



**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA.
ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA
INGENIERÍA CIVIL.**

Autoras:
Mattey C. Osmary M.
Marin A. Karen A.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (master).



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA.
ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Osmary Matthey Castro
C.I: 26.264.371
Karen Marin Armas
C.I: 24.470.548
Tutor: Ing. Emerly Castillo S.
C.I: 4.464.524

San Diego, Diciembre 2018



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-CV-029-2018-IICR

Valencia, 31 de Octubre de 2018.

Ciudadanos:
Osmary Matthey
C.I: 26.264.371
Karen Marín
C.I: 24.470.548
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 31-10-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado **GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA. ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL**. Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Emerly Castillo, C.I: 4.464.524 y la Ing. Alicia Yáñez, C.I.: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Emerly Castillo portador de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Osmery Matthey y Karen Marín, portadores de la cédula de identidad N° 26.264.37 N° respectivamente, titulado **“GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA. ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 13 días del mes de Diciembre del año 2018.

Ing. Emerly Castillo.

C.I.: 4.464.524

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos permitido llegar hasta este punto con salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras madres

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos permitieron ser unas personas de bien, pero más que nada, por su amor.

A nuestros padres

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A nuestros familiares.

A todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo de grado.

Las autoras

AGRADECIMIENTO

En primer lugar deseamos expresar nuestro agradecimiento a nuestra tutora Ing. Emerly Castillo S. por la dedicación y apoyo que nos ha brindado a este trabajo, por el respeto a sus sugerencias e ideas.

Asimismo, agradecemos al personal de la carrera de Ingeniero Civil de esta casa de estudio por su apoyo personal y humano.

Gracias a nuestros amigos, que siempre nos prestaron un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo.

A todos, muchas gracias.

Las autoras

ÍNDICE

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Objetivos de la Investigación.	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.	5
1.5 Alcance y limitación.	6

II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Bases teóricas.	9
2.2.1 Guía Técnica.	9
2.2.2 Funciones de las guías Técnicas.	9
2.2.3 La Hidrología.	10
2.2.4 Ciclo hidrológico.	10
2.2.5 Aguas Subterráneas.....	12
2.2.6. Composición natural de las aguas subterráneas.....	13
2.2.7 Acuíferos.....	14
2.2.8. Tipos de acuíferos.	15
2.2.9. Características de los Acuíferos.....	18

2.2.10. Hidráulica de pozos.....	23
2.2.11. Tipos de Pozos.....	23
2.2.12. Métodos o condición de equilibrio para los cálculos de acuíferos.....	24
2.2.13. Régimen Estacionario o continuo.....	26
2.2.14 Régimen Transitorio o variable.....	30
2.2.15. Aplicaciones en la Ingeniería Civil.....	35
2.2.16. Acciones de sustentabilidad ambiental de las aguas Subterráneas.....	44
2.2.17. Beneficios derivados del uso de las aguas subterráneas.....	45
2.2.18. Desventajas de la explotación de las aguas subterráneas.....	45
2.2.19. Aguas subterráneas en Venezuela.....	48
2. 2.20 Hojas de cálculo.....	48
2.2.21 Ventajas del uso del programa Excel.....	49
2.3. Bases legales.....	50
2.3.1. Base legal internacional.....	50
2.3.2. Base legal nacional.....	50
2.4 Definición de términos:.....	55

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de investigación.....	57
3.2. Diseño de la Investigación.....	58
3.3. Tipo de investigación.....	58
3.4 Población y Muestra.....	58
3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	61
3.6. Técnica de Análisis.....	61
3.7. Fases Metodológicas.....	62

3.8. Validez.....	62
IV ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	
FASE I: Diagnóstico de la necesidad de presentar este documento técnico en la asignatura Hidrología en la carrera de Ingeniería Civil de la UJAP.	64
Fase II: Recopilación de basamentos teóricos y legales sobre aguas subterráneas.....	71
FASE III. Establecimiento de los lineamientos y estructura de la guía técnica.	74
FASE IV. Diseño de la guía técnica en el marco de sustentabilidad ambiental.	75
Criterios de validación de las encuestas	78
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones.....	79
Recomendaciones	80
REFERENCIAS	82
ANEXOS	85
Anexo A: Cuestionario realizado a estudiantes de la asignatura hidrología de la Universidad José Antonio Páez, período 2017-2018.	85
Anexo B: Cuestionario realizado a docentes de la Universidad José Antonio Páez, período 2017-2018.....	86
Anexo C: Validación de la encuestas por la Profesora Ing. Alicia de Pizzella de la Universidad José Antonio Páez, período 2017-2018.	87
Anexo D : Tablas de Especificaciones de la encuesta realizada a los estudiantes en la Universidad José Antonio Páez, período 2017-2018.	88
Anexo E : Tablas de Especificaciones de la encuesta realizada a los docentes en la Universidad José Antonio Páez, período 2017-2018.	90

Apéndice A: Guía técnica de hidrología. Estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la ingeniería civil.

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de la porosidad dependiendo el tipo de material	19
Cuadro 2. Valores de coeficiente de almacenamiento(s) según tipo acuífero.	22

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico.	12
Figura 2. Aguas Subterráneas	13
Figura 3. Tipos de Acuíferos.....	15
Figura 4. Acuífero libre.....	16
Figura 5. Acuífero confinado.....	17
Figura 6. Acuífero semiconfinado.	18
Figura 7. Tipos de Pozos.....	24
Figura 8. Cono de depresión.	24
Figura 9. Pozo de bombeo en un acuífero confinado.....	27
Figura 10. Pozo de bombeo en un acuífero libre.	28
Figura 11. Pozo de bombeo en un acuífero semiconfinado.	30
Figura 12. Curvas teóricas de tiempo-Depresión de acuífero confinado con drenaje diferido y semiconfinado.	35
Figura 13. Subdrén en zanja.....	37
Figura 14. Galerías filtrantes.....	38
Figura 15. Subpresiones en estructura enterrada hueca.	39
Figura 16. Subpresiones de un terraplén ligero.	40
Figura 17. Subpresiones losa bajo nivel del agua.	40
Figura 18. Subpresiones en fondo de excavación.....	41
Figura 19. Subpresiones en presas	42
Figura 20. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 1 de la Encuesta N ^o .1	64
Figura 21. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 2 de la Encuesta N ^o .1	65
Figura 22. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 3 de la Encuesta N ^o .1	65

Figura 23. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 4 de la Encuesta N ^o .1	66
Figura 24. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 5 de la Encuesta N ^o .1	66
Figura 25. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 6 de la Encuesta N ^o .1	67
Figura 26. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 7 de la Encuesta N ^o .1	67
Figura 27. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 8 de la Encuesta N ^o .1	68
Figura 28. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 9 de la Encuesta N ^o .1	68
Figura 29. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 1 de la Encuesta N ^o .2	69
Figura 30. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 2 de la Encuesta N ^o .2	69
Figura 31. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 3 de la Encuesta N ^o .2	70
Figura 32. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 4 de la Encuesta N ^o .2	70
Figura 33. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 5 de la Encuesta N ^o .2	71
Figura 34. Recopilación de los basamentos teóricos sobre aguas subterráneas.....	74
Figura 35. Estructura de la Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil.	75
Figura 36. Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil.	76



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA.
ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN
LA INGENIERÍA CIVIL.**

AUTORES: MARIN KAREN, MATTEY OSMARY.

TUTOR: ING. CASTILLO EMERLY.

FECHA: DICIEMBRE, 2018.

RESUMEN INFORMATIVO

El propósito de esta investigación es presentar una Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil, como estrategia didáctica para el aprendizaje en la unidad curricular Hidrología, dirigida a estudiantes cursantes y egresados de esta casa de estudio, dotándolos de los conocimientos básicos sobre este tema en el marco de la sustentabilidad ambiental. Apoyado en una modalidad investigativa de naturaleza documental, de nivel descriptivo, no experimental. La población estuvo conformada por 191 personas, cuya muestra fueron 96 personas, a los cuales se le aplicaron encuestas con preguntas cerradas con dos oportunidades de respuestas cuyos resultados obtenidos evidenciaron la necesidad del diseño de esta guía técnica razón por lo cual es importante y útil ofrecer una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de esta asignatura según el módulo en estudio, para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas relacionados sobre el tema.

Palabras claves: Guía, técnica, agua subterráneas.

INTRODUCCIÓN

Las guías en la educación universitaria cada vez adquieren una mayor significación y funcionalidad; ya que son un medio del aprendizaje que mejora el proceso permitiendo la autonomía e independencia cognoscitiva del estudiante, constituyéndose en un instrumento fundamental para la organización del trabajo del alumno y su objetivo es ofrecer todas las disposiciones necesarias que le permitan integrar los elementos didácticos para el estudio de la asignatura.

Es importante reconocer que las guías como recurso tienen el propósito de orientar metodológicamente al estudiante en su actividad independiente, al mismo tiempo que sirven de apoyo a la dinámica del proceso docente, guiando al alumno en su aprendizaje, favorecen este proceso y promueven la autonomía a través de diferentes recursos didácticos como son: explicaciones, ejemplos, comentarios, esquemas, gráficos, estudio de casos y otras acciones similares a las que el profesor utiliza en sus actividades docente.

En este sentido el propósito de esta investigación es diseñar una “Guía técnica de hidrología para el estudio de las aguas subterráneas en el contexto de la Ingeniería Civil”, que sirva como material de apoyo a estudiantes de la asignatura Hidrología que se cursa en el séptimo semestre y también para los estudiantes de los semestres posteriores de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en el Municipio San Diego del estado Carabobo, así como material de consulta para docentes y profesionales de esta área, cuyos contenidos del presente estudio se detallan a continuación:

Capítulo I: En él se detalla el planteamiento del problema referente al objetivo de estudio, con su respectiva formulación del problema. Detallando los objetivos de la investigación tanto general como específicos, que son los que garantizan el éxito del trabajo, la justificación que motivó a realizar esta investigación seguido por el

alcance, es decir, los temas que abarcara este trabajo. Por otra parte también se indicaron las limitaciones que son los obstáculos presentados en esta investigación.

Capítulo II: Se presentó el marco teórico, basado principalmente en los antecedentes de la investigación relacionados con el tema del presente trabajo, como también las bases teóricas que se aplicaron a la misma. Por último la definición de los términos básicos contenidos dentro de la investigación.

Capítulo III: En el mismo se expone el marco metodológico presentando el tipo y diseño de la investigación, es decir los lineamientos de un proyecto factible de tipo documental y descriptivo. De igual forma, se desarrolló las fases de la investigación basados en los objetivos específicos.

Capítulo IV: En esta etapa se presentan los resultados obtenidos, con la aplicación de los distintos tipos de instrumentos utilizados en la recolección de la información e interpretación.

Capítulo V: describen las conclusiones obtenidas del proceso de investigación, destacando el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados, como medios para conseguir el objetivo general que enmarca el presente estudio así como las recomendaciones más importantes.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

La educación superior constituye el principal camino para el desarrollo profesional, en donde las posibilidades a fuentes de empleo y mejores condiciones de vida se incrementan exponencialmente en comparación a la demás población que no concluyen dichos estudios, y de acuerdo a Ley de Universidades en su Título I, de disposiciones fundamentales establece en su artículo 146 que “las universidades señalarán orientaciones fundamentales tendientes a mejorar la calidad general de la educación en el país”.

Las instituciones de educación superior venezolanas, tanto oficiales como privadas, han reconocido en los últimos años la necesidad de incorporar innovaciones basadas en nuevos paradigmas pedagógicos con el uso de la tecnología, con la idea de garantizar una mejor formación de estudiantes.

El régimen de estudio de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, establece una programación de diez (10) semestres, constituido de 57 asignaturas las cuales se cursan en un tiempo establecido y están contenidas por diversos temas. En el caso de la asignatura Hidrología, programada en el séptimo semestre de la carrera, propone, estudiar el agua y sus manifestaciones sobre y debajo de la superficie terrestre de manera cualitativa, cuantitativa y estadística, razón por la cual es de gran importancia el estudio, control y aprovechamiento del agua, siendo un elemento fundamental en los proyectos de ingeniería relacionados con el suministro de agua.

El plan de estudio de esta asignatura incluye temas como atmósfera, precipitación, métodos de las isoyetas, evaporación, métodos para medir el caudal, curvas de gasto, escorrentía, hidrogramas, histogramas, sedimentos en embalse y el manejo de aguas subterráneas entre varios temas de interés.

En los últimos años se ha logrado grandes avances en el conocimiento a nivel mundial sobre las aguas subterráneas, sus recursos y sistemas acuíferos, pero aún falta profundizar más sobre estos últimos, el creciente riesgo global de agotar las aguas subterráneas, contaminación y deterioro de la calidad del agua, entre otros.

Estos desafíos requieren de estudios e investigaciones exhaustivas, razón por la cual se necesita mayores conocimientos sobre las aguas subterráneas en el marco de la sustentabilidad ambiental, siguiendo lo establecido en la ley de aguas, en el capítulo II, referente a la conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas cuyo reglamento contiene los criterios y procedimientos para la elaboración del balance, disponibilidad-demanda de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, ya que en Venezuela se estima que el potencial de las aguas subterráneas en los acuíferos representan una superficie total aproximada de 829.000 Km², los cuales, a través de estudios preliminares, se han estimado en ocho mil millones de metros cúbicos por año.

Cenizales (2014) destaca que no existe una gestión eficiente de los recursos subterráneos en Venezuela ya que no preexiste un uso controlado ni apropiado para un aprovechamiento sustentable, sumado a la inexistencia de una base de datos nacional confiable que proporcione el número real de pozos, tipo de uso, características del acuífero, volumen, calidad, zonas de descarga y recarga, profundidad apropiada para su explotación, variación de la calidad en el tiempo y en relación con la profundidad, así como otros parámetros que proporcionen un seguimiento verdadero a esta fuente tan importante para muchas regiones del país.

En esta perspectiva, la Ingeniería Civil necesita profesionales del sector público y privado con conocimientos sobre el manejo de aguas superficiales y subterráneas con el enfoque globalizador e integrador de las ciencias ambientales para que participe en la formulación y evaluación de planes, programas y proyectos de aprovechamiento de recursos hidráulicos, utilizando criterios de sustentabilidad ambiental con soluciones eficientes e innovadoras como respuesta a las necesidades

organizacionales, en el ámbito de su especialidad, en base a las consideraciones anteriores se propone la siguiente interrogante orientada al presente estudio:

1.2. Formulación del problema.

¿Cómo se puede garantizar a los egresados de Ingeniería Civil los conocimientos básicos sobre aguas subterráneas en el marco de la sustentabilidad ambiental?

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un documento técnico que sirva como guía conceptual y práctica para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil, en el marco de la sustentabilidad ambiental.

1.3.2. Objetivos Específicos.

1. Diagnosticar la necesidad de elaborar una guía técnica sobre aguas subterráneas para estudiantes y docentes de Ingeniería Civil.
2. Compilar los basamentos teóricos sobre aguas subterráneas.
3. Establecer los lineamientos y estructura de la guía técnica
4. Diseñar la guía técnica en el marco de sustentabilidad ambiental.

1.4. Justificación.

La importancia de una guía técnica de hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil, por la necesidad de tener información de manera más precisa y organizada a cerca de las aguas subterráneas en el marco de la sustentabilidad ambiental, cuya importancia se especifica desde tres (3) puntos de vistas:

Teórico.

Se ofreció información detallada del tema de aguas subterráneas para el manejo adecuado de los recursos hídricos con una visión más amplia en la conducción eficiente de las aguas subterráneas y sus diferentes usos y beneficios en Venezuela.

Educativo.

Se mejorará el acceso a contenidos actualizados sobre el tema a los estudiantes a partir del séptimo semestre de Ingeniería Civil en lo referente al tema de aguas subterráneas apoyado en hojas de Excel para el cálculo de acuíferos, pozos, subdrenaje y subpresiones, permitiendo desarrollar habilidades y destrezas en los estudiantes con medios computacionales.

Cabe destacar que el siguiente trabajo de investigación está inmerso en la línea de investigación de la Ingeniería Hidráulica en el marco de la sustentabilidad ambiental.

Social.

Permitirá el desarrollo sustentable del agua con una apropiada gestión que sirva para garantizar un mejor nivel de vida a la población recordando los principios establecidos en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) celebrada en Dublín Irlanda, del 26 al 31 de enero de 1992 cuyos principios contemplan la conservación y manejo del agua dentro de sistemas naturales con la integración tanto sistemas sociales, cómo económicos y la manera en que estos afectan las demandas del recurso base.

1.5 Alcance y limitación.

El estudio consiste en la elaboración de un documento técnico que sirva como guía conceptual y metodológica para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la ingeniería en el marco de la sustentabilidad ambiental. Esta investigación se realizará en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en el Municipio San Diego del Estado Carabobo, Durante el periodo Julio a Diciembre del 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Hernández (2010), define el marco teórico como el sustento teórico del estudio. Implica Analizar y Exponer las teorías, los enfoques teóricos, las investigaciones y los antecedentes en general que se consideren válidos para el encuadre del estudio.

Basado en las consideraciones anteriores en este capítulo se estructuraran los siguientes aspectos: Antecedentes de la investigación, las bases teóricas, las bases legales y términos básicos.

2.1. Antecedentes.

Rondón, J. y Gravina, G (2017), egresados de la Universidad José Antonio Páez, realizaron una investigación titulada: “**Guía técnica de hidrología estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental**”. El principal objetivo de la investigación es elaborar una guía técnica de hidrología, sobre el tema de la cuenca contribuyente utilizando herramientas digitales que logren desarrollar ejemplos de forma práctica y así lograr un entendimiento completo y aplicable del estudio de la cuenca contribuyente enmarcado en la sustentabilidad ambiental. Entre las conclusiones más relevantes se destacan las siguientes: Una cuenca hidrográfica es el área físico-geográfica delimitada por divisorias topográfica o edáfica en donde las aguas superficiales y subterráneas desembocan en una red natural mediante vertientes que confluyen a su vez en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (p.8).

Palacio (2012) , realizó un estudio en la Universidad de la Pampa en Argentina titulado: “ **Actualización del Modelo Conceptual y Modelo Numérico de flujo de agua subterránea en el acuífero libre de General Pico – Dorila, Provincia de La Pampa, Argentina**”, cuya finalidad fue realizar una evaluación cualitativa y

cuantitativa del sistema acuífero que revele el estado actual del conocimiento sobre el mismo, así como integrar la información hidrogeológica disponible en un modelo numérico de flujo de agua subterránea que sirva para validar el modelo conceptual de su funcionamiento aportando una herramienta numérica que podría ser utilizada en términos de gestión y planificación hidrológica, cuyos resultados al cuantificar la recarga en torno al 14% de la precipitación la que se verificaría fundamentalmente en otoño y primavera. El análisis de las fluctuaciones del nivel freático permitió además identificar una zona de recarga preferencial en el sector medanoso central que se correlacionaría con un mayor espesor de la cobertura de arenas. El modelo numérico construido en estado estacionario reproduce, en general, la configuración local de la superficie freática y las direcciones de flujo predominantes en el acuífero y permite valorar la recarga media en 90 mm/año a lo largo del eje de la dorsal medanosa.

