



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS
DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE EL AÑO 2015.
CASO: ZONA CENTRO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Elaborado Por:

Jiménez Dib, Luis Alfredo
Cruz Petroccini, Enmanuel Leonardo

Tutor:

Ing. Adriana Márquez

Bárbula, Octubre de 2015



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS
DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE EL AÑO 2015.
CASO: ZONA CENTRO**

Elaborado Por:

Jiménez Dib, Luis Alfredo
Cruz Petroccini, Enmanuel Leonardo

Tutor:

Ing. Adriana Márquez

Bárbula, Octubre de 2015



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ING. AMBIENTAL



CARTA DE APROBACION

Señores señores, miembros del jurado designado para estudiar el trabajo especial de grado
ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL
PERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE EL AÑO 2015. CASO: ZONA CENTRO.
Elaborado por los bachilleres: JIMENEZ D. LUIS A. Y CRUZ P. ENMANUEL L. Hacemos constar que
se ha revisado y aprobado dicho trabajo especial.

Presidente: Adriana Márquez

CI 12604007

Jurado: Gerardo Huguet

CI. 4859589

Jurado: Edith Figueredo

CI: 10.061.928

Valencia, Octubre de 2015



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS
DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE EL AÑO 2015.
CASO: ZONA CENTRO**

Autores: Jiménez Dib, Luis Alfredo
Cruz Petroccini, Enmanuel Leonardo

Tutor:
Ing. Adriana Márquez
Fecha: Octubre, 2015

RESUMEN

El principal aspecto que hace que el agua subterránea de los acuíferos sea útil para el consumo humano es la menor contaminación y la capacidad de filtración que tiene el suelo, dada la problemática actual que las comunidades viven por falta de agua potable y el desconocimiento de la ubicación de estos pozos, nos lleva a la elaboración de mapas con propiedades hidrogeoquímicas del Municipio San Diego durante el año 2015 en la Zona Centro. Ello incluye levantamiento en campo con GPS, búsqueda de nueva información y digitalización de la misma para crear mapas de ubicación, de litología, de propiedades fisicoquímicas, variación del caudal y nivel en el tiempo y mapa piezométricos de niveles estáticos y dinámicos de los pozos. Los niveles estáticos y dinámicos se determinaron mediante sondeo directo en cada pozo de estudio. Su finalidad es aportar mayor información sobre cantidad y ubicación de los pozos de la zona centro de San Diego así como también obtener información de ellos.

La investigación es de carácter descriptiva, no experimental tipo mixta y la muestra está definida en los elementos que componen cada ámbito mencionado. Se explican detalladamente los procedimientos a realizar en el software ArcGIS. Se obtuvo mapas creados en ArcGIS con toda la información recolectada.

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por darnos vida, salud y ser el responsable principal de que todo se logre con esfuerzo, paciencia, dedicación y constancia.

A todos las personas incluidas en el logro de esta meta, familiares, amigos, compañeros de estudio, profesores y todos aquellos que aportaron el mínimo grano de arena en apoyo durante el transcurso de la carrera y la realización de este trabajo..

A nuestra tutora, Ing. Adriana Márquez por haber brindado apoyo y atención en todo momento así como también al Ing. Víctor Carrillo por toda la ayuda prestada durante todo el tiempo en que se realizó el trabajo de investigación.

¡Gracias!

Enmanuel L. Cruz P.

Luis A. Jimenez D.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	III
AGRADECIMIENTO	V
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos.....	10
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
ALCANCES Y LIMITACIONES	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEÓRICO	14
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
BASES TEÓRICAS	17
Agua Subterránea	17
Principales ventajas del agua subterránea:	17
Distribución vertical del agua Subterránea:.....	17
Acuífero	18
Tipos de acuíferos:.....	18
Parámetros hidráulicos.....	19
Ensayos de bombeo	20
Tipos de ensayos de bombeo.....	21
Método de Theis.....	22
Construcción de redes de flujo (mapas piezometricos)	23
Determinación de los niveles piezómetros:	23
Medición de niveles estáticos	24
Trazado de curvas.....	24
Tipos de superficies piezómetros	25
ArcGIS.....	25
ArcMAP	26
ArcCatalog	27
CAPITULO III	29
MARCO METODOLOGICO	30
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
POBLACIÓN Y MUESTRA	32
FASES DE LA INVESTIGACION.....	33

