

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
HÍDRICO POR CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
MEDIANTE POZO PERFORADO EN EL CAMPUS
UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA
TIERRA EN LA PARROQUIA LA SABANITA, CIUDAD
BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO
BOLÍVAR, VENEZUELA**

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES MARTÍNEZ F.,
FRANCIS DEL C. Y MOLINA
R., ARIADNIRYS DEL V.
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DE 2024



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO POR CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE POZO PERFORADO EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA PARROQUIA LA SABANITA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA” presentado por las bachilleres: FRANCIS DEL CARMEN MARTÍNEZ FIGUEREDO de cédula de identidad No 23.732.070 y ARIADNIRYS DEL VALLE MOLINA ROJAS de cédula de identidad No. 25.267.937 ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y apellido:

Prof. Dafnis J. Echeverría D.

(Asesor)

Prof. Juan C. España R.

(Jurado)

Prof. Francisco Monteverde S.

(Jurado)

Prof. Francisco Monteverde
Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica



Ciudad Bolívar,

Firma:

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Prof. Francisco Monteverde

Director de Escuela de Ciencias de la Tierra



Octubre de 2024

DEDICATORIA

“No hay fórmulas secretas para el éxito, sino es el resultado de trabajo duro, dedicación, apoyo y aprendizajes de tus errores”

Esta tesis primeramente se la quiero dedicar al Todo Poderoso nuestro padre Dios que me fortaleció cada día en este trayecto que a veces fue agotador pero por su misericordia pude terminar en victoria.

A mi esposo uno de mis pilares firmes de apoyo, al que siempre velaba por que todo estuviera bien y su apoyo emocional fue fundamental para mí.

A mis padres que los momentos difíciles les dieron palabras de aliento y un hombro cuando quería desistir para descansar además de todos sus sacrificios en ayudas de todo ámbito durante mi carrera.

A mi tutor Dafnis Echeverría por su enseñanza y compromiso que nos llevó de la mano para culminar con éxito esta tesis.

Francis del Carmen Martínez Figueredo

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi compañera de proyecto, por siempre estar pendiente de mí y ayudarme en cada paso que fui tomando en las últimas etapas de la carrera.

A mis padres, por su sacrificio, su ayuda, siempre creyendo en mí y brindarme todo su apoyo en las luchas que se me venían presentando a lo largo de toda la carrera.

Al padre de mi hijo, por su apoyo incondicional e impulso para seguir en la carrera.

Al tutor de la tesis Dafnis Echeverría, por su paciencia y compromiso.

Ariadnirys del Valle Molina Rojas

AGRADECIMIENTOS

Con estas palabras comienzo mi agradecimiento “Cuando se está arriba, nunca se olvida de quien estuvo abajo para impulsarte siempre”.

Primeramente, gracias a Dios por permitirme culminar con éxito mi tesis y por consiguiendo estar presente en cada paso de mi carrera porque sin la presencia de él no sería lo que soy hasta en este momento.

A mi esposo Francisco Guevara, mi compañero de vida gracias por ser mi paño de lágrimas, mi cómplice, mi amigo y mi pilar de fortaleza en cada paso que di para la culminación de esta etapa en mi vida, gracias por tu apoyo, tu paciencia tu amabilidad y consideración.

A mis padres Franklin Martínez e Ysmeria Figueredo a ustedes mis motores agradecida primeramente por darme la vida, por impulsarme, por apoyarme y por creer en mí en cada paso, por sus palabras de aliento.

A mi otro brazo derecho por decirlo así mi compañera Ariadnirys, la que me daba ánimos, apoyo y confianza y viceversa para no rendirnos a ti gracias por tu especial e incondicional cariño, ayuda y motivación. Por ser una de las personas maravillosa que conocí en esta etapa increíble que fue estudiar en la Casa Más Alta de Estudios Superiores como lo es la Universidad de Oriente, con la que viví grandes experiencias de aprendizaje y momentos de risa y angustia pero gracias a su apoyo no desistí.

A mi tutor Dafnis Echeverría por su apoyo y asesorías por sus conocimientos que nos brindó en cada asesoría para culminar con éxito nuestra tesis mil gracias.

Francis del Carmen Martínez Figueredo

AGRADECIMIENTOS

Agradecida primeramente con Dios por permitirme lograr este objetivo que muchos años fue un sueño que hasta ahora se completó.

A mi compañera de tesis, por nunca desistir en ayudarme, ofreciéndome su amistad y apoyo en cada proceso y obstáculo que se me presentaba en el camino, sin ella no estaría culminando esta etapa, fue un pilar fundamental para llegar hasta este resultado.

A mis padres, por su incansable sacrificio, trabajo y aliento para seguir adelante en el transcurso de estos largos años. Su apoyo eh impulso enirme a estudiar a otra ciudad me ayudó a no rendirme y no dejar su esfuerzo en vano.

Al padre de mi hijo, por todo su amor y paciencia a pesar de tantos momentos difíciles en la distancia su apoyo nunca me faltó, sobre todo sus palabras para no desistir de la carrera siendo el único motivo por el cual retome este camino. Sus palabras de aliento y su desinterés en ayudarme a culminar me animaron a seguir adelante.

Al tutor de la tesis Dafnis Echeverría, por tener ese compromiso en ayudarnos y brindarnos tanto apoyo, su paciencia fue esencial por tantos inconvenientes que se presentaron, a pesar de todo siguió guiándonos en este proceso. A mis compañeros y amigos de la universidad, por su amistad y compartir su conocimiento, especialmente a Daniel Espinoza que con paciencia me ayudó mucho. Gracias a todos por su constancia y dedicación, todos aportaron un granito de arena para que esto fuera posible; unos más grandes que otros pero todos igual de importante.

Ariadnirys del Valle Molina Rojas

RESUMEN

Este estudio consiste en proponer la perforación de un pozo profundo para el aprovechamiento de las aguas subterráneas existente en los acuíferos subyacentes al campus universitario de la Escuela Ciencias de la Tierra en la parroquia La Sabanita en Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. El objetivo primordial radica en proponer la planificación de la construcción de un pozo perforado para el abastecimiento de agua potable a las instalaciones y servicios del Campus Universitario. El área de estudio está constituida por sedimentos del Reciente, generalmente arenas gruesas a finas con presencia eventual de arcillas y limos. Hidrogeológicamente, la zona en estudio forma parte de la Formación Mesa y sedimentos aluviales del Reciente, los cuales se caracterizan por la presencia de acuíferos libres con buen rendimiento y buena calidad de agua. La metodología consistió en la búsqueda, revisión y selección de información de la zona de estudio, principalmente de datos aportados por estudios previos en el lugar y por el cálculo de parámetros necesarios tales como la infiltración promedio, escurrimiento, humedales y evapotranspiración generada por la vegetación, en el análisis del mapa de cuencas hidrográficas y determinación de parámetros morfométricos, así como el análisis del sondeo eléctrico vertical realizado. Con base a la interpretación del sondeo eléctrico vertical, se muestra que existe al menos un estrato de arena permeable que representan posibilidades de ubicación de un pozo perforado para la obtención de agua subterránea, al menos hasta la profundidad de auscultación realizada. Una vez determinados los parámetros necesarios se procedió a realizar la planificación de un proyecto de perforación de un pozo para explotación de agua subterránea en la ubicación antes mencionada. Se estima una profundidad de perforación de 60.00 m. El pozo debería tener un diámetro de excavación de 32" para el sello sanitario, un diámetro de tubería de forro de 12 1/4", con una longitud de tubería ranurada de 35.00 m entre las cotas 16.3 m y 50.00 msnm y una longitud de tubería ciega de 26.3 m (16.3 + 10.0). El filtro de gravilla que se utilizará entre el forro (*casing*) y la formación será de granulometría adecuada para evitar las incrustaciones en las ranuras del forro. La bomba de succión será del tipo sumergible de 3 hp de potencia. El tiempo de construcción del pozo se estima en 85 días con jornadas laborales de 8 horas y 40 horas semanales.

CONTENIDO

Página

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE APÉNDICES	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 Justificación de la investigación.....	7
1.4 Alcances de la investigación.....	8
1.5 Limitaciones de la investigación.....	8
CAPÍTULO II	10
GENERALIDADES	10
2.1. Descripción del área de estudio.....	10
2.1.1 Ubicación y acceso al área de estudio.....	10
2.2 Razón social de la Escuela de Ciencias de la Tierra.....	13
2.3 Visión de la organización.....	14
2.4 Valores de la organización.....	14
2.5 Objetivos de la organización.....	14
2.6 Reseña histórica de la organización.....	15
2.7 Estructura organizativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra.....	16
2.8 Geología.....	16
2.8.1 Geología regional.....	16
2.8.2 Geología local.....	17

2.9 Geomorfología local.....	18
2.9.1 Mesas inclinadas	18
2.9.2 Mesa moderadamente conservada.....	18
2.9.3 Mesas fuertemente disectadas	19
2.9.4 Colinas y lomas	19
2.10 Suelos	19
2.10.1 Suelos de las mesas inclinadas y moderadamente conservadas.....	19
2.10.2 Suelos de la mesa fuertemente disectada	20
2.10.3 Suelos presentes en las colinas y lomas	20
2.11 Vegetación del área de estudio y sus alrededores	20
CAPÍTULO III.....	23
MARCO TEÓRICO	23
3.1. Antecedentes	23
3.2. Bases teóricas	25
3.2.1 Acuíferos	25
3.2.2 Estructura de un acuífero	26
3.2.3. Tipos de acuíferos	26
3.2.4 Balance hídrico.....	31
3.2.5 Balance de suelos	32
3.2.6 Infiltración.....	32
3.2.8 Precipitación.....	33
3.2.9 Condensación	34
3.2.10 Evaporación.....	34
3.2.11 Transpiración.....	35
3.2.12 Evapotranspiración.....	35
3.2.13 Fracción de lluvia interceptada por el follaje.....	37
3.2.14 Escorrentía.....	37
3.2.15 Escorrentía superficial.....	37
3.2.16 Escorrentía directa.....	37
3.2.17 Escorrentía subterránea	38
3.2.18 Escurrimiento	38
3.2.19 Tiempo de concentración	38
3.2.20 Tipos de aguas.....	38
3.2.21 Humedad del suelo.....	42
3.2.22 Humedad equivalente.....	42
3.2.23 Capacidad de campo	43
3.2.24 Punto de marchitez permanente	43
3.2.25 Nivel freático.....	44
3.2.26 Polígonos de Thiessen.....	45
3.2.27 Aguas subterráneas.....	45
3.2.28 Características de los acuíferos	45

3.2.29 Porosidad.....	46
3.2.30 Permeabilidad.....	47
3.2.31 Transmisibilidad.....	48
3.2.32 Producción específica.....	48
3.2.33 Retención específica.....	48
3.2.34 Movimiento del agua subterránea	52
3.2.35 Modificaciones del sistema de agua subterránea y sus efectos.....	52
3.2.36 Caracterización de sistemas de agua subterránea.....	53
3.2.37 ¿Cómo fluye el agua subterránea?	53
3.2.38 Calidad de las Aguas Subterráneas	54
3.2.39 Sondeos eléctricos verticales.....	55
3.2.41 Sondaje eléctrico vertical	57
3.2.42 Configuración Schlumberger	58
3.2.43 Perforación de pozos para captación de agua	59
3.3 Bases legales	68
3.3.1 Normas locales	68
3.3.2 Normas internacionales.....	70
3.4 Definición de términos básicos	71
3.4.1 Agua potable	71
3.4.2 ¿Qué es agua potable OMS	71
3.4.3 Abastecimiento de agua	71
CAPÍTULO IV	72
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	72
4.1 Tipos de investigación.....	72
4.2 Diseño de la investigación	72
4.3 Población de la investigación.....	73
4.4 Muestra de la investigación.....	73
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	74
4.5.1 Observación directa.....	74
4.5.2 Revisión Bibliográfica	74
4.5.3 Instrumentos utilizados	74
4.6 Flujograma de la investigación	75
4.6.1 Búsqueda y revisión de información.....	76
4.6.2 Delimitación del área de estudio.....	77
4.6.3 Determinación de parámetros	77
4.6.4 Ubicación de pozos con SEV.....	77
CAPÍTULO V	79
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	79
5.1 Construcción del modelo hidrogeológico conceptual del o los acuíferos que subyacen al área del campus universitario	79

5.1.1	Análisis del resultado del sondeo eléctrico vertical	79
5.1.2	Construcción del modelo geo-resistivo de la columna estratigráfica del acuífero	82
5.2	Proponer la mejor ubicación para la perforación del pozo desde los puntos de vista de las mejores perspectivas geohidrológicas, de productividad de agua y de menores costos	83
5.2.1	Inventario de pozos perforados en las adyacencias del área de estudio.....	87
5.3	Descripción de los elementos constitutivos del pozo perforado	90
5.3.1	Elementos del pozo propiamente dicho.....	90
5.3.2	Obras civiles	91
5.3.3	Elementos de sistema de energía de alta y baja tensión.....	92
5.4	Cuantificar los recursos requeridos para cada una de las actividades que integran la fase de construcción del proyecto	93
5.4.1	Etapa 1: movilización e instalación de equipos	95
5.4.2	Etapa 2: Sondeo exploratorio, registro geofísico y diseño del pozo	96
5.4.3	Etapa 3: trabajos de perforación del pozo	97
5.4.4	Etapa 4: construcción del sello sanitario.....	98
5.4.5	Etapa 5: entubado del pozo y colocación de gravilla.....	99
5.4.6	Etapa 6: desarrollo y limpieza del pozo	100
5.4.7	Etapa 7: suministro y colocación de aditivos.....	102
5.5	Determinación del presupuesto estimado para la fase de construcción del pozo perforado	103
5.5.1	Presupuesto de Etapa 1.....	103
5.5.2	Presupuesto de la Etapa 2.....	104
5.5.3	Presupuesto de la Etapa 3.....	104
5.5.4	Presupuesto de la Etapa 4.....	105
5.5.5	Presupuesto de la Etapa 5.....	105
5.5.6	Presupuesto de la Etapa 6.....	106
5.5.7	Presupuesto de la Etapa 7.....	107
5.5.8	Resumen de presupuesto para la construcción del pozo perforado.....	107
5.6	Construir el diagrama de Gantt del proyecto de construcción del pozo perforado	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		111
	Conclusiones	111
	Recomendaciones.....	113
REFERENCIAS		114
APÉNDICES.....		119

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa nacional del área de estudio.....	11
2.2	Imagen de satélite mostrando el área de estudio (modificado de Google Earth, 2023).....	11
2.3	Plano de un sector de la parroquia La Sabanita incluyendo el área de estudio.....	12
2.4	Ubicación relativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente en Ciudad Bolívar.....	13
2.5	Estructura organizativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.....	18
3.1	Tipos de acuíferos (Custodio y Llamas, 1996).....	30
3.2	Tipos de acuíferos y niveles piezométricos. (Custodio y Llamas, 1996).....	31
3.3	Aguas termales de Moisés Venezuela. (CORPOVEN, 1991).....	41
3.4	Fuentes Puntuales y Difusas de Contaminación de las Aguas Subterráneas (Echarri, L., 1988).....	54
3.5	Diagrama que muestra la terminología general de medidas de registros. (PDVSA-CIED, 1997).....	58
3.6	Configuración Schlumberger (Auge, 2008).....	59
3.7	Cabria con tubería de perforación (C.A. Parko, 2024).....	60
3.8	Personal operando equipo geofísico de perfilaje de pozos (C.A. Parko, 2024).....	61
3.9	Brocas de perforación tricónicas (C.A. Parko, 2024).....	61
3.10	Camión de perforación (C.A. Parko, 2024).....	62
3.11	Esquema de sello de protección sanitaria (C.A. Parko, 2024).....	63
3.12	Grava tipo Tonoro (C.A. Parko, 2024).....	65
3.13	Cabezal de concreto (C.A. Parko, 2024).....	66
3.14	Esquema de tuberías para el desarrollo del pozo (C.A. Parko, 2024).....	67
4.1	Flujograma de la investigación.....	76
5.1	Equipo para realizar el Sondeo Eléctrico Vertical.....	79

5.2	Proceso de hincado de electrodos.....	80
5.3	Curvas de resistividades de campo y teóricas.....	81
5.4	Ubicación relativa del Campus Universitario UDO (polígono línea azul) en La Sabanita y su relación con las cuencas de los ríos San Rafael y Buena Vista.....	84
5.6	Perfil transversal entre las cuencas hidrográficas adyacentes.....	85
5.7	Ubicación relativa de los pozos inventariados (Modificado de imagen de satélite Landsat de Google Earth, 2023).....	87
5.8	Plano piezométrico del área de estudio Parámetros morfométricos de la Cuenca del río San Rafael.....	88
5.9	Patrones flujo de agua subterránea.....	88
5.10	Elementos principales que integran el pozo perforado.....	89
5.11	Pozo perforado con detalle del sello sanitario (C.A. Parko, 2024).	90
5.12	Diagrama de Gantt de las etapas 1 a la 6 del proyecto de construcción del pozo.....	108
5.13	Diagrama de Gantt de las etapas 7, 8 y 9 del proyecto de construcción del pozo.....	109

LISTA DE TABLAS

		Página
2.1	Coordenadas UTM del área de estudio.....	10
3.1	Valores del coeficiente de infiltración.....	33
3.2	Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976), en (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).....	36
3.3	Clasificación cualitativa de la porosidad. (Schlumberger, 1999).....	51
4.1	Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky y Losilla, 2000).....	85
4.2	Punto de marchitez permanente y capacidad de campo en porcentaje por peso de suelo seco de diferentes texturas de suelo (Schosinsky y Losilla, 2000).....	87
4.3	Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976).....	89
5.1	Registros de resistividad en campo.....	80
5.2	Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical.....	81
5.3	Resistividades típicas para varios tipos de materiales térreos (Universidad Nacional, 2000).....	82
5.4	Modelo geo-resistivo de la columna estratigráfica.....	83
5.5	Inventario de pozos de agua existentes en el entorno del área de estudio.....	87
5.6	Elementos del sistema de alta y baja tensión.....	91
5.7	Recursos requeridos para la etapa 1.....	94
5.8	Recursos requeridos para la etapa 2.....	95
5.9	Recursos requeridos para la etapa 3.....	96
5.10	Recursos requeridos para la etapa 4.....	97
5.11	Recursos requeridos para la etapa 5.....	98
5.12	Recursos requeridos para la etapa 6.....	99
5.13	Recursos requeridos para la etapa 7.....	101
5.14	Presupuesto de etapa 1.....	102
5.15	Presupuesto de etapa 2.....	103
5.16	Presupuesto de etapa 3.....	103
5.17	Presupuesto de etapa 4.....	104
5.18	Presupuesto de etapa 5.....	104
5.19	Presupuesto de etapa 6.....	105
5.20	Presupuesto de etapa 7.....	106

5.21	Resumen costo de pozo.....	106
5.22	Resumen de costo total aproximado.	107

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A ENSAYOS DE INFILTRACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO	119
A.1 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-1.....	120
A.2 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-2.....	121
A.3 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-3.....	122
A.4 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-4.....	123

INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país con una densa red hidrográfica que ha facilitado en gran medida el desarrollo de la mayoría de los centros urbanos existentes; sin embargo, existen extensas áreas hacia la franja central y sur de la nación que no han sido pobladas por diversas razones geográficas, políticas, sociales y culturales, entre otras. Una de estas causas la constituye la ausencia de recursos hídricos superficiales suficientes, permanentes y de calidad, lo cual ha hecho que se estudien y posteriormente se exploten con mucho éxito los acuíferos existentes. Tal es el caso de muchas poblaciones del oriente del país que son abastecidas en su totalidad por agua de origen subterráneo.

El crecimiento poblacional y la necesidad del desarrollo de las actividades de producción de alimentos ha incentivado a los habitantes de la zona a la búsqueda de alternativas sustentables que coadyuven a la independencia alimentaria de la región. Es así como surge la necesidad de efectuar los estudios tendentes a obtener las características hidrogeológicas e hidráulicas de los acuíferos de la zona, ya que al no estar disponible el agua en cantidad y calidad suficiente durante todo el año en el área de asentamiento de las futuras fincas (que se ubicarán al sur del estado Monagas) se requiere de los estudios que permitan corroborar la factibilidad técnica de la captación de agua subterránea en el área de estudio.

En ese orden de ideas, se plantea en este documento una investigación que tendrá como objetivo principal la estimación de las características hidrogeológicas y la recarga potencial de los acuíferos subyacentes al campus universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra ubicado en la parroquia La Sabanita de Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela.

La investigación se plantea como de nivel proyectiva siguiendo una estrategia de investigación de tipo documental y de campo. Para ello se caracterizará en forma holística el área de estudio abarcando los aspectos climáticos, geomorfológicos, hidrográficos, geohidrológicos y demográficos. Se realizarán en campo observaciones de los suelos, mediciones topográficas, entre otras observaciones. Asimismo, con base a la profundidad de los acuíferos de la zona de estudio se planificarán los detalles de tiempo y recursos requeridos para la construcción del pozo.

El presente documento se encuentra estructurado en seis (6) capítulos, tal como se describe a continuación:

En el primer capítulo, denominado Situación a investigar, se enuncian los objetivos, justificación, alcance y limitaciones de la investigación.

En el segundo capítulo. Generalidades, se presentan los pormenores físicos, bióticos y demográficos del área de estudio. También se expresan las características organizativas fundamentales de la Universidad de Oriente, en el área de estudio, como institución que recibirá los beneficios de la presente investigación.

El tercer capítulo o Marco teórico, integra los antecedentes de la investigación, las bases teóricas las bases legales y la definición de los términos básicos

Posteriormente, se expone en el capítulo IV, llamado Metodología de Trabajo, donde se presenta la metodología de la investigación donde se incluye, entre otras cosas, el nivel y diseño de la investigación, las características y tamaño de la población y de la muestra, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos en la investigación, se presenta el flujograma la investigación y el procedimiento para el logro de los objetivos específicos formulados.

Casi para finalizar, se presenta el capítulo V, Análisis e interpretación de los resultados, en el cual se presentan los resultados graficados y tabulados correspondientes a las actividades vinculadas a los objetivos específicos formulados y la interpretación de dichos resultados.

En el capítulo VI se presenta la propuesta definitiva de la planificación del pozo perforado.

Finalmente, se presentan las Conclusiones y recomendaciones como hallazgos relevantes de la investigación. También se muestra la bibliografía utilizada y los apéndices necesarios.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El agua, es considerada uno de los recursos vitales en el mundo entero, de allí parte la necesidad de tener un abastecimiento frecuente, para mantener la salud, cultivar alimentos, y realizar incluso varias fuentes de empleo. Pese a su importancia el mundo se maneja una cifra de 600 millones de personas que aun sabiendo esta importancia están imposibilitadas para tener acceso a aguas potables.

La idea de abastecer la población con agua potable surge de la necesidad del hombre de almacenar y distribuir el agua a los lugares más recónditos. En Europa los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución, ambos utilizaban el agua subterránea y los ríos para su aprovisionamiento.

Aun cuando las principales fuentes de agua en Venezuela se encuentran en el eje Apure-Orinoco, la mayor parte de la población está concentrada en el eje Centro-Norte-Costero, situación que no favorece al aprovechamiento de estos recursos hídricos, generando así, la necesidad de crear fuentes adicionales de abastecimiento.(www.azulambientalistas.org/aguapotableenvenezuela.html).

Debe señalarse que en Venezuela la disponibilidad natural de agua, está constituida por el balance entre las entradas, representadas por la precipitación y los aportes laterales provenientes de Colombia, y las salidas por las pérdidas por evaporación, evapotranspiración y flujos transfronterizos hacia Brasil y Guyana. Favoreciendo esto a la formación y recarga de las fuentes subterráneas. En el país, se destacan acuíferos importantes en el Estado Anzoátegui, al Sur de Monagas, en

Guárico, los llanos de Apure, los llanos de Barinas, Portuguesa y Carabobo, estos constituyen en Venezuela una superficie total de 829.000 km², y se pueden clasificar en acuíferos de gran potencialidad, potencial medio y en vía de agotamiento.(www.azulambientalistas.org/aguapotableenvenezuela.html).

En Venezuela, los servicios de agua potable afectan un porcentaje muy alto en hogares venezolanos no son considerados los más eficiente, ni tienen este derecho garantizado, por su escasez la gran mayoría del tiempo, esto constituye problemas de salud e higiene aunado a la pandemia actual que se está viviendo en los últimos años como es el COVID 19. Según estadísticas del 2018 al menos el 82% de la población venezolana se ve afectada por la problemática de no recibir este servicio vital como lo es el agua potable.

En Ciudad Bolívar, donde se centra nuestra investigación no está exenta de esta problemática del agua ya que este servicio tiene deficiencia en varios sectores de nuestra ciudad, por muchos factores externos, la gran mayoría de los bolivarenses se ingenian en buscar alternativas viables para el abastecimiento del vital líquido.

La Universidad de Oriente (UDO) es una las casas de estudios más reconocidas y respetadas tanto en el ámbito regional como nacional, en años anteriores esta ha tenido un deterioro profundo en las instalaciones y sobre todo en los servicios, uno de ellos es el agua, el cual es fundamental en cualquier comunidad. Este problema esta centrado en las instalaciones del campus universitario de la Universidad de Oriente en la parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha de elaboración del presente documento, han demostrado que se puede proponer el abastecimiento hídrico

mediante la perforación de un pozo profundo en los terrenos de la mencionada institución.

Visto el planteamiento expuesto en el presente documento, cabe plantearse las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cómo sería el modelo hidrogeológico conceptual de los acuíferos que subyacen al área del campus universitario?

¿Cuál sería la mejor ubicación para la perforación del pozo desde los puntos de vista de las mejores perspectivas geohidrológicas, de productividad de agua y de menores costos?

¿Cuáles serían los elementos constitutivos del pozo perforado (y de sus sistemas accesorios) y sus respectivas características dimensionales?