Por otra parte, Guzmán, D. y Pereira, K. (2009), egresados de la Universidad de Oriente, realizaron una investigación titulada: “**Estudio de la gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: Acuífero de la mesa de Guanipa**”. “El principal objetivo de la investigación fue describir la situación legal e institucional de las aguas subterráneas en Venezuela además de identificar los acuíferos y proponer un plan adecuado sobre el manejo del acuífero de la mesa de Guanipa.

Entre las conclusiones más relevantes se destacan las siguientes: El 85% del total del agua dulce es generado en el margen derecha del río Orinoco; el resto del territorio aporta el 15%, incluyendo las cuencas que drenan al Mar Caribe o al Lago de Maracaibo. La parte norte de Venezuela, donde se asienta el mayor porcentaje de la población y las principales actividades económicas, es la más escasa en recursos hídricos. El desarrollo de las aguas subterráneas es una de las soluciones a esta problemática. (p.69).

Por último, Ochoa, J. y Sosa, A (2007), egresados de la Universidad de Oriente, realizaron una investigación titulada: “**Medidas para el control y remediación de las aguas subterráneas en Barcelona, municipio Simón Bolívar**”, el principal objetivo de la investigación fue establecer las medidas para el control de las aguas

subterráneas, adicionalmente se analizaron las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas además de reconocer los tipos de contaminantes provenientes de dicha fuente para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Entre las conclusiones más relevantes se destacan las siguientes: Los riesgos más serios y extensos de contaminación de las aguas subterráneas los cuales están asociados con sistemas de saneamiento sin alcantarillado, actividad agrícola, la infiltración de aguas contaminadas provenientes de ríos y a varios aspectos de la actividad industrial, especialmente la disposición de efluentes líquidos. (p.72).

Todas estas investigaciones sirvieron para conocer lo referente a las aguas subterráneas enfocando en primer lugar la regularidad de los caudales debido a las características de su almacenamiento natural, su protección contra las pérdidas por evaporación y su estrecha relación con las corrientes de superficie ya que éstas obtienen de las capas acuíferas la mayor parte de su caudal, razón por la cual deben considerarse aspectos como: Sobreexplotación, contaminación, uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales y área de recarga fundamentada en el control y remediación de las aguas subterráneas.

2.2. Bases teóricas.

A continuación se fundamenta las distintas teorías y conceptos, que sustentaron la creación de esta guía técnica sobre aguas subterráneas.

2.2.1 Guía Técnica.

El origen etimológico de la palabra guía, proviene en concreto del “gótico vitan” que puede traducirse como “vigilar u observar”.

Cortez (2018) define las Guías Técnicas como documentos electrónico o impresos, que contienen los pasos e instrucciones que se deben seguir para el desarrollo de una actividad específica.

2.2.2 Funciones de las guías Técnicas.

- **Función de orientación:** Ofrece al usuario orientación sobre el tema para realizar las actividades planificadas en la guía.

- **Especificación de las tareas:** Delimita actividades a realizar, y se detalla en los problemas a resolver.

- **Función de autoayuda o autoevaluación:** Permitir al usuario una estrategia de monitoreo o retroalimentación para que evalúe su progreso.

- **Función motivadora:** Despierta el interés por el tema o para mantener la atención durante el proceso de estudio.

2.2.3 La Hidrología.

La Hidrología, según Dingman (1994), es “La ciencia que se enfoca en el ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es la geociencia que describe y predice:

- Las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global.

- El movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria”.

Otra definición más completa acerca del término Hidrología según Linsley, Kohler y Paulhus (1985) la destacan "como la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos." En la ingeniería es una rama que comúnmente se llama ingeniería hidrológica o hidrología aplicada, que incluye aquellas partes del campo de la hidrología que atañen al diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua.

2.2.4 Ciclo hidrológico.

El agua que se encuentra en la atmósfera en forma de vapor se condensa en nubes, las cuales originan las precipitaciones (P) en forma de nieve, lluvia o granizo. Una parte de dichas precipitaciones se evapora nuevamente antes de llegar a la superficie del suelo y la otra cae al suelo por la acción de la gravedad. De esta última, una parte es interceptada por la vegetación o por otras superficies y luego se evapora

igualmente y la otra entra en contacto directo con el suelo o con cuerpos de agua (lagos y mares principalmente).

Aquella que cae al suelo puede alimentar la red hidrográfica directamente (escorrentía superficial), almacenarse en algunas partes de la superficie (almacenamiento superficial) o penetrar en el suelo y subsuelo (infiltración) para que de esta manera alimente las reservas de las capas acuíferas.

La energía calorífica proveniente del sol evapora parte del agua que está en las superficies libres (lagos, mares, etc.), en la red hidrográfica y en la superficie del suelo.

De igual manera una parte del agua que está en la zona no-saturada del suelo se evapora directamente o se absorbe por las plantas las cuales a su vez le devuelven a la atmósfera en forma de vapor mediante el mecanismo de transpiración. Estos fenómenos son generalmente designados con el término de evapotranspiración. En cuanto al agua que se ha infiltrado en las zonas más profundas de la corteza terrestre y que alimenta las capas acuíferas, puede alcanzar más profundidad, o pasar a alimentar el flujo de los ríos, o retornar directamente a los mares a causa de la percolación, donde se inicia nuevamente el ciclo.

Es por ello que el fenómeno conocido como ciclo del agua es aquel que hace que el agua vaya transformando sus estados en diferentes momentos para mantenerse siempre como uno de los elementos más importantes del planeta, el cual ha sido definido entre los que se destacan:

Johnson, (1975), define el ciclo hidrológico como “la continua circulación de humedad y de agua sobre nuestro planeta, el ciclo no tiene principio ni fin”. (p.2). La radiación solar lleva el agua de los océanos, ríos y lagos hasta la atmósfera por evaporación. El vapor de agua se eleva y aglomera pasando así a la formación de las nubes la que seguidamente se condensa y se precipita ya sea en forma de granizo lluvia o nieve. La verdadera y mayoritaria fuente de casi todas las reservas de agua dulce se dan por las variadas formas de precipitación

Igualmente Gibson-Singer (1976) destacan que el ciclo hidrológico es “el nombre que se le da a la circulación del agua en estado líquido, de vapor o sólido, desde los océanos al aire, del aire a la tierra, sobre la superficie de esta o abajo del suelo, y de nuevo a los océanos”. (p.2).

Así mismo la Ley de aguas (2007) establece que “la circulación de las masas de aguas en diferentes estados físicos interconvertibles entre sí, que se da entre el ambiente y los seres vivos; motorizada por la fuerza de gravedad y la energía solar”. (p.11).

A continuación se representa el ciclo Hidrológico (ver figura 1)



Figura 1. Ciclo Hidrológico.
Fuente. Johnson, (1975).

2.2.5 Aguas Subterráneas.

En este orden de ideas autores como Johnson, (1975) destaca lo siguiente “Se conoce como agua subterránea al agua contenida en la zona de saturación, es la única parte de toda el agua del subsuelo de la cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea. Otros términos empleados para definirla, son los de agua del subsuelo y agua profunda, pero se prefiere el de agua subterránea”. (p.21)

Así mismo López, Fornes, Ramos y Villarroya (2009) señalan que el agua subterránea “Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. El agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la naturaleza, merced a la recarga.” (p.14) (ver figura 2).

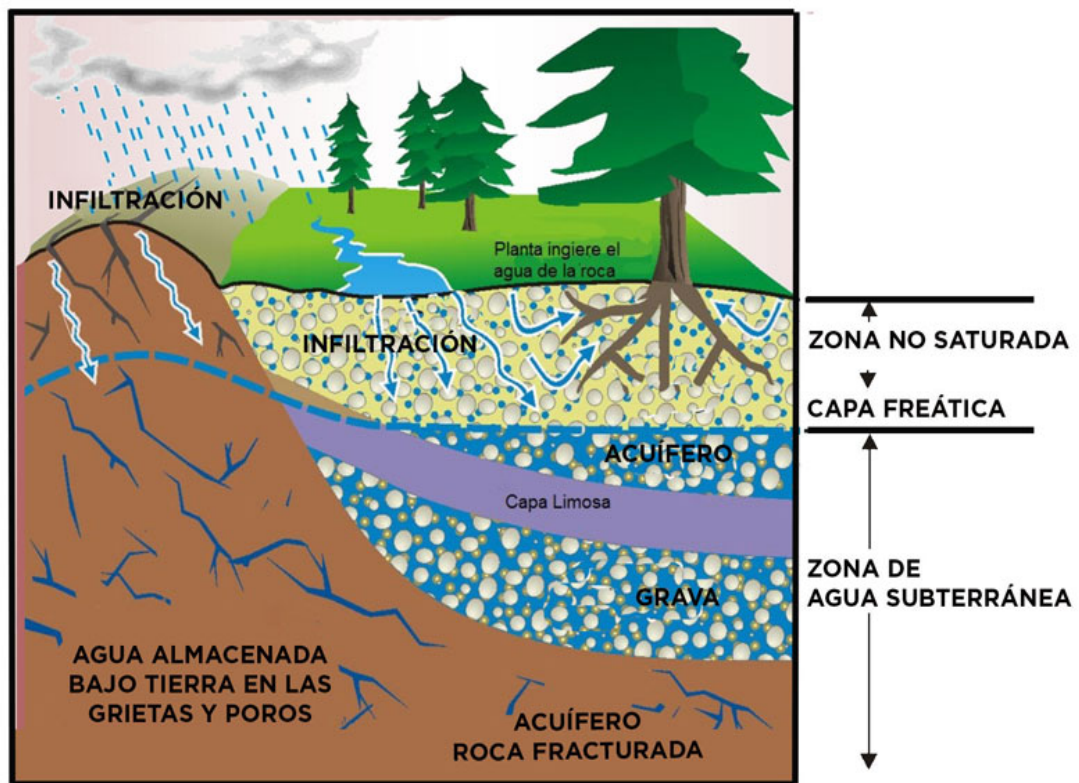


Figura 2. Aguas Subterráneas.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

2.2.6. Composición natural de las aguas subterráneas.

El agua constituye el disolvente más universal, por tanto, es capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales circula. Las aguas subterráneas tienen mayor oportunidad de disolver materiales a diferencia de las aguas superficiales; debido a su prolongado contacto con las formaciones

geológicas a través de las cuales se desplaza, a la presencia de dióxido de carbono y oxígeno disuelto en el agua, y a la lenta velocidad con que se mueven. La mayoría de las aguas subterráneas no contienen materia en suspensión y prácticamente están libres de bacteria es por ello que son claras y sin color.

Al consultar autores como Johnson, (1975), “Se considera desde el punto de vista físico, el agua es un líquido transparente, carente de color, con un leve color azulado cuando se haya presente en grandes masas. El agua pura no tiene sabor alguno y ostenta siempre la misma composición, ya sea que se encuentre en forma líquida, sólida y gaseosa. El agua químicamente pura no existe en la naturaleza y sólo se puede obtener a través de procedimientos especiales de purificación “(p.118).

Así mismo López, Fornes, Ramos y Villarroya (2009) destacan que “La composición natural de las aguas subterráneas puede verse modificada por causas naturales o por factores antrópicos. Entre las primeras figuran: el clima, la temperatura, el tipo de terreno a través del cual se desplaza el agua subterránea, el tiempo de residencia del agua en el acuífero, y el aporte de gases reactivos, principalmente carbono y oxígeno. Respecto a los factores antrópicos, la actividad humana puede afectar a veces con cierta intensidad a la composición química del agua que se infiltra y a la recarga, modificando la temperatura, introduciendo solutos (sales, nitratos, etc.) Y sustancias diversas (hidrocarburos, plaguicidas, disolventes halogenados, entre otros), tanto en el terreno como en el agua”. (p.23).

2.2.7 Acuíferos.

El acuífero es aquella masa de rocas permeables que permite la circulación y la acumulación del agua subterránea en sus poros o grietas, donde las rocas pueden ser de materiales muy variados como gravas y areniscas porosas poco cementadas (antiguos sedimentos marinos, de río, playa, eólicos), limos, ciertos tipos de arcilla, calizas agrietadas, algunos autores la definen:

En este sentido Johnson, (1975) señala que “los acuíferos son aquellas formaciones o estratos comprendidos dentro de la zona de saturación, de los cuales se puede obtener aguas con fines utilitarios. Un acuífero es una unidad geológica

saturada, capaz de suministrar agua a pozos y manantiales, los que a su vez sirven como fuentes prácticas de abastecimiento del líquido”. (p.21).

Del mismo modo Fuentes (2008) los puntualiza “como las formaciones geológicas que contienen agua subterránea. Desde un punto de vista práctico, un acuífero ha de ser capaz de almacenar y transmitir agua en cantidades susceptibles de ser explotadas económicamente. Las formaciones arcillosas, por ejemplo, son capaces de almacenar grandes cantidades de agua, pero no la transmiten con facilidad, por lo que no pueden ser considerados como acuíferos”. (p.06).



Figura 3.Tipos de Acuíferos.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

2.2.8. Tipos de acuíferos.

Para Collazo y Montano (2012), destaca que los tipos de acuíferos son libres, confinados o cautivos y semiconfinados, a continuación se especifica cada uno de ellos.

Acuíferos libres.

Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable; donde el agua que cede es la procedente del drenaje de sus poros cuyo nivel superior de saturación se encuentra a presión atmosférica, por esta

razón, los acuíferos libres son también conocidos como “acuíferos freáticos”.(Ver Figura 4).Por lo tanto la superficie freática es una superficie “real” que delimita el acuífero libre (por debajo)de la zona vadosa (por encima).

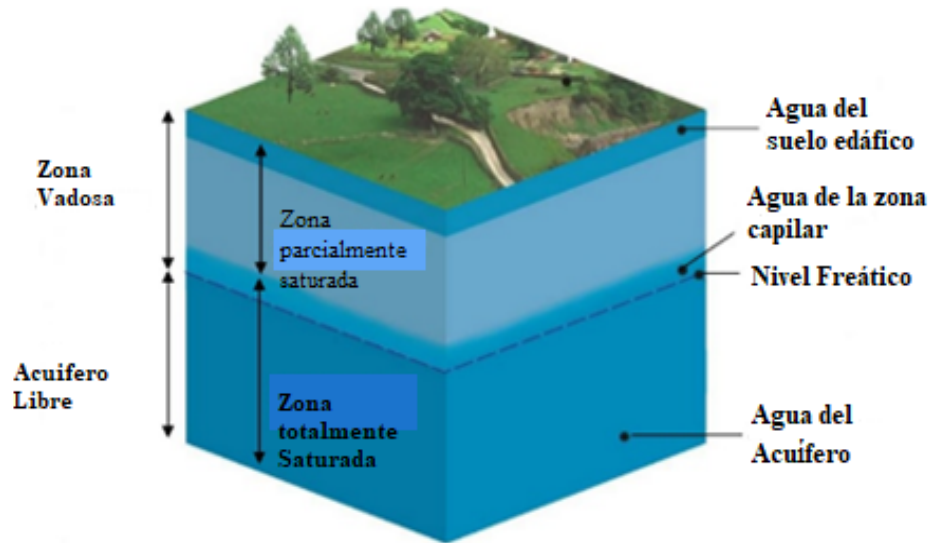


Figura 4. Acuífero libre.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

Acuíferos confinados o cautivos.

Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante, donde el nivel de agua está por encima del techo de la formación acuífera y el agua que cede es procedente de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero.

Estos acuíferos están completamente saturados de agua, confinado entre dos capas o estratos que podemos asumir como impermeables, razón por la cual el agua del acuífero está sometido a una presión de confinamiento, que será la suma de la presión hidrostática más la presión litostática de la capa impermeable. Es por ello que al perforar un pozo en un acuífero confinado el agua ascenderá rápidamente por el pozo hasta alcanzar la posición del nivel piezométrico del acuífero en dicho punto.

Cuando perforamos un pozo o un sondeo de un acuífero libre, el nivel de agua del centro de la perforación indica la posición del nivel freático en ese punto. Al

realizar un bombeo desde dicho pozo, el agua que extraemos proviene directamente del vaciado de los poros del acuífero, observándose un descenso del nivel del agua tanto en el pozo como en parte del acuífero situado en torno al pozo. (ver Figura 5).

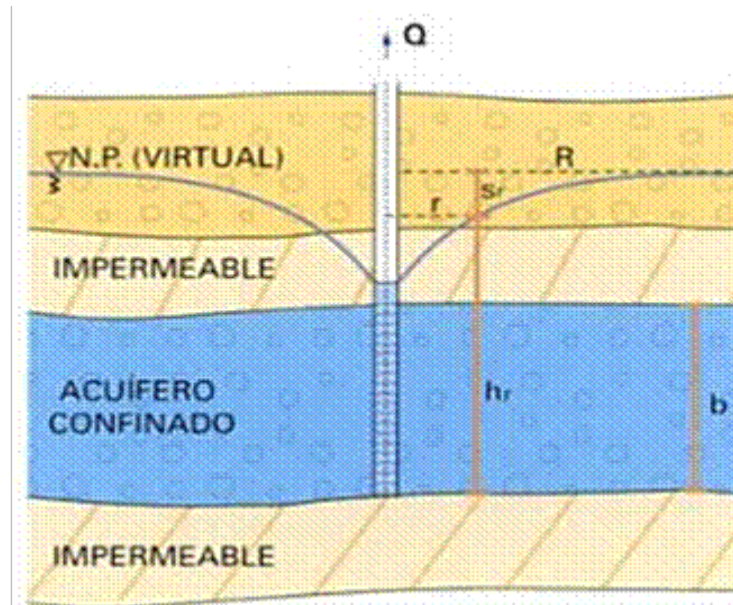


Figura 5.Acuífero confinado.
Fuente. Collazo-Montano (2012).

Acuíferos semiconfinados.

Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua. Consisten en una disposición semejante a la explicada anteriormente para el caso acuíferos confinados, cuya filtración vertical es muy lenta a través del material confinante. (Ver figura 6).