CAPITULO IV	40
RESULTADOS	41
CAPITULO V	54
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de Información de los Pozos.....	42
Tabla 2. Caudales Suministrada por HIDROCENTRO.....	47
Tabla 3 Resultados de la prueba de caudal variable.....	48
Tabla 4 Valores Coeficiente de Almacenamiento (S) y Transmisividad (T).	49
Tabla 5 Datos de Niveles de Agua con sistema de bombeo encendido (Dinámico)...	49
Tabla 6 Tabla de Datos de Niveles de Agua con sistema de bombeo apagado (Estático).....	50
Tabla 7 Valores Típicos de Coeficientes de Almacenamiento (S). Fuente: Collazo (2012), Nociones Básicas de Hidrología Subterránea.	52
Tabla 8 Valores de Transmisividad (T). Fuente: Collazo (2012), Nociones Básicas de Hidrología Subterránea.....	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Solución del método de Theis.	22
Figura 2 Vista de ArcCatalog. Fuente: Menú Ayuda, ArcMap 10.....	28
Figura 3 Pozo Parque Metropolitano	34
Figura 4 Pozo IAMDESANDI	34
Figura 5 Trabajo en Campo Pozo IAMDESANDI.....	35
Figura 6 Trabajo en Campo Pozo IAMDESANDI.....	35
Figura 7 Pozo Esmeralda II.....	36
Figura 8 Trabajo en Campo Pozo esmeralda II.....	36
Figura 9 Toma de nivel del agua con la sonda.....	37
Figura 10 Figura 10 Medición de Caudal	38
Figura 11 Perfil Litológico.....	43
Figura 12 Perfil Litológico.....	43
Figura 13 Grafica Caudal Vs Tiempo Pozo de Observación IAMDESANDI.....	44
Figura 14 Grafica Nivel Vs Tiempo Pozo de Observación IAMDESANDI.....	45
Figura 15 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo Parque Metropolitano Q=14Lps.....	46
Figura 16 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo IAMDESANDI Q= 4 Lps..	46
Figura 17 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo Esmeralda II I Q=12Lps....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Procedimiento para Definir o Proyectar un sistema de coordenadas.	61
Anexo B Procedimiento para vaciar y dibujar los puntos obtenidos con el GPS en el ArcGIS.	68
Anexo C Procedimiento para importar capas de ArcGIS.	75
Anexo D Procedimiento para crear un Shapefile.	78
Anexo E Procedimiento para crear los sectores del Municipio San Diego	80
Anexo F Procedimiento para utilizar la imagen satelital del ArcGIS	84
Anexo G Procedimiento para importar graficas de Excel al ArcGIS.	87
Anexo H Procedimiento para la creación de Superficies.	91
Anexo I Procedimiento para la obtención del punto de ajuste en el método de Theis.	96
Anexo J Procedimiento para el cálculo de la transmisividad en el método de Theis.	100
Anexo K Procedimiento para el cálculo del coeficiente de almacenamiento en el método de Theis.	102
Anexo 1 Mapa N°1 Ubicación de Pozos.	104
Anexo 2 Mapas Físicos-Químicos del Municipio San Diego Zona Centr.	106
Anexo 3 Mapa Litológico del Municipio San Diego Zona Centro.	116
Anexo 4 Mapa de Isopieza del Flujo del Municipio San Diego Zona Centro.	118
Anexo 5 Cartas.	120

INTRODUCCION

En Venezuela, la implementación de pozos profundos como sistema de abastecimiento de agua potable es poco estudiada, existen pocas investigaciones que se dediquen a este tipo de obras de captación. A lo largo del territorio nacional se encuentran grandes reservorios subterráneos con buenas posibilidades para la acumulación de agua, sin embargo no se aplica una política de protección del agua subterránea en cuanto los niveles para mantener la recarga, tampoco mediante medidas de control enfocadas en atenuar la contaminación de los estratos subyacentes a los pozos de tal forma que se protejan a éstos, para disponer de agua subterránea de calidad, situación que trae como consecuencia agotamiento del preciado líquido y repercusión en la salud de la población.