¿Cuántificar los recursos requeridos para cada una de las actividades que integran la fase de construcción del proyecto?

¿Cómo sería el presupuesto total involucrado en fase de construcción del pozo perforado y de sus sistemas accesorios?

¿Cómo sería el diagrama de Gantt y de precedencia del proyecto de construcción del pozo perforado?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer un sistema de abastecimiento hídrico por captación de agua subterránea mediante pozo perforado profundo en el Campus Universitario de la Universidad de Oriente en la parroquia La Sabanita, Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Construir el modelo hidrogeológico conceptual de los acuíferos que subyacen al área del campus universitario
2. Proponer la mejor ubicación para la perforación del pozo desde los puntos de vista de las mejores perspectivas geohidrológicas, de productividad de agua y de menores costos
3. Describir los elementos constitutivos del pozo perforado
4. Cuantificar los recursos requeridos para cada una de las actividades que integran la fase de construcción del proyecto.
5. Determinar el presupuesto estimado de la fase de construcción del proyecto.
6. Construir el diagrama de Gantt del proyecto de construcción del pozo perforado

1.3 Justificación de la investigación

El abastecimiento hídrico de una comunidad es esencial para que se pueda mantener la vitalidad y salud de una comunidad. La importancia que tiene la investigación es tomar en cuenta las posibilidades y fortalezas que se presentan para

la realización de un pozo perforado que brindara una ventaja para el aporte de agua en la casa de estudio, disminuyendo de esta manera en gran parte los problemas que se puedan presentar especialmente de salubridad.

1.4 Alcances de la investigación

La problemática que existe de abastecimiento hídrico en la comunidad de la Sabanita específicamente en el sector “UDO” es bastante marcada y su impacto a la comunidad ejerce problemáticas variables, el objetivo del estudio es determinar la practicidad de La elaboración de un pozo hídrico mediante perforación dentro del campus de la Universidad de oriente, el alcance del estudio se centrara en proponer estructuración de modelos y selección de puntos para la perforación de pozo que presenten mejor perspectivas geo-hídricas , para la productividad teniendo en cuenta el análisis de costo, diseños, características de dimensión, entre otros este partirá del estudios de 2 pozos existentes en la adyacencias. Dichos resultados serán recolectados mediante instrumentos de cuestionarios, observación exploratoria, análisis descriptivo, en un periodo de tiempo de 3 meses.

1.5 Limitaciones de la investigación

Durante el proceso de investigación de las características geohidrológicas del área de estudio se realizó un inventario de los pozos perforados existentes en los alrededores del campus universitario; sin embargo, durante esa experticia se detectó que la mayoría de los pozos no poseían bocas o aberturas de registros para introducir la sonda para la medición del nivel estático del agua dentro de los pozos. Asimismo, las personas que fungían como dueños de las infraestructuras de los pozos se mostraban temerosos de suministrar información sobre los mismos por lo que se presume que no poseían los registros y permisos que establece el marco legal vigente

que regula la explotación de agua subterránea y la abertura y administración de las mismas.

También es necesario acotar que se realizó en esta investigación sólo un sondeo eléctrico vertical lo cual dificultará la elaboración de interpretaciones correlacionables de las medidas de resistividad de los estratos subyacentes.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio está constituida por el Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente. Cabe destacar que la búsqueda o prospección de aguas subterráneas en el área de estudio se encuentra justificada en las deficiencias que presenta la red de abastecimiento de agua potable, motivo por el cual se intenta realizar un estudio que permita definir la real posibilidad de explotación futura del agua subterránea mediante su extracción a través de pozos perforados.

2.1.1 Ubicación y acceso al área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en Ciudad Bolívar, capital del estado Bolívar, la cual se encuentra ubicada al norte del estado, en la ribera sur del río Orinoco. Específicamente, el Campus Universitario de la Escuela Ciencias de la Tierra se encuentra en la parroquia La Sabanita de Ciudad Bolívar, en el municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela. La posición del área de estudio se encuentra insertada dentro de un rectángulo conformado por los paralelos y meridianos que se mencionan a continuación en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del área de estudio.

COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
897532	438770
897084	438970



Figura 2.1 Ubicación relativa nacional del área de estudio.



Figura 2.2 Imagen de satélite mostrando el área de estudio (modificado de Google Earth, 2023).

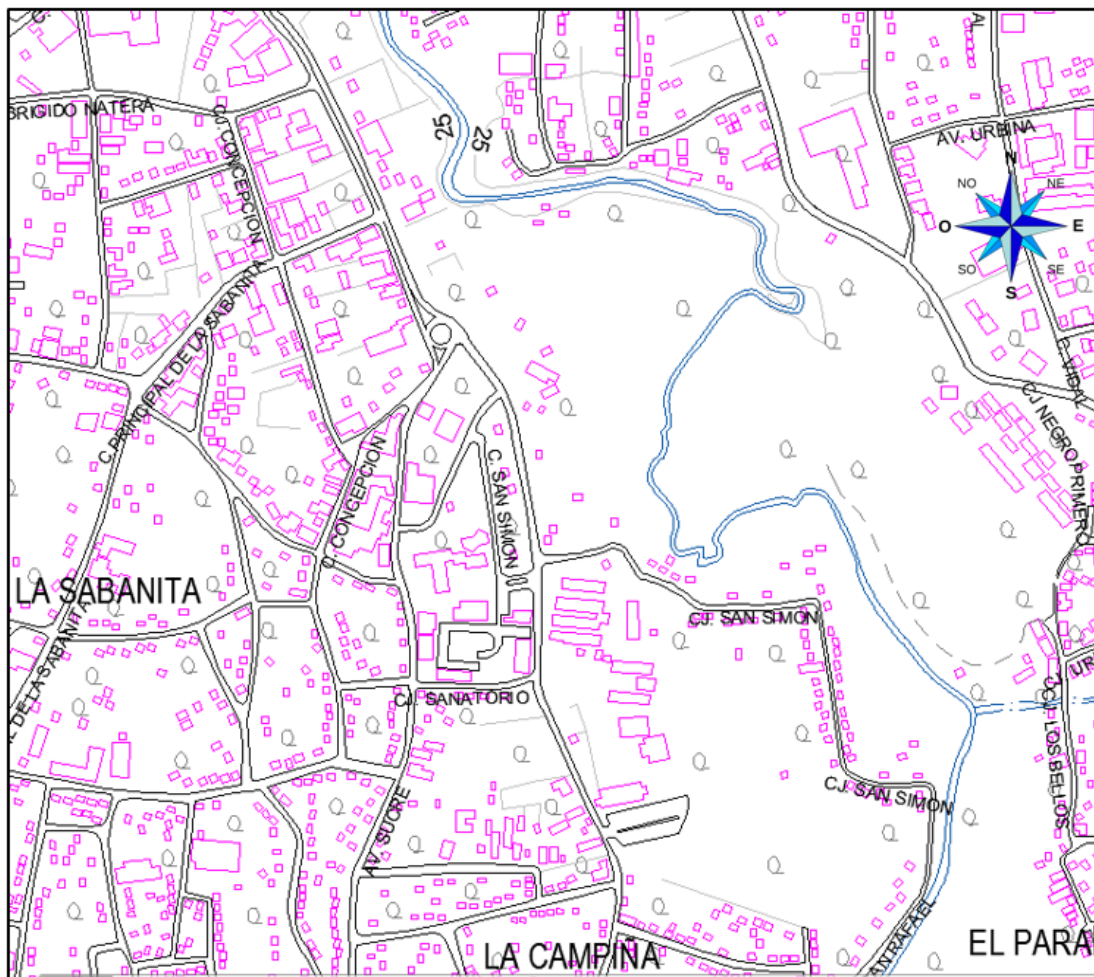


Figura 2.3 Plano de un sector de la parroquia La Sabanita incluyendo el área de estudio.

Se encuentra ubicada en la Calle San Simón, Ciudad Bolívar código postal 8001, Estado Bolívar Venezuela.

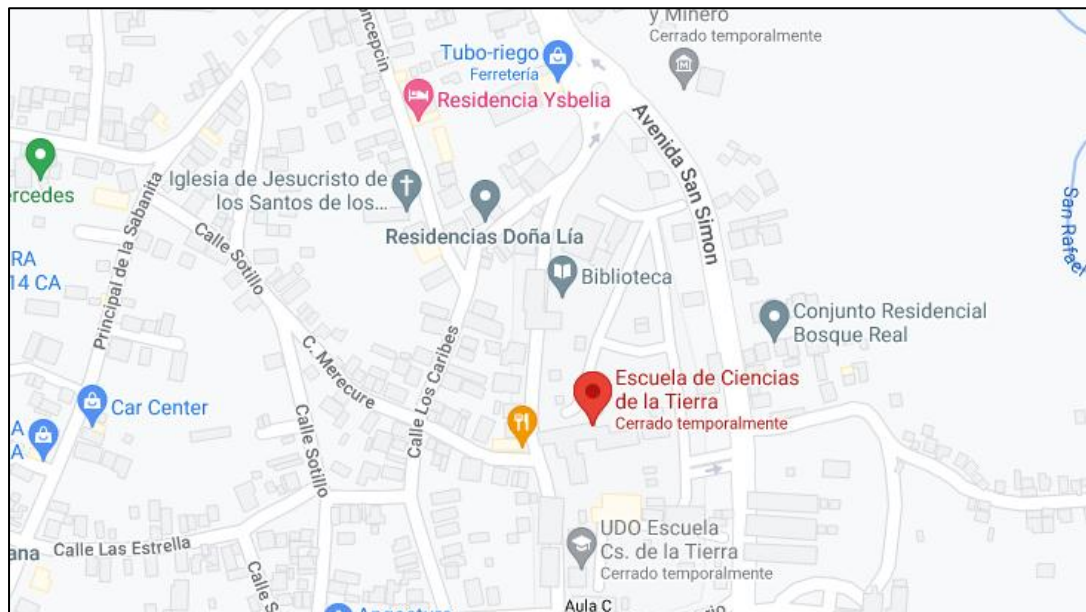


Figura 2.4. Ubicación relativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente en Ciudad Bolívar.

2.2 Razón social de la Escuela de Ciencias de la Tierra

La Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente se plantea como una estructura de la Universidad, que tiene la misión de participar en la formación de los estudiantes de las carreras de la Escuela de Ciencias de la Tierra que requieran formarse en algunas de las cinco (5) carreras que se dictan en la citada Escuela. Cabe destacar que la Escuela de Ciencias de la Tierra también presta apoyo en los trabajos de campo de las diferentes dependencias universitarias que lo requieran. Eventualmente presta servicios a terceros y genera fuentes de ingresos a la Universidad.

La Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente funcionaba en las instalaciones del Campus universitario ubicado en la parroquia La Sabanita,

entre las calles San Simón y la calle Sucre., en el municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

“La Escuela de Ciencias de la Tierra tiene la pretensión de consolidarse como centro de estudios de referencia de formación e investigación en el campo de las cinco (5) carreras que dicta en el Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente”

2.3 Visión de la organización

“Ser una unidad referente, en la prestación del servicio de formación, adiestramiento, consultoría a estudiantes, profesores y empresas particulares, reconocida por su servicio de calidad, haciendo uso de los avances tecnológicos y brindando un servicio integral de la mejor calidad, honestidad y responsables junto con trabajadores eficaces de sacar la unidad adelante”

2.4 Valores de la organización

1. Cultura de servicio
2. Responsabilidad
3. Trabajo en equipo
4. Solidaridad
5. Honestidad

2.5 Objetivos de la organización

Los objetivos de la unidad pueden esbozarse en los siguientes aspectos:

1. Contribuir a formar profesionales altamente cualificados en Geomática y las Tecnologías de la Información Geoespacial (TIG).

2. Contribuir a fomentar la investigación y difusión de los resultados en Geomática, TIG y disciplinas asociadas.
3. Proporcionar instalaciones y experiencia para la formación e investigación en Geomática, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, TIG y resto de tecnologías geográficas asociadas a otros departamentos académicos universitarios.
4. Establecer mecanismos para generar ingresos a través de la formación y la investigación
5. Promover el conocimiento y las tecnologías, y sus aplicaciones en el desarrollo y situaciones prácticas de la vida en el sector de la Geoinformación.
6. Aplicar las técnicas básicas de representación topográfica, entendiendo como tales la obtención de información en el campo para elaborar los planos del terreno (levantamiento topográfico)
7. Manejar los diferentes instrumentos y/o equipos más utilizados en topografía.

2.6 Reseña histórica de la organización

La Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar (UDO Bolívar) es una institución pública venezolana de educación superior, que inició sus labores el 20 de febrero de 1960 por Resolución del Consejo Universitario, convirtiéndose desde entonces en la más importante referencia universitaria del sur-oriente del país. Este núcleo universitario inicia sus actividades académicas el 8 de enero de 1962 con las Escuelas de Medicina y la de Geología y Minas. En agosto de 1968 el Ministerio de Educación aprueba la creación de los Cursos Básicos, y ya para enero de 1969, da comienzo a sus actividades académicas y administrativas. En la actualidad, este núcleo de la UDO cuenta con la Unidad de Cursos Básicos, la Escuela de Ciencias de la Salud “Dr. Francisco Battistini Casalta” y la Escuela de Ciencias de la Tierra, posee además la Unidad Experimental Puerto Ordaz ubicada en Ciudad Guayana.

Entre las carreras que dicta la Escuela de Ciencias de la Tierra están: Geología, Ingeniería Geológica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil e Ingeniería de Minas.

2.7 Estructura organizativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra

La estructura organizativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente está diseñada de acuerdo a las funciones que tiene que ejecutar. Se describe la estructura interna de la Escuela de Ciencias de la Tierra Servicio de Topografía y muestra visualmente las relaciones jerárquicas entre las distintas funciones y cargos de una organización. En ese orden de ideas en la figura 2.4 se muestra la estructura de la organización.

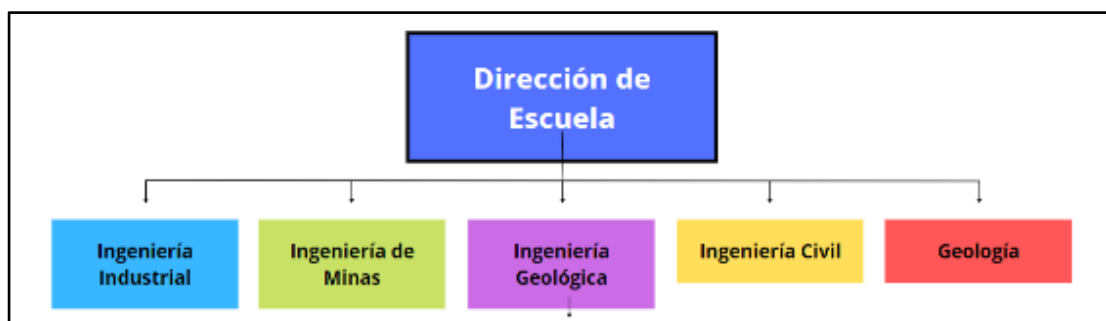


Figura 2.5 Estructura organizativa de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

2.8 Geología

2.8.1 Geología regional

El basamento geológico del estado Bolívar lo constituye el Escudo Guayanés, de gran estabilidad tectónica; se compone de dos formaciones fundamentales: un basamento ígneo-metamórfico, que con una edad aproximada de 2.000 millones de

años, representa uno de los núcleos continentales más antiguo de la superficie terrestre; y una capa de rocas sedimentarias, particularmente areniscas de la Formación Roraima, que ha sido depositado sobre el basamento unos 1.600 a 1.700 millones de años. Presenta formas de relieves variadas y complejas con predominio de llanuras de alteración, alternando con elevaciones denominadas tepuys y otras formas geológicas que se agrupan en cuatro grandes provincias: Imataca al norte, La Pastora en la parte centro oriental, Cuchivero en el centro occidente y Roraima al sur del estado. (Santodomingo J, 2007)

2.8.2 Geología local

Ciudad Bolívar, se encuentra ubicada dentro de tres unidades lito-estratigráficas importantes que representan la geología local de la ciudad: Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos o Aluviones Recientes. Es de resaltar, que el “Complejo Geológico de Imataca en Ciudad Bolívar, se encuentra cubierto casi en su totalidad por sedimentos detríticos pertenecientes a la Formación Mesa y en menor proporción de sedimentos y aluviones recientes”. Bajo condiciones de abundantes precipitaciones periódicas, la formación ha sido erosionada para formar cadenas espectaculares de cárcavas. “Los sedimentos y Aluviones Recientes, son sedimentos con una constitución limo-areno-arcillosa, bastantes sueltos y sumamente porosos. Estos son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos urbanos de la ciudad, constituyendo geomorfológicamente planicies aluvionales que representan las áreas de inundación de las cuencas urbanas de Ciudad Bolívar”. Cabe resaltar, que la Formación Mesa es fácilmente erosionable, pudiéndose inducir el desencadenamiento de procesos erosivos intensos, activándose el agente morfogenético que se activa periódicamente debido al escurrimiento superficial, manifestándose una acción difusa y concentrada en la formación de cárcavas. “Sector Suroeste de Ciudad Bolívar, se ha erigido sobre un relleno sedimentario del Plio-Pleistoceno, conocido como formación Mesa, la cual está

conformada por gravas, arenas, limos, arcillas y por lentes de corazas ferruginosas. Los materiales más predominantes aquí son las arenas no consolidadas. Esta formación ha sufrido un levantamiento con respecto al nivel del mar, lo que en consecuencia ha creado un paisaje de mesas que alcanzan en Ciudad Bolívar hasta 140 m de altura”. (Santodomingo J, 2007)

2.9 Geomorfología local

En esta zona de Ciudad Bolívar, específicamente el Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra se ubica en las adyacencias ribereñas del río San Rafael y allí se pueden observar las siguientes formas de relieve:

2.9.1 Mesas inclinadas

La unidad está constituida por formas de mesa de moderada a baja elevación que han sufrido basculamiento, sus altitudes varían entre 78 y 121 msnm. Además, presenta bajo grado de pendiente (<3%). excepcionalmente en los núcleos de relieve colinoso las pendientes llegan al 6%. No se observa erosión profunda en surcos o cárcavas, pero por su grado de inclinación predomina el transporte de sedimentos desde las partes más altas. Localmente se observan colinas aisladas o pequeños promontorios con afloramientos de material ferruginoso.

2.9.2 Mesa moderadamente conservada

Las mesas moderadamente conservadas son extensas geoformas semi-planas a suavemente onduladas que han sufrido un proceso geológico de denudación, presenta valores de altitud que van de 80 a 144 m y bajos pendientes 0 y 2%. Localmente, se presentan colinas redondeadas que presentan mayor contenido de material

ferruginoso. En otros casos, se encuentran vegas coluvio-aluviales principales o laterales de configuración alargada y de perfil transversal cóncavo.

2.9.3 Mesas fuertemente disectadas

Las mesas fuertemente disectadas son unidades de forma tabular, de relieve plano a ondulado, con irregularidades topográficas moderadas, cuya principal característica son los significativos desniveles altimétricos y de pendiente. La morfodinámica de este sector va de muy activa en los taludes de las mesas con pendientes entre 60 y 90%, a medianamente activa en los sectores de tope y glacis con pendientes entre 19 y 25%. Las altitudes van de 140 a 160 msnm.

2.9.4 Colinas y lomas

Las colinas están constituidas por geoformas que resultan del proceso de degradación y disección de los materiales menos consolidados de la Formación Mesa y Las Piedras, por ello quedan expuestos sectores que exhiben mayor resistencia a la erosión. Son excesivamente drenadas y tienen un perfil inclinado. Sus altitudes llegan a 200 msnm y tienen pendientes de un 34%. (INAMEH, 2014)

2.10 Suelos

2.10.1 Suelos de las mesas inclinadas y moderadamente conservadas

Presentan suelos profundos, de texturas medias y arenosas con subsuelos de arcilla arenosa, de buen drenaje; aunque en pequeños sectores se presentan suelos arenosos con pedregosidad superficial y suelos franco-arenosos con subsuelos arcillosos. Son suelos ácidos, de baja fertilidad natural y de moderada susceptibilidad

a la erosión y en algunos sectores, con mayor potencial erosivo. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleudults, Typic paleustults, Typic Ustipsamments y Oxic dystrustepts, caracterizados por tener buen drenaje, moderada permeabilidad, de textura arenosa o areno francosa en el Horizonte A y franco arcillo arenosa a franco arcillosa o arcillosa en su Horizonte B.

2.10.2 Suelos de la mesa fuertemente disectada

Se presentan mayormente suelos poco estables y susceptibles a la erosión concentrada, de drenaje interno moderado y externo rápido. Son predominantemente arcillosos, aunque en las vegas coluvio aluviales provienen de aportes laterales y longitudinales, por lo que en este caso son de texturas arenosas en todo el perfil. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic quartzipsamments, Typic ustorthents, Arenic haplustults, Typic plinthustults y Ultic haplustox.

2.10.3 Suelos presentes en las colinas y lomas

Los suelos se caracterizan por presentar en general un alto desarrollo pedogenético con presencia de un horizonte de acumulación de arcillas a los 30-40 cm de profundidad. El drenaje externo rápido, interno moderado y permeabilidad moderada. En otros casos, el suelo presenta un horizonte óxido indicador de un alto desarrollo. Las saturaciones con bases son bajas (35%), baja capacidad de intercambio catiónico y pH ácidos (5). Gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleustults, Ultic haplustox y Oxic dystrustepts. (INAMEH, 2014)

2.11 Vegetación del área de estudio y sus alrededores

La región en estudio según el Atlas de vegetación de Venezuela pertenece a la zona de vida Bosque Seco Tropical (BST), ubicada al Norte del río Orinoco, principalmente en los llanos centrales. De acuerdo con el mapa de vegetación de Huber y Alarcón 1886, la vegetación está representada por las sabanas características de *Trachipogon sp*, localizadas en posiciones geomorfológicas de topes y glacis cubriendo una amplia extensión de la Formación Mesa.

Estas sabanas a su vez se encuentran asociadas a un componente leñoso constituido por las especies chaparro (*Curatella americana*), alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) y chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*).

En zonas de vegas de los ríos se encuentran los denominados matorrales que es un tipo de vegetación secundaria asociada con el abandono de actividades agrícolas de subsistencia, dentro de las especies comunes se encuentran: *Piptadenia sp* (yopo) y normalmente asociadas con mejores condiciones de fertilidad edáfica como *Panicum maximun* (guinea), *Hiparrhenia rufa* (yaraguá), *Rinchelytrum repens*, o *Salanum sp.* (bola de gato).

Hacia el este del área estudiada dentro de la matriz de sabana se puede diferenciar herbazales gramínoideas, periódicamente inundables dominados por *Leersia hexandra* e *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum fasciculatum*, así como también, en menor proporción la especie flotante de *Paspalum repens*.

Los bosques de galería en el área estudiada se localizan en las márgenes de los cauces de los ríos Buena Vista, San Rafael (casi adyacente al Campus universitarios), Cañafistola y Marhuanta los cuales presentan un dosel de porte bajo a medio (> a 12 m), de cobertura semidensa a densa, dentro de las especies más características en esta cobertura se encuentran *Copaifera officinalis* (aceite), *Lonchocarpus punctatus* (aco), *Zanthoxylum fagara*, *Bourreria cumanensis* (guatacaro), *Protium guianensis*

(currucay), *Mauritia flexuosa* (moriiche), *Hymenea courbaril* (algarrobo), *Spondias mubin* (jobo), *Tapirira guianensis*, *Lecthys ollaria* (coco de mono), *Guazuma ulmifolia* (guacimo) *Tapirira guianensis* (jobillo), *Simphonia globulifera*, *Duguetia riberensis*, *Sclerolobium aureum*, *Copaifera pubiflora* (copaiba), *Trichilia singulares*, *Coccoloba caracassana*, *Licania apetala*.

En las partes más abiertas, se pueden ubicar *Montrichardia arborecens* (rábano de agua) y *Achroscopicum aureum* (helecho de agua), mientras que en el sotobosque se encuentran *Randia aculeta* (cruceto), *Jathropha ureans* (guaritoto), *Casearia silvestris* (tortolito), *Fagara caribea* (mapurite blanco).

En cuanto al uso de la tierra, es preponderantemente de uso urbano con escasos episodios agrícolas (conucos) en las llanuras de inundación de los ríos mencionados, principalmente en el río Marhuanta. (INAMEH, 2014).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Calles, D. y Wuilliams, J. (2023) elaboraron la tesis de grado titulada: **“PROPUESTA DE PROSPECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y ESTIMACIÓN DE LA RECARGA POTENCIAL DE LOS ACUÍFEROS SUBYACENTES AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA PARROQUIA LA SABANITA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**. Estudio cuyo objetivo fundamental era la caracterización de los acuíferos subyacentes al campus universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra. Este estudio se considera un valioso antecedente y también complementario para la investigación que aquí se propone para la planificación del proyecto de construcción del pozo perforado para el aprovechamiento de las aguas subterráneas subyacentes al campus universitario mencionado.

Sánchez, C.; Villegas, G. (2013). Presentaron la tesis de grado titulada **“HERRAMIENTAS EN LA PERFORACIÓN DIRECCIONAL”**. En este trabajo de grado, se hizo una explicación descriptiva de los diversos tipos de pozos desviados para después hacer hincapié en los límites y herramientas requeridas para poder hacer la trayectoria deseada, para una perforación direccional, a partir del tipo de barrena a usar, mechas, estabilizadores, conformación del BHA (*Bottom Hole Assembly*) definiendo inclusive el manejo herramientas LWD y MWD, y desde luego los recursos de desviación pasando por motores de fondo, herramientas de pared, codos desviadores y herramientas *Power Drive*, entre ellas *Power Drive Xceed*.