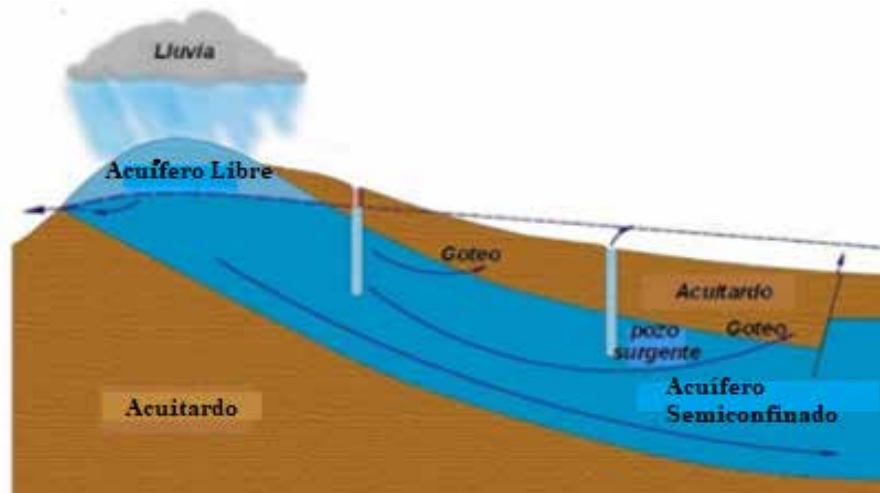


Figura 6. Acuífero semiconfinado.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

2.2.9. Características de los Acuíferos.

Collazo y Montano (2012) recalca que entre las características de los acuíferos más importantes tenemos la porosidad, permeabilidad, transmisibilidad Específica y coeficiente de almacenamiento, seguidamente se especifica cada uno de ellos:

Porosidad (n).

La porosidad de un suelo o de una roca, es el porcentaje del volumen total que está ocupado por poros. La porosidad se calcula en una muestra inalterada, las cuales son independientes del tamaño de las mismas y se calcula mediante los volúmenes, densidades, saturación y en el campo con muestras de sondeo.

$$n = \frac{V_p}{V} = \frac{V - V_s}{V} = \%$$

Donde:

n : Porosidad.

V_p : Volumen de espacios vacíos.

V: Volumen total.

V_s: Volumen sólido.

Se puede calcular la porosidad de manera teórica mediante ecuaciones y valores dados así como también determinarla encontrando los valores necesarios para resolver las ecuaciones de manera experimental, ya sea en un laboratorio o en el campo, cuyos valores se especifican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de la porosidad dependiendo del tipo de material.

MATERIAL	POROSIDAD (%)
Grava	25 - 40
Arena y Gravas	36
Arenas	25 - 50
Limos	35 - 50
Arcillas	40 - 70
Mármoles	0.1 - 0.2
Esquistos	1 - 10
Dolomitas	2.9
Granitos	1.5 - 0.02
Basaltos	0.1 - 2.9

Fuente. Collazo-Montano, (2012).

Porosidad Eficaz

Es la Relación entre el volumen de agua que puede ser drenado por gravedad de un medio poroso inicialmente saturado y el volumen total del medio poroso.

Porosidad Total

Relación entre el volumen de intersticios en una muestra dada de un medio poroso, por ejemplo suelo, y el volumen bruto del medio poroso, incluidos los huecos.

Permeabilidad (K) o Conductividad Hidráulica.

Es la propiedad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable y se expresa m/día o m³/día

/m² Depende de: tamaño y forma de las partículas, gradación del material y viscosidad del agua.

Se calcula siguiendo la ley de Darcy que relaciona el volumen de agua que atraviesa una muestra con su permeabilidad teniendo en cuenta el diferencial de presión. Si dos piezómetros están situados en una línea de corriente (puntos 1 y 2) en la velocidad del agua en la línea de corriente se puede calcular con la ecuación:

$$V = K (h_1 + z_1) - (h_2 + z_2) = K \cdot i$$

Donde:

V = Velocidad del agua de Darcy.

K = Coeficiente de permeabilidad (longitud/tiempo) o conductividad hidráulica.

i = $4h$ = Gradiente hidráulico.

O también:

$$Q = K I A$$

Donde:

Q = Cantidad de agua drenada a través de la muestra por unidad de tiempo (cm³/h).

K = Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad se expresa en (cm³/h).

I = Gradiente piezométrico disponible (m/m).

A = Sección transversal por donde se filtra el agua en la muestra (cm²).

Humedad y Grado De Saturación

Se llama humedad (W) de un suelo al peso del agua que contiene; dividido por el peso del suelo seco (peso constante a una temperatura comprendida entre 105 y 110°C). Se expresa en tanto por ciento.

El grado de saturación (S_r) es el porcentaje del volumen de huecos ocupados por el agua.

$$w = W_w / W_s$$

Donde:

W = Humedad.

Ws = El peso de las partículas sólidas de una cierta masa de un suelo.

Ww = El peso del agua que esa masa de suelo contiene en sus poros.

Para un acuífero compuesto de muchos estratos la transividad total es la suma de las transividades de cada estrato:

$$n =$$

Donde:

n = Número total de estratos.

Ti = Transmisividad del estrato.

Coefficiente de Almacenamiento (S).

Es adimensional; es el volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión) o también es el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico.

$$S = \frac{\text{Volumen de agua liberado}}{\text{Volumen total que ha bajado de la superficie piezométrica}}$$

Cuadro 2. Valores de coeficiente de almacenamiento(s) según el tipo acuífero.

Acuíferos libres (porosidad eficaz): 0,3 a 0,001 ($3 \cdot 10^{-1}$ a 10^{-2})	El agua proviene del vaciado de los poros
Acuíferos semiconfinados (coeficiente de almacenamiento); 10^{-3} a 10^{-4}	El agua proviene de descompresión y de los rezumes desde las capas confinantes
Acuíferos confinados (coeficiente de almacenamiento); 10^{-4} a 10^{-6}	El agua proviene de descompresión

Fuente. Sánchez (2012).

2.2.10. Hidráulica de pozos.

El agua subterránea se capta principalmente a través de pozos verticales, que son los más difundidos a nivel mundial y a través de pozos horizontales como galerías filtrantes y zanjas de drenaje.

Según Arocha (1979), define los pozos como una obra compleja, que se proyecta y se construye para obtener agua subterránea de un acuífero, con el objetivo de satisfacer una demanda determinada, la vida útil de un pozo puede ser de décadas, y una vez agotada se debe proceder al abandono del pozo mediante el sellado.

Para la aplicación práctica del cálculo de pozos se tienen las siguientes:

- Calcular el caudal que podría obtenerse sin superar cierto descenso, este máximo descenso vendrá determinado por la profundidad del pozo, de la bomba de extracción, por razones económicas o medioambientales.

- Calcular el descenso producido por el caudal dado a cierta distancia, por ejemplo si existe un sondeo y se proyecta una segunda captación, sería deseable realizarla a la distancia suficiente para que ambas no se afecten o lo hagan mínimamente.

- Calcular el radio del cono de descenso o radio de influencia de la captación.

2.2.11. Tipos de Pozos.

Según Collazo-Montano, (2012) los pozos pueden ser:

- **Abiertos, excavados o brocales:** Son pozos someros de construcción manual o ligeramente mecanizada y con diámetros relativamente grandes ($> 1\text{m}$). Es posible excavar hasta alcanzar el nivel freático.

- **Perforados o tubulares:** Son los pozos más utilizados para captación de agua subterránea, se los conoce también como pozos semisurgentes. Son generalmente de diámetro reducido de 6 a 12 pulgadas de diámetro.(Ver figura 7)

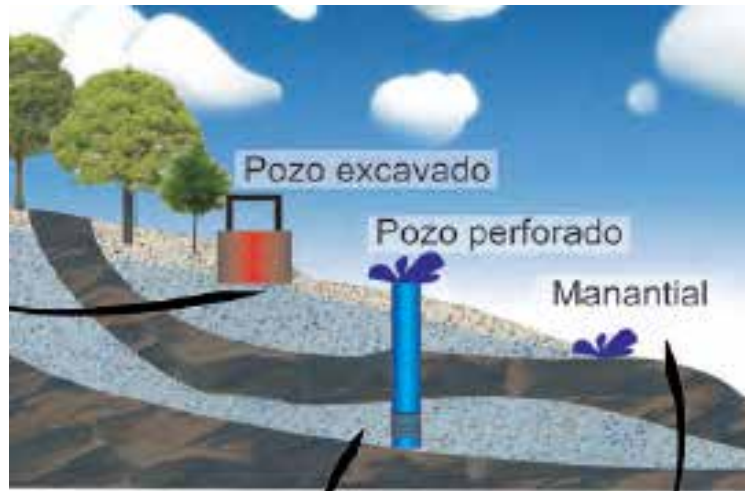


Figura 7.Tipos de Pozos.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

2.2.12. Métodos o condición de equilibrio para los cálculos de acuíferos.

Al extraer agua de un acuífero, por medio de un pozo, el agua se acerca al pozo desde todas las direcciones en forma radial, convergiendo hacia él y el área de penetración va disminuyendo constantemente, el agua extraída en los momentos iniciales del bombeo procede a su alrededor, pero a medida que se prolonga el bombeo el pozo se alimenta del almacenamiento a distancias mayores, provocando en el acuífero la formación de un cono invertido que se denomina cono de depresión o de influencia, (ver figura 8).

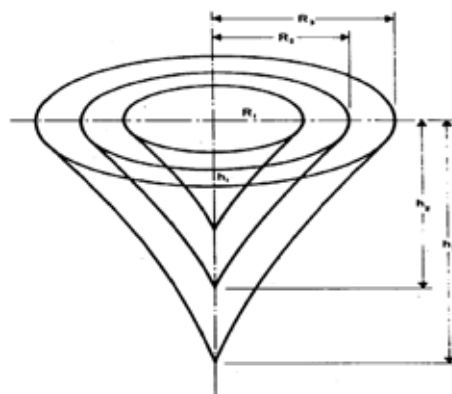


Figura 8.Cono de depresión.
Fuente. Collazo-Montano, (2012).

La extracción de agua subterránea siempre está asociada a un descenso del nivel de agua, denominado depresión. La ley de Darcy puede resolver sistemas de flujo simples con componentes en una sola dirección, vertical u horizontal. Como gran parte de los acuíferos tienen movimientos del agua en ambas direcciones, estos sistemas deben ser simplificados antes de poder aplicar la fórmula de Darcy. Dupuit en 1863 y Forchheimer en 1901 introdujeron entonces la hipótesis de que el flujo es puramente horizontal y además uniformemente distribuido sobre toda la sección vertical del acuífero. Ha sido comprobado que estas aproximaciones dan soluciones suficientemente exactas para superficies freáticas con pendientes suaves.

Una variedad de ecuaciones ha sido desarrollada para relacionar el caudal de los pozos con la depresión de la superficie piezométrica (o freática) y los parámetros hidráulicos de los acuíferos. Estas fórmulas corresponden a dos grandes grupos, las de flujo en régimen estacionario o permanente y las de flujo en régimen transitorio o variable.

El régimen estacionario es un estado de equilibrio en el cual no se producen variaciones con el transcurso del tiempo. En la práctica se presenta muy pocas veces, pero puede ser alcanzado cuando se bombea un acuífero con buena recarga o en forma aproximada cuando después de bombeos prolongados la depresión es muy lenta.

En las ecuaciones de régimen transitorio interviene el factor tiempo; estas ecuaciones permiten calcular el descenso de la superficie piezométrica o freática con relación al tiempo transcurrido desde el inicio de la extracción de agua.

Las ecuaciones desarrolladas requieren en general las siguientes hipótesis básicas:

- El acuífero es homogéneo, isotrópico, horizontal, de espesor constante y de una extensión horizontal infinita.
- Hay un solo pozo en funcionamiento, bombeando un caudal constante.
- El filtro del pozo abarca todo el espesor del acuífero.
- El nivel piezométrico anterior al bombeo es constante y uniforme.

•En respuesta al descenso del nivel piezométrico, el agua almacenada en el acuífero es liberada en forma instantánea.

2.2.13. Régimen Estacionario o continuo.

Acuífero Confinado

En un acuífero confinado el flujo alrededor de un pozo de bombeo es horizontal y el régimen estacionario proviene de muy lejos (en principio del infinito), de modo que el flujo a través de una superficie cilíndrica imaginaria a una distancia r del pozo bombeado es igual al caudal bombeado, mediante la ley de Darcy este caudal puede ser expresado por:

$$Q = 2 \pi \cdot K \cdot b \cdot r \cdot (dh/dr)$$

Donde:

Q = Caudal bombeado.

K = Conductividad hidráulica del acuífero.

r = Distancia radial desde el centro del pozo.

b = Espesor del acuífero.

dh/dr = Gradiente hidráulico.

La integración de esta ecuación entre dos puntos r_1 y r_2 a diferentes distancias del pozo (Figura 6) y con niveles piezométricos h_1 y h_2 , respectivamente:

$$Q = 2 \pi \cdot K \cdot b \cdot (h_2 - h_1) / \ln (r_2/r_1)$$

o

$$Q = 2 \pi \cdot T \cdot (h_2 - h_1) / \ln (r_2/r_1)$$

Donde:

$T = K \cdot b$ Es la transmisividad del acuífero y el nivel piezométrico h es referido a la base del acuífero. Esta ecuación se conoce como la fórmula de Thiem.

La fórmula anterior permite calcular Q en relación a la medición de h a dos distancias diferentes del pozo. (Ver Figura 9). Esto sería en un pozo ideal, pero en

realidad hay pérdidas de carga adicionales por la fricción al penetrar el agua al pozo a través del filtro y la altura del agua en el mismo es h_p , menor que h_p .

El valor de r donde la depresión de la superficie piezométrica es s n significativo se llama radio de influencia del pozo.

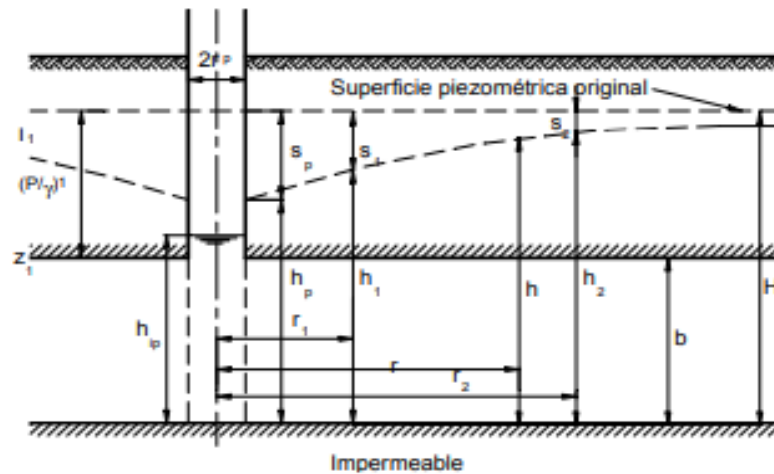


Figura 9. Pozo de bombeo en un acuífero confinado.

Fuente. Enohsa ente nacional de obras hídricas de saneamiento (2010).

Acuífero Libre.

En un acuífero libre el sistema de flujo alrededor de un pozo (Figura 7) puede ser analizado con la hipótesis de Dupuit-Forchheimer y reemplazando el espesor b por la altura h de la superficie freática sobre la base del acuífero, la ecuación de Darcy es:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot K \cdot (dh/dr)$$

Reagrupando variables e integrando entre r_2, h_2 y r_1, h_1 se obtiene

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot K \cdot (h_2^2 - h_1^2) / \ln(r_2/r_1)$$

En este tipo de acuífero, la altura del agua h_p en el interior del pozo siempre es menor que la altura h_p de la superficie freática en la pared exterior del mismo, aun considerando nulas las pérdidas de carga por la entrada del agua al pozo.

Eso ocurre debido a la superficie de resaca que se origina cada vez que el agua dreña libremente de una pared de un material saturado expuesta a la atmósfera.

La superficie freática dentro del material saturado intersecta entonces la pared a una cierta distancia por encima de la superficie libre del agua al otro lado de la pared, formando una superficie de resaca por la cual el agua escurre a lo largo de la superficie saturada hacia el nivel libre del agua.

Investigaciones teóricas y experimentales han demostrado que el empleo de h_p en vez de h_1 de la ecuación anterior, introduce un error de solamente 1 a 2 % en el valor verdadero del caudal calculado.

Nuevamente esto solamente vale para pozos ideales, ya que por las pérdidas de carga debidas a la fricción el nivel de agua en el pozo es inferior a h_p . Debido a la superficie de resaca en la pared del pozo y a la existencia de componentes verticales en el flujo del agua subterránea en los alrededores del pozo, la ecuación arriba indicada, basada en la hipótesis de Dupuit-Forchheimer de flujo horizontal, no representa con precisión la altura de la superficie freática. Recién a una distancia de: $r > 1,5 H$ los efectos del flujo vertical son despreciables y el nivel freático calculado con esa fórmula esencialmente correcto. (Ver figura 10)

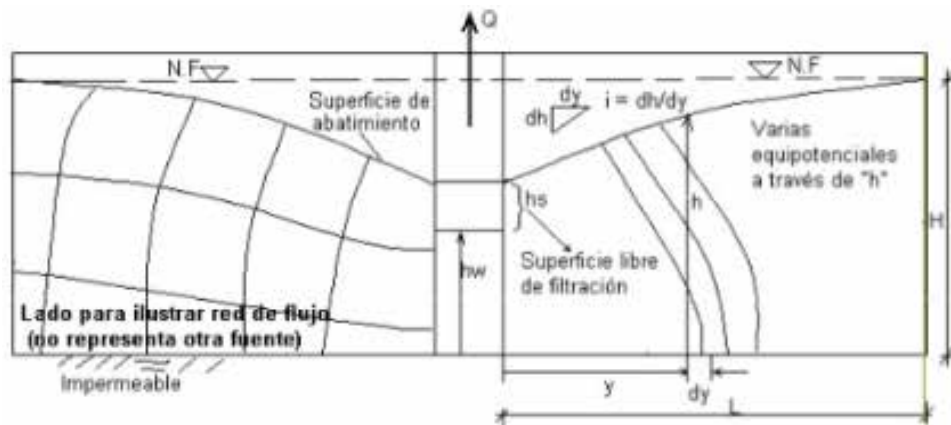


Figura 10. Pozo de bombeo en un acuífero libre.
Fuente. Enohsa ente nacional de obras hídricas de saneamiento (2010).

Acuífero Semiconfinado.

En la naturaleza este tipo de acuífero es mucho más frecuente que uno completamente confinado. Las capas confinantes en el techo y/o la base de un

acuífero casi siempre presentan algún grado de permeabilidad. Cuando se extrae de un acuífero semiconfinado (Figura 8), el agua no sólo proviene de ese acuífero sino también de los horizontes adyacentes.

Las soluciones halladas se basan en varias hipótesis muy restrictivas y a las hipótesis de base antes mencionadas se agregan las siguientes:

- La recarga se establece a partir de un único acuífero situado encima o debajo del semiconfinado.