El agua subterránea representa la mayor reserva de agua potable. Es una reserva estratégica para luchar contra problemas como el cambio climático, la sequía o la contaminación del agua superficial.

Son recursos hídricos subterráneos, es decir, invisibles, lo que crea muchos problemas. Es agua que está contenida en la roca, que no se ve, pero que puede obtenerse y ser salubre.

Cerca de la mitad del agua para consumo humano proviene de fuentes subterráneas. Para algunas comunidades, es la única fuente de agua. Las aguas subterráneas proporcionan una fuente fiable de agua, incluso durante largos períodos de sequía, mantienen los ecosistemas de los que dependen las poblaciones y el sector industrial también consume grandes cantidades de agua provenientes de éstos.

En el Estado Carabobo se encuentra acuíferos que se han construido para poder satisfacer las necesidades de la comunidad, pero su normativa para la preservación de dichos pozos no es la más correcta, por tanto en el Municipio San Diego se tiene poca información de la ubicación y cantidad exacta de pozos que se encuentran en dicho municipio esto genera una problemática ya que los nuevos urbanismos quisieran hacer uso de ellos sin saber en qué estado se encuentran, esto

puede afectar a los urbanismos ya establecidos que se encuentran abastecidos, limitándolos de agua, por presentar déficits a la hora de la búsqueda de algún tipo de información del acuífero y de otro acuífero que se pudiese utilizar para abastecer a los nuevos urbanismos sin afectar a ningún otro

Debido a la falta de información de estos acuíferos se ha optado por localizar los pozos visitando organismos como Hidrocentro, la Alcaldía de San Diego y Ministerio del Ambiente así como también realizando trabajo de campo para localizarlos mediante un sistema de posicionamiento global.

El siguiente trabajo de investigación muestra como los niveles de agua en los pozos varían de acuerdo al tiempo, así como la estimación de parámetros hidráulicos como lo son la Transmisividad y el Coeficiente de almacenamiento, del acuífero estudiado. Su finalidad es representar la información recolectada en mapas utilizando el software ArcGIS 10.0.

Para un mejor entendimiento y facilidad de organización se ha dividido el trabajo en cuatro (4) capítulos. En los tres (3) primeros se pone mayor énfasis en la parte teórica, mientras que los dos (2) últimos capítulos están orientados en la parte práctica, resultados obtenidos y se expresan las conclusiones y recomendaciones basadas en los análisis de dichos resultados.

El desarrollo de esta investigación parte con el Capítulo I, en el cual se muestra el planteamiento del problema donde se describe la problemática y el porqué de esta investigación así como parámetros a tomar en cuenta en la evaluación de los acuíferos, la justificación, objetivos, alcance y limitación del mismo.

Seguidamente en el capítulo II donde se expresan todos los aspectos técnicos o procedimientos de aplicación en la ejecución de los métodos, es decir, estudios técnicos, equipos, condiciones y parámetros de aplicación. También se indican los antecedentes y la base teórica que afianza la investigación.

En el capítulo III se expone el marco metodológico donde se describe el tipo y diseño de la investigación, la población, muestra y la metodología utilizada para desarrollarla.

Por último se realiza el Capítulo IV, el cual contiene los resultados obtenidos, y por último el Capítulo V que contiene las conclusiones de los objetivos propuestos y evalúan los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, las aguas subterráneas de los acuíferos proveen casi la mitad del agua potable, se estima un 43% utilizada en el riego ganando importancia cada día como resultado del agotamiento y la carencia de fuentes superficiales. Proporcionan una fuente fiable de agua, incluso durante largos períodos de sequía, mantienen los ecosistemas de los que dependen las poblaciones y el sector industrial también consume grandes cantidades de agua provenientes de éstos.

