

**SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL POZO N°10 PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
POZOS PROFUNDOS DE AGUA UBICADOS EN LA PLANICIE BAJA DE LA  
CIUDAD DEL VIGIA, ESTADO MÉRIDA**

*Por*

*Leonardo Enrique Ramírez Varela*

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Trabajo Especial de Grado para optar por el grado de Especialista en Gestión de Sistemas de  
Abastecimiento, Recolección y Tratamiento de Aguas

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO  
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MÉRIDA, VENEZUELA  
2015**

C.C Reconocimiento

## DEDICATORIA

Hoy cuando he logrado la culminación de esta investigación, empieza un futuro de muchas esperanzas por eso dedico mi triunfo:

A Dios Todopoderoso y a la Santísima Virgen, por darme salud y ser guías en mí estudio.

A mis padres Mary Rosela y Orlando Enrique, pilares de apoyo en mi vida, con gran espíritu de lucha para los cuales no existe imposible, quienes con su abnegado esfuerzo material y moral me vieron triunfar otra vez.

A mis hijos Leonardo José y Luis José quienes son mi motivo de lucha, y que mi esfuerzo les sirva de estímulo.

A Jeanette por ser mi amiga y compañera, en esta etapa de mi vida y vivirla junto a mí.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para lograr la realización de este trabajo.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

*leo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Hervé Jégat, por su valiosa colaboración y gran ayuda, le estaré por siempre agradecido.

Al los profesores Luis Mora y José Mejías, por su aporte y espíritu de trabajo y siempre dispuesto a prestar ayuda.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su apoyo incondicional en la realización de esta investigación.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE APÉNDICES.....	xv
LISTA DE SIMBOLOS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
<b>CAPITULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. General.....	3
1.3.2. Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Alcance.....	5
1.6. Limitaciones.....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. La hidrología.....	10
2.2.2. Ciclo hidrológico.....	10
2.2.3. Sistema hidrológico.....	11
2.2.4. Hidrogeología.....	11
2.2.5. Aguas subterráneas.....	11
- Definición.....	11
- Origen.....	12
- Alimentación de las napas subterráneas.....	14
- Influencia de los factores meteorológicos sobre las napas subterráneas.....	15
- Distribución vertical del agua subterránea.....	16
- Acuíferos.....	17
- Tipos de acuíferos.....	18
- Términos comúnmente utilizados en la explotación de acuíferos.....	20
- Propiedades hidrogeológicas de los acuíferos.....	21
- Captación de aguas subterráneas.....	23
- Diferencias entre pozos y sondeos.....	26
- Análisis de los registros de pozos.....	32
- Sondeo eléctrico vertical (SEV).....	39
- Métodos eléctricos e investigaciones hidrológicas aplicadas al pozo en estudio..	41
- Estudio hidrogeológico del pozo.....	42
- Construcción de pozos.....	43

- Ensayo de bombeo.....	47
- Caracterización del tipo de acuífero.....	57
- Método de análisis para acuíferos libres.....	58
- Viscosidad del lodo de perforación. Prueba de Marsh.....	60
- El uso intensivo de las aguas subterráneas. El concepto de sobreexplotación....	62
- Beneficios del aprovechamiento de las aguas subterráneas.....	63
- Reservas de agua subterránea en Venezuela.....	64
2.2.6. Zona de estudio. El Vigía.....	67
- Marco geológico regional.....	67
- Marco geológico local.....	68
- Ubicación.....	68
- Características biofísicas del acuífero.....	68
- Características del suministro de agua potable para la ciudad de El Vigía.....	70
- El acuífero de El Vigía.....	71
- Alternativas para asegurar la continuidad del servicio de agua potable en la ciudad de El Vigía.....	71
- Pozo en estudio. Pozo N° 10.....	72
2.2.7. Sistemas de información.....	73
- Blog.....	80
2.3. Bases legales.....	84
<b>CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>99</b>
3.1. Nivel de la investigación.....	99
3.2. Diseño de la investigación.....	99
3.3. Equipos y métodos.....	99
3.3.1. Sondeo eléctrico vertical para la perforación del pozo N° 10.....	100
3.3.2. Perforación inicial del pozo N° 10.....	102
3.3.3. Registro eléctrico del pozo N° 10.....	102
3.3.4. Estudio de eficiencia y prueba de bombeo del pozo N° 10.....	105
3.3.5. Creación del blog como sistema de información del pozo.....	107
1. Creación de una cuenta Google.....	107
2. Creación del blog.....	107
3. Acceso al blog como creador para ingresar entradas o contenidos.....	110
4. El panel de control o escritorio.....	111
5. Configuración rápida de las opciones.....	111
6. Configuración de entradas al blog.....	112
7. Creación de entradas y páginas.....	113
8. Incluir contenidos en una entrada.....	114
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>101</b>
4.1. Sondeo eléctrico vertical (SEV) para la construcción del pozo N° 10.....	117
4.2. Registro eléctrico del pozo N° 10.....	121
4.3. Diseño y construcción del pozo N° 10.....	123

4.4. Estudio de eficiencia y prueba de bombeo del pozo N° 10.....	125
4.5. Creación del blog equivalente al sistema de información del pozo N° 10.....	130
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
5.1. Conclusiones.....	133
5.2. Recomendaciones.....	134
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>135</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>139</b>

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Ciclo hidrológico.....	10
2.2	Representación del sistema hidrológico.....	11
2.3	Flujo de agua en el suelo.....	13
2.4	Distribución vertical del agua subterránea.....	16
2.5	Almacenamiento del agua en acuífero fisurado y poroso.....	17
2.6	Pozos en acuífero libre.....	19
2.7	Acuíferos según el tipo de porosidad.....	20
2.8	Características de un pozo.....	21
2.9	Esquema de un perfil eléctrico con una serie de horizontes de arenas y arcillas.....	25
2.10	Partes de un pozo.....	27
2.11	Pozo perforado con bomba sumergible.....	28
2.12	Diferencias entre pozos y sondeos.....	28
2.13	Tricono.....	30
2.14	Martillo.....	30
2.15	Máquina perforadora. Método de rotopercusión.....	31
2.16	Curvas SP.....	34
2.17	Gráfico SP vs. Rmf/Rw.....	35
2.18	Línea base en la curva SP.....	36
2.19	Curva SP cuando el agua en el lodo y la formación son de la misma salinidad..	36
2.20	Curvas de rayos gamma.....	37
2.21	Curvas de rayos gamma a las diversas litologías.....	38
2.22	Registro eléctrico.....	39
2.23	Sondeo Wenner.....	40
2.24	Sondeo Schlumberger.....	40
2.25	Configuración tipo Schlumberger.....	42
2.26	Diseño de pozos en función del terreno.....	43
2.27	Esquema del descenso del nivel del agua en un bombeo.....	48
2.28	Bombas Peerless.....	51
2.29	Medición de niveles.....	52
2.30	Medida empleando sonda dentro del pozo profundo.....	53
2.31	Cálculo del caudal mediante la distancia de caída del chorro de agua.....	55
2.32	Determinación del gasto por el método del orificio calibrado.....	56
2.33	Curva típica de abatimiento- tiempo para acuíferos confinados.....	57
2.34	Curva típica de abatimiento- tiempo para acuíferos semiconfinados.....	58
2.35	Curva típica de abatimiento- tiempo para acuíferos libres.....	58
2.36	Embudo de Marsh.....	61
2.37	Reservas de agua subterránea en Venezuela.....	65
2.38	Reservas totales de agua subterráneas por regiones.....	65
2.39	Provincias y Subprovincias Hidrogeológicas en Venezuela.....	66
2.40	Acuíferos de importancia en Venezuela.....	67

2.41	Ubicación del campo de pozos en la ciudad de El Vigía.....	69
2.42	Unidades geomorfológicas en el área de estudio.....	70
2.43	Ubicación relativa del pozo en estudio.....	72
2.44	Actividades de un sistema de información.....	74
2.45	Componentes de un SI.....	79
3.1	Ubicación relativa de los sondeos eléctricos verticales.....	101
3.2	Taladro de perforación perteneciente a la empresa JPK.....	102
3.3	Acceso a Google para crear un blog.....	108
3.4	Botón para crear el nuevo blog.....	108
3.5	Edición del título, dirección url y plantilla del blog.....	109
3.6	Titular del blog y configuración de su creación.....	109
3.7	Acceso e inicio de sección al blog.....	110
3.8	Opciones de configuración.....	111
3.9	Esquema del blog creado.....	113
3.10	Opción para crear nuevas entradas y páginas.....	113
3.11	Inclusión de contenidos en una entrada.....	114
4.1	Curva de resistividad en función de la Distancia AB/2.....	118
4.2	Gráfico de interpretación del sondeo eléctrico vertical.....	118
4.3	Diseño preliminar del pozo.....	120
4.4	Registro eléctrico del pozo N° 10.....	121
4.5	Segundo segmento del registro eléctrico.....	121
4.6	Registro eléctrico del estrato rico en grava.....	122
4.7	Error del registro producto de la sonda.....	123
4.8	Diseño del pozo N° 10.....	124
4.9	Niveles observados.....	126
4.10	Datos procesados.....	126
4.11	Interpretación de la prueba.....	127
4.12	Eficiencia vs. caudal.....	129
4.13	Interpretación del primer escalón.....	130
4.14	Estructura del sistema de información del pozo N° 10.....	131



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Valores de conductividad hidráulica.....	22
2.2	Diámetros recomendados para pozos.....	24
2.3	Tiempos para la toma de niveles en el pozo.....	52
2.4	Tiempos para la toma de niveles en el piezómetro.....	53
2.5	Esquema de caracterización del tipo de acuíferos.....	57
2.6	Características de la información en relación a las decisiones.....	77
4.1	Datos obtenidos del SEV de campo.....	117
4.2	Modelos de capas.....	119
4.3	Diseño final del pozo N° 10.....	125
4.4	Valores finales corregidos.....	127
4.5	Datos interpretados.....	128
4.6	Valores de C.....	128
4.7	Valores de eficiencia vs. caudal.....	129

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE APÉNDICES

<b>Apéndice</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
A	Sondeo Eléctrico Vertical.....	139
B	Registro Eléctrico.....	140
C	Prueba de Bombeo.....	141
D	Prueba de Marsh.....	142
E	Mapas.....	143
F	Mapas de niveles, caudales y profundidades de aguas subterráneas del estado Mérida.....	144

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a.	antes de
Q	caudal
cm	centímetro
cm/s	centímetro por segundo
d	día
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
J.C.	Jesucristo
gpm	galones por minuto
°C	grado Celsius
° ′ ″	grado, minuto, segundo
h	hora
kg	kilogramo
km	kilometro
km <sup>2</sup>	kilometro cuadrado
km <sup>3</sup>	kilometro cúbico
l	litro
l/h	litro por hora
l/s	litro por segundo
Ma	Millones de años
m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m/año	metro por año
m/d	metro por hora
m <sup>2</sup> /d	metro cuadrado por día
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /d/m <sup>2</sup>	metro cúbico por día por metro cuadrado
m <sup>2</sup> /d	metros cuadrado por día
m/s	metros por segundo
msnm	metros sobre el nivel del mar
ml	mililitro
mm	milímetro
mm/año	milímetro por año
min	minutos
N°	número
NE	Noreste
NO	Noroeste
ft	pie
%	porcentaje
“	pulgadas

pulg	pulgadas
pulg <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas
s	segundo
SEV	Sondeo Eléctrico vertical
SI	Sistema de Información
SIG	Sistema de Información Geográfico
SIP 2014	Sistema de Información del Pozo N° 10 2014
SE	Sureste
SO	Suroeste
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
ton	toneladas
UTM	Universal Transversal Mercator

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN**  
**AMBIENTAL Y TERRITORIAL**  
**Especialización en Gestión de Sistemas de Abastecimiento, Recolección y Tratamiento**  
**de Aguas**

SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL POZO N°10 PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
POZOS PROFUNDOS DE AGUA UBICADOS EN LA PLANICIE BAJA DE LA CIUDAD  
DEL VIGIA, ESTADO MÉRIDA.  
Proyecto de Trabajo de Grado

**Autor:** Leonardo Enrique Ramírez Varela

**Tutores:**

Prof. Hervé Jegat

Prof. Luis Mora

**Fecha:** Febrero, 2015

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad recomendar el diseño y la metodología de trabajo empleada en la construcción del pozo profundo N°10, para la captación de agua subterránea del Municipio Alberto Adriani de la ciudad de El Vigía, con el fin de facilitar la realización de este tipo de obras en la planicie aluvial del estado Mérida. El trabajo en estudio consiste de una investigación realizada la mayor parte en campo, apoyada en investigación documental, donde se recopiló toda la información del pozo N°10 y se generó un sistema de información (SIP 2014), el cual se realizó vía web a través de un blog, cuyo código está escrito en lenguaje HTML, con el fin de generar una herramienta para la gestión de las aguas subterráneas, y así evitar la carencia de información de índole constructiva y de diseño de los pozos para dicha zona de estudio, ya que esto representa una problemática. Otro inconveniente existente es que el acuífero está constituido por cantos rodados de diversos tamaños, que dificultan y encarecen la construcción de pozos mediante máquinas de perforar, prueba de esto es la gran cantidad de perforaciones fallidas en la zona y la existencia de numerosos pozos inoperativos. Sin embargo, el diseño empleado en el pozo N° 10 ha sido exitoso, los resultados arrojados en la prueba de bombeo reportan que las pérdidas del pozo son mínimas, la eficiencia se mantuvo aproximadamente en 96 %. En base a esto se propone un sitio web que consiste en un Sistema de Información para el pozo N° 10 de la ciudad de El Vigía, estado Mérida, creado para ordenar y acceder a los datos de diseño y parámetros dinámicos, para la construcción de pozos profundos de agua en la planicie baja de El Vigía estado Mérida; y así proveer información a los sectores científico-tecnológicos involucrados en la gestión e investigación hidrológicas, y público en general, para la toma de decisiones en cuanto al diseño y la construcción adecuada, que permita el desarrollo sostenible del agua subterránea para la ciudad del Vigía.

**Palabras claves:** blog, pozo, aguas subterráneas, acuífero, planicie aluvial del estado Mérida.

## CAPÍTULO 1

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

Los reservorios subterráneos constituyen potenciales e importantes recursos hídricos, a nivel mundial; el agua subterránea es más abundante que el agua superficial (ríos y lagos) se estima que existen unos 15 millones de km<sup>3</sup> de agua subterránea en el planeta por sólo unos 100 mil km<sup>3</sup> de aguas superficiales (Ibarra, 2009).

Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP), no se dispone de estadísticas sistemáticas sobre extracción y utilización de aguas subterráneas, pero a escala global se estima que los acuíferos proporcionan cerca del 50 % del abastecimiento actual de agua potable, el 40 % de la demanda de agua para la industria y el 20 % de la utilización del agua para la agricultura (Paris, 2007).

Uno de los aspectos que hacen particularmente útil el agua subterránea para el consumo humano es la menor contaminación a la que está sometida y la capacidad de filtración del suelo que la hace generalmente más pura que las aguas superficiales. La utilización del agua subterránea se ha venido incrementando en el mundo desde tiempos atrás y cada día gana en importancia debido al agotamiento o no existencia de fuentes superficiales. Se estima que más de 1,5 billones de personas dependen del agua subterránea como fuente de agua potable (Clarke et al 1996). Grandes ciudades como Bangkok, Mombara, Buenos Aires, Miami y Calcuta usan el agua subterránea para el abastecimiento de su población (Coughanowr, 1991).

En Venezuela existen grandes reservorios subterráneos, y aproximadamente un 50 % del agua consumida proviene de las aguas subterráneas. Los acuíferos con mayor potencial hidrogeológico cubren una superficie total de 352000 km<sup>2</sup>, que representa el 42 % del territorio nacional. Las zonas con mejores disponibilidades de aguas subterráneas y de acuíferos de importancia regional, se encuentran principalmente en las zonas de la Región Central, en el Sur y planicie del Lago de Maracaibo, en el piedemonte de la región Andina de los Llanos Centrales y Occidentales, en la Mesa de Guanipa, al centro del estado Anzoátegui y en algunos sectores de la extensa franja de los acuíferos costeros (Decarli, 2009).

De lo anterior puede verse el enorme potencial que representan las aguas subterráneas como fuente de agua potable en el país. Sin embargo, Venezuela presenta actualmente una significativa escasez de agua apta para el consumo humano por diversas causas tales como la contaminación de las fuentes de agua superficiales, crecimiento de la población lo que conlleva al aumento de la demanda de agua, debido a estos factores se hace necesaria la explotación del recurso hídrico mediante la construcción de pozos profundos. De los cuales en la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) se tienen registrados alrededor de 25000 puntos de agua, los cuales contienen datos básicos, de

litología, registros eléctricos, niveles, pruebas de bombeo, granulometría y datos de calidad del agua; la cual es información importante para la toma de decisiones en lo que al campo de la hidrogeología se refiere. Sin embargo, se estima que existan más de 100000 pozos productores en todo el país. Es decir, que no todos los pozos del país estén en una base de datos.

La disponibilidad y el manejo eficiente de la información constituyen las mayores herramientas en un campo del conocimiento como la Hidrología y en particular en el área de la explotación de las aguas subterráneas, donde los parámetros y las variables de los acuíferos sólo se miden a partir de métodos indirectos; entonces se hace imperiosamente necesaria la creación de un sistema de información que contenga la mayor cantidad de datos referente a pozos de agua y acuíferos, de manera que se puedan identificar y reproducir práctica y elementos de diseño exitosos, en un campo donde históricamente en nuestro país abundan las praxis empíricas.

Como área de estudio se escogió la localidad de El Vigía perteneciente al estado Mérida, la cual cuenta con un enorme potencial de aguas subterráneas, sin embargo, por las características de llanuras aluviales formadas por la sedimentación del mismo ha ocasionado problemas durante mucho tiempo en las perforaciones que se han realizado para la extracción de agua, teniendo como consecuencia una gran cantidad de perforaciones fallidas en la zona y la existencia de numerosos pozos inoperativos. Además de la carencia de información de índole constructiva y de diseño de los pozos representa otra problemática, de hecho algunas zonas del área de estudio han sido perforadas y no se cuenta con los registros de perforación de las empresas contratadas y la mayoría de las veces la evaluación se lleva a cabo por la extrapolación de los datos adyacentes. A pesar de dichas problemáticas la construcción del pozo N° 10 en el año 2012 en dicha zona ha arrojado resultados positivos y ha presentado una alta eficiencia.

Con base en esto, el estudio que se presenta a continuación se enmarca en el modelo de proyecto factible, basado en una investigación de campo apoyada en una investigación documental, y por tanto el objetivo del trabajo es la creación de un sistema de información de pozos (S.I.P) basado en un sitio web diseñado para ordenar y acceder a una gran diversidad de información del pozo N°10 ubicado en el municipio Alberto Adriani del estado Mérida, con el fin de que sirva como herramienta para la construcción y diseño de pozos profundos en la zona, que permita y facilite el estudio mediante la experiencia existente en el pozo N° 10.

Aunque gran parte de la información estará disponible para el público, el Sistema de información está pensado como una herramienta de apoyo para aquellas personas y organismos públicos o privados, universidades e instituciones del sector científico-tecnológico involucrados en la gestión e investigación hidrogeológica.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las necesidades del recurso hídrico en el área de la planicie aluvial del estado Mérida, han aumentado considerablemente en los últimos años, debido a la creciente demanda para el consumo directo, riego, cría de animales y mantenimiento de la infraestructura industrial. Por esta razón se ejecutó el proyecto de perforación y construcción del pozo profundo N° 10, localizado en El Vigía, municipio Alberto Adriani del estado Mérida, el cual tiene como propósito el obtener una fuente adicional de agua potable para el acueducto de El Vigía. Los pozos de la zona ubicada en el margen izquierdo del río Chama en la población de El Vigía, bombean de un acuífero aluvial del Cuaternario, que se despliega a ambas riberas del río Chama. El acuífero es rico en agua y de alta calidad, sin embargo, por las características de llanuras aluviales formadas por la sedimentación del mismo, se presentan formaciones de cantos rodados de diversos tamaños acomodados en arenas, gravas y pequeñas capas arcillosas. Estas características han ocasionado problemas durante mucho tiempo en las perforaciones que se han realizado para la extracción y producción de agua, prueba de esto es la gran cantidad de perforaciones fallidas en la zona y la existencia de numerosos pozos inoperativos. Otra problemática que se presenta es la carencia y poca accesibilidad a la información de los pozos ya perforados en la zona, por lo que la evaluación se lleva a cabo realizando extrapolación de datos adyacentes.

Para dar una solución al problema que enfrenta esta zona para la construcción de pozos profundos, se pretende generar un sistema de información del pozo N° 10 que contenga los datos más resaltantes del pozo como el registro eléctrico, la columna litológica, prueba de bombeo, pruebas de eficiencia, recursos gráficos y audiovisuales que puedan facilitar el proceso de conocimiento de las características del pozo en cuanto a diseño y parámetros hidrogeológicos, y que sirva como una herramienta de apoyo para aquellas personas y organismos públicos o privados, contratistas, universidades e instituciones del sector científico-tecnológico involucrados en la gestión e investigación hidrogeológica, y que además pueda fungir como modelo o experiencia a seguir para las futuras construcciones de pozos en áreas vecinas de similar litología.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

Generar un sitio web que consiste en un sistema de información para ordenar y acceder a los datos de diseño y parámetros dinámicos del pozo N° 10 de la ciudad de El Vigía, estado Mérida.

### **1.3.2. Específicos**



1. Diagnosticar los sistemas de información desarrollados para la construcción de pozos profundos de agua, a nivel mundial, nacional y en la zona de estudio.
2. Describir el marco legal, constitucional y los aspectos técnicos relacionados con la construcción y diseño de pozos de agua con fuentes subterráneas en Venezuela.
3. Realizar una investigación teórica sobre la importancia, funciones y usos que implica la construcción de pozos de agua subterránea en la zona de estudio.
4. Determinar la situación actual del pozo N°10, ubicado en la ciudad de El Vigía, municipio Alberto Adriani del estado Mérida.
5. Determinar los parámetros generales del pozo N°10, mediante estudios de eficiencia y pruebas de bombeo.
6. Interpretar y analizar los resultados obtenidos, con un apartado de recomendaciones, para la optimización del funcionamiento del pozo.
7. Contribuir a la implementación de la gestión de los recursos hídricos subterráneos a través de la generación de un sistema de información.
8. Proveer información a los sectores científico-tecnológicos involucrados en la gestión e investigación hidrológicas, y público en general, para la toma de decisiones y formulación de políticas idóneas para el diseño y la construcción adecuada que permita un desarrollo sostenible del agua subterránea para la ciudad de El Vigía.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Es evidente que uno de los requerimientos fundamentales para el crecimiento y desarrollo de cualquier región y para la supervivencia en general en el que se involucren sociedades humanas, lo constituye el agua potable. Actualmente el recurso hídrico subterráneo es de gran importancia para el abastecimiento, domestico, industrial y agrícola.

Por medio del sistema de información para el pozo N° 10 de la ciudad de El Vigía, se permitirá evaluar la construcción de pozos, considerando la región como una de las zonas más ricas en volúmenes de aguas subterráneas del estado Mérida, y a su vez permitirá facilitar a técnicos especialistas y usuarios en general, el acceso a la información hidrogeológica, para que pueda ser aplicado como modelo o experiencia a seguir para las futuras construcciones de pozos en áreas vecinas de similar litología, y así establecer las diferentes estrategias de explotación que permitan un manejo racional de este recurso y de esta manera evitar perforaciones fallidas.

La realización de este estudio beneficiará el área de la planicie aluvial del estado Mérida, que por carecer de suficientes recursos hídricos superficiales requieren la extracción a partir de las

aguas subterráneas. La explotación de este recurso suplirá las necesidades de la población y el sector industrial y agropecuario. Además el presente estudio servirá como un posible aporte para la incorporación del pozo a la base de datos del INAMEH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

### **1.5. ALCANCE**

El alcance del presente estudio es la elaboración del S.I.P (Sistema de Información del Pozo) como herramienta de visualización de datos del pozo para el análisis constructivo y de diseño para las futuras perforaciones y construcciones de pozos en la zona de la planicie aluvial del estado Mérida, que permita dar un manejo eficiente al recurso hídrico subterráneo.

Para ello se realizó un diagnóstico al pozo y se recopiló toda la información disponible referente al diseño y construcción. El sistema de información correspondió al pozo profundo N° 10 de la zona de El Vigía, municipio Alberto Adriani del estado Mérida, el cual se generó a través de un sitio web, empleando la herramienta blogger.

### **1.6. LIMITACIONES**

Este estudio está limitado a realizar un sistema de información, donde se almacena de manera ordenada y detallada toda la información relacionada al pozo N° 10 de la localidad de El Vigía perteneciente al estado Mérida, presentado en un sitio web, dentro de la cual se pueden encontrar datos de ubicación, georeferenciación, diseño del pozo y la perforación del mismo: referencias de la empresa perforadora, fluidos de perforación, prospecciones geofísicas, antecedentes, profundidad, diseño y características de la tubería, perfil litológico, cálculo de la bomba, tipos de filtros y de empaques, diseño de la completación, entre otros. Datos hidrogeológicos disponibles del pozo, previos al estudio a realizar: niveles estáticos, medición de caudales, históricos de producción. Condiciones actuales del pozo: accesibilidad, condiciones eléctricas, calidad del relleno sanitario, presencia de posibles agentes contaminantes en superficie. Así como también fotografías y videos realizados al pozo.

Es claro que a pesar de que se tenga una alta calidad de la información, si no es transmitida a los usuarios en sistemas inteligentes de información realmente no es utilizada de manera efectiva y pierde su valor como insumo para la toma de decisiones.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación se presentan algunos aportes significativos de investigaciones relacionadas con los sistemas de información de pozos profundos de agua en el ámbito internacional y nacional.

Cortez (2008) presento en su trabajo “El sistema de información hidrogeológica de Bolivia SIBIHO”, a través del Servicio Geológico de Bolivia, SERGEOTECMIN, el cual diseño, estructuró, armó y desarrolló el sistema de información SIHIBO, conformado por una base de datos y un sistema de información geográfica (SIG), cuyo objetivo es servir de plataforma para toda la información temática relevante e indispensable para la implementación de una gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos en Bolivia. La base de datos, al 2008, cuenta con más de 3500 registros, clasificados como pozos, sondeos geofísicos, análisis hidroquímico de agua subterránea y datos complementarios de agua superficial. Cada uno de estos registros contiene información adicional específica. El SIG, al 2008, cuenta con más de 50 mapas temáticos, a diferentes escalas, relacionados al manejo del agua subterránea. Se puede acceder al SIBIHO a través de su SIG y/o de su base de datos según la preferencia y requerimiento del usuario. Permitiéndole a éste visualizar la información en mapas o tablas y utilizarla para generar nuevos mapas que presenten un diagnostico de la situación actual sobre los recursos hídricos.

Se pretendió que el SIBIHO funcione como una herramienta oficial del Estado Boliviano, a diferentes escalas operativas, para la planificación y seguimiento del aprovechamiento del agua subterránea en el país.

El Gobierno de La Pampa (2006) generó un sitio web que consistió en un “Sistema de Gestión de información hidrológica” diseñado para ordenar y acceder a una gran diversidad de información sobre los Recursos Hídricos de la Provincia de La Pampa. Aunque gran parte de la información está disponible para el público, en la base de datos se encuentra información sobre: a) aguas superficiales: con datos de aforos, caudales, análisis de agua e imágenes; b) aguas subterráneas: con datos de nivel freático, perfiles y datos hidráulicos de los pozos, análisis de agua e imágenes de los pozos; c) estaciones climáticas: con datos de temperatura del aire y el suelo, precipitaciones (cantidad e intensidad), viento, presión atmosférica, humedad relativa, radiación solar, mediciones de evaporación en tanque, análisis de agua e imágenes de las estaciones meteorológicas; d) legislación sobre recursos hídricos y el ambiente; e) fotos y videos de los recursos hídricos de la Provincia de La Pampa; f) imágenes generadas por la aplicación de SIG; e imágenes de sensores remotos (satélites).

El sistema de gestión de información hidrológica contempla dos tipos de usuarios: El usuario Público que tiene acceso a la información descrita anteriormente pero no está habilitado para

modificarla o agregar nueva información y el usuario miembro que además de tener acceso a toda la información puede ingresarla (mediante carga de datos) convirtiéndose en propietarios de los mismos. Aunque gran parte de la información está disponible para el público, la base de datos está pensada como una herramienta de apoyo para aquellos sectores involucrados en la investigación hidrológica.

El gobierno español, a través del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2008) creó un “Sistema Automático de Información Hidrológica” (SAIH), que es un Sistema de Información en tiempo real, basado en la captura, transmisión y procesado de los valores adoptados por las variables hidrometeorológicas e hidráulicas más significativas, en determinados puntos geográficos de la cuenca hidrográfica del Duero.

Para ello se cuenta con un conjunto de estaciones automáticas denominadas “puntos de control” que están conectadas mediante un sistema de comunicaciones con un centro de control o de procesos de la cuenca, el verdadero centro neurálgico de la red. En este Centro se reciben y recopilan los datos obtenidos por los sensores, en intervalos de tiempo que pueden variar según el sistema y la variable a medir. Se suelen considerar períodos de integración o registro máximos cada 15 min y mínimos cada 1 min aunque un intervalo típico es el cincominutal (cada 5 min).

En la actualidad los SAIH constituyen la herramienta fundamental para la información hídrica en tiempo real de la cuenca hidrográfica y el referente obligado y previo a la toma de decisiones. Para ello, proporciona información relativa a los niveles y caudales circulantes por los principales ríos y afluentes, el nivel y el volumen embalsado en las presas, el caudal desaguado por los aliviaderos, válvulas y compuertas de las mismas, la lluvia en numerosos puntos y los caudales detraídos por los principales usos del agua en la cuenca.

El Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento SENARA (2014). La Dirección de Investigación Hídrica del SENARA en Costa Rica generó una “base de datos de pozos y nacientes” existentes en todo el país, el cual contiene información con datos de nivel freático, perfiles hidráulicos de los pozos e imágenes de los pozos. El sitio cuenta con un ingreso de información a la base de datos por medio de un formulario cuando se desea ingresar información en forma puntual (ingreso).

Compuambiente Consultores, C.A. (2004). La Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, contrató los servicios de la Empresa Compuambiente Consultores C.A., para desarrollar el “Estudio Sistema de Información Geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela”, según consta en el Contrato N° DGCH-04-EST-04-0003, firmado el 28 de agosto del 2004. El Sistema de Información Geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela, (SIGATLAS), es un sistema automatizado que permite almacenar, procesar e integrar toda la información requerida en la gestión de planificación, administración y manejo del recurso agua. El Sistema de Información Geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela (SIGATLAS) constituirá un moderno instrumento para organizar la información espacial y atributiva de los aspectos Geológicos, Hidrogeológicos, e

Hidrográficos a escala 1:500000. Además contendrá la información de los inventarios actualizados de pozos y sus respectivos rendimientos y análisis químicos, entre otros aspectos, así como la información de planimetría de las cartas a escala 1:250000.

Con la implantación del SIGATLAS la DHMO podrá contar con una importante herramienta que le permitirá almacenar, procesar, actualizar y consultar de manera rápida y oportuna los datos geográficos y los atributos conexos al recurso agua y suelo, conllevando a mejorar la capacidad de respuesta y servir de soporte a la gestión de planificación, administración de esta importante Dirección.

La DHMO adscrita a la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, tiene como objetivo principal “generar, recabar, inventariar, centralizar, publicar y difundir lo concerniente al recurso agua del país”. Para el logro de este objetivo esta Dirección cuenta con información variada y desarrollada en diferentes plataformas y programas. Una de las principales fuentes de información utilizadas en la planificación, es el Atlas Hidrogeológico de Venezuela impreso en papel dividido en cartas a escala 1:500000 que cubre el norte del río Orinoco, en donde se describen los parámetros de geología, acuíferos, pozos. Perforaciones, aguas subterráneas, permeabilidad, y topografía relativa a las cartas del IGVS a escala 1:500000. El Atlas fue elaborado por la División de Hidrogeología, Dirección de Geología, del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, año 1972.

Además cuentan para el área comprendida al sur del río Orinoco con información analógica, sin editar, contentiva de nueve (9) cartas en mylar a blanco y negro, las cuales contienen información de las unidades hidrogeológicas y fallas. La información relacionada con los otros parámetros descritos en el Atlas no existe o no fue recopilada para esta área.

En cuanto a la información digital referida al inventario de pozos se pudo constatar que existe un programa para el ingreso y consulta de la información desarrollado en Clíper, con las bases de datos en formato DBF que contienen información de descripción del pozo, niveles, y análisis químicos. Además existen planillas realizadas en Excel con datos de inventarios actualizados de pozos para los estados Nueva Esparta, Vargas, Cojedes, Anzoátegui (Barcelona), Monagas (Maturín), Miranda (Barlovento), Distrito Capital (Valle de Caracas).

De acuerdo al análisis realizado se pudo constatar que la diversidad de información digital generada no cuenta con una plataforma única que permita integrar toda la información recopilada para su utilización y análisis, por lo que se hace necesario iniciar un proceso de diseño y estructuración de un sistema que cumpla con las relaciones funcionales requeridas por los Sistemas de Información Geográfica.

Con los fines previstos en este estudio y con el propósito de integrar el personal adscrito a esta Dirección en los nuevos avances tecnológicos, se diseñó el Sistema de Información Geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela, (SIGATLAS).

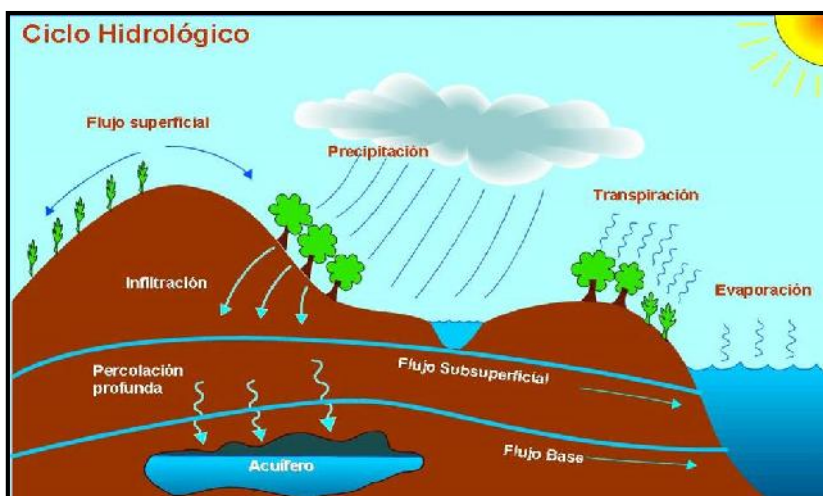
## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. La hidrología

De acuerdo al U.S. Federal Council for Science and Technology, la hidrología es la ciencia que versa sobre el agua de la tierra, su existencia, incidencia, circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas, así como su influencia en el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos (Linsley, 1998). En este sentido el término de ciclo hidrológico es un punto útil, aunque académico, desde el cual comienza el estudio de la hidrología.

### 2.2.2. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico se define como un complejo sistema de circulación continua, a gran escala, que asegura el bombeo, destilación y transporte del agua en todas sus formas. (Linsley, 1998). El ciclo hidrológico se visualiza iniciándose con la evaporación del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor de agua se condensa para formar nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación. Esta precipitación se dispersa en la tierra de diversas maneras la mayor parte de ésta es retenida temporalmente en el suelo y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación o transpiración de las plantas. Otra porción del agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo hasta alcanzar drenajes naturales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para conformarse en agua subterránea. Bajo influencia de la gravedad, tanto la escorrentía superficial como el agua subterránea se mueven cada vez hacia zonas más bajas y con el tiempo pueden incorporarse nuevamente a los océanos (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Ciclo hidrológico. Fuente: <http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/img/ciclohid.jpg>

### 2.2.3. Sistema hidrológico

Para Guevara y Cartaya (1991) los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema (Figura 2.2).

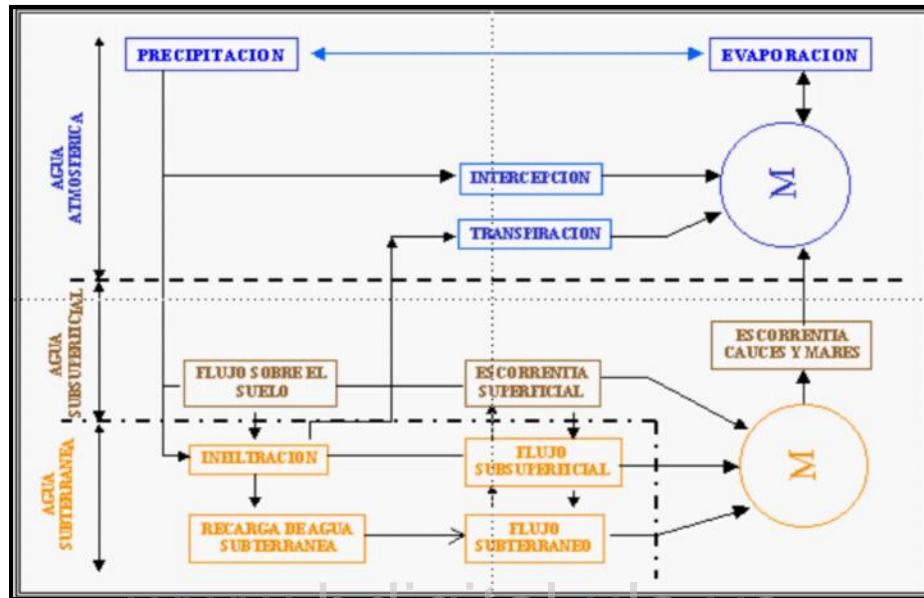


Figura 2.2. Representación del sistema hidrológico. Fuente: Estrela (1992)

### 2.2.4. Hidrogeología

La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación (Mijailnov, 1989).

### 2.2.5. Aguas subterráneas

- **Definición**

Las aguas subterráneas son aquellas que provienen de la infiltración en el terreno de las aguas de lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos (Terán, 2002).



- **Origen**

El origen de las aguas subterráneas es uno de los problemas que más han preocupado al hombre desde los tiempos más remotos. La teoría de la infiltración, que supone que todas las aguas subterráneas provienen bien de infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirecta de ríos o lagos, no ha sido aceptada universalmente, sino desde tiempos relativamente reciente.

Por un explicable error colectivo, que duró decenas de siglos, los pensadores de la antigüedad aceptaban como axiomático que las precipitaciones atmosféricas no eran suficientes para mantener los grandes caudales subterráneos que emergían espontáneamente o eran alumbrados por la mano del hombre en algunos puntos de la superficie terrestre. Y, lógicamente, se lanzaban a inventar las teorías más ingeniosas, variadas y pintorescas para explicar su origen.

No se conservan datos sobre el pensamiento de las civilizaciones orientales antiguas en relación con los orígenes de las aguas subterráneas. Sólo a partir de los antiguos griegos se conocen sus teorías al respecto. Es sorprendente la falta de experimentación que acompaña a las teorías antiguas, algunas de ellas realmente inteligentes e imaginativas, pero que hubieran sido fácilmente abandonadas mediante alguna simple medición o experimentación directa. (Espinoza, 2004).

Entre las teorías más conocidas están las siguientes:

#### Infiltración del agua marina

Platón (427-347 a. de J.C.) habla de una gran caverna adonde vuelve el agua del océano a través de los conductos subterráneos, aunque no nos aclara mediante qué mecanismo.

Aristóteles (384-322 a. de J.C.), aunque discípulo de Platón, modificó algo su teoría en el sentido de que en los pasajes subterráneos donde se infiltraba el agua del mar en la tierra se desprendía vapor de agua que contribuía a la mayor parte del agua de los manantiales. Esta parece ser una teoría intermedia entre la filtración del agua marina y la teoría de la condensación. Tales de Mileto (640-546 a. de J.C.) nos dice que el agua del mar era empujada por el viento, filtrada por la tierra, donde de nuevo emergía como agua dulce. Lucrecio (94-55 a. de J.C.) habla del agua del mar infiltrándose en la tierra, donde deja su “amargor” o salinidad, saliendo al exterior en forma de manantiales.

#### Condensación del agua marina

Un paso más en la teoría de Aristóteles y nos encontramos con que el agua de mar se evapora en grandes cavernas subterráneas, se condensa en su parte superior como agua dulce que sale a la superficie en forma de manantiales. Parece que incluso Descartes (1596-1650) y Nicolás Papín propugnaron esta idea. Es ingeniosa esta inversión del ciclo natural del agua, ya que

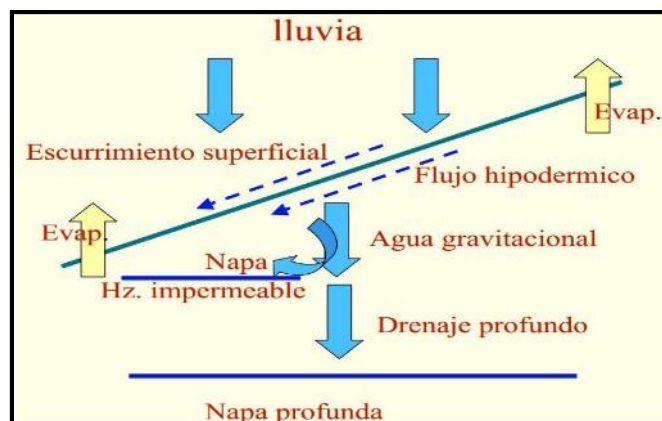
explica a la vez la pérdida de salinidad del agua marina y el hecho de que las fuentes de agua dulce se encuentren a nivel superior al del mar.

### Condensación del vapor de agua en el aire

Esta teoría propugna que el vapor de agua que contiene el aire se condensa en las rocas y da origen de nuevo a los manantiales. No cabe duda de que esta teoría es parcialmente correcta, aunque, en general, las cantidades de agua así condensadas son una minúscula parte de la aportación que reciben manantiales y pozos. Como es bien sabido, en algunas zonas de la tierra, y un ejemplo de ello son algunas de las islas Canarias, prosperan cultivos de regadío con esta fuente de humedad en zonas de precipitación muy escasa o incluso nula. El “picón” de muchas de las islas Canarias (España), cuyo suelo es de origen volcánico, parece constituir un medio ideal en el que el vapor de agua del aire se condensa en sus intersticios, y permite cultivos en zonas de precipitación directa insignificante.

### Teoría de la infiltración de las precipitaciones

Ya los romanos empezaron a pensar que las precipitaciones en forma de nieve y agua eran suficientes para alimentar los depósitos y manantiales de agua subterránea. Marco Vitrubio (15 a. de J.C.) comenzó a propugnar esta teoría y a entever la existencia del ciclo hidrológico como se contempla actualmente. En cambio, Lucio Anneo Séneca (4 a. de J.C.-65 d. de J.C.) vuelve a la teoría aristotélica concluyendo que el agua de lluvia no es suficiente para alimentar las fuentes subterráneas. La teoría de la infiltración es, desde el siglo XVI, la única firme y universalmente aceptada en la actualidad. Bernard Palissy (1509-1589), filósofo francés, parece ser el primero en establecer las teorías modernas sobre el origen de las aguas subterráneas.



**Figura 2.3.** Flujo de agua en el suelo. Fuente: [www.geotecnia-sor.blogspot.com/2010/](http://www.geotecnia-sor.blogspot.com/2010/)

La comprobación de la teoría mediante, por fin, medidas experimentales directas parece haber sido debida a Pierre Perrault (1608-1680) y Edmé Mariotte (1620-1684), que midieron la precipitación en la cuenca del Sena durante los años 1668 a 1670 y observaron que la

escorrentía de la cuenca era solamente un sexto de la precipitación total, deduciendo, por tanto, que casi la totalidad del resto alimentaba los depósitos y fuentes subterráneos.

Esta teoría ha sido satisfactoriamente demostrada comparando y analizando grandes series de datos de la penetración del agua de lluvia y de nieve a través del terreno, las pérdidas por infiltración en ríos y lagos, el aumento de nivel freático, como consecuencia de las lluvias y las corrientes de infiltración de los ríos, la pendiente de las superficies freáticas desde las zonas de infiltración a los puntos de afloramiento, la relación de la cantidad de agua extraída de un área determinada a la precipitación media anual y a la permeabilidad de los materiales del terreno, así como las variaciones de los afloramientos de aguas subterráneas en relación con las variaciones de las precipitaciones. (Espinoza, 2004).

- **Alimentación de las napas subterráneas**

#### Infiltración natural

La infiltración se produce en el terreno por la acción conjunta de dos fuerzas, a saber la gravedad y la atracción molecular, las que pueden actuar en un mismo sentido o bien en forma opuesta, según las circunstancias. La magnitud de la infiltración y por lo tanto de la alimentación de las napas subterráneas, se ve influenciada por dos tipos de condiciones; la Precipitaciones y las condiciones del terreno.