- El flujo es exclusivamente vertical en el acuitardo y horizontal en el acuífero semiconfinado.

- El nivel piezométrico del acuífero adyacente permanece constante.

- El caudal de infiltración es proporcional al gradiente hidráulico a través del acuitardo.

- Para estas condiciones y el flujo en estado de equilibrio, De Glee (1930, 1951, según Kruseman y de Ridder, 1990) derivó la siguiente fórmula:

$$s = Q \cdot K_0 \cdot (r/B) / 2 \cdot T$$

Donde:

s = Depresión (estabilizada) en un piezómetro a una distancia **r** del pozo de bombeo.

Q = Caudal del pozo.

B = Factor de filtración $(T \cdot c)^{1/2}$.

c = Resistividad hidráulica del acuitardo b'/K' .

b' = Espesor del acuitardo.

K' = Conductividad hidráulica vertical del acuitardo.

T = Transmisividad del acuífero.

K₀ = Función de Bessel modificada de segunda especie y orden 0.

Los valores de la función matemática $K_0(x)$ para diferentes valores de x (siendo en este caso $x = r/B$) se encuentran tabuladas en los manuales matemáticos y en varios de los textos de Hidrogeología de la lista bibliográfica, por ej. Custodio, E. y Llamas, M.R. (1976).

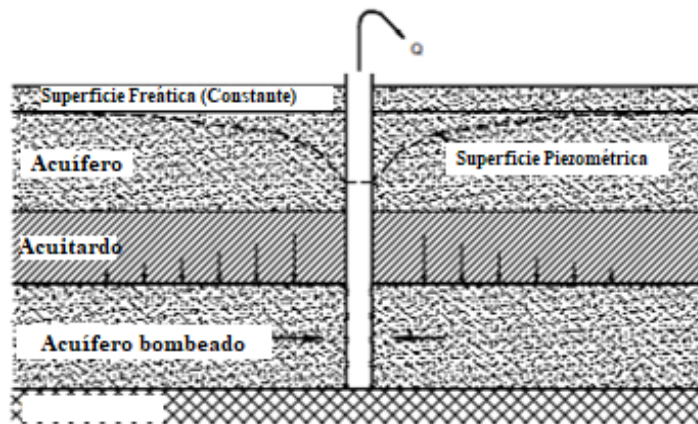


Figura 11. Pozo de bombeo en un acuífero semiconfinado.
Fuente. Enohsa ente nacional de obras hídricas de saneamiento (2010).

Estas fórmulas son aplicables cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- El acuífero es isótropo.
- El espesor del acuífero es constante.
- El pozo penetra todo el espesor del acuífero.
- El Nivel estático es horizontal.
- El flujo es laminar.
- Existe la condición de equilibrio.

2.2.14 Régimen Transitorio o variable.

Acuífero Confinado.

Cuando un pozo, en un acuífero de extensión infinita, extrae agua a caudal constante, la influencia del bombeo se extiende con el tiempo. Debido a que el agua sale exclusivamente del almacenamiento del acuífero, el nivel piezométrico continúa descendiendo indefinidamente. Por eso un régimen estacionario no puede existir, aunque el ritmo del descenso disminuye con el tiempo (Figura 9) a medida que el área de influencia se expande.

Theis (1935) fue el primero en desarrollar una fórmula para el flujo transitorio, basada en la analogía entre el flujo de agua subterránea y la conducción del calor con la hipótesis de que el pozo es de diámetro infinitesimal y considerando que antes del

bombeo la depresión $s = 0$ y que s tiende a cero para r tendiendo a infinito para cualquier tiempo después de iniciado el bombeo, la ecuación hallada es:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int e^{-u} \cdot \frac{du}{u} = \frac{Q-W(u)}{4\pi T}$$

Donde:

s = Depresión a una distancia r del pozo.

Q = Caudal constante del pozo.

T = Transmisividad del acuífero.

$u = r^2 \cdot S / (4 \cdot T \cdot t)$.

S = Coeficiente de almacenamiento del acuífero.

t = Tiempo desde el comienzo del bombeo.

La integral exponencial se conoce como "función de pozo de Theis" y su solución es la siguiente serie convergente:

$$W(u) = -0,572 - Lnu + u - u^2 / (2 \cdot 2!) + u^3 / (3 \cdot 3!) - u^4 / (4 \cdot 4!) + \dots$$

Si se conocen los parámetros hidráulicos T y S del acuífero y el caudal Q de bombeo, puede hallarse el nivel piezométrico en un acuífero confinado a cualquier distancia r del pozo y en cualquier momento t después de iniciado el bombeo.

Simplemente se calcula u con la ecuación arriba indicada, se busca el valor correspondiente de $W(u)$ en las tablas de cualquier libro de hidrogeología y se calcula s con la fórmula de Theis.

También es posible calcular los valores de s para diferentes distancias r en un mismo momento t y se obtienen los valores del cono de depresión de la superficie piezométrica alrededor del pozo.

Igualmente puede seguirse el camino inverso y determinar los parámetros T y S del acuífero.

En efecto, observando la fórmula de Theis puede verse que si se mide s para una o más distancias r y diversos valores de t , conociendo el caudal Q puede hallarse T y S .

Sin embargo la presencia de dos incógnitas y la naturaleza de la integral exponencial hacen imposible una solución explícita directa y Theis diseñó entonces su método de superposición de curvas.

Este se basa en el hecho de que si se grafica en función de r^2/t o t y $W(u)$ en función de u en el mismo papel doble logarítmico, las curvas resultantes (la de datos medidos y la curva patrón, respectivamente) van a tener la misma forma, pero horizontalmente y verticalmente desplazadas.

Las dos curvas pueden hacerse coincidir y con la coordenadas s , r^2/t , u y $W(u)$ de un punto de control puede calcularse T y S mediante las ecuaciones arriba indicadas de s y u .

Acuífero Semiconfinado.

Para este tipo de acuífero, cuyas propiedades ya han sido descritas en la sección de régimen estacionario, el desarrollo de la teoría de flujo se hizo en dos etapas distintas.

La primera, realizada por Hantush y Jacob (1955) y Hantush (1956, 1960), diferenciación entre la respuesta de Theis y la de un acuífero semiconfinado (Figura 10), utilizando las hipótesis básicas ya enunciadas para el flujo estacionario.

En la segunda, Neuman y Witherspoon (1969a, 1969b, 1972) evaluaron el significado de esas hipótesis restrictivas de los trabajos anteriores y desarrollaron soluciones más generales.

Sin embargo, debido a su gran simplicidad, la solución analítica de Hantush y Jacob es la más utilizada. Esta se expresa de la misma forma como la ecuación de Theis, pero con una función de pozo más complicada que incluye el parámetro adimensional r/B .

$$S = \frac{Q}{4. \pi. T} W(u, r/B)$$

Donde:

r = Distancia al pozo de bombeo.

B = Factor de filtración.

Los valores de W (u,r/B) en función de u fueron tabulados por Hantush y se usa para el cálculo de depresiones alrededor de un pozo o para determinar los parámetros hidráulicos de un acuífero semiconfinado, es equivalente al del método de Theis, sólo que en vez de una curva patrón hay una para cada valor de r/B, reunidas en un sólo gráfico.

Acuífero Libre.

En el caso de un acuífero libre existen algunas diferencias importantes con respecto al flujo en un acuífero confinado. Cuando se extrae agua de un acuífero libre, el gradiente hidráulico que es inducido por el bombeo crea un cono de depresión en la superficie freática en el cual existen componentes verticales de flujo.

El agua producida por el pozo se origina tanto por los dos mecanismos propios del flujo confinado como también por un verdadero drenaje del acuífero libre. Existen esencialmente tres caminos que pueden ser usados para predecir el crecimiento en el tiempo y en el espacio del cono de depresión en un acuífero libre.

El primero, que puede denominarse el análisis completo, reconoce que el problema hidráulico de pozos en un acuífero libre involucra un sistema de flujo saturado - no saturado en el cual los descensos de la superficie freática son acompañados por cambios en el contenido de humedad de la zona vadosa encima de la superficie freática.

El segundo camino, que es de lejos el más sencillo, consiste en usar la misma ecuación del acuífero confinado pero con la función de pozo definida en términos de la porosidad eficaz en vez del coeficiente de almacenamiento.

El tercer método, y el más usado en la práctica, se basa en el concepto de drenaje diferido. Los trabajos pioneros corresponden a Boulton entre 1954 y 1963, con importantes aportes e innovaciones realizadas por Neuman entre 1972 y 1975. Puede observarse que en piezómetros adyacentes a pozos de bombeo en acuíferos libres los niveles de agua tienden a descender a un ritmo menor que el determinado por la ecuación de Theis y las curvas de depresión - tiempo en papel logarítmico muestran una típica forma de S acostada, en la cual pueden distinguirse 3 segmentos diferentes.

En el primero, que dura solamente un corto período después de iniciado el bombeo, el acuífero libre reacciona de la misma manera como lo hace un acuífero confinado. El agua es cedida instantáneamente del almacenamiento por la compactación del acuífero y la expansión del agua.

Durante el segundo segmento los efectos del drenaje gravitacional se hacen sentir a través de una disminución de la pendiente de la curva con relación a la curva de Theis porque el agua entregada al pozo por el drenaje que acompaña el descenso de la superficie freática es mayor que el que sería entregado por un descenso igual de la superficie piezométrica de un acuífero confinado.

Durante el tercer segmento, que puede comenzar después de unos minutos o a los varios días de haber empezado a bombear, la curva nuevamente tiende a ajustarse a la curva de Theis. (Ver figura 12)

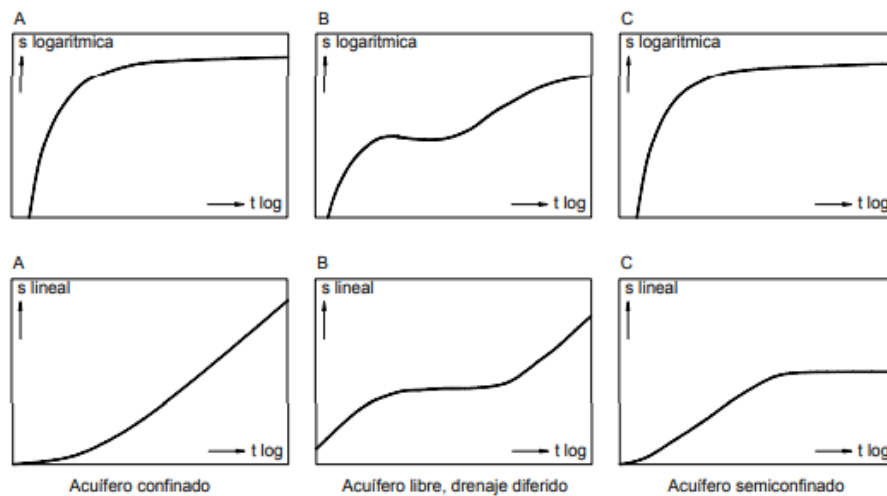


Figura 12. Curvas teóricas de tiempo-Depresión de acuífero confinado con drenaje diferido y semiconfinado.
Fuente. Enohsa ente nacional de obras hídricas de saneamiento (2010).

2.2.15. Aplicaciones en la Ingeniería Civil.

Extracción de aguas Subterráneas.

La captación de aguas subterráneas se realiza mediante pozos y sondeos. Por lo general la construcción de un sondeo comprende operaciones en los que destacan la perforación y entubación.

López-Fornes-Ramos-Villarroya (2009) Señalan que los métodos de perforación más utilizados en la actualidad son la percusión, la rotación, y la roto percusión:

- **La perforación a percusión:** Consiste en el golpeo repetido de la roca mediante un trépano hasta machacar totalmente la roca, para luego ser extraída a la superficie mediante una herramienta denominada cuchara. Este sistema ha sido utilizado para pozos en cualquier tipo de material geológico aunque, dependiendo del tipo de roca, puede presentar mayor o menor dificultad de perforación. Está especialmente recomendado para perforaciones en acuíferos consolidados (mármoles, calizas, dolomías, areniscas cementadas, entre otros).

• **La perforación a rotación:** Consiste en la trituración de la roca por medio de un útil de corte que normalmente contiene una cabeza giratoria que desgasta la roca. El material triturado es extraído del sondeo mediante el arrastre con agua o lodo

• **Roto Percusión:** Para terrenos duros como las cuarcitas, granitos y pizarras, se emplea el método mixto de la roto percusión, consistente en una cabeza percutora que va girando. (p.28).

Subdrenes.

Izquierdo (2012) define un sistema de subdrenaje como una estructura hidráulica formada por un medio filtrante y un medio drenante; el primero, es aquel que retiene las partículas sólidas y permite el paso del líquido, mientras que el medio drenante actúa como vehículo, transportando el líquido que pasa a través del filtro.

La construcción de un sistema de subdrenaje, introduce en el terreno una frontera con una presión igual a la atmosférica, con lo cual, si la presión de la zona en donde se coloca el dren es superior a la atmosférica, se genera un gradiente hidráulico que hará fluir el agua hacia el exterior por gravedad; es decir, se presenta una modificación en la dirección y en la magnitud de las fuerzas, así como en las presiones del agua en la zona por tratar.

Los sistemas de drenaje sub superficial se emplean con el objeto de eliminar los excesos de agua en las estructuras, proveniente de las siguientes fuentes:

- Agua que se ha infiltrado en el terreno hacia los estratos subyacentes.
- Agua que se ha desplazado hacia arriba a través de los estratos subyacentes por acción de la capilaridad.
- Agua que existe en el terreno natural bajo el nivel freático.

Tipo de subdrenes.

Izquierdo y Niño (2012) destacan que los sistemas o sistemas de subdrenaje empleados, pueden agruparse principalmente como se muestran a continuación: Subdrén en zanja, Subdrén de capa permeable o colchones de drenaje, Trincheras estabilizadoras, Drenes Transversales de Penetración, Pozos de alivio, galerías

filtrantes, Pantallas de drenaje, Geotextiles en sistemas de subdrenaje y dren chimenea, siendo los más utilizados:

El subdrén en zanja.

Definido por Izquierdo (2012) como un sistema en el cual se construye una zanja a determinada profundidad, la cual es rellena con material filtrante. Frecuentemente se introduce en el fondo una tubería perforada con lo cual los excesos de agua serán captados por el medio filtrante y conducidos a la tubería que llevará el agua por gravedad a un lugar de descarga adecuado. Existen diferentes tipos de zanjas y su empleo depende de la necesidad de captación, la disponibilidad de los materiales y el costo (Ver figura 13):

- Con material grueso permeable sin tubo (Drén Francés).
- Con material de filtro y tubo colector.
- Con Geotextiles, material grueso con y sin tubo colector.
- Tubo colector con capa gruesa de Geotextil a su alrededor.

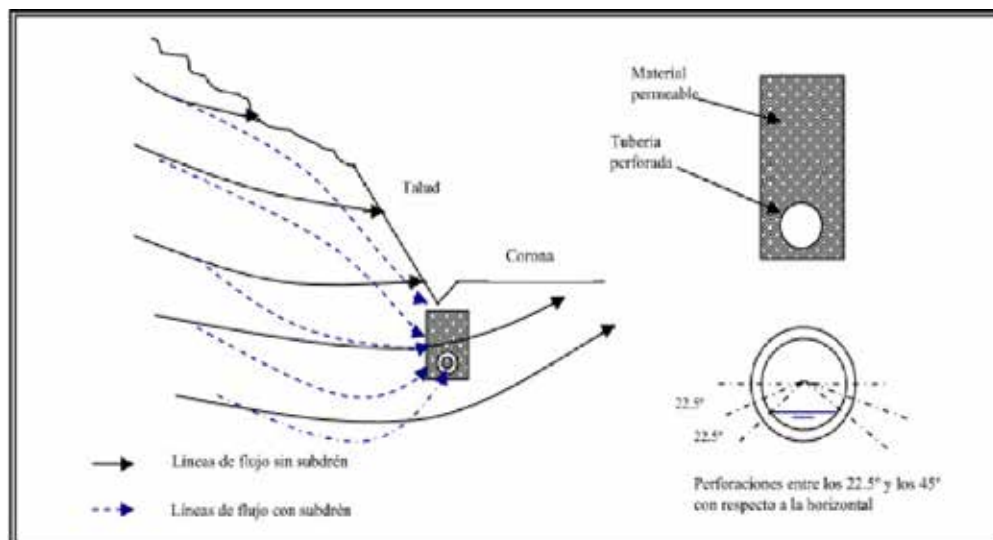


Figura 13. Subdrén en zanja.
Fuente. Izquierdo (2012).

Galerías filtrantes.

Se utilizan en casos en los cuales la zona por drenar es de grandes proporciones, ya que se trata de un túnel con un revestimiento permeable dentro del cual se introduce una tubería perforada de un diámetro menor al del túnel, de tal forma que el espacio entre las paredes revestidas y el tubo, sea relleno con material filtrante. Frecuentemente este sistema se complementa con drenes de tubo laterales, los cuales se disponen en forma radial saliendo de la galería. La facilidad con la cual el agua fluye hacia las galerías depende de la orientación de los estratos del suelo, siendo más factible el flujo en el caso en el cual las discontinuidades se encuentren en forma vertical; en el caso contrario, es necesario construir pozos verticales o subdrenes inclinados para interceptar las zonas de flujo.(Ver figura 14)

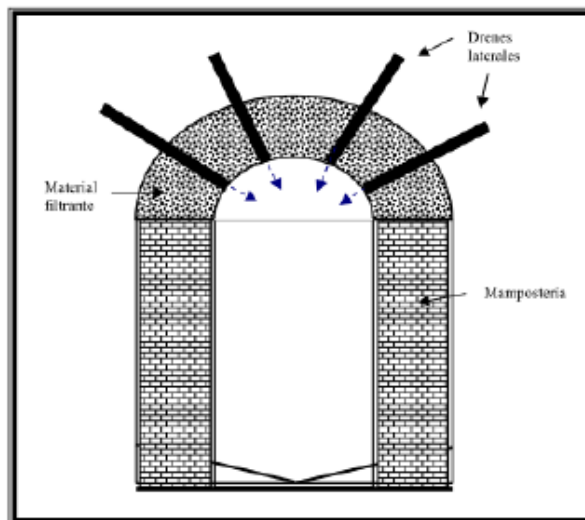


Figura 14. Galerías filtrantes.
Fuente. Izquierdo (2012).

Subpresiones.

Izquierdo y Niño (2012), subpresión es una presión ascendente, ocasionada por el flujo de agua a este fenómeno también se lo conoce como presión intersticial. En otras palabras la subpresión actúa de abajo hacia arriba, reduciendo el peso o resistencia al corte sobre el macizo rocoso. Fisuras tanto del suelo como de los cimientos, esto genera en la estructura movimientos diferenciales totales y por ende

un aumento de las infiltraciones. La subpresión varía con el tiempo y está relacionada con condiciones de contorno y permeabilidad del material, esto ocurre en presas, muros, carreteras y estructuras.