Niño C., Carvajal C. y Rojas I. (2012). Elaboraron un estudio titulado **”DISEÑO DE UN PROYECTO PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE AL CONJUNTO CERRADO ALTOS DE MANARE. ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS CONTABLES ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS, UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, COLOMBIA”**. La investigación es de tipo detallado, con diseño campo y experimental, bajo la modalidad de proyecto posible. Posee como objetivo y la finalidad de averiguar cómo reducir los costos de agua potable de los pobladores del grupo residencial, con el diseño de creación de un pozo, debido a que tienen que costear camiones cisternas, perfeccionando de esta forma la calidad de vida de una población de 1800 personas, en Yopal capital de Casanare, Colombia. Aportando su metodología, debido a que ambas desarrollan una indagación de modalidad proyecto posible.

Acacio, Cancino y Molina (2018), elaboraron la investigación denominada **“CARACTERIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL MUNICIPIO BUCHIVACOA (VENEZUELA) CON FINES DE TRATAMIENTO”** cuyo objetivo principal era clasificar las aguas subterráneas de tres zonas del municipio Buchivacoa con el fin de proponer un esquema de tratamiento. Se realizaron muestreos por bombeo en 32 pozos y análisis de laboratorio para determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, que se compararon con las normas vigentes para agua potable. Esta investigación se convierte en un apoyo metodológico en alguno de sus aspectos.

Montiel, Morales, Silva, Baez, Portillo, Reales y Montiel (2021) presentaron un estudio titulado **“CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN UNA POBLACIÓN INSULAR: UN APORTE AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD DE SAN BERNARDO – VENEZUELA”**, el cual tiene como objetivo principal caracterizar el recurso hídrico subterráneo, a través de los pozos ubicados en la isla San Bernardo, como un aporte al

desarrollo de la comunidad y la prevención de enfermedades de transmisión hídrica. Al igual que la anterior investigación citada, este estudio servirá de apoyo metodológico para la presente investigación

García (2021) elaboró en la Universidad Católica de la Santísima Concepción en Chile una investigación titulada “**PROSPECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A TRAVÉS DEL MÉTODO GEOELÉCTRICO SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL EN EL PREDIO EL PARRÓN, COMUNA DE FLORIDA, REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE**”, el cual tenía como objetivo principal determinar la presencia de agua subterránea en el predio El Parrón ubicado en la Comuna de Florida, Región del Biobío y obtener así el modelo del subsuelo en base a medidas de resistividad aparente. El predio está compuesto en su totalidad por un intrusivo granítico del Paleozoico, altamente meteorizado. Se aplicó prospección geofísica, en particular, el método de sondeos eléctricos verticales (SEV), se llevaron a cabo 9 SEV utilizando la configuración Schlumberger para determinar las resistividades, cuya data obtenida fue analizada utilizando el software IPI2WIN y en donde se identificaron dos (2) capas geo-eléctricas. El presente estudio permitirá utilizar su metodología de interpretación de sondeos eléctricos verticales

3.2. Bases teóricas

3.2.1 Acuíferos

Son aquellas formaciones geológicas capaces de contener agua y permitir su movimiento a través de sus poros, cumpliendo dos funciones importantes; almacenar agua y conducirla. Este movimiento del agua a través de un acuífero no se realiza necesariamente en forma idéntica en toda su extensión, ya que ello es dependiente de las propiedades y características del acuífero. Esto conduce a considerar la isotropía y anisotropía de los acuíferos. Así cabe indicar que existe una amplia gama de

formaciones con capacidades muy diversas para almacenar y transmitir el agua. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.2 Estructura de un acuífero

Un acuífero es un terreno rocoso permeable dispuesto bajo la superficie, en donde se acumula y por donde circula el agua subterránea. En un acuífero "libre" se distinguen: una zona de saturación, que es la situada encima de la capa impermeable, donde el agua rellena completamente los poros de las rocas. El límite superior de esta zona, que lo separa de la zona de aireación, es el nivel freático y varía según las circunstancias, descendiendo en épocas secas, cuando el acuífero no se recarga o lo hace a un ritmo más lento que su descarga, y asciende en épocas húmedas. Extendiéndose hacia arriba desde el nivel freático se encuentra la franja capilar, en la cual, el agua subterránea es mantenida por la tensión superficial en los poros de la roca. El área situada por encima del nivel freático que abarca la franja capilar y el cinturón de humedad del suelo se denomina Zona de Aireación. (Custodio y Llamas, 1976).

3.2.3. Tipos de acuíferos

Para hacer una clasificación más exhaustiva de los tipos de acuíferos se toman los aportes realizados por Edward E. (1975) en Barrios, R. (2010), los cuales señalan al respecto los siguientes:

La clasificación de los acuíferos varía según el factor que se tome en cuenta para hacerlas. Atendiendo al grado de confinamiento, es decir, a la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos, distinguimos los siguientes tipos:

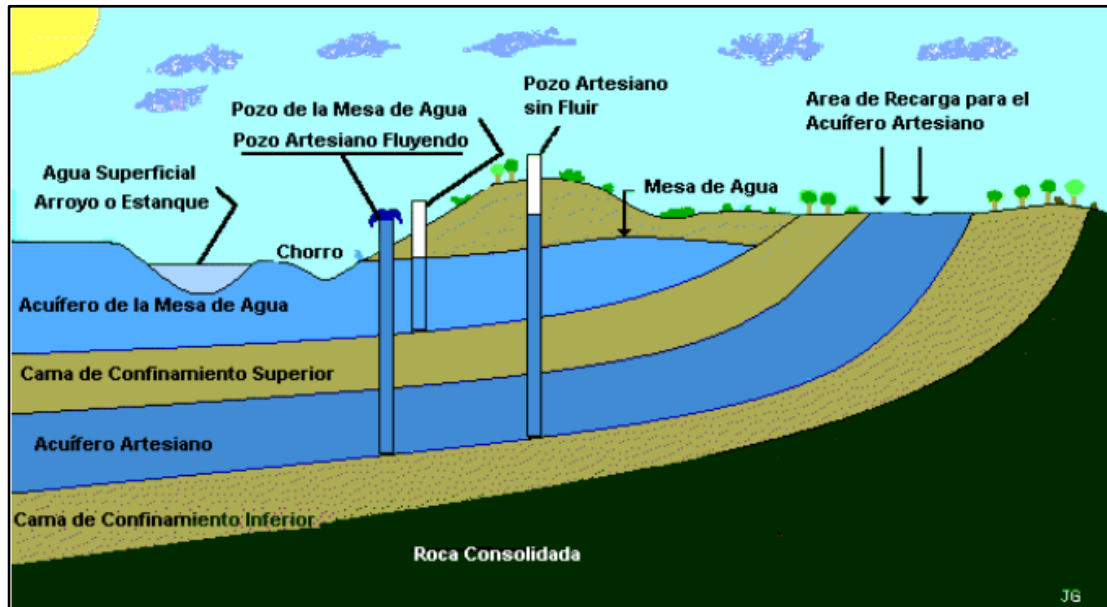


Figura 3.1 Tipos de acuíferos (Custodio y Llamas, 1996).

3.2.3.1 Acuífero libre, freático o no confinado

Es aquel que presenta una superficie libre de agua sujeta a la presión atmosférica. Esa superficie freática se encuentra a un nivel denominado freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no. Está formado en general por un estrato permeable o relativamente impermeable.

En los pozos que atraviesan total o parcialmente este tipo de acuífero el agua alcanza el mismo nivel que tendría dentro de la formación geológica, es decir, el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal para alcanzar el agua a presión atmosférica).

En algunos acuíferos libres formados por partículas finas, el drenaje por gravedad no es instantáneo y el acuífero entrega el agua con cierto retraso después

que desciende el nivel freático. Estos acuíferos se conocen como libres con entrega retardada. (Barrios, R., 2010).

3.2.3.2 Acuífero confinado, cautivo o a presión

Se trata de una formación geológica completamente saturada de agua que se encuentra confinada entre dos estratos impermeables o prácticamente impermeables (uno inferior y otro superior). El agua contenida en este tipo de acuíferos se encuentra a una presión superior a la atmosférica, de manera que en aquellos pozos que asciende rápidamente hasta que se estabiliza a un nivel denominado piezométrico. Así, al imaginar una serie de pozos atravesando un acuífero confinado, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno de ellos, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con la superficie freática que tenía el acuífero en estado natural. Si el nivel piezométrico queda por encima de la cota del terreno, se habla de pozos surgentes, mientras que si queda por debajo de esta se denomina pozo artesiano. (Barrios, R., 2010).

3.2.3.3 Acuífero semi-confinado

Son una variante de los acuíferos confinados, y se caracterizan porque están limitados en su parte superior por una capa semipermeable (acuitardo) y en su parte inferior por una capa impermeable (acuicierre o acuífugo) o también por otro acuitardo. En este tipo de acuíferos, la disminución de la carga piezométrica originada por el bombeo por ejemplo, inducirá un flujo vertical del agua contenida en el acuitardo, que actuara como recarga de acuífero. (Barrios, R., 2010). icas tales que la componente horizontal del flujo no puede ignorarse.

Es el caso de un acuífero formado por granos gruesos, limitado en la parte inferior por una formación impermeable y en la parte superior por una formación de

granos finos con conductividad hidráulica saturada inferior a la del acuífero, pero no tan baja como para considerarla semipermeable. (Barrios, R., 2010).

3.2.3.5 Acuífero colgado

Este tipo se da en aquellas ocasiones en las que existe una capa de material más o menos impermeable por encima del nivel freático. El agua que se infiltra queda por tanto atrapada en esta capa formando una “bolsa de agua” o lentejón, que normalmente tiene una extensión limitada. Los acuíferos colgados se dan con más frecuencia de lo que se pueda suponer, aunque a veces solo ocupan unos pocos centímetros de espesor, o sólo se limitan después de una recarga muy excepcional. No supone un recurso muy fiable, ya que si se perfora del todo, puede ocurrir que el pozo construido actúe facilitando el drenaje del agua contenida en el lentejón hacia la zona saturada. (Barrios, R., 2010).

3.2.3.6 Acuíferos formados por depósitos no consolidados

Los acuíferos formados por depósitos no consolidados están constituidos por materiales sueltos, fundamentalmente arenas, gravas o mezclas de ambas, de origen geológico muy diverso. Según algunos autores el 90% de los acuíferos en explotación en el mundo caen bajo esta categoría. (Barrios, R., 2010).

3.2.3.7 Acuíferos formados por depósitos consolidados

Están constituidos por rocas consolidadas, cuyo origen puede ser diverso:

1. Calizas y dolomitas (fisuras, fracturadas y karstificadas).
2. Conglomerados o areniscas (disueltas y con algunas partes cementadas).

3. Rocas volcánicas alteradas (escoriáceas). Las características de los acuíferos en rocas volcánicas son variables dependiendo de las propiedades físicas y químicas de la erupción que las originó, así como de su edad. Las zonas más permeables están relacionadas con fracturas y materiales piroclastos.
4. Algunas rocas cristalinas (p.el. Granitos fracturados). (Barrios, R., 2010).

3.2.3.8 Acuicluido

Del latín "claudere" que significa encerrar o cerrar, se define como aquella formación geológica que conteniendo agua en su interior, incluso hasta la saturación no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Dentro de este grupo pueden incluirse los cienos y légamos (arcillas por lo general) de origen deltaico y/o de estuario, que a pesar de poseer grandes cantidades de agua (superior a 50% en volumen) no son hidrogeológicamente aptos para la construcción de captaciones de aguas subterráneas. (Aguasuelos Ingeniería, 1993).

3.2.3.9 Acuitardo

Del latín "tardare" que significa retardar, hace referencia a la existencia de numerosas formaciones geológicas que, conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente por lo que tampoco son aptos para el emplazamiento de captaciones, pero sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos. Por ejemplo, un nivel de arcillas limosas o arenosas puede comportarse como acuitardo, si está dispuesto por encima o debajo de un acuífero más importante, al cual puede recargar, o incluso recibir agua del mismo. (Aguasuelos Ingeniería, 1993).

3.2.3.10 Acuífugo

Del latín "fugere" que significa huir, a aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo, un macizo granítico no alterado, o unas rocas metamórficas sin apenas meteorización ni fracturación. (Aguasuelos Ingeniería, 1993).

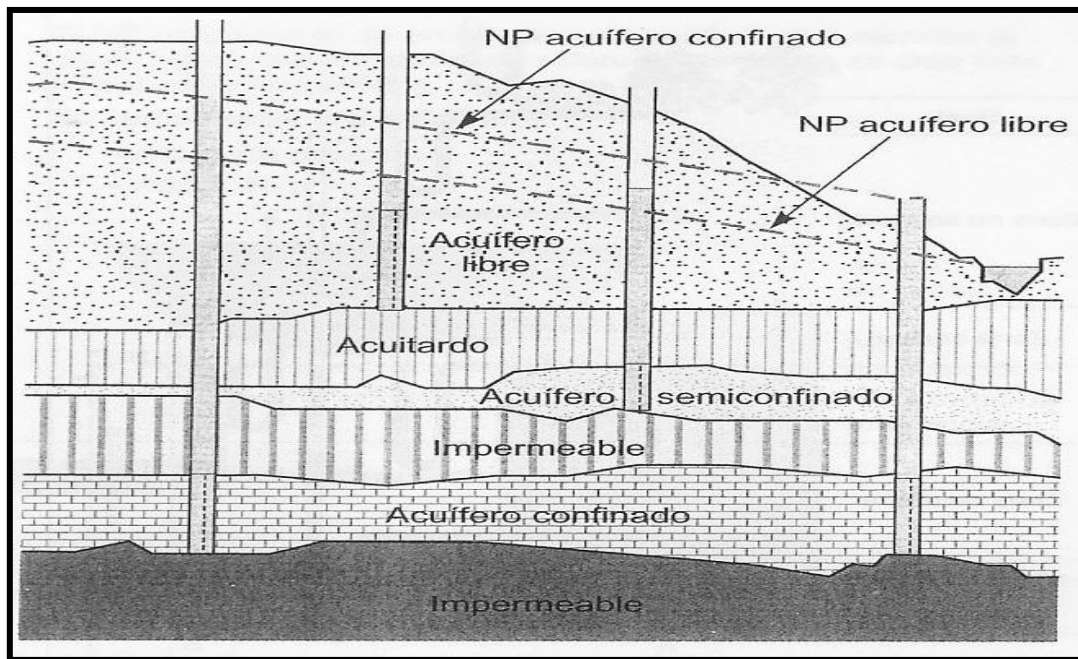


Figura 3.2 Tipos de acuíferos y niveles piezométricos. (Custodio y Llamas, 1996).

3.2.4 Balance hídrico

Los balances hídricos se suelen realizar de forma periódica (diaria, mensual) en la zona más superficial del terreno donde tienen lugar los procesos de evapotranspiración (suelo edáfico generalmente), aunque también se han aplicado en la zona no saturada y en el propio acuífero, variando en esta escala temporal y espacial de la recarga. El balance de agua en un acuífero se plantea entre dos flechas

entre las que se observa la variación del nivel freático. El volumen almacenado por encima del nivel freático original se iguala a la recarga, considerando otros posibles flujos de entrada o de salida desde otros acuíferos o por bombeos. (Aguilera, G., 2009).

3.2.5 Balance de suelos

El potencial de las aguas subterráneas de un acuífero, representa la máxima cantidad de agua a sustraer del acuífero, para que no sea sobreexplotado. Dicho potencial se estima mediante la recarga al acuífero, que se determina conociendo en primer lugar, la fracción de lluvia que es interceptada por el follaje. En segundo lugar, se requiere conocer la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie. En tercer lugar, se debe realizar un balance de suelos, que nos permita estimar el agua que drena del suelo hacia el acuífero, que se encuentra ubicado debajo del suelo. (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

3.2.6 Infiltración

Es el proceso bajo el cual un flujo de agua penetra al suelo por su superficie. La rata de infiltración f medida en mm/hr, está influenciada por muchos factores, tales como la densidad y el tipo de cobertura vegetal, humedad inicial, pendiente del terreno, porosidad y permeabilidad del suelo, calidad del agua e intensidad de precipitación. (Pravia, J., 1995).

3.2.7 Coeficiente de infiltración

Es el factor por el cual hay que multiplicar la precipitación mensual para obtener el agua que se infiltra mensualmente hacia el suelo. En una zona dada, entre

menor sea la pendiente del terreno y mayor sea su cobertura vegetal, la velocidad de escurrimiento se retrasa, generando una mayor infiltración. (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

Los valores sugeridos de estos componentes, que conforman el coeficiente de infiltración se muestran en la siguiente Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores del coeficiente de infiltración.

Por pendiente	Pendiente	kp
Muy plana	0.02%-0.06%	0.30
Plana	0.3%-0.4%	0.20
Algo plana	1%-2%	0.15
Promedio	2%-7%	0.10
Fuerte	Mayor de 7%	0.06
Por cobertura vegetal		kv
Cobertura con zacate menos del 50%		0.09
Terrenos cultivados		0.10
Cobertura con pastizal		0.18
Bosques		0.20
Cobertura con zacate menos del 75%		0.21

3.2.8 Precipitación

Son el resultado de la condensación del vapor de agua, y bajo ese término se engloban todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra bajo diversas formas: en forma líquida (lluvia), sólida (nieve y granizo) u oculta (rocío o helada blanca). (Benítez, A., 1963).

Según Benítez, A., (1963), podemos distinguir tres tipos de precipitación:

1. Convectiva: es típica de las zonas tropicales y se lleva a cabo por el calentamiento de aire cerca de la superficie terrestre, este aire caliente se expande

y asciende por la disminución de densidad. En este proceso de aire caliente ascendente toma vapor del ambiente y asciende a gran velocidad. En las capas superiores toma lugar un enfriamiento dinámico causando condensación y posteriormente precipitación.

2. Orográfica: ocurre cuando las barreras montañosas obligan a las corrientes de aire (vientos) a elevarse. Las lluvias de las zonas de barlovento son de este tipo.
3. Ciclónica: está asociada con el movimiento de masas de aire de centros de alta presión a centros de baja presión. Esta diferencia de presión es causada por el calentamiento irregular de la superficie terrestre.

3.2.9 Condensación

Es el primer paso en el mecanismo de la precipitación y esta puede producirse por una de las siguientes causas:

1. Por enfriamiento dinámico o diabático de la masa de aire
2. Por la mezcla de masas de aire con que están a diferentes temperaturas
3. Por enfriamiento ocurrido en una de ellas por dos masas de aire en contacto
4. Enfriamiento por radiación. (Benítez, A., 1963).

3.2.10 Evaporación

Es el proceso bajo el cual la masa de agua de la tierra, lagos y mares regresa a la atmósfera, en forma de vapor. Debido a que hay un constante intercambio de

molécula las de agua entre la superficie evaporante y la parte atmosférica inmediatamente sobre ella. La evaporación es función de la radiación solar, de la diferencia en presión de vapor entre la superficie del agua y el aire circundante, de la velocidad del viento, de la presión de vapor y de la calidad del agua evaporante. (Benítez, A., 1963).

3.2.11 Transpiración

Este ocurre entre el suelo, las plantas y la atmósfera. El suelo actúa como un reservorio de agua, del cual las plantas extraen el agua para transportarlas en el sistema de raíces, tronco y ramas, por un sistema de conducción de baja resistencia llamado xilema. Las hojas contienen células mesofílicas esponjosas en su superficie desde la cual se produce la evaporación, estos son los llamados orificios estomatales por donde se escapa el vapor de agua hacia la atmósfera. La razón de transpiración se determina dividiendo el peso de agua transpirado por una planta durante su crecimiento y el peso de material producido por la misma. (Benítez, A., 1963).

3.2.12 Evapotranspiración

Es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la evapotranspiración es la suma de la transpiración más la evaporación, y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

La mayor capacidad de evapotranspiración de un cultivo es cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo. Sin embargo, cuando la humedad del suelo es menor que la capacidad de campo, las hojas de las plantas van cerrando los estomas con el propósito de transpirar menos y así economizar el agua. Cuando la humedad

del suelo llega al punto de marchitez permanente, la planta no transpira y muere (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

Cada planta tiene una evapotranspiración diferente y va a depender de la temperatura de ambiente, humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento y grado de desarrollo de la planta, la misma se muestra en la Tabla 3.2 (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

Tabla 3.2 Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976), en (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

PROFUNDIDAD DE RAÍCES	
Cultivo	Metros
Alfalfa (pastos)	1-2
Algodón	1-1,7
Banano	0,5-0,8
Caña de azúcar	1,20-2
Frijol	0,5-0,7
Cebolla	0,3-0,5
Cítricos	1,20-2,0
Zacate	0,3-0,5
Bosques	2,0-3,0

En una cuenca o en una zona arbitraria de la cuenca, es casi imposible determinar la evapotranspiración de la vegetación, debido a la gran variedad de vegetación y grado de desarrollo de las plantas existentes en una cuenca o en una zona de la misma.

Por este motivo, es conveniente asumir una evapotranspiración, que se estime como promedio de la cuenca. Esta evapotranspiración promedio de la cuenca, la

asumiremos que es igual a la evapotranspiración potencial (ETP). (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

3.2.13 Fracción de lluvia interceptada por el follaje

Se define como coeficiente de follaje (Cfo) el porcentaje de la lluvia mensual que es retenida en el follaje, expresado en tanto por uno. Para el 12% de retención $Cfo = 0.12$. Para el 20 de retención $Cfo = 0.20$. (Schosinsky, G. 2006)

3.2.14 Escorrentía

Es la parte de lluvia que ni se infiltra en el terreno ni se pierde por evaporación, y que por consiguiente, discurre libremente sobre la superficie del suelo formando cursos de agua superficial. (Benítez, A., 1963).

3.2.15 Escorrentía superficial

Es aquella que alcanza el punto considerado, habiendo circulado siempre sobre la superficie del terreno, esta es asimilable a la escorrentía directa. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

La escorrentía superficial generada por la lluvia mensual, corresponde a la precipitación mensual menos la retención de lluvia en el follaje menos la infiltración. (Schosinsky, G., y Losilla, M., 2000).

3.2.16 Escorrentía directa

Es aquella que pasa poco tiempo sobre la superficie del terreno después de haber llovido o de haberse fundido las nieves. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976)

3.2.17 Escorrentía subterránea

Es aquella que llega al punto después de haber circulado un trayecto más o menos largo dentro de un acuífero o embalse subterráneo. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.18 Escurrimiento

Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. El flujo superficial se produce mientras el agua no llegue a cauces bien definidos, una vez que llega a este se convierte en escurrimiento en corrientes (Bolinaga, J., 1999).

3.2.19 Tiempo de concentración

En el caso del método racional, el tiempo de concentración es igual al tiempo que se tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio en cuestión. (Bolinaga, J., 1.999):

3.2.20 Tipos de aguas

3.2.20.1 Magmáticas

Son primitivas, brotan en relación con los filones metálicos o eruptivos, poseen temperaturas elevadas de más de 50° C., tienen un caudal, composición y

temperaturas constantes, las sales de calcio, magnesio y los nitritos son raros o no existen. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.2 Telúricas

Son aguas de filtraciones, que brotan de cualquier terreno, es decir, sin relación directa con los filones metálicos o eruptivos; su caudal es variable según el régimen de lluvias y estaciones, la temperatura no es demasiado elevada (de menos de 50° C.), la mineralización es tenue y su concentración está en relación inversa al caudal, no tiene elementos con características de emanaciones metálicas o de metaloides profundos (boro, flúor, cobre, nitrógeno, etc.) sino en presencia de oxígeno. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.3 Aguas potables

El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unas normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.4 Agua pura

Se obtiene por destilación en los laboratorios, de esta manera se separan los gases y sales en disolución. (CORPOVEN, 1991)

3.2.20.5 Agua dura

Es aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio, son éstas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.6 Aguas connatas

Las aguas connatas son aquellas que han estado encerradas en sistemas hidráulicos cerrados y no han formado parte del ciclo geológico por una cantidad considerable de tiempo geológico; aguas formadas al mismo tiempo que las rocas que las contienen. Estas aguas no circulan, pero se mueven a través de los sedimentos como parte del proceso de compactación y migración. Las aguas connatas generalmente son saladas, contienen de 20000 a 25000 mg/l de sólidos disueltos y se caracterizan por presentar altas concentraciones de sulfatos y carbonatos. (CORPOVEN, 1991).

Es importante resaltar que por su naturaleza las aguas connatas van desde agua fresca en ambientes sedimentarios continentales hasta salinas en ambientes marinos, pudiendo ser modificadas por las reacciones químicas que ocurren en el subsuelo durante la compactación y diagénesis o al mezclarse con aguas meteóricas. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.7 Aguas meteóricas

Geológicamente las aguas meteóricas son aquellas de reciente contacto con el ciclo hidrológico, su edad es menor que la de las rocas que la contienen. Aquí se incluyen el agua de lluvia y nieve, aguas superficiales y aguas subterráneas en movimiento. Químicamente las aguas meteóricas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de sólidos disueltos, su valor por lo general, es menor de 10000 mg/l y normalmente presenta cantidades considerables del ion carbonato.

El agua meteórica es menos salada que el agua connata y tiene un rango más amplio de composición química. No hay un incremento sistemático de la concentración con la profundidad. Usualmente contienen cantidades considerables del ión carbonato y escasamente contienen calcio y magnesio. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.8 Aguas termales

Estas pueden ser magmáticas, que proceden de las profundidades de la tierra y que contienen iones metálicos, o bien radiactivos, junto a su elevada temperatura. También pueden ser juveniles, que son aguas de fuentes resurgentes de la circulación subterráneas de aguas infiltradas por fisuras de las capas rocosas o especiales terrenos porosos, se forma así el agua geotermal. Cada tipo de agua termal depende de la profundidad y de los terrenos por los cuales atraviesa y de las características del terreno donde surja. (CORPOVEN, 1991). (Figura 3.2)



Figura 3.3 Aguas termales de Moisés
Venezuela. (CORPOVEN, 1991).