En esta perspectiva, resulta de interés resaltar que a nivel mundial es evidente la crisis del agua y al respecto según la Organización de las Naciones Unidas, reseñado por Sardo (2011), “existen 1,1 billón de personas en el mundo sin acceso a agua limpia. Se estima que la demanda mundial de agua se duplica cada 20 años, dos veces más rápido que el crecimiento de la población”. (p. 157).

Dicha situación se consolida al interpretar a Shnek y Flores (2006), quienes hacen referencia que el agua es un recurso escaso, ya que sólo el 0,03% es accesible para el consumo humano a nivel mundial, el agua dulce se puede obtener de varias fuentes tales como ríos, lagos, glaciares o de acuíferos donde existan estratos sedimentarios capaces de acumular capaz de agua que se puedan bombear a la superficie.

En esta línea, es importante mencionar que el agua subterránea de los acuíferos tiene propiedades físicas que son medidas en las pruebas de laboratorio, tales como: turbidez, sólidos totales disueltos, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica específica y salinidad. Igualmente tienen propiedades químicas como son: dureza, alcalinidad, acidez y potencial hidrógeno (pH). Químicamente está constituida por hierro y magnesio, sílice, cloruros, fluoruros, grupo del nitrógeno y el grupo del azufre. Se cree

que el agua subterránea de los acuíferos es limpia de bacterias e higiénica, que carece de olor y color, sin embargo contiene pocos sólidos suspendidos y muchos disueltos, lo que pudiera ocasionar que se colme de componentes que impidan su uso, dado que su composición puede verse influenciada por condiciones y factores externos, tal como lo exponen López y Cols (1996):

Las características químicas naturales del agua subterránea vienen determinadas por dos factores básicos: la naturaleza geológica del acuífero, del suelo y del funcionamiento hidrogeológico del mismo. La interacción de ambos proporciona a las aguas su composición natural. Esta puede verse influenciada por condicionantes externos como la pluviometría que modifican la forma temporal o permanente la naturaleza de las aguas, mientras que la composición química del agua viene determinada por la cantidad y el tipo de sustancias que contiene; ésta puede ser modificada por factores externos, acción antrópica básicamente, y es entonces cuando cabe hablar de contaminación. De ahí que el concepto de calidad del agua no depende de su composición, sea natural o derive de factores externos, sino del uso para el que se destine. (p. 9).

En efecto, el principal aspecto que hace que el agua subterránea de los acuíferos sea útil para el consumo humano es precisamente la menor contaminación y la capacidad de filtración que tiene el suelo, por lo que resulta necesario determinar sus propiedades geoquímicas y la calidad del agua. A nivel mundial existe una visión estrecha en cuanto a los acuíferos y se les da importancia sólo cuando se presentan situaciones de emergencia, se considera como un recurso de última instancia, existe poca comprensión de los sistemas de aguas subterráneas, escasez e inadecuación de los datos, los procesos de decisión relativos a su gestión y su uso no se apoyan en suficiente información, lo que trae como consecuencia que el uso de los acuíferos no sea viable a largo plazo.

En Venezuela, la implementación de pozos profundos como sistema de abastecimiento de agua potable es poco estudiada, existen pocas investigaciones que se dediquen a este tipo de obras de captación. No obstante el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2009), acota lo siguiente:

En Venezuela existen grandes reservorios subterráneos tanto en sedimentos no consolidados, como consolidados, que constituyen cerca del 5% de la superficie del país, cubiertas por sedimentos poco o no consolidados con buenas posibilidades para la acumulación de agua y por rocas consolidadas, con porosidad por fracturamiento y/o disolución con rendimientos altos y bajos. Las reservas renovables de agua subterráneas se ubican en 22.312 millones de m³, las reservas totales en territorio al margen izquierdo del río Orinoco son del orden de 7.7 millones de m³ y una estimación preliminar señala que aproximadamente el 50% del abastecimiento de agua potable, industrial y de riego en el país proviene de aguas subterráneas. (p. 4).