Casos de subpresiones.

Puede ser catastróficas en suelos finos, con baja permeabilidad, en estructuras enterradas huecas, terraplenes ligeros sobre suelos más permeables sujetos a presión hidráulica, a continuación se puede visualizar algunos casos :

a) Subpresión de una estructura enterrada hueca, donde 1 indica el nivel freático y 2 superficie impermeable al agua. (Ver figura 15)

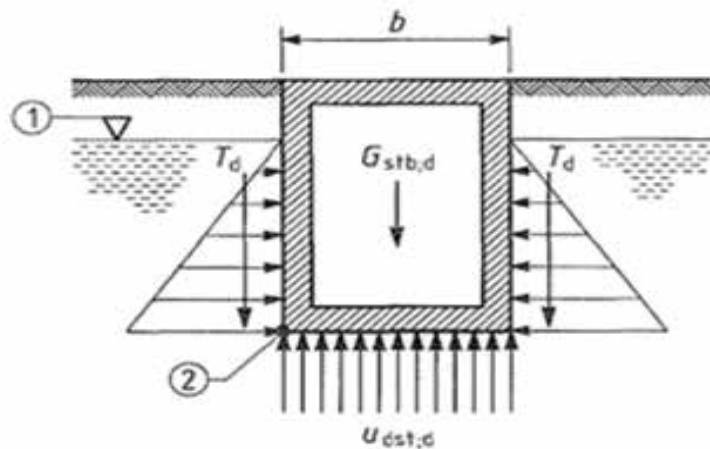


Figura 15. Subpresiones en estructura enterrada hueca.
Fuente. Izquierdo (2012).

b) Subpresión de un terraplén ligero en inundación con nivel freático, superficie impermeable al agua y tercero material de terraplén ligero. (Ver figura 16).

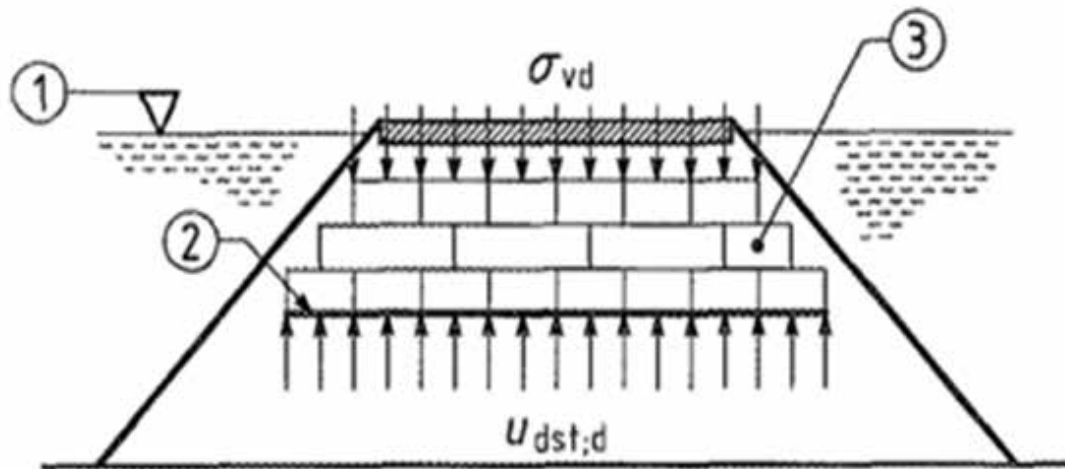


Figura 16. Subpresiones de un terraplén ligero.
Fuente. Izquierdo (2012).

c) Ejecución de una losa bajo nivel del agua, donde se indica 1 Nivel freático, 2 superficie impermeable del agua, 5 arena, arena inyectada y 11 nivel freático en la excavación. (Ver figura 17).

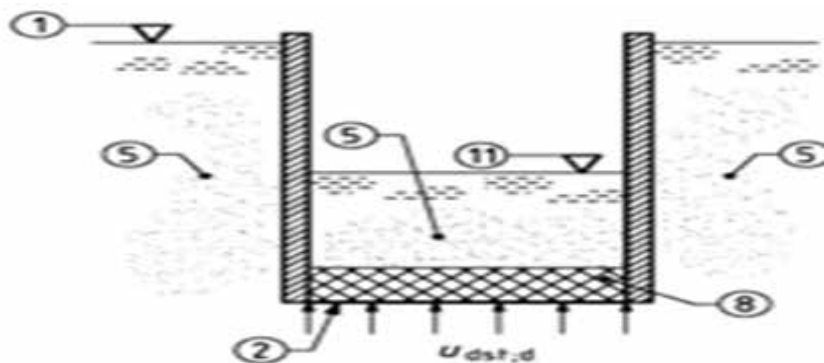


Figura 17. Subpresiones losa bajo nivel del agua.
Fuente. Izquierdo (2012).

d) Subpresión en fondo de excavación: 4 superficie inicial del terreno, 5 arena, 6 arcilla, 7 grava, 10 nivel freático antes de la excavación, 11 nivel freático en la excavación y 12 nivel piezométrico en la base de la capa de arcilla. (Ver figura 18).

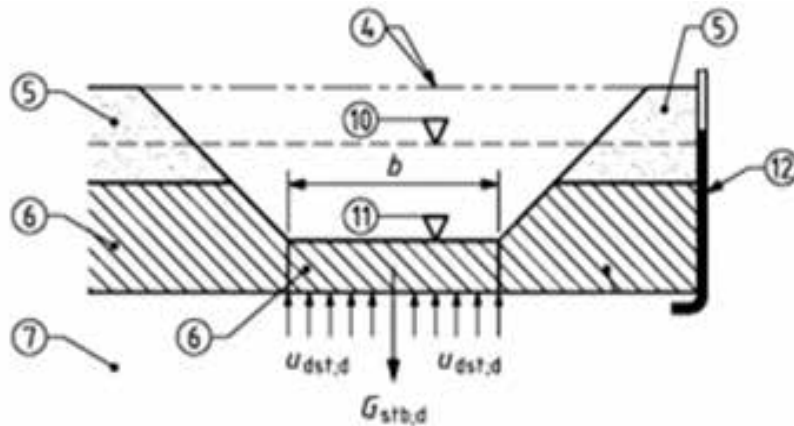


Figura 18.Subpresiones en fondo de excavación
Fuente. Izquierdo (2012)

Para resolver este tipo de situaciones hay que reducir la presión de drenaje que actúa en la capa de baja permeabilidad, estructura enterrada o terraplén anclado al terreno.

Subpresiones en presas.

Teóricamente el agua embalsada podía filtrarse a través del contacto presa-fundación por las fisuras y poros del material de fundación, o por las fisuras, poros y juntas de construcción del propio cuerpo de la presa.

En estas las aguas infiltradas crean una fuerza de subpresión, definida por un diagrama triangular, correspondiente a una presión igual a la hidrostática del embalse en el extremo aguas arriba y presión nula en el extremo aguas debajo de la presa.

La fuerza de subpresión en la base de la presa, representada por el área trapezoidal debajo de la presa .(ver figura 19)

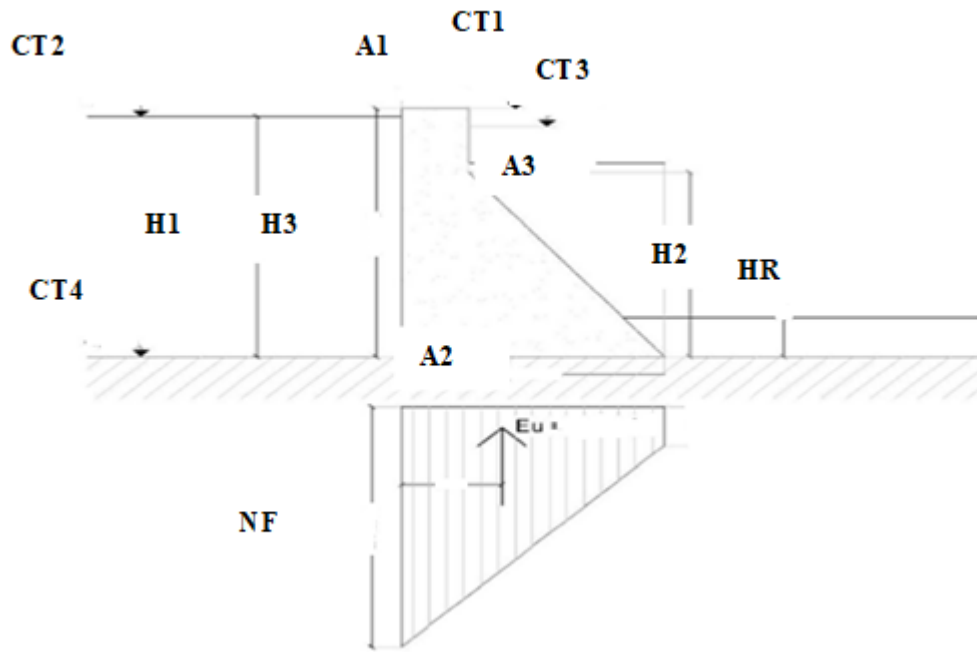


Figura 19.Subpresiones en presas.
Fuente. Izquierdo y Niño (2012).

Fuerza de subpresión.

$$Eu = \gamma_A \cdot \frac{H1 + HR}{2} \cdot A_2$$

Donde:

Eu = Fuerza de subpresión.

g =Peso específico del agua.

H1 = Nivel freático.

HR = Nivel Tirante aguas abajo.

A2 = Área total del diagrama de presiones debido a la subpresión.

Ubicación Fuerza de subpresión.

$$X_{Eu} = \frac{\sum A_i X_i}{A_s}$$

Donde:

X_{Eu} := Coordenada baricéntrica.

A_i = Área del diagrama de presiones en figuras simples.

X_i = Coordenadas de las área respecto al eje Y.

A_s = Área total del diagrama de presiones debido a la subpresión (m²).

En general la subpresión no suele ser tomada en cuenta en el cálculo de la estabilidad de las presas de corrección torrencial, con alturas iguales o menores a 15 metros, ahora bien para que exista diagrama de subpresiones se requiere que el embalse se mantenga lleno en forma continua.

Subpresiones En Muros (Empujes Laterales).

Cuando un terreno no se sostiene por sí solo, con el talud que económicamente se le puede dar, es preciso construir una estructura que aplique sobre el terreno las fuerzas necesarias para mantener el equilibrio. Como consecuencia el terreno aplicará sobre la estructura unos empujes iguales y contrarios a estas fuerzas.

El muro debe estar cimentado y calculado para resistir los esfuerzos que le transmite el terreno, y si existe agua las fuerzas hidrostáticas aumentaran los empujes sobre el muro.

Muros de contención.

Terzaghi y Peck (1.948) desarrollaron la forma de calcular las subpresiones en las inmediaciones de una pantalla y el coeficiente de seguridad al sifonamiento. En primer lugar es necesario dibujar la red de corriente bajo la pantalla, a partir de la cual se calcula la subpresión en la línea Ox a la profundidad D (profundidad de la pantalla).

Rellenos.

Construir un relleno en el drenaje de la ladera sobre la que se construye, tanto el superficial como el profundo, se ven afectados, representando esquema con los posibles accesos del agua que, en ocasiones, puede provocar la formación de un nivel freático en el cuerpo del relleno, aunque solo sea temporalmente.

Los efectos que sobre un relleno producen las aguas subterráneas se pueden resumir en:

- a. Pérdida de resistencia del material con el que se ha construido el relleno.
- b. Aparición de empujes hidrostáticos.

Si en un relleno se crea un nivel freático la resistencia del corte del terreno quedará disminuida por la acción de la presión intersticial. La resistencia del terreno será en presiones efectivas:

$$T c' + c \sim n \text{ tg } O'$$

2.2.16. Acciones de sustentabilidad ambiental de las aguas Subterráneas.

Monsalve (2014) señala que dentro del ciclo hidrológico, las aguas subterráneas son fundamentales tanto como fuente de agua potable para la sociedad, como para el mantenimiento de muchos ecosistemas acuáticos.

Las aguas subterráneas siguen siendo un recurso mal comprendido y, a menudo, olvidado. Su adecuada utilización requiere un importante esfuerzo de educación y divulgación y una gestión conjunta con las aguas superficiales, dentro de un marco de gestión más abierto y participativo.

La información existente sobre los usos del agua en general, y de la subterránea en particular, es bastante deficiente. Lo ideal sería tener relacionado cada uso (agricultura, usos urbanos, industria, energía) con su procedencia (superficial o subterránea), pero en muchos países no se dispone de estos datos, y cuando existen, su calidad suele ser dudosa. La terminología utilizada sobre recursos y usos de agua es a menudo ambiguo, y en ocasiones contradictoria.

En los últimos treinta años ha habido avances significativos en la consideración de las aguas subterráneas en la política nacional, pero la situación todavía dista

bastante de ser aceptable debido al papel que las aguas subterráneas tienen en la economía y en la ecología.

Es por ello que cualquier consideración sobre la sostenibilidad en el uso de los recursos subterráneos conlleva necesariamente un análisis del concepto de sobreexplotación, donde un acuífero sobreexplotado los costes económicos, sociales y medioambientales derivados de su utilización intensiva son mayores que los beneficios que genera.

2.2.17. Beneficios derivados del uso de las aguas subterráneas.

Abastecimientos.

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 Estados Unidos más del 80% de la población se abastece de pozos.

Usos industriales.

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

Regadío.

En muchos países áridos y semiáridos, 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.

2.2.18. Desventajas de la explotación de las aguas subterráneas.

Descenso de los niveles piezométrico.

Los descensos progresivos y continuados del nivel de agua en los pozos de bombeo pueden conducir a un descenso de los caudales obtenidos o incluso al secado de los pozos. Además, el aumento de los costes energéticos, debidos a la extracción del agua a mayor profundidad, puede hacer económicamente inviable la explotación de los pozos.

A menudo se tiende a considerar como sobreexplotado un acuífero en el que se aprecia una tendencia de descenso de niveles durante una serie de años, sin considerar aspectos esenciales como las características hidrogeológicas y el tamaño del acuífero o la secuencia climática.

Así, debe considerarse que, cuando se bombea en un acuífero libre y extenso, el tiempo necesario para alcanzar una nueva situación de equilibrio de los niveles piezométrico puede ser del orden de décadas o siglos, o incluso milenios si la transiividad es muy baja.

Con respecto a la secuencia climática, hay que tener en cuenta que en países semiáridos, la recarga puede ser significativa sólo cada cinco o diez años. El descenso continuo de niveles durante un periodo seco, con valores muy bajos de la recarga y valores altos de los bombeos, puede no ser representativo de una situación a largo plazo.

Degradación en la calidad del agua subterránea.

El problema de la calidad del agua subterránea y su protección contra la contaminación van a ser elementos claves en su gestión durante las próximas décadas una declaración oficial de la Unión Europea (DOCE, 25, noviembre, 1996) señala que la contaminación de las aguas subterráneas era el principal problema de la política del agua en Europa. La descontaminación de un acuífero suele ser un proceso muy largo y costoso, y a veces prácticamente imposible.

Los factores que pueden producir un deterioro en la calidad del agua subterránea no están relacionados, en su mayor parte, con la extracción del recurso, sino que se deben a otras causas, como la utilización de productos químicos en la

agricultura o las filtraciones de residuos de actividades urbanas, industriales y mineras.

Problemas de subsidencia o colapso del terreno.

La extracción de agua subterránea puede producir cambios en el estado tensional del terreno que, de forma ocasional, originan o contribuyen a crear problemas de subsidencia o colapso.

En el caso de acuíferos kársticos, el descenso o la oscilación del nivel piezométrico puede producir el colapso de las cavidades que pudieran existir. La extracción de agua subterránea, con el consiguiente incremento de dichos descensos u oscilaciones, puede contribuir al aumento de los colapsos, cuya predicción certera no es fácil.

En el caso de arcillas o limos depositados recientemente, y por lo general poco consolidados, el bombeo del acuífero produce también un descenso en la presión del agua intersticial, con una consiguiente consolidación progresiva de los sedimentos que puede conducir a una lenta y significativa subsidencia del terreno.

Afección a los cursos de agua conectados con el acuífero.

La explotación de aguas subterráneas puede, en algunos casos, modificar sustancialmente el funcionamiento hidrogeológico de un sistema. En ocasiones, descensos del nivel piezométrico hacen variar el sentido de la conexión acuífero-río.

De este modo, zonas en las que el río era alimentado por la descarga del acuífero se convierten en áreas en las que es el acuífero el que recibe la recarga del río, que puede llegar a secarse completamente, excepto durante periodos húmedos.

Impactos ecológicos en los ecosistemas acuáticos.

De modo análogo a lo descrito en el punto anterior, un descenso del nivel piezométrico puede producir afecciones de distinto grado en áreas de importancia medioambiental.

La importancia de estas afecciones requiere un estudio particular en cada caso, que valore todos los efectos considerados, las posibilidades de reversibilidad de la situación y las consecuencias de las posibles opciones, a menudo dificultadas por la

existencia de intereses contrapuestos, es por ello que la evaluación de los posibles impactos y beneficios enunciados es fundamental a la hora de planificar el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas, cuantificando gran parte de estas afecciones, sino que en la mayoría de los casos permite mitigarlas de forma muy importante mediante un correcto planeamiento de las captaciones y de las extracciones.

2.2.19. Aguas subterráneas en Venezuela.

El potencial de las aguas subterráneas en Venezuela es menos conocido. Hasta la fecha, pero se estiman que los acuíferos representan una superficie total aproximada de 829.000 Km², los cuales, a través de estudios preliminares, se han estimado en ocho mil millones de metros cúbicos por año y se pueden clasificar de acuerdo a la región. Las regiones que presentan las formaciones acuíferas más relevantes se localizan en la Costa Occidental del Lago de Maracaibo, la Mesa de Guanipa y la parte Occidental del río Apure.

La recarga de los acuíferos proviene fundamentalmente de la infiltración directa y de las recargas de los cauces de agua superficiales, además de las recargas subterráneas provenientes de las filtraciones de la Cordillera.

El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela (MinAmb) ha inventariado 50.000 pozos en el territorio nacional (de un total estimado de 100,000 pozos), que abastecen 40% a las actividades domésticas, agrícolas e industriales (MARN, 2005).