3.2.20.9 Aguas juveniles

Las aguas juveniles son aquellas que ascienden desde el manto de la tierra y nunca han formado parte del Ciclo Hidrológico, son difíciles de identificar con precisión. (Soto, C. 1977).

3.2.21 Humedad del suelo

Se emplea para referirse al agua retenida por el suelo, y así distinguirla del agua subterránea propiamente dicha. Los procedimientos más exactos para medirla son los de laboratorio, siempre que la muestra del suelo se extraiga y transporte con las debidas precauciones para conservar íntegra su humedad. Pero en la práctica, es útil y rápido el determinar (in situ), la humedad del suelo y para ello se emplean diversos métodos y aparatos, que deben ser previamente calibrados con medidas de laboratorio. Algunos son:

1. Bloques porosos absorbentes
2. Tensiómetros
3. Métodos que relacionan conductividad eléctrica del suelo con su contenido de humedad
4. Métodos geofísicos. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.22 Humedad equivalente

Es el grado de humedad, determinado en el laboratorio, de una muestra que se ha sometido a una fuerza centrífuga 1000 veces superior a la de la gravedad (presión de 10 atmósferas aproximadamente) durante un tiempo de unos 40 minutos.

El hecho de esta determinación se debe a que la humedad equivalente es un valor muy próximo al de capacidad de campo y sustituye su determinación. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.23 Capacidad de campo

Es el grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravífica. Este concepto es de gran importancia en agricultura ya que en la zona de acción de las plantas representa el agua que, transcurrido un tiempo generalmente unos tres (3) días, después de un riego o de una lluvia, queda en el terreno, parte de la cual podrá ser aprovechada por la vegetación para sus funciones biológicas. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.24 Punto de marchitez permanente

Es el grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua por el terreno y en consecuencia las plantas no pueden extraerla. Al igual que la capacidad de campo es un concepto eminente agronómico, pero que juega un importante papel en fenómenos como la evapotranspiración de indiscutible influencia sobre el ciclo hidrológico. Su determinación en laboratorio, sigue un método similar al empleado para determinar la humedad equivalente, sometiendo la muestra a presión centrifuga del orden de 15 atmósferas y hallando después su grado de humedad. Naturalmente su valor real depende del tipo de vegetación que exista sobre el suelo, y solo a partir de experiencias de marchitamiento de plantas podrá obtenerse en cada caso. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.25 Nivel freático

Cuando la precipitación cae en el continente, una parte se evapora, otra parte se escapa por escurrimiento en las corrientes, la otra satura el suelo. A medida que esta agua baja hacia la superficie, alguna cantidad se adhiere al material por el cual se mueve y detiene su descenso, esta región se conoce con el nombre de zona de aeración y el agua que se queda en su interior se le denomina agua suspendida. Por lo tanto, los espacios porosos de esta zona contienen tanto aire como agua. (Wicander y Monroe, 1999 en Barrios, R., 2010).

Debajo de la zona de aeración, se encuentra la zona de saturación, donde todos los poros están llenos de agua subterránea. La base de la zona de saturación varía de un lugar a otro, pero regularmente se extiende a la profundidad en la que se halla una capa impermeable o hasta donde la presión confinada cierra todos los espacios abiertos. La franja capilar se extiende irregularmente hacia arriba algunos centímetros a varios metros, a partir de la zona de saturación. En esta región el agua asciende a causa de la tensión superficial, en forma muy parecida a como asciende el agua en una toalla de papel.

La superficie que separa la zona de aeración de la zona inferior de saturación se le conoce con el nombre de nivel freático. En general la configuración del nivel freático es una copia menor del terreno superficial; es decir sus mayores elevaciones están debajo de las colinas y las menores en los valles. Sin embargo, en la mayoría de las regiones áridas y semiáridas el nivel freático es bastante plano y está por debajo del nivel de los valles fluviales.

Varios factores contribuyen a la configuración superficial del nivel freático de una determinada región, entre los cuales se pueden mencionar. Las diferencias

regionales en la cantidad de lluvias, permeabilidad y la velocidad del movimiento del agua subterránea. (Wicander y Monroe, 1999 en Barrios, R., 2010).

3.2.26 Polígonos de Thiessen

El fundamento teórico de este método, consiste en atribuir a cada pluviómetro una zona de influencia determinada. Estas zonas quedan delimitadas de forma que un punto situado dentro de ellas este siempre más cercano, en distancia horizontal, del pluviómetro cuyos datos se consideran que de cualquier otro pluviómetro. (Benítez, A., 1963).

3.2.27 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se pueden definir como el agua almacenada en los espacios abiertos de las rocas y el material sin consolidar del subsuelo, es decir son las que se filtran por las fisuras de las rocas , o por las grietas , para penetrar en el subsuelo para formar corrientes , manto y empapar las rocas porosas..

Sobre las aguas subterráneas Wicander y Monroe (1999), en Barrios, R., (2010), en señalan los siguientes aspectos:

3.2.28 Características de los acuíferos

La propiedad de los acuíferos de contener y conducir agua está gobernada por varios factores:

1. Porosidad
2. Permeabilidad
3. Transmisibilidad
4. Producción específica
5. Coeficiente de almacenamiento

El conocimiento de estas características permite hacer una evaluación de la magnitud de este recurso y su aprovechamiento racional, sin peligro de agotarlo.

3.2.29 Porosidad

Por lo general, las rocas no son completamente sólidas, sino que poseen gran cantidad de grietas o espacios inter granulares. El conjunto de estas aberturas o intersticios es lo que se llama porosidad.

Cuando estos poros están interconectados entre sí, existe la posibilidad del movimiento del agua. Esto nos indica que la porosidad por sí sola, no define la existencia de un acuífero, ya que precisa además de la interconexión de los intersticios.

La porosidad es entonces, una medida el contenido de vacíos, y se expresa como un porcentaje del espacio vacío respecto al volumen total.

$$\alpha = a/V_t \times 100 \quad (3.1)$$

α = Porosidad

a = volumen de vacíos

V_t = Volumen total

La porosidad está afectada por los siguientes factores:

1. Grado de compactación
2. Forma y arreglo de las partículas
3. Gradación de las partículas.

3.2.30 Permeabilidad

Un estrato geológico con cierto grado de porosidad podrá contener eventualmente agua en su interior, pero si los espacios vacíos o intersticios no están interconectados, esta agua no circulará. Esta propiedad de las rocas de permitir el flujo del agua, es lo que se llama permeabilidad.

Esta permeabilidad o libertad de movimiento del agua a través de un medio poroso, depende de los factores:

1. Tamaño de las partículas
2. Forma de las partículas
3. Gradación del material
4. Viscosidad del fluido.

Se define Coeficiente de permeabilidad o simplemente permeabilidad de un material, al volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo, a través de una sección de acuífero de área unitaria (1 m^2), cuando el gradiente hidráulico es unitario y en condiciones de temperatura de 15°C . La permeabilidad se expresa en términos de velocidad (m/s), aunque también puede expresarse en $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$.

3.2.31 Transmisibilidad

La transmisibilidad se define como el volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario, extendida en todo el espesor saturado, cuando el gradiente hidráulico es unitario, y una temperatura dada de 15 °C.

Por definición, la transmisibilidad es por tanto el producto de la permeabilidad por el espesor del acuífero, y es también una medida de la capacidad de un acuífero para conducir o transmitir agua.

$$T = P \times m \quad (3.2)$$

Donde:

T = transmisibilidad

P = permeabilidad

m = espesor del acuífero

3.2.32 Producción específica

Se define como el volumen de agua que puede ser drenado por unidad de área (m^2) de un acuífero, cuando el nivel del agua en el estrato desciende una unidad, a temperatura (15 °C). Físicamente se puede visualizar el concepto de Producción específica, si saturamos de agua un recipiente conteniendo un material poroso completamente seco.

3.2.33 Retención específica

Posteriormente, si tratamos de drenar el agua contenida en el medio poroso, veremos que no es posible recuperar la totalidad, debido a que parte del agua quedará adherida al material granular, por atracción molecular y por tensión superficial.

El volumen de agua que ha quedado retenido, dividido por el volumen total del material poroso, expresado como porcentaje se le llama Retención específica.

$$R_o = a_r/V_t \times 100 \quad (3.3)$$

Donde:

R_o = retención específica

a_r = volumen de agua retenido

V_t = volumen total.

La retención específica es mayor en arenas finas que en gravas.

De la misma manera, la Producción específica es la cantidad de o volumen de agua que puede ser drenado.

$$P_e = a_d/V_t \times 100 \quad (3.4)$$

Donde:

P_e = producción específica

a_d = volumen de agua drenado

V_t = volumen total

Es evidente que el volumen agua retenida más el volumen de agua drenada, constituyen la porosidad del material, luego

$$\alpha = Pe + Re \quad (3.5)$$

No debe confundirse el concepto de Producción Específica de un estrato acuífero con Capacidad Específica, que es un término referido la producción de un pozo, e indica el gasto por unidad de descenso del nivel del agua.

La porosidad y la permeabilidad son propiedades físicas importantes de los materiales terrestres, además, de que son, en gran parte, la causa de la cantidad, disponibilidad y movimiento del agua subterránea. El agua se infiltra en la tierra porque el suelo, los sedimentos y las rocas tienen espacios abiertos o poros.

“La porosidad es el porcentaje del volumen total de un material que es un espacio poroso o intersticial. La mayoría de las veces la porosidad consiste en los espacios entre las partículas del suelo, los sedimentos y las rocas sedimentarias; también hay otro tipo de porosidad formado por grietas, fracturas, fallas y vesículas de las rocas volcánicas” (Wicander y Monroe, 1999 en Barrios, R., 2010).

Por consiguiente, la porosidad varía entre los distintos tipos de rocas y depende del tamaño, la forma y la disposición del material que compone la roca. Por lo tanto, todas las rocas ígneas y metamórficas, así como muchas calizas y dolomías, poseen una porosidad muy baja porque están compuestas de cristales firmemente unidos, no obstante, su porosidad aumenta si fracturan o disuelve el agua subterránea. (Wicander y Monroe, 1.999 en Barrios, R., 2010).

Aunque la porosidad determina la cantidad de agua subterránea que puede retener una roca, no garantiza que se pueda extraer el agua, por cuanto la capacidad de un material para transmitir los fluidos es su permeabilidad, ésta depende no solo de la porosidad, sino también del tamaño de los poros o fracturas y sus interconexiones. (Wicander y Monroe, 1.999 en Barrios, R., 2010).

- Porosidad: Es el volumen poroso por unidad de la formación. Es la fracción del volumen total de una muestra que está ocupada por poros o espacios vacíos. La porosidad está representada por la letra griega ϕ . (Schlumberger, 1999).

La porosidad de las formaciones del subsuelo puede cambiar considerablemente. Los carbonatos densos (calizas, y dolomitas) y las evaporitas (sales, anhidritas y yeso) pueden tener cero porosidad, para todos los efectos prácticos. Por su parte, las areniscas bien consolidadas pueden tener de 10% a 15% de porosidad, mientras que las no consolidadas pueden tener un 30% más de porosidad; mientras que las lutitas o arcillas pueden tener una porosidad mayor de 40% llena de agua pero generalmente estos poros individualmente considerados, son por lo general tan pequeños, que la roca es impermeable al flujo de los fluidos. (Schlumberger, 1999). (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Clasificación cualitativa de la porosidad. (Schlumberger, 1999).

Clasificación	Φ(%)
Despreciable	<5
Baja	$5 < \Phi < 10$
Buena	$10 < \Phi < 20$
Excelente	>20

La porosidad depende principalmente de los siguientes factores:

- a. El empaque geométrico,
- b. El escogimiento,
- c. La cementación,
- d. La angularidad y el grado de redondez,

- e. La granulación y
- f. La solución de minerales a través de aguas circulantes (aumenta la porosidad). (Schlumberger, 1999).

3.2.34 Movimiento del agua subterránea

La velocidad del agua subterránea varía enormemente y depende de muchos factores. La velocidad va de 250 m por día en algunos materiales extremadamente permeables, a menos de algunos centímetros por años en los materiales casi impermeables. En la mayoría de los acuíferos ordinarios la velocidad promedio del agua subterránea es de algunos centímetros por día. (Wicander y Monroe, 1.999 en Barrios, R., 2010).

La gravedad proporciona la energía para el movimiento descendente del agua. Por consiguiente, el agua que penetra en el suelo pasa por la zona de aeración y la de saturación. Cuando llega al nivel freático, el líquido continúa su movimiento por la zona de saturación, desde las áreas en las que este nivel está más elevado hacia aquellas donde es más bajo, como en las corrientes, lagos y lagunas. (Wicander y Monroe, 1.999 en Barrios, R., 2010).

3.2.35 Modificaciones del sistema de agua subterránea y sus efectos

La densidad demográfica y la superpoblación han conllevado al uso irracional del agua subterránea en la mayoría de los países del mundo, por consiguiente sino se hace uso de la misma con más prudencia, en el futuro no habrá una provisión suficiente de agua subterránea pura, por cuanto se han producido grandes modificaciones en el sistema de producción de este recurso natural valioso, lo cual puede traer muchas consecuencias , entre las que se destacan: 1) Descenso del nivel freático, lo cual hace que los pozos se sequen; 2) pérdida de presión hidrostática,

causante de que los pozos que tenía flujo libre deben ser bombeados ; 3) intrusión de agua salada; 4) hundimientos, y 5) contaminación del suministro de agua subterránea. (Wicander y Monroe, 1.999 en Barrios, R., 2010).

3.2.36 Caracterización de sistemas de agua subterránea

Un acuífero es una formación geológica capaz de suministrar agua subterránea útil a pozos y manantiales. (Banco Mundial, 2011).

Todos los acuíferos tienen dos características fundamentales: capacidad de almacenar agua subterránea y capacidad de permitir el flujo del agua subterránea. Pero el grado en que se presentan estas propiedades varía mucho de una formación geológica a otra y su magnitud puede variar con la estructura geológica, de unos cuantos km² a muchos miles de km². (Banco Mundial, 2011).

Los elementos más importantes de la diversidad hidrogeológica son: gran variación de la capacidad de almacenamiento de la unidad acuífera (almacenaje), entre sedimentos granulares no consolidados y rocas fracturadas muy consolidadas gran variación del espesor saturado del acuífero entre diferentes tipos de depósitos, lo que da como resultado un amplio rango de potencial de flujo de agua subterránea (transmisibilidad), (Banco Mundial, 2011).

3.2.37 ¿Cómo fluye el agua subterránea?

El vasto almacenamiento de muchos sistemas de agua subterránea (mucho mayor que el de los embalses más grandes hechos por el hombre) es su característica más distintiva. Como consecuencia, la mayor parte del agua subterránea está en movimiento lento continuo desde áreas de recarga natura (producto de la precipitación que excede los requerimientos de las plantas) hacia las áreas de

descarga de los acuíferos (como manantiales e infiltración hacia cursos de agua, humedales y zonas costeras). (Banco Mundial, 2011).

Se pueden encontrar formaciones de agua dulce más profundas, pero la extracción de este recurso frecuentemente da como resultado una infiltración inducida de los acuíferos suprayacentes y no la intercepción de un flujo importante de agua subterránea profundo e independiente. El almacenamiento de un acuífero transforma regímenes de recarga natural muy variables en regímenes de descarga natural más estables. También da como resultado tiempos de residencia de agua subterránea que por lo general se calculan en décadas o siglos y en ocasiones incluso en milenios, con grandes volúmenes de la llamada ‘agua subterránea fósil’ (reliquia de episodios pasados de clima diferente) que aún permanecen almacenados. (Banco Mundial, 2011).

En sitios en los que los acuíferos se encuentran bajo estratos mucho menos permeables, las capas suprayacentes de estos últimos confinan (en diverso grado) las aguas subterráneas de los acuíferos. Esto da como resultado cierto grado de aislamiento de la superficie del terreno inmediatamente suprayacente, pero no del sistema de agua subterránea en general. El abatimiento del manto freático inducido por el bombeo de la sección confinada de un acuífero a menudo se propaga rápidamente a la sección no confinada. En diversos escenarios hidrogeológicos, se pueden superponer capas de acuíferos no profundos no confinados y profundos confinados con infiltraciones hacia abajo y hacia arriba entre capas, según las condiciones locales, (Banco Mundial, 2011).

3.2.38 Calidad de las Aguas Subterráneas

Las características físicas y químicas de las aguas subterráneas dependen de varios factores. Los tres principales son: ambiente climático, ambiente geológico y

acción del hombre o contaminación. El agua subterránea tiende a ser dulce (es decir, de muy baja salinidad) y potable (puede ser bebida sin riesgo). Sin embargo en ocasiones las capas freáticas son demasiado ricas en sales disueltas como para ser consumida, y eso mismo puede resultar inconveniente también para otros usos determinados. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones éstos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. El agua subterránea puede contaminarse por otras causas antropogénicas, como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población. Algunos contaminantes se originan de la erosión natural de las formaciones rocosas. Otros contaminantes provienen de descargas de fábricas, productos agrícolas, o químicos utilizados por las personas en sus hogares y patios. Otras causas la forman los abonos químicos minerales, especialmente los nitratos, que son el contaminante inorgánico más conocido y quizás uno de los que genera mayor preocupación. (Custodio, E. y Llamas, M., 1976).

3.2.39 Sondeos eléctricos verticales

Un sondeo eléctrico consiste en establecer la curva de variación con la profundidad de la resistividad aparente de un terreno a través de medidas en superficie realizadas con ayuda de un dispositivo de cuatro electrodos AMNB. La profundidad de investigación puede regularse variando la distancia entre los electrodos A, B de corriente. Corrientemente se emplean las S.E.V. o S.E. para designar los sondeos eléctricos. (Astier, J., 1975).

Los dispositivos electródicos más empleados son el Schlumberger y el Wenner, ambos son rectilíneos y simétricos. Durante largo tiempo, algunos prospectores han

preferido el dispositivo Wenner ya que con él, la medida de la diferencia de potencial ΔV resulta más fácil al ser mayor la distancia MN. Sin embargo, con el instrumental disponible actualmente, esta ventaja ha perdido su razón de ser y el dispositivo Schlumberger es cada día más empleado por las razones siguientes:

a. En general, entre dos medidas sucesivas sólo se desplazan dos electrodos, lo que supone un ahorro de tiempo.

b. Las perturbaciones debidas a heterogeneidades locales en la proximidad de los electrodos MN, o AB, son limitadas y fácilmente comprobables por lo que no supone ninguna dificultad la eliminación de su influencia. (Astier, J., 1975).

La escuela Schlumberger, que es la seguida por la mayoría de los geofísicos, expresa la resistividad aparente ρ_a en función de la distancia AB/2 y la representación grafica se hace en coordenadas logarítmicas. El que en abscisas se representen los valores de AB/2 o una fracción constante de AB/2. La adopción de coordenadas logarítmicas está justificada para las dos (2), razones siguientes:

a. Poner de manifiesto que en prospección eléctrica la influencia de una capa disminuye con su profundidad.

b. Dar el mismo valor a las variaciones de resistividad de las capas conductoras y de las resistivas. (Astier, J., 1975).

3.2.40 Interpretación de los sondeos eléctricos

➤ **Primera fase:** consiste en individualizar las diferentes capas resistivas y conductoras que lo componen y calcular la resistencia transversal y calcular la resistencia transversal de las primeras y la conductancia longitudinal de las segundas.

Generalmente, este trabajo se realiza por superposición a ábacos trazados en coordenadas logarítmicas. (Astier, J., 1975).

➤ **Segunda fase:** es la obtención de los espesores de las capas a partir de su conductancia o resistencia. Esto permite la identificación geológica de las capas y el conocimiento de su resistividad a escala regional. La identificación geológica de las capas resulta tanto más fácil cuanto menor es su número y más débil su buzamiento. Cuando la estratigrafía es más compleja y los buzamientos mayores, dicha identificación se ve facilitada por la disposición de los sondeos eléctricos en perfiles, lo que resalta la evolución de las curvas y facilita el seguir las capas de referencia. La columna de resistividades puede establecerse con ayuda de sondeos eléctricos sobre afloramientos, de testificaciones eléctrica o, lo que es preferible, de sondeos eléctricos de calibrado al lado de perforaciones. Estos últimos permiten determinar las resistividades verdaderas de las capas. En ausencia de afloramientos y perforaciones se realiza una estimación aproximada de las resistividades teniendo en cuenta la probable naturaleza geológica de las capas y los valores limiten compatibles con la forma de las curvas de sondeos eléctricos. (Astier, J., 1975).

3.2.41 Sondaje eléctrico vertical

El método geoelectrico empleado en este estudio, consiste en la realización de sondajes eléctricos verticales (SEV) en su modalidad Schlumberger. El método consiste en registrar, a partir de mediciones realizadas en superficie, la distribución vertical de resistividades aparentes bajo un punto central de una geometría usada. El dispositivo usado para aplicar el sondeo eléctrico vertical consiste en un conjunto de electrodos impolarizables los cuales se incrustan en el terreno como puntos de inyección (A y B) y puntos de medición (M y N), (Figura 2). Para generar y registrar un SEV se requiere de un circuito de emisión y uno de recepción.

El circuito de emisión está compuesto por una fuente de energía, un amperímetro para medir la intensidad de corriente, los electrodos de emisión (A y B) y cables de transmisión. El circuito de recepción está compuesto por un milivoltímetro electrónico de alta impedancia y dos electrodos para la medición del potencial (M y N) impolarizables (Auge, 2008) (Figura 3). La profundidad alcanzada por la corriente aumenta a medida que crece la distancia AB, aunque generalmente no existe una relación de proporcionalidad entre ambas (Auge, 2008).

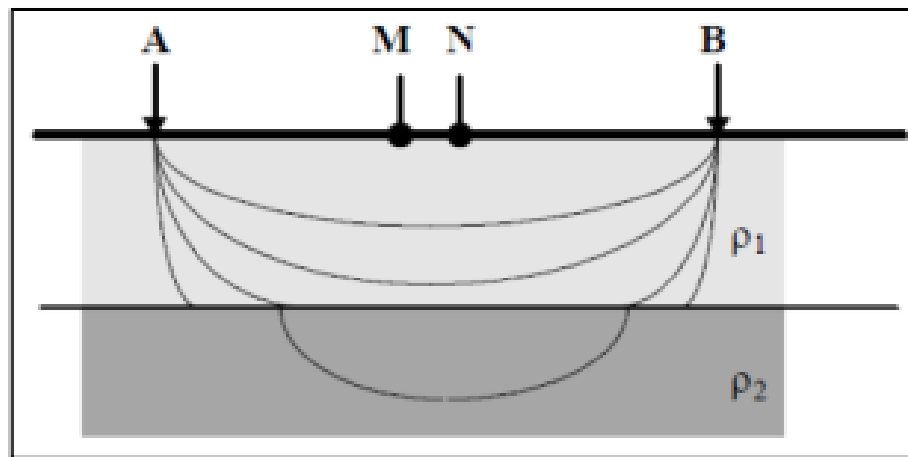


Figura 3.5 A medida que A y B se separan va penetrando en las capas más profundas (Orellana, 1982).

3.2.42 Configuración Schlumberger

La configuración Schlumberger es una geometría simétrica que debe cumplir con la condición de que la distancia que separa a A y B debe ser mayor o igual a 5 veces la distancia entre M y N (Auge, 2008), (Figura 3.6).

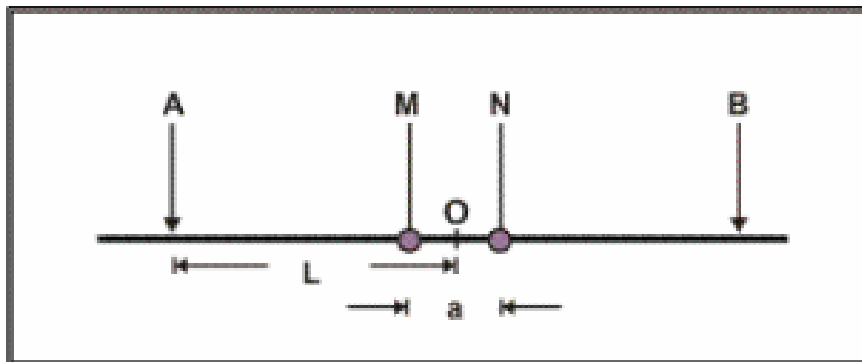


Figura 3.6 Configuración Schlumberger (Auge, 2008).

Los valores de resistividad aparente se representan en función de $AB/2$ y su constante geométrica está dada por:

$$K = \frac{\pi}{4MN} (AB^2 - MN^2) \approx \frac{\pi L^2}{a}$$

3.2.43 Perforación de pozos para captación de agua

Existen en Venezuela numerosas empresas dedicadas a la perforación de pozos para captación de agua para consumo humano; sin embargo, lamentablemente no todas dan estricto cumplimiento al marco legal vigente que rige en materia de construcción de pozos para captación de agua potable. En ese sentido, se expondrán en este documento siete (7) etapas básicas necesarias para el cabal proceso técnico de la perforación de un pozo de producción de agua, pudiendo mencionarlas como:

3.2.43.1 Etapa 1

Llegada al sitio de perforación, instalación de los equipos y acondicionamiento para el inicio de trabajos. Entre las principales actividades de esta etapa se pueden mencionar:

- a. Transporte de los equipos de perforación al sitio de construcción del pozo.
 - b. Construcción del circuito para el lodo de perforación
 - c. Suministro, transporte y preparación del lodo de perforación
 - d. Instalación del equipo de perforación con sus accesorios
- (C.A. Parko, 2024).



Figura 3.7 Cabria con tubería de perforación (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.2 Etapa 2

Sondeo exploratorio, muestreo, registro geofísico y diseño del pozo. Entre las actividades fundamentales de esta etapa se debe mencionar:

- a. Perforación de sondeo exploratorio con mecha de diámetro de 9 5/8"
 - b. Registro geofísico, análisis – interpretación y diseño del pozo.
- (C.A. Parko, 2024).