En correspondencia con lo expuesto, vale señalar que en este país hay numerosos acuíferos, sin embargo no se aplica una política de protección del agua subterránea en cuanto los niveles para mantener la recarga, tampoco mediante medidas de control enfocadas en atenuar la contaminación de los estratos subyacentes a los pozos de tal forma que se protejan a éstos, para disponer de agua subterránea de calidad, situación que trae como consecuencia agotamiento del preciado líquido y repercusión en la salud de la población.

En el Estado Carabobo, igualmente se han construido acuíferos para surtir a la población de agua potable, sin aplicar normas específicas para su protección, tal como lo expresa Guevara (s/f):

Las aguas subterráneas están siendo sobre explotadas debido a la existencias de numerosos pozos tanto para el abastecimiento industrial como con fines agrícolas, éstos no ha sido normado con especificidad en relación al uso racional recurso agua, solamente existe normativa en cuanto a la distancia entre pozos para evitar el abatimiento de los acuíferos. Según el estudio del IESA 1998, señala que anualmente quedan inhabilitados entre 30 y 50 pozos por disminución del nivel de los acuíferos. (p. 5).

En concordancia con lo expresado, cabe destacar que este es el caso de los acuíferos en el Municipio San Diego Estado Carabobo, específicamente Zona Centro según lo establecido en el Plan de Desarrollo Municipal de San Diego 2014-2017

enunciado de líneas en el artículo 21 de la Ley de los Consejos Locales de Planificación Pública (LCLPP), según Gaceta Oficial N° 6.017 Extraordinario de fecha 30 de diciembre del 2010. De los cuales se posee poca información registrada, y los nuevos urbanismos quisieran hacer uso, sin conocer sus niveles, la descarga y sobrecarga de los mismos, dicha situación trae como consecuencias que afecta negativamente a los urbanismos ya establecidos, poniéndolos en cierto riesgo de ser limitados de dicho recurso, por cuanto carece de registros hidrológicos.

Por tanto, en la perforación de un pozo se deben tomar en cuenta factores tales como: los efectos ambientales que pueda ocasionar, la demanda a la que será sometido el acuífero que alimentará al pozo, la litología presente en el sitio, los equipos a utilizar. Existen en Venezuela una serie de normativas que rigen y protegen los recursos de aguas subterráneas tales como: Ley Penal del Ambiente, Ley de Aguas y el Código de práctica para la construcción de pozos de agua COVENIN 589-79, los cuales brindan el basamento técnico que asegura la calidad de la obra. No obstante, no se aplican medidas de control para hacer sustentable el beneficio que producen los acuíferos, el conocimiento referente a las extracciones del agua de los acuíferos y en este sentido Ballester, Fernández y López (1999), señalan que por:

El hecho de que tienen implicaciones generales sobre este recurso en cuanto a cómo utilizarlo correctamente, preservarlo y cómo llegar al uso sustentable de los acuíferos. Hay que conocer, medir, hacer balances y establecer una política de actuaciones a corto plazo y largo plazo, y esto supone conocer las extracciones y conocer el resto de los términos del balance hídrico. (pp. 289-290).

Finalmente, es conveniente recalcar la necesidad de la aplicación de medidas de control enfocadas en la determinación de las propiedades hidrogeoquímicas del acuífero en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015, a fin de subsanar la situación actual.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En virtud de la situación problemática expuesta, se presenta la principal interrogante de la investigación: ¿Para qué se elaborarán los mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015 Caso Zona Centro?

De igual modo, se presentan las interrogantes que darán respuesta al desarrollo de los objetivos específicos de la investigación:

¿Cuál es la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015?

¿A cuánto ascienden las variaciones de los caudales y niveles en pozos en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015?

¿Cuáles son los modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero aplicable al acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015, en los sectores Centro?

¿Cómo son los mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015, en los sectores Centro?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Elaborar mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Zona Centro.