En la actualidad, el Ministerio de Ambiente está desarrollando el Proyecto “Determinación de la Recarga y del Flujo de las Aguas Subterráneas”, programa auspiciado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con el objetivo de ofrecer una estrategia de aprovechamiento sustentable de las aguas subterráneas, para garantizar una fuente permanente y segura a los agricultores del sistema de Riego Río Guárico, estado Guárico y en el Sistema Hidráulico Yacambú Quibor, Estado Lara.

2.2.20. Hojas de cálculo.

Lozano (2015) destaca que las hojas de cálculo son básicamente hojas digitales en las cuales se pueden capturar miles de datos y se pueden realizar diferentes operaciones con ellos, unos de los programas más conocidos que nos ofrece esta opción es: Microsoft Excel, incluido en la suite de Microsoft Office.

Excel es una aplicación desarrollada por Microsoft y distribuida en el paquete de Office para usarse en Windows o Macintosh, presenta una interfaz intuitiva y amigable con archivos de ayuda incorporados, que permite trabajar con tablas de datos, gráficos, bases de datos, macros, y otras aplicaciones avanzadas. Ayudando en el cálculo de ejercicios aritméticos y siendo de gran utilidad diversas áreas como educación, administración, finanzas, producción, entre otros.

Excel se caracteriza por los siguientes aspectos:

1. Hojas de cálculo de gran dimensión, filas y columnas que forman celdas de trabajo.

2. Agrupación de varias hojas de cálculo en un libro. Excel está compuesto por libros, un libro es el archivo en que se trabaja y donde se almacenan los datos. Cada libro puede contener aproximadamente 250 hojas o carpetas. Cada hoja contiene aproximadamente 65.000 líneas y 256 columnas ordenadas numérica y alfabéticamente respectivamente.

3. Actualización automática de los resultados obtenidos en la hoja, al modificar los datos de los cuales depende un resultado.

4. Gran capacidad de presentación y manejo de los datos introducidos.

5. Realización de distintos tipos de gráficos a partir de los datos introducidos en la hoja de cálculo, con la posibilidad de insertarlos en la misma hoja de cálculo o en hojas aparte, pudiendo presentar ambas informaciones juntas o separadas.

6. Trabajar con la información de una base de datos introducida en la hoja de cálculo mediante operaciones que serían propias de un Gestor de Base de Datos como Access.

2.2.21. Ventajas del uso del programa Excel.

Permite introducir datos con rapidez y exactitud.

La interface gráfica de Windows es más confiable que papel, lápiz y calculadora.

Recalcula datos con facilidad y permite corregir mecanográficos o actualizar los datos, y los resultados de tales cambios se recalculan automáticamente.

Realiza análisis de disposiciones.

Excel puede apoyar la toma de decisiones al permitir cambiar los datos y analizar los resultados recalculados cuantas veces sea necesario.

Cambia el aspecto de la información.

Excel proporciona recursos para modificar el aspecto de la información a fin de que sea visualmente atractiva y fácil de entender.

Crea gráficos.

Excel facilita la creación de gráficos basados en la información de la hoja de trabajo y los actualiza automáticamente a medida que los datos cambian.

Crea rápidamente hojas de trabajo a partir de otras ya existentes.

Excel permite tomar una hoja de trabajo y modificarla con rapidez para crear una nueva, pudiéndose conservar ambas en sus propios archivos

2.3. Bases legales.

2.3.1. Base legal internacional.

Las fuentes hídricas son un factor imprescindible para la vida de las presentes y futuras generaciones, en varios convenios y foros han surgido iniciativas de la comunidad internacional para un manejo sostenible del recurso hídrico.

En las cuales podemos destacar la declaración de Dublín durante “Conferencia internacional del agua y medio ambiente” en 1992 y la declaración de San José. En los cuales se propuso impulsar estrategias para alcanzar un mejor equilibrio entre el suministro y la demanda de agua. La declaración centroamericana del agua surge en 1998 en un encuentro en el marco del proceso hacia la consolidación del tribunal latinoamericano del agua. La Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010 reconoció explícitamente el derecho humano al agua y saneamiento.

2.3.2. Base legal nacional.

Venezuela cuenta con un amplio sustento legal en materia ambiental. La base fundamental de la pirámide de jerarquización jurídica se encuentra en la:

Constitución Bolivariana De Venezuela Del Año 1999.

Incluye a lo largo de sus artículos resoluciones en el marco ambiental, en los que destaca la protección del ambiente y la conservación del equilibrio ecológico como instrumentos para impulsar el desarrollo sustentable de la nación.

Artículo 304. 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.

En formación a los postulados constitucionales se hallan disposiciones de orden legal que regulan todo lo que respecta a la conservación, defensa y mejora del ambiente, entre los cuales destaca: Ley orgánica del ambiente, ley de aguas y la ley de calidad de agua y aire.

Ley orgánica del ambiente.

Dicho instrumento jurídico guía la gestión ambiental y responde a la necesidad de protección de nuestros recursos naturales. La ley orgánica del Ambiente, fue publicada en la gaceta oficial extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela número 5.833 del 22 de diciembre de 2006.

En lo que respecta a los acuíferos el artículo 56, establece:

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.

Ley de aguas.

Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595 de fecha 02 de enero de 2007. Tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas.

El artículo 19 señala lo siguiente:

Artículo 19. El ministerio que ejerza la Autoridad Nacional de las Aguas considerará las provincias y cuencas hidrogeológicas como unidades espaciales para el manejo de las aguas subterráneas. La reglamentación de esta Ley establecerá la delimitación y otras características de las provincias y cuencas hidrogeológicas del país, así como las regulaciones específicas para el manejo de las aguas subterráneas.

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. Los planes de gestión integral de las aguas comprenden un plan nacional y en el ámbito de regiones hidrográficas y de cuencas hidrográficas y es pública y de obligatorio cumplimiento como lo establece la presente Ley.

Ley de calidad de Agua y aire.

La gestión de la calidad de las aguas y del aire es uno de los objetivos principales de la presente ley. Publicada en Gaceta Oficial N° 6.207 de fecha 28 de diciembre de 2015.

Destaca el artículo 44 que dice:

Artículo 44. El ministerio del poder popular con competencia en materia de ambiente diseñará planes maestros de control y manejo de calidad de aguas específicos para cada cuenca hidrográfica en el territorio nacional, a los fines de mejorar la calidad de un determinado cuerpo de agua o de tramos de estos.

En lo referente a las descargas en el suelo y subsuelo el artículo 79 establece:

Artículo 79. Se prohíbe la descarga, infiltración, inyección en el suelo o el subsuelo de vertidos líquidos tratados o no, cuyo contenido de sustancias pertenecientes al grupo I, especificadas en el artículo 74 que superen los límites establecidos en decretos sobre la materia.

Decreto N° 2048.

En decreto de fecha 24 de Septiembre de 1997, Gaceta oficial N°. 36.298, Normas para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de

Pozos Perforados destinados al abastecimiento de agua potable, el cual establece en el Capítulo I, en Disposiciones Generales:

Artículo 1º: 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.

Igualmente en el Capítulo II de la Conformidad Sanitaria de Perforación De Pozos refiere en:

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 , 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, señalándole con toda precisión y exactitud en la hoja para plano de ubicación de un pozo.

Descripción del proyecto.

Descripción general de la actividad a la que se destinará el recurso.

Fines y usos específicos a que se destinará el recurso.

Vida útil del proyecto (plazo de la concesión).

Caudal máximo a extraer en litros por segundo (ios) y volumen máximo anual en metros cúbicos por año (m³/año).

Si el proyecto es por etapas, debe presentarse un cronograma de caudales a extraer con sus variaciones en el tiempo.

Información referente a demandas actuales y proyectadas.

Descripción técnica del aprovechamiento en términos captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de acuerdo a las obras e instalaciones a construir, ampliar o en operación y mantenimiento, así como para la infraestructura de captación, conducción, tratamiento y disposición final de efluentes. Deben incluirse planos conjunto y de los distintos componentes en escala adecuada.

- En caso de aprovechamiento de aguas subterráneas:

- Ubicación coordinada de los pozos perforados o a perforar.
- Descripción de la actividad de perforación.
- Diámetro y profundidad del pozo.
- Características de los elementos constructivos del pozo.
- Características de operación de los equipos mecánicos y eléctricos que conforman el sistema de bombeo.

Características de los equipos de medición de gastos.

Identificación de (íos) sitio (s) de descarga de efluentes líquidos y volúmenes vertidos, así como otros materiales de desecho.

Cronograma de ejecución del proyecto y de inversión.

Planos de ubicación en coordenadas UTM, en escala adecuada, con la poligonal que circunscribe el área donde se ubican los distintos componentes del proyecto y sus áreas de afectación.

Ley de Universidades.

En el Título I Disposiciones fundamentales establece en el **artículo 4.** La enseñanza universitaria se inspirará en un definido espíritu de democracia, de justicia

social y de solidaridad humana, y estará abierta a todas las corrientes del pensamiento universal, las cuales se expondrán y analizarán de manera rigurosamente científica.

Artículo 15. La educación, conforme a los principios y valores de la Constitución de la República y de la presente Ley, tiene como fines:

1. Desarrollar el potencial creativo de cada ser humano para el pleno ejercicio de su personalidad y ciudadanía, en una sociedad democrática basada en la valoración ética y social del trabajo liberador y en la participación activa, consciente, protagónica, responsable y solidaria.

2. Impulsar la formación de una conciencia ecológica para preservar la biodiversidad y la socio diversidad, las condiciones ambientales y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

2.4. Definición de términos.

•**Agua:** Es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).

•**Acuífero:** Es aquella masa de rocas permeables que permite la circulación y la acumulación del agua subterránea en sus poros o grietas.

•**Aguas subterráneas:** Es aquella que queda almacenada, o se desliza, cuando el agua de lluvia, o la que proviene de ríos o lagos, llega hasta las capas impermeables de la tierra, luego de atravesar las permeables.

•**Ambiente:** La palabra ambiente se origina del latín “ambien-ambientis” que significa que va por uno y otro lado, que engloba un entorno; que rodea. Se le llama ambiente al conjunto de elementos naturales como el aire, el agua o el suelo y sociales que hacen factible la vida en el planeta; en otras palabras, es el entorno donde el ser humano se desenvuelve, desarrolla y prolonga su vida este entorno está constituido por seres biológicos y físicos como la fauna, los seres humanos y la flora, y ambos elementos naturales o biológicos correlacionados entre sí.

•**Cuenca Hidrográfica:** Es un territorio drenado por un único sistema de

drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

•**Gestión Ambiental:** Es donde se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

•**Hidrología:** Ciencia que estudia las distintas formas de agua en la tierra, desde el punto de vista de su origen, composición, dinámica, etc.

•**Infiltración:** Se refiere a la penetración del agua a través de las diversas capas permeables del suelo, cuya función principal es evitar la erosión de los suelos, nutrir las plantas y evitar posibles inundaciones.

•**Pozos:** Un pozo es un hoyo profundo, orificio, túnel vertical o perforación que se realiza en la tierra. Dichas perforaciones se llevan a cabo, por lo general, con algún fin específico, como hallar agua subterránea o petróleo.

•**Sustentabilidad:** Es un término que se puede utilizar en diferentes contextos, pero en general se refiere a la cualidad de poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles

•**Nivel Freático:** Es el lugar geométrico de los puntos en los que la presión del agua es la atmosférica. Este es el nivel que alcanza la superficie del agua en pozos o piezómetros en comunicación libre con los huecos del suelo, es por ello que por debajo del nivel freático la presión del agua es positiva y al agua situada bajo este nivel, y en comunicación continua con él, recibe el nombre de agua freática y por encima del nivel freático existe el agua capilar donde su presión es menor que la atmosférica.

•**Nivel Piezométrico:** Es la presión del agua en un acuífero confinado la indica el nivel piezométrico, que se obtiene uniendo los niveles de agua, en equilibrio, de piezómetros que penetran en el acuífero confinado.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se explica la metodología utilizada para desarrollar la investigación. De allí, que en el mismo se destacan los siguientes aspectos: tipo de investigación y diseño, población y muestra, la descripción del instrumento de recolección de datos, las técnicas de análisis y la fase metodológica de la investigación.

Arias (2006), define el marco metodológico como aquella utilizada del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es como se realizará el estudio para responder al problema planteado (p.110).

3.1. Nivel de investigación.

Esta investigación será de tipo descriptiva, según arias (2006, p.24) establece que la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. La investigación descriptiva tiene como objetivo llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Aportando así una guía que sirve de apoyo a los estudiantes de la asignación de hidrología y a los demás estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, asimismo a las Instituciones (alcaldía del Municipio San Diego, Ministerio del Ambiente, entre otros) para el Conocimiento más detallado de las aguas subterráneas.

3.2. Diseño de la Investigación.

Para Arias (2008), el diseño es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado. En este caso el diseño incluirá la modalidad documental. La investigación Documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos. (p.47).

De acuerdo a lo señalado anteriormente puede concluirse que el diseño de la investigación viene dado por la revisión exhaustiva de las diferentes fuentes de información, tales como trabajos de grado nacionales e internacionales, leyes, normas y bibliografía relacionada con el tema de aguas subterráneas referente a pozos, acuíferos, subdrenaje y subpresiones.

3.3. Tipo de investigación.

La investigación se ubica en la modalidad de Proyecto Factible, según lo establecido en la Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, Proyectos de Trabajo de Grado de la Universidad José Antonio Páez, destacando que el estudio consistirá en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; tal es el caso de este estudio que permite diseñar una **“Guía Técnica de Hidrología. Estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil”** ofreciendo una herramienta práctica para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de esta asignatura, según el módulo en estudio, para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas relacionados sobre el tema.

3.4 Población y Muestra.

Según Arias (2006), la población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p.81). Mientras que Ramírez (1999), afirma que la población “reúne a los individuos, objetos, entre otros, que pertenezcan a una misma clase para poseer

características similares, pero con la diferencia que se refiere a un conjunto limitado por el ámbito del estudio a realizar” (p.87).

En ésta investigación la población es finita porque se cuenta con el número certero de elementos, este tipo de población es definida por Arias (2006) como “agrupación en la que se conocen la cantidad de unidades que la integran. Además, existe un registro documental de dichas unidades.” (p.82). Para el presente estudio, la población finita estará conformada por 191 estudiantes que cursan y cursaron la asignatura Hidrología de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez y docentes relacionados con la materia.

Ahora bien, la muestra es un subconjunto de la población, que selecciona el investigador para obtener información confiable y representativa que le permita sacar conclusiones. Arias (2006) la define como “ un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83). Para efectos de la presente investigación, se determinó el tamaño de la muestra de una población finita mediante la siguiente relación:

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población estudiada.

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

e = Error de estimación máximo aceptado o asumido.

$$e = \sqrt{\frac{z^2 \cdot p \cdot q}{N}}$$

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q = 1- p = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Cuatro 4: Parámetro estadístico del nivel de confianza.

Nivel de confianza	Z alfa
99,7 %	3
99 %	2,58
98 %	2,33
96 %	2,05
95 %	1,96
90 %	1,645
80%	1,28
50 %	0,674

Fuente: Aragón (2013)

Establecimiento de los valores a utilizar:

N = 191 personas.

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza = 95 %, cuadro 4. Z alfa = 1,96.

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)=50 %.

q = 1- p = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado = 50%

e = Error de estimación máximo calculado.

$$e = \sqrt{\frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{191}} = 0,071$$

n = Tamaño de la muestra

Sustituyendo valores

$$n = \frac{191 \cdot 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,071^2 \cdot (190) + 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 95,63 \approx 96 \text{ personas}$$

n = Tamaño de la muestra es igual a 96 personas.

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Según Arias (2006, p.67) establece que la técnica “Es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Y Arias (2006, p.69) define los instrumentos como “La recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

Los datos serán recolectados mediante encuestas, Tamayo y Tamayo (2005), establece que la encuesta “Es un cuestionario que lee el respondedor, contiene una serie de ítems o preguntas estructuradas formuladas y llenadas” (p .212). Los cuestionarios según Tamayo y Tamayo (2003), establece que el cuestionario “Es de gran utilidad la investigación científica, ya que constituye una forma concreta de la técnica de observación” (p .185).

En esta investigación se aplicaron dos cuestionarios el primero contentivo de nueve (9) preguntas el cual será aplicado a 96 estudiantes que cursan y cursaron la asignatura Hidrología y 4 docentes relacionados con esta materia de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, con la finalidad de recolectar sus opiniones con referencia al tema de las aguas subterráneas, el contenido que les gustaría comprender de este tema, el nivel explicativo que quisieran que tuviese dicha guía, entre otras preguntas más. (Ver anexo A).

El segundo cuestionario contentivo de cinco preguntas será aplicado a cuatro (4) docentes que laboran en la Universidad José Antonio Páez (UJAP) relacionados con el área de Hidráulica de esta casa de estudio (Ver anexo B).

3.6. Técnica de Análisis.

La técnica de análisis implementada en un análisis cuantitativo de acuerdo con Tamayo y Tamayo (2003), “consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio”. (p .175).

3.7. Fases Metodológicas.

FASE I: Diagnóstico de la necesidad de presentar este documento técnico en la asignatura Hidrología en la carrera de Ingeniería Civil de la UJAP.

- Elaboración de las encuestas dirigida a estudiantes que cursan y cursaron la asignatura Hidrología y docentes pertenecientes a la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

- Aplicación de las encuestas vía web, efectuada en el mes de noviembre del año 2018.

- Interpretación de resultados estadísticos de estas encuestas.

FASE II. Recopilación los basamentos teóricos sobre aguas subterráneas.

- Selección de documentos relacionados con el tema de las aguas subterráneas.

- Revisión de información recopilada.

- Evaluación de conceptos, métodos y aspectos legales sobre el tema a incluir en la guía.

FASE III. Establecimiento de los lineamientos y estructura de la guía técnica.

- Especificación de las partes.

- Organización del contenido.

- Clasificación de ejercicios resueltos y propuestos referentes al tema en estudio.

- Diseño de reflexiones para autoevaluación.

FASE IV. Diseño de la guía técnica en el marco de sustentabilidad ambiental.

- Configuración de la portada.

- Elaboración índice e introducción.

- Elaboración de los cinco (5) capítulos de la guía.

- Desarrollo de ejercicios a través de hojas de cálculo en Excel.

- Actividades de autoevaluación (ejercicios propuestos, importancia para la ingeniería civil).

3.8. Validez .

Para determinar la validez del instrumento se consideró lo especificado por Hernández y Otros (2007), la cual describe “que la validez, en términos generales se

refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. (p.242)

Particularmente en este estudio se empleó validez de contenido de los instrumentos, mediante la opinión o “juicio de expertos” de la docente asignado por la Universidad José Antonio Páez para el periodo 2017-2018, Profesora Ing. Alicia de Pizzella quien evaluó las preguntas de los mismos.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

A continuación se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos del presente estudio definido por Hurtado (2010), como “aquellas técnicas de análisis que se ocupan de relacionar, interpretar y buscar significado a la información expresada” en este caso se establecerán los resultados de la manera lo más eficiente posible, cuyas deducciones fueron ordenadas de acuerdo a las fases descritas anteriormente.