#### Infiltración de las corrientes superficiales

Las corrientes se clasifican en general en dos categorías: corrientes influentes y corrientes efluentes. En las primeras, el nivel de las aguas superficiales está por encima de la superficie freática libre y el agua pasa desde la corriente superficial a la zona de saturación. Por el contrario, una corriente se llama efluente si su nivel está por debajo del nivel freático y, por tanto, recibe aportaciones de agua subterránea de los mantos de las laderas.

#### Recarga proveniente de regadíos

Es interesante considerar que por efecto de regadío aplicado a los terrenos de cultivo, se produce en ellos una infiltración de una cierta parte del agua aplicada que pasa a constituir una nueva fuente de alimentación para las napas subterráneas. Del total del agua que se aplica en riegos en una zona, una parte normalmente importante se gasta en lo que se designa como “consumo evapotranspirativo” o “tasa neta” (agua transpirada por la planta y retenida en su tejido durante su crecimiento, más la evaporada desde la superficie del terreno), otra parte escurre superficialmente mientras que el saldo resultante se infiltra hacia las capas del subsuelo constituyendo la recarga ya referida de las napas.

### Alimentación artificial

Otro factor de recarga que en algunos casos puede aplicarse con éxito es la “recarga artificial”. Consiste esencialmente en facilitar la infiltración de agua superficial hacia el subsuelo en los lugares apropiados para el objeto.

- **Influencia de factores meteorológicos sobre las napas subterráneas**

Tres factores: la temperatura, la presión atmosférica y las mareas, pueden tener influencia sobre las napas subterráneas.

La temperatura puede hacer sentir su efecto sobre napas libres a través de la variación en el contenido de agua del suelo no saturado situado inmediatamente por encima de su nivel freático. Dado que las variaciones de la temperatura exterior se propagan muy lentamente al interior de los terrenos, este efecto prácticamente carece de importancia salvo en caso de estudios de muy larga duración. Cabe señalar por ejemplo que las oscilaciones diurnas de temperatura en general no se detectan más allá de 1 m de profundidad bajo la superficie del terreno.

Las variaciones de la presión atmosférica repercuten muy rápidamente sobre los niveles de agua que se encuentran en pozos y sondajes en napas artesianas. Un aumento de la presión atmosférica produce los siguientes efectos sobre una napa confinada o artesianas:

- Se transmite en forma total y directamente sobre los espejos de agua que puedan existir en pozos y sondajes.
- Se transmite, a través de la capa impermeable que limita superiormente la napa, a los materiales permeables que constituyen el acuífero y al agua contenida en él. Parte del aumento de presión es tomado por los materiales permeables y parte por el agua.
- La superposición de estos dos efectos hace bajar el nivel de agua que se observa en un pozo en una cantidad menor que el correspondiente aumento de presión debido a que si bien el agua contenida en el acuífero también aumenta de presión, lo hace en una cantidad menor.
- El efecto de los cambios de presión no se hace sentir sobre napas libres debido a que ellas en todos sus puntos se encuentran sometidas a la presión atmosférica, no produciéndose por lo tanto movimientos diferenciales entre el agua contenida en el acuífero y la que se encuentra en pozos y sondajes.
- Las mareas ejercen influencia sobre los niveles piezométricos de napas artesianas ubicadas próximas a la costa.

- **Distribución vertical del agua subterránea**

En un perfil de subsuelo, normalmente se presentan dos zonas con caracteres hidráulicos diferentes, integradas por varias franjas o fajas. La zona más somera se denomina de aireación o zona no saturada y la más profunda de saturación o zona saturada.

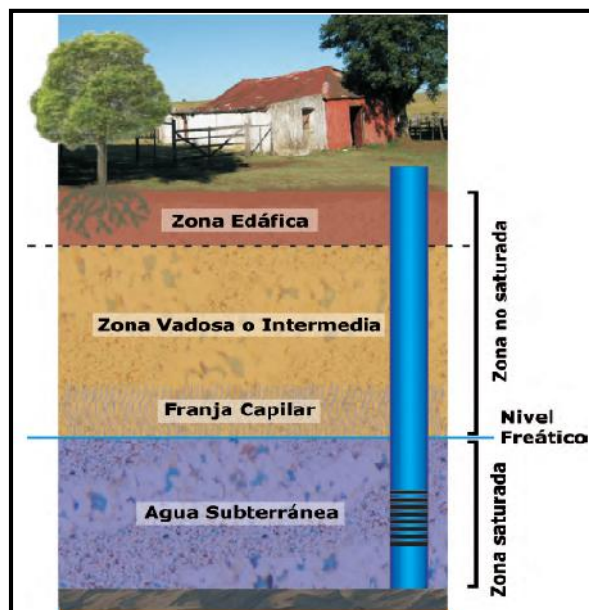
**Zona no saturada:** Es la situada entre la superficie del terreno y la superficie freática y sus poros y/o fisuras están ocupados por agua y aire (Figura 2.4). Esta zona se divide en:

**a. Zona de evapotranspiración o zona edáfica:** Se extiende hasta donde llegan las raíces de la vegetación existente; por lo tanto tiene espesor variable y se caracteriza por ser la sección donde los procesos físico químicos y biológicos, son más intensos y variados. La existencia de abundante materia orgánica (horizonte A del suelo) y la fuerte actividad biológica vegetal y de microorganismos, que genera una alta producción de CO<sub>2</sub>, hacen que la faja edáfica actúe como un eficiente filtro natural frente a numerosos contaminantes (metales, plaguicidas, entre otros).

**b. Zona intermedia:** Está comprendida entre el límite de ascenso capilar del agua y el límite de alcance de las raíces de las plantas.

**c. Zona capilar:** Se encuentra desde la superficie freática hasta el límite de ascenso capilar del agua. Su espesor depende principalmente de la distribución del tamaño de los poros y de la homogeneidad del terreno.

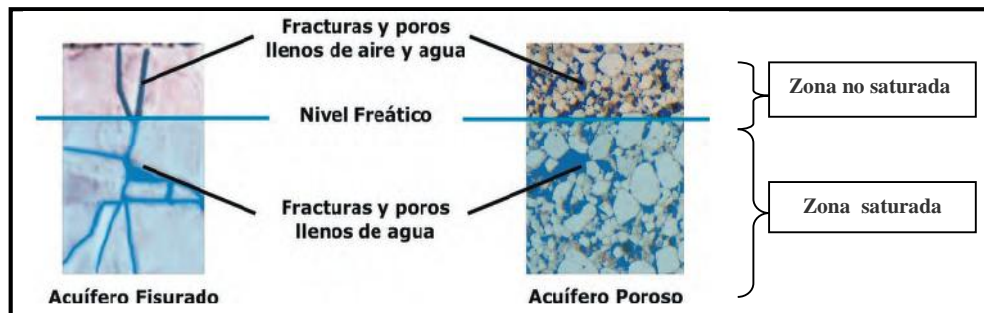
**Zona saturada:** Está situada debajo de la superficie freática y donde todos los poros existentes en el terreno están llenos de agua.



**Figura 2.4.** Distribución vertical del agua subterránea. Fuente: Collazo (2012)

- **Acuífero**

Como acuífero se designa a las capas de sedimentos o rocas de distintas formaciones geológicas saturadas por agua, que en este caso se denomina agua subterránea. Esta agua es almacenada en los espacios muy pequeños (poros) existentes entre las partículas de sedimento o las fisuras (fracturas) de la roca, un proceso que continúa hasta la saturación (Figura 2.5). Simultáneamente el agua circula muy lentamente en forma horizontal desde zonas de recarga a zonas de descarga. Así es como el acuífero constituye un reservorio de agua con capacidad de almacenar y transmitir el agua de un lugar a otro. (Benítez 2003).



**Figura 2.5.** Almacenamiento del agua en acuífero fisurado y poroso. Fuente: Benítez (2003)

Según Espinoza (2004) un acuífero (latín agua = agua y fero = llevar) es una unidad geológica que puede almacenar y transmitir agua a tasas suficientes para satisfacer la extracción desde un pozo de bombeo. La permeabilidad intrínseca de un acuífero es en general igual o superior a  $10^{-2}$  Darcy. Arenas y gravas no consolidadas, arenillas, limos y dolomitas, basaltos, así como rocas metamórficas y plutónicas fracturadas son algunos ejemplos de unidades geológicas consideradas acuíferos.

Un estrato confinante es una unidad geológica que tiene una muy baja permeabilidad intrínseca - menor a  $10^{-2}$  Darcy. Esta es una definición bastante arbitraria y depende de las condiciones locales de flujo. En áreas de arcilla, con permeabilidades del orden de  $10^{-4}$  Darcy, un estrato de limo con una permeabilidad de  $10^{-2}$  Darcy puede ser considerado un excelente sistema acuífero. De la misma manera, ese estrato de limo puede ser considerado un estrato confinante en la cercanía de un lecho de grava con una permeabilidad del orden de 100 Darcys o más. En general el agua subterránea se mueve a través de un estrato confinante pero a una tasa muy reducida. (Espinoza, 2004)

Los estratos confinantes son subdivididos en acuitardos (tardere = demorar) y acuífugos (fugere = huir).

Un **acuífardo** es un estrato de baja permeabilidad que puede almacenar agua y transmitirla lentamente desde un acuífero a otro.

Un **acuífugo** es una unidad absolutamente impermeable que no puede almacenar o transmitir agua. Un ejemplo típico de acuífardo es un material arcilloso, el cual tiene una alta porosidad

pero muy baja permeabilidad. Por su parte, una roca sana se puede considerar como ejemplo de un acuífugo.

- **Tipo de acuíferos**

Los acuíferos pueden clasificarse atendiendo a diverso criterios:

- Según la presión hidrostática: libres, confinados, semiconfinados, colgados y multicapas.
- En función del tipo de porosidad del acuífero: Poroso, fisurado, kárstico.

### **1.- Según las características hidrostáticas a las que está sometida el agua subterránea (Figura 2.6)**

**Acuífero libre:** También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada. El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas. Si perforamos total o parcialmente la formación acuífera, la superficie obtenida por los niveles de agua de cada pozo forman una superficie real: superficie freática o piezométrica, que coinciden. (Hernández *et al*, 2012)

**Acuífero confinado:** También llamados cautivos, artesianos a presión o en carga, son formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas o estratos impermeables (una inferior y otra superior). En estos acuíferos, el agua está sometida, en general, a una presión mayor que la atmosférica y al perforar un pozo en ellos, el agua se eleva por encima de la parte superior (techo) del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico. (ABEAS, 1999).

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

**Acuífero colgado:** Se producen ocasionalmente cuando, por efecto de una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida una porción de agua por un nivel inferior impermeable.

**Acuífero multicapas:** son un caso particular (y frecuente) de acuíferos en los que se suceden niveles de distinta permeabilidad.



**Figura 2.6.** Pozos en acuífero libre y confinado. Fuente: Collazo (2012)

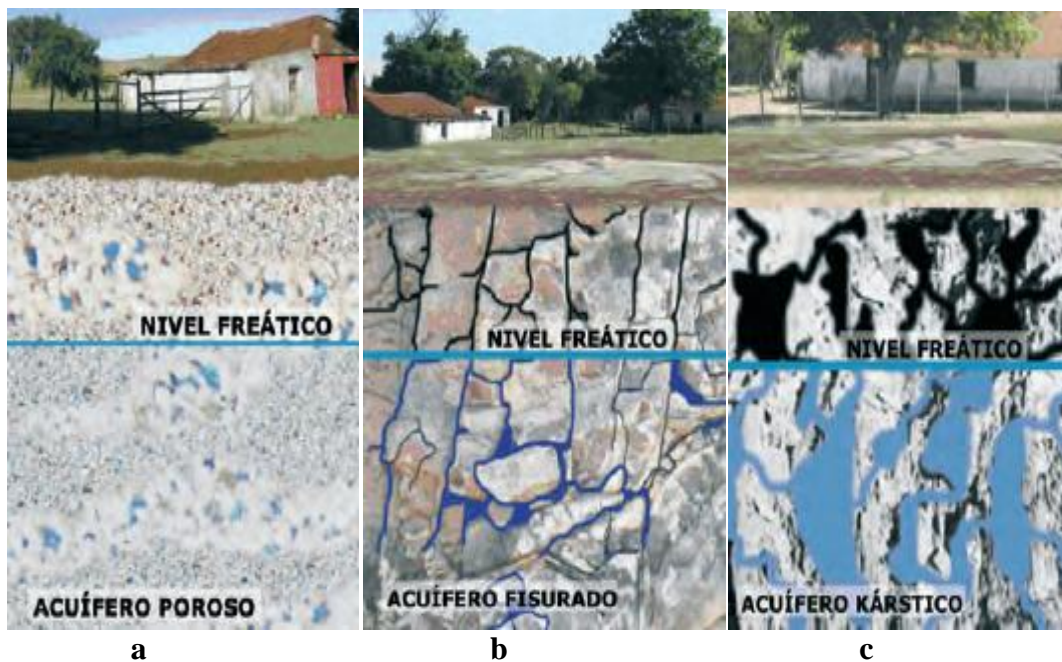
## 2.- En función del tipo de porosidad

**a. Acuíferos de porosidad primaria o porosa:** Constituidos por formaciones geológicas sedimentarias. Los materiales suelen ser gravas y principalmente arenas, que varían su composición y tamaño en función de su origen geológico (fluvial, eólico, lacustre, glacial, entre otros). Estos materiales pueden estar sueltos o no consolidados (generalmente son formaciones recientes, de edad cuaternaria) o consolidados. Este tipo de acuífero se observa en la (Figura 2.7a).

**b. Acuíferos de porosidad secundaria o fisurado:** Formados por rocas “duras” de origen ígneo o metamórfico. La porosidad en estos acuíferos viene dada por la presencia de zonas de alteración, fracturas, fallas o diaclasas, única forma que tiene e lagua de almacenarse y de circular. Hay que tener en cuenta que para que el agua pueda circular, estas fracturas tienen que estar abiertas y comunicadas. Este tipo de acuífero se observa en la (Figura 2.7b).

**c. Acuíferos kársticos por disolución:** Compuestos por rocas de origen carbonático (calizas, margas, dolomías), donde la porosidad (huecos y cavernas) se desarrollan en forma secundaria por disolución del carbonato. El agua en estos acuíferos circula por entre los huecos con una velocidad mayor que en los acuíferos porosos o fracturados. (Collazo y Montaña 2012). Este tipo de acuífero se observa en la (Figura 2.7 c).





**Figura 2.7.** Acuíferos según el tipo de porosidad. Fuente: Collazo y Montaña (2012)

- **Términos comúnmente utilizados en la explotación de acuíferos**

Nivel estático (N.E.): Es la distancia desde la superficie del terreno al nivel del agua en el subsuelo en estado de reposo. Unidad: metros (m).

Nivel de bombeo (N.B.): También llamado nivel dinámico, es el nivel que alcanza el agua durante el bombeo del pozo. Unidad: metros (m).

Abatimiento (s): Es la distancia entre el nivel estático y el nivel de bombeo:  $(NB-NE)$  Unidad: metros (m).

Capacidad específica (Q/s): Es indicativo de la eficiencia del pozo y se expresa como la relación entre el gasto y el abatimiento. Se expresa en litros por segundo por metro.

Radio de influencia (R): Es la distancia desde el centro del pozo al límite del cono de depresión. Unidad: metros (m).

En la Figura 2.8 que se muestra a continuación se observan las características a medir de un pozo para la captación de agua subterránea.

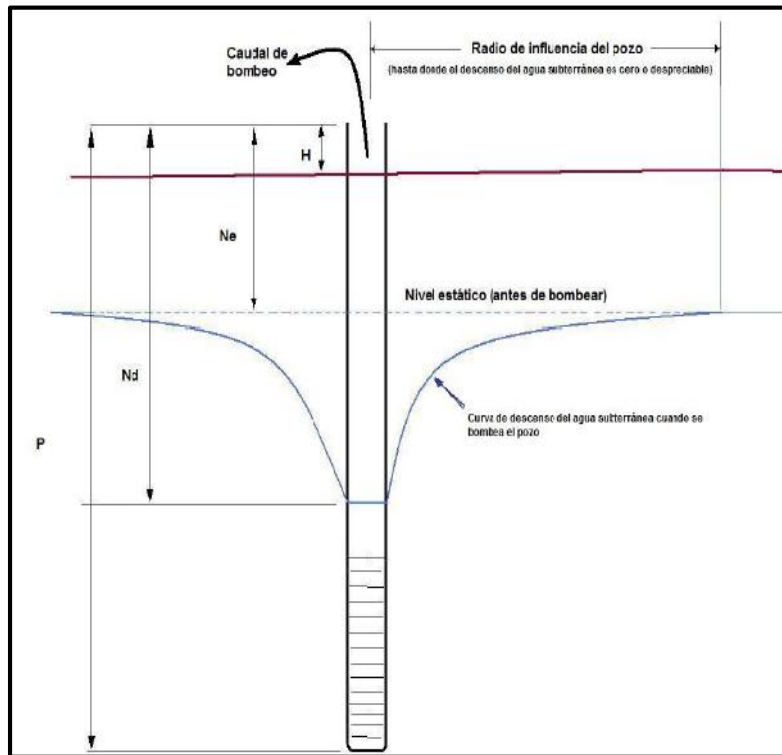


Figura 2.8. Características de un pozo. Fuente: Corpocesar (2013)

- **Propiedades hidrogeológicas de los acuíferos**

La propiedad de los acuíferos de contener agua, está gobernada por varios factores: porosidad, permeabilidad, transmisibilidad específica y coeficiente de almacenamiento. Conocer estas características o propiedades permite evaluar la magnitud del recurso y su aprovechamiento racional sin peligro a agotarlo (Arocha, 1980).

Porosidad (n)

Como las rocas no son completamente sólidas (poseen grietas o espacios intergranulares), y al conjunto de estas aberturas o intersticios se le llama porosidad. La porosidad no define la existencia del acuífero, sino que además se requiere de estos estén interconectados; característica que se ve afectada por los factores siguientes:

Grado de comparación del material, forma y arreglo de las partícula y su gradación, las cuales son independientes del tamaño de las mismas. El valor de “n”, varía de 0 a 50%, dependiendo de los factores mencionados.

### Permeabilidad o conductividad hidráulica (K)

Es la propiedad de las rocas de permitir o no el flujo del agua; es decir, un estrato geológico siendo poroso puede contener agua, pero si los espacios vacíos no se interconectan, el agua no circula. Esta libertad de movimiento depende de: tamaño y forma de las partículas, gradación del material y viscosidad del agua.

El coeficiente de permeabilidad de un material, se define como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una sección de acuífero de área unitaria ( $1 \text{ m}^2$ ), cuando el gradiente hidráulico es unitario y la temperatura este en promedio de  $15^\circ\text{C}$ . La Permeabilidad tiene dimensiones de velocidad  $\text{m/día}$  ó  $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$  (Arocha, 1980).

La definición según (Bouwer, 1978) dice que la conductividad hidráulica representa la mayor o menor facilidad con que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. Tiene las dimensiones de una velocidad y modernamente se distinguen dos tipos: la conductividad hidráulica Darciana o lineal, y la conductividad hidráulica turbulenta.

La ley de Darcy dice que la velocidad del flujo del agua a través de una columna de suelo saturado, es directamente proporcional a la diferencia en carga hidráulica e inversamente proporcional a la longitud de la columna. Posee dimensiones de una velocidad (longitud/tiempo), se usaran las unidades:  $\text{m/día}$ ,  $\text{cm/s}$ ,  $\text{m/hora}$ ,  $\text{m/año}$ . El valor de K depende del tamaño y el número de poros en el material. Como valores orientativos de conductividad se pueden usar los transcritos en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Valores de conductividad hidráulica para distintos tipos de suelos.

<b>Tipo de Material</b>	<b>K saturación (m/día)</b>
Suelo Arcilloso	0,001 – 0,2
Cama de arcilla	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-2</sup>
Arena fina	1 - 5
Arena media	5 - 20
Arena Gruesa	20 - 100
Grava	100 - 1000
Arena y Grava mezclada	5 - 100
Arcilla, arena y grava	0,001 – 0,1

Fuente: Bouwer (1978)

### Transmisividad (T)

Un concepto muy útil en la práctica habitual es la transmisividad o transmisibilidad de un sistema acuífero, la que mide la cantidad de agua, por unidad de ancho, que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado de un acuífero con un gradiente

hidráulico igual a 1 (unitario). La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero:

$$T = b \cdot K \quad (2.1)$$

Donde:  $T$  es la transmisividad,  $b$  es el espesor saturado del acuífero (L) y  $K$  es la conductividad hidráulica.

Para un acuífero compuesto de muchos estratos la transmisividad total es la suma de las transmisividades de cada estrato:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \quad (2.2)$$

Donde:  $n$  es el número total de estratos y  $T_i$  la transmisividad del estrato  $i$ .

La transmisividad de un acuífero es un concepto que asume que flujo a través de él es horizontal. En algunos casos este supuesto es válido, pero en otros no. También indica la posibilidad que ofrece un acuífero de cara a su explotación. Su determinación, a veces puede hallarse mediante prueba de bombeo; así como también, deducirla conociendo los valores de  $b$  y  $K$  (Arocha, 1980).

www.bdigital.ula.ve

#### Coefficiente de almacenamiento (S)

Dado un acuífero, se define el coeficiente de almacenamiento ( $S$ ), (Theis, 1938) como el volumen de agua, por unidad de superficie del acuífero, que se extrae o almacena en él al producirse un cambio unitario de potencial. De esta definición se deduce que el coeficiente de almacenamiento es adimensional.

En los acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento es virtualmente igual al rendimiento específico ya que la mayor parte del agua extraída del almacenamiento es drenada por gravedad y sólo un volumen muy pequeño proviene de la compresión del acuífero y de la expansión del agua. (Bertoni *et al*, 2006).

En la mayoría de los acuíferos confinados el coeficiente de almacenamiento oscila entre  $10^{-5}$  y  $10^{-3}$ . Mientras, en los acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento oscila entre 0,1 y 0,3.

- **Captación de aguas subterráneas**

Un pozo se define como un hueco cilíndrico excavado en el terreno (bien manualmente, bien con maquinaria), con diámetro y profundidad variable, que al atravesar un lecho permeable permite la afluencia del agua hacia el mismo mediante la disposición de material adecuado.

El Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) define a un pozo como una construcción en el subsuelo destinada a captar aguas subterráneas.

Las características y partes de un pozo son: diámetro de perforación: longitud entubada, diámetro del entubado, protección sanitaria, rejillas, empaque grava y base de concreto. (Figura 2.9).

**Diámetro de Perforación:** Se define como diámetro de perforación el diámetro nominal de la mecha de perforación utilizada en el ensanche del pozo.

**Longitud entubada:** Es la longitud de la tubería colocada desde la base del pozo hasta la profundidad del tapón. Se compone de rejillas y tubería ciega destinada a: 1) Mantener las rejillas en su posición de diseño. 2) Proteger el pozo de derrumbes en formaciones de material sueltos. 3) Como sostén del empaque de grava, cuando el pozo sea diseñado en esa forma y 4) Permitir la instalación del equipo para la explotación del pozo.

La longitud entubada o simplemente “entubado” se determina con base a: Los Perfiles Eléctricos y Litológicos obtenidos en la perforación de prueba; de otros pozos cercanos en el mismo Acuífero o de los datos aportados por la perforación del pozo mismo.

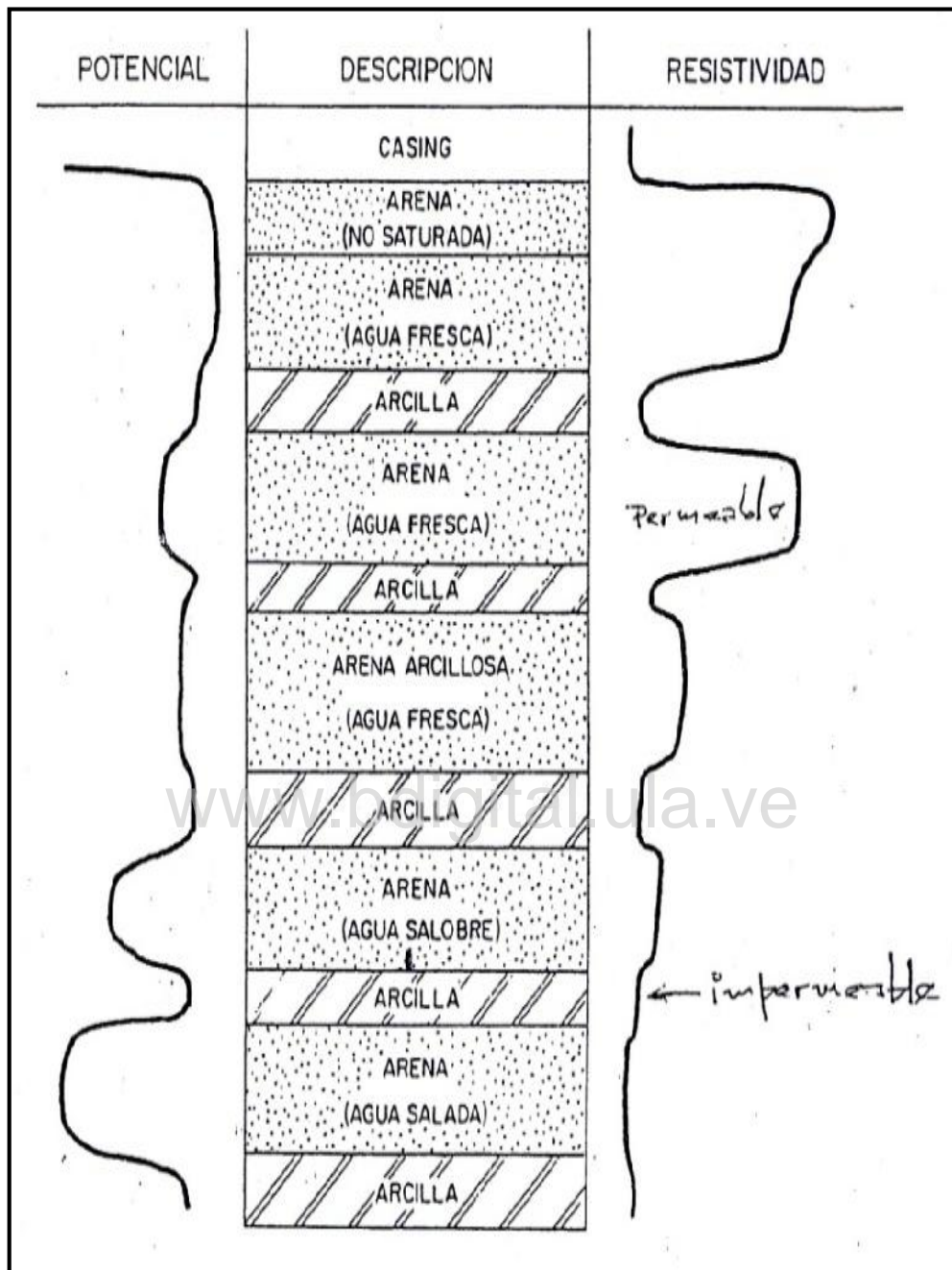
Los pozos deben entubarse hasta el fondo del acuífero, ya que su penetración en el mismo influye en el abatimiento y en la capacidad específica del pozo.

**Diámetro del Entubado:** Se denomina diámetro del entubado el diámetro nominal de la tubería de forro del pozo. El diámetro del entubado debe tener, por lo menos, cuatro (4) pulgadas más de diámetro que el diámetro de los tazones de la turbina seleccionada para obtener el caudal calculado a explotar. (Tabla 2.2)

**Tabla 2.2.** Diámetros recomendados para pozos

Capacidad anticipada de bomba en l/s.	Diámetro nominal de bomba, en pulg.	Diámetro Óptimo de tubería de revestimiento. (pulg)	Diámetro mínimo de tubería de revestimiento (pulg)
Menos que 7	3	6	5
5 a 12	5	8	6
10 a 18	6	10	8
16 a 30	8	12	10
28 a 50	10	14	12
45 a 75	12	16	14
75 a 100	14	20	16

Fuente: INOS.



**Figura 2.9.** Esquema de un perfil eléctrico con una serie de horizontes de arenas y arcillas.  
Fuente: INOS.

**Protección sanitaria:** Es una obra de concreto y acero que se construye desde cierto nivel sobre la superficie del terreno, hasta seis (6) metros mínimo, por debajo de la misma, dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones existentes en zonas cercanas. La protección

sanitaria está destinada a evitar, en lo posible, la contaminación del agua subterránea por agentes exteriores.

**Rejillas:** Tubería de captación de abertura continúa la cual permite la entrada del agua al interior del pozo. En los pozos diseñados sin empaque de grava la escogencia de la abertura de las rejillas se hace en base al ensayo granulométrico del material natural del acuífero a explotar. Al escoger la rejilla debe tomarse en cuenta los análisis químicos del agua y su velocidad de entrada al pozo.

Después de seleccionadas y colocadas las rejillas todo el material fino retenido por ellas, debe ser extraído durante el proceso de desarrollo del pozo. En los pozos diseñados con “empaque” de grava la rejilla debe escogerse, de forma tal que retenga toda la grava seleccionada en la construcción del “empaque”.

**Empaque de grava:** La finalidad del empaque de grava es hacer más permeable la zona inmediata a la rejilla, reemplazando el material existente por otro diseñado convenientemente y de retener, prácticamente, todo el material granular del acuífero. La granulometría del empaque de grava se diseña de acuerdo a los análisis granulométricos del material del acuífero.

**Base de concreto:** Obra de concreto construida en la superficie, alrededor de la tubería del forro, destinada a servir de soporte al equipo o sistema de bombeo del pozo. En toda base debe existir comunicación, por medio de tubería metálica desde la superficie hasta el empaque de grava. Estos tubos reciben el nombre de “Alimentadores de Grava” y están destinados a servir de conducto a la inyección de grava cuando ésta desciende en el pozo.

- **Diferencias entre pozos y sondeos.** (Figura 2.12)

Inicialmente se llamaban pozos exclusivamente a las excavaciones de gran diámetro y escasa profundidad efectuados en terrenos blandos, fundamentalmente de forma manual, con el fin de extraer agua subterránea. El término sondeo correspondía a aquellas perforaciones, generalmente realizadas con maquinaria, con menor diámetro y mayor desarrollo en profundidad, independientemente de que se tratará de sondeos de investigación o de explotación. Hoy día ya, los sondeos cuyo objetivo es la captación de aguas subterráneas también se denominan en muchas ocasiones pozos de agua, reservando el término “sondeo” al sondeo de investigación hidrogeológica.

Consecuentemente y, dado que en la actualidad apenas se realizan pozos de forma manual y la maquinaria de sondeos permite ejecutar sondeos de diámetros cada vez mayores, la tendencia más generalizada es llamar pozo o “captación hidrogeológica” a aquellos sondeos que, una vez acondicionados y equipados permiten la extracción del agua subterránea.



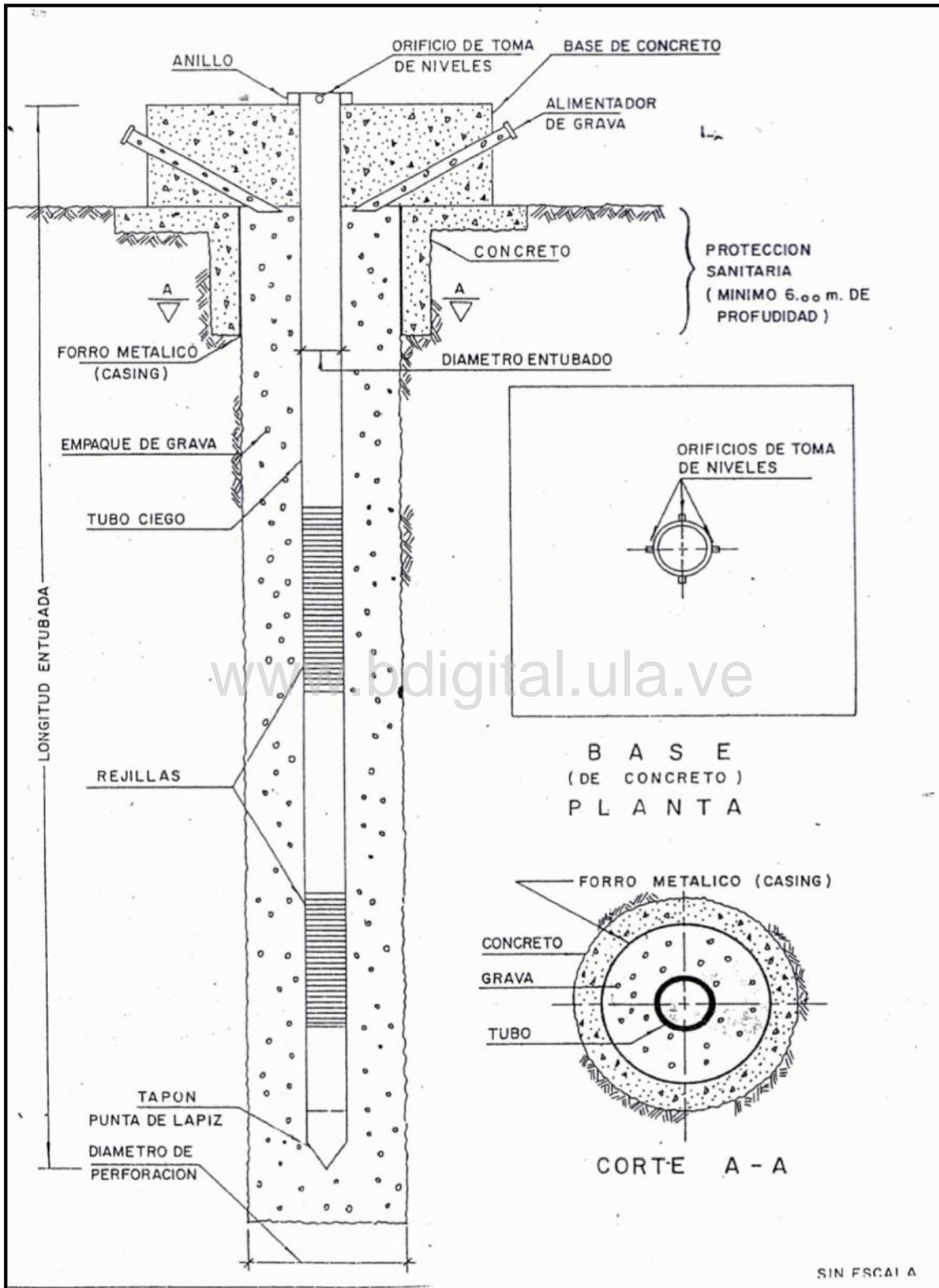
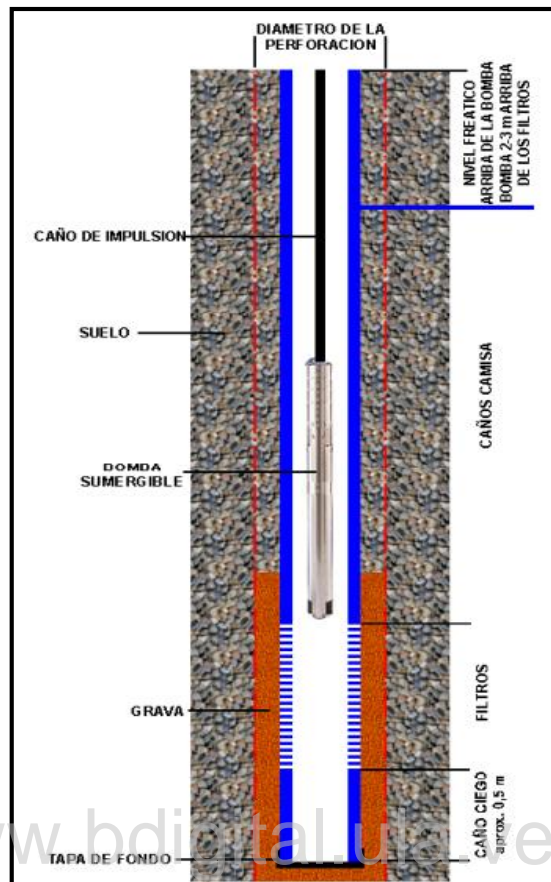
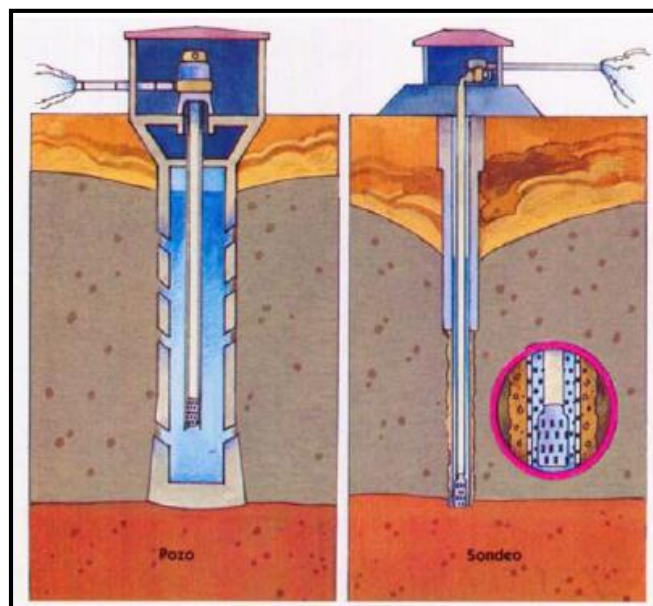


Figura 2.10. Partes de un pozo. Fuente: INOS





**Figura 2.11.** Pozo perforado con bomba sumergible. Fuente: [www.inper-geoproyectos.com/fotos/Pozo-Eschema.gif](http://www.inper-geoproyectos.com/fotos/Pozo-Eschema.gif).



**Figura 2.12.** Diferencias entre pozos y sondeos. Fuente: IGME

No obstante, aunque ambos tipos se realizan para extraer las aguas subterráneas, conviene señalar aquellas diferencias que los caracterizan:

- Los pozos son de diámetros grandes (más de 1 m) y poco profundos (rara vez alcanzan los 10 y 12 m). Se revisten de ladrillo hueco o de aros de hormigón, en ambos casos con unos orificios destinados a permitir el paso del agua desde el acuífero hacia el interior del pozo. Cuando en su construcción el pozo se complementa con unas galerías horizontales o unos tubos radiales a modo de brazos para aumentar el caudal que asa hasta el pozo, reciben el nombre de “pozos radiales”.
- Los sondeos son estrechos y profundos (a veces llegan a 500 m de profundidad) para sacar el agua, hay que instalar una motobomba y una tubería. Se revisten con tuberías metálicas ranuradas o agujereadas en la zona que atraviesa el acuífero para permitir el paso del agua. Cuando el acuífero tiene arenas muy finas que son arrastradas por el agua en su movimiento, se colocan filtros de gravas de tamaños adecuados, entre a pared del sondeo y la tubería ranurada.

Ambos requieren una forma de construcción que permita sacar el máximo partido al acuífero facilitando el paso de las aguas desde éste el interior del pozo o sondeo. También en ambos casos, las obras de captación deben cerrarse al nivel de la superficie para que no entren ni se arrojen objetos extraños. Se evita así una eventual contaminación.

### Métodos de perforación

Los métodos de perforación de pozos más utilizados en la actualidad son el método de percusión con cable, rotación y rotopercusión. La elección de cada uno de ellos se define en función del tipo de material a atravesar (geología del área), del caudal requerido en función de la demanda a satisfacer, de la profundidad del pozo y de los diámetros de perforación y de las ventajas particulares de cada método (facilidad y rapidez en la construcción del pozo, equipo requerido, facilidad de penetración o mejor protección contra la contaminación, entre otras).

#### **1. Perforación a percusión por cable**

Consiste en el golpeo repetido de un martillo o trepáno (que es la herramienta de corte) sobre la roca, para poder avanzar. El material triturado se extrae del pozo con una herramienta diseñada para este fin (“cuchara”).

Este sistema es utilizado para la construcción de pozos tanto en terrenos consolidados como no consolidados, dependiendo en gran medida el resultado de la perforación de la experiencia del perforador.

#### **2. Perforación a rotación**

Consiste en la trituración de la roca por medio de una herramienta de corte giratoria

(tricono) que desgasta la roca (Figura 2.13). El material triturado es extraído mediante el arrastre con agua o lodo. Este sistema es utilizado para la construcción de pozos en terrenos no consolidados como gravas, arenas o limos.



**TRICONO:** herramienta de corte utilizada en equipos de rotación.

El diámetro de la herramienta a utilizar, es función del diámetro de la perforación proyectada en el anteproyecto de pozo.

Hay distintos tipos según el material de corte.

**Figura 2.13.** Tricono. Fuente: Collazo (2012)

### 3. Perforación a rotopercusión

Es el método más utilizado, donde en los últimos años las empresas de perforación han empezado a incorporar estos equipos, por su versatilidad y rapidez en terrenos graníticos (Figura 2.14).

Antes de la aparición del martillo de fondo (herramienta de corte), el método rotativo no se aconsejaba para la perforación de rocas consolidadas, lo que hacía a este equipo algo limitado, sobre todo en países como Uruguay donde una extensa parte del territorio está formado por rocas cristalinas, aflorando o a poca profundidad.

La incorporación del martillo de fondo y una unidad neumática o compresor a equipos de rotación, proporcionó una capacidad muy importante haciéndolos aptos para todo tipo de terrenos (Figura 2.15).



**MARTILLO DE FONDO:** herramienta de corte utilizada en equipos rotopercusores.

El diámetro de la herramienta a utilizar, es función del diámetro de la perforación

proyectada en el anteproyecto de pozo.

**Figura 2.14.** Martillo. Fuente: Collazo (2012)

La perforación se realiza por la acción combinada del martillo de rotación y percusión rompiendo y triturando la roca. En este caso se sustituye el fluido líquido por aire y la bomba de lodos por un compresor con la suficiente potencia para mover la herramienta y retirar el material cortado. Las limitaciones de este método están en el tamaño del compresor, el tipo de martillo y la dureza de la roca.



**Figura 2.15.** Máquina perforadora. Método de rotopercusión. Fuente: Collazo (2012)

### **Equipos para el mantenimiento de pozos profundos**

Para realizar el mantenimiento de los pozos profundos, se requiere de un conjunto de equipos que realmente tenga una eficiencia basada en potencia y calidad del mismo. El equipo mínimo debe constar de: camión elevador, compresor, cuchara, pistón o embolo buzo, tuberías.

1. Camión elevador: Esta unidad está constituida por un camión, con plataforma reforzada sobre la cual se encuentra montado el sistema de elevadores formado por: una torre telescópica, con su pie de amigo, aparejos de maniobras y motor. El camión debe tener la potencia y capacidad necesaria para transportar, maniobrar con el peso del equipo y sus accesorios.

El sistema de elevadores debe constar como mínimo de:

- Torre telescópica de altura variable, con capacidad aproximada de 15900 kg, con pie de amigo tipo tubular de acero.
- Aparejo de maniobras con dos tambores controlados individualmente, uno de 140 m de guaya como elevador de carga y el otro con 200 m de guaya, para el cuchareo; debe tener aparejo para medidas de profundidad e instrumentos adecuados para medir la

verticalidad y labores afines. Ambas guayas deben ser de ½’’ de con alma de cañamo, tipo preformado de 16x19.

- Motor completo para accionar los tambores de guaya cargados al máximo ya sea en conjunto o por separado a diferentes o a iguales velocidades. La función de este equipo es elevar y descender los implementos o instrumentos necesarios para efectuar las operaciones de mantenimiento con seguridad, precisión y eficacia.

2. Compresor (tipo portátil) conjunto de un motor y unidad: Compresor propiamente dicho generalmente montado sobre un bastidor y cuatro cauchos, tiene la función de proporcionar una cantidad de aire comprimido a una presión constante, una capacidad de volumen de aire comprimido en una unidad de tiempo.

3. Cuchara, campana de arena o de lodo: Es una herramienta que en uno de sus extremos tiene una corona cortante desmontable con un sistema de compuerta o retenedor en su interior, que permite la entrada del lodo y lo retiene en su interior; y en el otro extremo tiene un asa donde se amarra la guaya de cuchareo.

Para el uso de la cuchara debe calcularse el espesor del relleno del material depositado en el interior del pozo y progresivamente con la extracción de sedimento se debe ir chequeando la profundidad del material existente.

Debe evitarse el choque de la cuchara con el fondo del pozo.

Uso: Se utiliza para la extracción de arena y material fino que rellena el pozo

**Embolo o pistón:** Se confecciona con discos de correa transportadoras, cauchos, cuero o lonas, prensados entre discos de madera dura; todos encerrados entre discos de acero. Se utiliza para el desarrollo y mantenimiento de los pozos por el efectivo movimiento que imprime al agua, haciéndola penetrar hacia el acuífero a través de las rejillas. Debido a la incomprensibilidad del agua la acción del pistón se transmite a todo el área del acuífero cercano a la rejilla.

