|  |  |
| --- | --- |
| TEMARIO DE MEMORIA  CARRERA: INGENIERÍA CIVIL EN OBRAS CIVILES | PROF. GUÍA |
| Sr. Carlos Reiher Núñez |
| **USO EXCLUSIVO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN OBRAS CIVILES** |
| COMISIÓN EXAMINADORA: |
|  |
| APROBADO CON FECHA |
| Santiago, |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO DE LA MEMORIA (marcar con una X) | | | | | |
| Proyecto para Empresa |  | Memoria de Laboratorio | X | Investigación Docente |  |

A. ALUMNOS :

KARINA FERNANDA MARTÍNEZ REYES

*RUT: 17.879.956-8*

*Celular: +56979952542*

*Correo electrónico: karina.martinezr@usach.cl*

*Dirección/Comuna: Isla Capitán Aravena #8763, Pudahuel.*

B. PROF. GUÍA: Carlos Reiher Núñez

C. TÍTULO : “VALIDACIÓN DE INSTALACIÓN EXPERIMENTAL PARA EL FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE MODELACIÓN NUMÉRICA”

**D. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La calidad y disponibilidad de aguas subterráneas resulta en ocasiones una alternativa más apropiada que las aguas superficiales para el abastecimiento de usos tales como: consumo (agua potable), industria (minería, energía, etc.) y agricultura, entre otros. Esto se ocasionará especialmente en situaciones en que se hayan agotado los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, no sean accesibles por factores geográficos, o esté comprometida su calidad, ya sea por efectos naturales o contaminación de origen antrópico.

En estas condiciones, estimar la ubicación de los recursos subterráneos ha motivado una constante búsqueda por mejorar las herramientas de modelación hidrogeológica, incorporando factores que vinculan a esta componente del ciclo hidrológico con el resto de sus elementos, en particular con la precipitación que se registra en cuencas hidrológicas y su infiltración hacia los niveles subsuperficiales. Además, se calibran los modelos numéricos para representar de manera adecuada las condiciones de los acuíferos, entrando en juego parámetros esenciales como la permeabilidad y la composición de los diferentes horizontes de suelos.

En el marco de esta temática, se propone realizar a través de modelación numérica la validación de casos habituales en la configuración de acuíferos y sus condiciones de borde, de manera de acoplar sus resultados con una instalación experimental disponible en el Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería en Obras Civiles de la Universidad de Santiago de Chile, el cual permite regular las entradas y salidas de agua a un volumen de control de un suelo con capacidad de almacenamiento hídrico. Esta validación permitirá predecir las variaciones en el modelo físico por el uso de diferentes configuraciones de extracciones (ubicación de pozos y sus caudales) y por el uso de suelos con diferentes características, de manera de permitir que la instalación experimental sea usada en la representación de diversos casos.

**E. OBJETIVOS**

General:

* Validar, a través de modelación numérica, los resultados que se pueden obtener a partir de un montaje experimental que simula las condiciones de un acuífero, expuestos a precipitación, infiltración y extracciones a partir de pozos simulados.

Específicos:

* Diseñar experiencias tipo de laboratorio, que aporten datos de niveles freáticos en diversas condiciones de precipitación y extracción.
* Registrar los datos de dichas experiencias de laboratorio, sistematizando la información para la detección de los parámetros sensibles involucrados.
* Recrear, a partir de un modelo numérico existente para aguas subterráneas, las condiciones implementadas en el laboratorio.
* Comparar los resultados y realizar los ajustes de parámetros que permitan tener una implementación numérica que valide el conjunto de datos experimentales.
* Analizar los casos en que podría utilizarse la instalación experimental como representación de una situación real, previendo las posibles modificaciones que debiese realizarse para ajustarse a nuevas condiciones.

**F. METODOLOGÍA (Resumen)**

Recopilación de información

Literatura científica: libros y revistas

Memorias y tesis

Manuales de modelos numéricos y apuntes de cursos

Diseño de experiencias de laboratorio y toma de datos

Modelación numérica a través del software IMOD

Comparación, calibración, validación de modelos

Conclusiones

**G. COSTOS Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

El material utilizado en el estudio del tema será financiado en su totalidad por la alumna, incluyendo dentro de esto libros de bibliotecas internas y externas a la Universidad, fotocopias de apuntes y manuales, útiles de escritorio para el registro de datos, etc. Los recursos asociados a la instalación experimental (materiales del montaje, suministro de agua y energía) son facilitados por el Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería en Obras Civiles.

**H. TEMARIO**

**CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

* Motivación general de la investigación
* Objetivos
* Alcances y limitaciones

# CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

* Componentes del ciclo hidrológico
* Aspectos que regulan la infiltración y almacenamiento de aguas subterráneas
* Ecuaciones para la estimación de los niveles freáticos
* Parámetros y factores incidentes en la modelación numérica de flujos subsuperficiales

# CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

* Descripción del montaje experimental
* Pruebas para la puesta en marcha
* Diseño de experiencias

# CAPÍTULO 4 MODELACIÓN NUMÉRICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

* Aspectos generales sobre el software utilizado
* Condiciones iniciales y de borde
* Elementos para la homologación del modelo numérico al montaje experimental

**CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE HERRAMIENTAS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA**