FASE I: Diagnóstico de la necesidad de presentar este documento técnico en la asignatura Hidrología en la carrera de Ingeniería Civil de la UJAP.

I.1. Resultados obtenidos del cuestionario número uno (1) constituido de 9 preguntas aplicadas a 96 estudiantes cursantes y que cursaron la asignatura Hidrología en la carrera de Ingeniería Civil de la UJAP.

Como resultado de cada una de las preguntas de la encuesta aplicada tendremos los siguientes:

Pregunta N°1. ¿Es importante conocer sobre el tema de aguas subterráneas en la unidad curricular Hidrología?.

Respuesta:

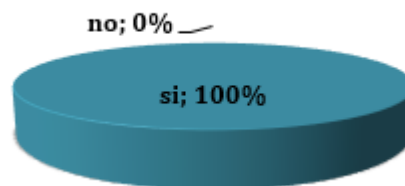


Figura 20. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 1 de la Encuesta N°1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 20 se representa que el 100 % de los estudiantes entrevistados consideran que es importante hacer énfasis y estudiar el tema de aguas subterráneas ya que las mismas son fuentes de abastecimiento a nivel mundial.

Pregunta N°2. ¿ Es bajo el nivel de conocimiento técnico que posee usted sobre acuíferos, pozos, subdrenaje y subpresiones?.

Respuesta:



Figura 21. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 2 de la Encuesta N°1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 21 se representa la tendencia de los estudiantes encuestados consideran mayoritariamente en un 70 % que es bajo el nivel de conocimiento técnico que poseen sobre el contenido del tema de aguas subterráneas referidos a pozos, acuíferos, subdrenaje y subpresiones y solo un 30% manifestó lo contrario.

Pregunta N°3. ¿ Se debería hacer énfasis en el tema de aguas subterráneas ya que las mismas son fuentes de abastecimientos a nivel mundial ? .

Respuesta:

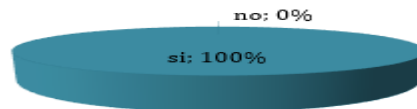


Figura 22. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 3 de la Encuesta N°1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 22 se representa que el 100 % de los estudiantes entrevistados consideran que es importante hacer énfasis y estudiar el tema de aguas subterráneas ya que las mismas son fuentes de abastecimiento a nivel mundial.

Pregunta N°4. ¿Se lograría aliviar la escasez de agua aprovechando de manera técnica los reservorios de agua subterránea, razón por la cual se necesita su estudio?.

Respuesta:

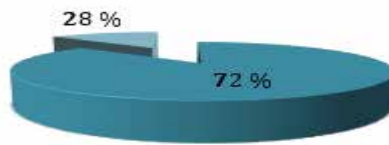


Figura 23. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 4 de la Encuesta N^o.1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 23 se representa la tendencia de los estudiantes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 72 % que se lograría aliviar la escasez de agua aprovechando de manera técnica los reservorios de aguas subterráneas y sólo un 28 % manifestó lo contrario.

Pregunta N^o5. ¿Las aguas subterráneas pueden ser el motor del desarrollo social en Venezuela por lo que se requiere su comprensión práctica?.

Respuesta:

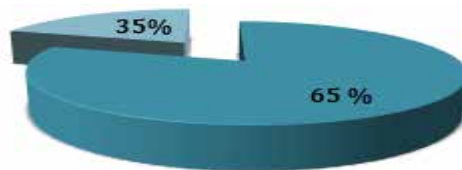


Figura 24. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 5 de la Encuesta N^o.1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 24 se representa la tendencia de los estudiantes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 65 % que las aguas subterráneas pueden ser el motor del desarrollo social en Venezuela por lo cual se requiere su comprensión práctica y sólo un 35 % manifestó lo contrario.

Pregunta N^o6. ¿La implementación de una guía mejoraría el proceso de enseñanza aprendizaje del tema de aguas subterráneas en esta asignatura?.

Respuesta:



Figura 25. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 6 de la Encuesta N^o.1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 25 se representa la tendencia de los estudiantes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 97 % que la implementación de una guía técnica mejoraría el proceso de enseñanza aprendizaje del tema de aguas subterráneas en esta asignatura y sólo un 3 % manifestó lo contrario.

Pregunta N^o7. ¿Los cálculos programados en Excel del tema de aguas subterráneas fomentarían el conocimiento práctico de esta asignatura?.

Respuesta:



Figura 26. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 7 de la Encuesta N^o.1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 26 representa la tendencia de los estudiantes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 76 % que los cálculos programado en Excel del tema de aguas subterráneas fomentarían el conocimiento práctico de la asignatura y sólo un 24 % manifestó lo contrario .

Pregunta N^o8. ¿Una guía automatizada contribuirá al desarrollo de nuevos modelos de enseñanza aprendizaje en la UJAP?.

Respuesta:



Figura 27. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 8 de la Encuesta N°1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 27 representa que el 100 % de los estudiantes entrevistados consideran que una guía automatizada contribuirá al desarrollo de nuevos modelos de enseñanza en la UJAP.

Pregunta N°9. ¿El desarrollo de ejercicios elaborados en una hoja de Excel facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura hidrología?.

Respuesta:



Figura 28. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 9 de la Encuesta N°1.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 28 se representa que el 100 % de los estudiantes entrevistados consideran que el desarrollo de ejercicios elaborados en una hoja de Excel facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura hidrología.

I.2. Resultados obtenidos del Cuestionario N°2 constituido de 5 preguntas aplicadas a 4 docentes pertenecientes al área Hidrología en la UJAP siendo las siguientes:

Pregunta N°1. ¿Cree usted que mediante una guía técnica se mejoraría el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología?.

Respuesta:

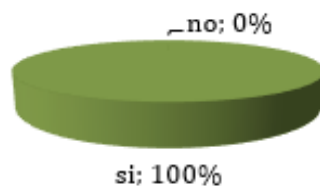


Figura 29. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 1 de la Encuesta N^o.2.

Fuente: Mattey y Marin (2018).

En la figura 29 se representa que el 100 % de los docentes entrevistados consideran que mediante una guía técnica se mejoraría el proceso de enseñanza – aprendizaje del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología.

Pregunta N^o2. ¿El uso de cálculos programados en Excel del tema de aguas subterráneas fomentaría el conocimiento práctico en esta asignatura?.

Respuesta:

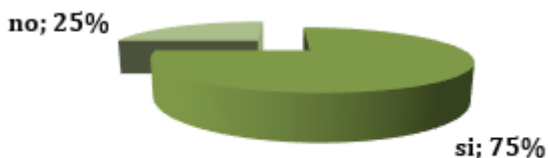


Figura 30. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 2 de la Encuesta N^o.2

Fuente: Mattey y Marin (2018).

En la figura 30 representa la tendencia de respuesta de los docentes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 75 % que el uso de cálculos programados en Excel del tema de aguas subterráneas fomentaría el conocimiento práctico en esta asignatura y sólo un 25 % manifestó lo contrario.

Pregunta N^o3. ¿Cree usted que una guía automatizada contribuiría con el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza -aprendizaje en la UJAP?.

Respuesta:

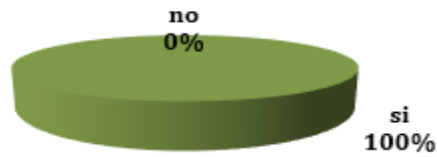


Figura 31. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 3 de la Encuesta N°2.

Fuente: Matthey y Marin (2018).

En la figura 31 se representa que el 100 % de los docentes entrevistados consideran que mediante una guía automatizada contribuiría con el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza .aprendizaje en la Universidad José Antonio Páez (UJAP).

Pregunta N°4. ¿Según su opinión el desarrollo de problemas elaborados en una hoja en Excel sobre acuíferos, pozos, subdrenaje y Subpresiones facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología?.

Respuesta:



Figura 32. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 4 de la Encuesta N°2

Fuente: Matthey y Marin (2018).

La figura 32 se representa la tendencia de respuesta de los docentes encuestados quienes consideran mayoritariamente en un 75 % que el desarrollo de problemas elaborados en una hoja de Excel sobre acuíferos, pozos, subdrenaje y subpresiones facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología y solo un 25 % manifestó lo contrario.

Pregunta N°5. ¿Cree usted que pueda ser de utilidad una guía técnica de aguas subterráneas en la asignatura hidrología enfocada en el cálculo de acuíferos, pozos, subdrenaje, Subpresiones y sustentabilidad ambiental?.

Respuesta:

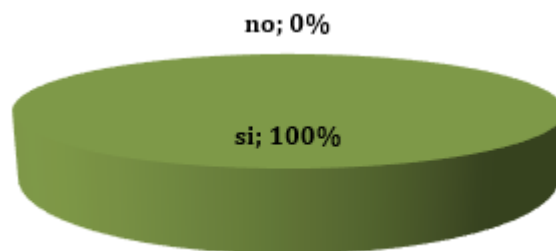


Figura 33. Tendencia porcentual de respuesta de los estudiantes de la asignatura Hidrología, Ítems No 5 de la Encuesta N°.2

Fuente: Matthey y Marin (2018).

De la figura 33 se representa que el 100 % de los docentes entrevistados consideran que sería útil una guía técnica de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología enfocada en el cálculo de acuíferos, pozos, subdrenaje, subpresiones y sustentabilidad ambiental.

Fase II: Recopilación de basamentos teóricos y legales sobre aguas subterráneas.

En esta parte se procedió a realizar una selección, revisión y evaluación de documentos relacionados con el tema de las aguas subterráneas, extraídos de textos, manuales y hojas de divulgación de autores venezolanos y extranjeros tales como:

- Arocha S. Abastecimiento de Agua. Tercera Edición. U.C.V.
- Collazo, C y Montan, J. Manual de aguas subterráneas. (1ª ed.). Uruguay.
- Dingman. Aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo. U.M.
- Fuentes. Hojas divulgadoras Aguas Subterráneas. España.
- Gibson, U y Singer, R. Manual de pozos pequeños. (1ª ed.). México.
- Izquierdo L. y Niño W (2012) Drenaje Subterráneo De Estructuras de Contención. Universidad Católica De Colombia.

- Johnson, D. (1975). El agua subterránea y los pozos. Estados Unidos.

- López, J; Fornes, J; Ramos, G; y Villarroya F. Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo. España.

- Monsalve (2014) Hidrología en la Ingeniería. México. Segunda Edición.

De igual manera se eligió las Normas venezolanas vinculadas al tema tales como:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

- Ley de Aguas.

- Ley de Calidad de Agua y Aire.

- Ley Orgánica del Ambiente.

- Normas para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de Pozos Perforados.

- Requisitos para la solicitud de asignaciones y concesiones para el aprovechamiento de los recursos Hídricos.

Especificadas en las referencias consultadas en el presente estudio, escogiendo de ellos los principios fundamentales que gobiernan la ocurrencia, distribución y movimiento del agua bajo la superficie de la tierra enfocado en su aplicación dentro la Ingeniería Civil en Venezuela, cuyos contenidos recopilados según orden de importancia fueron los siguientes:

Hidrología.

Como la principal ciencia que trata de las aguas terrestres, ya sea superficial como subterránea la cual constituye el motivo principal del presente estudio, igualmente se consideró el ciclo hidrológico ya que las aguas subterráneas son producto de la infiltración del agua proveniente de la precipitación formando parte importante de este proceso.

Fuentes para abastecimientos de aguas subterráneas.

Evaluando las formaciones acuíferas, especificando lo relativo a los tipos y características de cada uno.

Hidráulica de pozos.

Relacionadas con las capacidades de estas formaciones acuíferas para almacenar y transmitir el agua evaluando dimensiones, tipos de régimen continuo y transitorio, especificando la importancia, métodos y parámetros de cálculo, así como las limitaciones de los métodos.

Extracción de las aguas subterráneas.

Estudiando los Subdrenes o sistemas que permiten interceptar el agua subterránea, describiendo los tipos y metodología de cálculo, así mismo se aprendió lo referente a Subpresiones o presiones ascendentes, seleccionando métodos de cálculos de acuerdo a sus tipos, cuya finalidad de estos sistemas es evitar daños en las estructuras, contenido importante que debe conocer todo ingeniero civil.

Acciones de sustentabilidad de las aguas subterráneas.

Evaluando beneficios, desventajas, la importancia de las aguas subterráneas en Venezuela, así como las Leyes y Decretos a través de las cuales se normaliza la utilización del recurso agua como fuente de abastecimiento, para el desarrollo de proyectos de ingeniería civil.

Todo este proceso se esquematizo en la (**figura 34**).

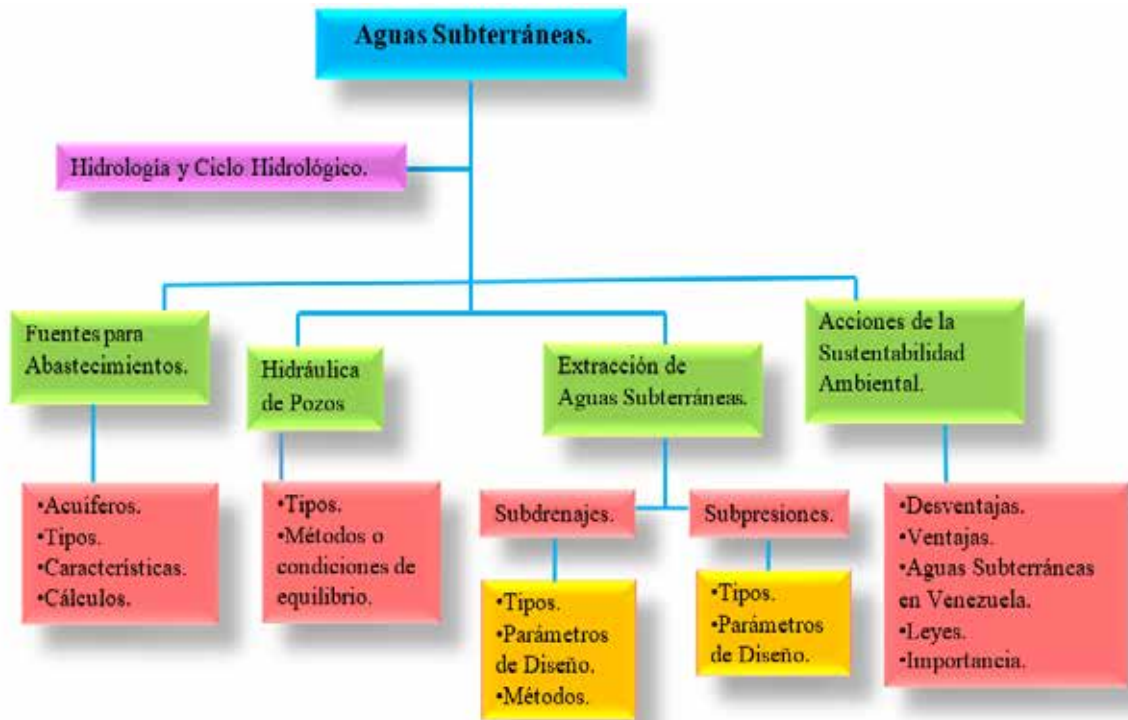


Figura 34. Recopilación de los basamentos teóricos sobre aguas subterráneas.
Fuente: Mattey y Marín (2018).

FASE III. Establecimiento de los lineamientos y estructura de la guía técnica.

A continuación se presenta los lineamientos seguidos por las autoras en la elaboración de la Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil.

Lineamientos.

Para determinar la estructura general de la guía de aprendizaje, se buscó que fuese visualmente atractiva, con imágenes, gráficos, tablas y textos.

Se elaboró una caratula que incluye la identificación de las autoras.

La guía consta de cinco (5) capítulos con los siguientes tópicos: Acuíferos, Pozos, Subdrenaje, Subpresiones y sustentabilidad ambiental.

- Cada uno de los tópicos propuestos incluye una parte teórica, ejercicios de aplicación, importancia y finalmente actividades de autoevaluación.

- Al final de cada capítulo se destacó la importancia para la ingeniería civil.

- Los ejercicios se realizaron en hoja de cálculo en Excel debidamente formulados con la finalidad que el usuario pueda cambiar los datos con cálculos similares.

- El uso del programa Excel permitirá realizar todas las tareas de forma práctica y sencilla, lo que reduce el tiempo de trabajo y mejora la organización.

En la (figura 35) se muestra cómo está estructurada la guía.

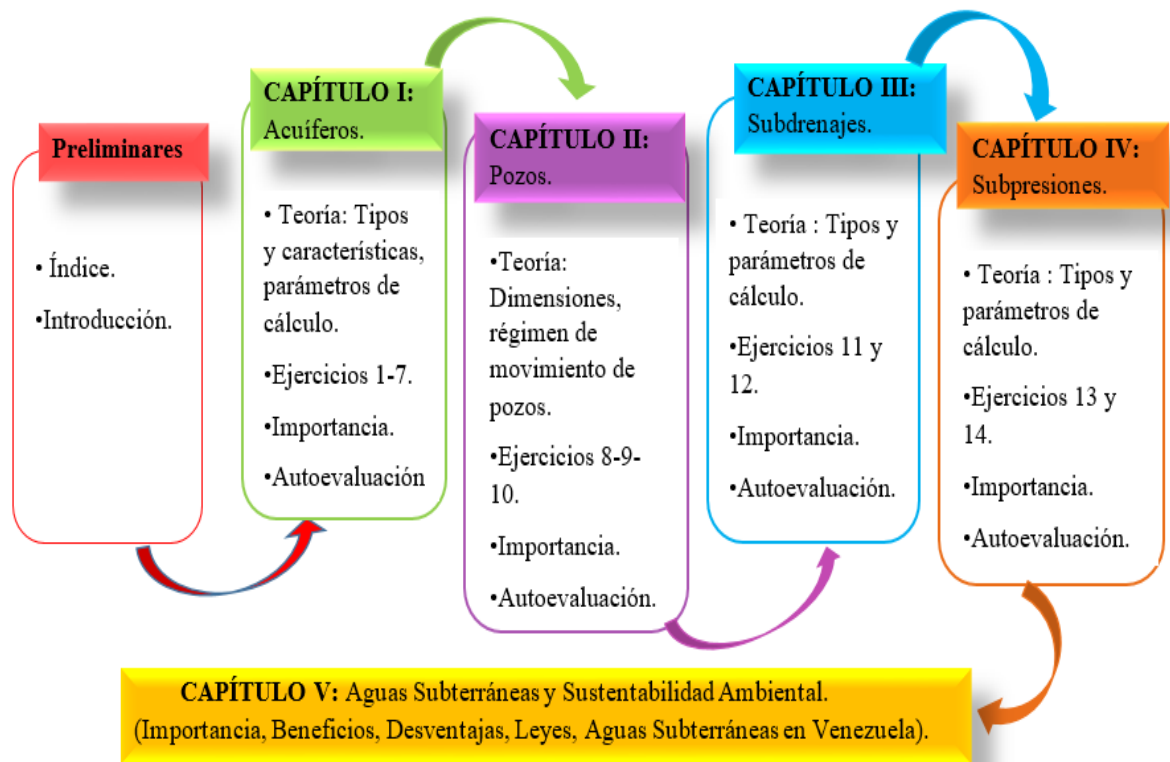


Figura 35. Estructura de la Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil.