- **Análisis de los registros de pozos**

El objetivo final de los registros de pozos es la localización y evaluación y estimación de las reservas. El programa moderno de registros no sólo suministra información para el mapeo estructural del subsuelo, sino que también suministra información respecto a: litología, identificación de las zonas productoras, profundidad y espesor de las zonas productoras, efectivas interpretaciones cuantitativa y cualitativa de las características y contenido del yacimiento (Halliburton y Wellex, 2006).

Los registros sirven además para obtener datos necesarios para planear las operaciones de terminación del pozo y estimación de las reservas.

Existen tres tipos básicos de registros que permiten analizar en su totalidad una formación:

- 1) Registros de litología.
- 2) Registros de resistividad.
- 3) Registros de porosidad.

### **Procedimiento a seguir en la obtención de los registros de pozos**

Lo primero que se hace es correr un registro base (generalmente de resistividad) el cual se correlaciona con registros de los pozos circundantes. El objeto es determinar la posición estructural del pozo en cuestión.

A continuación se examinan cuidadosamente aquellas curvas de este registro que indican litología o tipo de formación a fin de identificar aquellas zonas que podrían tener la porosidad y permeabilidad esenciales para un yacimiento comercial. Posteriormente se evalúan las anomalías de la resistividad en estas zonas a fin de localizar posibles acumulaciones de petróleo, gas o agua.

Una vez obtenidos los registros de litología, resistividad y porosidad, el analista tiene a mano los datos necesarios para proceder con los cálculos de los valores para porosidad y saturación. La combinación de estos datos con la información geológica provee una base para la determinación del valor comercial del pozo.

Por consiguiente, existen numerosos registros que suministran gran riqueza de información respecto a:

- Correlación.
- Litología.
- Delimitación de zonas porosas y permeables.
- Identificación de fluidos en los poros.
- Localización de fracturas naturales.
- Determinación de la desviación del pozo y del buzamiento de la formación.
- Temperatura del pozo.
- Estimación de la presión en los poros y del gradiente de fracturación.

Las clases de mediciones que se usan para obtener esta información son:

- Potencial espontáneo.
- Radiación natural gamma.
- Resistividad.
- Velocidad acústica.
- Densidad.
- Radiación inducida.
- Calibrador (diámetro del pozo).

## 1) Identificación de la litología

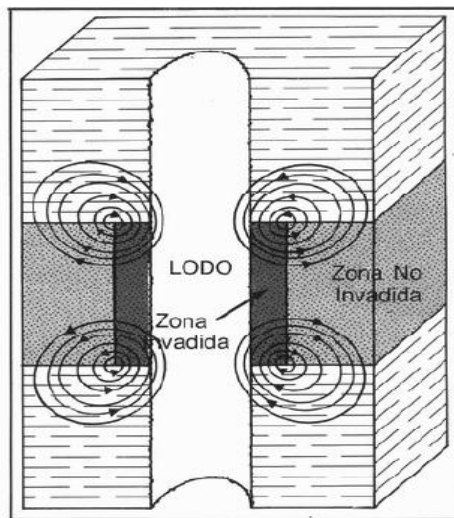
El valor de un registro con el cual se pueda determinar directamente la litología sería incalculable. Desafortunadamente no existe. Sin embargo, uno de los primeros registros que se utilizó, el del potencial espontáneo o curva SP, suministra información de la cual se puede deducir la litología, además de proveer una indicación de la permeabilidad.

La curva de rayos gamma también puede usarse para determinar la litología. Normalmente, cuando las condiciones en el pozo no son las apropiadas para un registro SP, se corre uno con rayos gamma. (Halliburton y Wellex, 1972).

### Curva de potencial espontáneo (SP)

La curva SP es una medida de las corrientes eléctricas que se producen dentro del pozo debido al contacto entre diversos fluidos con salinidades diferentes: por consiguiente, este registro se usa normalmente en pozos perforados con fluidos cuya base es agua dulce.

Los filtrados del lodo de perforación invaden aquellas zonas que exhiben alguna permeabilidad y en consecuencia se generan corrientes (Figura 2.16). Si la zona es impermeable, como es el caso de lutitas, no habrá invasión por los filtrados y no se generarán “corrientes SP”; por lo tanto, el trazo de la curva será relativamente recto y sin caracteres distintivos.



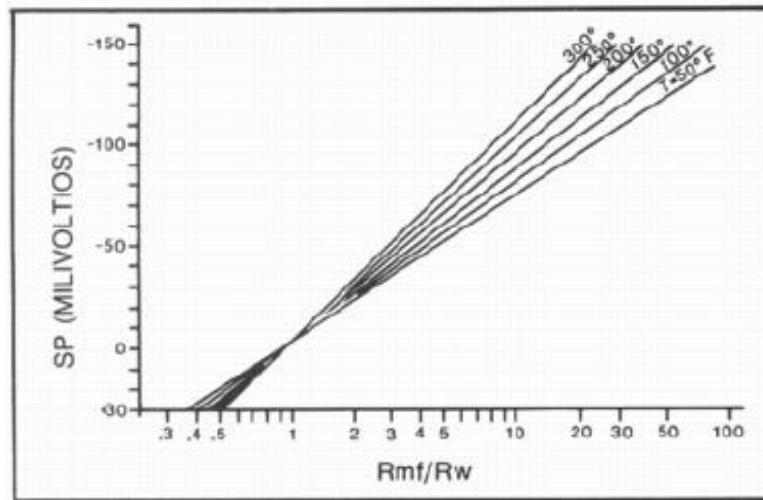
**Figura 2.16.** Curvas SP. Fuente: Halliburton y Wellex (1972)

La curva SP generalmente se registra en la columna 1 (la de la izquierda) del registro. La magnitud de la deflexión se determina mediante la reflexión entre la resistividad de filtrado del

lodo y la resistividad del agua presente en la formación. La relación matemática se expresa en la Ecuación 2.3.

$$SP = - (60 + .133T) \log (R_{mf} / R_w) \quad (2.3)$$

La ecuación se resuelve utilizando el gráfico mostrado en la Figura 2.17, correspondiente a esta relación.



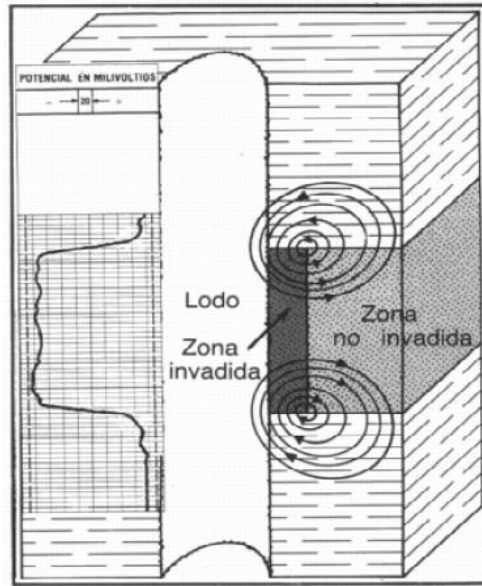
**Figura 2.17.** Gráfico SP vs.  $R_{mf}/R_w$ . Fuente: Halliburton y Wellex (1972)

Puesto que los valores de  $R_{mf}$  son conocidos, se puede usar esta relación en la estimación de valores para  $R_w$ . Aunque el movimiento de iones (el cual produce el fenómeno SP) sólo ocurre en formaciones que tienen cierta mínima permeabilidad, no existe una relación directa entre la magnitud de la deflexión de la curva SP y el valor absoluto de la permeabilidad; además, la deflexión no tiene relación directa con la porosidad de la formación.

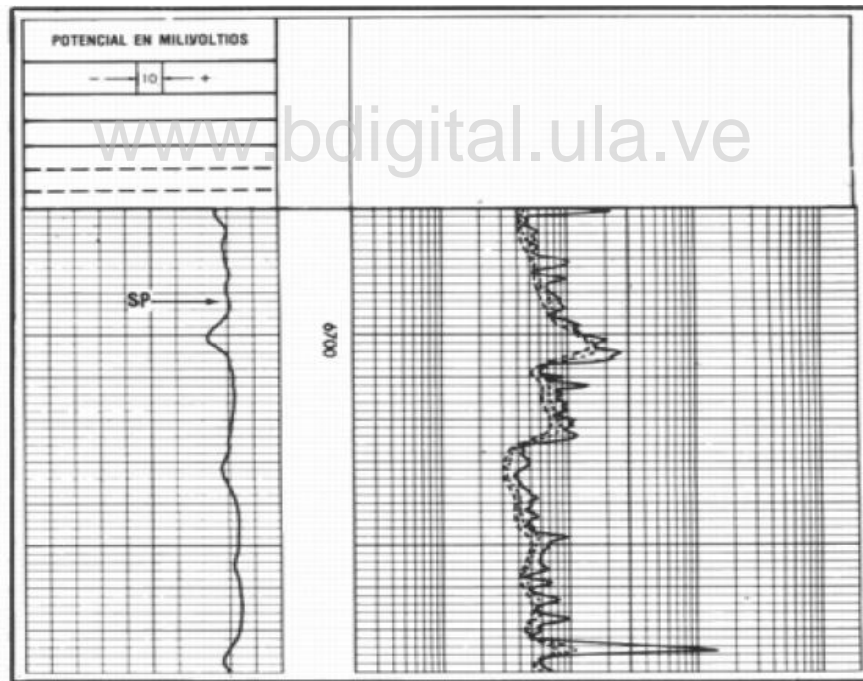
Debido a que la SP no es una curva que empieza con un valor de cero, la deflexión se mide a partir de una línea base para lutita (Figura 2.18). La posición de esta línea base la determina el ingeniero que corre el registro y no afecta la interpretación de la curva SP.

La polaridad de la deflexión es negativa a la izquierda de la línea base y positiva a la derecha de la misma. Ello simplemente significa que cuando el lodo de perforación es más dulce que el agua de la formación, la curva SP se desplaza hacia la izquierda en las zonas permeables. Si las condiciones son contrarias, como en el caso de arenas con agua dulce, la curva SP se desplaza hacia la derecha de la línea base al encontrar una zona permeable. Cuando el agua en el lodo y la formación son de la misma salinidad, no se genera curva SP y el trazo es relativamente recto y sin caracteres distintivos (Figura 2.19).





**Figura 2.18.** Línea base en la curva SP. Fuente: Halliburton y Wellex (1972)



**Figura 2.19.** Curva SP cuando el agua en el lodo y la formación son de la misma salinidad.

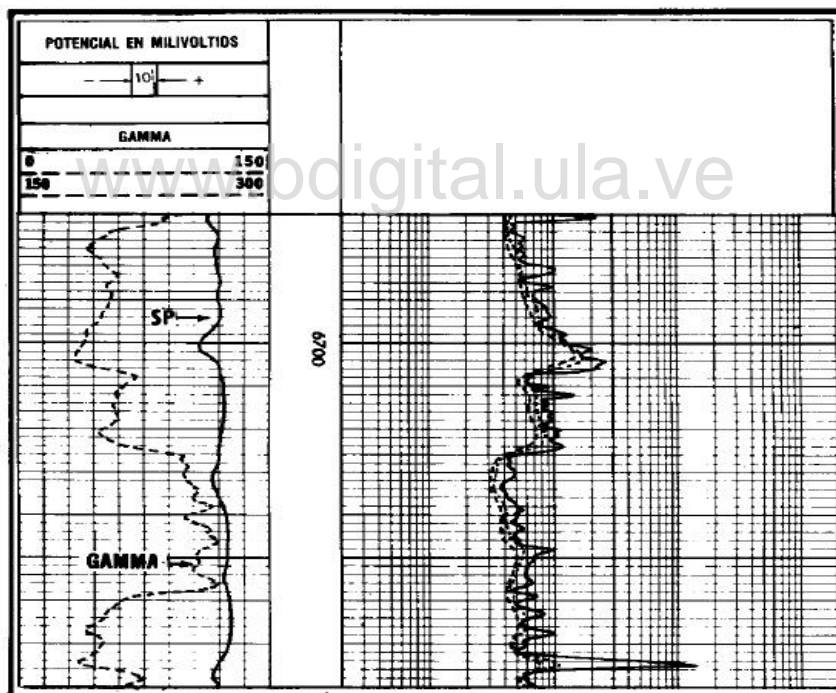
Fuente: Halliburton y Wellex (1972)

Puesto que las lutitas no tienen permeabilidad, en tanto que las arenas, calizas y dolomitas sí tienen hasta cierto punto, la SP es indudablemente una herramienta invaluable en la identificación de la litología.

### Curva de rayos gamma

Cuando las condiciones en el pozo son tales que no se pueden obtener una curva SP (por ejemplo cuando se perfora con fluidos inertes o con aire), o cuando la curva SP no ofrece resultados definitivos, se corre una curva de rayos gamma (Figura 2.20). La curva de rayos gamma puede obtenerse en un pozo entubado, lo cual no puede hacerse con la curva SP, y ello aumenta su valor como herramienta de correlación.

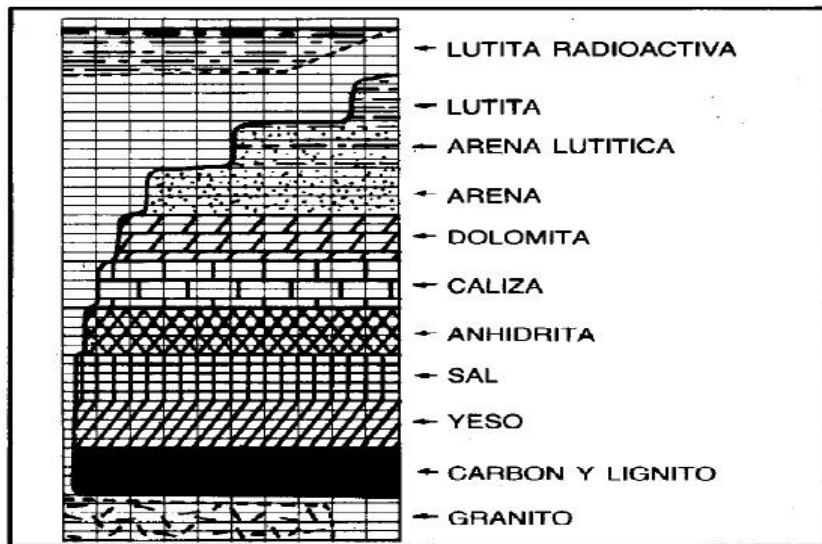
La curva de rayos gamma es simplemente una medición de la radiación natural de la formación y generalmente refleja el contenido de arcilla o lutita de las rocas sedimentarias. Los elementos altamente radioactivos tienden a concentrarse en las arcillas o lutitas; por consiguiente lutitas y arenas lutíticas muestran una radioactividad alta, en tanto que arenas limpias y carbonatos generalmente exhiben niveles bajos de radioactividad. En otras palabras, la curva de rayos gamma permite diferenciar entre lutitas y posibles rocas almacenadoras; es decir, se puede utilizar para determinar la litología. La Figura 2.21 muestra la respuesta típica de la curva de rayos gamma a las diversas litologías.



**Figura 2.20.** Curva de rayos Gamma. Fuente: Halliburton y Wellex (1972)

## 2) Registros de resistividad

Los métodos de resistividad estudia, por medio de mediciones efectuadas en superficie, la distribución en profundidad de las propiedades eléctricas de los materiales del subsuelo.



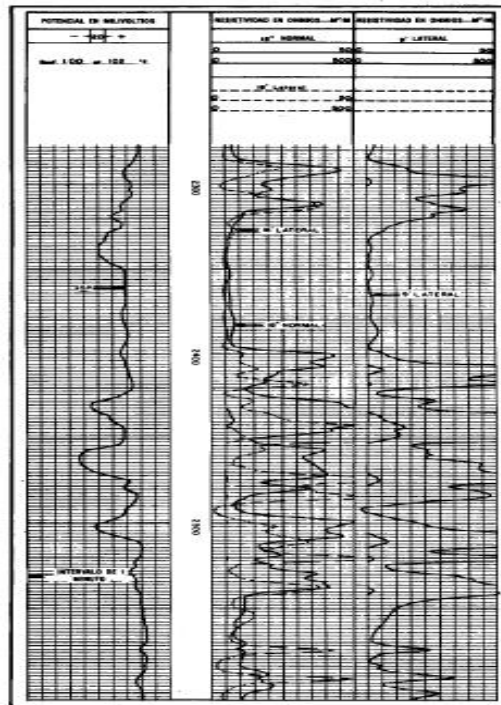
**Figura 2.21.** Curva de rayos gamma a las diversas litologías Fuente: Halliburton y Wellex (1972)

#### ○ Registro eléctrico

El registro consiste en una curva SP y una combinación de curvas de resistividad que reciben el nombre de normal o lateral según la configuración de los electrodos.

La curva normal se obtiene utilizando dos electrodos pozo abajo, un electrodo de corriente y un electrodo receptor. Los valores de la resistividad se obtienen mediante la caída de voltaje entre los dos electrodos. Se utiliza una normal corta (con 18 pulg de espaciamiento entre los electrodos) para correlación, definición de los bordes de los estratos y para medir la resistividad cerca del pozo. El radio de investigación de las curvas normales es de aproximadamente dos veces el espaciamiento entre los electrodos pozo abajo, uno de corriente y dos receptores. El radio de investigación es aproximadamente igual al espaciamiento entre los electrodos, el cual se mide entre el electrodo de corriente y el punto medio entre los dos electrodos receptores; este espaciamiento varía entre 16 y 19 ft por lo regular. Las curvas laterales no son simétricas y presentan distorsiones como resultado de estratos adyacentes delgados, pero son muy efectivas en la medición de la resistividad real en formaciones gruesas y homogéneas. Figura 2.22, tomada de Halliburton y Wellex (2006).

En resumen el registro eléctrico es el proceso que consiste en adquirir y registrar información geológica proveniente de la profundidad de la tierra. Mientras se perfora un pozo de agua, se introducen unas sondas dentro del pozo para obtener datos que luego serán utilizados para generar una especie de gráfico conocido como registro. La sonda de registro eléctrico es una sonda clásica con electrodos y componentes electrónicos que combinada con el agua del pozo arroja mediciones de resistividad de penetración poco profunda, media o profunda con auto-potencial.



**Figura 2.22.** Registro eléctrico. Fuente: Halliburton y Wellex (2006)

- **Sondeo eléctrico vertical (SEV)**

Se conoce como sondeo eléctrico vertical (SEV) a una serie de determinaciones de resistividad aparente efectuada con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción de corriente. Su procedimiento de ejecución consiste en aumentar progresivamente la distancia entre los electrodos manteniendo un punto fijo central. A continuación se describen dos métodos de ejecución:

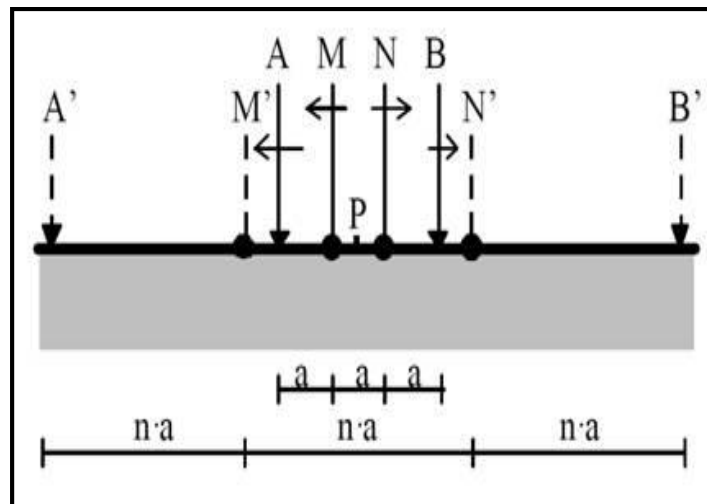
Sondeo Wenner

Dado que el dispositivo Wenner AMNB con separación interelectródica  $a$ , el sondeo consiste en aumentar progresivamente el valor de  $a$  manteniendo un punto central fijo  $P$ . Para la representación de datos se muestran en ordenadas el valor de la resistividad aparente medida, en ohms y en las abscisas en valor de  $a$  en metros de cada paso o punto. Ver Figura 2.23.

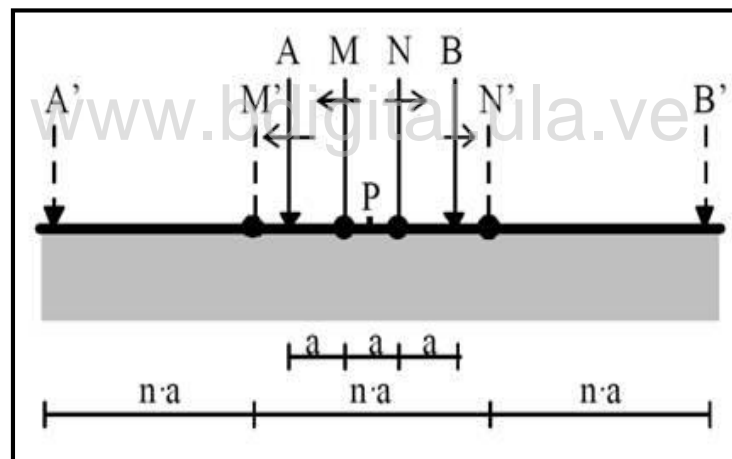
Sondeo Schlumberger

Dado el dispositivo Schlumberger AMNB con  $AB \gg MN$ , el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectores  $A$  y  $B$  dejando los electrodos detectores  $M$  y  $N$  fijos en torno a un punto central fijo  $P$ . (Figura 2.24). La representación de este sondeo muestra en ordenadas  $ra$  ( $W \cdot m$ ) y en abscisas la distancia  $AB/2$  (m). En este sondeo el efecto de las

heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectoros A y B.



**Figura 2.23.** Sondeo Wenner. Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)



**Figura 2.24.** Sondeo Schlumberger. Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Dentro de los alcances y limitaciones del método se tiene que debido a cambios litológicos característicos de los ambientes sedimentarios, tanto en sentido vertical como horizontal, y el carácter de la información obtenida en un sondeo eléctrico vertical, los datos obtenidos y su interpretación, deben hacerse ajustando estos últimos con las informaciones hidrológicas existentes para la zona.

Es importante hacer notar que la geofísica no substituye la necesidad de perforaciones mecánicas para la localización y evaluación del agua subterránea, sin embargo su adecuada aplicación se refleja en la optimización de la ubicación del sitio de perforación y una consecuente reducción en los costos.

- **Métodos eléctricos e investigaciones hidrológicas aplicados al pozo de estudio**

Todos los métodos geoelectrónicos para la localización de aguas subterráneas, dependen de la correlación de las propiedades eléctricas del subsuelo con la presencia de aguas. Dentro de las modalidades de estas técnicas de investigación, el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) es el más usado en la caracterización de secuencias sedimentarias y aluviales.

Aunque represente el método más utilizado tradicionalmente en las investigaciones hidrogeológicas, lo que se suele buscar con este procedimiento son estructuras y capas acuíferas, y la diferenciación entre materiales permeables e impermeables (acuítardos y estrato confinantes).

Los tipos de problemas y condiciones hidrogeológicas más importantes (y peculiares de la presente área de estudio) entre las susceptibles de estudio por medio del SEV son los siguientes:

a) Formaciones con sedimentos incoherentes

Son formaciones caracterizadas por tener materiales con tamaño de grano que va desde las arcillas hasta las gravas. La permeabilidad aumenta con el tamaño de grano, por lo tanto el objetivo de estos estudios se traduce en buscar materiales permeables con suficiente continuidad lateral, y esto se logra definiendo zonas resistivas, ya que las arcillas tienen resistividades menores a las arenas y a las gravas, de mayor tamaño de grano.

b) Aluviones

Siempre que éstos presenten suficiente contraste de resistividad con la formación subyacente, se puede detectar su espesor. Además se pueden detectar cambios en la naturaleza de los aluviones, lentes arcillosos intercalados entre estos, etc.

c) Rocas compactas

En estos casos, las aguas subterráneas sólo pueden encontrarse en las grietas o fracturas, o en la zona de alteración superficial. En este caso los SEV ayudan a determinar la profundidad del techo de la roca sana y, si se usan más SEV a lo largo de un perfil, se pueden definir zonas de fracturación. Una configuración radial de varios SEV permite definir la orientación de las fracturas.

La configuración geométrica del arreglo para la adquisición de datos en la presente investigación fue la de Schlumberger. (Figura 2.25).

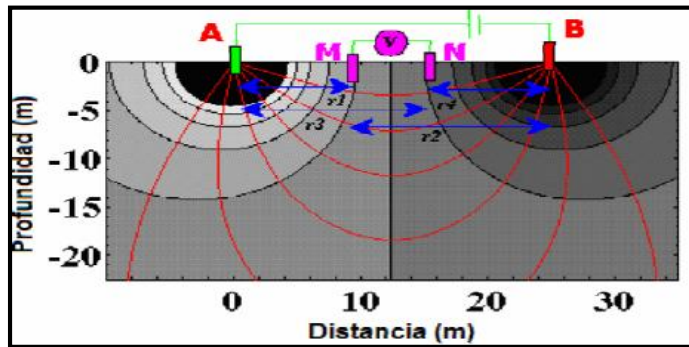


Figura 2.25. Configuración tipo Schlumberger

- **Estudio hidrogeológico del pozo**

Antes de realizar una perforación es necesario contar con un Estudio Hidrogeológico y proyecto de pozo que nos indique la factibilidad de obtención de agua subterránea, la ubicación del pozo y el diseño del mismo en función del objetivo buscado. Estos estudios deben ser realizados por geólogos (que son los profesionales competentes) siguiendo criterios técnicos y científicos. Hay que destacar aunque se mencionará más adelante que durante la construcción de los pozos es imprescindible la presencia de un Geólogo director de obra, quien será el responsable de la correcta ejecución de la obra. El estudio hidrogeológico debe contener:

1. La ubicación del predio y la forma de acceso de manera detallada. La ubicación del pozo, especificando las coordenadas cartográficas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Si es posible indicar una segunda opción.
2. La geología del área, indicando las formaciones encontradas. Es imprescindible contar con fotos aéreas escala 1:20.000 o imágenes satelitales con buena resolución para poder realizar la fotointerpretación del área de estudio. En el caso de acuíferos fracturados, debido a que el agua circula a través de las fracturas hay que indicar fallas y fracturas observadas.
3. Determinar la hidrogeología del área. El acuífero a explotar.
4. Antecedentes perforaciones vecinas (indicando nombre a quien pertenece, ubicación ( $x$  e  $y$ ), Profundidad total, Nivel Estático y Caudal).
5. Anteproyecto constructivo del pozo. Debe contener:
  - Objetivo de la obra
  - Selección del método de perforación.
  - Tipo de rocas previstas a ser perforadas.
  - Profundidad estimada de la obra.
  - Diámetros de perforación y entubación.

- Disposición de filtros.
- Materiales que serán utilizados definitivamente en el pozo.
- Caudal previsto a extraer.
- Medidas de protección del pozo. Sellado de los primeros metros.
- Estimación en el costo de la obra

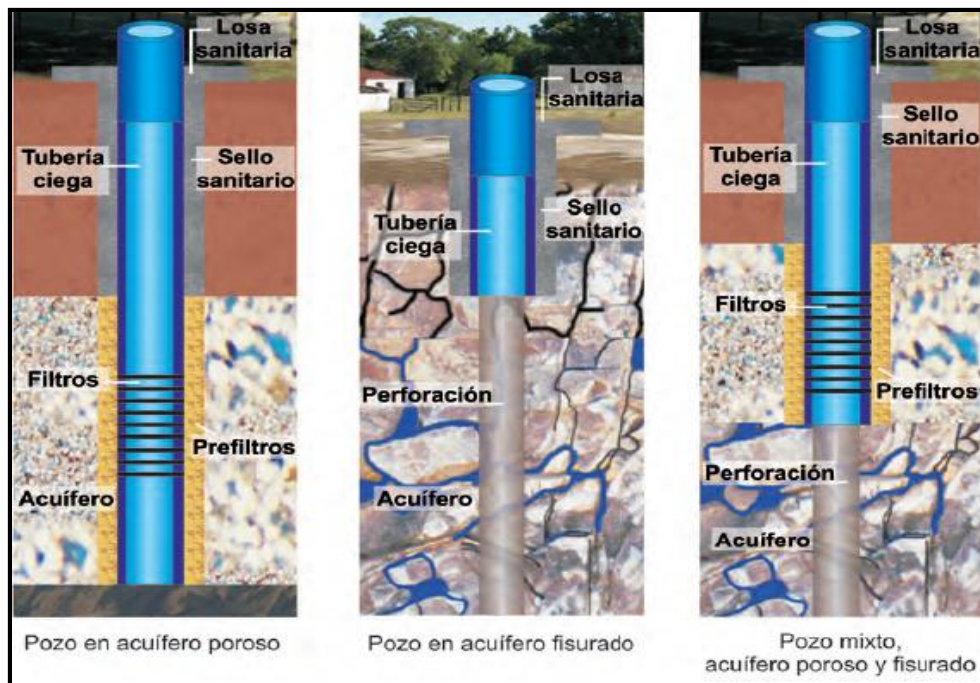
6. Asesoramiento en el costo de la obra a la hora de seleccionar la empresa.

- **Construcción de pozos**

En Venezuela, todos los pozos que se construyan con el fin de captar agua subterránea tienen que realizarse de acuerdo a la Normativa Venezolana para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de Pozos Perforados Destinados al Abastecimiento de Agua Potable de Gaceta Ordinaria N° 36298 del 24/09/1997 y también según la Norma COVENIN 589-79 del Código de práctica para la construcción de pozos de agua.

Diseños de pozos en función del tipo de acuífero

A continuación se presentan distintos diseños constructivos de pozos de acuerdo al tipo de acuífero que se considere. Los pozos en acuíferos porosos, generalmente necesitan ser totalmente entubados, los pozos en acuíferos fracturados se entuban parcialmente y los pozos mixtos, son una combinación de los anteriores (Figura 2.26).



**Figura 2.26.** Diseños de pozos en función del terreno. Fuente: Collazo (2012)



### Consideraciones a la hora de seleccionar una empresa perforadora

Antes de seleccionar la empresa perforadora se recomienda contar con un estudio hidrogeológico y proyecto de pozo previo a la realización de la obra, lo que determinará la factibilidad de obtención el agua subterránea, el alcance de los objetivos previstos y la estimación del costo de la misma.

- La empresa debe tener licencia de perforador al día.
- La empresa debe cumplir con todas las normativas establecidas para la construcción de pozos.
- Se debe conocer la capacidad operativa de la empresa, esto permitirá determinar el tiempo que se demorará en realizar la obra.
- Manejar como mínimo tres presupuestos y asesorarse sobre todos los costos que tendrá la construcción del pozo (metro de perforación, costo tubería en función del material, cementación, ensayo de bombeo, traslados, entre otros. La empresa debe cumplir con el proyecto de pozo establecido en el estudio hidrogeológico, por eso es imprescindible la supervisión de la obra en el campo.
- Consultar si la empresa otorga garantía de caudal (caudal mínimo determinado por ensayo de bombeo) y cuál es la garantía constructiva de la obra (en años).

### Supervisión de pozo en campo

Se realiza siguiendo el proyecto de pozo definido anteriormente a la construcción de la obra. Se debe destacar que el pozo es una obra de captación de agua subterránea, que permanece oculta varios metros bajo la superficie, con pocas probabilidades de verificar su calidad constructiva o la de los materiales que la componen luego de finalizada la obra. Los inconvenientes de una mala construcción, se evidencian a mediano y largo plazo, limitando en la mayoría de los casos la posibilidad de reclamo.

### Antes del comienzo de la obra

1. Verificar la correcta ubicación del pozo.
2. Verificar el equipo de perforación, maquinaria adecuada, diámetros de martillos adecuados, tuberías adecuadas, compresor, entre otros.
3. Acordar el seguimiento de la perforación junto con el perforista en el caso de profundidad de muestreos, anotación de los tiempos de avance, entre otros.

### Durante la ejecución de la obra

1. Controlar los diámetros de perforación que sean los adecuados para la posterior colocación de tuberías y prefiltro en el caso que corresponda.

2. Controlar los metros, diámetros y el material del entubado (acero, PVC, color, diámetro y espesor de la pared).
3. Definir cantidad y tipo de filtros (para pozos en acuíferos sedimentarios) de acuerdo a las napas de agua alumbradas.
4. Control sobre las uniones de las tuberías.
5. Control de las tomas de las muestras y descripción de las mismas.
6. Control de la profundidad.
7. Verificar que se realice una correcta cementación, debe estar presente el técnico durante esta fase.

#### Posterior a la ejecución de la obra

1. Verificar que se realice un correcto desarrollo del pozo.
2. Verificar la profundidad del pozo (fondo del pozo).
3. Indicar el nivel de agua o nivel estático (NE).
4. Verificar caudal declarado mediante ensayo de bombeo. Anotar las medidas de los descensos y los tiempos en las planillas de bombeo, así como también las variaciones en los caudales.
5. Controlar terminación de la protección del pozo en superficie.
6. Determinar la profundidad de colocación y características de la bomba.

- **Perforación para construcción de pozos de agua**

#### **Perforación**

Para la perforación del hoyo, se emplea la siguiente maquinaria: Perforadora roto-percusión, con mesa rotaria de 1,5 ton; esta maquinaria tiene la capacidad de perforar hasta 200 m con diámetro de 22 pulg, pudiendo haber variaciones en función de las condiciones geológicas.

El diámetro final del hoyo del pozo varía, pudiéndose perforar hasta 16 pulg, se realiza la perforación con diámetros menores y se va ensanchando el hoyo hasta alcanzar dicho diámetro final.

La tolerancia máxima en las desviaciones de la verticalidad del pozo es de 7 cm, por cada 10 m hasta la máxima profundidad prevista para la colocación de la bomba. El alineamiento del pozo es tal que permita la libre colocación del equipo de bombeo, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean ocasionadas por el peso propio del equipo.

#### **Registro geofísico**

Una vez alcanzada la profundidad requerida se ejecutará un registro eléctrico, para efectuar la debida correlación de las muestras en el pozo y definir los principales intervalos acuíferos; con

esta información se decidirá en el sitio, el diseño definitivo del pozo: profundidad y diámetro final.

### **Diseño del pozo**

Una vez terminada la perforación inicial, el contratista elaborará el diseño del pozo de común acuerdo con el contratista o su asesor, basándose para el mismo en: el registro eléctrico, la columna litológica dada, la granulometría, la velocidad de penetración, la correlación con pozos cercanos el conocimiento hidrogeológico disponible y cualquier otra información adicional.

### **La tubería**

El diámetro de la tubería de revestimiento será de 4 pulg menos que el hoyo. La longitud ciega de la tubería de revestimiento dependerá del perfil geológico correspondiente, en ningún caso será menor de diez (10) m medidos a partir de la superficie del terreno.

La tubería de revestimiento siempre será nueva, resistente a la acción corrosiva del agua y del terreno y especialmente fabricada para tal uso, se prolongará hasta el acuífero. La totalidad de la tubería de revestimiento se coloca dentro de la perforación, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean las ocasionadas por el peso propio de la tubería. Se tendrá especial cuidado de que la tubería esté centrada en la perforación.

Para la captación de las aguas de los acuíferos, se utiliza tubería de revestimiento ranurada de fabricación y material adecuado a las características químicas del agua. Las aberturas deberán ser seleccionadas en base a la granulometría del acuífero o del empaque de grava.

### **La grava**

El pozo deberá engranzonarse cuando el tamaño del material del acuífero correspondiente al 40 % retenido sea menor de 0,025 cm ó 0,010". En el caso de este pozo, damos por sentado la necesidad de la colocación de la grava.

La empaadura de grava deberá seleccionarse en función de la granulometría del acuífero, tomando como base el tamaño correspondiente al 70 % del material retenido. Este tamaño deberá ser de 4 a 6 veces mayor que el correspondiente al 70 % retenido del material acuífero. El coeficiente de uniformidad de la grava seleccionada será menor o igual a 2,5.

El espesor de la empaadura de grava nunca será menor de cinco (5) cm, y será desde el fondo de la perforación.

La grava utilizada 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 tendrá partículas de arcilla, mica, arena, suciedades, ni impurezas orgánicas, hierro o manganeso en cantidad o forma que pueda afectar la calidad de agua.

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.

### **Limpieza del pozo y acabado en superficie**

El espacio anular entre la tubería de revestimiento y la perforación, comprendido entre la superficie del terreno hasta una profundidad de seis (06) m será llenado por un anillo de protección de mortero de cemento en la proporción: 50 kg de cemento por 20 l 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 será ser de cinco (05) cm.

En caso de presentarse 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 m hasta incluir dichas formaciones en toda su extensión.

Se construirá una placa de concreto alrededor del pozo, de dimensiones adecuadas, que permita la instalación de los equipos con que dotarse al pozo, de ochenta por ochenta (80 x 80) cm como mínimo. Esta placa tendrá un espesor mínimo de cuarenta (40) cm, de los cuales veinte (20) cm sobresaldrán de la superficie natural del terreno y veinte cm penetrarán por debajo del mismo nivel. La superficie de la placa tendrá pendiente del 2 % hacia la periferia de la misma. El terreno circundante a la placa de concreto será condicionado compactándolo debidamente y dándole pendiente hacia afuera para protegerla de la acumulación de las aguas superficiales y otros residuos líquidos.

Con el objeto de eliminar cualquier residuo de lodo u otros materiales utilizados en el proceso de perforación, se efectuará una limpieza completa al pozo, bombeando hasta eliminar la presencia de las partículas que afecten los equipos.

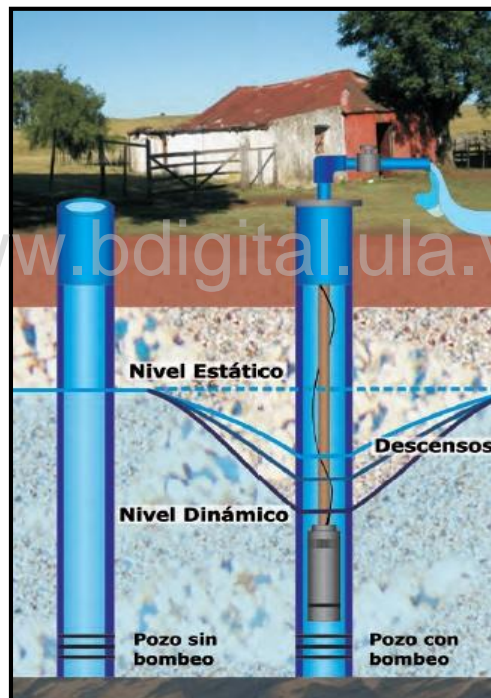
- **Ensayo de bombeo**

El ensayo de bombeo es una prueba que se realiza al pozo. Permite determinar los parámetros hidráulicos de los acuíferos (permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento) y es imprescindible para conocer el nivel de trabajo y el caudal de explotación del pozo, ya que nos da información sobre el rendimiento del pozo. Estos últimos datos son necesarios para dimensionar la bomba que será instalada en el pozo. Existen diversos tipos de ensayos de bombeos a caudal constante y a caudal variable. (Torres y Vega, 2006).

### Prueba de larga duración a caudal constante

Esta prueba tiene una duración de 72 h en acuíferos libres y de 24 h en acuíferos confinados. (Torres y Vega, 2006).

Desde el punto de vista práctico, antes de comenzar con el ensayo se debe determinar la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua o nivel estático (NE) en el pozo. Luego de realizada esta medida se dará comienzo a la prueba, encendiendo la bomba y midiendo cada cierto tiempo el nivel de agua que comienza a descender como consecuencia del bombeo a caudal constante ( $Q$ ). Inicialmente las medidas se deben realizar a cada minuto y luego se van espaciando cada 5, 10, 15, 30 y 60 min, estos tiempos se establecen previos a la prueba (Figura 2.27).



**Figura 2.27.** Esquema del descenso del nivel de agua en un bombeo

### Prueba escalonada - variación del caudal

Es una prueba que permite estimar el rendimiento del pozo, éste tipo de ensayo permite determinar entre otras cosas: el caudal de explotación del pozo, ecuación del pozo, curva característica del pozo y eficiencia del pozo.

Esta prueba debe realizarse antes de la prueba de larga duración, ya que permite estimar el caudal constante con que será bombeado el pozo durante 72 h. Para realizar esta prueba se requiere referir todos los abatimientos o descensos a un mismo tiempo de bombeo, por ejemplo de 1 h. Los caudales de los sucesivos escalones no deben ser excesivamente próximos, por ejemplo, los caudales deben ser crecientes en la proporción 1,2,4,8....Ejemplo , sí  $Q_1 = 10$  gpm,  $Q_2 = 20$  gpm,  $Q_3 = 40$  gpm,  $Q_4 = 80$  gpm, que tiene una proporción de 2. La distribución de los caudales en progresión geométrica es una buena norma, conviene establecerlos de forma que el último escalón quede alrededor del caudal de explotación del pozo o preferiblemente algo por encima. (Torres y Vega, 2006).

#### Principios de la prueba de bombeo

- Se bombea desde un acuífero a caudal constante.
- Se miden los descensos en el pozo y en los piezómetros situados a distancias conocidas.
- Se intenta explicar tales descensos con las ecuaciones adecuadas para así deducir los parámetros del acuífero. (Mora, 2008).

#### Información preliminar

- Características geológicas.
- El tipo de acuífero y los lechos confinantes.
- El espesor y la extensión de los lechos confinantes.
  - El acuífero puede estar rodeado por barreras impermeables.
  - Son de igual importancia las zonas de recarga como ríos, lagos, mares.
- Data del flujo subterráneo.
  - Nivel freático.
  - Gradiente general.
  - Flujos verticales.
- Valores obtenidos en pruebas de pozos cercanos.

Durante la ejecución de la prueba de bombeo se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

- Datos preliminares.
  - Características del pozo.
  - Nivel estático inicial.
  - Posibles interferencias.
- Mediciones.
  - Caudal.
  - Niveles.
  - Tiempo.

### Selección del sitio

La prueba de bombeo se realiza sobre un emplazamiento ya construido y no necesariamente sobre el sitio óptimo para estimar los parámetros del acuífero, sin embargo es importante considerar que:

- Las condiciones hidrogeológicas no cambien sobre cortas distancias y al menos sean representativas de gran parte de la zona de interés
- El sitio no esté cercano de vías de tráfico pesado que pudieran influenciar las medidas de niveles en caso de acuíferos confinados.
- El sitio no esté cercano de descargas de otros pozos
- Prever que la descarga del pozo se pueda drenar para prevenir el retorno al acuífero
- El gradiente de flujo local debe ser bajo
- Seguridad en el suministro de energía y aprovisionamiento de combustible
- Buena accesibilidad del personal y equipos.

### El pozo

El diámetro del pozo: Una prueba de bombeo no requiere de un gran diámetro para realizarse, sin embargo, debe satisfacer dos requisitos:

- Alojamiento la bomba en un espacio libre y adecuado para su funcionamiento eficiente.
- Asegurar la eficiencia hidráulica del pozo. Se puede hacer notar que el diámetro puede variar sin comprometer altamente la eficiencia del pozo. Si se duplicara el diámetro de un pozo, manteniendo los otros parámetros constantes, entonces la capacidad del mismo se incrementaría en tan solo 10%. (Mora, 2008).

La profundidad del pozo: Es un dato de construcción del pozo, sería deseable que llegue hasta el fondo del acuífero para así aprovecharlo eficientemente.

La longitud total del filtro: El filtro debería aprovechar el 80 % de estrato permeable para así captar el 90 % de lo que captaría si cubriera todo el espesor.

### La bomba

La profundidad de colocación de la bomba y las características de la misma se definen en función del caudal obtenido por ensayo de bombeo, de la altura de elevación máxima prevista y del diámetro de entubado del pozo. Con estos datos el especialista podrá dimensionar correctamente la bomba.

La bomba se debe colocar siempre por debajo del nivel dinámico determinado en el ensayo de bombeo y nunca enfrentada a los filtros si los hubiera.

La bomba debe ser capaz:

- de bombear en forma continua por el período estimado de duración de la prueba (al menos 2 días)
- la rata de descarga debe ser tal que se puedan detectar descensos en un radio entre 100 y 200 m, dependiendo de las condiciones del acuífero
- en el caso de pozos nuevos debe desarrollarse el pozo antes de realizar la prueba. bombeos a gastos progresivos hasta encontrar agua limpia. Arranques y parada. (Mora, 2008).

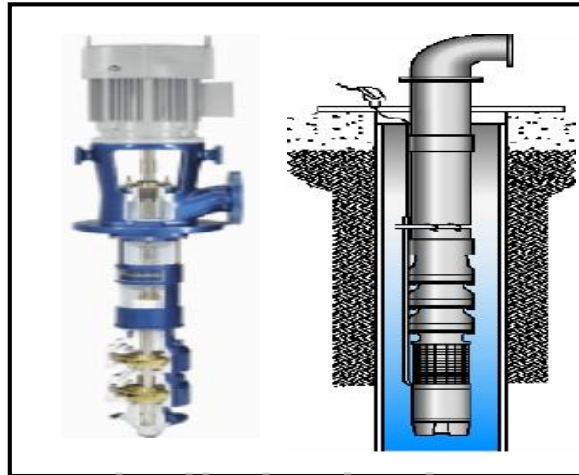


Figura 2.28. Bombas Peerless. Fuente: (Mora, 2008).