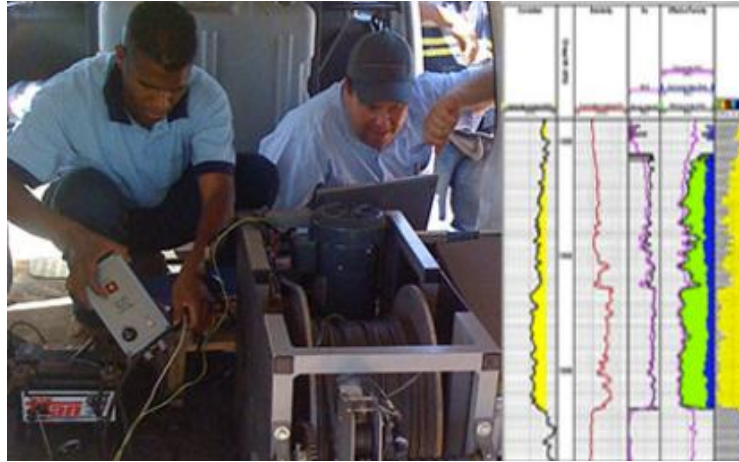


Figura 3.8 Personal operando equipo geofísico de perfilaje de pozos (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.3 Etapa 3

Comprenden los trabajos de ampliación de la perforación. Entre las actividades principales de esta etapa se debe mencionar:

- a. Perforación de ampliación con mecha de diámetro 12 ¼"
- b. Perforación de ampliación con mecha de diámetro 14 ¾"
- c. Perforación de ampliación con mecha de diámetro 17 ½"

(C.A. Parko, 2024).

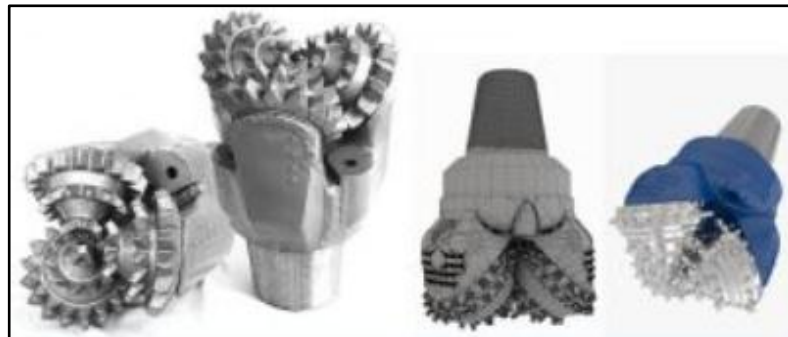


Figura 3.9 Brocas de perforación tricónicas (C.A. Parko, 2024).



Figura 3.10 Camión de perforación (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.4 Etapa 4

Corresponde a la construcción del sello de cemento para protección sanitaria (Figura 3.11). A tal efecto, es importancia la observancia de los artículos 36 y 37 del Decreto 2048 (Gaceta Oficial 36298 del 24/09/1997) los cuales rezan:

Artículo 36: El espacio anular entre la tubería de revestimiento y la perforación, comprendido entre la superficie del terreno hasta una profundidad de seis (06) metros deberá sellarse en un anillo de protección de mortero de cemento en la proporción: 50 kilos de cemento por 20 litros de agua. A esta mezcla se le podrá añadir otros agregados cuando sean requeridos de acuerdo a las características del trabajo a realizar, teniendo cuidado que se garantice completa impermeabilidad. El espesor mínimo de este anillo deberá ser de cinco (05) centímetros. El vaciado del anillo de protección se hará bajo supervisión de la Autoridad Sanitaria.

Artículo 37: Cuando se presenten formaciones inestables en el subsuelo, como en el caso de rellenos no consolidados, el anillo de protección deberá extenderse por debajo de los 6,00 metros hasta incluir dichas formaciones en toda su extensión.

Tales artículos son de expresa utilidad dadas las actividades principales de esta etapa:

- a. Perforación de ampliación con mecha de diámetro de 22", 24" o de 32"
- b. Suministro y transporte del tubo de forro (casing) de PVC para sello sanitario de 16", 20", 23" o 25" de diámetro.
- c. Colocación del casing de PVC para la protección sanitaria del pozo.
- d. Cementación anular.

(C.A. Parko, 2024).

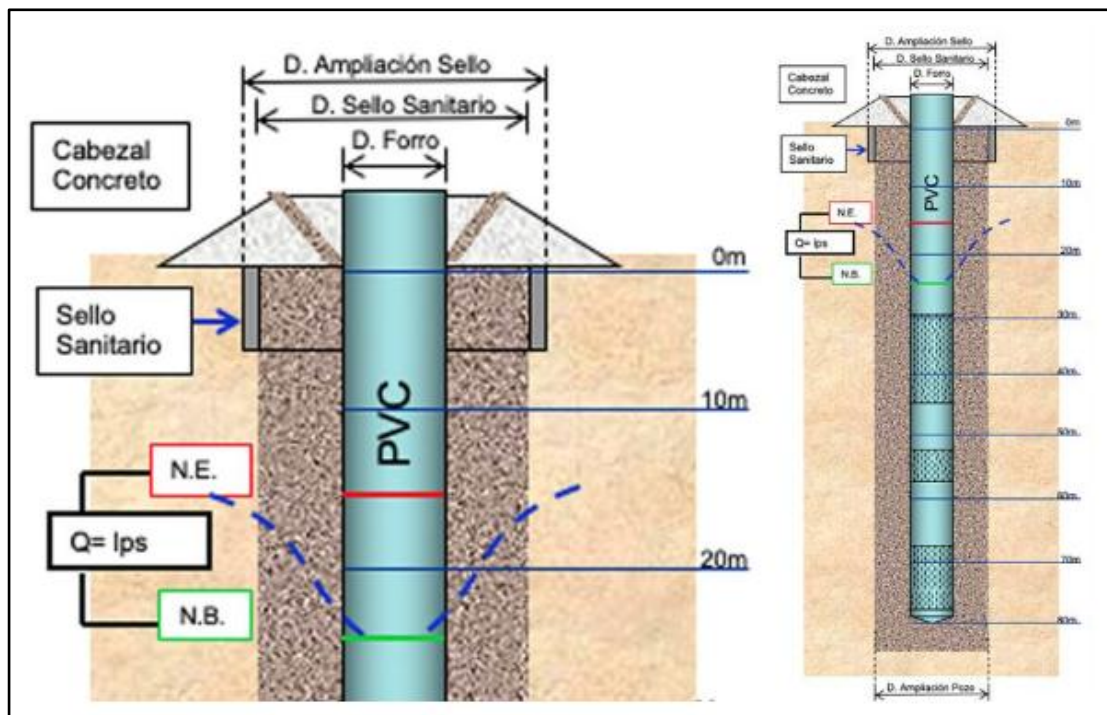


Figura 3.11 Esquema de sello de protección sanitaria (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.5 Etapa 5

Es la etapa correspondiente al entubado del pozo. En esta etapa es importante la observancia de los artículos 27, 33, 34, 35 y 43 del Decreto 2048 (Gaceta Oficial 36298 del 24/09/1997) los cuales rezan:

Artículo 27: La tubería de revestimiento deberá ser nueva, resistente a la acción corrosiva del agua y del terreno y especialmente fabricada para tal uso, debiendo prolongarse hasta el acuífero. En los casos de formaciones porosas consolidadas, tales como arenisca, dolomita y similares, la autoridad sanitaria competente podrá permitir la eliminación de la tubería de revestimiento.

Artículo 33: Cuando se requiere empacadura de grava, su espesor no deberá ser menor de cinco (5) centímetros, y deberá llevarse desde el fondo de la perforación hasta el extremo superior de los tubos alimentadores de grava.

Artículo 34: En los pozos donde se emplee empaque de grava, ésta será limpia, redonda, esférica con contenido de sílice o cuarzo en un 95%, con granos de superficie lisa y sin fractura, sin partículas aplanadas, o alargadas, no más de 10% en peso. La grava no debe tener partículas de arcilla, mica, arena, suciedades, ni impurezas orgánicas de ningún tipo y no debe contener hierro o manganeso en cantidad o forma que pueda afectar la calidad de agua.

Artículo 35: La grava será vaciada por gravedad, dentro del espacio anular entre las paredes de la perforación y la tubería de revestimiento en toda su profundidad y hasta el anillo de protección del mortero de cemento, con mucho cuidado, utilizando un proceso continuo, uniforme y controlado. Se cuidará que la tubería de revestimiento se encuentre vertical y centrada en la perforación durante el vaciado de la grava.

Artículo 43: Para evitar la entrada de aguas superficiales a los pozos deberán tomarse las siguientes precauciones:

- a) Construir una placa de concreto alrededor del pozos, de dimensiones adecuadas, que permita la instalación de los equipos con que dotarse al pozo de ochenta por ochenta (80 x 80) centímetros como mínimo. Esta placa tendrá un espesor mínimo de cuarenta (40) centímetros, de los cuales veinte (20) centímetros sobresaldrán de la superficie natural del terreno y veinte centímetros penetrarán por debajo del mismo nivel.....

Las actividades principales se pueden identificar como sigue:

- a. Transporte de tubería hasta el sitio de perforación
 - b. Suministro de tubería ciega y ranurada de PVC
 - c. Preparación y colocación de tubería de forro o camisa ciega y ranurada de PVC.
 - d. Suministro y colocación de grava tipo Tonoro No 2 y >No 3
 - e. Construcción de cabezal de concreto $R_{cc} = 180 \text{ kg/cm}^2$
- (C.A. Parko, 2024).



Figura 3.12 Grava tipo Tonoro (C.A. Parko, 2024).

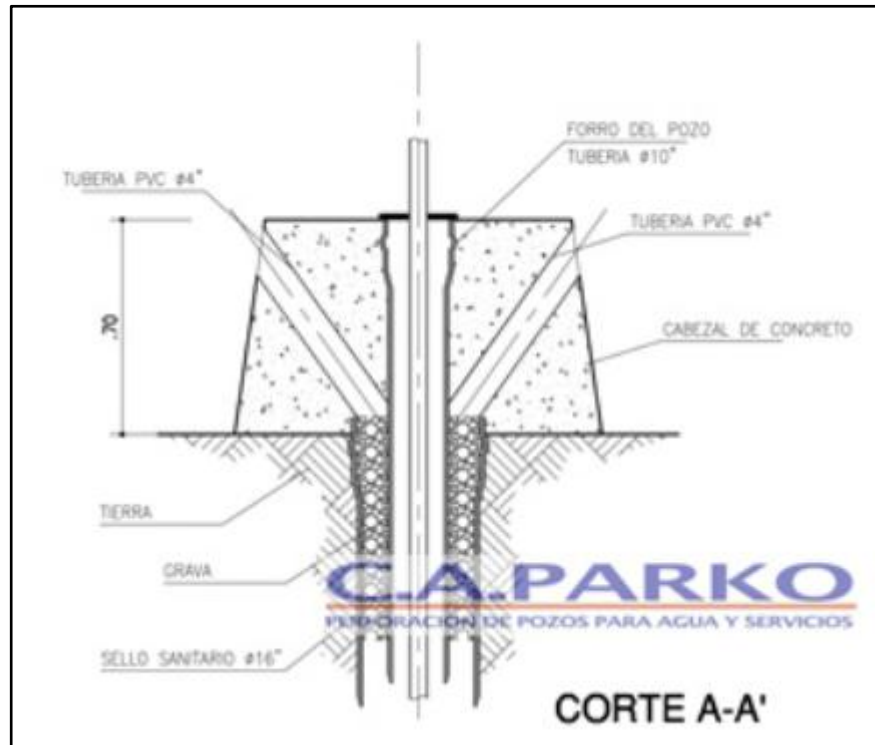


Figura 3.13 Cabezal de concreto (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.6 Etapa 6

En esta etapa corresponde realizar el desarrollo y limpieza del pozo. Entre las actividades importantes de esta etapa, se mencionan:

- Transporte del compresor, tubería de limpieza y/o accesorios al pozo.
- Instalación o desmontaje de tubería de limpieza de diámetro de 4" e inyección de 1 ½".
- Limpieza y desarrollo del pozo con compresor de 600 CFM o mayor.

Cabe destacar que se deberá prestar dedicada observancia al artículo 44 del Decreto 2018:

Artículo 44: Con el objeto de eliminar cualquier residuo de lodo u otros materiales utilizados en el proceso de perforación, el propietario o responsable del pozo efectuará una limpieza completa al mismo, bombeando hasta eliminar la presencia de las partículas que afecten los equipos.

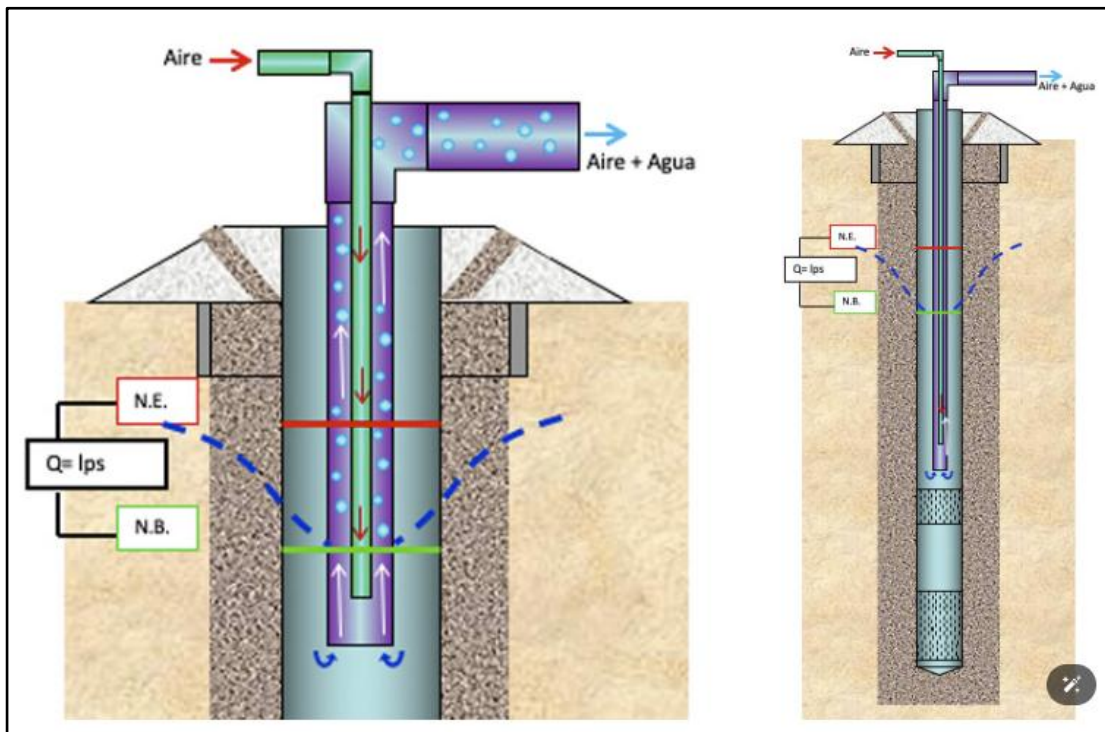


Figura 3.14 Esquema de tuberías para el desarrollo del pozo (C.A. Parko, 2024).

3.2.43.7 Etapa 7

Esta etapa comprende el suministro y aplicación de aditivos que pudiesen ser requeridos ante la ocurrencia de diversas circunstancias. Entre estos podemos citar:

- a. Aditivos químicos para estabilizar arcillas y/o lutitas por cada metro cúbico de lodo de perforación.

- b. Aditivos químicos para control de filtración por cada metro cúbico de lodo de perforación.
- c. Aditivos químicos para intensificar velocidad de perforación y agente humectante al perforar formaciones problemáticas por cada metro cúbico de lodo de perforación.
- d. Aditivos químicos para dispersar arcillas libre de fosfatos por volumen de agua en el interior del ademe (forro o camisa) diámetro 6" más un 50% adicional.

(C.A. Parko, 2024).

3.3 Bases legales

Para la ejecución del trabajo se considera como parte integrante de las presentes especificaciones las Normas, Leyes e Instructivos dictados por las siguientes Instituciones u Organismos:

3.3.1 Normas locales

1. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto No. 2.212 G.O. No. 35.206. 07/05/1993 Normas sobre Movimientos de Tierra y Conservación Ambiental.

2. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto 2.219 No. G.O.E. 4.418 27/04/1992 Normas para Regular la Afectación de los Recursos Naturales Renovables Asociada a la Exploración y Explotación de Minerales.

3. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto No. 2.220 G.O.E. No. 4.418. 27/04/1992 Normas para Regular las Actividades Capaces de Generar Cambios de Flujo, Obstrucción de Cauces y Problemas de Sedimentación.
4. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto No. 2.226. G.O.E. No. 4.418. 27/04/1992 Normas Ambientales para la Apertura de Picas y Construcción de Vías de Acceso.
5. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela G.O. No. 36.298 Normas Sanitarias para la Ubicación, Construcción, Protección, y Mantenimiento de Pozos Perforados destinados al abastecimiento de Agua Potable.
6. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto No.883. 11/10/1995 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos de Efluentes Líquidos.
7. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela G.O. No. 1004. 26/01/1966 Ley Forestal de Suelos y Aguas.
8. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Decreto No. 1659. G.O. No. 34.808. 27/09/1991 Reglamento Parcial de la Ley Forestal de Suelos y Aguas.
9. COVENIN 0288 – 98: ISO 1000-92 Sistema internacional de unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y otras unidades.
10. COVENIN 589 Código de Práctica para la Construcción de Pozos de Agua.

11. COVENIN 589-1979 20:2-002 Bombas de Turbinas para Pozos Profundos y Sumergibles.

12. COVENIN 1478:1999 (ANSI-API 5L) Tubería de línea de uso general en la industria petrolera.

3.3.2 Normas internacionales

1. American Water Works Association (AWWA) AWWA A100 Water Wells.

2. American Society for Testing and Materials (ASTM) C76M Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe [Metric]

3. American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM A888 - 09 Standard Specification for Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste, and Vent Piping Applications

4. American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM D4221 - 99(2005) Standard Test Method for Dispersive Characteristics of Clay Soil by Double Hydrometer

5. American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM D4647-93(2006)

6. Standard Test Method for Identification and Classification of Dispersive Clay Soils by the Pinhole Test

7. Occupational Safety & Health Administration OSHA Occupational Safety & Health Administration (OSHA).

Todos los códigos, estándares, normas, leyes y documentos aplicados deberán regirse por la última edición en vigor a la fecha de inicio del proyecto.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Agua potable o agua apta para el consumo de los humanos es agua que sirve para beber agua, preparar alimentos, higiene y fines domésticos.

3.4.2 ¿Qué es agua potable OMS? Es la que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas, de tal manera que no genera un riesgo para la salud. El agua para consumo humano debe ser transparente, sin color ni sabor, y no debe tener sólidos suspendidos.

3.4.3 Abastecimiento de agua es un sistema que permite llevar el agua al consumidor en las mejores condiciones higiénicas, que consta de varias partes.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipos de investigación

La investigación a realizarse es de tipo descriptivo ya que la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de las condiciones existentes en el momento. Suele implicar algún tipo de comparación o contraste, y puede intentar descubrir relaciones causa-efecto presentes entre variables no manipuladas, pero reales. (Ortiz, F., 2004).

Esta investigación se orientará hacia un nivel descriptivo ya que consistirá en generar información útil, la cual nos permitirá conocer el potencial de aguas subterráneas para ser explotadas para un fin de abastecimiento urbano en el Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra en la parroquia La Sabanita de Ciudad Bolívar.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es documental y de campo, ya que una investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos y una investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es

decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental. (Arias, F., 2006).

En este proyecto, el diseño de la investigación es de tipo documental ya que se recopilarán datos de precipitación, insolación media mensual y evaporación, y de campo debido a que se realizará una inspección del tipo de vegetación que existe en el área de estudio y se efectuarán mediciones de infiltración.

4.3 Población de la investigación

Según Ortiz, F., (2004), la población es un conjunto formado por todos los elementos que poseen una serie de características comunes a todos ellos y en este caso la población está constituida por el o los acuíferos que se encuentran en el subsuelo del área de estudio es decir, subyacentes al Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra que poseen una respuesta geoelectrica específica para cada punto de auscultación que pudiese ser realizado para lograr modelizar geológicamente el acuífero infrayacente.

4.4 Muestra de la investigación

Según Ortiz, F., (2004), la muestra es una parte o fracción representativa de una población, universo o colectividad que ha sido obtenida con el fin de investigar ciertas características del mismo. En vista de que se pudiesen obtener infinitas auscultaciones geoelectricas del subsuelo en el área de estudio, se considera que la muestra es no probabilística y opinática (es decir, a juicio de los investigadores). Por consiguiente, en esta investigación, la muestra estará constituida por la respuesta geoelectrica de un punto de auscultación de los suelos infrayacentes al campus universitario.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una investigación no tiene sentido sin la aplicación de técnicas para la recolección de información, estas conducen a la verificación del problema planteado, mientras que los instrumentos empleados llevan a la obtención de los datos de la realidad.

A continuación, se describen las técnicas e instrumentos a utilizar para la recolección de los datos de esta investigación.

4.5.1 Observación directa

Según Ortiz, F., (2004), la observación es participante directa cuando el investigador forma parte activa y asume comportamiento del grupo observado obteniendo así, los datos más importantes que estén en relación directa con el problema de investigación. Bajo esta técnica se realizó el inventario de pozos perforados de la zona, las mediciones topográficas, las pruebas de infiltración del terreno, el registro de detalles del medio biótico, entre otras.

4.5.2 Revisión Bibliográfica

Para llevar a cabo este trabajo resulta necesario acudir a fuentes bibliográficas que permitan ampliar los conocimientos acerca del tema en estudio. Esta técnica se basa en la obtención de información mediante la revisión de material bibliográfico tales como: textos, manuales de la organización, tesis e informes. Se utilizó esta técnica durante el acopio de información climatológica y cartográfica de la zona de estudio.

4.5.3 Instrumentos utilizados

1. Computadora
2. Escáner
3. Impresoras
4. Fotocopiadoras
5. Mapas de cuencas hidrográficas de la zona
6. Aplicaciones computarizadas
7. Calculadoras científicas
8. Resmas de papel bond tamaño carta
9. Estación de trabajo
10. Infiltrómetro de anillo simple
11. Cronómetro
12. GPS
13. Equipo de sondeos eléctricos verticales

4.6 Flujograma de la investigación

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una metodología general, que abarca la integración de varias actividades a fin de estimar el modelo geológico del acuífero, mediante técnicas y herramientas utilizadas, las cuales se pueden observar en detalle en el siguiente esquema. (Figura 4.1)

El desarrollo de esta investigación estuvo regido por el cumplimiento de las siguientes etapas:

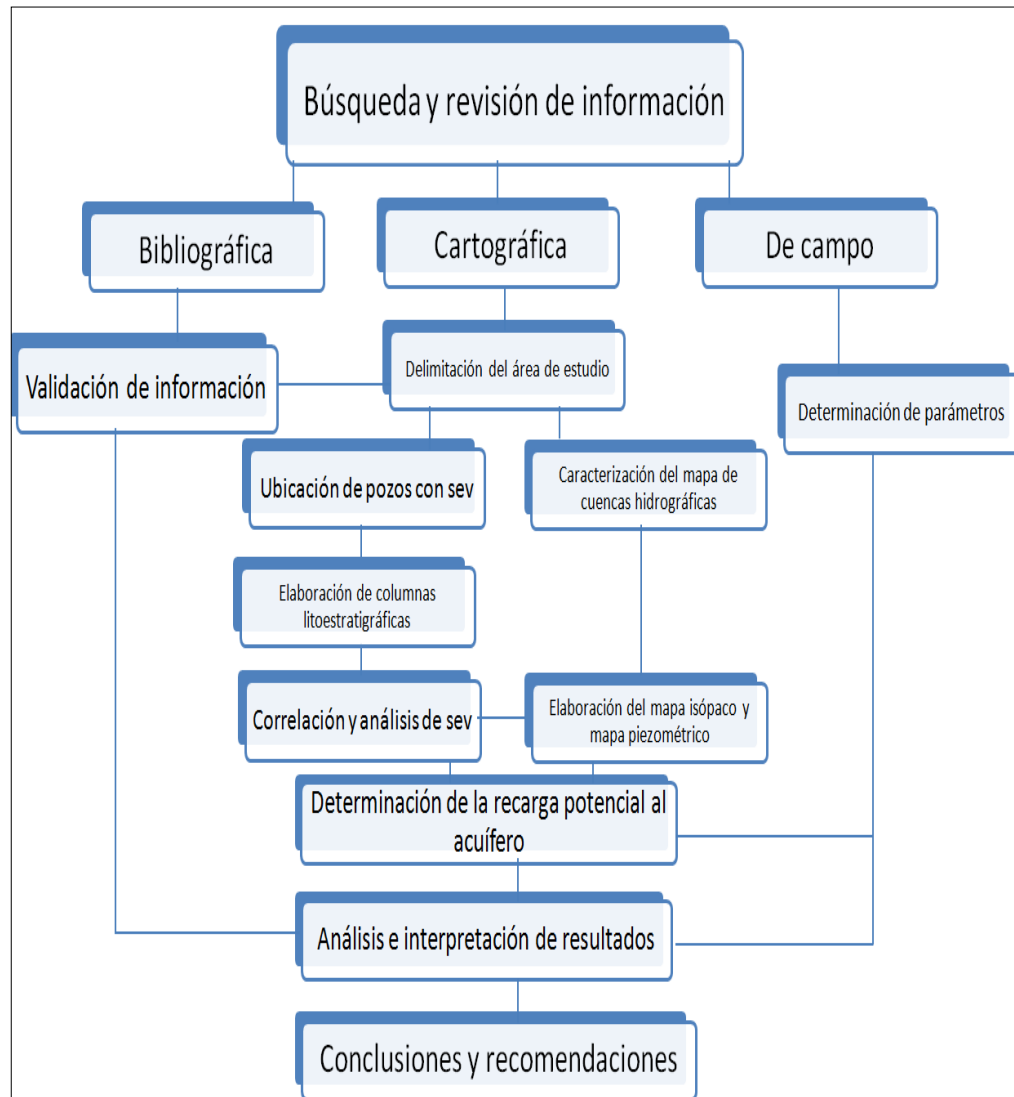


Figura 4.1. Flujograma de la investigación.