Fuente: Matthey y Marín (2018).

FASE IV. Diseño de la guía técnica en el marco de sustentabilidad ambiental.

Para el diseño de la guía se siguieron una serie de actividades entre la cuales se destacan la configuración de la portada, elaboración índice e introducción, preparación de los cinco (5) capítulos que incluye desarrollo teoría con ejercicios

de aplicación y finalmente actividades de autoevaluación, a continuación describiremos cada una de estas actividades:

- **Configuración de la portada.**

Se estableció los datos académicos necesarios que identificaron la guía como son la facultad, escuela, el título, los autores y la fecha de elaboración (Ver figura 36).

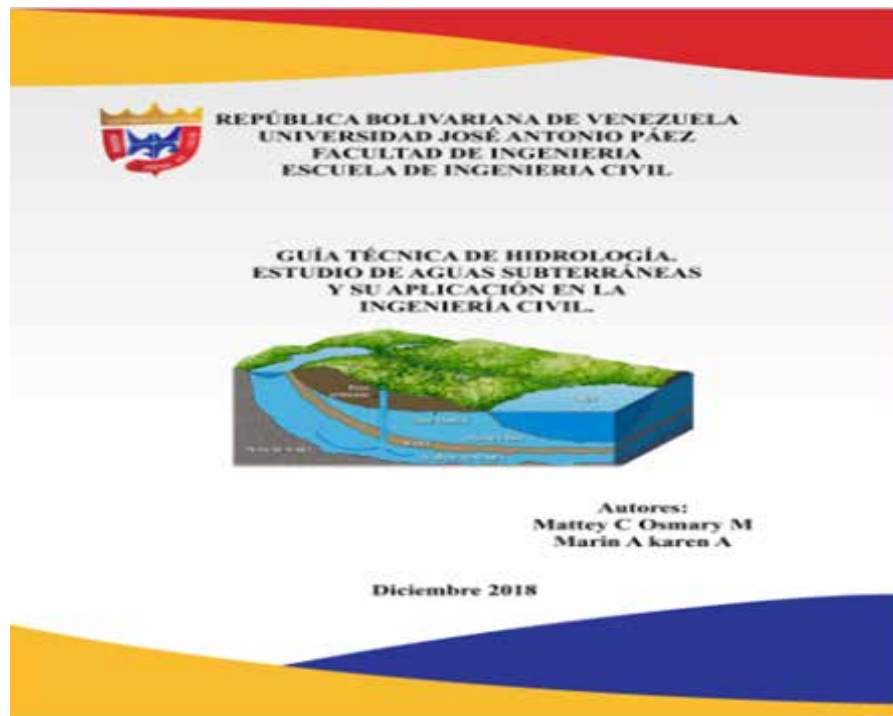


Figura 36. Guía Técnica de Hidrología para el estudio de las aguas subterráneas y su aplicación en la Ingeniería Civil.

Fuente. Matthey y Marín (2018)

- **Elaboración del índice e introducción.**

Se Ordenó el contenido de la guía con una breve descripción de los capítulos que incluye los pasos e instrucciones que se deben seguir para el estudio de las aguas subterráneas, pertenecientes a uno de los temas de la unidad curricular Hidrología que se imparte en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en San Diego, estado Carabobo.

•Preparación de los capítulos.

El diseño de esta guía técnica fue desarrollado en hojas digitales, utilizando para ello el programa Excel, el cual se caracteriza por capturar gran cantidad de datos y desarrollar diferentes operaciones, permitiendo trabajar de forma más rápida y eficaz.

Los tópicos desarrollados por capítulos fueron: Acuíferos, pozos, subdrenaje, subpresiones y aguas subterráneas y sustentabilidad ambiental. En cada capítulo se desarrolló una parte teórica, ejercicios de aplicación, importancia y finalmente actividades de autoevaluación

En el último capítulo se trata la sustentabilidad de las aguas subterráneas, garantizada a través del conocimiento integral de su existencia, ya sea su potencialidad de uso, su calidad, su aprovechamiento en el tiempo, cumpliendo con las restricciones de la ley con el fin de evitar su deterioro.

•Desarrollo de ejercicios a través de hojas de cálculo en Excel.

Los problemas desarrollados en los primeros cuatro capítulo fueron solucionados en el programa Excel, para que el estudiante comprenda la situación que se plantea, establezca relaciones, utilicé procedimientos de manera automatizada para llegar a una respuesta, especificando en cada uno de ellos el enunciado, los datos, la representación, las incógnitas, la metodología de resolución, permitiendo comprender el problema, poner en práctica el plan, conocer las técnicas y procedimientos y finalmente comprobar los resultados, contrastando así con la realidad que se quiere resolver, mediante una hoja de trabajo, y a su vez si el usuario que ingrese tiene ejercicios similares a los planteados en la guía este podrá cambiar los datos y de esa manera obtener los resultados del ejercicios de una manera rápida y comprensible.

En la guía propuesta se seleccionaron un total de catorce ejercicios distribuidos de la manera siguiente siete (7) en la parte de acuíferos, Tres (3) de hidráulica de pozos, dos (2) de subdrenaje y dos (2) de Subpresiones, consultando diferentes

textos de hidrología, paginas web , Manuales de aguas subterráneas y abastecimiento de aguas y drenajes subterráneos de estructuras de construcción.

•Actividades de autoevaluación.

Al final de cada capítulo se planteó actividades de autoevaluación las cuales permiten que el estudiante tome conciencia de su progreso de aprendizaje mediante la resolución de problemas referentes al tópico tratado.

Para finalizar se destaca que la Guía propuesta se presenta en archivo adjunto realizado con apoyo del programa Excel contentiva con hojas automatizadas, en las cuales el estudiante podrá iterar con diferentes variables y el programa realizará los cálculos en forma rápida y ordenada, el cual está al alcance de todos los docentes y estudiantes interesados en adquirir conocimientos sobre el tema, cuya copia puede ser distribuida a través de pendrive o enviada por correo electrónico sin ningún costo.

•Criterios de validación de las encuestas

Para la validación de las encuestas aplicadas a través del “juicio de expertos” se entregó a la Ing. Alicia de Pizzella, docente del área de Ingeniería Civil asignada por la Universidad José Antonio Páez para tal fin, mediante comunicación (Ver anexo C), quien corrigió los instrumentos antes de su aplicación a los cuales se incorporaron sus sugerencias con la intencionalidad de mejorar y enriquecer las mismas considerando finalmente lo siguiente :

De las tablas de Especificaciones de la Encuestas N°1 y N°2, aplicadas a estudiantes y a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, de esta casa de estudio en el periodo (2018-2019) se observó que los ítems 1 al 9 y los ítems de 1 al 5, respectivamente, fueron redactados de manera clara, con coherencia, no induciendo a la respuesta y midiendo lo que se pretende medir. (Ver anexo D y E).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Desarrolladas las actividades contempladas para la investigación se concluye lo siguiente:

De acuerdo a la opinión de los estudiantes cursantes de la asignatura Hidrología, en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en San Diego del Estado Carabobo durante el lapso de Julio a Enero del año en curso, en su gran mayoría consideran que es importante conocer sobre el tema de aguas subterráneas ya que poseen mucha inexperiencia técnica sobre el tema de acuíferos, pozos, subdrenaje y subpresiones, tópicos importantes relacionados con este tema.

Así mismo la gran mayoría de estos estudiantes cursantes de hidrología de la UJAP opinaron que las aguas subterráneas son el motor del desarrollo social en Venezuela por lo cual se requiere su comprensión práctica a través de una guía para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje apoyados en hojas de cálculos en Excel, lo cual fomentaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura hidrología.

Desde el punto de vista de los docentes entrevistados la mayoría piensa que mediante una guía técnica se mejoraría el proceso de enseñanza -aprendizaje del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología mediante el uso de cálculos programados en Excel fomentando así el conocimiento práctico, mediante un aprendizaje autónomo, activo y colaborativo.

En la presente guía técnica se presentó un compendio de información teórica y práctica necesaria para la resolución de problemas del tema de Aguas Subterráneas de la asignatura Hidrología, haciendo énfasis en la importancia de este tema en el campo de la Ingeniería Civil desde el punto de vista del profesor y del

estudiante fortaleciendo el proceso de enseñanza de la hidrología, en su parte conceptual, procedimental y práctica.

Con la guía propuesta se incrementará la destreza para resolver problemas, donde el alumno pueda solucionar problemas diversos, observando los modos de proceder, con actividades realizadas mediante el uso del programa Excel de actividades proporcionando a los estudiantes experiencias nuevas que faciliten la comprensión de conceptos y fenómenos físicos con su comprobación práctica.

En el momento de la utilización de los distintos modelos se debe elegir una estrategia que cumplan con las condiciones límites de aplicabilidad establecidas en la parte teórica, la cual es conveniente conocer previamente para lograr así la solución hidráulica más conveniente considerando las condiciones específicas de cada problema.

Incentivar el uso de guías prácticas digitalizadas dirigidas a los estudiantes cursantes de la carrera de Ingeniería Civil para lograr mejorar el conocimiento aplicado, por lo cual deben actualizar periódicamente estas guías e incluir otros ejemplos actualizados.

La sustentabilidad del recurso de agua subterránea se garantizará a través del conocimiento integral del estudiante de su existencia, estudiando su verdadera potencialidad de uso, calidad y otorgamiento de concesiones de agua que cumplan con las restricciones establecidas en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Ley Orgánica de ambiente, de aguas, de calidad de agua y aire, Decreto 2048 así como los Requisitos que se deben seguir para establecer una solicitud de asignaciones para el aprovechamiento del recurso Hídrico a fin de evitar su deterioro.

Recomendaciones

Considerando los resultados encontrados y los objetivos propuestos se sugiere realizar las siguientes recomendaciones:

Desarrollar e incentivar a aplicación de guías técnicas que permita desarrollar los cálculos de manera rápida por el estudiantado.

Hacer revisiones periódicas, actualizaciones y ampliaciones del contenido presentado para lograr el complementando el mismo.

Desarrollar estudios similares en otras áreas de interés de la ingeniería civil en nuestra casa de estudio a fin de mejorar la formación técnica.

En el momento de la utilización de los distintos modelos se debe verificar que cumplan con las condiciones límites de aplicabilidad establecidas.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Cuarta Edición. Caracas: Editorial Espíteme
- Arocha S. (1979) *Abastecimiento de Agua. Tercera Edición*. Universidad Central de Venezuela
- Collazo, C y Montan, J. (2012). *Manual de aguas subterráneas*. (1^a ed.). Uruguay:
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36860. (Extraordinaria), Diciembre 30. Caracas, Venezuela.
- Cortez (2018) *Propuesta De Estrategia Tecno pedagógica mediante el uso de hojas de cálculo para el análisis de vigas hiperestáticas por el método de Cross*. Trabajo de ascenso. Universidad Nacional de los Llanos Rómulo Gallegos.
- Dingman (1994) referida por Breña A. y Jacobo M. *Aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo*. Universidad Metropolitana. Cuarta edición.
- Fuentes, J. (2008). *Hojas divulgadoras Aguas Subterráneas*. (1^a ed.). España: Editorial Rivadeneyra s.a.
- Gibson, U y Singer, R. (1976). *Manual de pozos pequeños*. (1^a ed.). México: Editorial Limusa.
- Hernández, Fernández y Baptista (1994) *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edición. Editorial Mc GrawHiill
- Hurtado, J. (2000) *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas. Editorial SYPAL (3ra edición).
- Izquierdo L. y Niño W (2012) *Drenaje Subterráneo De Estructuras de Contención*. Universidad Católica De Colombia. Facultad De Ingeniería Civil especialización De Recursos Hídricos Bogotá

- Johnson, D. (1975). *El agua subterránea y los pozos*. (1ª ed.). Estados Unidos:
- Ley de Aguas (2007). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595. Enero 2. Caracas, Venezuela. Ley de Calidad de Agua y Aire (2015). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.207. Diciembre 28. Caracas, Venezuela.
- Ley de calidad de agua y aire. Gaceta Oficial N° 6.207 de fecha 28 de diciembre de 2015.
- Ley Orgánica del Ambiente (2006). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833. (Extraordinaria), Diciembre 22. Caracas, Venezuela.
- Ley De Universidades. Gaceta Oficial No 1.429 Extraordinario de fecha 8 de septiembre de 1970
- López, J; Fornes, J; Ramos, G; y Villarroja F. (2009). *Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo*. (4ª ed.). España: Editorial Instituto Geológico y Minero de España.
- Monsalve (2014) *Hidrología en la Ingeniería*. México. Segunda Edición
- Normas para la elaboración de anteproyectos, proyectos de trabajos de grado de la Universidad José Antonio Páez.
- Normas para la Ubicación, Construcción, Protección, Operación y Mantenimiento de Pozos Perforados de fecha 24 de Septiembre de 1997. Decreto N° 2048 Gaceta oficial N°. 36.298,
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2010). *Objetivo número 6*. [Documento en línea]. Disponible: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.[Consulta: Julio 2018, 11]. C
- Requisitos para la solicitud de asignaciones y concesiones para el aprovechamiento de los recursos Hídricos Decreto N° 1.257 del 13-03-1996 "Normas Sobre Evaluación Ambiental De Actividades Susceptibles De Degradar El Ambiente" publicado en la Gaceta Oficial N° 35.946 del 25-04-96, y Decreto 1400 de fecha 10-07-1996

"Normas Sobre La Regulación Y El Control Del Aprovechamiento De Los Recursos Hídricos Y De Las Cuencas Hidrográficas"

Tamayo y Tamayo M. (2005) *El proceso de la investigación científica*, Editorial Limusa

ANEXOS

Anexo A: Cuestionario realizado a estudiantes de la asignatura hidrología de la Universidad José Antonio Páez, período 2018-2019.

PREGUNTAS	SI	NO
1. Es importante conocer sobre el tema de aguas subterráneas en la unidad curricular Hidrología.		
2. Es bajo el nivel de conocimiento técnico que posee usted sobre acuíferos, bombas, o sistema de captaciones de aguas subterráneas.		
3. Se debería hacer énfasis en el tema de aguas subterráneas ya que las mismas son fuente de regadíos y abastecimiento de localidades rurales a nivel mundial.		
4. Se podría aliviar la escasez de agua aprovechando de manera técnica los reservorios de agua subterránea, razón por la cual se necesita su estudio.		
5. Las aguas subterráneas pueden ser el motor de desarrollo social en Venezuela por lo que se requiere su comprensión práctica.		
6. La implementación de una guía mejoraría el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de aguas subterráneas en esta asignatura		
7. Los cálculos programados en Excel del tema de aguas subterráneas fomentaría el conocimiento práctico en esta asignatura.		
8. Una guía automatizada contribuirá al desarrollo de nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje en la UJAP.		
9. El desarrollo de ejercicios elaborados en una hoja en Excel facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura hidrología		

Gracias por su colaboración

Anexo B: Cuestionario realizado a docentes de la Universidad José Antonio Páez, período 2018-2019.

PREGUNTAS	SI	NO
1. ¿Cree usted que mediante una guía técnica se mejoraría el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de aguas subterráneas en la asignatura Hidrología?		
2. ¿El uso de cálculos programados en Excel del tema de aguas subterráneas fomentaría el conocimiento práctico en esta asignatura?		
3. ¿Cree usted que una guía automatizada contribuirá con el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje en la Universidad José Antonio Páez?		
4. ¿Según su opinión el desarrollo de problemas elaborados en una hoja en Excel sobre acuíferos y pozos, facilitaría el entendimiento y aplicación del tema de aguas subterráneas en la asignatura hidrología?		
5. ¿Cree usted que puedan ser de utilidad una guía práctica de agua subterránea en la asignatura hidrología enfocada al cálculo de acuíferos, pozos y sistema de captación ?		

Gracias por su colaboración

Anexo C: Validación de la encuestas por la Profesora Ing. Alicia de Pizzella de la Universidad José Antonio Páez, período 2018-2019.

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora : Ing Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación de los cuestionarios que se anexan, dirigido a los estudiantes y profesores de la facultad de Ingeniería Civil, materia de Hidrología , para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada proponer una **“GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA. ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL. DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE ESTA CARRERA QUE CURSAN EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, VALENCIA ESTADO CARABOBO”**, realizada por las estudiante.

La elaboración del cuestionario es tipo dicotómico, cerradas de respuesta si o no.

En espera de su validación, o de sus observaciones.

Anexo D : Tablas de Especificaciones de la encuesta realizada a los estudiantes en la Universidad José Antonio Páez, período 2018-2019.

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Instrumento: Cuestionario dirigido a los estudiantes de Ing. Civil de la Ujap para recabar información sobre la realización de la tesis una “GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA. ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL. DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE ESTA CARRERA QUE CURSAN EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, VALENCIA ESTADO CARABOBO”, realizada por las estudiantes

ITEM	1		2		3	
	si	no	si	no	si	no
Aspectos						
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta		X		X		X
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ITEM	4		5		6	
	si	no	si	no	si	no
Aspectos						
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta		X		X		X
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ITEM	7		8		9	
	si	no	si	no	si	no
Aspectos						
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta		X		X		X
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

Apellido y Nombre del Docente Alicia de Pizzella

Cédula de Identidad 4598880

Profesión Ing Mecánico

Firma

Anexo E : Tablas de Especificaciones de la encuesta realizada a los docentes en la Universidad José Antonio Páez, período 2018-2019.

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Instrumento: Cuestionario dirigido a los docentes de Ing. Civil de la Ujap, materia Hidrología , para recabar información sobre la realización de la tesis una **“GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA. ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL. DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE ESTA CARRERA QUE CURSAN EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ, VALENCIA ESTADO CARABOBO”**, realizada por las estudiantes

ITEM	1		2		3		4		5	
	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no
1-La redacción del ítem es clara	X		X		X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta		X		X		X		X		X
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X		X		X	

Apellido y Nombre del Docente Alicia de Pizzella

Cédula de Identidad 4598880

Profesión Ing. Mecánico

Firma