### El agua bombeada

- Debe evitarse que el agua bombeada retorne al acuífero.
- A una distancia entre 100 a 200 m. en todo caso mayor a la de los piezómetros.
- En el caso de acuíferos superficiales, deben tomarse medidas para que aseguran la estanqueidad de los canales de conducción, bien sea utilizando tuberías de gran diámetro o impermeabilizando el lecho con mantos de archiva u otro material.
- Si existe duda sobre la no estanqueidad de canales, podrían preverse piezómetros de verificación. (Mora, 2008).

### Los piezómetros

Importantes para establecer relaciones tiempo-descenso y descenso-distancias en la interpretación de la prueba de bombeo

- Se deben colocar 2 o más. Forma de cruz. Una línea de piezómetros, normal y la otra perpendicular al flujo.
- Su número depende de la precisión deseada y presupuesto disponible. Se dará prioridad a la ubicación normal al flujo.

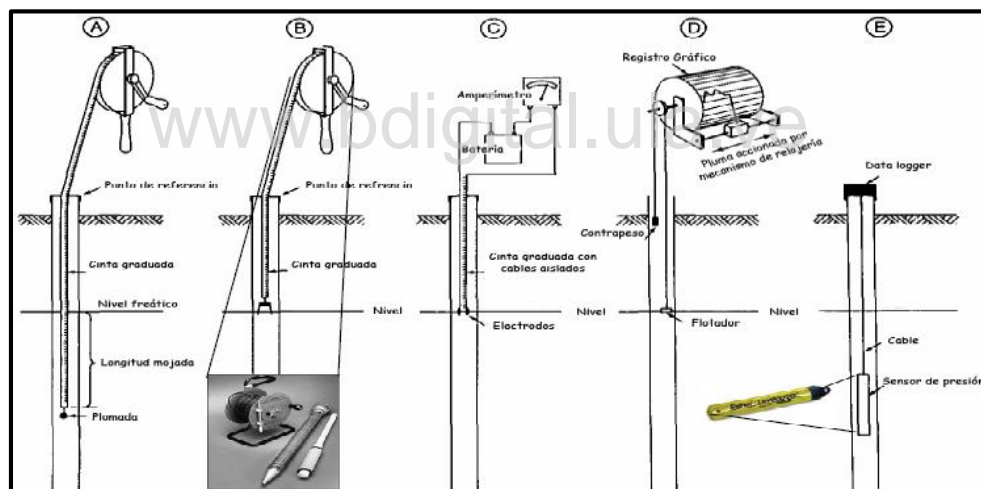


- Las distancias al pozo recomendadas son de 5, 20, 40, 80, 100, 200 m. Si se construye uno solo, entonces este deberá estar entre 4 a 5m.
- Su ubicación y disposición profundidad dependen del tipo de acuífero. (Mora, 2008).

### Los parámetros a controlar

- Para la toma de niveles de agua puede utilizarse una sonda comercial.
- Se puede construir con un tester basándose en que la conductividad del agua subterránea permite el paso de corriente (medida) y disminuye la resistencia (medida tester). Para pozos profundos es importante minimizar la elongación del cable por peso propio.
- La precisión a esperar debe ser de tres milímetros (+/- 3 mm). (Mora, 2008).

En la Figura 2.29 se presenta un esquema sobre la medición de niveles y en las Tablas 2.3 y 2.4 los intervalos y cada cuánto tiempo se deben tomar las mediciones de niveles, tanto en el pozo como en el piezómetro. En la Figura 2.30 se observa un ejemplo de medida empleando la sonda dentro del pozo profundo



**Figura 2.29.** Medición de niveles. Fuente: (Mora, 2008).

**Tabla 2.3.** Tiempos para la toma de niveles en el pozo

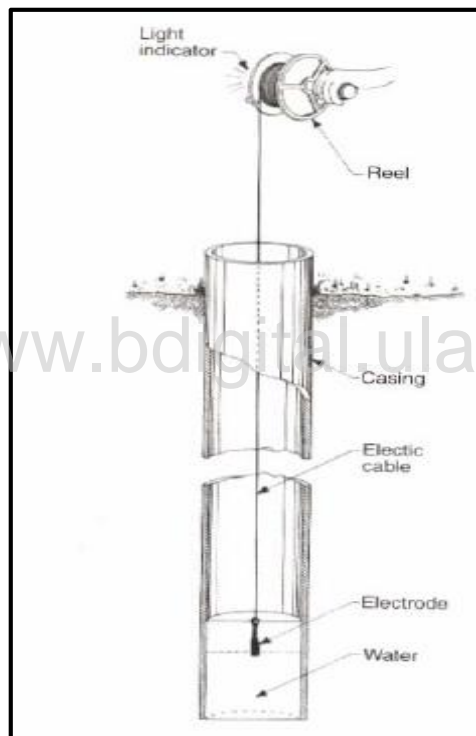
Intervalo	Tiempo en el intervalo (min)
0 - 5 min	0,5
5 - 60 min	5
60 - 120 min	20
120 – fin de la prueba	60

Fuente: (Mora, 2008)

**Tabla 2.4.** Tiempos para la toma de niveles en el piezómetro

Intervalo	Tiempo en el intervalo
0 - 5 min	0,5 min
5 - 15 min	1 min
15 - 50 min	5 min
50 - 100 min	10 min
100 min - 5h	30 min
5h - 24 h	60 min
24h - 6 días	3 veces/día
6 días - fin de la prueba	1 vez/día

Fuente: (Mora, 2008).



**Figura 2.30.** Medida empleando la sonda dentro del pozo profundo. Fuente: Moore (Field Hydrogeology, 2002)

Aforos para medición del caudal de extracción

- Aforo volumétrico
- Aforo por trayectoria (escuadra 12")
- Aforo por placa orificio
- Aforo por ultrasonido

### Método volumétrico

Es uno de los procedimientos más simples y difundidos. Consiste en medir el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido (Ecuaciones 2.4 y 2.5)

Generalmente para los aforos, se utilizan baldes de 20 l para medir caudales de hasta 3600 l/h y tanques de 200 l para caudales que van de los 3600 l/h a los 36000 l/h. Esta medición se debe realizar varias veces durante el ensayo para verificar que el caudal se mantiene constante.

Esta es una de las desventajas del método, al no brindar un acompañamiento continuo de los valores de caudal, imposibilitando que se realicen las correcciones para mantenerlo constante durante el bombeo.

En pozos con caudales mayores a 20000 l/h deben utilizarse caudalímetros de registro continuo que son sumamente precisos.

$$Q = V/T \quad (2.4)$$

$$V = h * \text{Área} \quad (2.5)$$

Dónde:

Q = Caudal

V = Volumen

T = Tiempo

h = Altura del recipiente

www.bdigital.ula.ve

### Método de la escuadra

Este método se puede aplicar a pozos que tengan la descarga libre y que se encuentre en posición horizontal. Consiste en medir la distancia horizontal D que existe entre el extremo del tubo de descarga y el punto donde cae el chorro de agua en el suelo y la altura H a la que se encuentra la tubería (Figura 2.31). El caudal está dado por la Ecuación 2.6:

$$Q = 0.002215 \frac{DA}{H} \quad (2.6)$$

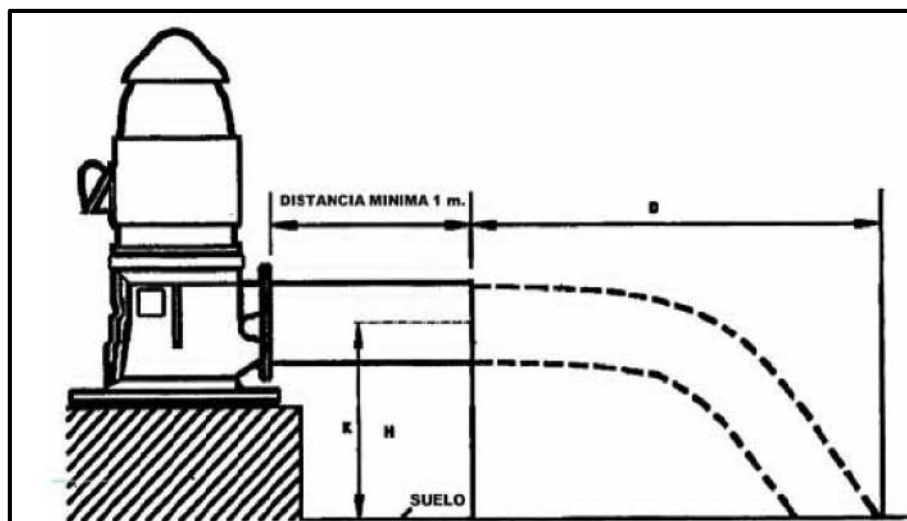
Dónde:

Q = Caudal en l/s

D = Distancia a la que cae el chorro de agua en cm

A = Sección de la tubería de descarga en cm<sup>2</sup>

H = Altura del centro de la tubería de descarga sobre la superficie del terreno, en cm.



**Figura 2.31.** Cálculo del caudal mediante la distancia de caída del chorro de agua. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007)

### Método del orificio calibrado

Este es un método preciso y es el más usado en los aforos de pozos (pruebas de bombeo escalonado). Es un equipo de fácil instalación, consta de:

- Un tubo de una longitud mínima de 2 m, conectado al cabezal de descarga, de diámetro adecuado al caudal esperado
- Un portaplaca
- Placas con orificios de diferentes diámetros, comprendidos entre 1/2 y 3/4 del diámetro del tubo de descarga
- Un tubo transparente
- Un flexómetro.

El tubo se conecta al cabezal de descarga, cuidando que quede completamente horizontal. En su extremo se coloca una placa de acero con un orificio de diámetro conocido.

La placa debe quedar perpendicular al eje del tubo y los bordes del orificio deben estar biselados en un ángulo entre 45 y 60 grados. La placa con orificio calibrado debe estar sujeta al tubo mediante un portaplacas con rosca.

A 61 cm del orificio calibrado se le hace un agujero de 0,5 a 2 cm de diámetro, para insertar un tubo transparente y observar la altura del agua en su interior (Figura 2.32).

Este tubo debe apoyarse sobre una regla graduada fija, para medir la altura piezométrica del agua en ese punto.

El método del orificio calibrado está basado en la aplicación del teorema de Bernoulli, que permite calcular el caudal en función de la presión, mediante la Ecuación 2.7.

$$Q = C' \sqrt{h} \quad (2.7)$$

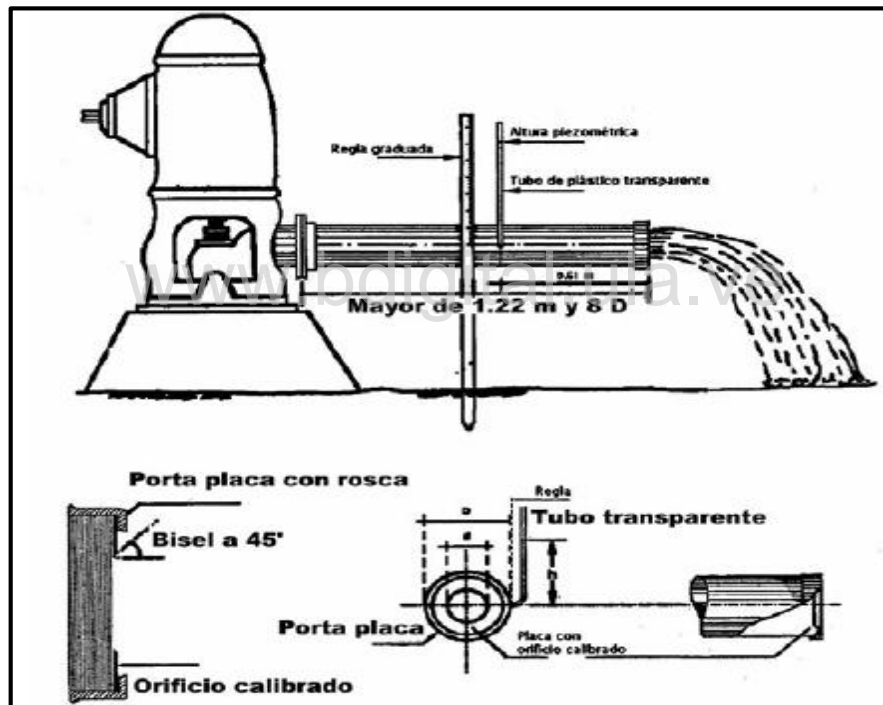
Dónde:

Q = Caudal en l/s

h = Altura del agua en el tubo transparente en cm

C' = Coeficiente que depende de:

- La velocidad del agua
- La carga h
- La rugosidad de, las paredes de la tubería
- La relación entre los diámetros del orificio y la tubería.



**Figura 2.32.** Determinación del gasto mediante el método del orificio calibrado. Fuente: Comisión Nacional del Agua (2007)

### Método por ultrasonido

El métodos de los ultrasonidos como lo indica su nombre se basa en utilizar ondas y sus propiedades para determinar ciertas condiciones que permiten calcular el caudal. Un ultrasonido se puede describir como una onda con frecuencia mayor a la que puede percibir el

oído del ser humano. Lo que permite utilizar este método es que las ondas se propagan con diferentes velocidades en diferentes medios. Hay varios métodos para determinar el caudal de fluidos por medio de ondas ultrasónicas, dos de ellos son el método de tiempo de tránsito, y el método de efecto doppler.

Precisiones a controlar

- Gastos: 5 a 10 %
- Niveles: 3 - 5 mm
- Distancia a pozos de observación: 0,5 %
- Distancia entre el nivel de referencia y el terreno: 30 mm
- Profundidad del pozo: 1 %
- Profundidad y longitud de la rejilla: 1 %

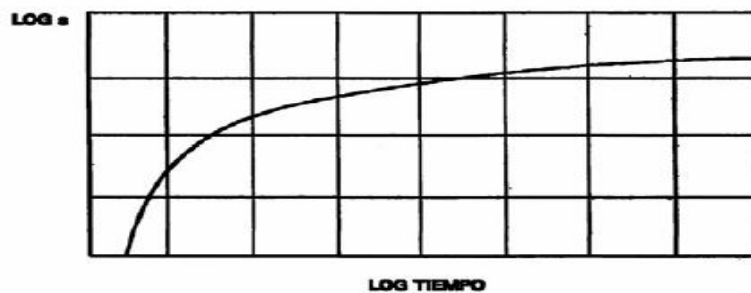
• **Caracterización del tipo de acuífero**

Tomando en cuenta las características del estrato que constituye la frontera superior del acuífero y considerando que el estrato que lo subyace es impermeable, se puede recomendar un esquema de la caracterización del tipo de acuífero de que se trate, mostrando además, para cada caso la curva típica abatimiento-tiempo en escalas logarítmicas. En la Tabla 2.5 se presenta un esquema de caracterización de los tipos de acuíferos y desde la Figura 2.33 a la 2.35 se representan las curvas típicas.

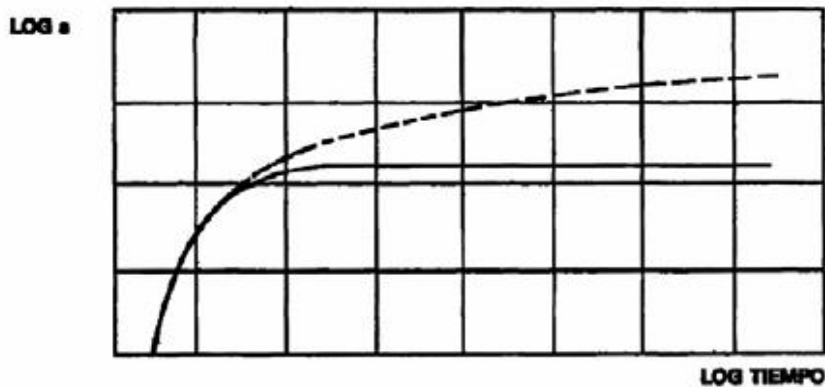
**Tabla 2.5.** Esquema de caracterización del tipo de acuífero

<b>Frontera superior del Acuífero</b>	<b>Tipo de acuífero</b>	<b>Curva típica</b>
Estrato impermeable	Confinado	Figura 2.33
Estrato semi-impermeable, por lo que no se puede despreciar el flujo vertical	Semiconfinado	Figura 2.34
Nivel freático	Libre	Figura 2.35

Fuente: Tzatchkov y Caldiño (2007)



**Figura 2.33.** Curva típica de abatimiento-tiempo para acuífero confinado. Fuente: Tzatchkov y Caldiño (2007)



**Figura 2.34.** Curva típica de abatimiento-tiempo para acuífero semiconfinado. Fuente: Tzatchkov y Caldiño (2007)



**Figura 2.35.** Curva típica de abatimiento-tiempo para acuífero libre. Fuente: Tzatchkov y Caldiño (2007)

- **Método de análisis para acuíferos libres**

El bombeo de un acuífero libre provoca un movimiento de agua hacia el pozo y crea un cono de abatimiento en el nivel freático. Conforme el tiempo de bombeo continúa, el cono se expande y profundiza y el flujo hacia el pozo presenta componentes descendentes verticales cada vez más fuertes. (Tzatchkov y Caldiño, 2007).

Algunas diferencias de un acuífero libre y uno confinado, cuando se someten a bombeo, son:

- Primero, un acuífero libre se "vacía" en el espacio del cono de abatimiento, durante el bombeo, reduciendo su espesor. En un acuífero confinado todo el espesor se mantiene saturado, pues se crea sólo una deformación, en forma de cono, en la superficie piezométrica
- Segundo, durante los primeros minutos de bombeo, el agua producida por un pozo en un acuífero libre, proviene de la expansión de ésta dentro del acuífero, debido al cambio en el estado de esfuerzos en la región afectada del acuífero. Este mismo efecto

en un acuífero confinado es el mecanismo principal de aporte de agua durante toda la prueba

- Tercero, el flujo hacia el pozo en un acuífero confinado se debe a una fuerte componente horizontal, si el pozo es totalmente penetrante, es decir, la componente vertical del flujo es mínima. En un acuífero libre, existen componentes verticales por efecto del drenado por gravedad (rendimiento retardado), que sin embargo, tienen una corta duración.

En un acuífero libre, el nivel del agua en los piezómetros cercanos a un pozo de bombeo a menudo no se comporta de acuerdo a la ecuación de Theis (1935).

Boulton (1963) fue el primero en introducir un método de interpretación para pruebas de bombeo en un acuífero libre. Sin embargo, el ajuste de curvas de Neuman (1975) es un método que permite determinar para el acuífero sus conductividades hidráulicas horizontal ( $K_h$ ) y vertical ( $K_v$ ), coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) y el rendimiento específico ( $SY$ ).

Bajo las condiciones limitantes del caso y en ciertos intervalos de tiempo, los métodos empleados para acuíferos confinados, se pueden emplear en acuíferos libres, por ejemplo el método de Theis (1935). El método de Thiem-Dupuit se emplea en acuíferos libres cuando el flujo en los pozos es estacionario.

Al aplicar los métodos presentados en este capítulo es menester notar las hipótesis que en ellos se manejan. Esto es, se deberá aplicar el método y, en su caso corregir y, evaluar los resultados de acuerdo con las limitantes siguientes:

### **Método de Thiem-Dupuit**

Cuando las diferencias de abatimiento son insignificantes con el transcurso del tiempo, puede emplearse el método de Thiem-Dupuit para calcular la transmisividad de un acuífero libre. (Tzatchkov y Caldiño, 2007).

Para que pueda emplearse con mayor seguridad este método, deben cumplirse lo siguiente:

- El acuífero es isótropo
- El flujo en dirección al pozo es estacionario
- Las hipótesis de Dupuit se cumplen cuando:
  - el flujo es horizontal
  - el gradiente que origina el movimiento del agua está definido por la pendiente de la superficie freática
  - la velocidad es constante a lo largo de una misma sección vertical.

Si estas consideraciones se cumplen, la descarga del pozo para flujo horizontal y en régimen estacionario en un acuífero libre puede expresarse como se indica a continuación (Ecuaciones 2.8 a 2.13):



$$dQ = (2 \pi r h K_h) \frac{dh}{dr} \quad (2.8)$$

Integrando entre  $r_1$  y  $r_2$  (con  $r_2 > r_1$ ) se tiene:

$$Q = K \left\{ \frac{h_2^2 - h_1^2}{\ln(r_2/r_1)} \right\} \quad (2.9)$$

Esta expresión se conoce como Fórmula de Dupuit

Considerando que  $h = D - s$ , la Ecuación 2.8 se puede expresar como:

$$Q = \left[ K \left\{ (D - s_{m2})^2 - (D - s_{m1})^2 \right\} \right] / \ln(r_2/r_1) \quad (2.10)$$

Realizando el producto del numerador de la Ecuación 2.10, se obtiene que:

$$Q = 2 \pi K D \left[ \frac{(s_{m1}^2 - s_{m2}^2)}{2D} - \frac{(s_{m2}^2 - s_{m1}^2)}{2D} \right] / \ln(r_2/r_1) \quad (2.11)$$

Substituyendo  $s' = s^2 / 2D$ ,  $s'$  = abatimiento corregido, se tiene:

$$Q = 2 \pi K D \left[ \frac{(s'_{m1} - s'_{m2})}{\ln(r_2/r_1)} \right] \quad (2.12)$$

Operando el logaritmo natural, la expresión resulta de la siguiente manera:

$$Q = 2 \pi K D \left[ \frac{(s'_{m1} - s'_{m2})}{2.30 \log(r_2/r_1)} \right] \quad (2.13)$$

Observaciones:

La fórmula de Dupuit no es aplicable cuando se tiene un piezómetro muy cercano al pozo de bombeo, en donde la curvatura de la superficie piezométrica es muy fuerte y se contradicen las hipótesis del mismo autor. Dichas hipótesis ignoran la influencia de las componentes verticales de la velocidad, las cuales alcanzan su máximo valor en la vecindad del pozo.

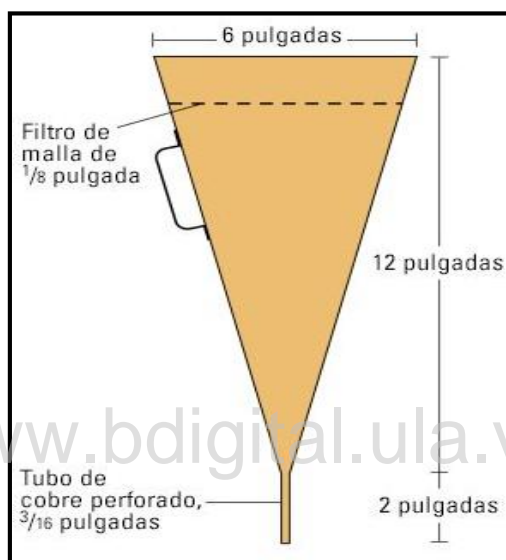
Después de intervalos grandes de bombeo en acuíferos libres, se obtienen condiciones aproximadas al flujo estacionado. El flujo en el acuífero es esencialmente horizontal y la curva de abatimiento sigue un comportamiento similar al segmento tardío de la curva en forma de "S" que coincide con la curva de Theis (1935).

- **Viscosidad del lodo de perforación. Prueba Marsh**

La viscosidad del lodo de perforación es determinada con el Embudo Marsh, y sirve para comparar la fluidez de un líquido con la del agua.

El embudo de Marsh tiene un diámetro de 6 pulg en la parte superior y una longitud de 12 pulg. En la parte inferior, un tubo de orificio liso de 2 pulg de largo, con un diámetro interior de  $\frac{3}{16}$  pulg, esta acoplado de tal manera que no hay ninguna constricción en la unión. Consta de un vaso llamado litrera o galonera y una malla de tela metálica con orificios de  $\frac{1}{16}$  pulg, cubriendo la mitad del embudo, está fijada a  $\frac{3}{4}$  de pulg debajo de la parte superior del embudo, con la finalidad de retener toda partícula mayor que pueda taponar el orificio inferior del embudo (Marsh, 1931).

A continuación en la Figura 2.36 se pueden observar las medidas del embudo Marsh.



**Figura 2.36.** Embudo de Marsh. Fuente: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/>

La viscosidad de embudo se usa como indicador relativo de la condición del fluido. No proporciona suficiente información para determinar las propiedades reológicas o las características de flujo de un fluido. Debería usarse en el campo para detectar los cambios relativos en las propiedades del fluido. Además, ningún valor en particular de la viscosidad de embudo puede ser adoptado como valor representativo de todos los fluidos. Lo que produce buenos resultados en un área puede fallar en otra; sin embargo, se puede aplicar una regla general a los fluidos de perforación a base de arcilla. La viscosidad de embudo de la mayoría de los fluidos se controla a cuatro veces la densidad (lb/gal) o menos. Sin embargo, hay ciertas excepciones, como en las áreas donde se requiere el uso de fluidos de alta viscosidad.

Para la perforación de pozos, la viscosidad óptima suele oscilar entre 40 y 45 s, preferentemente alrededor de 38 (la viscosidad Marsh es aproximadamente de 26 s). La medida de la viscosidad debe realizarse con lodo recién agitado.

- **El uso intensivo de las aguas subterráneas. El concepto de sobreexplotación**

El volumen máximo de agua a ser extraído de un acuífero está íntimamente asociado con su recarga y con el costo de producción del agua, incluyendo su extracción, tratamiento y distribución. Sin embargo existen estudios que proponen que la explotación de un acuífero induce recargas mayores que las naturales (Hirata *et al*, 2002). La explotación recomendable será, por tanto, una fracción del volumen que se infiltra y se convierte en recarga, limitada a un costo dado.

Extracciones superiores a la propia recarga podrán causar problemas a largo plazo, incluyendo hasta la pérdida del recurso. Incluso cuando los caudales totales extraídos son inferiores a la recarga, habrá limitaciones asociadas con la densidad de pozos existentes en el área. Cualquier extracción de un pozo crea un cono de abatimiento.

Pozos muy próximos producirán una superposición de sus conos individuales creando descensos pronunciados, muchas veces no sustentables por el acuífero. Por tanto, una apropiada explotación del acuífero debe considerar tanto la recarga como los volúmenes de agua extraídos por el nuevo pozo, de tal modo que sea compatible con las obras existentes a su alrededor.

Los acuíferos son altamente útiles y son un recurso abundante, pero en zonas áridas o semi-secas no se recargan con el mismo ritmo con el que es aprovechado por los humanos. Si el agua es extraída intensamente por pozos, como para irrigación o uso municipal para zonas áridas y semi-secas, no se recuperarían de su estado subdesarrollado.

El problema más evidente que se puede dar a notar al explotar un acuífero es que el nivel freático disminuye y así los pozos se tienen que profundizar para poder alcanzar el agua. Un bajo nivel freático por razones de extracción puede traer otros problemas como la subsidencia del terreno.

Los pozos se pueden secar si el nivel freático cae por debajo de su profundidad inicial, lo que ocurre ocasionalmente en años de sequía, y por las mismas razones pueden dejar de manar las fuentes. El régimen de recarga puede alterarse por otras causas, como la repoblación forestal, que favorece la infiltración frente a la escorrentía, pero aún más favorece la evapotranspiración, o por la extensión de pavimentos impermeables, como ocurre en zonas urbanas e industriales.

La principal razón para el descenso del nivel freático es sin embargo la sobreexplotación. En algunas partes del mundo la extensión de la irrigación y de otras actividades que consumen agua se ha hecho a costa de acuíferos cuya recarga es lenta o casi nula. El resultado ha sido diverso, pero siempre negativo. En algunos casos la sobreexplotación ha favorecido la intrusión de agua salina por la proximidad de la costa, provocando la salinización del agua e indirectamente la de los suelos agrícolas. (Hirata *et al*, 2002).

- **Beneficios del aprovechamiento de las aguas subterráneas**

Los beneficios derivados del uso de las aguas subterráneas son de tipo económico, social, hidrológico y ecológico.

#### Abastecimientos

Según Shiklomanov (1997) las aguas subterráneas son fuente de agua potable para la mitad de la población mundial. El fácil acceso a dicho recurso ha facilitado la disponibilidad de agua potable a amplios sectores de la población mundial. Esto ha sido particularmente importante en países en vías de desarrollo. En algunas zonas la dependencia de las aguas subterráneas como fuente de agua potable es mucho mayor, particularmente en áreas rurales y de población dispersa sin acceso a redes urbanas de distribución. Así por ejemplo, en determinados estados de EE.UU más del 80% de la población se abastece de pozos (USGS, 1998). En la India rural, el 80 % de la población cubre sus necesidades domésticas con aguas subterráneas. En España, el 22 % de los municipios de más de 20000 hab se abastecen de aguas subterráneas, mientras que al menos el 70 % de los municipios menores utilizan las aguas subterráneas como fuente de agua potable. (MIMAM, 1998).

#### Usos industriales

El agua subterránea es también importante para muchas industrias. Supone una fuente de agua fiable y continuada, evita los riesgos de corte de suministro en tiempos de sequía, y es más económica.

#### Regadío

En muchos países áridos y semiáridos, como por ejemplo España, el principal uso del agua subterránea es el regadío. A escala mundial, el 70 % de las extracciones se destinan al regadío. Al igual que en el caso de los usos industriales, las aguas subterráneas constituyen un factor de producción generador de riqueza y empleo.

Existen aún pocos estudios específicos que analicen el papel económico que las aguas subterráneas desempeñan en el regadío. Sin embargo, los análisis existentes apuntan a una mayor productividad de los regadíos con aguas subterráneas comparando con aquellos que utilizan aguas superficiales. Un reciente estudio realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, pone de manifiesto que, en Andalucía, los regadíos con aguas subterráneas son 3,4 veces más productivos y generan casi el doble de empleo, por unidad de superficie regada, que los regadíos superficiales. (Corominas, 1999).

### Beneficios hidrológicos

Otro de los beneficios potenciales de la explotación de las aguas subterráneas es el incremento de la recarga neta de aquellos acuíferos que en condiciones naturales tienen el nivel freático próximo a la superficie del terreno. El descenso de dicho nivel, como consecuencia de bombeos, puede traducirse en: a) una reducción de la evotranspiración; b) un incremento de la recarga proveniente de la precipitación directa que era rechazada en condiciones naturales; y c) un incremento de la recarga inducida desde las corrientes de aguas superficiales. (Custodio, 1993).

### Beneficios ecológicos

Por último cabe destacar los potenciales beneficios ecológicos que pueden resultar de la utilización conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. Una buena gestión conjunta puede eliminar la necesidad de construir nuevas infraestructuras hidráulicas, conservando de este modo la integridad hidrológica y ecológica de ríos y arroyos. (Custodio y Llamas, 1983).

- **Reservas de agua subterránea en Venezuela**

En Venezuela existen grandes reservorios subterráneos tanto en sedimentos no consolidados como consolidados. Que constituye cerca del 55 % de la superficie del país, cubierta por sedimentos pocos o no consolidados con buenas posibilidades para la acumulación de agua y por rocas consolidadas, con porosidad por fracturamiento y disolución con rendimientos altos a bajos.

De acuerdo a la evaluación de los órdenes de magnitudes, las reservas renovables de aguas subterráneas se ubican en 22312 millones de m<sup>3</sup> y las reservas totales en el territorio a la margen izquierda del río Orinoco son del orden de 8 billones de m<sup>3</sup> (ver Figura 2.37) y una estimación preliminar señala que aproximadamente el 50% del abastecimiento de agua potable, industrial y de riego en el país proviene de aguas subterráneas. (INAMEH, 2014).

Las zonas con mejores disponibilidades de aguas subterráneas y de acuíferos de importancia regional, se encuentran principalmente en las zonas de la región Central, en el Sur y planicie del Lago de Maracaibo, en el piedemonte de la región Andina de los Llanos Centrales y Occidentales, en la Mesa de Guanipa, al centro del estado Anzoátegui y en algunos sectores de la extensa franja de los acuíferos costeros. (Figura 2.38).

En Venezuela están identificadas cuatro Provincias Hidrogeológicas con grandes posibilidades de acumulación y aprovechamiento de aguas subterráneas, las cuales son: Provincia Andina-Vertiente Atlántica y del Caribe, Provincia Planicies Costeras, Provincia del Orinoco y Provincia del escudo Septentrional o de Guayana. Estas provincias a su vez se dividen en subprovincias, cuencas y subcuencas. Entre ellas los acuíferos con mayor potencial y calidad con fines de consumo y riego están en la provincia hidrogeológica del Orinoco. En ese

sentido, en Venezuela se ha propuesto la clasificación de cuatro (4) Provincias Hidrogeológicas, Quince (15) subprovincias y cincuenta y un (51) Cuencas Hidrogeológicas. (INAMEH, 2014).

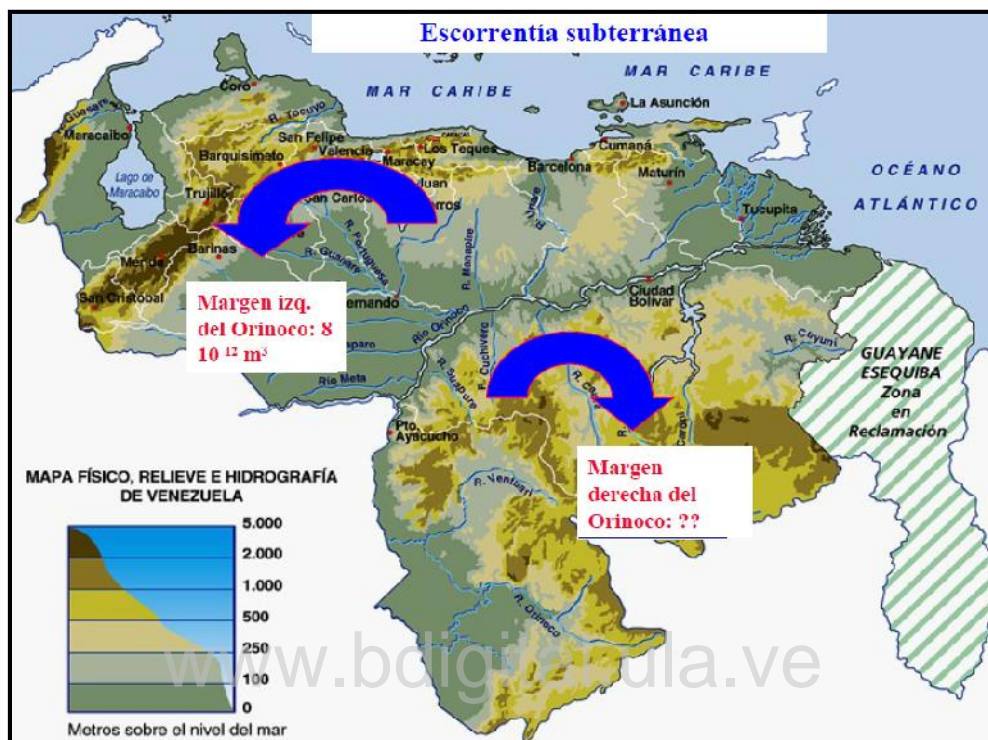


Figura 2.37. Reservas de aguas subterráneas en Venezuela. Fuente: (Coplanarh, 1973)

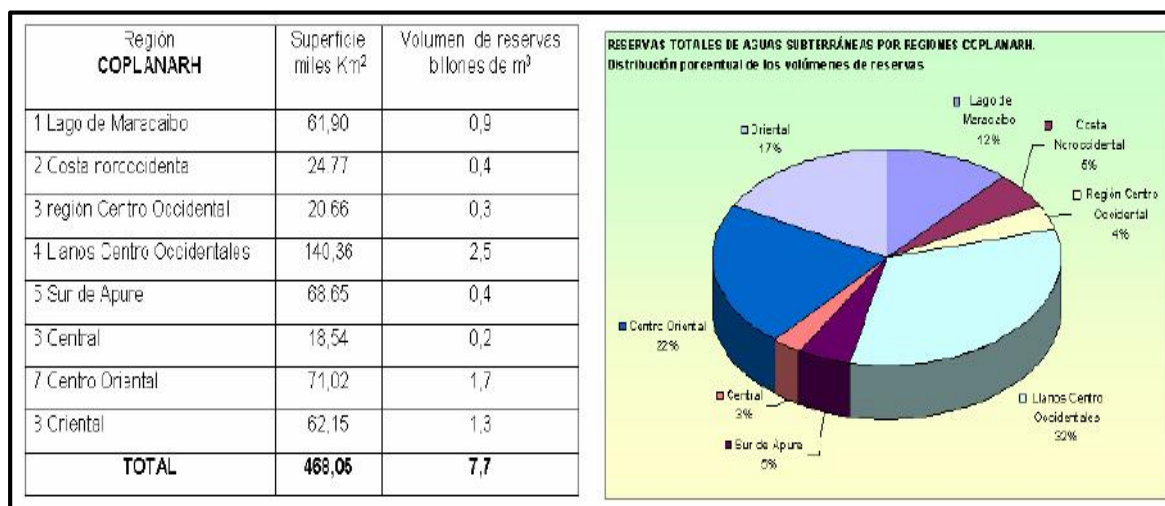


Figura 2.38. Reservas totales de aguas subterráneas por regiones. COPLANARH (no están incluidas las reservas totales en el territorio a la derecha del río Orinoco). Fuente: (INAMEH, 2014)

Las Provincias y Subprovincias Hidrogeológicas (Figura 2.39), son las siguientes:

**a) Provincia Andina-Vertiente Atlántica y del Caribe**

Subprovincia Sierra de Perijá, Subprovincia Andina, Subprovincia, Sistema Orogénico Central, Subprovincia Sistema Orogénico Oriental, Subprovincia Serranía Falcón-Lara-Yaracuy, Subprovincia, Depresión de Barquisimeto y Subprovincia Islas de Venezuela.

**b) Provincia Planicies Costeras**

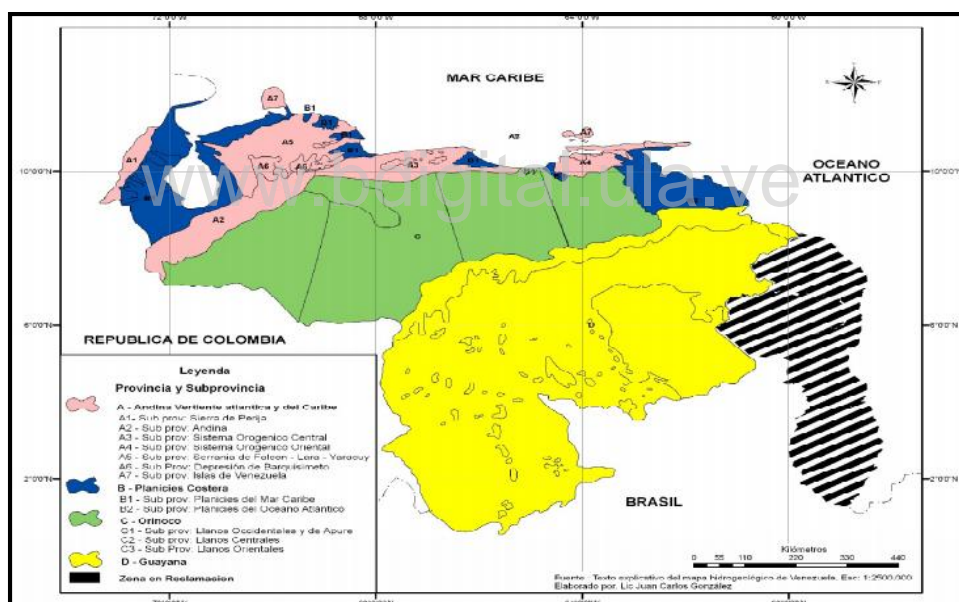
Subprovincia Planicies Costeras, Planicies del Mar Caribe

**c) Provincia Orinoco o Llanos**

Subprovincia Llanos Occidentales y de Apure, Subprovincia Llanos Centrales y Subprovincia Llanos Orientales

**d) Provincia Escudo Septentrional o de Guayana**

Subprovincia Llanos del Orinoco, Subprovincia Ígneo Metamórfica y Subprovincia Roraima.



**Figura 2.39.** Provincias y Subprovincias Hidrogeológicas en Venezuela. Fuente: INAMEH.

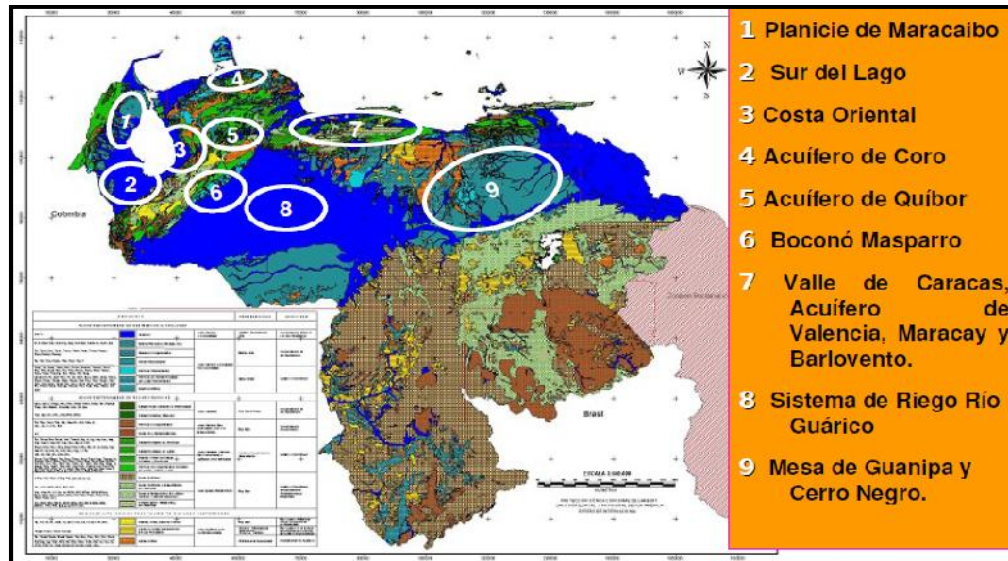
Ubicación de acuíferos de importancia

De acuerdo a su potencialidad (Figura 2.40), los acuíferos se clasifican en:

a) Gran potencialidad: ubicados en Mesa de Guanipa, sistema de río Guárico, llanos de Barinas, Portuguesa y Apure.



- b) Potencial medio ubicado en Barlovento y Apure.
- c) En vías de agotamiento Valle de Quibor y Coro.



**Figura 2.40.** Acuíferos de importancia en Venezuela. Fuente: GEO Venezuela (2010)

### 2.2.6. Zona de estudio. El Vigía

- **Marco geológico regional**

El área de estudio se encuentra ubicada en el Flanco Norte de la Cordillera de Los Andes Venezolanos, elemento geológico estructural de rumbo SO – NE, que ha controlado los procesos sedimentarios de la región desde finales del Eoceno Tardío (40 Ma) cuando comenzó el levantamiento orogénico de esta cordillera, levantamiento de mucha incidencia en los procesos regresivos que sufrió la Cuenca de Maracaibo a partir del Mioceno, que implicaron el sucesivo desarrollo de ambientes sedimentarios cada vez más continentales.

Los pulsos orogénicos, así como eventos paleo climáticos (glaciaciones) sufridos por la cordillera, han determinado la acción de los agentes erosivos, reflejándose tanto en las tasas de sedimentación, como en la naturaleza de los sedimentos y el transporte sufrido por estos hasta su depositación.

Debido a las características topográficas del área y a la cercanía del Lago de Maracaibo (nivel base de energía para la sedimentación fluvial), la mayoría de los sedimentos recientes del Flanco Norandino son depositados en abanicos aluviales por ríos de cauces cortos y bastantes rectilíneos, primordialmente de trayectorias SE – NO (perpendiculares a la pendiente).



- **Marco geológico local**

La localidad de Los Pozones se encuentra cubierta por una secuencia de sedimentos cuaternarios sin consolidar, sedimentos que fueron depositados en abanicos y planicies aluviales por los ríos y otras corrientes fluviales de menor importancia. Debido a los altos niveles de energía (asociados con el cercano quiebre de pendiente piedemontino) de estos agentes fluviales, el escogimiento de los sedimentos no es bueno, ya que la capacidad de transporte de las corrientes es elevada, lo que conlleva a la sedimentación de cantos y bloques en coexistencia con arenas, limos y arcillas. Ya cercana a la línea de costa del Lago de Maracaibo, si se puede hablar de un predominio de facies arenosas y arcillosas.

La edad de estos sedimentos no consolidados va de Pleistoceno tardío al Holoceno (desde hace 1 Ma hasta el reciente), pudiendo ser correlacionables en edad con los sedimentos de terrazas de la Formación Esnujaque. (Schubert y Valastro, 1980). Infrayacente a estos niveles de sedimentos pudiera presentarse una secuencia de características similares y correlacionable cronológicamente con las Formaciones Carvajal y Onia (ambas de edad Plioceno – Pleistoceno), sin embargo la ausencia de afloramientos no permite hacer esta aseveración.