4.6.1 Búsqueda y revisión de información

Esta etapa inicial se basó en la búsqueda de material bibliográfico cartográfico y obtención de datos de campo, a fin de validar la información necesaria y revisar referencias originales y actuales del campo para dar cumplimiento con el objetivo de este estudio.

4.6.2 Delimitación del área de estudio

El área objeto de estudio, ha sido previamente ensayada por los miembros de la cohorte II 2022 del Servicio Comunitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra, es por ello que se realizó la compilación y búsqueda de material y mapas que delimitan la zona de trabajo.

4.6.3 Determinación de parámetros

El potencial de las aguas subterráneas de un acuífero, representa la máxima cantidad de agua a sustraer del acuífero, para que no sea sobreexplotado. Dicho potencial se estima mediante la recarga al acuífero, que se determina conociendo en primer lugar, la fracción de lluvia que es interceptada por el follaje. En segundo lugar, se requiere conocer la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie. En tercer lugar, se debe realizar un balance de suelos, que nos permita estimar el agua que drena del suelo hacia el acuífero, que se encuentra ubicado debajo del suelo.

4.6.4 Ubicación de pozos con SEV

La ubicación de los pozos excavados o perforados existentes en las adyacencias del Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra fue llevada a cabo por los responsables de la autoría intelectual de esta investigación, a fin de constatar la presencia de aguas subterráneas en el área de estudio.

Se procedió a realizar una evaluación geofísica mediante un sondeo eléctrico vertical (SEV), específicamente utilizando una disposición de electrodos mediante el criterio o método de Werner, para determinar la conductividad hidráulica de los diferentes estratos, nivel freático y profundidad del tope de roca, con el fin de

determinar la posible ocurrencia de acuíferos para el aprovechamiento de agua subterránea, mediante la construcción de pozos profundos para abastecer la demanda del Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Construcción del modelo hidrogeológico conceptual del o los acuíferos que subyacen al área del campus universitario

5.1.1 Análisis del resultado del sondeo eléctrico vertical

Para la ubicación altimétrica de los acuíferos se efectuó el análisis e interpretación de la información arrojada por el sondeo eléctrico vertical (SEV) realizado durante el mes de Enero 2023 por los autores de este documento con la colaboración de la empresa GeoAmbiente, C.A.



Figura 5.1 Equipo para realizar el Sondeo Eléctrico Vertical.

Cabe destacar que se realizó un punto de auscultación mediante una línea de sondeo eléctrico vertical (SEV) orientada en sentido aproximado norte –sur, con una separación equidistante entre los electrodos de corriente y los electrodos de potencial. La mínima separación fue de $a = 1.00$ m y la máxima fue de $a = 50$ m; es

decir, distribuidas en este último caso con distancia total $AB = 150$ m utilizando el dispositivo Wenner (distancia $a = \text{dist } MA = \text{dist } MN = \text{dist } NB$). De acuerdo a la magnitud de separación de electrodos presentadas, es posible inferir que la profundidad de auscultación es de $AB/3 = 50.00$ m.



Figura 5.2 Proceso de hincado de electrodos.

Tabla 5.1

Distancia	Resistencia	Resistividad
(m)	(Ω)	(ρ)
		(Ωm)
5	16.7	525
10	4.31	271
15	2.84	268
20	1.45	182
25	0.46	71.8
30	0.26	49.3
35	0.3	66.8
40	0.14	35.7
50	0.14	43.8

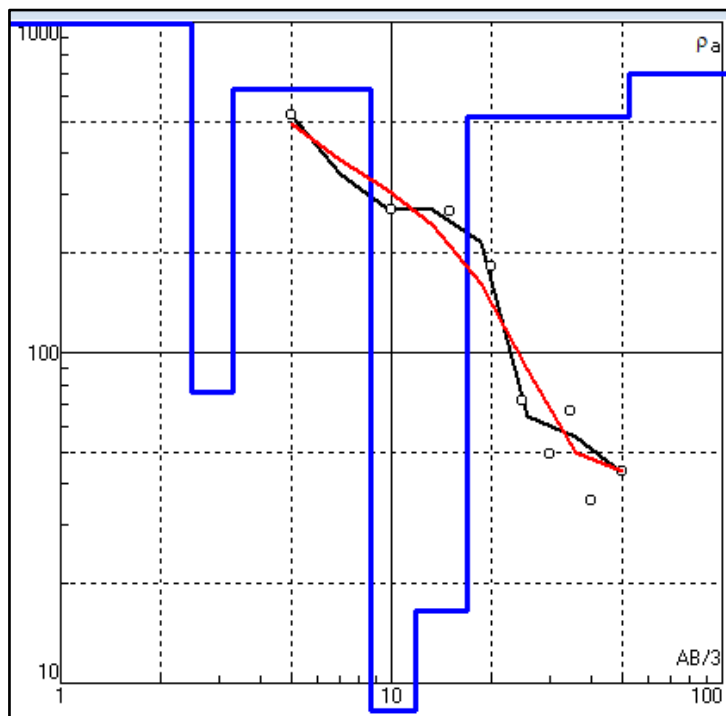


Figura 5.3 Curvas de resistividades de campo y teóricas.

Tabla 5.2 Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical.

Error = 17.4%				
N	ρ	h	d	Alt
1	1116	2.5	2.5	-2.5
2	75.8	0.851	3.35	-3.351
3	660	5.1	8.45	-8.451
4	1.93	2.08	10.5	-10.53
5	12.2	5.82	16.4	-16.31
6	210	33.5	49.9	-49.81
7	700			

5.1.2 Construcción del modelo geo-resistivo de la columna estratigráfica del acuífero

Con base a los resultados del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) y considerando los valores típicos de resistividad que presentan diversos tipos de suelos y materiales (de acuerdo a la Tabla de resistividades de la Universidad Nacional, 2000):

Tabla 5.3 Resistividades típicas para varios tipos de materiales térreos (Universidad Nacional, 2000).

Material	Resistividad (Ω m)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50

Se procedió a la descripción estratigráfica de los horizontes que fueron interceptados durante la realización del ensayo geofísico descrito, fue posible la construcción de un modelo geo-resistivo de la columna estratigráfica como se muestra en la figura siguiente.

Tabla 5.4. Modelo geo-resistivo de la columna estratigráfica.

Espesor del estrato (m)	Profundidad del tope del estrato (m)	Columna Litológica	Descripción de litología interpretada
2.5	0		Arena limosa seca
0.8	2.5		Limo húmedo
5.1	3.3		Arena no saturada
2.1	8.4		Arcillas saturadas
5.8	10.5		
33.5	16.3		Arena saturada

La columna estratigráfica interpretada de la información obtenida del resultado de la resistividad de los estratos subyacentes, permiten delimitar espacialmente los estratos antes descritos en los cuales se observa que a partir de los 10.5 m aproximadamente se encuentra un paquete de arena saturada de aproximadamente 33.5 m de espesor como posible acuífero principal hasta la profundidad investigada de 50 m.

5.2 Proponer la mejor ubicación para la perforación del pozo desde los puntos de vista de las mejores perspectivas geohidrológicas, de productividad de agua y de menores costos

Aun cuando el río Buena Vista es parte importante de la hidrografía superficial de la zona, es necesario acotar que las aguas de escorrentías superficiales que drenan desde el Campus Universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra, por encontrarse al este de la vertiente divisoria de aguas entre las cuencas del río San Rafael y el río Buena Vista, drena las aguas pluviales hacia el río San Rafael. En ese orden de ideas, se puede asumir que el posible acuífero existente o que subyace al área de estudio es alimentado o recargado desde el sur; es decir, desde las zonas más elevadas de la parroquia La Sabanita y a su vez drena las aguas del acuífero, en forma similar a

las aguas de escorrentía superficial, en el río San Rafael el cual es afluente del río Orinoco.

Efectuando un perfil o corte en sentido aproximado este –oeste, entre el barrio Negro Primero hasta la urbanización El Perú, y considerando las cuencas de los ríos San Rafael, Buena Vista y Santa Bárbara (atravesando los valles y divisorias de aguas de cada cuenca), se puede interpretar que la profundidad del nivel freático para una localidad dentro del campus universitario estaría aproximadamente a 13 metros de profundidad, la cual es una magnitud similar a los 16 m arrojada por el SEV.



Figura 5.4 Ubicación relativa del Campus Universitario UDO (polígono línea azul) en La Sabanita y su relación con las cuencas de los ríos San Rafael y Buena Vista.

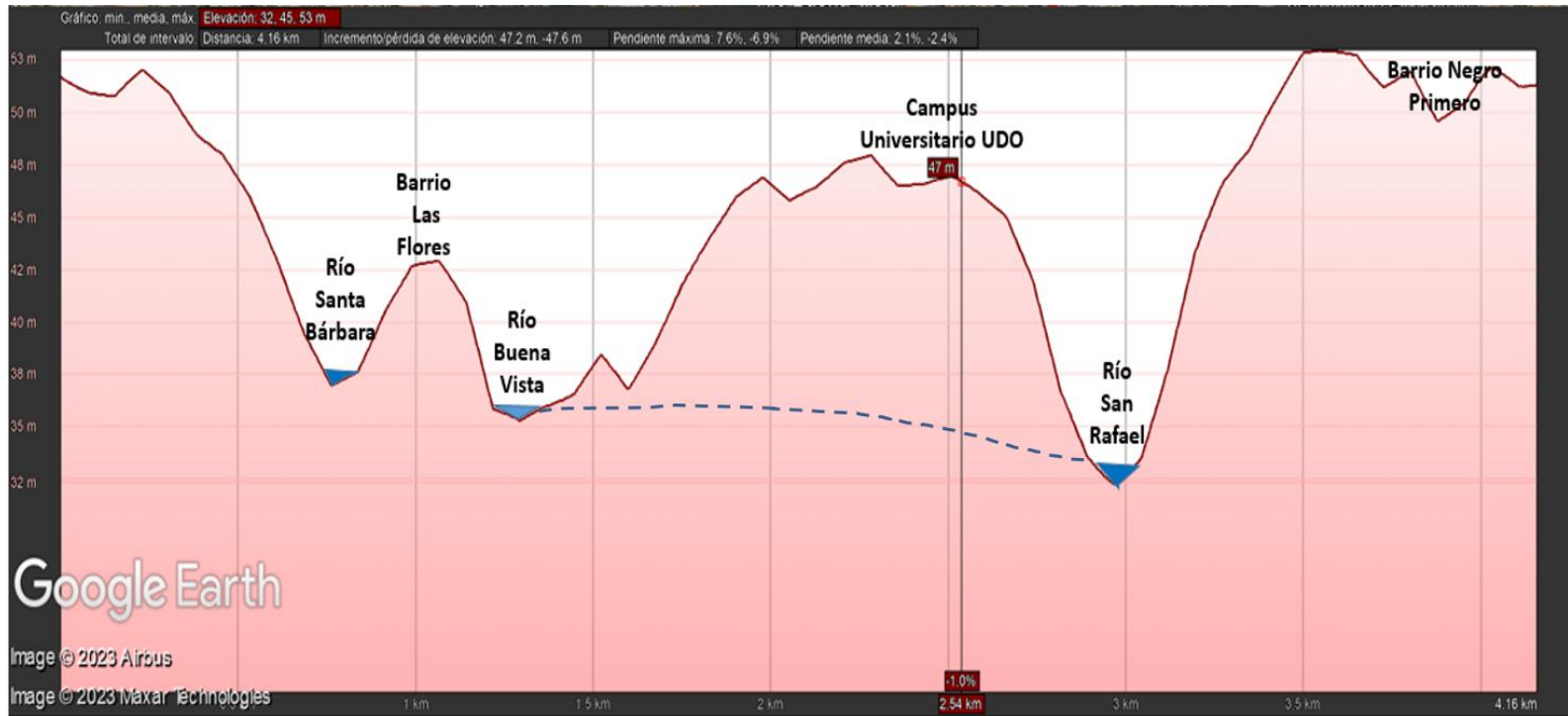


Figura 5.6 Perfil transversal entre las cuencas hidrográficas adyacentes.

5.2.1 Inventario de pozos perforados en las adyacencias del área de estudio

En el proceso de selección de la mejor ubicación para la perforación del pozo de agua, se ha recopilado en el área de estudio, la información referente a las características de las infraestructuras de los pozos de agua perforados o excavados que se ubican en el entorno del Campus Universitario de la Escuela de ciencias de la Tierra en la parroquia La Sabanita (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Inventario de pozos de agua existentes en el entorno del área de estudio.

No del Pozo	Tipo	Estado	Profundidad (m)	Nivel Estático (m)	Propietario del pozo	Ubicación
P1	Perforado	operativo		5.0	Comercial Agua Rocca	Av. Sucre
P2	Perforado	operativo		6.0	Ferretería materiales acueducto y riego	Av. Sucre
P3	Perforado	operativo	15.0	5.0	Jhonny Sarti	Av. Sucre
P4	Perforado	operativo	48.0	6.0	Ovidio Jhonson	Av. Sucre
P5	Excavado	operativo	12.5	5.0	No identificado	Barrio San Simón
P6	Perforado	operativo	12.0	5.0	No identificado	Calle San Simón No 57
P7	Perforado	operativo	17.5	5.0	No identificado	Calle San Simón No 59

La representación cartográfica de las redes de control piezométrico permite comprobar que los datos de nivel piezométrico proceden de puntos de control distribuidos por la zona oeste del área de estudio, con un amplio rango de profundidades de obra. Estos puntos de control se han definido en su totalidad como pozos perforados los cuales se encuentran operativos para el momento de elaboración del presente estudio.



Figura 5.7 Ubicación relativa de los pozos inventariados (Modificado de imagen de satélite Landsat de Google Earth, 2023).

. Este nivel piezométrico local representa el nivel de equilibrio resultante de los distintos niveles piezométricos que haya cortado cada sondeo o piezómetro desde su desembocadura hasta su base, en función de sus características constructivas, de las características hidrogeológicas de los materiales que haya atravesado, y de las condiciones hidrodinámicas existentes en el momento de efectuar las medidas (Figura 5.11 y 5.12).

Con la información de los niveles estáticos aproximados de los diferentes pozos inventariados, se procedió a la construcción de las curvas piezométricas tentativas de la zona de estudio. Cabe destacar que algunos de los datos de nivel estático de los pozos perforados inventariados pudiesen no estar ajustadas a la realidad por no

haberse realizado una medición adecuada del nivel estático, sin embargo, se considera que tendrá un valor aproximado de utilidad.



Figura 5.8 Plano piezométrico del área de estudio.



Figura 5.9 Patrones flujo de agua subterránea ..

Con base a las observaciones anteriores se ha considerado que la mejor ubicación para la realización del pozo perforado es tentativamente en el centro geométrico del campus universitario. Asimismo, se prevé que la profundidad del nivel freático en dicha ubicación podría encontrarse entre los 10 y 16 m.

5.3 Descripción de los elementos constitutivos del pozo perforado

5.3.1 Elementos del pozo propiamente dicho

En los dos (2) esquemas (Figura 5.12 y 5.13) que a continuación se muestran los elementos vitales que se pueden identificar en la estructura de un pozo perforado profundo propiamente dicho. Sin embargo, existen elementos adicionales como son las obras civiles y eléctricas que terminan formando parte integral del pozo y que se mencionarán más adelante.

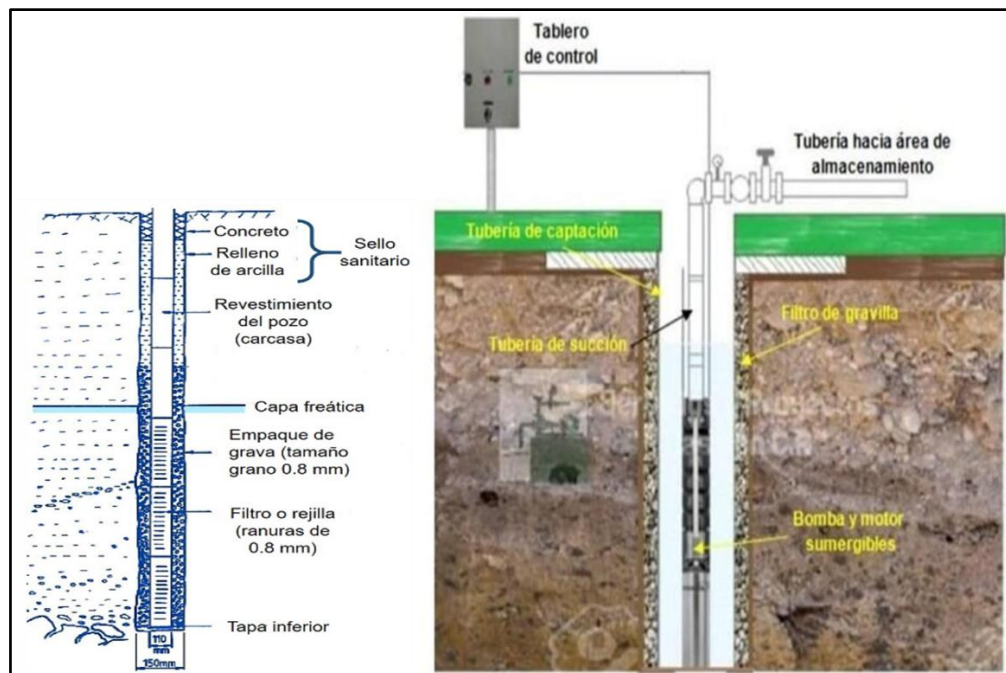


Figura 5.10 Elementos principales que integran el pozo perforado.

Asimismo, se coloca a continuación una imagen del detalle del sello sanitario en el cual se puede observar el detalle de sus partes (Figura 5.11).

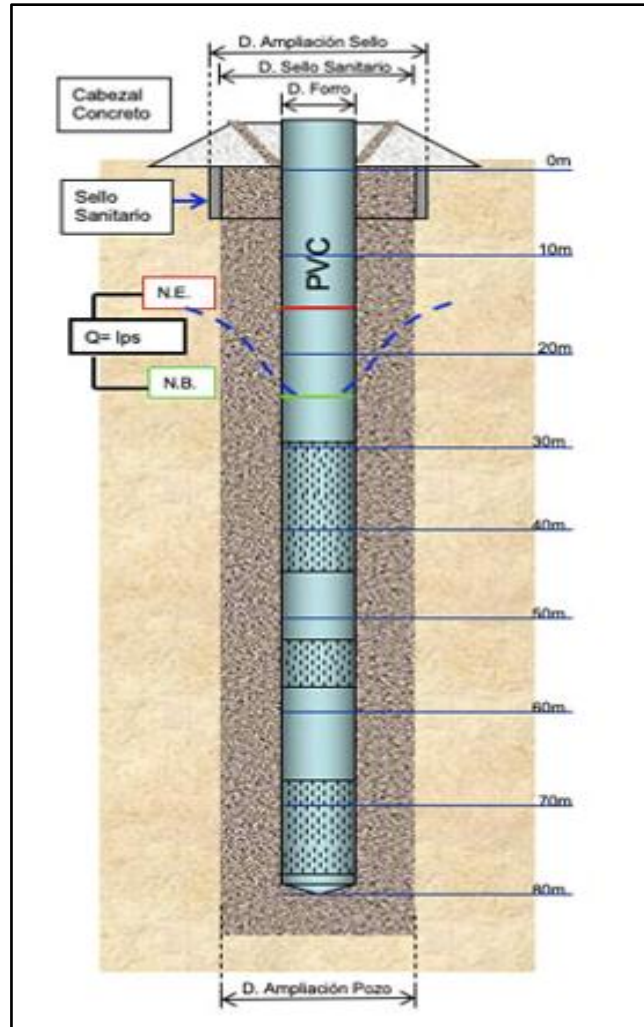


Figura 5.11 Pozo perforado con detalle del sello sanitario (C.A. Parko, 2024).

5.3.2 Obras civiles

Es importante indicar que formarán parte integral del pozo perforado, las obras civiles, tales como la caseta que resguardará los equipos de control eléctrico de todo

el sistema. También se incluirá la cerca perimetral que rodeará la caseta mencionada y las instalaciones del pozo perforado.

5.3.3 Elementos de sistema de energía de alta y baja tensión

Los 77 ítems que se mencionan a continuación son elementos importantes del sistema de energía que deben ser considerados.

Tabla 5.6 Elementos del sistema de alta y baja tensión.

1. Poste de concreto octagonal C-11-700.	31. Cable tipo THW cal. 10 AWG.	60. Registro de 60 x 80 x 120, material L.
2. Poste octagonal 9-450.	32. Cable tipo THW cal. 1/0 AWG.	61. Interruptor de seguridad D-325- N 400 A, 3 P.
3. Dado de fierro fundido n° 46 y 47.	33.- Cable tipo THW cal. 4/0 AWG:	62. Interruptor de seguridad D- 326- N 600 A, 30.
4. Cruceta de fierro galvanizado tipo C.-4T	34. Cable desnudo cal. 7/0 AWG:	61. Luminario cromalite media non cut off tipo IV y lámparas de 250 W.
5. Aislador tipo suspensión para 23 KV.	35. Tubo conduit P:G:G: de 13 mm.	62. Gabinete para interruptor termomagnético KA225.
6. Aislador de alfiler 23 KV.	36. Tubo conduit P:G:G: de 102 mm.	63. Soquets de baquelita.
7. Amarre para cable de A:T:	37. Tubo conduit de pvc. Pesado de 102 mm.	64. Conector recto de 12.7 mm. "E" para cable.
8. Abrazadera de fierro galvanizado tipo 9 U.	38. Cople esmaltado de 13 mm.	65. Niple de 12.7 mm.
9. Perno doble rosca de 16" x5/8".	39. Cople esmaltado de 102 mm.	66. Condulet tipo "FS" de 12.7 mm. (1 1/2").
10. Cortacircuitos tipo SMD-20 para 23 kv.	40. Cople conduit de pvc. De 102 mm.	67. Condulet tipo "T" de 38 mm. (1 1/4").
11. Aparta-rayos auto válvulas para 23 kv.	41. Codo esmaltado de 90° de 13 mm.	68. Condulet tipo "LL" de 38 mm. (1 1/4").
12. Conector para línea viva tipo "perico".	42. Codo de 90° con rosca de 102 mm.	69. Tubo conduit tipo licuante de 19 mm. (3/4").
13. "Calavera con ojo".	43. Codo de 90° de 102 mm.	70. Conector de 19 mm. (3/4").
14. Varilla copperweld para red de tierra.	44. Conector de 102 mm.	71. Conector mecánico para tierras KS25.
15. Transformador de distribución de 23 kv.	45. Abrazadera tipo una domez de 19 mm.	72. Contra y monitor de 76 mm. de (3").
16. Conexión de líneas alimen. 23 kv al transformador.	46. Contra y monitor de 19 mm.	73. Cople con rosca de 51 mm. (2").
17. Conexión de líneas de baja tensión al transformador.	47. Contra y monitor de 102 mm.	74. Codo de 90° de 51 mm. (2").
18. Cable de aluminio calibre 2 AWG.	48. Condulet tipo LB de 19 mm.	75. Tubo conduit licuante de 51 mm. (2").
19. Clema de tensión.	49. Caja cuadrada para tubo conduit de 19 mm.	76. Conector de 76 mm. de (3").
20. Perno de ojo doble 8 x 5/8".	50. Tapa de lámina de 19 mm. de 3/2".	77. Centro de cargas QO-327 m. 27 P. 100 AMP.
21. Pruebas de operación c/ carga a la subestación.	51. Chalupa para tubo conduit de 13 mm.	
22. Zapata a burdy cnk-r o similar.	52. Apagador 1 polo línea magic.	
23. Alambre desnudo de cobre cal. N° 8 AWG.	53. Receptáculo doble cat. M. 5650 15 a 250.	
24. Grapa paralela.	54. Placa de aluminio de 2 ventanas.	
25. Aislador piña 3R.	55. Luminaria fluorescente de sobreponer 2 x 38 watts.	
26. Remate preformado de cable de aluminio.	56. Interruptor termomagnético QO 150 L:P.	
28. Ancla de fierro galvanizado de 13 mm.	57. Interruptor de seguridad D-221NA, 2P.	
29. Guardacamo de 1/2".	58. Centro de carga, QO-132 L 125 AMPS.	
30. Cable tipo THW cal. 12 AEG.	59. Excavación de 0.00 a 2.00 m. de profundidad.	

5.4 Cuantificar los recursos requeridos para cada una de las actividades que integran la fase de construcción del proyecto

Una vez seleccionado el sitio para la perforación, es importante señalar que el contenido del Decreto 2048 (Gaceta Oficial 36298 del 24-09-1997), sobre NORMAS PARA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN, PROTECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS PERFORADOS DESTINADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, expresa que es imprescindible y de obligatorio cumplimiento, previo a la perforación del pozo, específicamente el Capítulo II De La Conformidad Sanitaria De Perforación De Pozos, en especial lo referente al Artículo 4:

“...el interesado (propietario o responsable), deberá dirigir a la autoridad sanitaria competente una solicitud escrita (anexo N° 1) acompañada de la información, documentos y planos que se indican a continuación, firmada por el propietario o representante legal de la empresa responsable de la misma:

- a. Identificación previa de la ubicación del terreno donde se proyecta perforar el pozo: Entidad Federal, Municipal o Departamento, Sector o Vía de Acceso.
- b. Uso o destino que se pretende dar a las aguas.
- c. Autorización del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables para la perforación del pozo.
- d. Constancia expedida por la empresa responsable del abastecimiento público de agua potable de que no se encuentra en condiciones de prestar dicho servicio.
- e. Plano topográfico de situación, a escala conveniente, de los terrenos donde se ejecutará la perforación, donde se marcará el sitio escogido para la misma, señalándolo con toda precisión y exactitud en la hoja para plano de ubicación de un pozo.”