Objetivos Específicos

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015.
2. Describir las variaciones de los caudales y niveles en pozos en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015.
3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero en el sector centro del Municipio San Diego Estado Carabobo durante 2015.
4. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015, Zona Centro.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

San Diego es una ciudad del Estado Carabobo, su población estimada es de aproximadamente 139.589 habitantes, distribuidos a lo largo de 106 km², dicho territorio está dividido por 7 zonas, 3 zonas norte, 3 zonas centro y una zona sur. En el casco central del Municipio San Diego, se encuentra predominado por zonas residenciales y comerciales, un alto porcentaje de la zona pertenece a urbanizaciones de viviendas unifamiliares y conjuntos residenciales. El estudio realizada facilitara la información del acuífero de San Diego, no solo a los organismos competentes sino a la población, ya que el suministro de Agua Potable, es un servicio vital para el consumo humano, dicho estudio presentara una información detallada y actualizada de las características y propiedades del acuífero y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Con los grandes avances tecnológicos, al igual que en muchos otros campos, surgen los sistemas de información geográfica (SIG) como una novedosa herramienta que permite principalmente gestionar y analizar la información espacial del territorio sobre el cual se trabaja, incluyendo la posibilidad de navegar a través de mapas, encontrar e identificar diversos elementos, seleccionar, imprimir y guardar mapas como imagen, entre otros, surgiendo como resultado de la necesidad de disponer de forma rápida y directa de datos para resolver situaciones y problemáticas a las distintas comunidades y poblaciones.

El (SIG) se representa de forma visual en digital para que se pueda acceder a toda la información que se requiera desde el computador y sin posibilidad de edición de la información o base de datos mostrada, garantizando la integridad del sistema. Cabe destacar que estos sistemas pueden ser orientados y gestionados hacia diferentes campos y de diferentes maneras de acuerdo a las necesidades que se planteen para su utilización y prueba de ello es el amplio número de instituciones y empresas que ya hacen uso de este sistema según sus intereses.

Considerando que la Universidad de Carabobo, ha implementado como modelo pedagógico la elaboración de un Trabajo Especial de Grado, en el que es importante la investigación y el aporte que como estudiantes, se puede dar a la sociedad por tal razón a través de los proyectos de investigación, se pretende optimizar el trabajo que se realiza en el área de abastecimiento de aguas subterráneas a un sector con la elaboración de mapas piezómetros de los acuíferos de la zona y que permita reforzar todos los conocimientos adquiridos hasta la actualidad , y que serán complementados con la investigación y el práctica del desarrollo de este proyecto.

También, la investigación contribuirá a construir una base de datos de los parámetros hidrológicos en los pozos y acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015, como un aporte en la información útil para los organismos competentes para la aplicación de políticas de control y sustentabilidad de las aguas subterráneas del acuífero.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta investigación está enfocada en proporcionar información detallada del acuífero en la Zona Centro del Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Mediante este estudio serán elaborados mapas de propiedades hidrogeoquímicas de los acuíferos del Municipio San Diego Zona Centro, ubicados en el Estado Carabobo durante el transcurso del año 2015.

Los aspectos puntuales que comprende la investigación están referidos a la identificación geográfica de todos los pozos subterráneos en el Municipio San Diego y a su vez identificar sus propiedades geofísicas. De igual manera, conocer los caudales y niveles de dichos pozos durante todo el año 2015 y estimar parámetros hidráulicos transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento de los acuíferos con los datos obtenidos en campo y fórmulas matemáticas.

Las presentes limitaciones restringirán la investigación:

El estudio solo se realizará en la zona centro del municipio San Diego Estado Carabobo, de manera tal que quedarán muchos pozos de la entidad los cuales necesitarán de estudios similares.

En vista de que no existe un registro con la ubicación de todos los pozos, porque algunos son hechos de manera clandestina o para zonas urbanas y no son registrados, por tanto es posible que se dificulte la localización de todos.

Disposición por parte de los empleados de entes encargados de los pozos en brindar información o disposición de tiempo por parte de ellos debido a sus ocupaciones laborales.

Los exámenes fisicoquímicos y bacteriológicos son suministrados por el administrador del pozo.

En temporada de lluvia puede dificultarse la toma de datos en campo.