- **Ubicación**

La ciudad de El Vigía se encuentra en la faja piedemontina septentrional de la Cordillera Andina, denominada por Vivas (1992), Piedemonte Andino Lacustre.

El campo de pozos se ubica al noroeste del estado Mérida, y geográficamente se encuentra entre los 8°35'38'' y 8°40'00'' de latitud norte y los 71°37'01'' y 71°38'35'' de longitud oeste, sobre la margen izquierda del río Chama y de la carretera nacional Panamericana.

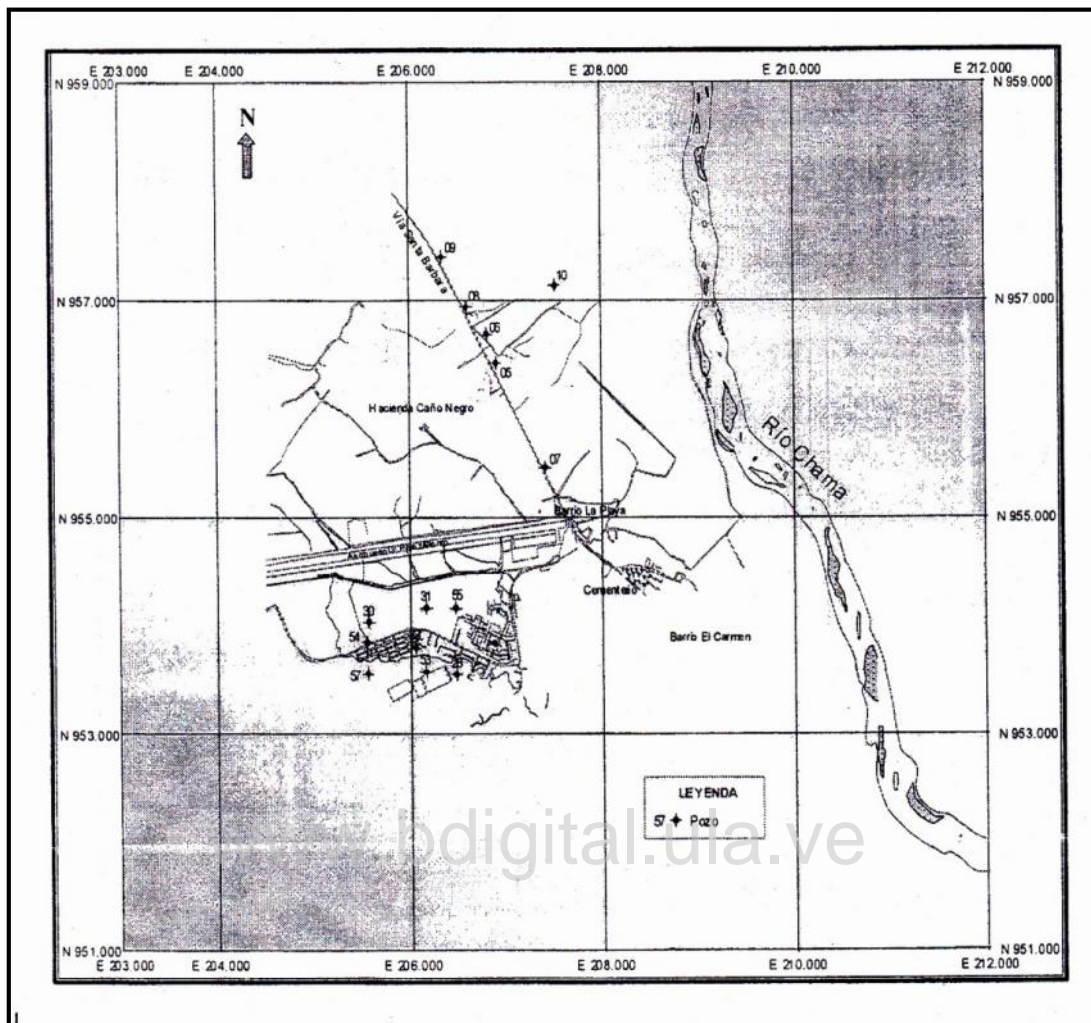
Según las coordenadas planas UTM, el área en estudio se ubica entre los 203000 a 212000 Este (X), y 951000 a 959000 Norte (Y). En la Figura 2.41 se puede observar la ubicación del sector en estudio, así como la ubicación del campo de pozos.

- **Características biofísicas del acuífero de la ciudad de El Vigía**

Las características principales del sistema acuífero de El Vigía (MARNR, 1981; Rivas, 2000; Terán, 2003) son:

Balance hídrico:

- Precipitación media anual (PP): 1840 mm/año
- Evotranspiración media anual (ETP): 161 0mm/año (88 % de PP)
- Escorrentía superficial: 201 mm/año
- Infiltración eficaz: 29 mm/año.

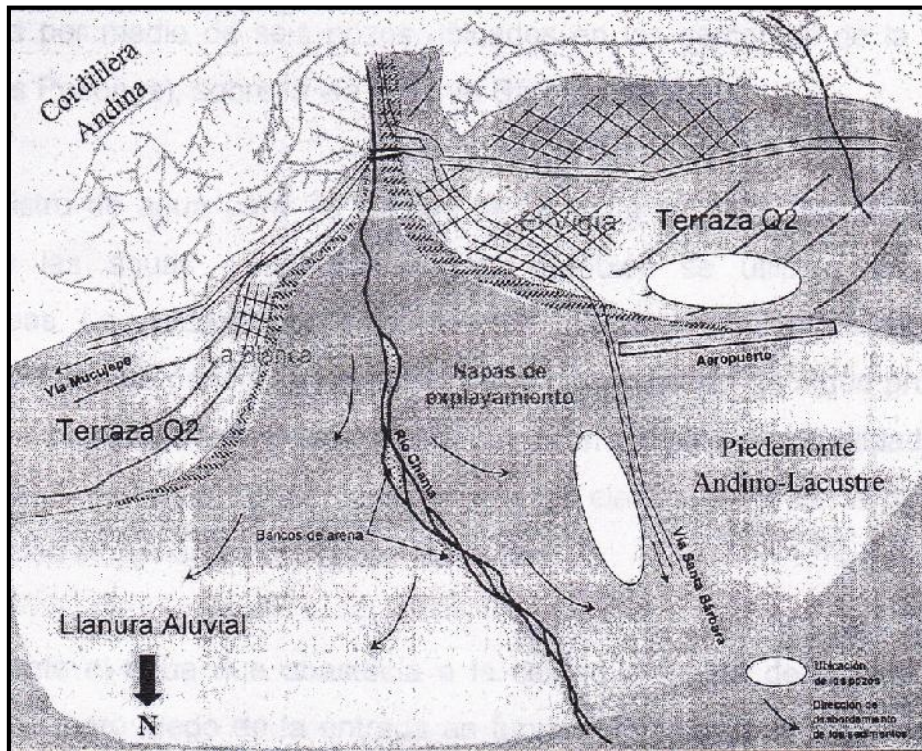


**Figura 2.41.** Ubicación del campo de pozos en la ciudad de El Vigía. Fuente: CIDIAT (2003)

La existencia de distintas unidades geomorfológicas (Figura 2.42) en el área de estudio tales como terrazas y paquetes sedimentarios correspondientes a abanicos aluviales de edad reciente reflejan desde el punto de vista litológico la presencia del acuífero de El Vigía, mostrando una excelente continuidad lateral, compuesto por la intercalación de gruesos paquetes de arenas finas a medias, cantos, gravas y un substrato impermeable (facies limo – arcillosas) de amplia extensión lateral de alrededor de 74 m de espesor medio en el área de estudio.

#### Características del flujo subterráneo

El sentido general del flujo subterráneo es de dirección Nor – Noroeste. El gradiente hidráulico es aproximadamente 0,007. El valor promedio de transmisividad para el acuífero de El Vigía es de 1366 m<sup>2</sup>/día, y la porosidad efectiva de 20 %. Considerando un espesor promedio de 74 m, la conductividad hidráulica estimada es de 20 m/día y la velocidad real promedio del agua es de 256 m/año aproximadamente. La permeabilidad del estrato superior del suelo es alta, arena y grava limosa. (CIDIAT, 1971).



**Figura 2.42.** Unidades geomorfológicas en el área de estudio. Fuente: Rivas (2000)

www.bdigital.ula.ve

- **Características del suministro de agua potable para la ciudad de El Vigía**

#### Sistema de suministro

El sistema de suministro de agua para la ciudad de El Vigía tiene dos componentes bien diferenciados; por un lado las aguas superficiales captadas en los ríos Cacique y Caña Brava y por otro lado las aguas subterráneas explotadas por medio de seis pozos ubicados en las cercanías de la ciudad sector (Los Pozones), sobre la vía a Santa Bárbara del Zulia.

El suministro de agua para la ciudad de El Vigía se hace básicamente a través de las aguas superficiales pero también se utilizan las aguas subterráneas. La utilización de estas fuentes de abastecimiento subterráneo no es continua y se ponen en funcionamiento dependiendo de algún problema en tuberías, planta potabilizadora, o bien que ocurra alguna eventualidad en los dique-toma. Cuando se da mantenimiento a los clarificadores de la planta de potabilización se ponen en operación los pozos.

Originalmente el agua que abastecía a la ciudad provenía de la explotación subterránea, pero luego de la entrada en funcionamiento de la toma en el río Caña Brava y posteriormente en el río Cacique, la producción de agua subterránea es solamente un complemento para el sistema,

que se utiliza en momentos de emergencia cuando existen problemas de operación en la planta potabilizadora o en épocas de estiaje. (Tahal, 1998).

- **El acuífero de El Vigía**

Los pozos de El Vigía bombean de un acuífero aluvial del Cuaternario, que se despliega a ambas riberas del río Chama. El acuífero está compuesto por arena, grava y cantos rodados; tiene un espesor de 70-80 m. A una profundidad de 72 - 105 m yace un horizonte de arcilla. El acuífero es freático y se halla hidráulicamente conectado con el río Chama.

La recarga del acuífero tiene su origen en la lluvia directa en la llanura aluvial cercana a El Vigía. Con base en la precipitación media anual, deducida la evaporación media anual, el exceso total de escorrentía e infiltración es de unos 300 mm/año. Tal vez, aproximadamente la mitad de este valor (150 mm/año). Recarga el acuífero. También el río Chama recarga el acuífero.

#### Tratamiento de las aguas subterráneas

El único tratamiento necesario para las aguas subterráneas consiste en la desinfección mediante cloración, para garantizar una óptima calidad bacteriológica.

- **Alternativas para asegurar la continuidad del servicio de agua potable en la ciudad de El Vigía**

De acuerdo con la necesidad apremiante de contar con una fuente alternativa de suministro para el acueducto de El Vigía Aguas de Mérida, C.A. consideró la alternativa para incrementar la producción de agua del sistema de abastecimiento, la cual consistió en la utilización de nuevas perforaciones para resolver el problema de fuentes alternas, ante las contingencias presentadas por las lluvias anualmente, para cubrir la demanda máxima proyectada y para cubrir el déficit de caudal superficial en época de estiaje que también ocurre anualmente.

Es necesario acotar que desde el punto de vista de la operación de las diferentes fuentes, la planta potabilizadora debe suministrar todo el caudal posible según la disponibilidad de las fuentes superficiales, siendo las perforaciones (agua subterránea) las responsables para el suministro del exceso de consumo en los días pico. La capacidad de la planta actual es de 900 l/s, caudal que es suficiente para cubrir la demanda media en todo el período. Es decir que habiendo suficiente agua en los ríos Cacique, Caña Brava y en la quebrada la Roncona, lo cual no se presenta durante todo el año, no es necesario utilizar los pozos en condiciones de demanda media. Sin embargo teniendo en cuenta que la ciudad de El Vigía es el polo de desarrollo del estado Mérida, lo cual implica un crecimiento poblacional muy importante y teniendo la condición de que los caudales de las fuentes superficiales no se mantienen



constantes especialmente en el periodo de estiaje (merma ostensible anual de los caudales superficiales), además que en épocas de lluvia las crecidas torrenciales de estos ríos tampoco permiten asegurar el suministro y continuidad del servicio, por lo cual se propone la rehabilitación del campo de pozos (sector Los Pozones), se debe realizar de manera de poder garantizar una producción confiable. Además se realizara la perforación de los nuevos pozos que se equiparán con nuevas bombas.

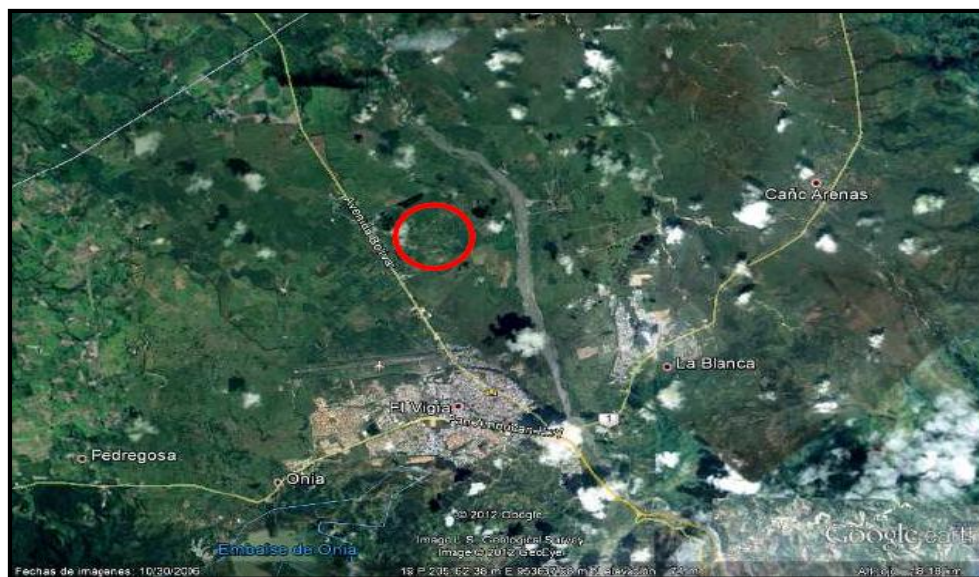
Se recomienda una distancia entre pozos de 500 metros. La profundidad de perforación recomendada, es de 80 a 100 m, dependiendo de la litología. La producción prevista por pozo será del orden de 80-100 l/s.

El orden de los pozos propuesto para realizar las tareas de rehabilitación es: Pozo N° 8 y para la perforación de pozos nuevos serían N° 5, N° 10 y N° 11, para los casos de las perforaciones nuevas en los pozos 11, 10, se debe considerar la tubería de impulsión e interconexión hacia la línea principal de impulsión de 16 pulg. Por otra parte se debe incluir el área de perímetros de protección de pozos (Trejo, 2008).

- **Pozo en estudio. Pozo N° 10**

#### Ubicación

El pozo de estudio, se encuentra ubicado en la parte noroeste de la ciudad de El Vigía (Figura 2.43), específicamente en las siguientes coordenadas UTM (DATUM WGS 84): SEV 1: Este (m): 206650; Norte (m): 957006 y Cota (msnm): 71



**Figura 2.43.** Ubicación relativa del pozo en estudio. Fuente: Google Earth (2012)

### Diagnóstico y situación actual del pozo

Infraestructura del pozo: Actualmente el pozo culminado se encuentra inoperativo no cuenta con un sistema de bombeo y presenta cerca de ciclón para su vigilancia y mantenimiento.

Administración: Actualmente le corresponde a la empresa Aguas de Mérida C.A.

Características del agua: El agua no presentaba ningún indicio o rastro de contaminación.

### **2.2.7. Sistemas de información**

Vamos a introducir primero las definiciones de sistema, sistema de información, información y dato; antes de las perspectivas de clasificación de los sistemas de información.

#### Sistemas

Según Soroka (2002) un sistema puede definirse como “un conjunto de elementos interrelacionados diseñado para alcanzar un objetivo específico”. Se puede distinguir en la anterior definición tres componentes: elementos, relaciones y objetivos. Los elementos o partes que conforman el sistema pueden ser humanos o mecánicos, tangibles, estáticos, etc. Las relaciones entre los elementos son las que hacen o ejecutan la funcionalidad del sistema y el objetivo se define como la razón de ser de un sistema. Hay tres actividades o partes que constituyen un sistema, las cuales son entradas, procesos, salidas y mecanismos de control bajo la forma de retroalimentación.

#### Sistemas de Información

Según Laudon (2008) un sistema de información se puede definir técnicamente como un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control, los sistemas de información también pueden ayudar a los gerentes y trabajadores a analizar problemas, visualizar asuntos complejos y crear productos nuevos.

Los sistemas de información contienen información acerca de gente, lugares y cosas importantes dentro de la organización o el entorno en que se desenvuelve. Por información se entienden los datos que se han moldeado en una forma significativa y útil para los seres humanos. En contraste, los datos son secuencias de hechos en bruto y representan eventos que ocurren en las organizaciones o en el entorno físico antes de ser organizados y ordenados en una forma que las personas puedan entender y utilizar.

Hay tres actividades en un sistema de información (Figura 2.44) que producen la información que esas organizaciones necesitan para tomar decisiones, controlar operaciones, analizar problemas y crear nuevos productos o servicios. Estas actividades son entrada, procesamiento, almacenamiento y salida (Cohen, 2009).



**Figura 2.44.** Actividades de un sistema de información. Fuente: Laudon y Laudon (2008)

### a) Entradas

Es un proceso mediante el cual un sistema de información, recibe o toma los datos que necesita para procesar información, de ahí que pueden ser entradas automáticas a través de otros sistemas o pueden ser ingresados en forma manual directamente al sistema.

### b) Procesamiento

El procesamiento de información es el resultado de instrucciones pre elaboradas en los sistemas o programas que realizan cálculos, clasifican y ordenan, ya sea con los recién llegados o con datos ya existentes en los sistemas mediante las diferentes formas de almacenamiento que existen. Esta actividad convierte los datos en información útil para la toma de decisiones y también para su proyección.

### c) Almacenamiento

En los sistemas de cómputo se almacena la información a través de archivos o tablas, que permite guardar datos y recordarlos para un futuro procesamiento. Se usa muy frecuentemente los llamados discos duros o magnéticos así como otros dispositivos que cumple con la misma función.

#### d) Salidas

Se suele definir como la capacidad del sistema para que toda información procesada pueda salir al exterior ya sea mediante interfaces automáticas con otros sistemas o directamente en pantalla, discos o impresoras, entre otros.

La salida transfiere la información procesada a la gente que la usará o a las actividades para las que se utilizará. Los sistemas de información también requieren retroalimentación, que es la salida que se desenvuelve al personal adecuado de la organización para ayudarle a evaluar o corregir la etapa de entrada.

Las entradas del SI son los datos que luego de un procesamiento adecuado se transforman en información valiosa de salida. Luego, es realmente la información (y no el sistema) el componente esencial, la materia prima, de las actividades de dirección, planificación y control de las empresas. Dado que los directivos necesitan información para tomar decisiones, la calidad de información suministrada determinará la calidad de sus decisiones.

Por lo tanto, comprender el rol del SI de una organización es fundamental para quienes desempeñan funciones relevantes en la misma; conocer su funcionamiento y todas las herramientas y actividades, son aspectos trascendentales de la operación organizativa y de la actuación cotidiana de los directivos.

En la práctica de muchas organizaciones actuales, uno de los problemas que aqueja a los directivos es sufrir “escasez de información” para la toma de decisiones a pesar de contar con una verdadera sobreabundancia de datos. Las principales causas de esta situación están en la propia naturaleza del diseño del SI, la explotación a que está sometido por la organización y problemas relacionados con los usuarios del mismo. Según Gómez y Suárez (2007), Pardo (2004), Prados y Peña (2004), los problemas más comunes de los SI organizacionales son:

- Políticas de explotación y requerimientos cambiantes: constante cambio en las regulaciones, procedimientos, métricas, indicadores y necesidades de información en general, falta de coherencia respecto a los objetivos con los que se creó el sistema, diseño poco flexible.
- Falta de claridad en los requerimientos de información: no se definen las necesidades informativas, ni las fuentes, ni el formato, ni la periodicidad de las informaciones, etc.
- Carencia de una adecuada gestión organizacional de la información: no existe personal dedicado exclusivamente a esta actividad, no están definidas las políticas para el tratamiento a la información y su recuperación.
- Múltiples resultados ambiguos: se reprocesa la información.
- Entorno semántico heterogéneo: no está definido el significado los datos de cada fuente de información.
- Falta de integración de sistemas: sistemas desalineados respecto a los objetivos y procesos, salidas en formatos incompatibles.
- Islas de información: presencia de sistemas aislados cuya información resultante no es diseminada eficientemente.



- Problema de conocimiento por parte del usuario: insuficiente formación, pobre gestión de las acciones de capacitación.
- Interfaces con el usuario dificultosas: diseños en los que no se tiene en cuenta el usuario final.
- Técnicas de organización y estructuración de conocimientos deficitarias: pobre gestión de la información y el conocimiento.
- Sistemas orientados al procesamiento de transacciones más que al análisis: reportes de salida que no se ajustan a las necesidades del nivel directivo de que se trate.
- La información es el dato o conjunto de datos que en un contexto y lugar determinados tienen un significado para alguien y que transmite un mensaje útil. La información enriquece al dato.

La misma representación simbólica que para una persona puede ser un dato, para otra puede ser información. O lo que es dato para una persona puede ser información, para esa misma persona, en otro momento o frente a otro problema. La información hace referencia, pues, a datos estructurados y seleccionados para un usuario, una situación, un momento y un lugar. Mientras no sean evaluados o aplicados a un problema específico, los datos seguirán siendo sólo datos, es decir, símbolos con poco o ningún significado.

Mientras la organización va utilizando, gestionando conveniente y eficazmente, y aplicando la información, esta se transforma en un nivel superior que es el conocimiento. Esta información “oculta” el conocimiento organizacional en forma de reglas asociaciones, excepciones o patrones, todos ellos de gran valor en la toma de decisiones de negocio.

El conocimiento organizacional es información absorbida y filtrada a través de convicciones, experiencias, capacidades y juicios, que ha sido almacenada en la mente de las personas y que es posteriormente interpretada y transformada en decisiones y acciones. Al decir de Di Doménico y De Bona (2003): “los conocimientos van introduciéndose en sistemas y procesos, que los embeben y los hacen prácticos para los usuarios externos de la organización, en gran parte desconocedores de su esencia.”

El conocimiento organizacional se puede entender, por tanto, como el conocimiento sinérgico, resultado de las diferentes interacciones desarrolladas a través de la historia operativa de la organización, sobre el cual dicha organización desarrollará cada una de sus acciones, orientadas a través de sus objetivos empresariales y su visión de largo plazo. De ahí que el desafío que enfrentan las organizaciones es el de gestionarlo de forma adecuada para poder producirlo, capitalizarlo, transmitirlo y hacerlo disponible a otras personas; lo que permite generar ventajas sostenibles y obtener los resultados deseados de una manera clara y contundente.

### Relación entre conocimiento organizacional y decisiones

En la empresa existen diferentes niveles de dirección o jerarquía, cada uno de los cuales demandará información para controlar el cumplimiento de los objetivos, tomar decisiones,

crear estrategias, etc; constituyendo el principal objetivo de los SI la provisión de la misma. Puesto que para cada nivel las decisiones a tomar son diferentes también serán diferentes los requisitos para la información demandada (tabla 6) e incluso los propios SI.

En dependencia de su naturaleza las decisiones a tomar pueden ser estructuradas y no estructuradas. Las decisiones estructuradas son las que se pueden definir a través de reglas y procedimientos establecidos, son repetitivas y fácilmente automatizables mediante aplicaciones informáticas. Por otra parte, las decisiones no estructuradas no son repetitivas y no poseen reglas predefinidas, sino que deben ser creadas para cada ocasión y por lo general al analizarlas no hay un histórico, se requiere intuición y sentido común. Estas decisiones no son fácilmente automatizables sino que los sistemas que las soportan funcionan brindando apoyo al decisor sin reemplazar su juicio.

En el nivel estratégico o más alto, las decisiones suelen involucrar el largo plazo y alto riesgo, son decisiones complejas, no estructuradas, no rutinarias, creativas e innovadoras. Se manejan además de los datos, intuiciones y percepciones subjetivas del entorno. En el nivel operativo, se trabaja a corto plazo, con bajo riesgo y menor complejidad en los problemas. Las decisiones son repetitivas, rutinarias y estructuradas. Un SI para este nivel consta de un sistema de procesamiento de transacciones (operaciones de la empresa) que a través de reportes, informes y consultas proporciona una salida útil para la actividad de la organización (Tabla 2.6).

**Tabla 2.6.** Características de la información en relación a las decisiones

<b>Características de la información</b>	<b>Decisiones operativas</b>	<b>Decisiones estratégicas</b>
Fuente de información	Interna	Externa
Definición datos	Alta	Baja
Agregación	Detallada	Agregada
Horizonte temporal	Histórica	Futura
Actualidad	Alta	Baja
Exactitud	Alta	Baja
Frecuencia	Alta	Baja

Fuente: Gómez (2007)

En consonancia con lo anterior las tareas principales del SI son: suministrar a los distintos niveles de dirección la información necesaria para la planificación, el control y la toma de decisiones; colaborar en la consecución de los objetivos de la empresa, apoyando la realización y coordinación de las tareas operativas y extraer ventajas competitivas del entorno.

Además para cumplir eficientemente con los objetivos señalados todo SI deberá cumplir ciertos requerimientos, en primera instancia debe ser fiable, es decir, que proporcione información de calidad y sin errores; debe ser selectivo, lo que se traduce en suministrar sólo la información necesaria para el objetivo que se haya planteado obviando la información no necesaria; debe ser relevante o sea que la información suministrada sea de importancia para el cliente de la misma; debe ser oportuno, brindando la información en el momento que se

necesite y debe ser flexible, adaptable a las necesidades de la organización y cambios del entorno.

En cuanto al funcionamiento del sistema existe un conjunto de actividades objetivas que describen y garantizan la operación del SI:

- **Recolección:** Captura y registro de los datos. Puede realizarse de forma manual o automática.
- **Clasificación:** Identificación de los datos, agrupamiento y ordenación de forma coherente para el uso.
- **Compresión:** Reducción del volumen sin perder información. Se utilizan métodos de agregación, filtrado, y medidas estadísticas.
- **Almacenamiento:** Conservación física de los datos y su protección, seguridad y respaldo.
- **Recuperación:** Acceso a los datos, actualización.
- **Procesamiento:** Operaciones de cálculo, transformación, modificación de los datos.
- **Transmisión:** comunicación, intercambio de datos, redes.
- **Exhibición:** Salida de información, reportes, gráficas.

Aunque en principio, los SI pueden existir sin el soporte de las tecnologías de la información, hoy en día, al hablar de un SI se hace alusión a un sistema basado en las ventajas que proveen las tecnologías de la información y esta será la convención utilizada en el presente trabajo. Los componentes del SI se observan en la Figura 2.45 y se describen a continuación:

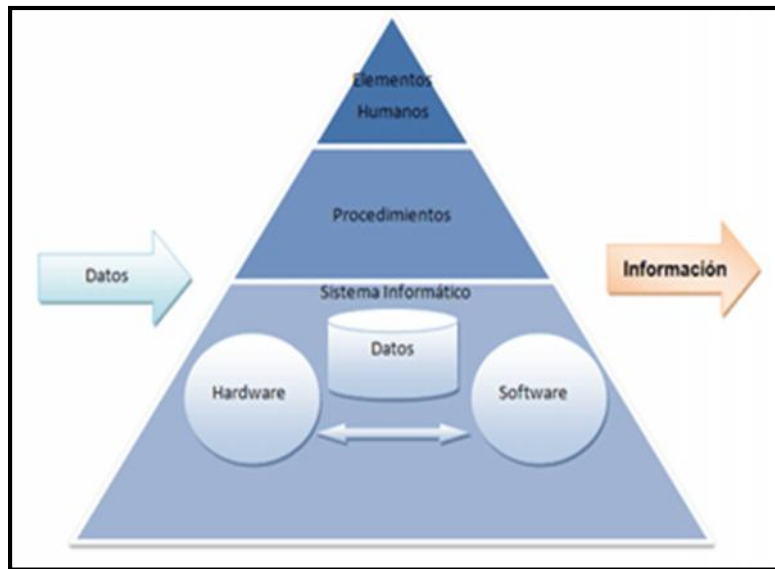
**Subsistema físico o hardware:** Es el conjunto de dispositivos físicos interrelacionados sobre el cual el subsistema lógico realiza el tratamiento de los datos. Entre sus principales integrantes destacan los ordenadores y dispositivos de comunicación. Este subsistema realiza las funciones de entrada, salida, almacenamiento, procesamiento de datos y programas y comunicación entre dispositivos.

**Subsistema lógico o software:** Conjunto de instrucciones, escritas en un lenguaje especial, y organizadas en programas que por una parte le dictan al subsistema físico que acciones realizar sobre los datos y por otra permiten la relación entre el usuario y la computadora.

**Subsistema de datos:** Conjunto de datos a partir de los cuales el sistema obtendrá información de salida útil tras un tratamiento adecuado. Los datos se encontrarán almacenados en archivos, ficheros y bases de datos.

**Elementos humanos:** Usuarios del SI (internos o externos), personal técnico, personal de mantenimiento, analistas, administradores, entre otros.

**Subsistema de procedimientos:** Formado por los criterios de calidad, normas, directrices, indicaciones, procedimientos, rutinas organizativas, entre otros.



**Figura 2.45.** Componentes de un SI. Fuente: Ballester (2010)

La gestión del conocimiento se define como un proceso sistemático y alineado a los objetivos y procesos empresariales, orientado a crear, buscar, validar, almacenar, difundir y compartir conocimiento individual y colectivo para utilizarlos en las tomas de decisiones y en el mejoramiento de las funciones y en las respuestas a requerimientos del mercado. Se le considera una herramienta facilitadora e impulsora del desarrollo de la organización; Luis (2007). Toma como centro las personas en contraposición con otros enfoques más orientados hacia la dimensión tecnológica. Tiene los siguientes objetivos principales identificar, recoger y organizar el conocimiento existente, facilitar la creación de nuevo conocimiento y apoyar la innovación a través de la reutilización y apoyo de la experiencia para lograr un mejor desempeño en la empresa (Plasencia, 2010).

La gestión del conocimiento hace que todo el acervo organizacional se inserte en el proceso de creación del conocimiento al facilitar su utilización y reutilización mediante el empleo integrado del SI, la creación y explotación de recursos de información y conocimientos, la captación y utilización de expertos, la generalización de procedimientos, metodologías e integración de buenas prácticas, el aprovechamiento de espacios y actividades para el intercambio de conocimientos y la capacitación y el empleo de herramientas tecnológicas para apoyar cada una de estas acciones y procesos.

Con el apoyo de las TIC, las empresas cuentan con herramientas que apoyan la gestión del conocimiento colaborando en la recolección, la transferencia, la seguridad y la administración sistemática de la información, junto con los sistemas diseñados para ayudar a hacer el mejor uso de ese conocimiento (wikis, intranets corporativas, foros, blogs, sistemas de educación a distancia, entre otras).

- **Blog**

Un blog (también llamado bitácora digital, cuaderno de bitácora, ciber bitácora, ciber diario, o web blog) es un sitio web en el que uno o varios autores publican cronológicamente textos o artículos, apareciendo primero el más reciente, donde el autor conserva siempre la libertad de dejar publicado lo que crea pertinente y donde suele ser habitual que los propios lectores participen activamente a través de sus comentarios. Un blog puede servir para publicar ideas propias y opiniones sobre diversos temas.

Los términos ingleses *blog* y *web blog* provienen de las palabras *web* y *log* ('log' en inglés = *diario*).

El web blog es una publicación en línea de historias publicadas con una periodicidad muy alta que son presentadas en orden cronológico inverso, es decir, lo más reciente que se ha publicado es lo primero que aparece en la pantalla. Es muy frecuente que los weblogs dispongan de una lista de enlaces a otros weblogs, a páginas para ampliar información, citar fuentes o hacer notar que se continúa con un tema que empezó otro weblog. También suelen disponer de un sistema de comentarios que permiten a los lectores establecer una conversación con el autor y entre ellos acerca de lo publicado (Rojas y Octavio, 2005).

#### Descripción

Habitualmente, en cada artículo de un blog, los lectores pueden escribir sus comentarios y el autor darles respuesta, de forma que es posible establecer un diálogo. No obstante, es necesario precisar que ésta es una opción que depende de la decisión que tome al respecto el autor del blog, pues las herramientas permiten diseñar blogs en los cuales no todos los internautas -o incluso ninguno- puedan participar agregando comentarios.

El uso o tema de cada blog es particular, los hay de tipo: periodístico, empresarial o corporativo, tecnológico, educativo (edu blogs), políticos, personales (variados contenidos de todo tipo) y otros muchos temas (Rojas y Octavio, 2005).

#### Historia

En el periodo **1994-2000**: Los primeros blogs eran simplemente componentes actualizados de sitios web comunes. Sin embargo, la evolución de las herramientas que facilitaban la producción y mantenimiento de artículos web publicados y ordenados de forma cronológica, hizo que el proceso de publicación pudiera dirigirse hacia muchas más personas, y no necesariamente a aquellos que tuvieran conocimientos técnicos. Últimamente, esto ha llevado a que en la actualidad existan diversos procedimientos para publicar blogs. Por ejemplo, el uso de algún tipo de software basado en navegador, es hoy en día un aspecto común del *blogging*.

Los blogs pueden ser contruidos y almacenados usando servicios de alojamiento de blogs dedicados, o pueden ser concretados y accedidos mediante software genérico para blogs, como por ejemplo usando los productos Blogger o LiveJournal, o mediante servicios de alojamiento web corrientes.

El término "weblog" fue acuñado por Jorn Barger el 17 de diciembre de 1997. La forma corta, "blog", fue acuñada por Peter Merholz, quien dividió la palabra *weblog* en la frase *we blog* en la barra lateral de su blog Peterme.com en abril o mayo de 1999. Y rápidamente fue adoptado tanto como nombre y verbo (asumiendo "*bloguear*" como "editar el weblog de alguien o añadir un mensaje en el weblog de alguien").

Tras un comienzo lento, los blogs ganaron popularidad rápidamente; el sitio Xanga, lanzado en 1996, sólo tenía 100 diarios en 1997, pero más de 50.000.000 en diciembre de 2005. El uso de blogs se difundió durante 1999 y los siguientes años, siendo muy popularizado durante la llegada casi simultánea de las primeras herramientas de alojamiento de blogs:

- Open Diary lanzado en octubre de 1998, pronto creció hasta miles de diarios en línea. Open Diary innovó en los comentarios de los lectores, siendo el primer blog comunitario donde los lectores podían añadir comentarios a las entradas de los blogs.
- Brad Fitzpatrick comenzó LiveJournal en marzo de 1999.
- Andrew Smales creó Pitas.com en julio de 1999 como una alternativa más fácil para mantener una "página de noticias" en un sitio web, seguido de Diaryland en septiembre de 1999, centrándose más en la comunidad de diarios personales.
- Evan Williams y Meg Hourihan (Pyra Labs) lanzaron Blogger.com en agosto de 1999, el que fue adquirido por Google en febrero de 2003.

El *blogging* combinaba la página web personal con herramientas para poder enlazar con otras páginas más fácilmente —en concreto permalinks, blogrolls y trackbacks. Esto, junto a los motores de búsqueda de weblogs permitió a los blogueros llevar un seguimiento de los hilos que les conectaban con otros usuarios con intereses similares.

En el periodo **2000-2006**: En idioma español también aparecieron los primeros blogs en esa época, los más destacados fueron en el año 2000 el blog llamado Terremoto.net y en el año 2001 aparecieron Claudia-P.com, donde una adolescente de Madrid explicaba su peculiar vida personal y El hombre que comía diccionarios.

En 2002, el *blogging* se había convertido en tal fenómeno que comenzaron a aparecer manuales, centrándose principalmente en la técnica. La importancia de la comunidad de blogs (y su relación con una sociedad más grande) cobró importancia rápidamente. Las escuelas de periodismo comenzaron a investigar el fenómeno de los blogs, y a establecer diferencias entre el periodismo y el *blogging*.

El periodo **2007-presente**: Hoy día el *blogging* es uno de los servicios de Internet más populares. Es común que empresas internacionales tengan blogs. Entre los servidores de blogs más populares se encuentran Blogger y Wordpress (Rojas y Octavio, 2005).

## Herramientas para su creación y mantenimiento

Existen variadas herramientas de mantenimiento de blogs que permiten, muchas de ellas gratuitamente y sin necesidad de elevados conocimientos técnicos, administrar todo el weblog, coordinar, borrar, o reescribir los artículos, moderar los comentarios de los lectores, etc., de una forma casi tan sencilla como administrar el correo electrónico. Actualmente su modo de uso se ha simplificado a tal punto, que casi cualquier usuario es capaz de crear y administrar un blog personal.

Las herramientas de mantenimiento de weblogs se clasifican, principalmente, en dos tipos: aquellas que ofrecen una solución completa de alojamiento, gratuita (como Freewebs, Blogger y LiveJournal), y aquellas soluciones consistentes en software que, al ser instalado en un sitio web, permiten crear, editar, y administrar un blog, directamente en el servidor que aloja el sitio (como es el caso de WordPress o de Movable Type). Este software es una variante de las herramientas llamadas Sistemas de Gestión de Contenido (CMS), y muchos son gratuitos. La mezcla de los dos tipos es la solución planteada por WordPress.

Las herramientas que proporcionan alojamiento gratuito asignan al usuario una dirección web (por ejemplo, en el caso de Blogger, la dirección asignada termina en "blogspot.com"), y le proveen de una interfaz, a través de la cual se puede añadir y editar contenido. Obviamente, la funcionalidad de un blog creado con una de estas herramientas, se limita a lo que pueda ofrecer el proveedor del servicio, o hosting.

Un software que gestione el contenido, en tanto, requiere necesariamente de un servidor propio para ser instalado, del modo en que se hace en un sitio web tradicional. Su gran ventaja es que permite control total sobre la funcionalidad que ofrecerá el blog, posibilitando así adaptarlo totalmente a las necesidades del sitio, e incluso combinarlo con otros tipos de contenido (Blood, 2005).

## Características técnicas

Existe una serie de elementos comunes a todos los blogs.

### 1. Comentarios

Mediante un formulario se permite, a otros usuarios de la web, añadir comentarios a cada entrada, pudiéndose generar un debate alrededor de sus contenidos, además de cualquier otro intercambio de información. (Si el autor del blog lo prefiere, no se podrán añadir comentarios a las entradas).

## 2. Enlaces

Una particularidad que diferencia a los weblogs de los sitios de noticias, es que las anotaciones suelen incluir múltiples enlaces a otras páginas web (no necesariamente weblogs), como referencias o para ampliar la información agregada. Además, y entre otras posibilidades, permite la presencia y uso de:

- Un enlace permanente (permalink) en cada anotación, para que cualquiera pueda citarla.
- Un archivo de las anotaciones anteriores.
- Una lista de enlaces a otros weblogs seleccionados o recomendados por los autores, denominada habitualmente blogroll.

## 3. Enlaces inversos

En algunos casos las anotaciones o historias permiten que se les haga *trackback*, un enlace inverso (o retroenlace) que permite, sobre todo, saber que alguien ha enlazado nuestra entrada, y avisar a otro weblog que estamos citando una de sus *entradas* o que se ha publicado un artículo relacionado. Todos los *trackbacks* aparecen automáticamente a continuación de la historia, junto con los comentarios, aunque no siempre es así.

## 4. Fotografías y vídeos

Es posible además agregar fotografías y vídeos a los blogs, a lo que se le ha llamado fotoblogs o videoblogs respectivamente.

## 5. Redifusión

Otra característica de los weblogs es la multiplicidad de formatos en los que se publican. El más utilizado es el HTML.

**HTML**, siglas en inglés de HyperText Markup Language, que significa (lenguaje de marcas de hipertexto) y hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar que sirve de referencia para la elaboración de páginas web en sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para la definición de contenido de una página web, como texto, imágenes, entre otros.

El lenguaje HTML basa su filosofía de desarrollo en la referenciación. Para añadir un elemento externo a la página (imagen, vídeo, *script*, entre otros.), este no se incrusta directamente en el código de la página, sino que se hace una referencia a la ubicación de dicho elemento mediante texto. De este modo, la página web contiene sólo texto mientras que recaen en el navegador web (intérprete del código) la tarea de unir todos los elementos y



visualizar la página final. Al ser un estándar, HTML busca ser un lenguaje que permita que cualquier página web escrita en una determinada versión, pueda ser interpretada de la misma forma (estándar) por cualquier navegador web actualizado.

### Características sociales

También se diferencian en su soporte económico: Los weblogs son principalmente personales y aunque en algunos casos pueden estar incluidos dentro de un periódico digital o ser un blog corporativo, suelen estar escritos por un autor o autores determinados que mantienen habitualmente su propia identidad.

Un aspecto importante de los weblogs es su interactividad, especialmente en comparación a páginas web tradicionales. Dado que se actualizan frecuentemente y permiten a los visitantes responder a las entradas, los blogs funcionan a menudo como herramientas sociales, para conocer a personas que se dedican a temas similares, con lo cual en muchas ocasiones llegan a ser considerados como una comunidad (Blood, 2005).

## **2.3. BASES LEGALES**

En relación al marco legal, es importante su conocimiento y ejecución como ciudadanos, dicha norma tiene por objeto el establecimiento y aplicación de un régimen jurídico, para la gestión responsable de la calidad del agua cuyo contenido deberá evitar situaciones de riesgo para la salud humana y calidad ambiental. El manejo del recurso agua se encuentra sustentada en diferentes leyes y normas venezolanas que se mencionan a continuación:

- **Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela**

**Artículo 304.** Que todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

- **Ley de Aguas**

La Ley de Aguas en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38595 de fecha 02 de enero de 2007.

**Artículo 1.** La ley de aguas tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés de Estado.

**Artículo 3.** Gestión integral de las aguas. La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país.

**Artículo 4.** Objetivos de la gestión integral de las aguas. La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.
2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

**Artículo 5.** Principios de la gestión integral de las aguas. Los principios que rigen la gestión integral de las aguas se enmarcan en el reconocimiento y ratificación de la soberanía plena que ejerce la República sobre las aguas y son:

1. El acceso al agua es un derecho humano fundamental.
2. El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, constituyendo un recurso fundamental para la erradicación de la pobreza y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico.
3. El agua es un bien social. El Estado garantizará el acceso al agua a todas las comunidades urbanas, rurales e indígenas, según sus requerimientos.
4. La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica.
5. La gestión integral del agua debe efectuarse en forma participativa.
6. El uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible.
7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas.
8. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar la conservación de las fuentes de aguas, tanto superficiales como subterráneas.
9. En garantía de la soberanía y la seguridad nacional no podrá otorgarse el aprovechamiento del agua en ningún momento ni lugar, en cualquiera de sus fuentes, a empresas extranjeras que no tengan domicilio legal en el país.
10. Las aguas por ser bienes del dominio público no podrán formar parte del dominio privado de ninguna persona natural o jurídica.
11. La conservación del agua, en cualquiera de sus fuentes y estados físicos, prevalecerá sobre cualquier otro interés de carácter económico o social.
12. Las aguas, por ser parte del patrimonio natural y soberanía de los pueblos, representa un instrumento para la paz entre las naciones.

**Artículo 6.** Bienes del dominio público. Son bienes del dominio público de la Nación:

1. Todas las aguas del territorio nacional, sean continentales, marinas e insulares, superficiales y subterráneas.

**Artículo 10.** Conservación y aprovechamiento sustentable. La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico, de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en esta Ley y en las demás normas que las desarrollen.

**Artículo 11.** Criterios para garantizar disponibilidad en cantidad. Para asegurar la protección, uso y recuperación de las aguas, los organismos competentes de su administración y los usuarios y usuarias deberán ajustarse a los siguientes criterios:

1. La realización de extracciones ajustadas al balance de disponibilidades y demandas de la fuente correspondiente.
2. El uso eficiente del recurso.
3. La reutilización de aguas residuales.
4. La conservación de las cuencas hidrográficas.
5. El manejo integral de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas.
6. Cualesquiera otras que los organismos competentes determinen en la normativa aplicable.

- **Leyes, resoluciones y decreto para el sector de agua potable y saneamiento**

Existe un conjunto de leyes y resoluciones que regulan de manera especial al sector de Agua Potable y Saneamiento, entre los más importantes se tiene:

1. Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento. Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5568 Extraordinaria de fecha 31/12/2001.
2. Resolución sobre las normas para la prestación del servicio de acueducto y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales. Publicadas en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela en fecha 22/02/99. N° 36646
3. Decreto N° 883, por el cual se dictan las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1995.