Acotado lo referente a la permisología previa para la ejecución de la perforación, a continuación, se identifican y cuantifican los recursos requeridos para

la construcción del pozo perforado de acuerdo a las actividades involucradas en cada una de las siete (7) fases de ejecución del proyecto.

Las siete (7) fases o etapas, ratificadas por la norma COVENIN 589-79 se denominan:

1. Llegada al sitio de perforación, instalación de los equipos y acondicionamiento para el inicio de los trabajos.
2. Sondeo exploratorio, toma de muestras, registro geofísico y diseño del pozo
3. Trabajos de ampliación de la perforación del pozo
4. Construcción de la protección o sello sanitario
5. Entubado del pozo y colocación de gravilla
6. Desarrollo, limpieza del pozo y aforo
7. Suministro de aditivos.

Se detallan a continuación las actividades y recursos requeridos en cada etapa.

5.4.1 Etapa 1: movilización e instalación de equipos

Tabla 5.7 Recursos requeridos para la etapa 1.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
A	Llegada al sitio de perforación, instalación de los equipos y puesta a punto para el inicio de los trabajos		
a1	Transporte de los equipos de perforación al sitio de construcción del pozo	Incluye el traslado de los vehículos que se usarán en la perforación, así como las barras y demás herramientas.	1 vehículo Perforador, 1 camión cisterna y 1 vehículo liviano de apoyo para transporte de personal
a2	Construcción de circuito para lodo de perforación.	Para perforación con método de Rotación directa, se requiere de un fluido de perforación (LODO) que tiene características y propiedades especiales, que ayudan a terminar con éxito una perforación. Para manejar este Lodo durante el proceso de perforación, se debe construir una fosa temporal.	1 Circuito para el lodo de perforación, 1 fosa
a3	Suministro, transporte y preparación del lodo de perforación (Bentonita, arcilla), hasta 50 km de distancia (no incluye aditivos)	Incluye la preparación del Lodo y mezclado con el uso de la Bomba para Lodo del Equipo Perforador.	100% del volumen de la o las fosas excavadas más el volumen total del agujero perforado para el pozo, el cual se calcula con el diámetro de la máxima ampliación por la longitud final.
a4	Instalación del equipo de perforación con sus accesorios	Incluye la instalación del Equipo Perforador en el lugar de trabajo, la correcta alineación y la nivelación de la torre de perforación, izamiento de las barras de perforación y demás accesorios para dar inicio a la perforación.	1 equipo perforador y demás accesorios

5.4.2 Etapa 2: Sondeo exploratorio, registro geofísico y diseño del pozo

Tabla 5.8 Recursos requeridos para la etapa 2.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
B	Sondeo exploratorio, registro geofísico y diseño del pozo		
b1	Perforación de sondeo exploratorio con mecha de diámetro 9 5/8"	Consiste en realizara una perforación inicial para la toma de muestras del suelo y posterior realización del registro eléctrico.	1 equipo perforador, 1 bomba de lodo, 1 winche para izado de barras, accesorios para perforar (incluye personal de perforación)
b2	Registro geofísico, interpretación, análisis y diseño del pozo	Para poder realizar el Registro Geofísico, se deben retirar todas las barras del agujero perforado, y se debe descender la sonda por el agujero para obtener el Registro Geofísico. Esta partida incluye el transporte hasta el sitio de perforación del equipo para Registro Geofísico, la realización del Registro Geofísico, el análisis e interpretación de los datos obtenidos, así como el informe con el diseño final para el entubado del pozo.	1 equipo de registro geofísico (incluye personal para correr e interpretar registro)

5.4.3 Etapa 3: trabajos de perforación del pozo

Tabla 5.9 Recursos requeridos para la etapa 3.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
C	Trabajos de perforación	En el caso de perforación con método de rotación directa, se deben realizar ampliaciones hasta el diámetro necesario para realizar el entubado de la tubería del forro. El diámetro final de ampliación lo determina el diámetro de la tubería que se usará para el forro del pozo. Esta ampliación final, en principio, deberá tener por lo menos tres pulgadas (7,5 cm) de espacio entre la perforación y la tubería; espacio que será ocupado por la Grava.	
c1	Perforación de ampliación con mecha de 12 1/4"		Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar
c2	Perforación de ampliación con mecha de 14 3/4"		Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar
c3	Perforación de ampliación con mecha de 17 1/2"		Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar

5.4.4 Etapa 4: construcción del sello sanitario

Tabla 5.10 Recursos requeridos para la etapa 4.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
D	Sello sanitario	En el espacio anular entre la tubería de revestimiento y el hueco de perforación se debe colocar un sello de cemento de manera de evitar la contaminación del agua del pozo por efecto de las aguas superficiales. El mínimo recomendado es de 6m de profundidad.	
d1	Perforación de ampliación con mecha de diámetro: 22", 24" o 32"		Incluye el uso del Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar.
d2	Suministro y transporte de casing de PVC para sello sanitario de diámetro de: 16", 20", 23" o 25"		Incluye el suministro y transporte de la tubería para el CASING hasta el sitio de la perforación.
d3	Colocación de forro o casing de PVC para la protección sanitaria del pozo		Incluye la colocación del CASING del Sello Sanitario en el pozo. Para ello se requiere el uso del winche del Equipo Perforador para colocar la tubería.
d4	Cementación anular	Incluye la preparación y colocación del la mezcla Arena-Cemento para sellar la zona anular entre la perforación para la ampliación para el Sello Sanitario y el diámetro externo de la tubería para el Sello Sanitario. Para ello se requiere el uso del winche del Equipo Perforador para colocar la tubería.	

5.4.5 Etapa 5: entubado del pozo y colocación de gravilla

Tabla 5.11 Recursos requeridos para la etapa 5.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
E	Tubería del pozo	La totalidad de la tubería de revestimiento deberá ser colocada dentro del hueco perforado, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean las ocasionadas por el peso propio de la tubería. Deberá tenerse especial cuidado de que la tubería este perfectamente centrada en el hueco y que sea colocada cumpliendo el diseño del pozo determinado por el Registro Geofísico.	
e1	Transporte de tubería hasta el sitio de perforación	Incluye el transporte de la Tubería para el forro del pozo hasta el sitio de la perforación	Empresa transportista de tubería
e2	Suministro de tubería ciega y ranurada de pvc	Incluye el suministro de la Tubería para el forro del pozo hasta el sitio de la perforación.	Tubería de forro
e3	Preparación y colocación de tubería de forro o camisa ciega y ranurada de PVC	Incluye la colocación de la Tubería para el forro del pozo en el agujero perforado. Para ello se requiere el uso del winche del Equipo Perforador para colocar la tubería.	Equipo de perforación y winche
e4	Suministro y colocación de grava tipo Tonoro No 2 y No 3	Incluye el transporte de la Grava hasta el sitio de la perforación y la colocación de la Grava en la sección anular del pozo. Para ello se requiere el uso del Equipo Perforador para bajar la densidad del Lodo de perforación (usando la bomba para Lodo de Perforación).	equipo de perforación, bomba de lodo de perforación
e5	Cabezal de concreto Rcc= 180 kg/cm ²	La construcción del cabezal de concreto incluye el encofrado, la preparación y la colocación del concreto. Incluye también la tubería de alimentación de grava de D=2".	Cemento Portland, madera de encofrado, tubería de alimentación de grava

5.4.6 Etapa 6: desarrollo y limpieza del pozo

Tabla 5.12 Recursos requeridos para la etapa 6.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
F	Desarrollo y limpieza del zozo	Una vez colocada la tubería del pozo se realizará la limpieza y el desarrollo del pozo utilizando aire comprimido u otros métodos apropiados/necesarios.	
f1	Transporte del compresor, tubería de limpieza y/o accesorios del pozo	Incluye el transporte hasta el sitio de la perforación.	Empresa transportista
f2	Instalación o desmontaje de tubería de limpieza de diámetro de 4" e inyección de diámetro de 1 1/2"	Incluye la colocación y desmontaje de la tubería provisional de limpieza dentro del forro del pozo (tubería de 4" y de 1-1/2").	
f3	Limpieza y desarrollo del pozo con compresor 600CFM o mayor (no incluye aditivos)	Incluye el uso del compresor y el montaje de la tubería de limpieza de 4" y de 1-1/2" en el pozo. Incluye la colocación de la tubería en diferentes profundidades. Esta tubería es provisional y se usará solo durante este proceso. No incluye aditivos químicos.	Compresor, equipo de perforación

En la actividad f3, debe agregarse como recursos necesarios los siguientes:

- a) Manómetro en la tubería de descarga.
- b) Tubería para limpieza y aforo con su correspondiente llave de paso.
- c) Válvula de retención y llave de paso en la línea de descarga y válvula de retención en el extremo de la tubería de succión en caso de bombas centrífugas.
- d) Dispositivo adecuado para aliviar el exceso de presión del golpe de ariete, cuando ello este justificado.
- e) Junta flexible en la línea de descarga, instalada antes de la tubería de limpieza.
- f) Llave de ½” de diámetro para la captación de muestras, instalada sobre la tubería de descarga de la bomba.
- g) Dos (2) tuberías de 2” de diámetro, como mínimo c/u, para la recarga de grava, dotadas con tapón.
- h) Tubería de ¼” de diámetro y manómetro con accesorios para la determinación de los niveles de bombeo durante el aforo del pozo, o en su defecto un orificio de ½” de diámetro como mínimo dotado de tapón enroscado, ubicado en la boca del fondo del pozo para introducir sonda eléctrica.
- i) Tubería de ½” de diámetro para ventilación de la tubería de revestimiento, protegida con malla metálica de 16 hilos por pulgada cuadrada.
- j) Tablero de control manual y automático para arranque y paradas del motor de la bomba en el caso de bombas con accionamiento de motor eléctrico.
- k) Instalación eléctrica completa para iluminación interior y exterior de la caseta del pozo.

5.4.7 Etapa 7: suministro y colocación de aditivos

Tabla 5.13 Recursos requeridos para la etapa 7.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Descripción de actividad	Recurso requerido
G	Aditivos	Durante la perforación del pozo, nos podemos encontrar con diferentes situaciones que incurran en la necesidad del uso de aditivos para contener o ayudar a superar estas situaciones. Por lo general estos aditivos se cotizan por unidad y en el caso de ser necesarios de usar, se hacen del conocimiento del contratante.	
g1	Aditivos químicos para estabilizar arcillas y/o lutitas por cada metro cúbico de lodo de perforación	Incluye el suministro y preparación del aditivo.	Aditivo
g2	Aditivos químicos para control de filtración por cada metro cúbico de lodo de perforación		Aditivo
g3	Aditivos químicos para intensificar velocidad de perforación y agente humectante al perforar formaciones problemáticas por cada metro cúbico de lodo de perforación.		Aditivo
g4	Aditivos químicos para dispersar arcillas libre de fosfatos por volumen de agua en el interior del ademe (forro o camisa) de diámetro 6" más un 50% o más		Aditivo

5.5 Determinación del presupuesto estimado para la fase de construcción del pozo perforado

El siguiente presupuesto ha sido preparado con base a las actividades antes identificadas en este documento y que integran las siete (7) etapas de la fase de construcción del pozo perforado. En ese sentido, se presentarán montos presupuestados por actividad global, para cada etapa y el resumen total de la fase de construcción del pozo perforado.

5.5.1 Presupuesto de Etapa 1

Tabla 5.14 Presupuesto de etapa 1.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
1	Llegada al sitio de perforación, instalación de los equipos y puesta a punto para el inicio de los trabajos	7			1250.00
1.1	Transporte de los equipos de perforación al sitio de construcción del pozo	2	1 vehículo Perforador, 1 camión cisterna y 1 vehículo liviano	450.00	900.00
1.2	Construcción de circuito para lodo de perforación.	2	1Circuito para el lodo de perforación, 1 fosa	50.00	100.00
1.3	Suministro, transporte y preparación del lodo de perforación (Bentonita, arcilla), hasta 50 km de distancia (no incluye aditivos)	2	Fosas de lodo	50.00	100.00
1.4	Instalación del equipo de perforación con sus accesorios	1	1 equipo perforador y demás accesorios	150.00	150.00

5.5.2 Presupuesto de la Etapa 2

Tabla 5.15 Presupuesto de etapa 2.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
2	Sondeo exploratorio, registro geofísico y diseño del pozo	6			1300.00
2.1	Perforación de sondeo exploratorio de 60 m de profundidad con mecha de diámetro 9 5/8"	4	1 equipo perforador, 1 bomba de lodo, 1 winche para izado de barras, accesorios para perforar (incluye personal de perforación)	250.00	1000.00
2.2	Registro geofísico, interpretación, análisis y diseño del pozo de 60 m de profundidad	2	1 equipo de registro geofísico (incluye personal para correr e interpretar registro)	150.00	300.00

5.5.3 Presupuesto de la Etapa 3

Tabla 5.16 Presupuesto de etapa 3.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
3	Trabajos de perforación				2250.00
3.1	Perforación de ampliación con mecha de 12 1/4" (20 m/día = 60 m)	3	Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar	250.00	750.00
3.2	Perforación de ampliación con mecha de 14 3/4" (60 m)	3	Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar	250.00	750.00
3.3	Perforación de ampliación con mecha de 17 1/2" (60 m)	3	Equipo Perforador al 100% de su capacidad, con el uso de la bomba de lodo, el winche para izar las barras y todos los implementos para perforar	250.00	750.00

5.5.4 Presupuesto de la Etapa 4

Tabla 5.17 Presupuesto de etapa 4.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
4	Sello sanitario				2550.00
4.2	Suministro y transporte de casing de PVC para sello sanitario de diámetro de: 16", 20", 23" o 25"	4	Incluye el suministro y transporte de la tubería para el CASING hasta el sitio de la perforación.	250.00	1000.00
4.3	Colocación de forro o casing de PVC para la protección sanitaria del pozo	3	Incluye la colocación del CASING del Sello Sanitario en el pozo. Para ello se requiere el uso del winche del Equipo Perforador para colocar la tubería.	200.00	600.00
4.4	Cementación anular	2		100.00	200.00

5.5.5 Presupuesto de la Etapa 5

Tabla 5.18 Presupuesto de etapa 5.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
5	Tubería del pozo				7200.00
5.2	Suministro de 60 m tubería ciega y ranurada de pvc (60 m= 10 tubos de 6 m x 210 \$ c/u)	1	Tubería de forro	2100.00	2100.00
5.3	Preparación y colocación de 60m tubería de forro o camisa ciega y ranurada de PVC (instalación 20 m/día = 10 tubos de 6 m c/u)	3	Equipo de perforación y winche	1200.00	3600.00
5.4	Suministro y colocación de grava tipo Tonoro No 2 y No 3	2	equipo de perforación, bomba de lodo de perforación	150.00	300.00
5.5	Encofrado, vaciado y fraguado de Cabezal de concreto Rcc= 180 kg/cm ²	3	Cemento Portland, madera de encofrado, tubería de alimentación de grava	150.00	450.00

5.5.6 Presupuesto de la Etapa 6

Tabla 5.19 Presupuesto de etapa 6.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
6	Desarrollo y limpieza del zozo				1550.00
6.1	Transporte y alquiler del compresor, tubería de limpieza y/o accesorios del pozo	3	Empresa transportista	350.00	1050.00
6.2	Instalación o desmontaje de tubería de limpieza de diámetro de 4" e inyección de diámetro de 1 1/2"	2		100.00	200.00
6.3	Limpieza y desarrollo del pozo con compresor 600CFM o mayor (no incluye aditivos)	3	Compresor, equipo de perforación	100.00	300.00

5.5.7 Presupuesto de la Etapa 7

Tabla 5.20 Presupuesto de etapa 7.

No Fase o actividad	Identificación de Fase o actividad	Duración de la actividad (días)	Recurso requerido	Costo por día (\$/día)	Costo total (\$)
7	Aditivos				400.00
7.1	Aditivos químicos para estabilizar arcillas y/o lutitas por cada metro cúbico de lodo de perforación	1	Aditivo	100.00	100.00
7.2	Aditivos químicos para control de filtración por cada metro cúbico de lodo de perforación	1	Aditivo	100.00	100.00
7.3	Aditivos químicos para intensificar velocidad de perforación y agente humectante al perforar formaciones problemáticas por cada metro cúbico de lodo de perforación.	1	Aditivo	100.00	100.00
7.4	Aditivos químicos para dispersar arcillas libre de fosfatos por volumen de agua en el interior del ademe (forro o camisa) de diámetro 6" más un 50% o más	1	Aditivo	100.00	100.00

5.5.8 Resumen de presupuesto para la construcción del pozo perforado

Tabla 5.21 Resumen costo de pozo

Etapa	Costo (\$)
1	1250.00
2	1300.00
3	2250.00
4	2550.00
5	7200.00
6	1550.00
7	400.00
Total	16500.00

Ahora bien, considerando que la distribución de costos presupuestables de un pozo profundo perforado para abastecimiento de agua potable responde a la proporción siguiente:

1. La perforación del pozo	50%
2. Las obras civiles	20%
3. La alta y la baja tensión	15%
4. El equipamiento	15%

Conociendo el estimado del costo para la perforación del pozo se podrá asumir que:

Tabla 5.22 Resumen de costo total aproximado.

Item	Descripción	Porcentaje (%)	Monto (\$)
1	La perforación del pozo	50	16500
2	Las obras civiles	20	6600
3	La alta y la baja tensión	15	4950
4	El equipamiento	15	4950
	Total		33000

5.6 Construir el diagrama de Gantt del proyecto de construcción del pozo perforado

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt del proyecto generada por la aplicación computarizada Microsoft Project 2016.

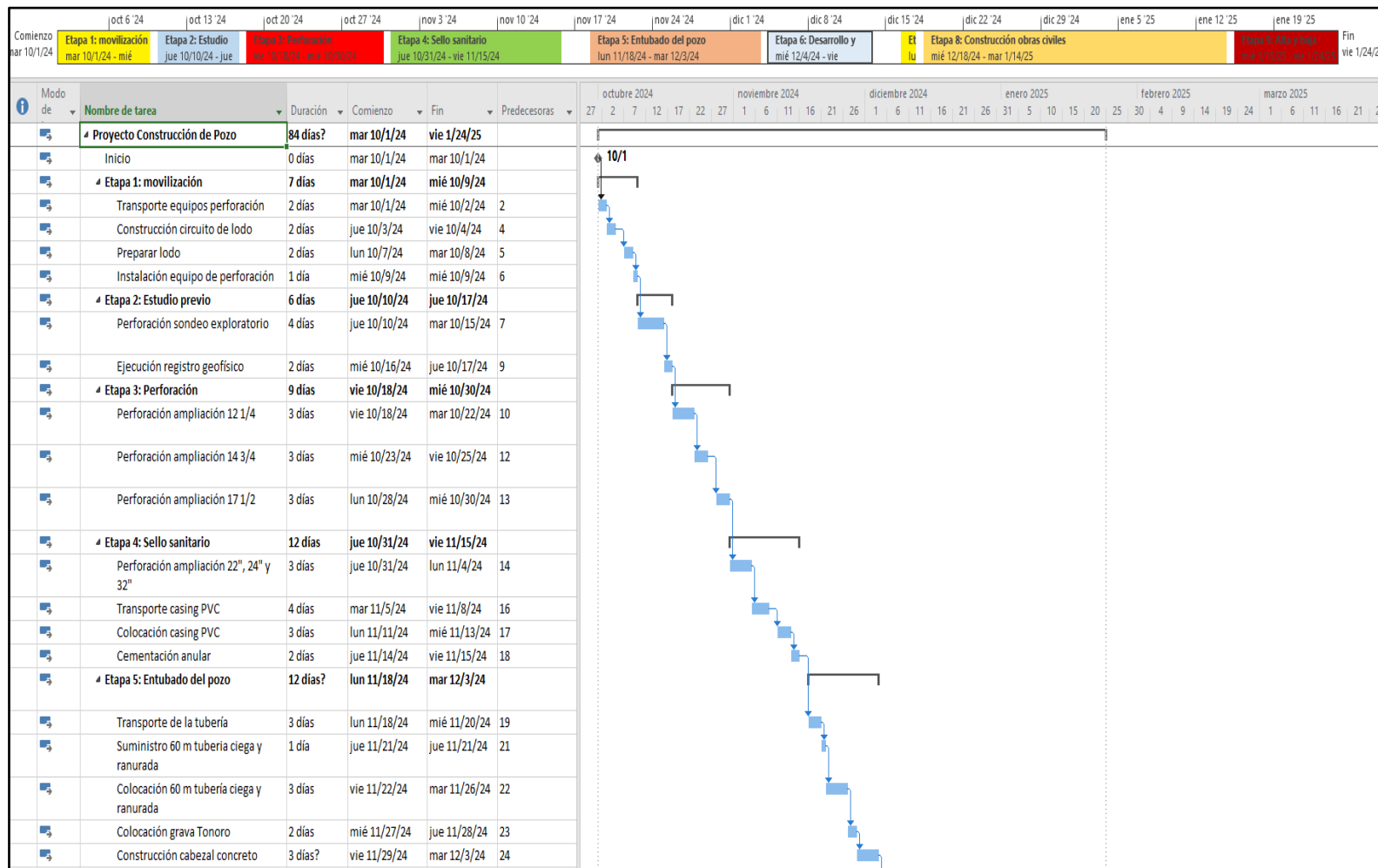


Figura 5.12 Diagrama de Gantt de las etapas 1 a la 6 del proyecto de construcción del pozo.

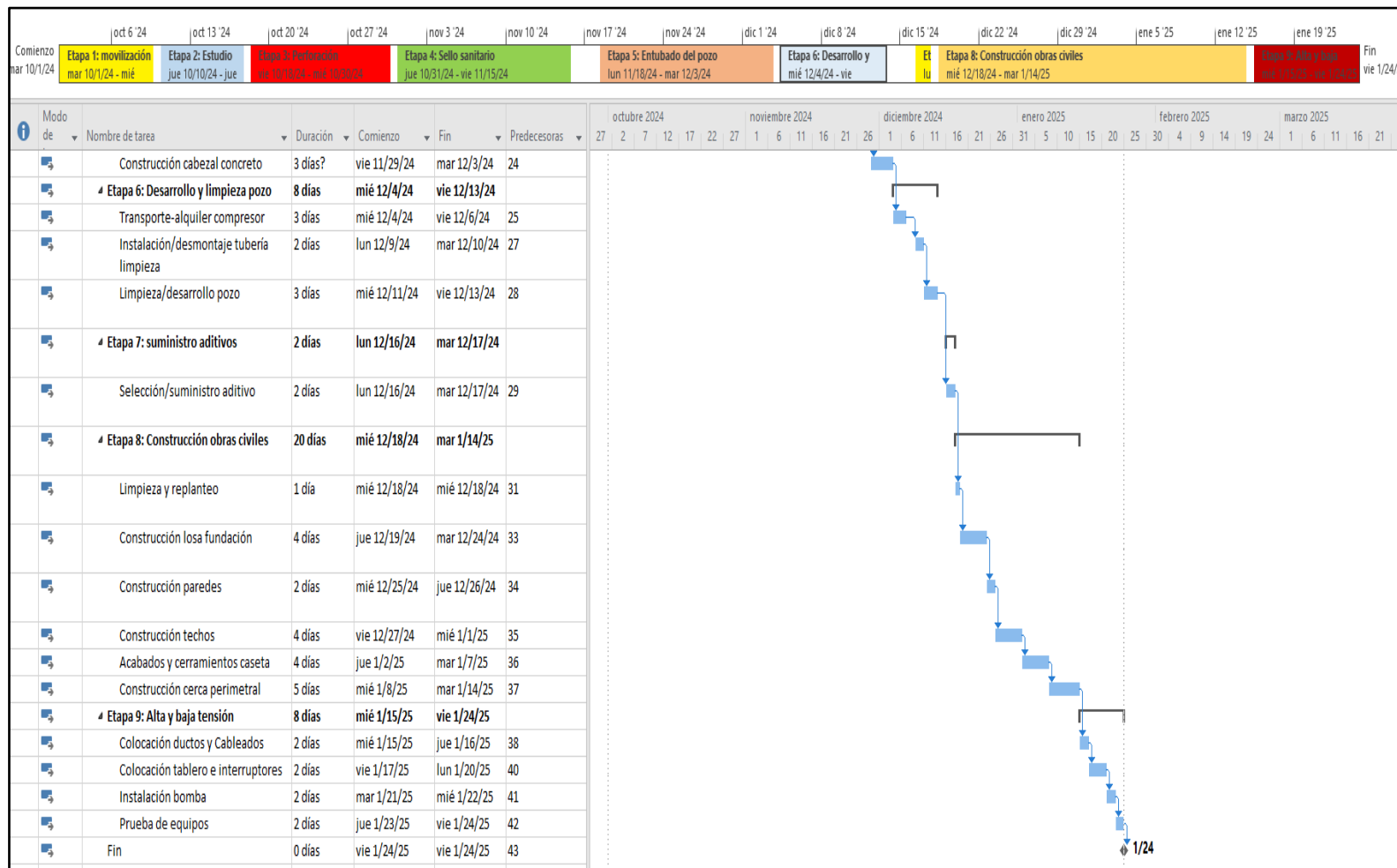


Figura 5.13 Diagrama de Gantt de las etapas 7, 8 y 9 del proyecto de construcción del pozo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El área de estudio presenta una precipitación media mensual que oscila entre 22.7 mm y 220.8 mm para un total anual de 1204.3mm. Mientras que la insolación media mensual varía entre 6.1 hr sol/día y 7.8 hr sol/día. Finalmente, la temperatura media mensual se encuentra alrededor de los 27.3 °C.