* Comparación de resultados
* Factores de interés para permitir un análisis comparativo
* Extensión a otros casos posibles de simular

**CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

* Síntesis de principales hallazgos de la investigación
* Análisis de errores y sensibilización de parámetros
* Recomendaciones para aplicaciones futuras

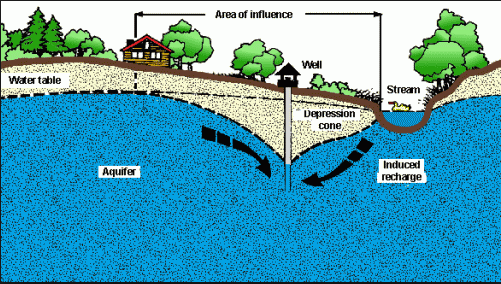
**I. ALCANCES DE CADA CAPÍTULO**

**CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se darán a conocer los aspectos generales, objetivos y alcances del estudio, y la historia, los inicios e investigaciones del tema.

# CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán desde el punto de vista teórico diversos aspectos del estudio de aguas subterráneas, desde su origen y rol dentro del ciclo hidrológico, hasta temas orientados con las leyes físicas que gobiernan el comportamiento y movimiento de flujos subsuperficiales. Respecto a esto último, incluirá las ecuaciones fundamentales y sus esquemas habituales de solución numérica, en caso de sistemas que tengan componentes no-lineales.



Recarga Inducida

Corriente

Cono de Depresión

Nivel Freático

Área de Influencia

Pozo

Acuífero

**Figura 1**. Elementos de aguas subterráneas en torno a zonas de infiltración y pozos.

# CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

En este capítulo se describirá la instalación experimental disponible, sus características principales, capacidades y limitaciones, junto con realizar la puesta en marcha del equipo para verificar que su funcionamiento esté acorde a lo que se espera teóricamente de la variación de niveles freáticos dentro del lecho de arena que se incluye en este montaje (ver Figura 2). En términos generales, se realizará el diseño de experiencias que pueden combinar las capacidades de simular precipitación mediante difusores, y de extraer agua desde la matriz de suelo, mediante sumideros que simulan pozos, o condiciones de borde que se asemejen a sectores de drenaje.



**Figura 2**. Instalación experimental a usar, Gunt HM-165

**CAPÍTULO 4 MODELACIÓN NUMÉRICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

En este capítulo se describirán las capacidades de la herramienta numérica a utilizar, el software IMOD, desarrollado por Deltares como interfaz para el programa MODFLOW, que modela numéricamente el comportamiento de aguas subterráneas, tal como se ejemplifica en la Figura 3 a través de un mapa de cotas piezométricas de niveles freáticos, o de líneas de flujo en la Figura 4.

Acompañando a esta descripción se darán indicaciones sobre los elementos teóricos relevantes para la construcción de los datos de entrada para el modelo numérico en escenarios semejantes a los que se plantean para el trabajo experimental.

**

**Figura 3**. Ejemplo de visualización de niveles freáticos mediante software IMOD.

**

**Figura 4**. Ejemplo de visualización de líneas de flujo mediante software IMOD.

**CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE HERRAMIENTAS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA**

En este capítulo se abordará de manera cuantitativa la comparación de resultados entre los datos de laboratorio y sus análogos de la simulación numérica, a partir de indicadores estadísticos que permitan evaluar la bondad del ajuste de ambas metodologías. Mediante este análisis, se evaluará los elementos relevantes para la adecuada calibración de un modelo numérico basado en un caso real, y las expectativas sobre el trabajo a realizar en caso de modelarse otros escenarios diferentes. Como ejemplo se muestran en las Figuras 5 y 6 casos tipo que pueden analizarse tanto numéricamente mediante MODFLOW e IMOD, como experimentalmente mediante la instalación Gunt HM165 previamente mencionada.

**

**Figura 5**. Caso tipo para análisis experimental y numérico: recarga por lluvia y salida mediante drenaje.

**

**Figura 6**. Caso tipo para análisis experimental y numérico: recarga por lluvia y extracción a través de pozos

**CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se establecerán las conclusiones principales basadas en la síntesis de los resultados y análisis de capítulos previos, estableciendo a partir de elementos objetivos las capacidades de las diferentes metodologías para abordar el estudio de los niveles de aguas subterráneas, y los pasos recomendados frente a diferentes escenarios, combinando diversos elementos y parámetros que afectan la distribución de los recursos hídricos subsuperficiales.

**J. BIBLIOGRAFÍA**

* CHOW, V. T. 1986. Hidrología Aplicada. Estados Unidos. McGraw-Hill.
* GUNT Hamburg. 2016. Manual de Experimentos HM165: Banco de Demostración Hidrología. Alemania. Gunt Hamburg.
* LINSLEY, R., KOHLER, M. y PAULUS, J. 1977. Hidrología para Ingenieros. Estados Unidos. McGraw-Hill.
* VERMEULEN, P. T. M. y MINNEMA, B. 2015. IMOD: User Manual. Holanda. Deltares.
* WANG, H. y ANDERSON, M. 1995. Introduction to Groundwater Modeling. Estados Unidosa. Academic Press.

*Karina Martínez Reyes Carlos Reiher Núñez*

*Alumno Profesor Guía*

Santiago, diciembre de 2016