- **Ley Orgánica del Ambiente**

Principios para la gestión del ambiente

**Artículo 4** La gestión del ambiente comprende:

1. Corresponsabilidad: Deber del Estado; la sociedad y las personas de conservar un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado.
2. Prevención: Medida que prevalecerá sobre cualquier otro criterio en la gestión del ambiente.
3. Precaución: La falta de certeza científica no podrá alegarse como razón suficiente para no adoptar medidas preventivas y eficaces en las actividades que pudiesen impactar negativamente el ambiente.
4. Participación ciudadana: Es un deber y un derecho de todos los ciudadanos la participación activa y protagónica en la gestión del ambiente.
5. Tutela efectiva: Toda persona tiene derecho a exigir acciones rápidas y efectivas ante la administración y los tribunales de justicia, en defensa de los derechos ambientales.
6. Educación ambiental: La conservación de un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado debe ser un valor ciudadano, incorporado en la educación formal y no formal.
7. Limitación a los derechos individuales: los derechos ambientales prevalecen sobre los derechos económicos y sociales, limitándolos en los términos establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y las leyes especiales.
8. Responsabilidad en los daños ambientales: La responsabilidad del daño ambiental es objetiva y su reparación será por cuenta del responsable de la actividad o del infractor.
9. Evaluación de impacto ambiental: Todas las actividades capaces de degradar el ambiente deben ser evaluadas previamente a través de un estudio de impacto ambiental y socio cultural.
10. Daños ambientales: Los daños ocasionados al ambiente se consideran daños al patrimonio público.

#### Ciclo hidrológico

**Artículo 56:** Para asegurar la sustentabilidad del ciclo hidrológico y de los elementos que intervienen en él; se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos.

#### Conservación de la calidad del agua

**Artículo 57:** Para la conservación de la calidad del agua se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a que deba destinarse.
2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento.

3. El tratamiento de las aguas.
4. La protección integral de las cuencas hidrográficas.
5. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua.

#### Norma Venezolana COVENIN 589-79

El 11-12-79 se aprueba la norma COVENIN "Código de Prácticas para la Construcción de Pozos de Agua", la cual tiene una serie de indicaciones a seguir durante la perforación y completación de un pozo de agua. Esta norma de obligatoria observancia dentro del territorio venezolano vino a constituir una excelente guía, ante una gran cantidad de pozos mal construidos. Es el resultado de un esfuerzo, de entes gubernamentales y las empresas de perforación de pozos de agua. Se presenta un resumen elaborado por el Ing. Ramón Mora quien formó parte de la comisión "Pozos de Agua".

#### Norma COVENIN

1. Alcances

2. Normas Covenin a consultar

3. Definiciones y terminología

4. Requerimientos:

4.1. Selección del sitio de perforación. "Se consultará la información hidrogeológica del sitio y las disposiciones vigentes relativas a los aspectos sanitarios, a la conservación de los recursos naturales y a la interferencia entre pozos."

4.2. Obtención de permisos "El contratante o el profesional especializado que lo asesora, obtendrá los permisos necesarios " "En su defecto el contratista podrá gestionar la obtención de los permisos de acuerdo con el contratante"

4.3. Acceso al sitio de perforación y acondicionamiento del mismo

4.4. Transporte e instalación del equipo

4.4.1. Transporte inicial

4.4.2. Traslado Sucesivo

4.5. Perforación inicial

4.5.1. Toma de muestras

4.6. Registro eléctrico

4.7. Diseño del pozo. "Comprenderá la determinación del diámetro de perforación definitiva, diámetro y profundidad de la tubería de revestimiento, longitud, ubicación y tipo de tubería de captación, selección del empaque de grava, protección sanitaria y eventuales cementaciones".

4.8. Ampliación de la perforación "Los pozos que utilicen empaque de grava, tendrán un diámetro definitivo de por lo menos 15 cm (6 pulg) mayor al diámetro exterior de la tubería de revestimiento."

#### 4.9. Suministro y transporte de tubería de revestimiento

4.9.1. Diámetro de la tubería. Según Tabla I para un caudal previsto (Q) mínimo de 3 l/s. y máximo de 7 l/s, el diámetro nominal del tubo de revestimiento debe ser 150 mm (6 pulg).

##### 4.9.2. Tubería de captación

###### 4.9.2.1. Rejilla

###### 4.9.2.2. Tubería ranurada

##### 4.9.3. Tubería ciega

4.10. Colocación de 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."

#### 4.11. Grava

##### 4.11.1. Suministro de grava

##### 4.11.2. Colocación

4.12 Limpieza y desarrollo "se efectuará a todo lo largo de la tubería de captación, por secciones y se continuará hasta que el contenido de arena en el agua asegure una vida útil aceptable al equipo de bombeo a instalarse en el pozo y la existencia económica del mismo."

4.13 Protección sanitaria "En el espacio anular entre la tubería de revestimiento y el hueco de la perforación se debe colocar un sello de cemento de manera de evitar la contaminación del agua del pozo por efecto de las aguas superficiales. Este sello debe cumplir con las especificaciones de los organismos oficiales competentes."

4.14 Aforo "se aceptarán otros métodos de aforo siempre y cuando garanticen la confiabilidad de los resultados."

5. Informe "El contratista debe elaborar un informe con el objeto de recopilar toda la información técnica y legal correspondiente a la contratación y construcción del pozo de agua"

- Normas sanitarias para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable.

La norma fue publicada en la Gaceta Oficial N° 36298 del 24-9-97, esta norma trata la protección del pozo, su caseta, construcciones externas, desinfección, permisos de construcción y posterior permiso de funcionamiento.

## Norma Sanitaria

### **Capítulo I.** Disposiciones generales

**Artículo 1:** La ubicación, sondeos de pruebas, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos profundos destinados al abastecimiento de agua para el consumo humano, y el uso del agua proveniente de dichos pozos quedan sujetos a la vigilancia del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, a través de las dependencias responsables de las funciones de Ingeniería Sanitaria, de acuerdo a las disposiciones contenidas en las presentes Normas.

**Artículo 2:** A los efectos de estas Normas, se definen los términos siguientes:

Agua Potable: Estado del agua en que ningún elemento se encuentra presente en concentraciones suficientes que impidan su uso para el consumo humano.

Contaminantes: Elemento o agente de cualquier naturaleza que afecte y haga nocivo el uso del agua para consumo humano.

Pozo perforado: Obra de ingeniería destinada a captar las aguas subsuperficiales o subterráneas para ser elevadas total o parcialmente al sitio de utilización.

Agua de abastecimiento: Agua proveniente de una fuente que será destinada al suministro y el uso queda determinado por su calidad.

**Artículo 3:** No se permitirá el uso de pozos cuyas aguas se destinen para consumo humano. En aquellas poblaciones, áreas o lugares que se encuentren servidos por abastecimiento público de agua con capacidad y demás características que, a juicio de la autoridad sanitaria, permitan el suministro de agua requerido en calidad y cantidad adecuada.

### **Capítulo II.** De la conformidad sanitaria de perforación de pozos

**Artículo 4:** Para obtener la conformidad sanitaria para la perforación de pozos, o para la realización de sondeos o de perforaciones de prueba, 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.

**Artículo 5:** No se permitirá para el uso humano, las aguas provenientes de pozos existentes, perforados sin la previa aprobación del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, hasta tanto se compruebe, a satisfacción de dicha autoridad, que el pozo cumple con los requisitos señalados en estas Normas.

**Artículo 6:** Una vez recibida la solicitud, la autoridad sanitaria competente practicará una inspección al sitio propuesto para la perforación, en la cual se verificará la información suministrada por el interesado y que el sitio seleccionado cumple con los requisitos exigidos en las presentes Normas.

**Artículo 7:** De la inspección realizada se dejará constancia en acta levantada en el sitio, que será firmado por el interesado o quien lo represente y el funcionario sanitario autorizado para ejecutar la inspección.

**Artículo 8:** La conformidad que otorga la autoridad sanitaria competente para la perforación del pozo será por escrito, y en ella se hará constar la ubicación de la perforación y demás características que correspondan, así como los requisitos que para dicha perforación deberá cumplir, tanto la empresa encargada de la perforación como su propietario.

La autorización otorgada tendrá vigencia de seis (06) meses contados a partir de la fecha de la notificación. Vencido este plazo, la aprobación otorgada caducará, pudiendo los interesados solicitar la renovación correspondiente, la cual podrá ser otorgada si se mantienen las condiciones que permitieron la aprobación inicial.

### **Capítulo III.** Del control y funcionamiento de los pozos perforados

**Artículo 13:** El propietario de pozo o el encargado de su explotación, será responsable ante la autoridad sanitaria competente de las aguas que de él suministran cumplan permanentemente con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, así como de la cantidad de agua



suministrada a los usuarios. A tal fin, deberá practicar periódicamente aforos del pozo, captar las muestras necesarias para hacer exámenes bacteriológicos y análisis físico- químico y enviar copia de los resultados a la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 14:** La autoridad sanitaria competente determinará de acuerdo con los resultados obtenidos en los exámenes bacteriológicos y análisis físico - químicos de las aguas provenientes del pozo, el tipo y grado del tratamiento requerido y ordenará, de ser el caso, la elaboración del proyecto de las modificaciones a que hubiere lugar. los fines de su explotación, el propietario o encargado, será responsable tanto de las instalaciones del tratamiento requerido, como de su operación y mantenimiento.

**Artículo 15:** El propietario del pozo o el encargado de su explotación, deberá llevar permanentemente en la Hoja para Registro de la Operación, Funcionamiento y Mantenimiento de Pozo Perforado, el registro de la operación y funcionamiento del mismo, y de sus instalaciones y equipos, donde figure: Horas de bombeo por día, interrupciones en el servicio por cualquier causa, reparaciones y equipos, así como otra información que considere conveniente. Este registro será presentado a la autoridad sanitaria competente cuando ésta lo solicite.

**Artículo 16:** Mientras el pozo se encuentre en servicio, su propietario o el encargado de su explotación, quedará obligado a mantener sus instalaciones satisfactorias de operación de acuerdo con lo establecido en las presentes Normas.

**Artículo 17:** En cualquier tiempo la autoridad sanitaria competente podrá realizar actividades de vigilancia y control sobre los pozos activos de acuerdo a lo establecido con el Artículo 11 de estas Normas.

#### **Capítulo IV.** De los sitios para la ubicación de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable

**Artículo 18:** Los sitios seleccionados para la ubicación de pozos perforados, cuyas aguas se pretendan utilizar para consumo humano, deberán ser libres de toda fuente de contaminación, bien sea real o potencial. El sitio de ubicación del pozo deberá ser previamente aprobado por la autoridad sanitaria competente y cumplir con los requisitos exigidos en las presentes Normas.

**Artículo 19:** Los sitios para la perforación, deben estar ubicados en áreas o zonas no inundables. A este fin, el sitio de la perforación deberá quedar a una altura no menor de 60 cm por encima de la marca de agua más alta conocida de los alrededores.

**Artículo 20:** El terreno en el sitio de la perforación y en sus alrededores, no deberá presentar fisuras, grietas, fallas o cavernas que permitan el paso de agua superficial o subterránea que pueda contaminar los acuíferos que sean captados por el pozo.

**Artículo 21:** El terreno en el sitio de la perforación, deberá ser protegido para impedir la acumulación de aguas superficiales y otros residuos líquidos.

**Artículo 22:** Las distancias mínimas a mantener entre el sitio de la perforación y las fuentes existentes o potenciales de contaminación serán las siguientes:

- a) A plantas industriales, y de cualquiera de las unidades de que consta las plantas de tratamiento de aguas servidas: 30 m.
- b) A calles, linderos de propiedad de terreno, fundaciones y sótanos de edificaciones: 10 m, cuando se trate de pozos para abastecimiento público de agua y a 5 m, cuando se trate de pozos para abastecimiento particular.
- c) A otros pozos existentes de uso particular: 50 m, la distancia podría ser mayor a juicio de la autoridad sanitaria competente, cuando por interferencia de los conos de depresión se afecte la productividad del acuífero.
- d) A granjas avícolas o porcinas, establos, caballerizas, estercoleros y otras destinadas a la cría y/o al cuidado de animales: 100 m.

Los casos no contemplados en los apartes anteriores, serán resueltos por la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 23:** Los sitios en los alrededores del pozo perforado deberán estar cercados, con malla metálica de 1,80 m de altura como mínimo, dotada de puerta de acceso de 4 m de ancho, con la protección conveniente para que se mantenga cerrada para impedir el libre acceso de personas y animales.

Dentro del área cercada no se permitirá construcción de obra alguna que no sea la caseta del pozo u otras instalaciones de abastecimiento de agua.

Los terrenos, así delimitados, deberán tener fácil acceso por vía terrestre para permitir el mantenimiento, operación y reparaciones.

**Artículo 24:** No se permitirá la perforación de nuevos pozos en sitios donde la interferencia de conos de depresión afecte la producción de pozos autorizados y en explotación. La autoridad sanitaria competente, podrá permitir la perforación de pozos nuevos cercanos a pozos existentes autorizados y en explotación, cuando el interesado presente la documentación comprobatoria de que no se presentará interferencia, consistente en los respectivos estudios y pruebas de campo realizados por un profesional de la ingeniería.

**Capítulo V.** De la perforación, acondicionamiento, protección y limpieza de los pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable

**Artículo 25:** El diámetro de la tubería de revestimiento se seleccionará en función de la productividad y demás características del acuífero y del equipo de bombeo.

**Artículo 26:** La longitud ciega de la tubería de revestimiento dependerá del perfil geológico correspondiente, a juicio de la autoridad sanitaria, pero en ningún caso será menor de 10 m medidos a partir de la superficie del terreno.

**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 28:** La tubería de revestimiento será de un material capaz de satisfacer las especificaciones o normas nacionales vigentes y en su defecto las internacionales, como las de la ASTM, a juicio de las autoridades sanitarias competentes.

**Artículo 29:** La totalidad de la tubería de revestimiento deberá ser colocada dentro de la perforación, 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 esté centrada en la perforación. Las uniones entre los tubos serán del tipo de rosca y anillo o del tipo biselado para soldar o de otro tipo que satisfaga las especificaciones correspondientes al material empleado. La unión debe ser realizada sin dejar espacios abiertos que puedan producir fallas o colapsos en las mismas.

**Artículo 30:** El propietario o responsable del pozo y el alineamiento de la tubería de revestimiento. La tolerancia máxima en las desviaciones de la verticalidad del pozo será de 7 cm, por cada 10 m hasta la máxima profundidad prevista para la colocación de la bomba. El alineamiento del pozo debe ser tal que permita la libre colocación del equipo de bombeo, sin golpes, presiones, ni tensiones que no sean ocasionadas por el peso propio del equipo.

**Artículo 31:** El pozo deberá engranzonarse sólo cuando el tamaño del material del acuífero correspondiente al 40 % retenido sea menor de 0,025 cm ó 0,010 pulg.

**Artículo 32:** La empaadura de grasa deberá seleccionarse en función de la granulometría del acuífero, tomando como base el tamaño correspondiente al 70 % del material retenido. Este tamaño deberá ser de 4 a 6 veces mayor que el correspondiente al 70 % retenido del material acuífero. El coeficiente de uniformidad de la grava seleccionada deberá ser a 2,5.

**Artículo 33:** Cuando se requiere empaadura de grava, su espesor no deberá ser < 5 cm, 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 36:** El espacio anular entre la tubería de revestimiento y la perforación, comprendido entre la superficie del terreno hasta una profundidad de seis (06) m deberá sellarse en un anillo de protección de mortero de cemento en la proporción: 50 kilos de cemento por 20 l 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) cm. 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 m hasta incluir dichas formaciones en toda su extensión

**Artículo 38:** Cuando existan acuíferos cuyas aguas no deban ser captadas por razones sanitarias, dichos acuíferos serán sellados con carato de cemento inyectado a presión, de acuerdo con las instrucciones de la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 39:** Para la captación de las aguas de los acuíferos, podrá utilizarse tubería de revestimiento ranurada, rejillas o filtros especiales.

**Artículo 40:** Las rejillas o filtros a utilizarse, deberán ser de fabricación y material adecuado a las características químicas del agua. Las aberturas de estas rejillas o filtros, deberán ser seleccionadas en base a la granulometría del acuífero o del empaque de grava.

**Artículo 41:** Cuando la granulometría del acuífero no requiere engranamiento del pozo, las aberturas de la rejilla o de la tubería de revestimiento ranurada no deben permitir el paso de más del 60 % del material del acuífero

**Artículo 42:** Cuando la granulometría del acuífero requiera engranado, las aberturas de las rejillas y filtro de la tubería de revestimiento deben retener como mínimo el 90 % del empaque de la grava de filtro. Deben 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) cm como mínimo. Esta placa tendrá un espesor mínimo de cuarenta (40) cm, de los cuales veinte (20) cm sobresaldrán de la superficie natural del terreno y veinte (20) cm penetrarán por debajo del mismo nivel. La superficie de la placa tendrá pendiente del 2 % hacia la periferia de la misma. Los equipos deben protegerse de la intemperie y del acceso de personas y animales de acuerdo a lo establecido en el Artículo 23 de estas Normas. Las juntas entre la placa y las

tuberías de revestimiento, la de alimentación de grava y otras, deberán sellarse herméticamente.

b) El terreno circundante a la placa de concreto deberá condicionarse compactándolo debidamente y dándole pendiente hacia afuera para protegerla de la acumulación de las aguas superficiales y otros residuos líquidos.

**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.

## **Capítulo VI.** Del aforo y pruebas de bombeo

**Artículo 45:** Una vez concluida la perforación del pozo, el propietario o responsable del pozo procederá a la determinación de su producción o gasto (afora); a los fines de la presentación ante la autoridad sanitaria competente.

**Artículo 46:** Para determinar la producción del pozo, se bombeará previamente durante un tiempo no menor de 72 h; pasado este tiempo se bombeará a caudal variable, determinándose para cada roto de bombeo, el nivel que mantenga el acuífero. La curva de aforos se establecerá con no menos de cinco (05) puntos, definidos por los niveles de bombeo estables contra los correspondientes gastos aforados.

**Artículo 47:** De acuerdo con el artículo anterior la producción del pozo, se tomará igual o menor al 70 % de la máxima producción determinada de acuerdo al artículo 46.

**Artículo 48:** Cuando se requiere determinar el gasto disponible del pozo en forma más exacta a la indicada en el artículo 47, el pozo deberá bombearse a un caudal constante, determinando a intervalos regulares el nivel de agua en el mismo y en uno o varios pozos de observación. Las predicciones acerca del gasto disponible para el período de diseño se harán en base a las fórmulas de equilibrio o por el Método Gráfico de Theis u otro similar según sea el caso.

## **Capítulo VII.** Del equipo de bombeo para los pozos profundos

**Artículo 49:** La capacidad de bomba y la potencia del motor deberán ser suficientes para elevar el gasto de bombeo requerido, contra la carga dinámica máxima calculada.

**Artículo 50:** La eficiencia de la bomba no deberá ser menor del 65 %, salvo en casos justificados.

**Artículo 51:** Las bombas deberán instalarse a una profundidad que asegure una sumergencia total de la bota de succión para el máximo descenso del nivel de bombeo.

**Artículo 52:** Cuando el suministro de energía eléctrica presente fallas frecuentes, el propietario o responsable del pozo instalará una placa eléctrica de emergencia o un motor de combustión interna de capacidad y características adecuadas.

**Artículo 53:** La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba, más una potencia adicional del 15% para motores eléctricos y del 25% para motores de combustión interna, de acuerdo con el análisis de la curva de potencia de la bomba.

### **Capítulo VIII.** De las instalaciones adicionales requeridas en los pozos perforados

**Artículo 54:** Para el correcto funcionamiento de operación de los pozos y de las bombas respectivas se deberán instalar como mínimo, los siguientes dispositivos

- 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 pulg de diámetro para la captación de muestras, instalada sobre la tubería de descarga de la bomba.
- g) Dos (2) tuberías de 2 pulg de diámetro, como mínimo c/u, para la recarga de grava, dotadas con tapón.
- h) Tubería de ¼ pulg 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 pulg de diámetro como mínimo dotado de tapón enroscado, ubicado en la boca del fondo del pozo para introducir sonda eléctrica.
- i) Tubería de ½ pulg de diámetro para ventilación de la tubería de revestimiento, protegida con malla metálica de 16 hilos por pulg<sup>2</sup>.
- 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.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

El nivel de la investigación, que se llevó a cabo en el presente trabajo, fue una investigación de tipo descriptiva, ya que en el estudio se realizó la medición de variables independientes donde se observó y cuantifico la modificación de una o más características en un grupo, sin establecer relaciones entre éstas. Es decir, cada característica o variable se analizó de forma autónoma o independiente.

En este caso se hizo necesario realizar observaciones y mediciones al pozo para obtener los datos y parámetros hidrogeológicos.

#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación en concordancia con los objetivos planteados se corresponde con una investigación de campo apoyada en una investigación documental.

La investigación documental consistió en investigar y recopilar la información necesaria concerniente al pozo en estudio para generar el sistema de información del pozo N° 10 ubicado en el municipio Alberto Adriani del estado Mérida, por lo que se recurrió en su mayoría, a bibliografía encontrada por medio de informes de evaluación, ejecución y sondeos realizados al pozo.

Esta investigación persigue el fin de generar una base documental para las personas interesadas en el tema. Además, presentar los datos y análisis realizados.

Mediante la investigación de campo se pudo obtener información, datos hidrogeológicos del pozo, utilizando equipos como sondas, sensores, cinta métrica, cámara fotográfica entre otros; los cuales permitieron analizar la condición actual.

En cuanto a los paradigmas de la investigación se utilizó el enfoque cualitativo para describir los mecanismos de la planificación en función del cumplimiento de los aspectos técnicos y legales relacionados con los mecanismos de gestión y el enfoque cuantitativo para analizar los datos obtenidos en campo.



### 3.3. EQUIPOS Y MÉTODOS

#### 3.3.1. Sondeo eléctrico vertical para la perforación del pozo N° 10

- **Principio del método**

Dos electrodos son usados para energizar el suelo y dos electrodos para medir la diferencia de potencial.

La correlación entre la corriente inyectada, la diferencia de potencial medida y un coeficiente geométrico relativo a la disposición de los 4 electrodos determina el valor de la resistividad aparente en el sitio. Este valor de resistividad aparente corresponde a una cierta profundidad, función de la separación entre los electrodos (y configuración usada) y de la secuencia electroestratigráfica investigada.

Estos factores y los objetivos de investigación determinan la programación de la longitud o extensión del sondeo. Los datos de resistividad aparente que se obtienen en cada SEV se representan por medio de una curva bilogarítmica, en función de las distancias creciente entre electrodos.

El sondeo eléctrico vertical fue realizado para determinar la secuencia electroestratigráfica de la zona, con la finalidad de evaluar la distribución vertical de las capas y obtener una visión general del material a conseguir en el punto de perforación.

El método usado tipo Schlumberger permite transmitir una cantidad determinada de corriente eléctrica (con potencia de hasta 100 vatios y 1 amperio), a la vez permite calcular, en los electrodos receptores, el potencial que induce dicha corriente, es decir que se van a obtener mediciones de corriente y diferencia de potencial.

- **Equipo utilizado para la obtención de datos de campo**

El dispositivo tipo Schlumberger con extensión máxima de electrodos de corriente de  $AB/2$  de 300 m.

- **Fase de campo**

1. El SEV se realizó en la parte noroeste de la ciudad de El Vigía (Figura 3.1).
2. Se clavó una barra de hierro que se utilizó como punto central de SEV y del arreglo.
3. Se buscó un punto de orientación del arreglo para asegurar su linealidad.

4. Se midieron hacia ambos lados del arreglo las distancias en las que se ubicaron los electrodos de potencial M y N. Comenzando del centro del SEV mediante la cinta métrica, los cables se amarraron al fierro central.
5. Se instaló el Terrameter y después de unas cuantas lecturas se colocó el reforzador Terrameter, chequeando que el voltaje de la batería sea la adecuada.
6. Después de esto se procedió a la toma de datos conforme a la distancia  $AB/2$ , configurando el aparato para que nos diera 4 repeticiones de datos
7. Se anotaron los datos proporcionados por el dispositivo en el formato de registro de la información, procediendo a multiplicar por la constante K el promedio de las dos últimas lecturas para obtener la resistividad aparente en cada punto.
8. Inmediatamente después de anotar los datos, se graficaban los datos de resistividad aparente contra la distancia  $AB/2$  en la gráfica que se tenía anexa al formato esto para observar el comportamiento de los materiales a la resistividad. Durante esta etapa se realizó un control de calidad de los datos mediante la graficación de las mediciones obtenidas (repetiendo todas las medidas dudosas), factor que minimiza al máximo errores en las medidas y provee confianza en el resultado.



**Figura 47.** Ubicación relativa de los ondeos eléctricos verticales. Fuente: (Google Earth, 2012).

### 3.3.2. Perforación inicial del pozo N° 10

La Perforación inicial fue realizada por rotación, para la colocación del casing.

Fecha de inicio de perforación: 01 de diciembre de 2012.

Empresa de perforación: Inversiones JPK

Taladro de Perforación (Figura 3.2)

Marca Gardner Denver.

Modelo 14W.

- **Características operativas generales del taladro de perforación empleado:**
  - Perforación desde 0 hasta 150 m de profundidad.
  - Equipada con compresor y martillo de percusión para perforaciones en roca.
  - Equipada con bomba de lodo para perforaciones en suelos arcillosos y arenosos.



**Figura 3.2.** Taladro de perforación perteneciente a la empresa JPK. Fuente: [www.jpk.com](http://www.jpk.com).

- **Viscosidad del lodo de perforación. Prueba Marsh**

#### Principio del método

La prueba consiste en medir el tiempo requerido para que un cuarto de galón (946 ml) de lodo pase a través de un embudo y a continuación una taza el valor resultante. Este es un valor

cualitativo de la viscosidad del lodo y que es comparado con la viscosidad verdadera del fluido de perforación (Marsh, 1931).

#### Equipo utilizado

Embudo y cazo Marsh.

#### Método aplicado en campo

Procedimiento para la calibración:

1. Se tapó el extremo del embudo con un dedo y verter agua limpia a través del tamiz hasta que el nivel coincida con la base del tamiz.
2. Se sostuvo firme y recto el embudo sobre una jarra graduada con indicación de  $\frac{1}{4}$  de galón.
3. Se retiró el dedo del extremo y se midió con un cronómetro el tiempo que tomó en escurrir  $\frac{1}{4}$  de galón de agua a través del embudo. Este tiempo debe ser de 26 s que es la viscosidad embudo del agua.

Procedimiento realizado para la medición al fluido de perforación:

1. Se mantuvo el embudo en posición vertical hacia arriba tapando el orificio de salida con el dedo índice.
2. Se vertió una muestra de lodo fresco para ser ensayado a través de la malla hasta que el nivel del fluido alcance la parte inferior de la malla.
3. Se removió el dedo de la salida y se comenzó a medir el tiempo con un cronómetro. Usando una jarra graduada, se midió el tiempo para que el fluido llene  $\frac{1}{4}$  (946 ml) marcado en la jarra.
4. Se midió la temperatura del fluido en °C.
5. Se reportó el tiempo en segundos como viscosidad de embudo Marsh y se registró la temperatura del fluido.

### **3.3.3. Registro eléctrico del pozo N° 10**

- **Principio del método**

El registro eléctrico es el proceso que consiste en adquirir y registrar información geológica proveniente de la profundidad de la tierra.

Mientras se perfora un pozo de agua, se introducen unas sondas dentro el pozo para obtener datos que luego serán utilizados para generar una especie de gráfico conocido como registro.

La sonda de registro eléctrico es una sonda clásica con electrodos y componentes electrónicos que combinada con el agua del pozo arroja mediciones de resistividad de penetración poco profunda, media o profunda con auto-potencial.

Por medio del potencial espontáneo y la resistividad se puede obtener información acerca de las propiedades eléctricas de las rocas. El potencial espontáneo es un registro no inducido. El Potencial espontáneo de los materiales del subsuelo se origina en las células electroquímicas formadas por el contacto entre las arcillas, las arenas y el lodo de perforación, y como consecuencia del efecto electrocinético de los fluidos que se mueven a través de la zona permeable.

El potencial espontáneo se mide introduciendo un electrodo en el sondeo sin entubar, mientras que el otro electrodo se sumerge en un pozuelo excavado en la superficie y lleno de lodo de perforación. Se toman a hoyo desnudo.

La resistividad es un registro inducido. La resistividad es la capacidad que tienen las rocas de oponerse al paso de corriente eléctrica inducida y es el inverso de la conductividad. La resistividad depende de la sal disuelta en los fluidos presentes en los poros de las rocas. Proporciona evidencias del contenido de fluidos en las rocas.

El registro eléctrico fue realizado para determinar las capas permeables, porosidades y límites de los estratos, con la finalidad de obtener el diseño definitivo del pozo.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

- **Equipo utilizado para la adquisición de datos de campo**

Sonda clásica con electrodos.

- **Fase de campo**

El trabajo se comenzó el día 12 de marzo de 2013.

1. En el pozo perforado según las recomendaciones obtenidas por los resultados interpretados del sondeo eléctrico vertical y una vez alcanzada la profundidad requerida se ejecutó el registro eléctrico, para efectuar la debida correlación de las muestras en el pozo y definir los principales intervalos acuíferos; con esta información se decidió en el sitio, el diseño definitivo del pozo: profundidad y diámetro final.
2. Se procedió a introducir la sonda dentro del pozo para obtener los datos que luego serán utilizados para generar una especie de gráfico conocido como registro.
3. El registro se realizó en sentido ascendente, es decir, desde el fondo hasta la superficie.

#### 4. Diseño y construcción del pozo N° 10.

- **Principio del método**

El diseño del pozo comprenderá la determinación del diámetro de perforación definitiva, diámetro y profundidad de la tubería de revestimiento, longitud, ubicación y tipo de tubería de captación, selección del empaque de grava, protección sanitaria y eventuales cementaciones. En todos los casos rigiéndose por las norma Covenin 589-79 correspondiente al código de práctica para la construcción de pozos de agua, y por la normativa venezolana para la Construcción Operación y Mantenimiento de Pozos destinados al abastecimiento de agua potable de gaceta Ordinaria N° 36298 del 24/09/1997.

- **Fase de campo**

Una vez terminada la perforación inicial, se comenzó la perforación con las diferentes mechas hasta ampliar a 24''. En esta fase se presentó inconvenientes en cuanto a la soltura del material lo que requirió mayor cantidad de bentonita y de arcilla teniendo que realizar gran cantidad de repases.

Una vez preparado el hoyo se inició el entubado con la camisa de 16''; sin embargo, al llegar a los 30 m se movió una roca que no permitió el pase de los tubos, se extrajeron y se realizó un nuevo pase, pero la protuberancia de la roca desvió la mecha y pasó sin desgastarla, en este proceso se presentó el movimiento de otra roca en la base del casing que al sustraer la mecha la desvió doblando la punta del mismo perdiéndose la circunferencia.

Este nuevo problema obligó a adquirir y colocar un nuevo tubo de 24'' con un espesor de 10 mm y una longitud de 14,5 m, con el cual se logró recuperar el hoyo en el casing, pero condicionando el diámetro del mismo.

Para evitar la pérdida del hoyo se analizó modificar el diámetro de la camisa realizando un repase total al hoyo en 22''.

Por lo que se plantea la posibilidad de entubarlo a 12''. Al respecto se hacen los siguientes comentarios:

- La producción potencial de un pozo no depende de su diámetro: un pozo de 16'' y un pozo de 12'' pueden tener la misma capacidad. La diferencia entre los dos es que en el primero se puede colocar una bomba de mayor diámetro (y por lo tanto de mayor capacidad) que el segundo.
- En un pozo de 12'' se puede colocar una bomba de 8'', la cual puede extraer más de 80 l/s, lo cual supera ampliamente la producción esperada del pozo N° 10. A título de

ejemplo, todos los pozos del proyecto de soya de la Mesa de Guanipa ha sido revestido a 12'' y tienen producciones entre 60 y 100 l/s.

- En conclusión, el entubado a 12'' del pozo N° 10 es justificado y factible, y que no afectará la capacidad de producción del mismo.

### **3.3.4. Estudio de eficiencia y prueba de bombeo del pozo N° 10**

- **Principio del método**

A continuación se reseñan los principios de las pruebas de campo que se aplicaron en el pozo N° 10 del El Vigía con la finalidad de caracterizar su comportamiento dinámico.

Las pruebas de bombeo: La ejecución de la prueba de bombeo a caudal escalonado. Los ensayos de bombeo, en sus múltiples variantes son las principales herramientas que se disponen para el estudio del comportamiento de pozos, predicción de caudales y descensos futuros, y obtención de valores representativos de las características de los acuíferos.

Prueba de caudal escalonado: Es una prueba que permite estimar el rendimiento del pozo; este tipo de ensayo permite determinar entre otras cosas: el caudal de explotación del pozo, la ecuación del pozo, la curva característica y la eficiencia del pozo.

Para realizar esta prueba se requiere referir todos los abatimientos o descensos a un mismo tiempo de bombeo, por ejemplo a una hora. Los caudales escalonados deben ser lo suficientemente contrastados.

El estudio de eficiencia y prueba de bombeo fue realizado para determinar los parámetros hidrogeológicos del acuífero (trasmisividad y coeficiente de almacenamiento), la eficiencia y el estado actual del pozo, con la finalidad de estudiar la viabilidad de incrementar el rendimiento del pozo.

- **Equipo utilizado para la adquisición de datos de campo**

Una sonda eléctrica de medición de niveles, marca SEBA.

Un "mini Driver" de registro de presión.

Un tambor de 220 l para aforar.

GPS, cinta métrica, cronómetros, escuadra de aforos y libreta de campo.

Bomba sumergible.

Programa empleado: Software GWW.

- **Fase de campo**

Los trabajos realizados se iniciaron el día 15 de octubre del 2013.

1. Primero se procedió a la calibración de la válvula.
2. Luego se realizó el aforo con caudal variable (prueba escalonada de 3 h).
3. Se realizó la recopilación de información.
4. Levantamiento de coordenadas UTM del pozo y datos de campo.

### **3.3.5. Creación del blog como sistema de información del pozo N° 10**

- **Principio del método**

El blog es un sitio Web que permite la divulgación rápida de ideas e información. Los blogs contienen entradas con fecha y que se muestran en orden cronológico inverso. Las personas pueden realizar comentarios sobre sus entradas, así como proporcionar vínculos a sitios interesantes, fotografías o blogs relacionados.

- **Equipo utilizado**

Subsistema físico hardware.  
Subsistema lógico software.  
Subsistema de datos.

- **Método aplicado**

#### **1. Creación de una cuenta Google**

Para crear el blog se procedió a escribir <http://www.blogger.com> en la barra de direcciones del navegador. Ver Figura 3.3.

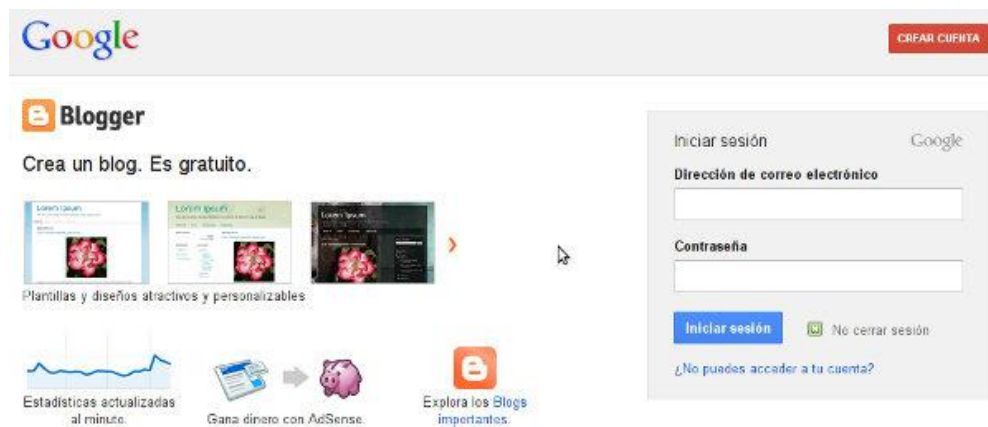
Luego se creó una cuenta de Google haciendo clic en el botón rojo de la parte superior derecha. Entonces apareció un formulario el cual se rellenó.

#### **2. Creación del blog**

Una vez creada la cuenta de google se volvió a la página de Blogger y se introdujo los datos en el campo de texto (dirección de correo electrónico vale como el nombre de usuario y la



contraseña creada) y a continuación se entró al escritorio del blogger, donde se controló el blog de manera eficaz. Para crear el blog, se pulsó el botón nuevo blog (Figura 3.4).



**Figura 3.3.** Acceso a Google para crear un blog



**Figura 3.4.** Botón para crear el nuevo blog

A continuación se abre la ventana mostrada en la Figura 3.5. En este breve formulario se procedió al llenado con tres cosas: el título del blog, la dirección y la plantilla.

El título para el blog fue el siguiente: Sistema de Información del Pozo 10 de la ciudad de El Vigía. Este título se puede cambiar una vez creado el blog.

La dirección del Blog es lo que técnicamente se llama URL. Es importante que la dirección sea corta y siempre con letras minúsculas, si caracteres especiales como tildes o eñes, y sin huecos en blanco. La dirección suele ser el nombre del blog, en nuestro caso es: Sistemadeinformacióndelpozo10, al que se le añade la parte que incluye la URL de Blogger: .blogspot.com. Al final quedó de la siguiente forma: <http://sistemadeinformacióndelpozo10.blogspot.com>


✕

Lista de blogs > **Crear un nuevo blog**


Título

Dirección    
 Esta dirección de blog está disponible.


Plantilla




Sencillo




Vistas dinámicas




Picture Window



Fantástico, S.A.



Filigrana

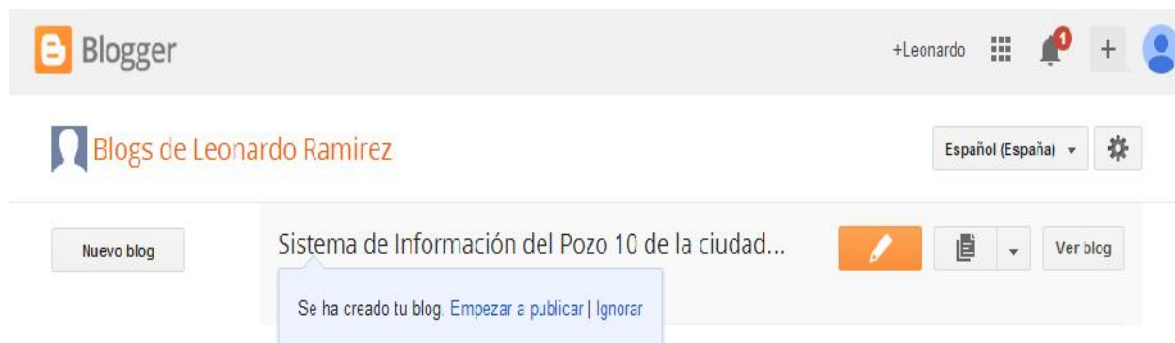


Etéreo

Puedes ver muchas más plantillas y personalizar tu blog más tarde.

**Figura 3.5.** Edición del título, dirección url y plantilla del blog

Por último se escogió una plantilla. Una vez completado el formulario, se pulsó el botón crear blog. Luego apareció un enlace al blog dentro del escritorio de Blogger (Figura 3.6).



**Figura 3.6.** Titular del blog y confirmación de su creación

Luego se despliega una pestaña que dice se ha creado tu blog y hace la invitación para crear una entrada, que es lo que se llama el contenido del blog. Pero primero se configuró el blog antes de crear las entradas.

Hasta este punto se pudo dar clic al botón ver blog y allí se observó la creación colgada en la red, aunque sin contenido por los momentos.

### 3. Acceso al blog como creador para ingresar entradas o contenido

Se puede acceder de dos formas la forma más sencilla es ir a la página principal de Blogger e iniciar sesión con el nombre de usuario y contraseña (Figura 3.7). Cuando se hace clic en el enlace iniciar sesión, nos envía al escritorio del blog.

El formulario de inicio de sesión de Blogger muestra el texto "Iniciar sesión" en la parte superior izquierda y el logo de "Google" en la parte superior derecha. Debajo hay un campo de entrada etiquetado "Dirección de correo electrónico" y otro etiquetado "Contraseña". En la parte inferior izquierda hay un botón azul que dice "Iniciar sesión". A la derecha del botón hay una casilla de verificación con el texto "No cerrar sesión". En la parte inferior izquierda del formulario hay un enlace que dice "¿No puedes acceder a tu cuenta?".

**Figura 3.7.** Acceso e inicio de sesión al blog

La otra forma de ingresar es escribir, en la barra de direcciones del navegador, la dirección completa del blog como, por ejemplo, <http://sistemadeinformaciondelpozo10.blogspot.com>. En este caso, se accede directamente al blog, y se verán unos enlaces en la parte superior del blog. Hay que hacer clic en acceder, que está en la parte derecha, y entonces se llega a la página principal para incluir los datos.

Si se está conectado a Blogger en el navegador aparecerán otros enlaces para entrar directamente a nuestro blog.

Los visitantes verán el nuevo blog escribiendo su dirección o URL en la barra de direcciones del navegador.

#### 4. El panel de control o escritorio

El botón de color naranja nos permite crear nuevas entradas, luego le sigue un botón con una flecha que permite ir a la lista de entradas, acceder a las secciones de la administración.

#### 5. Configuración rápida de las opciones

Se procedió a hacer clic en el nombre de nuestro blog dentro del escritorio, luego se paso a la zona de la administración del blog. El blog tiene como todos los gestores de contenido, la parte privada de la administración, donde se escriben las entradas, se configura el blog y se modifica el diseño. La estructura la administración del blog está dividida en varias secciones, que se encuentran a la izquierda de la administración.

Antes de comenzar a escribir en el blog, se realizó unos pocos cambios en la configuración, que se realizó pulsando en la sección Configuración.

Debajo de la sección Configuración aparecen las distintas partes con sus opciones, pero de entrada ya estamos en la opción llamada Básico.

Ahora se hace un análisis breve de todas las opciones de la configuración (Figura 3.8).



**Figura 3.8.** Opciones de configuración

## A. Básico:

- **Título:** Es el título del blog que se puede modificar pulsando **Editar**.
- **Descripción:** Es una descripción del blog, que aparecerá debajo del título en la cabecera del blog.
- **Dirección del blog:** La dirección del blog también se puede modificar siempre que esté disponible la nueva URL o dirección web.
- **Autores del blog:** Podemos añadir más autores a nuestro blog enviándoles una invitación a sus cuentas Gmail, donde recibirán un mensaje de email con un enlace al blog. Al principio tendrán la categoría de Autores, es decir, podrán publicar y modificar sus entradas del blog, pero no podrán realizar labores de administración a menos que el creador del blog les dé privilegios. Como administradores.
- **Lectores del blog:** Se puede editar esta opción de forma que el blog sea visible para cualquiera, sólo para sus autores o para los lectores que se elijan.

## B. Entradas:

- **Mostrar un máximo de 10** entradas en la página principal, que es un número adecuado para no cargar la portada con muchas entradas. Cuando su número sobrepase el de 10, aparecerá otra página a la que se accederá con un enlace que hay en la parte inferior de la página.
- **La plantilla de entrada** es cualquier código HTML que queramos incluir en todas las entradas sin necesidad de repetirlo.
- **Mostrar imágenes en lightbox:** Esto es como un pase de diapositivas que se crea cuando se hace clic en cualquier imagen de la entrada del blog, y muestra todas las imágenes de esa entrada.

## 6. Configuración de las entradas del blog

Una vez configurado el blog a nuestro gusto, se puede cambiar el diseño para ello se pulsa en la sección Diseño del menú lateral de la administración, y aparecerá una especie de esquema del blog que se creó (Figura 3.9).

En la parte superior derecha se encuentran los botones que se utilizan cuando se modifique alguna parte del diseño, sobre todo el botón naranja **Guardar disposición**. Más abajo está el enlace al **Diseñador de plantillas**, pieza clave que se analiza más adelante. A continuación se tienen varias secciones, encerradas en cuadros blancos, que se pueden modificar:

1. **Favicon:** Es el pequeño icono representativo del blog que se ve en las barras de los navegadores y en las pestañas cuando alguien está visitando el blog. Para personalizar el blog se pulsa Editar.
2. **Barra de navegación:** Es la barra más superior que se ve en nuestro blog y en todos los de blogger. Aquí podemos cambiar su aspecto tras pulsar en Editar.

3. Cabecera: Es parte superior de nuestro blog donde aparece el título y la descripción, que se pueden cambiar en cualquier momento. También se puede incluir una imagen propia, pero habrá que tener cuidado de que no sea demasiado grande, y para su ubicación tenemos cuatro opciones.
4. Entradas del blog: Se trata del diseño de todo lo que hay alrededor de las entradas de nuestro blog, y lo analizaremos a continuación.
5. Añadir un gadget: Los gadgets son pequeños módulos generalmente de carácter informativo que añadimos al lateral o al pie del blog, y los veremos más adelante.
6. Attribution: En la parte inferior del esquema del diseño se encuentra esta sección que hace referencia a la licencia con la que publicamos todo el contenido de nuestro blog.