2. De acuerdo a las imágenes de satélite Landsat de Google Earth, se obtuvo que en el campus universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, la vegetación predominante son gramíneas y árboles predominantemente de mangos, con una superficie de 0.51 ha y 0.95 ha respectivamente, también cabe destacar que posee una vegetación de arbustales pero en menor proporción.

3. Las pruebas de infiltración mediante anillo sencillo arrojó una velocidad de infiltración media aproximada de 125.4 cm/hr. El Coeficiente de infiltración del suelo se asume como 1 ya que la sumatoria de las fracciones o coeficiente de infiltración por textura de suelo ($K_{fc} = 1$), la fracción que infiltra debido a la pendiente ($K_p = 0.25$) y la fracción que infiltra debido a la vegetación ($K_v = 0.18$ a 0.20) superan la unidad.

4. La cuenca hidrogeológica contribuyente fundamental para los acuíferos del área de estudio se encuentra ubicada en la parte Sur y drena o aporta sus flujos en dirección hacia el Norte alimentando los acuíferos de la zona de estudio. Cabe destacar que la extensión superficial de la cuenca hidrogeológica contribuyente posiblemente supere en gran medida el área abarcada por los terrenos del Campus

Universitario y debido a que geológicamente pertenecen a sedimentos de igual naturaleza y edad, se constituyen también en acuíferos de moderado rendimiento.

5. Los patrones preferenciales de flujo más importantes fluyen en sentido hacia el Este desde el área de estudio; aclarando que existe una divisoria de flujos de aguas subterráneas que drenan o descargan sus aguas en sentido hacia el Noreste, hacia el río San Rafael.

6. La interpretación de los resultados de los SEV, revelan que existe un volumen apreciable de estratos de arena permeable, representados por una variedad de al menos dos (2) tipos de arenas, entre ellas se pueden mencionar, un estrato de suelos arenosos, arenas finas no saturadas y arenas finas muy saturadas con un espesor aproximado de 35 m en profundidad.

7. Los SEV ejecutados en la zona estudiada, muestran las posibilidades de localización de agua subterránea, es decir, representan sitios favorables para la perforación de pozos para abastecimiento de agua subterránea, debido a que muestran suelos arenosos, arenas finas no saturadas y arenas finas muy saturadas, que son el soporte de posible agua subterránea a una profundidad aproximada de 16.00 m.

8. En los pozos ubicados en el área adyacente a la planta de estudio se puede delimitar los acuíferos productores entre los 5.0 m y 6.0 m de nivel estático aproximadamente.

9. El diseño de pozo perforado presenta un prediseño de 60.00 m de profundidad, los últimos 10 m de tubería ciega, los siguientes 35.00 m de tubería ranurada y los primeros 16.00 m serán de tubería ciega. Asimismo, el diámetro de excavación y tubería para sello sanitario sería de 32" con 6.00 m de profundidad y de la tubería de forro con 12 ¼".

10. Considerando una jornada laboral de ocho (8) horas y una semana de trabajo de cuarenta (40) horas, se infiere que el proyecto tendría una duración de aproximadamente 85 días. Sin embargo, en caso de trabajar durante los siete (7) días de la semana con jornadas diarias de 12 horas (utilizando doble cuadrilla de personal), el tiempo de ejecución del proyecto se reduciría a 56 días.

Recomendaciones

- 1.** Realizar campañas de mediciones de nivel estático del agua de los pozos perforados y excavados adyacentes a la zona de estudio que permitan establecer comparaciones en los patrones preferenciales del flujo de agua subterránea.
- 2.** Se recomienda efectuar aforos diferenciales en los ríos que drenan la zona de estudio con la finalidad de establecer comparaciones de sus niveles con los niveles estáticos de los pozos.

REFERENCIAS

Aguasuelos Ingeniería, S.C. (1993). **CARACTERIZACIÓN DE ACUÍFEROS EN EL ÁREA NORTE DE MONAGAS FASE IV.** Informe preparado para CORPOVEN. Monagas.

Aguilera, E. G. (2009). **CÁLCULO DE LA RECARGA POTENCIAL DE ACUÍFEROS MEDIANTE UN BALANCE HÍDRICO DE SUELOS.** 5 de Diciembre 2011, [<http://es.scribd.com/doc/31134700/Calculo-de-La-Recarga-Potencial-de-Acuiferos>].

Aparicio Francisco J. (1992). **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE.** Editorial Limusa, S.A. de C.V. Primera edición. Mexico, D.F. pp 19, 20, 21, 22, 140.

Arias, Fidias G. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** 5ta Edición. Editorial Episteme, C.A. Caracas-Venezuela. pp 25-31.

Astier Jean L. (1975). **GEOFÍSICA APLICADA A LA HIDROGEOLOGÍA.** MASSON et Cie., Editeurs, Paris (Francia). Madrid. pp 77, 78, 79, 91.

Auge, M. (2008). **MÉTODOS GEOELÉCTRICOS PARA LA PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.** Área de Hidrogeología. Departamento de Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Apuntes de cátedra.

Banco Mundial (2011). **CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.** 22 de Diciembre 2011, [[Http://water.worldbank.org/water/sites/worldbank.org.water/files/GWMATEBN02_sp.pdf](http://water.worldbank.org/water/sites/worldbank.org.water/files/GWMATEBN02_sp.pdf)].

Barrios, Roger (2010). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS BASALES DE LA FORMACIÓN MESA Y SUPERIORES DE LA FORMACIÓN LAS PIEDRAS EN EL CAMPO EL CARITO-MULATA, DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN, CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo de Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, P 198, pp 35-46.

Benítez, A. (1963). **CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, NUEVOS MÉTODOS.** Editorial Dossat. S.A. Madrid. pp 38, 50, 80.

Bolinaga, Juan (1999). **PROYECTOS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**. Editorial Fundación Polar. Primera Edición Caracas-Venezuela. pp 118, 120.

C.A. PARKO (2024). **ESTRUCTURA DE UM PRESUPUESTO PARA UN POZO**. <https://aguaparko.com/estructura-de-un-presupuesto-para-un-pozo/>

CORPOVEN S.A. (1991). **CURSO DE PETROFÍSICA PARA GEÓLOGOS E ING. DE EXPLOTACIÓN**. Gerencia general de geología, pp 10-28.

Custodio, E. y Llamas, M. R. (1976). **HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA**. Ediciones Omega, S.A. Primera edición. Barcelona. Tomo I. pp 259, 274, 275, 311, 323.

CVG TECMIN, C.A. (2008). **ESTUDIO GEOTÉCNICO, HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE UN LOTE DE TERRENOS DESTINADO AL COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA (CIAS MONAGAS), MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS**. Puerto Ordaz. Pp

CVG TECMIN, C.A. (2009). **ESTUDIO GEOTÉCNICO, HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE UN LOTE DE TERRENOS DESTINADO AL COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA (CIAS MONAGAS), MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS**. Puerto Ordaz. Pp.

Echarri, L. (1988). **CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRANEas**. Universidad de Navarra. Escuela de Ingenieros de San Sebastián. [<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/>].

España María E. (2003) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN LOS YACIMIENTOS LCV-4, LCV-5, LCV-7 Y LCV-14, EN LA ARENA ROLLENTE SUPERIOR E INFERIOR UBICADOS EN EL CAMPO LA CEIBITA ÁREA MAYOR DE OFICINA, ESTADO ANZOÁTEGUI, PDVSA Anaco; Venezuela, pp 45-70.**

Fajardo, j & Puerta, A (2007). **ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO (FORAMINÍFEROS Y NANOPLANCTON CALCÁREO) DE LA FORMACIÓN CARAPITA, CAMPO OROCUAL, ESTADO MONAGAS, CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA**. PDVSA Laboratorio Geológico el Chaure, pp35-46.

Franco, M. (1985). **CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO Y LA ESTIMACIÓN DEL ORDEN DE MAGNITUD DE LAS RESERVAS RENOVABLES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

Grassi, C. (1976). “**RESUMEN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO, MÉTODOS DE RIEGO.**” CIDIAT. Mérida. Página 265.

González de Juana, C., Iturralde J., Picard X. (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Ediciones Foninves, Primera Edición, Caracas, Tomo II, pp 734 – 737.

Holmes Arthur (1962). **GEOLOGÍA FÍSICA.** Ediciones Omega. Barcelona-España. pp 78, 112, 128.

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE TECNOLOGÍA DE CARIPITO (IUDTDC 2011). **CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ESTADO MONAGAS.** 22 de Diciembre 2011, [<http://www.iutcaripito.tec.ve/Ubicacion%20Geografica/caracteristicasgeograficas2.htm>.]

Orellana, E. (1982). **PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA EN CORRIENTE CONTINUA.** Madrid: Paraninfo

Ortiz U. Frida G. (2004). **DICCIONARIO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** Editorial Limusa, S.A. México. pp 93-127.

PDVSA-CIED (1997) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE YACIMIENTOS.** Segunda edición PP 2-30.

Pérez Hernández, D. (2010). “**EL PROCESO DE INFILTRACIÓN Y RECARGA DE LOS ACUÍFEROS EN LOS LLANOS ORIENTALES DE VENEZUELA**”. Revista Geominas, Volumen 38, No 53. Ciudad Bolívar. Página 157 a 159.

Pravia L. José R. (1995). **APUNTES DE HIDROLOGÍA.** Segunda Edición. Universidad De Oriente. Núcleo Bolívar. pp 116.

Pulido F., C. (2011)a. **EVALUACIÓN GEOFÍSICA PARA LA UBICACIÓN DE POSIBLES POZOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA ASIGNADA A GRANJA REPRODUCTORA (LOTES 1, 2, 3 Y 4). PARA EL PROYECTO COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA CIAS MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS.** Ciudad Guayana.

Pulido F., C. (2011)b. **EVALUACIÓN GEOFÍSICA PARA LA UBICACIÓN DE POSIBLES POZOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA ASIGNADA A PLAN PILOTO PARA EL PROYECTO COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA CIAS MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS.** Ciudad Guayana.

Pulido F., C. (2011)c. **EVALUACIÓN GEOFÍSICA PARA LA UBICACIÓN DE POSIBLES POZOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA ASIGNADA A GRANJAS DE ENGORDE PARA EL PROYECTO COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA CIAS MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS.** Ciudad Guayana.

Pulido F., C. (2011)d. **EVALUACIÓN GEOFÍSICA PARA LA UBICACIÓN DE POSIBLES POZOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA ASIGNADA A GRANJA DE INCUBACIÓN PARA EL PROYECTO COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA CIAS MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS.** Ciudad Guayana.

Pulido F., C. (2011)e **“EVALUACIÓN GEOFÍSICA PARA LA UBICACIÓN DE POSIBLES POZOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA ASIGNADA A LA PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS (ABA) PARA EL PROYECTO COMPLEJO INTEGRAL AVÍCOLA SOCIALISTA CIAS MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS.”** Ciudad Guayana.

Rivadulla, Rosario. (2004) **CARTOGRAFÍA DE SUPERFICIE Y SUBSUELO.** FundaGeominas, Ciudad Bolívar, p 417.

Sánchez, J. (2008). **ACUÍFEROS SEMICONFINADOS.** Universidad de Salamanca. Departamento de Geología. [<http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/semiconfinados.pdf>].

Schosinsky, N. Gunther. y Losilla, M. (2000). **MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL.** Revista Geológica de América Central. No 23. pp 43-55.

Schosinsky, N. Gunther. (2006). **CÁLCULO DE LA RECARGA POTENCIAL DE ACUÍFEROS MEDIANTE UN BALANCE HÍDRICO DE SUELOS.** Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. Revista Geológica de América Central.

Schlumberger. (1999) **INTERPRETACIÓN DE PERFILES DE POZOS.** CIED-PDVSA. Puerto La Cruz, Venezuela, p 145.

Soto C. (1977). **ORIGEN DE LAS AGUAS DE FORMACIÓN POST-EOCENO EN LA COSTA BOLÍVAR.** V congreso Geológico Venezolano. Caracas.

Subieta, T. Carnevali, J. y Hunter, V. (1988). **EVOLUCIÓN TECTONOESTRATIGRÁFICA DE LA SERRANÍA DEL INTERIOR Y DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN.** Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos. Vol. 12. N° 1. pp 31- 56.

Yoris F. y Ostos M. (1997) **GEOLOGIA DE VENEZUELA.** Publicado en el W.E.C. de Schlumberger [CD-ROM] Caracas, Venezuela, pp 32-40.

APÉNDICES

APÉNDICE A
ENSAYOS DE INFILTRACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

A.1 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-1.

Estimación de la infiltración básica (Modelo de Kostiakov)							
Proyecto: Prospección de aguas subterráneas Campus Universitario UDO				Ensayo No:		I-1	
Ubicación: Campus Universitario UDO, La Sabanita, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar							
Coordenadas UTM del punto de infi		N 897132	E 438858	Huso:		20	WGS-84
Condición antecedente del suelo: 25 min de Lluvia (24 horas antes)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Lsmina infiltrada acumulada	Lámina infiltrada Parcial		Lectura del Cronómetro		Tiempo acumulado	Tiempos parciales	Velocidad de Infiltración instantanea
(cm)	(mm)	(mm)	(min,decmin)	(s)	(min)	(min)	(mm/min)
1	10	10	0.26	16	0.260	0.260	38.462
2	20	10	0.52	31	0.520	0.260	38.462
3	30	10	0.83	50	0.830	0.310	32.258
4	40	10	1.17	70	1.170	0.340	29.412
5	50	10	1.57	94	1.570	0.400	25.000
6	60	10	1.98	119	1.980	0.410	24.390
7	70	10	2.46	148	2.460	0.480	20.833
8	80	10	2.97	178	2.970	0.510	19.608
9	90	10	3.52	211	3.520	0.550	18.182
10	100	10	4.06	244	4.060	0.540	18.519
Modelo de Kostiakov			$i = a t^b$				
i: velocidad de infiltración (mm/min)							
a y b: parámetros de ajuste							
t: tiempo (min)							
De la Curva de tendencia potencial de la gráfica de infiltración acumulada:			$y = 1.1437 x^{0.8231}$				
Ecuación de la lámina de infiltración acumulada (I):			$I(t) = 1.1437 t^{0.8231}$				
			A =		1.1437		
			B =		0.8231		
Velocidad de infiltración instantánea (i)		(mm/min)	$i = a * t^b$				
			a = A * B		0.941379		
			b = abs(B - 1)		0.176900		
Tiempo (tb) en el cual se alcanza la infiltración básica (ib)		(min)	$tb = 10 * b$				
			1.769				
Infiltración básica (ib)		(mm/min)	$ib = a * (tb)^b$				
			1.041329				

A.2 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-2.

Estimación de la infiltración básica (Modelo de Kostiakov)							
Proyecto: Prospección de aguas subterráneas Campus Universitario UDO				Ensayo No:		I-2	
Ubicación: Campus Universitario UDO, La Sabanita, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar							
Coordenadas UTM del punto de infi		N 897251	E 438918	Huso:		20	WGS-84
Condición antecedente del suelo: 25 min de Lluvia (24 horas antes)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Lsmina infiltrada acumulada		Lámina infiltrada Parcial	Lectura del Cronómetro		Tiempo acumulado	Tiempos parciales	Velocidad de Infiltración instantanea
(cm)	(mm)	(mm)	(min,decmin)	(s)	(min)	(min)	(mm/min)
1	10	10	0.28	17	0.280	0.280	35.714
2	20	10	2.25	135	2.250	1.970	5.076
3	30	10	5.25	315	5.250	3.000	3.333
4	40	10	8.25	495	8.250	3.000	3.333
5	50	10	11.67	700	11.670	3.420	2.924
6	60	10					
7	70	10					
8	80	10					
9	90	10					
10	100	10					
Modelo de Kostiakov			$i = a t^b$				
i: velocidad de infiltración (mm/min)							
a y b: parámetros de ajuste							
t: tiempo (min)							
De la Curva de tendencia potencial de la gráfica de infiltración acumulada:			$y = 2.8454 x^{0.422}$				
Ecuación de la lámina de infiltración acumulada (I):			$I(t) = 2.8454 t^{0.422}$				
			A =		2.8454		
			B =		0.4220		
Velocidad de infiltración instantánea (i)		(mm/min)	$i = a * t^b$				
			a = A * B		1.200759		
			b = abs(B - 1)		0.578000		
Tiempo (tb) en el cual se alcanza la infiltración básica (ib)		(min)	$tb = 10 * b$			5.78	
Infiltración básica (ib)		(mm/min)	$ib = a * (tb)^b$			3.310168	

A.3 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-3.

Estimación de la infiltración básica (Modelo de Kostiakov)							
Project Prospección de aguas subterráneas Campus Universitario UDO						Ensayo No: I-3	
Ubicación Campus Universitario UDO, La Sabanita, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar							
Coordenadas UTM del pu N 897323		E 438821		Huso: 20		WGS-84	
Condición antecedente d: 25 min de Lluvia (24 horas antes)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Lsmina infiltrada acumulada		Lámina infiltrada Parcial	Lectura del Cronómetro		Tiempo acumulado	Tiempos parciales	Velocidad de Infiltración
(cm)	(mm)	(mm)	(min,decmin)	(s)	(min)	(min)	(mm/min)
1	10	10	0.61	37	0.610	0.610	16.393
2	20	10	1.22	73	1.220	0.610	16.393
3	30	10	2.17	130	2.170	0.950	10.526
4	40	10	3.35	201	3.350	1.180	8.475
5	50	10	4.53	272	4.530	1.180	8.475
6	60	10	6.07	364	6.070	1.540	6.494
7	70	10	7.33	440	7.330	1.260	7.937
8	80	10	8.75	525	8.750	1.420	7.042
9	90	10	11	660	11.000	2.250	4.444
10	100	10	12.67	760	12.670	1.670	5.988
Modelo de Kostiakov				$i = a t^b$			
i: velocidad de infiltración (mm/min)							
a y b: parámetros de ajuste							
t: tiempo (min)							
De la Curva de tendencia potencial de la gráfica de infiltración acumulada:				$y = 0,7857 x^{0.7365}$			
Ecuación de la lámina de infiltración acumulada (I):				$I(t) = 0.7857 t^{0.7365}$			
				A =		0.7857	
				B =		0.7365	
Velocidad de infiltración instantánea (i)		(mm/min)		$i = a * t^b$			
				a = A * B		0.578668	
				b = abs(B - 1)		0.263500	
Tiempo (tb) en el cual se alcanza la infiltración básica (ib)		(min)		$tb = 10 * b$		2.635	
Infiltración básica (ib)		(mm/min)		$ib = a * (tb)^b$		0.7469735	

A.4 Estimación de la infiltración básica. Ensayo No I-4.

Estimación de la infiltración básica (Modelo de Kostiakov)							
Project Prospección de aguas subterráneas Campus Universitario UDO					Ensayo No:		I-4
Ubicación Campus Universitario UDO, La Sabanita, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar							
Coordenadas UTM del punto N 897429 E 438837			Huso:		20	WGS-84	
Condición antecedente de 25 min de Lluvia (24 horas antes)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Lsmina infiltrada acumulada		Lámina infiltrada Parcial	Lectura del Cronómetro		Tiempo acumulado	Tiempos parciales	Velocidad de Infiltración
(cm)	(mm)	(mm)	(min,decmin)	(s)	(min)	(min)	(mm/min)
1	10	10	0.23	14	0.230	0.230	43.478
2	20	10	0.45	27	0.450	0.220	45.455
3	30	10	1.08	65	1.080	0.630	15.873
4	40	10	1.70	102	1.700	0.620	16.129
5	50	10	2.52	151	2.520	0.820	12.195
6	60	10	3.48	209	3.480	0.960	10.417
7	70	10	4.55	273	4.550	1.070	9.346
8	80	10	5.67	340	5.670	1.120	8.929
9	90	10	7.20	432	7.200	1.530	6.536
10	100	10					
Modelo de Kostiakov			$i = a t^b$				
i: velocidad de infiltración (mm/min)							
a y b: parámetros de ajuste							
t: tiempo (min)							
De la Curva de tendencia potencial de la gráfica de infiltración acumulada:			$y = 2.3249 x^{0.609}$				
Ecuación de la lámina de infiltración acumulada (I):			$I(t) = 2.3249t^{0.609}$				
			A =		2.3249		
			B =		0.6090		
Velocidad de infiltración instantánea (i)		(mm/min)	$i = a * t^b$				
			a = A * B		1.415864		
			b = abs(B - 1)		0.391000		
Tiempo (tb) en el cual se alcanza la infiltración básica (ib)		(min)	$tb = 10 * b$			3.91	
Infiltración básica (ib)		(mm/min)	$ib = a * (tb)^b$			2.4130298	

Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-1/6:

Título	Propuesta de un sistema de abastecimiento hídrico por captación de aguas subterráneas mediante pozo perforado en el campus universitario de la Escuela de Ciencias de la Tierra en la Parroquia La Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela.
---------------	--

Autor (es):

Apellidos Y Nombres	Código CVLAC / e-mail
Francis del Carmen Martínez Figueredo	ORCID: E MAIL: frans0308@gmail.com
Ariadnirys del Valle Molina Rojas	ORCID: E MAIL: ariadnirysmolina@gmail.com

Palabras o frases claves:

Pozos perforados
Acuíferos
Abastecimiento hídrico
Aprovechamiento aguas subterráneas
Campus universitario UDO

Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-2/6:

Línea y sublíneas de investigación:

Àrea	Subàrea
Geohidrología	Prospección aguas subterráneas Perforación de pozos de agua

RESUMEN (ABSTRACT):

Este estudio consiste en proponer la perforación de un pozo profundo para el aprovechamiento de las aguas subterráneas existente en los acuíferos subyacentes al campus universitario de la Escuela Ciencias de la Tierra en la parroquia La Sabanita en Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. El objetivo primordial radica en proponer la planificación de la construcción de un pozo perforado para el abastecimiento de agua potable a las instalaciones y servicios del Campus Universitario. El área de estudio está constituida por sedimentos del Reciente, generalmente arenas gruesas a finas con presencia eventual de arcillas y limos. Hidrogeológicamente, la zona en estudio forma parte de la Formación Mesa y sedimentos aluviales del Reciente, los cuales se caracterizan por la presencia de acuíferos libres con buen rendimiento y buena calidad de agua. La metodología consistió en la búsqueda, revisión y selección de información de la zona de estudio, principalmente de datos aportados por estudios previos en el lugar y por el cálculo de parámetros necesarios tales como la infiltración promedio, escorrentía, humedales y evapotranspiración generada por la vegetación, en el análisis del mapa de cuencas hidrográficas y determinación de parámetros morfométricos, así como el análisis del sondeo eléctrico vertical realizado. Con base a la interpretación del sondeo eléctrico vertical, se muestra que existe al menos un estrato de arena permeable que representan posibilidades de ubicación de un pozo perforado para la obtención de agua subterránea, al menos hasta la profundidad de auscultación realizada. Una vez determinados los parámetros necesarios se procedió a realizar la planificación de un proyecto de perforación de un pozo para explotación de agua subterránea en la ubicación antes mencionada. Se estima una profundidad de perforación de 60.00 m. El pozo debería tener un diámetro de excavación de 32” para el sello sanitario, un diámetro de tubería de forro de 12 ¼”, con una longitud de tubería ranurada de 35.00 m entre las cotas 16.3 m y 50.00 msnm y una longitud de tubería ciega de 26.3 m (16.3 + 10.0). El filtro de gravilla que se utilizará entre el forro (*casing*) y la formación será de granulometría adecuada para evitar las incrustaciones en las ranuras del forro. La bomba de succión será del tipo sumergible de 3 hp de potencia. El tiempo de construcción del pozo se estima en 85 días con jornadas laborales de 8 horas y 40 horas semanales.

Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-3/6:

Contribuidores:

Apellidos y nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail								
	ROL	CA		AS		TU	X	JU	
Echeverría D., Dafnis J.	ROL	CA		AS		TU	X	JU	
	ORCID:								
	e-mail	dafnisecheverriaudo@gmail.com							
	e-mail								
España R., Juan C.	ROL	CA		AS		TU		JU	X
	ORCID:								
	e-mail	juangeoe@gmail.com							
	e-mail								
Monteverde S., Francisco R	ROL	CA		AS		TU		JU	X
	ORCID:								
	e-mail	monteverdefr@gmail.com							
	e-mail								
Molina R., Ariadnirys del V.	ROL	CA	X	AS		TU		JU	
	ORCID:								
	e-mail	ariadnirysmolina@gmail.com							
	e-mail								

Fecha de discusión y aprobación:

2024	10	03
Año	Mes	Día

Lenguaje: Spa

Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-4/6:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NBOTTG_MFFC2024	.word

ALCANCE

ESPACIAL: Campus universitario UDO, La Sabanita, Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela.

TEMPORAL: 1 año se tardó en recaudar los datos.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ing. Geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento De Ingeniería Geológica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-5/6:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumand, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR Martínez
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUANA A. BOLANOS CUNPELE
Secretario




C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumandá - Venezuela

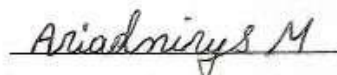
Hoja de Metadatos Para Tesis Y Trabajo de Ascenso-6/6:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJOS DE PREGRADO (Vigente a partir del 11 Septiembre 2009, según comunicación CU-034-2009):“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de Núcleo Respectivo, quien debería participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización“.



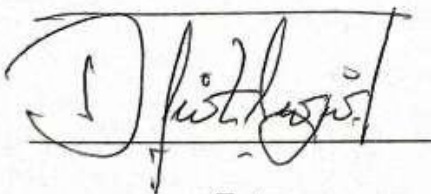
Autor 1

Francis del Carmen Martínez Figueredo



Autor 2

Ariadnirys del Valle Molina Rojas



Tutor

Dafnis J. Echeverría D.