**Figura 3.9.** Esquema del blog creado

## 7. Creación de entradas y páginas (Figura 3.10)



**Figura 3.10.** Opción para crear nuevas entradas y páginas

En esta sección se verá como incluir entradas, páginas estáticas y comentarios en el blog. Cada uno de estos contenidos tiene su forma de acceder a su creación:

1. **Entrada:** Se crea pulsando el primer botón superior del menú izquierdo de la Administración: Entrada nueva, pero también pulsando el botón que incluye el icono de un lápiz en el menú superior y en el Escritorio. En el menú izquierdo también está la sección Entradas, que es donde se ve la lista de todas las entradas publicadas en el blog.
2. **Página:** Se crea en la sección Páginas del menú lateral, en la parte superior, donde está el botón Página nueva. Se pulsa y se escoge la opción Página en blanco.
3. **Comentarios:** Se crea en la entrada o la página del blog donde está el formulario para los comentarios. En la sección Comentarios del menú lateral se encuentran las listas de los comentarios publicados, de los que están en espera de aprobación y de los comentarios *spam* o no deseados.

Tanto las páginas como las entradas tienen el mismo interfaz para crearlas, que se estudia a continuación.

## 8. Incluir contenidos en una entrada

La inclusión de texto en las entradas y las páginas estáticas del blog suele resultar sencillo, porque se hace como en un procesador de textos, si bien los editores basados en programación web no tienen tantas opciones como los procesadores de texto que se incluyen en las aplicaciones ofimáticas de escritorio. Por ejemplo, no se puede incluir texto en más de una columna a no ser que se usen tablas HTML, pero no es conveniente su uso.

Una vez pulsado uno de los botones para crear una nueva entrada, aparece el formulario de la imagen inferior para elaborarla (Figura 3.11). En el centro se tiene el editor donde se escribe el texto y se insertan otros elementos como, por ejemplo, imágenes o videos. Rodeando al texto se encuentran los siguientes elementos, que se dividieron en franjas coloreadas

**Barra superior**, con el borde de color verde en la imagen:

- **Título de la entrada:** Es el campo de texto donde se escribe el título de la entrada.
- **Publicar:** Botón que se pulsa cuando se quiere publicar la entrada. Cuando la entrada ya está publicada y se edita para modificarla, aquí aparecerá el botón **Actualizar** para guardar los cambios, y a su lado veremos el botón **Restablecer a borrador** para que deje de estar publicada.
- **Guardar:** Botón que se pulsa cuando se quiere guardar la entrada en borrador.
- **Vista previa:** Botón que se pulsa cuando se quiere ver la entrada antes de publicarla o guardarla.
- **Cerrar:** Botón que se pulsa cuando se quiere salir de esta sección sin guardar nada.



**Figura 3.11.** Inclusión de contenidos en una entrada

**Barra de herramientas**, con el borde de color rojo en la imagen:

- **Redactar:** Es la parte del editor donde se escribe como si fuera un procesador de textos, y se puede formatear el texto con los botones de la barra de herramientas.
- **HTML:** Cuando se pulsa este botón, aparece la parte donde se encuentra el código fuente del texto, es decir el código HTML que subyace en todo documento web.

**Lateral**, con el borde de color azul en la imagen:

- **Etiquetas:** Consisten en palabras o expresiones separadas por comas que definen y clasifican las entradas. Estas etiquetas *otags*, según la jerga, aparecerán debajo de la entrada e irán enlazadas a una página donde se verán todas las entradas que tienen esa etiqueta incorporada. También las podemos incluir en el lateral del blog mediante el *gadget* llamado **Etiquetas**. Cuando pulsamos la palabra Etiquetas en este formulario, se abre un cuadro donde se pueden escribir las palabras o incluir algunas de las que ya tenemos en el blog pulsando sobre ellas.
- **Programar:** Si pulsamos esta palabra, accederemos a un pequeño formulario donde podremos **Establecer fecha y hora** para que se publique nuestra entrada, o dejar la opción como **Automático**, para que se publique cuando pulsamos el botón **Publicar** de la barra superior.
- **Ubicación:** Opción con la cual podemos ubicar geográficamente la entrada. Cuando se pulsa en esta palabra, se escribe el nombre de una localización en el campo de texto que aparece, y el buscador la encuentra. Cuando pulsamos el botón **Finalizado**, se guardará esa ubicación y aparecerá debajo de la entrada del blog.
- **Opciones:** Aquí se agrupan otras opciones para permitir los comentarios de los lectores o los enlaces de retroceso. Además, es conveniente dejar como están las opciones **Modo de redacción** y **Utilizar <br> etiqueta**.



[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

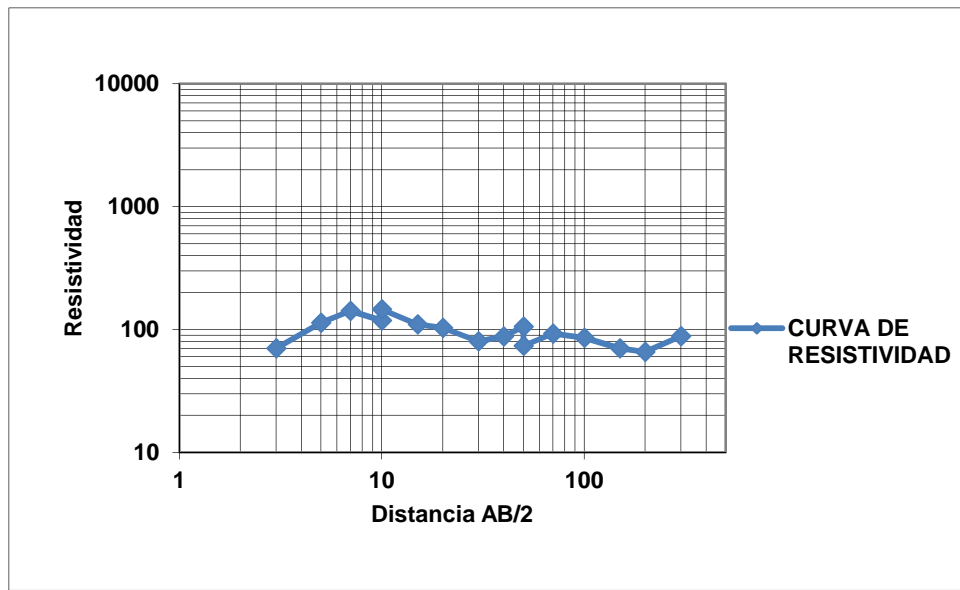
#### 4.1. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV) PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO N° 10

De acuerdo a los datos obtenidos en campo, de corriente y diferencia de potencial, se realizó el cálculo de las resistividades que se encuentran en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Datos obtenidos del SEV en campo

AB/2	MN	K	AV	I	Resistividad (V/I)*K
3	2	12,5	2,25	0,4	70,3125
5	2	37,7	1,2	0,4	113,1
7	2	75,4	0,75	0,4	141,375
10	2	155,5	0,305	0,4	118,56875
10	5	58,9	0,99	0,4	145,7775
15	5	137,5	0,32	0,4	110
20	5	247,5	0,167	0,4	103,33125
30	5	562	0,057	0,4	80,085
40	5	1001	0,035	0,4	87,5875
50	5	1567	0,027	0,4	105,7725
50	20	377	0,078	0,4	73,515
70	20	754	0,049	0,4	92,365
100	20	1555	0,022	0,4	85,525
150	20	3520	0,008	0,4	70,4
200	20	6267	0,0042	0,4	65,8035
300	20	14121	0,0025	0,4	88,25625

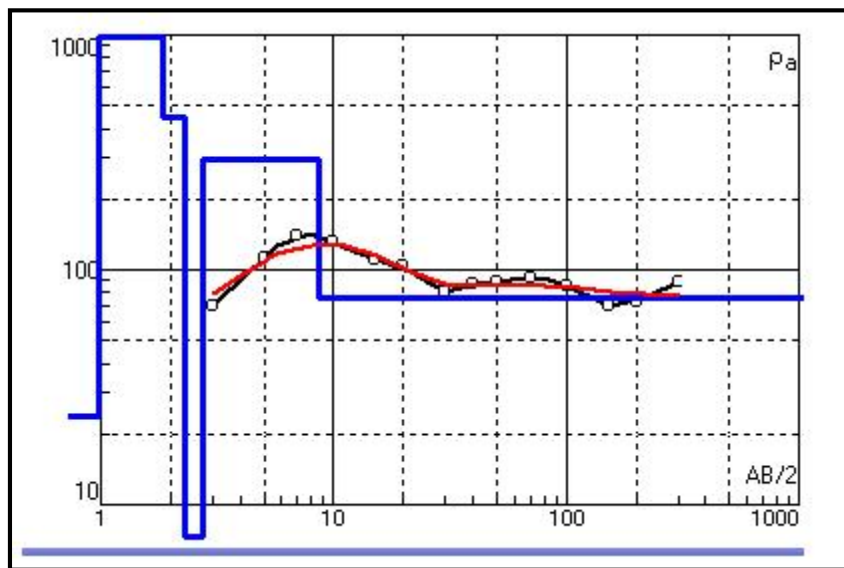
Con los valores obtenidos de resistividad se realizó el gráfico correspondiente utilizando la aplicación distribuida por Microsoft Office (Microsoft Excel) para hojas de cálculo, el cual se observa en la Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Curva de resistividad en función de la Distancia AB/2

La gráfica de la interpretación del sondeo se observa en la Figura 4.2, en ella se muestran los datos de la resistividad de los materiales contra los diversos valores de AB/2. La curva del SEV permitió determinar la presencia de capas favorables para la acumulación de agua.

Paralelo a la grafica se obtuvieron los datos de los modelos de capas encontrados, las cuales se observan en la Tabla 4.2.



**Figura 4.2.** Gráfico de la interpretación del sondeo eléctrico vertical (Resistividad .m vs. AB/2)

**Tabla 4.2.** Modelos de capas

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Resistividad ( .m)</b>
0 – 0,84	41
0,84 – 1,14	53,4
1,14 – 2,5	904
2,5 – 7,5	23,3
7,5 – 11,6	456
116 - >	75

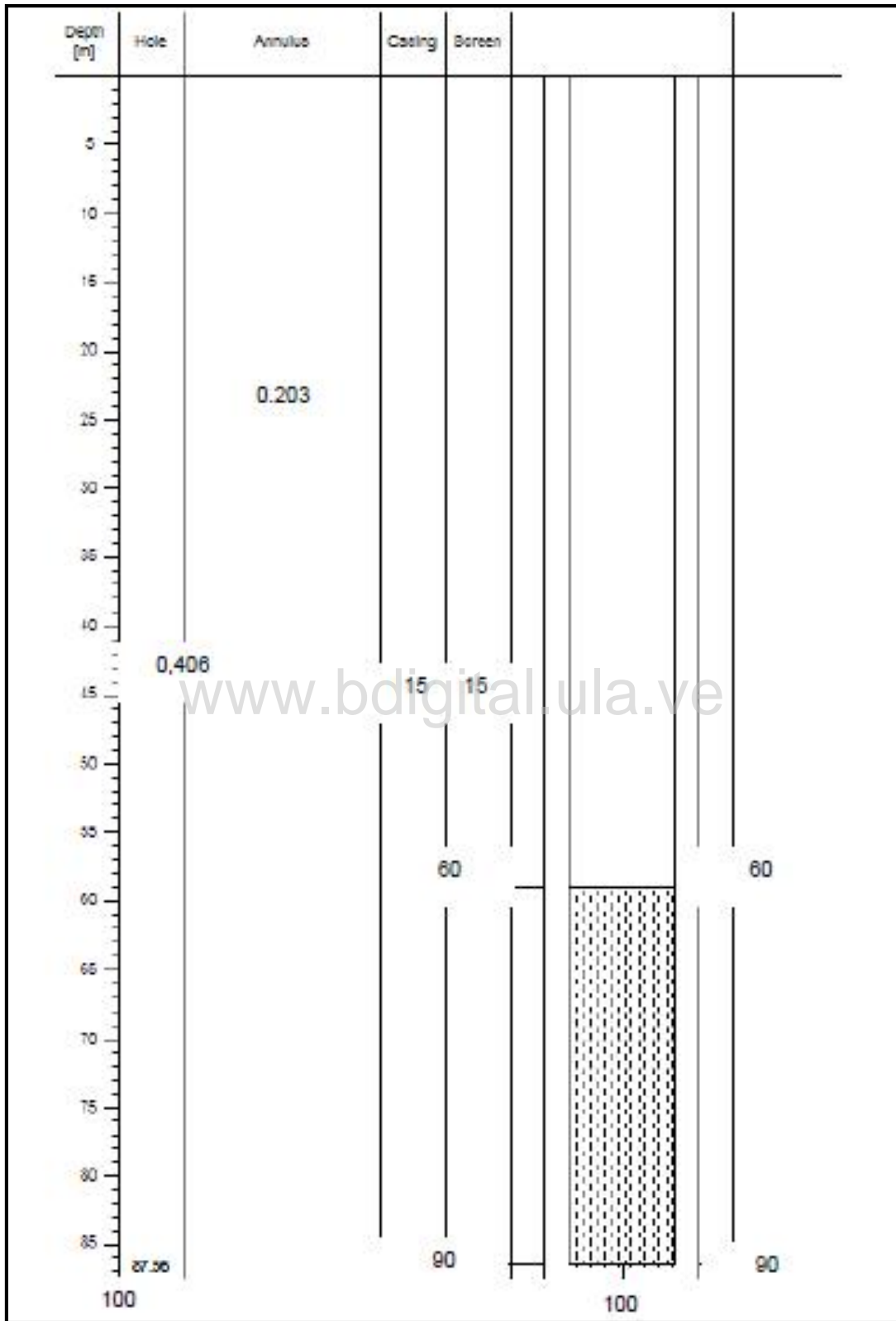
La primera capa: (0 – 1,5) m corresponde a la capa vegetal, seguida por una capa de material grueso (cantos rodados) que va aproximadamente entre los (1,5 – 12) m y por debajo de los 12 m hasta > 100 m se encuentra el acuífero con intercalaciones gravas y arenas saturadas.

De acuerdo a estos resultados se tiene que el nivel freático se encuentra a los 12 m con presencia de material grueso (cantos rodados), y el acuífero se encuentra a partir de los 12 m hasta 150 m, aproximadamente, con presencia de arenas y gravas en toda la longitud evaluada por el SEV.

Con base en lo interpretado del sondeo eléctrico vertical, se recomienda perforar con un equipo de rotoperforación, debido a la presencia de cantos rodados hasta una profundidad de 12 m.

A continuación se presenta un diseño preliminar del pozo (Figura 4.3), sujeto a cualquier modificación al concluir el sondeo exploratorio.

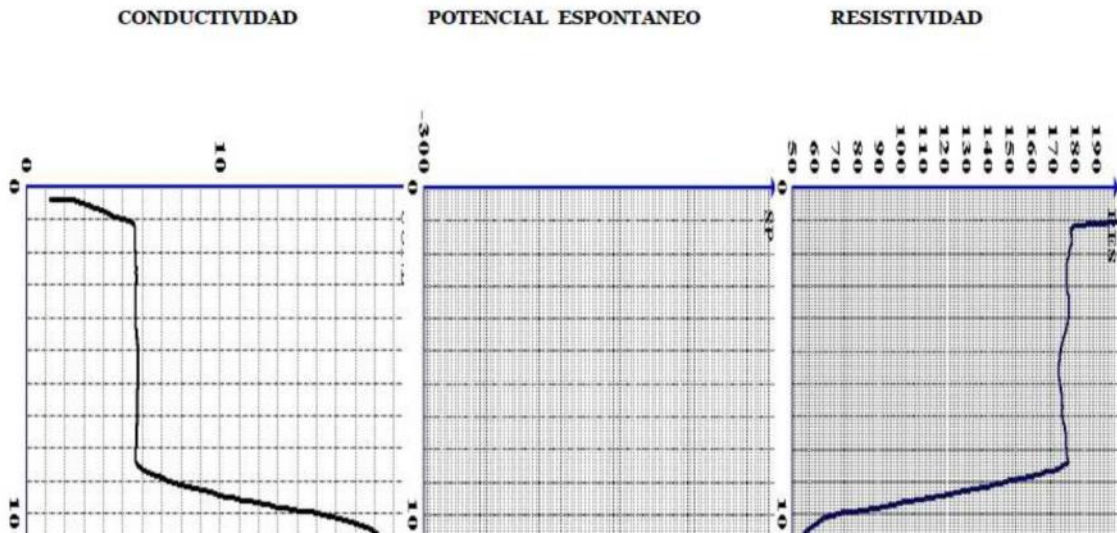
1. Profundidad total: 100 m.
2. Diámetro de perforación: 24 pulg.
3. Diámetro de revestimiento: 16 pulg.
4. Doble casing:
  - El primero de 6 m – 26 pulg .
    - para evitar derrumbes superficiales por material suelto y alto nivel freático de agua subsuperficial.
  - El segundo 15 m – 24 pulg .
    - para evitar derrumbes más profundos durante la perforación.
5. Sello sanitario 15 m.
6. Ubicación de la rejilla: entre los 60 y 90 m.



**Figura 4.3.** Diseño preliminar del pozo

## 4.2. REGISTRO ELÉCTRICO DEL POZO N° 10

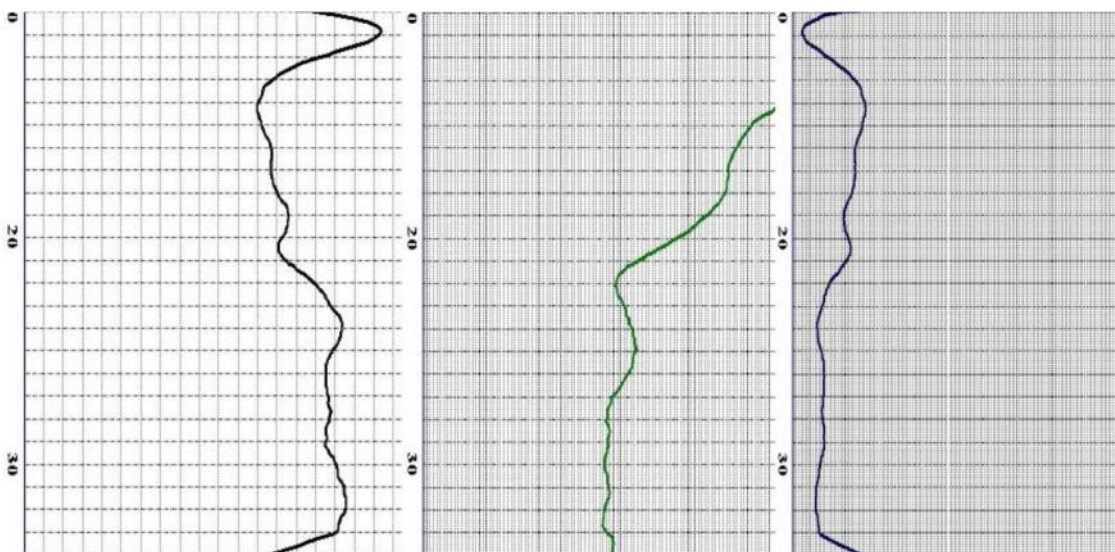
A continuación, en la Figura 4.4, se presentan los resultados de los registros eléctricos arrojados por el pozo N°10.



**Figura 4.4.** Registro eléctrico del pozo N° 10

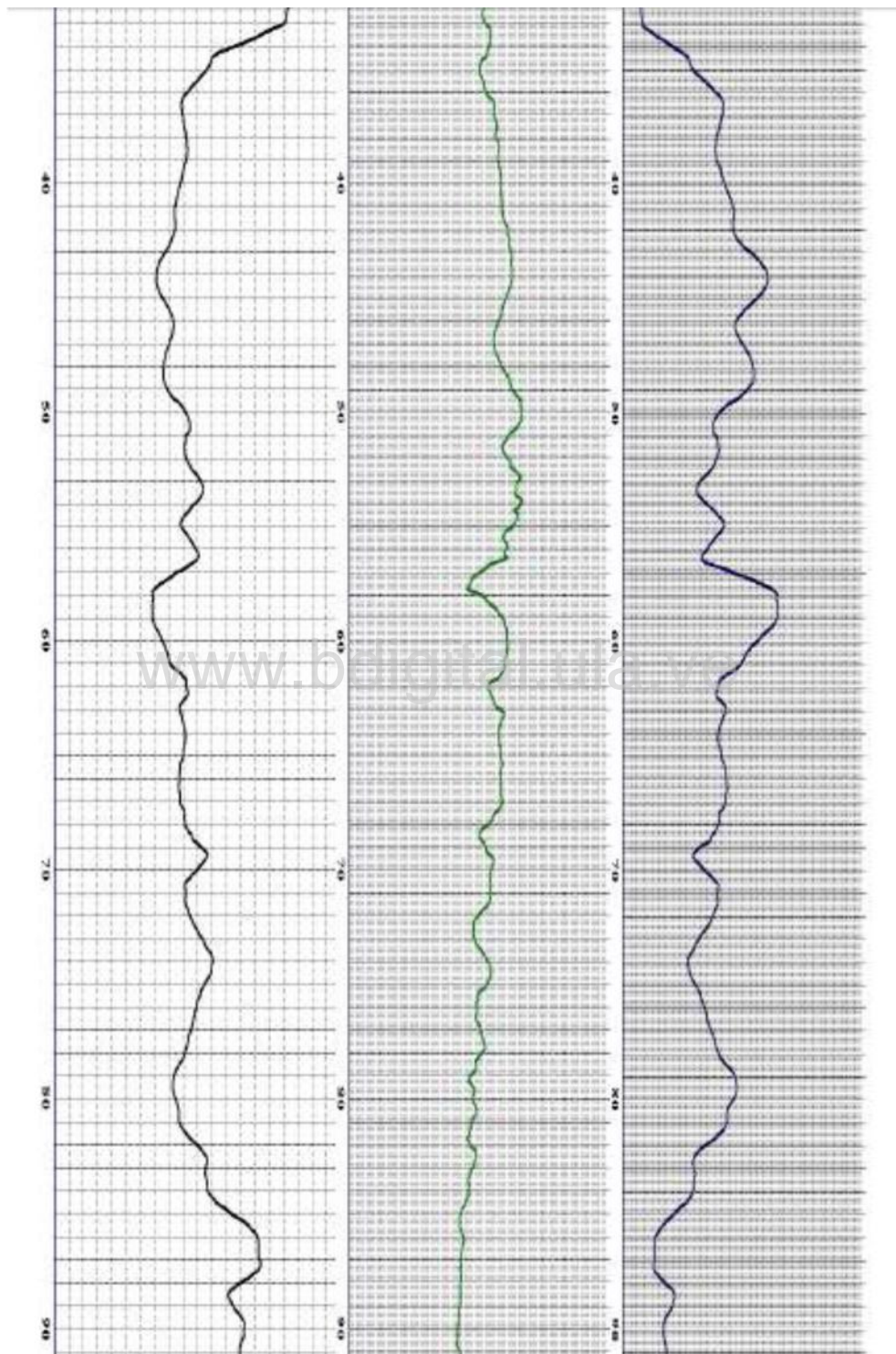
En segmento del registro presentado en la Figura 4.4 se observa que de 0 a 5 m se encuentra presencia de capa vegetal, mezclada con arcilla y arena fina.

A continuación, tal como se muestra en la Figura 4.5, se encuentra una capa de 25 m de cantos rodados con presencia de arcilla.



**Figura 4.5.** Segundo segmento del registro eléctrico

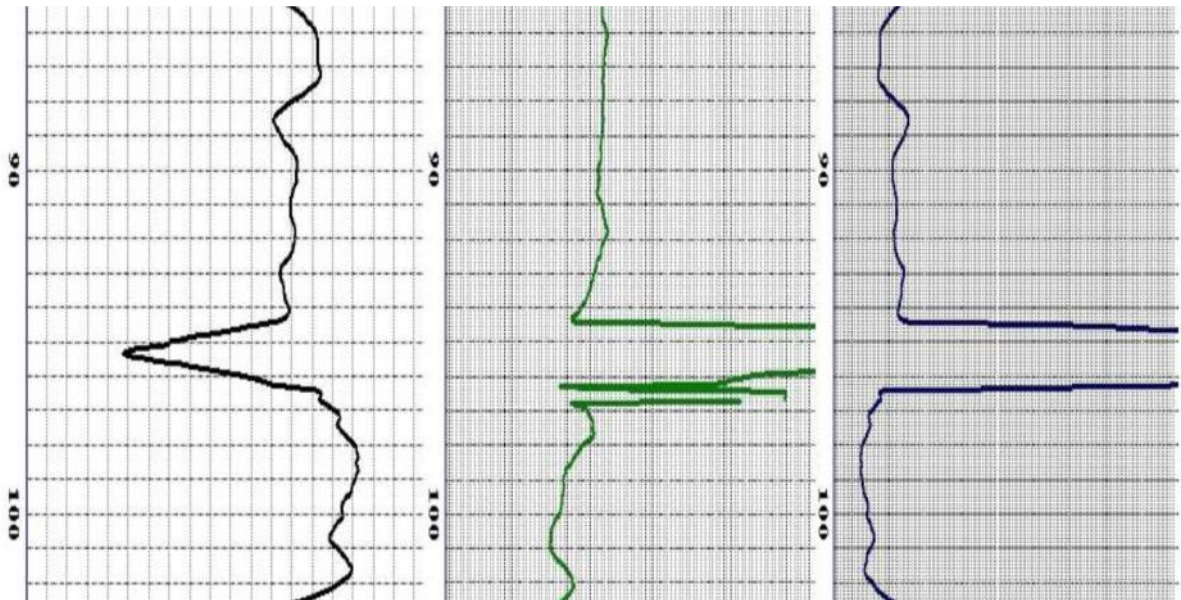
De los 35 a 85 m hay una capa permeable de 50 m de espesor compuesta principalmente por gravas. Ver Figura 4.6.



**Figura 4.6.** Registro eléctrico del estrato rico en grava



En la Figura 4.7 se observa el registro de un error, producto de la sonda utilizada.



**Figura 4.7.** Error del registro producto de la sonda

Debido al error producto de la sonda, se puede inferir que el estrato saturado corresponde a 77 m. En resumen se tiene que de acuerdo a los registros observados anteriormente, se determinó:

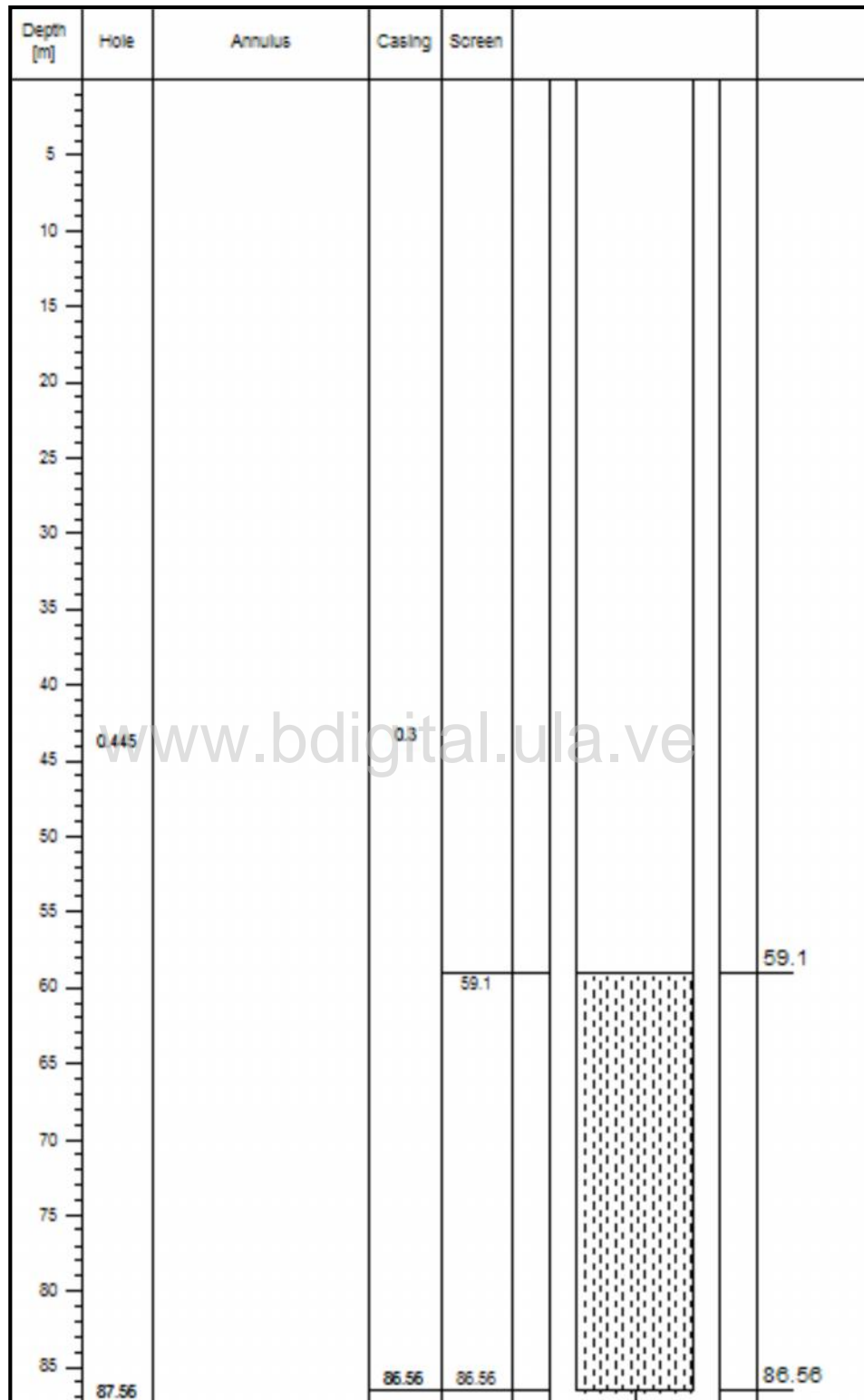
- 1) La presencia de 77 m de capa saturada.
- 2) El nivel freático se encuentra a los 7 m con presencia de material grueso (cantos rodados).
- 3) Con base en lo interpretado del registro eléctrico, se recomienda el siguiente diseño de pozo, mostrado en la Figura 4.8.

### **4.3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL POZO N° 10**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el registro eléctrico se elaboró el diseño definitivo del pozo, el cual comprende la determinación del diámetro de perforación definitiva, diámetro y profundidad de la tubería de revestimiento, longitud, ubicación y tipo de tubería de captación (ver Tabla 4.3).

En la Prueba Marsh, se obtuvo un tiempo de flujo de 35 s.





**Figura 4.8.** Diseño del pozo N° 10

**Tabla 4.3.** Diseño final del pozo N° 10

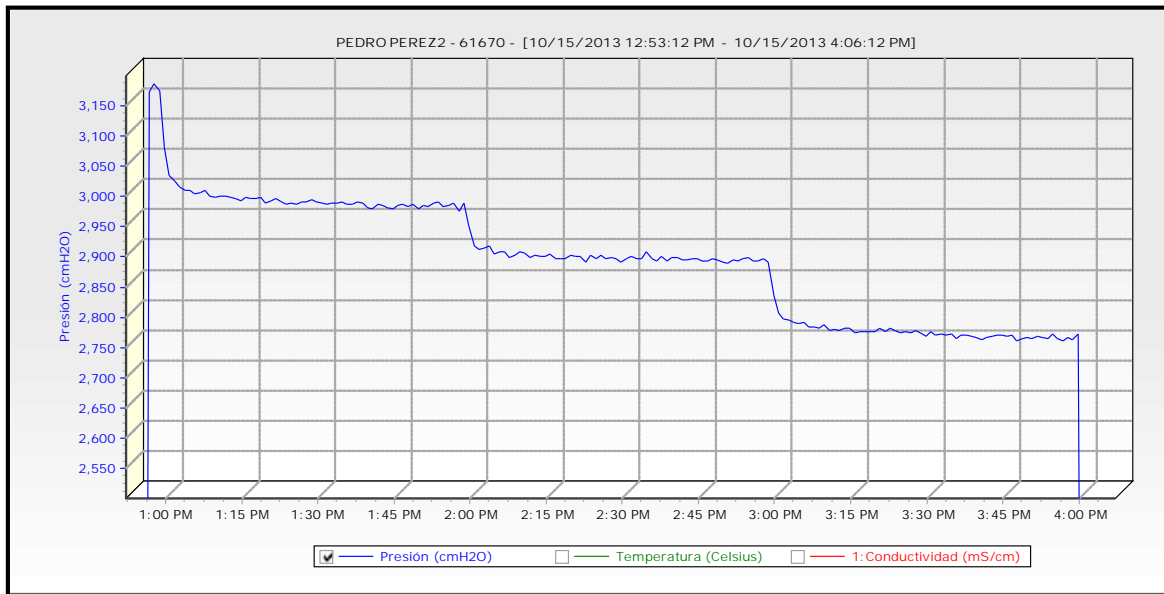
CANTIDAD DE TUBOS	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	DISEÑO	LONGITUD DE TUBO	OBSERVACIONES
1	ARCILLA CON ARENA		6	
2	ARCILLA CON ARENA		12	INCRUSTACIÓN DE ROCA
3	ARENA FINA		18	
4	ARENA FINA		24	
5	ARCILLA CON GRAVA		30	INCRUSTACIÓN DE ROCA
6	ARCILLA CON GRAVA		36	
7	GRAVA		42	
8	GRAVA		48	
9	GRAVA		54	
10	GRAVA		60	
11	GRAVA		66	
12	GRAVA		72	
13	GRAVA		78	
14	GRAVA		84	
15	GRAVA		90	
16	GRAVA		96	
17	GRAVA		102	
18	GRAVA		107,3	PUNTA DE LAPIZ L=5,3

TUBERIA	CANTIDAD
CIEGA	10
RANURADA	7
PUNTA LAPIZ	1

#### 4.4. ESTUDIO DE EFICIENCIA Y PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO N° 10

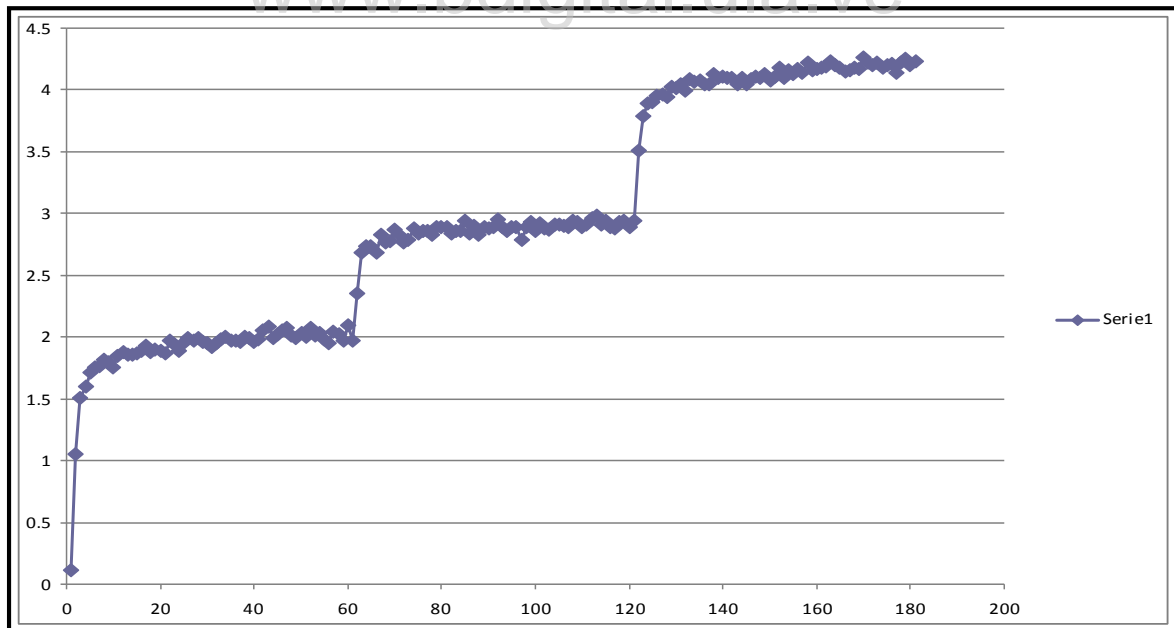
La prueba fue de tipo caudal escalonado con tres horas de duración, con valores de 9,2; 14 y 22 l/s, respectivamente. El nivel estático se midió a 8,1 m.

La Figura 4.9 presenta los resultados registrados por el “diver” durante la prueba.



**Figura 4.9.** Niveles observados

Estos datos fueron procesados para facilitar la interpretación como se puede apreciar en la Figura 4.10.



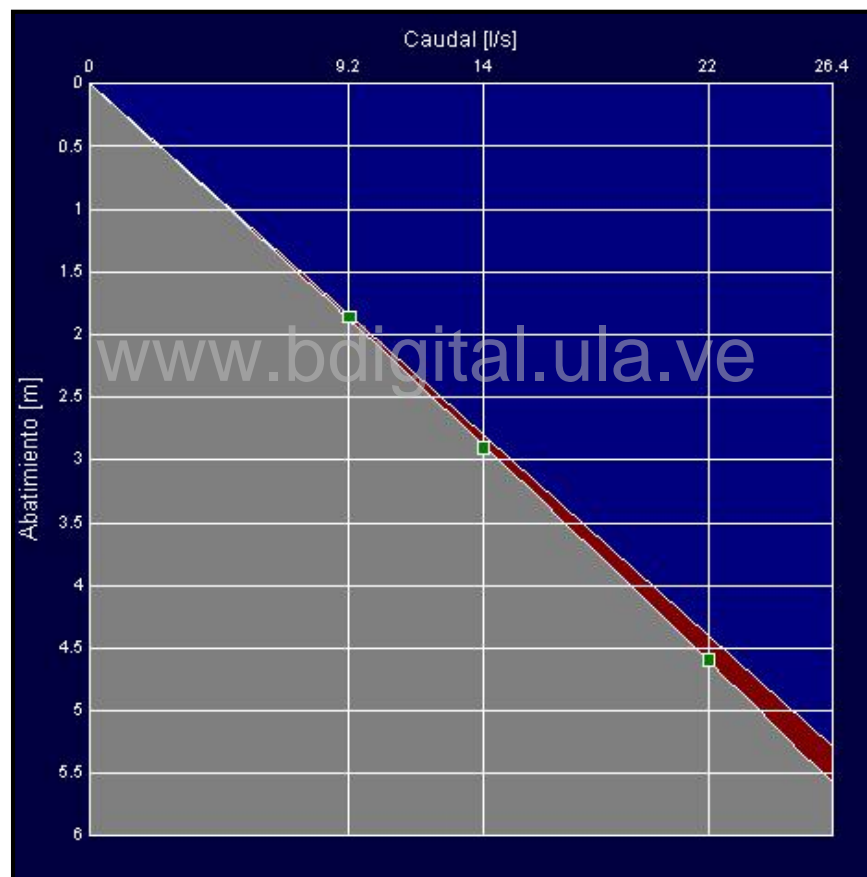
**Figura 4.10.** Datos procesados

Los valores finales corregidos de la prueba de bombeo son los mostrados en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4.** Valores finales corregidos

Abatimiento (m)	Caudal (l/s)
1,86	9,2
2,9	14
4,6	22

La Figura 4.11 proporciona la interpretación de estos resultados.



**Figura 4.11.** Interpretación de la prueba.

Se puede apreciar que las pérdidas en el pozo (curva roja) son mínimas, lo cual demuestra una alta eficiencia. Los valores numéricos se presentan en la Tabla 4.5. Para el máximo caudal de bombeo (22 l/s) la eficiencia se mantiene en casi 96 %.

**Tabla 4.5.** Datos interpretados

Abatimiento	1.86	2.9	4.6	5.57
Caudal	9.2	14	22	26.4 *
Pérdidas del acuífero	1.84	2.8	4.4	5.28
Pérdidas del pozo	0.04	0.08	0.2	0.29
Eficiencia [%]	99	96.6	95.7	94.8

La Tabla 4.5 presenta los cálculos de eficiencia en función del caudal de bombeo, mientras que en la Figura 4.12 se presenta la evolución de la eficiencia con el caudal de bombeo, constatando que para un caudal 50 l/s tiene un valor de casi el 90 %.

La ecuación del pozo es la Ecuación 4.1:

$$s = B.Q + C.Q^2 \quad (4.1)$$

y los valores:

$$B = 0,2001$$

$$C = 0,0004178$$

Donde C es el coeficiente del término que representa las pérdidas del pozo, el cual puede ser evaluado según la Tabla 4.6. Como se puede ver corresponde a un pozo bien diseñado y bien desarrollado.

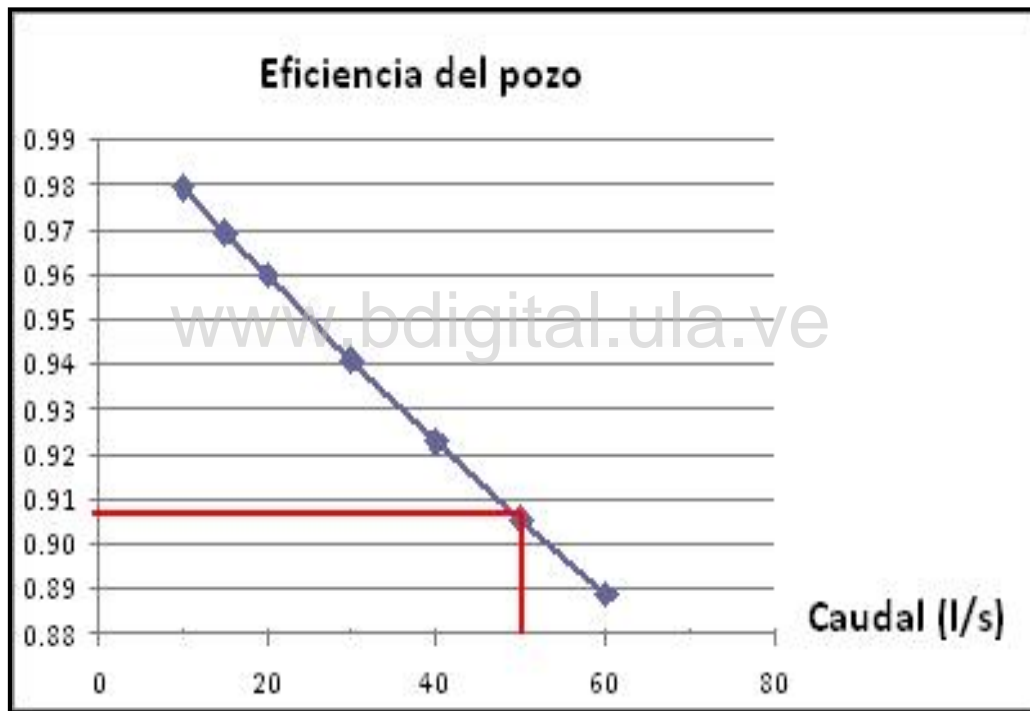
**Tabla 4.6.** Valores de C

Comentario	Valores de C para diferentes unidades de gasto Q		
	m/(m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	m/(m <sup>3</sup> /min) <sup>2</sup>	m/(l/s) <sup>2</sup>
<b>Pozo bien diseñado y desarrollado</b>	C < 1800	C < 0,5	C < 1,8*10 <sup>-3</sup>
<b>Pozo mediocre, pérdidas de carga importantes</b>	1800 ≤ C ≤ 3600	0,5 ≤ C ≤ 1	1,8*10 <sup>-3</sup> ≤ C ≤ 3,6*10 <sup>-3</sup>
<b>Pozo colmatado o con deterioro severo</b>	3600 ≤ C ≤ 14400	1,0 ≤ C ≤ 4	3,6*10 <sup>-3</sup> ≤ C ≤ 14,4*10 <sup>-3</sup>
<b>Pozo irrecuperable</b>	C > 14400	C > 4	C > 14,4*10 <sup>-3</sup>

En la Tabla 4.7 y Figura 4.12 se muestran los valores de eficiencia para diferentes caudales, observándose eficiencias muy buenas, superiores al 89 %, con abatimientos que llegan a la 13,5 m para extracciones de 60 l/s.

**Tabla 4.7.** Valores de eficiencia vs. caudal

Q (l/s)	s (m)	Eficiencia
10	2.04278	0.98
15	3.095505	0.97
20	4.16912	0.96
30	6.37902	0.94
40	8.67248	0.92
50	11.0495	0.91
60	13.51008	0.89

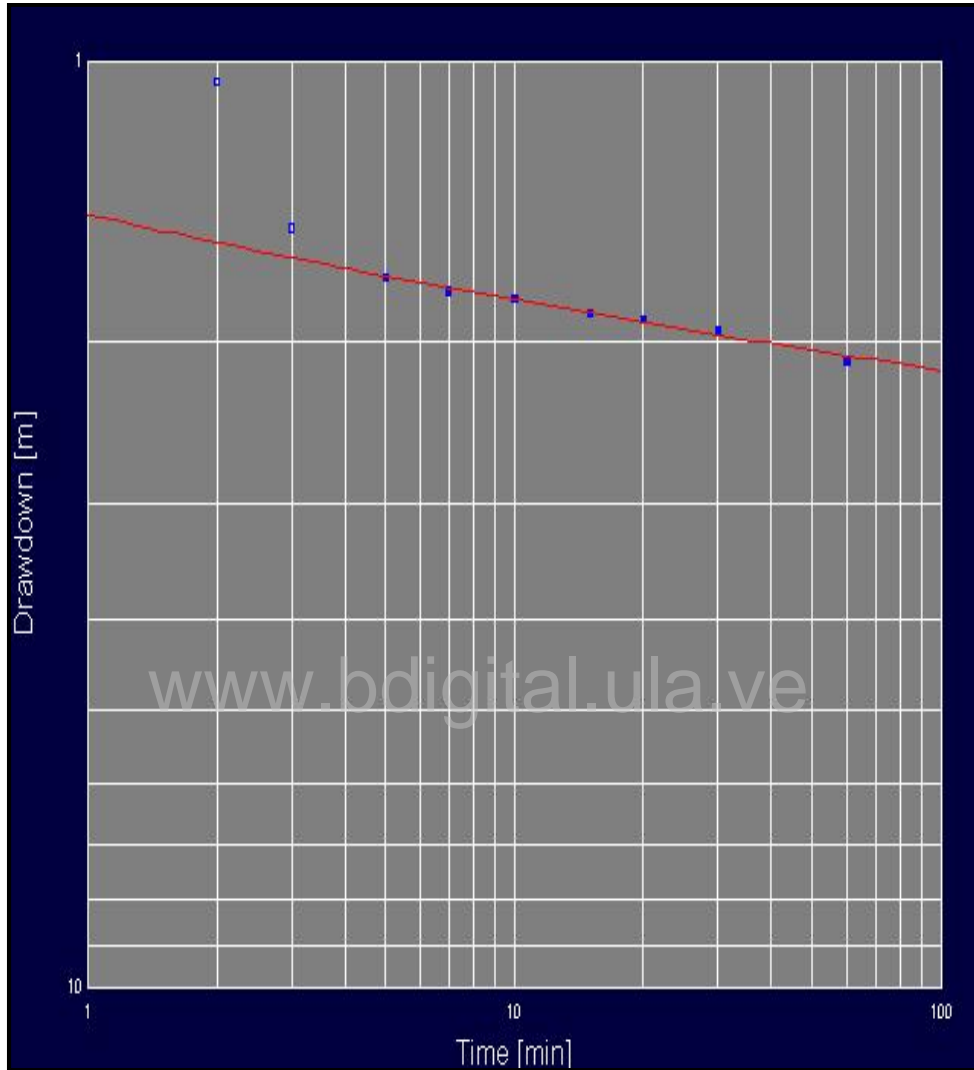


**Figura 4.12.** Eficiencia vs. caudal

Los datos del primer escalón para un caudal de bombeo de 9,2 l/s se procesaron para estimar la transmisividad del acuífero arrojando un valor de 450 m<sup>2</sup>/día (Figura 4.13).

Utilizando este último valor y asumiendo un valor de porosidad eficaz de 0,10; típico de un acuífero libre el abatimiento teórico para un caudal de bombeo de 50 l/s durante un año da un valor de 15 m. Para este mismo caudal las pérdidas estimadas son del orden de los 6 m para un abatimiento total de 21 m. Con un nivel estático medido a 8,1 m de profundidad, el nivel dinámico estaría a unos 30 m.

Por lo tanto se recomienda colocar la bomba a una profundidad mayor de 30 m, para lo cual el intervalo de tubería ciega entre los 50 y 60 m es adecuado.

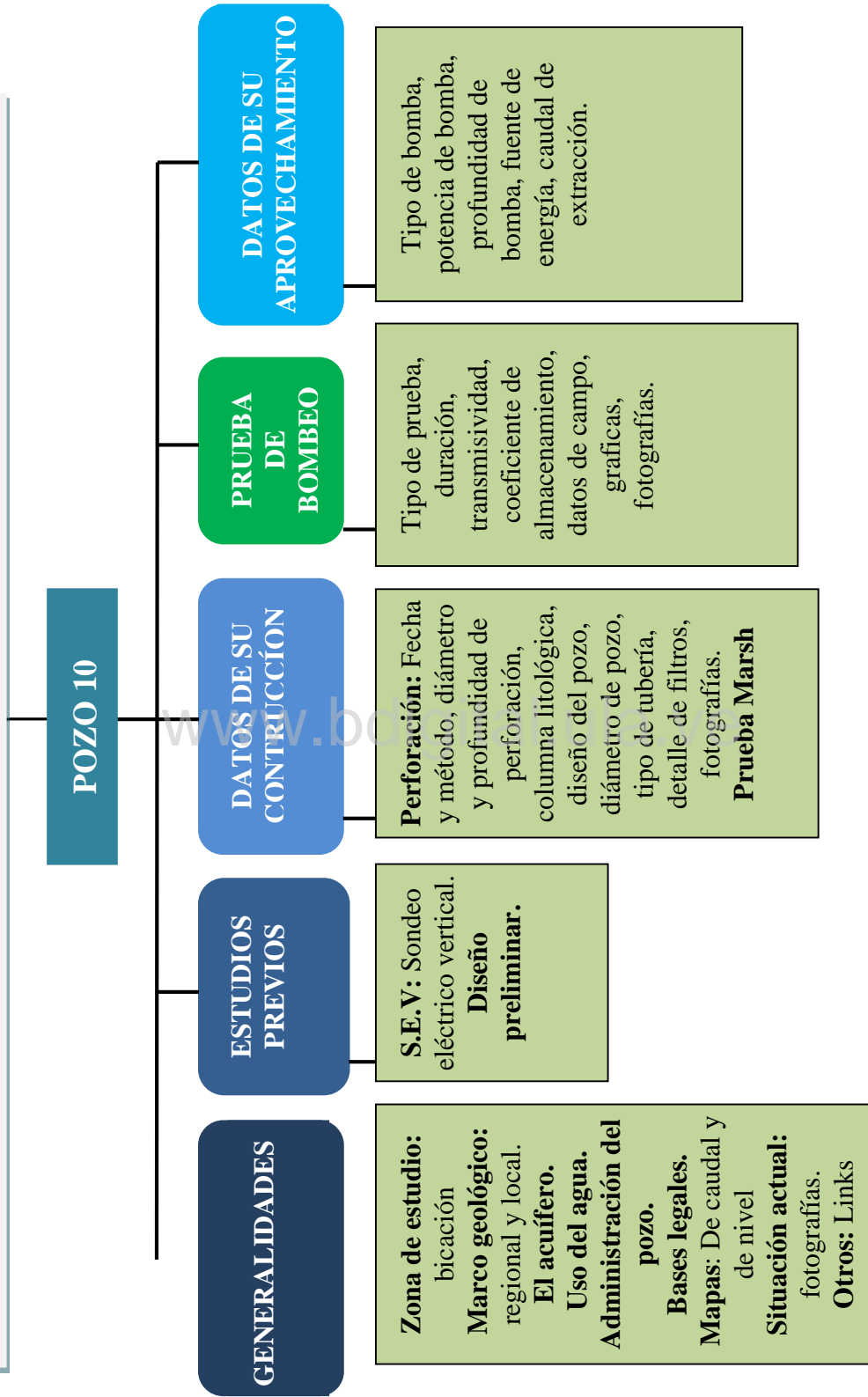


**Figura 4.13.** Interpretación del primer escalón

#### **4.5. CREACIÓN DEL BLOG EQUIVALENTE AL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL POZO N° 10**

En el esquema mostrado en la Figura 4.14 se observa cómo se estructuró el sistema de información del pozo N° 10 (SIP 2014) de acuerdo al contenido, y además se muestra la dirección para encontrar el blog publicado en la web.

Título del blog: Sistema de Información del Pozo 10 de la ciudad de El Vigía.  
La dirección del blog o URL: <http://sistemadeinformaciondelbozo10.blogspot.com>





[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

En países, tales como: Bolivia, Argentina, España, Costa Rica, se han implementado sistemas de información que recopilan y suministran a los usuarios interesados, relacionada con el recurso hídrico.

En Venezuela se diseñó el Sistema de Información Geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela, (SIGATLAS), importante herramienta que le permite almacenar, procesar, actualizar y consultar de manera rápida y oportuna los datos geográficos y los atributos conexos al recurso agua y suelo, conllevando a mejorar la capacidad de respuesta y servir de soporte a la gestión de planificación, administración de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

En nuestro país no existen otras bases de datos que reporten información importante para la construcción de pozos profundos.

En la revisión efectuada al marco legal, constitucional y los aspectos técnicos relacionados con la construcción y diseño de pozos de agua con fuentes subterráneas en Venezuela, se encontró la Norma Venezolana COVENIN 589-79, de fecha 11-12-79, cuyo contenido es el "Código de Prácticas para la Construcción de Pozos de Agua", la cual tiene una serie de indicaciones a seguir durante la perforación y completación de un pozo de agua. Esta norma de obligatoria observancia dentro del territorio venezolano y vino a constituir una excelente guía, ante una gran cantidad de pozos mal contruidos

El sector de El Vigía y todo el eje panamericano que bordea el sur del lago de Maracaibo utiliza fundamentalmente el recurso hídrico subterráneo para los diferentes usos en los que el usuario requiere del agua.

El pozo N° 10 construido en el campo de pozos de la ciudad de El Vigía está operativo y con excelentes rendimientos, cumpliendo cabalmente con los fines para los que fue contruido.

La prueba de bombeo de tipo escalonada y de eficiencia efectuada al pozo N° 10, concluye que opera correctamente, extrayendo 22 l/s, que producen un abatimiento de 4,6 m, con eficiencia de casi el 95,7 % y pérdidas de 4,4 m.

La curva de evolución de la eficiencia con el caudal de bombeo, constata que para un caudal de extracción de 50 l/s tiene un valor de casi el 91 %, con abatimiento de 11,05 m.

El coeficiente C de la ecuación del pozo, término que representa las pérdidas del pozo, concluye que el pozo N° 10 corresponde a un pozo bien diseñado y bien desarrollado.

La herramienta y el procedimiento usado para elaborar el blog, resultó útil y muy amigable, permitiendo la correcta elaboración del sistema de información SIP 2014.

El SIP 2014 es una herramienta que permite a los usuarios de la zona en estudio:

- Mejorar la administración de la información, y de esta manera utilizar y visualizar la información existente relacionada al pozo N° 10 de fuente subterránea.
- Aprovechar toda la información, pasada, presente y futura, que es relevante e indispensable para el manejo sostenible del agua subterránea.
- Planificar e implementar una gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.
- La construcción e implementación del sistema de información propuesto facilita la toma de decisiones en el campo de la hidrogeología para la zona de El Vigía, estado Mérida, al capturar y distribuir la información necesaria para ello.
- Ordenar y acceder a los datos de diseño y parámetros dinámicos, para la construcción de pozos profundos de agua en la planicie baja de El Vigía estado Mérida, que sirva de modelo para otros pozos a construirse en el sector.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Ampliar el presente estudio, considerando la implementación de un sistema de información geográfica (SIG) utilizando como herramienta de apoyo algunas versiones de sistemas de información geográficos que cada día evolucionan más; permitiendo completar y mejorar ostensiblemente el SIP 2014.

Generar una base de datos que incluya los pozos que se encuentran operativos (9 en total), ubicados en el municipio Alberto Adriani, donde se presente de manera clara los datos más resaltantes de los pozos, recursos gráficos y audiovisuales que pudieran facilitar el proceso de conocimiento de las características de cada uno de los pozos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Psychological Association (2012). [Página web en línea]. Disponible en <http://www.apa.org>. Consultado el 2 de mayo de 2014.

Asociación Agrícola de Educación Superior Brasileña (ABEAS) (1999). *Agua subterráneas: concepto, reservas, usos y mitos*. Programa de soporte técnico de gestión de recursos hídricos, Secretaría de Recursos Hídricos, Brasilia.

Arocha, R. (1980). *Abastecimiento de agua (Teoría y Diseño)*. Editorial Vegas. Caracas, Venezuela. 284 pp.

Benítez E. (2003). Secretaria del Ambiente de Paraguay. *Agua subterráneas – El acuífero Guaraní*. [Publicación en línea]. Consultado el 5 de marzo de 2014. Disponible en: [http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Guarani/sag-py\\_boletin01\\_seam\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Guarani/sag-py_boletin01_seam_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

Bertoni, J. (2006). *Cátedra de hidrología y procesos hidráulicos*. Hidrogeología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

Bouwer, H. (1978). *Groundwater Hydrology*. McGraw-Hill, New York, NY, 480p.

Blood, R. (2005). *Consejos prácticos para crear y mantener su blog*. Madrid: Ediciones 2000, S.A.

CIDIAT (2003). Estudio de determinación de perímetros de protección para los pozos de abastecimiento de agua potable a rehabilitar en El Vigía – municipio Alberto Adriani.

Cohen, D., Asín, E. (2009). *Tecnologías de información en los negocios*. Quinta edición. México. Mc Graw Hill.

Collazo, M. y Montaña, J. (2012). *Manual de agua subterránea*. Primera Edición. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General de Desarrollo Rural. Montevideo, Uruguay

COPLANARH (1972). Plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Venezuela, Caracas.

Compuambiente Consultores C.A. (2004). Estudio para la elaboración del sistema de información geográfica del Atlas Hidrogeológico de Venezuela.

Corominas J. (1999). *Papel de las aguas subterráneas en los regadíos*. Jornadas sobre las aguas subterráneas en el Libro Blanco del Agua en España. Asociación Internacional de Hidrogeólogos- Grupo Español. pp. 65-79.

Corporación Autónoma Regional del César (CORPOCESAR) (2013). *Guía para el monitoreo de aguas subterráneas*. [Página web]. Consultado el 9 de marzo de 2014 en: [www.corpocesar.gov.co](http://www.corpocesar.gov.co)

Cortez, R. (2008). El sistema de información hidrogeológica de Bolivia "SIHIBO". Evaluación y Gestión de recursos hídricos subterráneos SERGEOTECMIN.

Coughanowr, C. (1991). *Groundwater*. UNESCO.

Custodio, E. y Llamas, M. (1983). *Hidrología subterránea*. Editorial Omega, Barcelona 1 (2). pp 2390.

Clarke, R., et al. (1996). *Groundwater a Threatened Resource*. UNEP Environment Library 15.

Decarli, R. (2009). *Aguas subterráneas en Venezuela*. Instituto Nacional de Meteorología e hidrología, Gerencia de redes hidrometeorológicas.

Espinoza, C. (2004). *Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. Universidad de Chile.

Estrela, T. (1992). *Metodología y recomendaciones para la evaluación de recursos hídricos*. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, Madrid, España. 52 p.

Guevara, E., Cartaya, H. (1991). *Hidrología. Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada*. GUECA EDICIONES. Valencia, Venezuela, 358 p.

Gómez, V. y Suárez, C. (2007). *Sistemas de información: Herramientas prácticas para la gestión empresarial*. Segunda Edición. [s.l.]: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Gobierno de La Pampa (2014). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.lapampa.gov.ar/>

Halliburton y Wellex (2006). *Introducción al análisis de los registros de pozos*. Maracaibo: Copyright.

Herrera, J. y Castilla, J. (2012). *Utilización de técnicas de sondeos en captaciones de agua*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Hernández, I. (2012). *Manual técnico para la ejecución de pozos*. Gobierno de canarias. Primera Edición.

Hirata, R.; Ferrari, L.; Ferreira, M. y Pede, M. (2002). *La explotación de las aguas subterráneas en la cuenca hidrográfica del Alto Tiete (Sao Paulo, Brasil): Crónica de una crisis anunciada*. Boletín Geológico y Minero N° 113. Sao Paulo, SP. Brasil.

Ibarra, A. (2009). *Gestión de la calidad del agua subterránea con la participación de usuarios*. Revista Digital Universitaria, 10 (8), 1-8.

Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMEH) (2014). [Página web en línea]. Disponible en: [www.inameh.gov.ve](http://www.inameh.gov.ve)

Laudon, K. y Laudon, J. (2008). *Sistemas de información gerencial*. Administración de la empresa digital (10ma ed. ed.). México: Pearson Educación.

Ley de Aguas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 38595 (Extraordinaria), 2-1-2007.

Linsley, J. (1998). *Hidrología para ingenieros*. Distrito federal, México: McGraw-Hill

Marsh H: “*Properties and Treatment of Rotary Mud*”, Petroleum Development and Technology, Transactions of the AIME (1931):234-251.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente de España (2014). *Base de datos del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)* [Base de datos en línea]. Consultada el 19 de mayo de 2014 en: <http://sig.magrama.es/saih/>

Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM). (1998). *Borrador del libro blanco del agua en España*. Madrid. Pp. 900.

Monografías. [Página web en línea]. Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Consultado el: 5 de Mayo de 2014.

Mora, L. (2009). *Pruebas de bombeo en acuíferos*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de Los Andes.

Normas Sanitarias para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de Pozos Perforados Destinados al Abastecimiento de Agua Potable. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 36298 (Extraordinaria), 24-9-1997.

Paris, C. (2007). *Aguas subterráneas, gestión integrada y sustentabilidad ambiental*. I Congreso Internacional del Agua y el Ambiente. Santa Fe –Argentina: Universidad Nacional del Litoral.

Pardo E., E. (2004). *Concepción de un sistema para la dirección de Cubana de Aviación, S.A.* Maestría en Gestión de la Información no publicada, Universidad de la Habana-Universidad de Murcia, Ciudad de la Habana.

Prados, M. y Peña, C. (2004). *Gestión del conocimiento en el ámbito hospitalario*. [s.l.]: EASAP 2004.

Plasencia S., A. (2010). *Aplicaciones tecnológicas para la implementación de la gestión del conocimiento en las organizaciones*. Tono, Revista técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A, 7 (1), 10-19.

Rojas, O. y Octavio, I. (2005). *Blogs. La conversación en internet que está revolucionando medios, empresas y ciudadanos*. Madrid: ESIC

Saroka H., R. (2002). *Sistemas de Información en la era digital*. [s.l.]: Fundación OSDE.

Tzatchkov, V. y Caldiño I. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Primera Edición. México.

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento “SENARA” (2014). *Base de datos de pozos* [Base de datos en línea]. Consultada el 16 de mayo de 2014 en: <http://www.senara.or.cr/>

Shiklomanov, I. (1997). *Comprehensive assessment of the freshwater resource of the world*. Informe E/CN. Organization Meteorological Mundial. 88pp.

Tahal Consulting, 1998. *Informe ejecutivo de prefactibilidad El Vigía*. HIDROANDES.

Terán, L. (2002). *Curso básico sobre explotación sostenible de aguas subterráneas*, Módulo 1. Perforación. Manual de Pozos, Chiclayo – Perú.

Torres, C., Vega, D., (2006). *Procedimiento para la prueba de bombeo: Escalonado y de Larga Duración*. Universidad Tecnológica de Panamá. Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.

Trejo, L. (2008). *Memoria descriptiva de campo de pozos de El Vigía*. Unidad de Planificación de Recursos Hídricos. Aguas de Mérida C.A.

United States Geological Survey (USGS). (1998). *Strategic Directions for the U.S. Geological Survey Ground Water Resources Program*. A report to congress. Water Resources Division. Virginia. 14pp.

## APÉNDICES

### A. Sondeo Eléctrico Vertical



[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)  
**Figura A.1** Colocación de los electrodos para la ejecución del SEV



**Figura A.2.** Ejecución del SEV



## B. Registro Eléctrico



**Figura B.1.** Sonda para ejecutar el registro eléctrico

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)



**Figura B.2.** Ejecución del registro eléctrico

### C. Prueba de Bombeo



**Figura B.1.** Sonda empleada para determinar los niveles estático y dinámico en el pozo de estudio



## D. Prueba Marsh

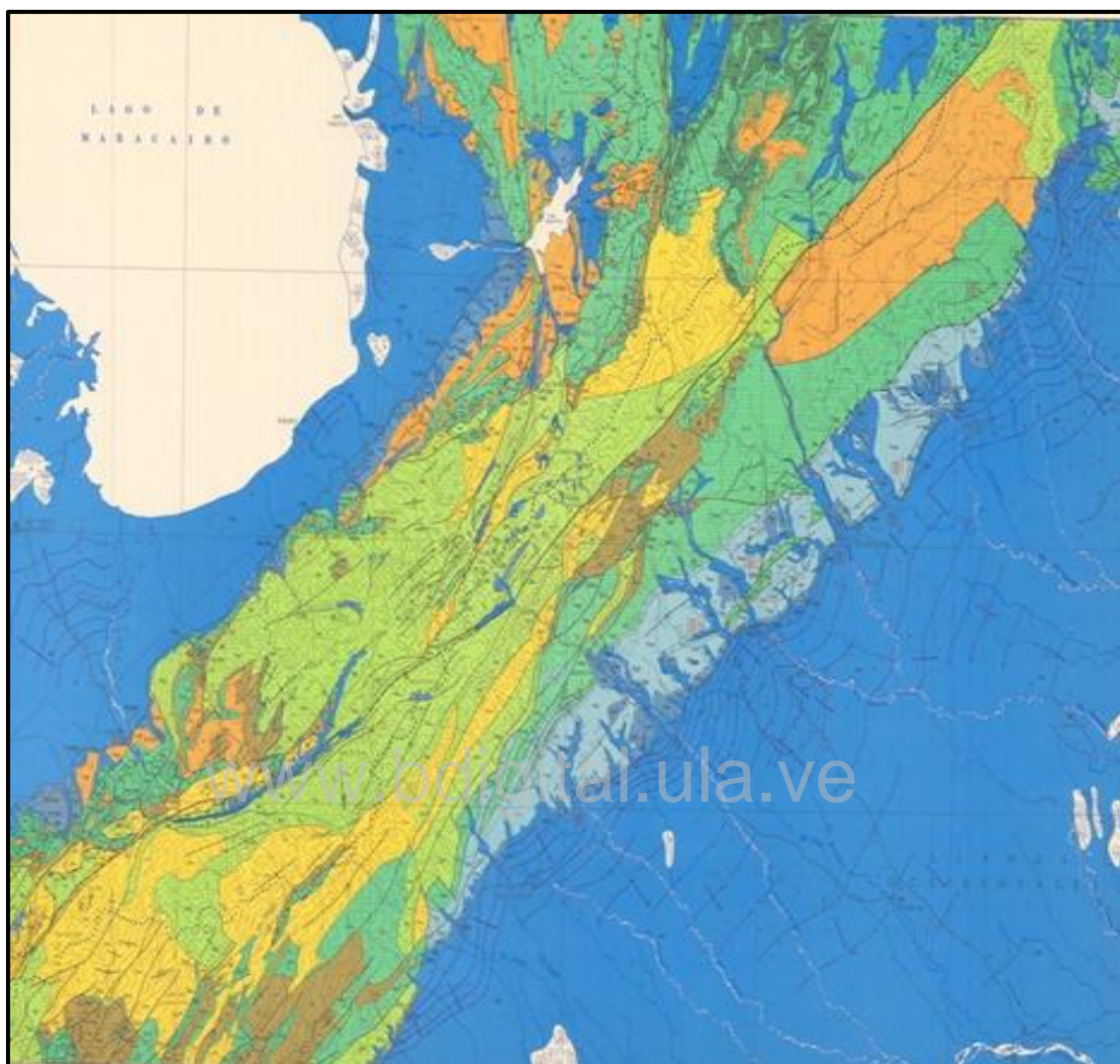


**Figura D.1.** Determinación de la viscosidad del lodo  
[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)



**Figura D.2.** Embudo y cazo Marsh utilizado en la prueba

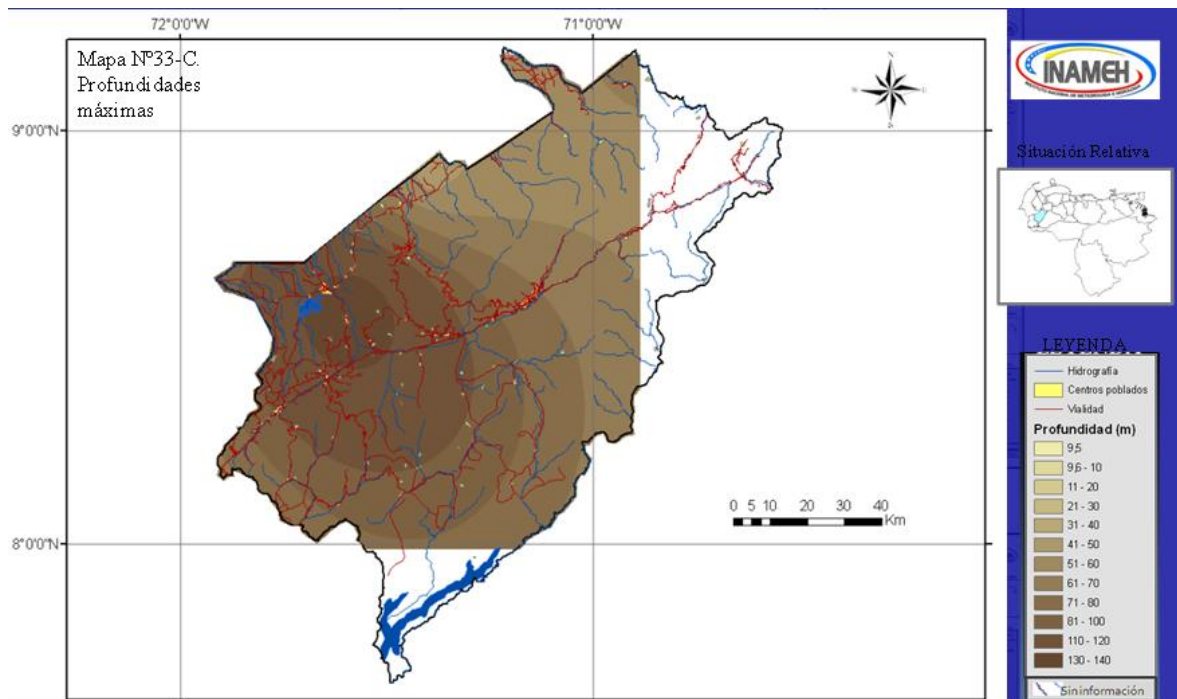
## E. Mapas



**Figura E.1.** Mapa hidrológico del estado Mérida. Fuente: Atlas hidrológico del Ministerio de energía y minas

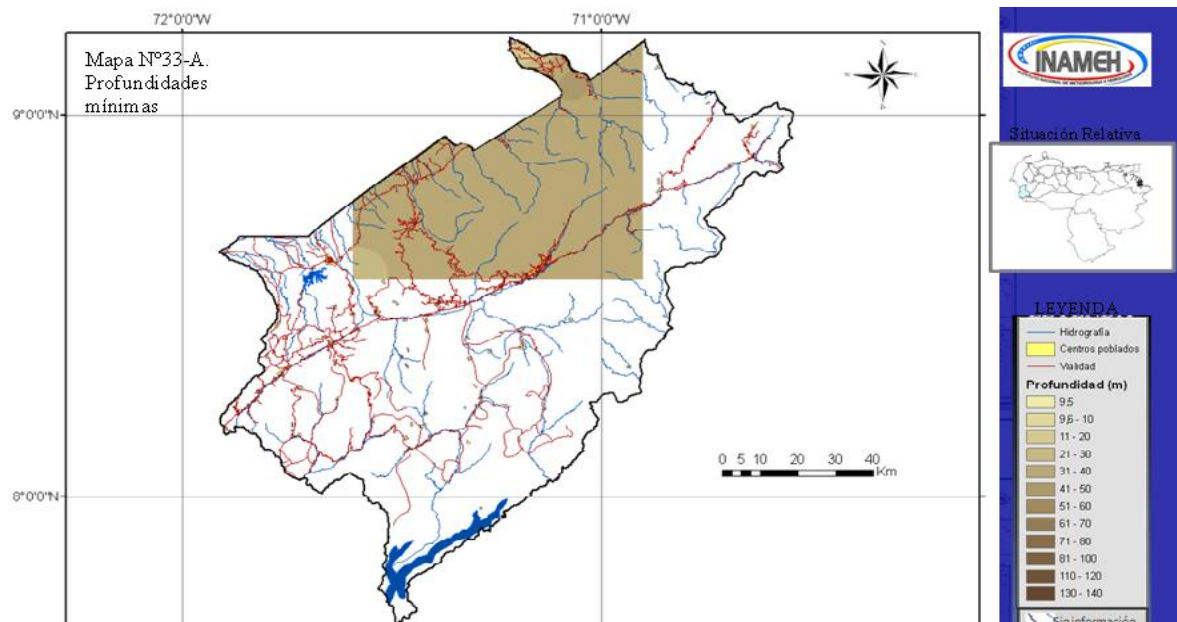


F. Mapas de niveles, caudales y profundidades de aguas subterráneas del estado Mérida

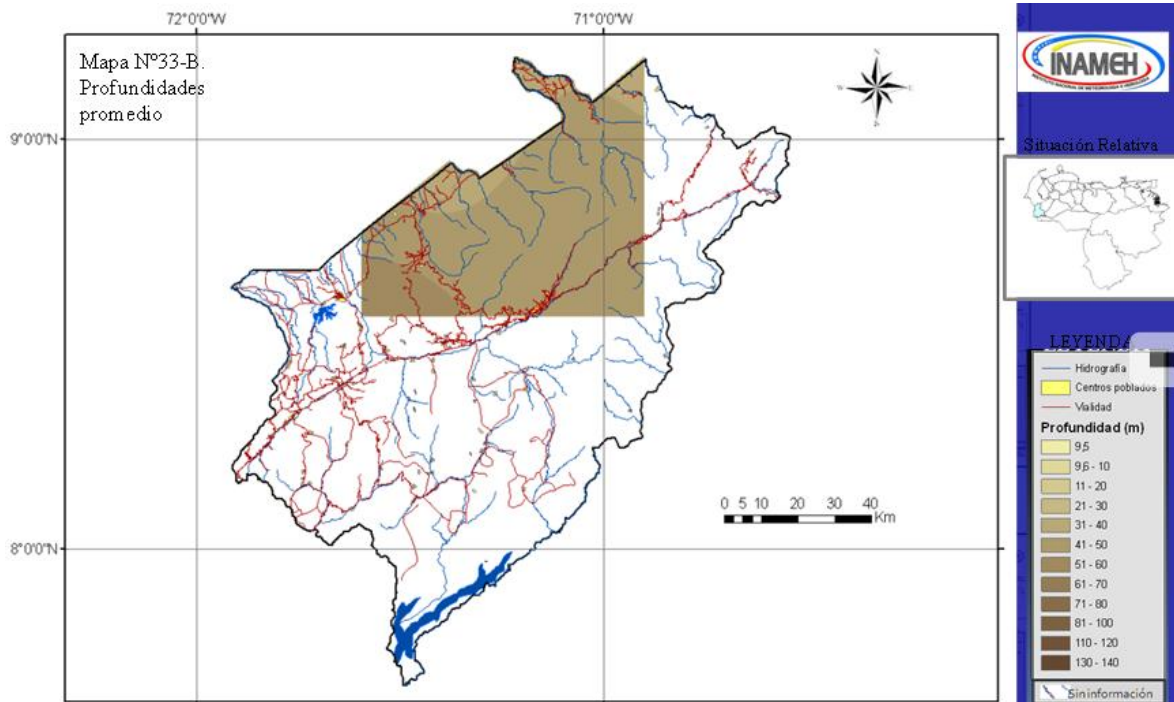


Fuente: INAMEH

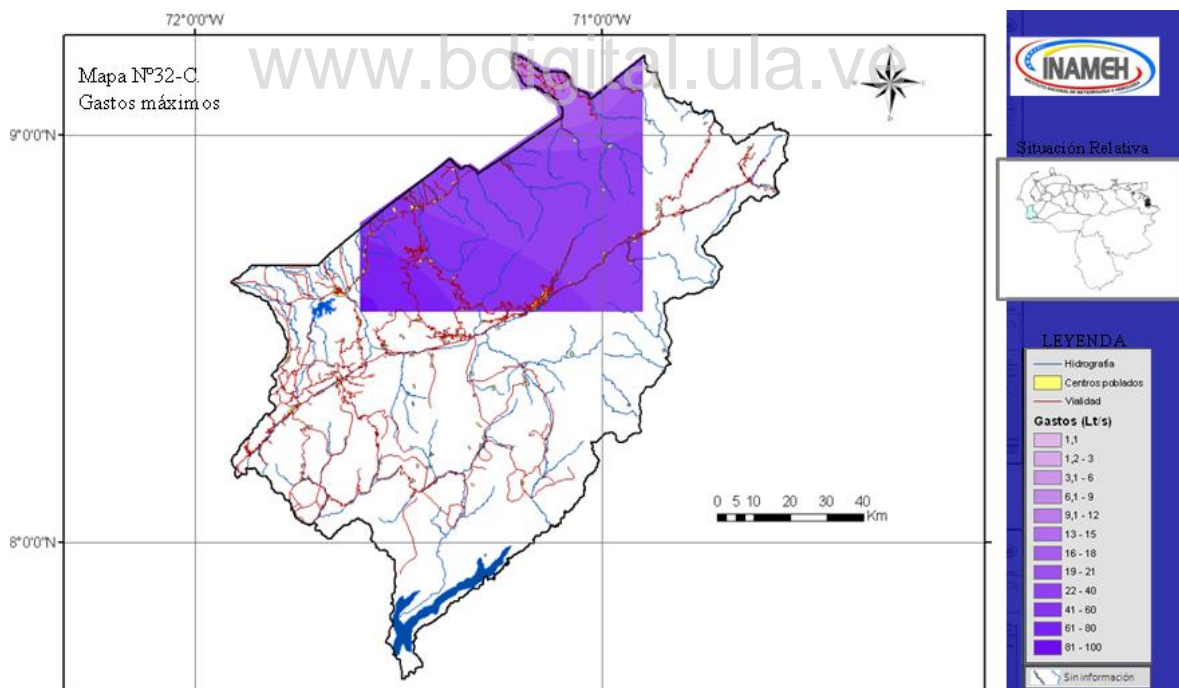
www.bdigital.ula.ve



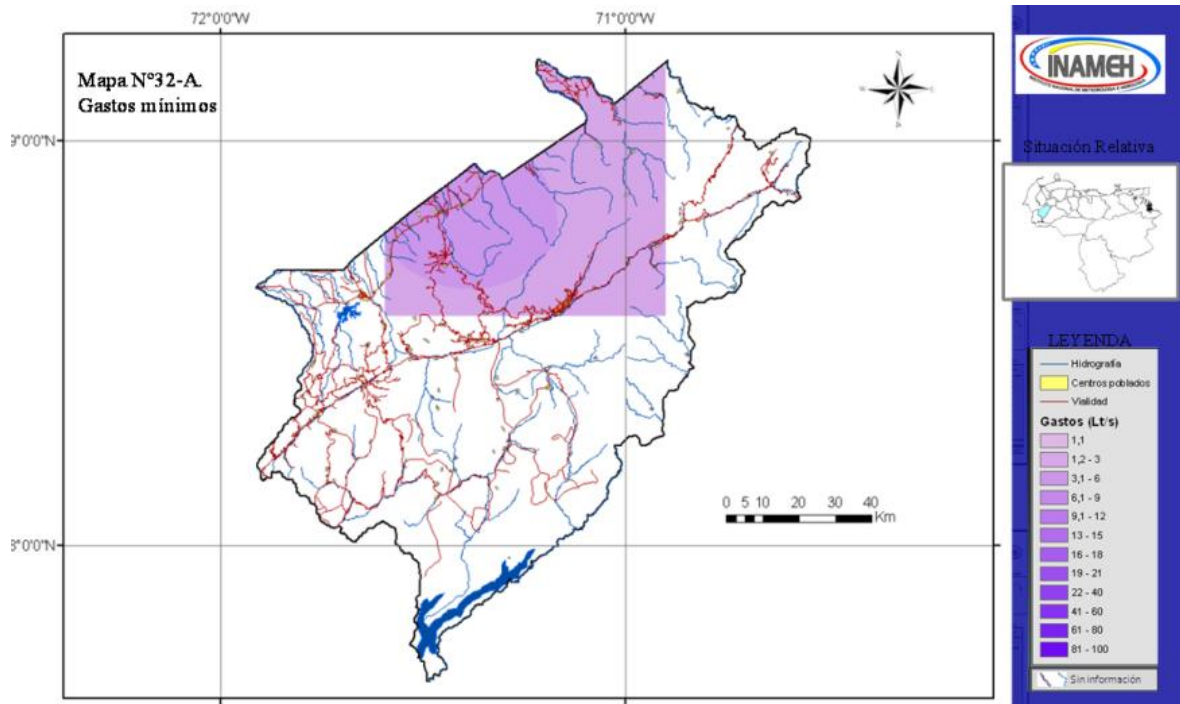
Fuente: INAMEH



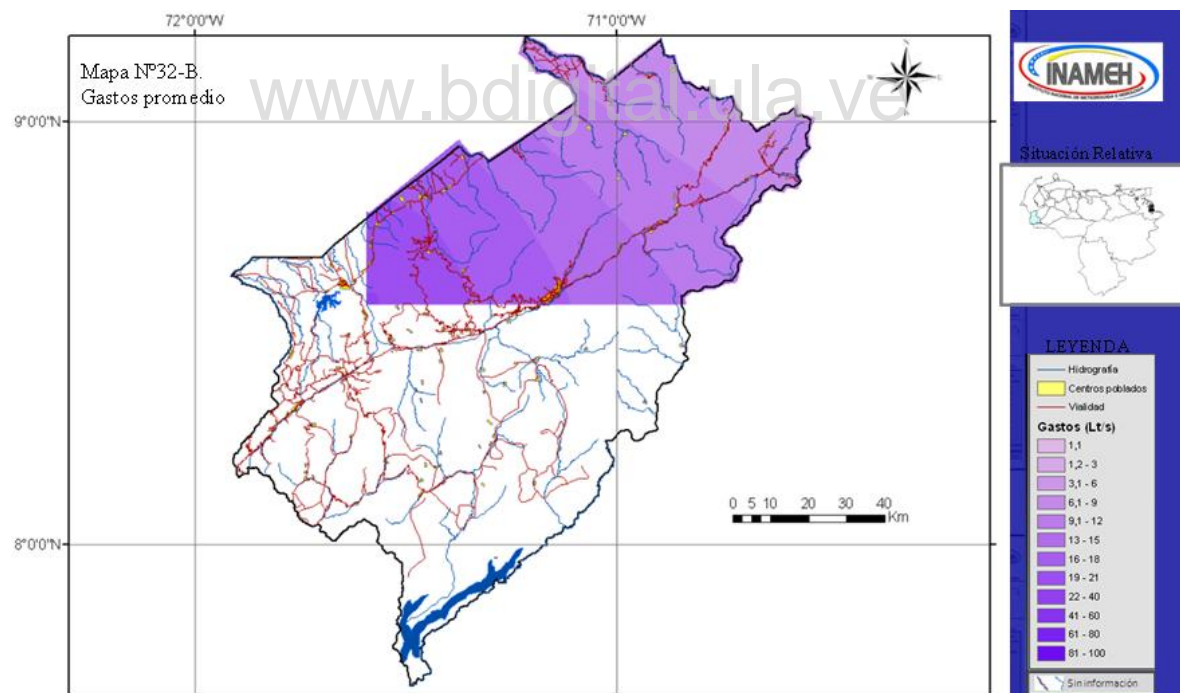
Fuente: INAMEH



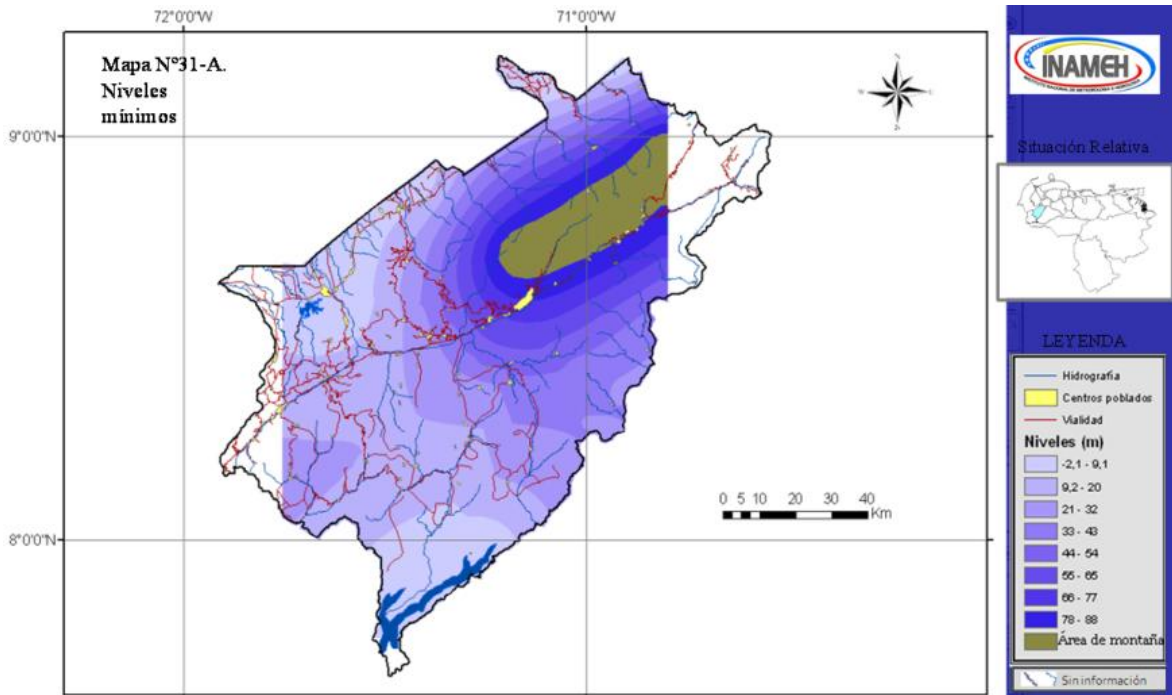
Fuente: INAMEH



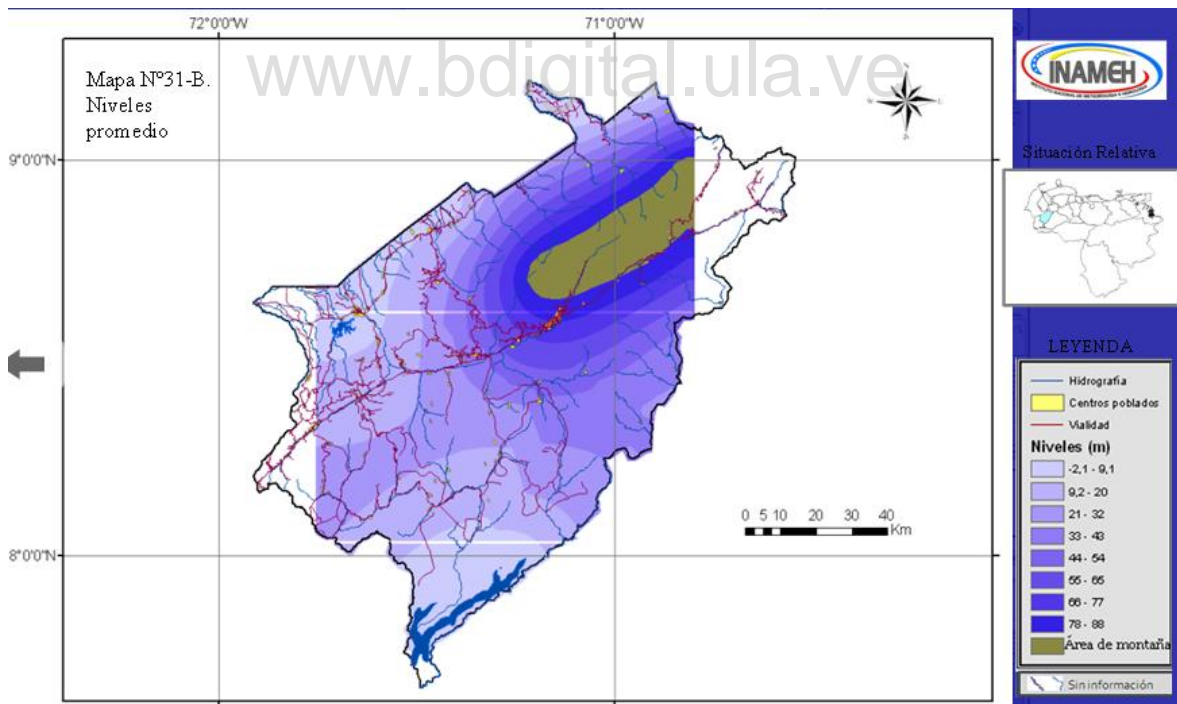
Fuente: INAMEH



Fuente: INAMEH



Fuente: INAMEH



Fuente: INAMEH