Existirán pozos a los cuales su acceso puede ser muy limitado o de difícil acceso. En el momento de creación de algunos pozos es posible que se haya olvidado dejar el orificio por el cual se realice la toma de mediciones.

CAPITULO II

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se encuentran antecedentes que califican los Sistemas de Información Geográfica (SIG); también contiene bases teóricas para conocer y manejar la tecnología SIG, así como especificaciones acerca la elaboración de los mapas.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Marín, (2010): Estudio las características físico-naturales e hidroquímicas de los acuíferos ubicados en el campo de pozos en la vía a Campo Mata, Cantura, Municipio Freites-Anzoategui, dando como resultado que geológicamente el área de los pozos está representada por sedimentos pertenecientes a las formaciones Mesa y Las Piedras, donde se observaron intercalaciones de areniscas, lutitas y carbón, además, se concluyó que los acuíferos son alimentados en la época de invierno por filtración directa, en los meses de mayo a octubre, con precipitación media anual de 846 mm, lo que hace que sean potencialmente explotadas y renovables.

Esteller, (2010): Realizo la elaboración del mapa de vulnerabilidad del acuífero mediante la aplicación de la metodología DRASTIC. Un primer paso fue establecer el mapa de profundidad del nivel piezométrico con base en diversos métodos de interpolación, de esta forma se pudo comprobar que el método Kriging lineal es el que ofrecía mejores y más consistentes resultados, además de ser el más sencillo de aplicar. Igualmente, se comprobó la ventaja del uso de SIG ya que facilitó el almacenamiento y tratamiento de la información, así como la elaboración de los diversos tipos de mapas y su superposición.

Suarez, (2010): Se presenta el desarrollo matemático de las ecuaciones de flujo y transporte en medios porosos realizado por diversos autores, así como en acuíferos confinados, libres y semiconfinados, que son utilizados para realizar la modelación de los acuíferos. En el trabajo se describió un modelo conceptual del AZMCM (Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México) en base a la correlación de las columnas litoestratigráficas de tres pozos, determinando características hidráulicas y los estudios de modelación matemática revisados en éste trabajo.

Barettino, (2002): Se diseñó de una metodología general, soportada y gestionada en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la realización de Mapas de Ordenación Minero - Ambiental de los recursos de rocas y minerales industriales. Para el diseño y puesta a punto de esta metodología se ha realizado con estudio piloto de investigación metodológica en la Reserva Estatal de pizarras de La Cabrera (León), que ha tenido como resultado primario y directo la realización del "Mapa de Ordenación Minero - Ambiental del Yacimiento de Pizarras de La Cabrera (León)

Lorenzo, (2002): Se expone la realización de un mapa de superficies piezométricas a partir de un inventario detallado de puntos de agua de la zona en estudio, la cual corresponde al área Milagro-Chovo, que forma parte de la cuenca Baja del Guayas (Ecuador). La razón fundamental de la realización del mapa de superficies piezométricas, es precisamente establecer una idea de cómo el subsuelo permite el movimiento de los fluidos, en este caso el agua subterránea, y así determinar zonas de convergencias que son ideales para la captación del agua subterránea a través de pozos. Los procedimientos utilizados están basados en los conceptos que brinda G. Castany en su obra “Prospección y Explotación de Aguas Subterráneas”

Galindo, (2004): Este trabajo tiene como objetivo profundizar en el conocimiento actual sobre el ciclo hidrológico, el funcionamiento del acuífero y sobre los usos del agua en la zona Este de Gran Canaria, determinando con precisión el origen y evolución de los problemas que afectan a los recursos hídricos subterráneos en cuanto a su cantidad y calidad. En definitiva obtener información suficiente para proceder, si el CIAGC así lo estima oportuno, a la declaración de áreas sobreexplotada salinizadas, o en riesgo de estarlo, tal como previene la Ley y que facilite las acciones previstas en la misma y en el Plan Hidrológico.

BASES TEÓRICAS.

Agua Subterránea

Es el agua de lluvia, que por infiltración en el subsuelo, se aloja y circula por las formaciones geológicas que lo conforman. Otras fuentes de alimentación pueden ser los ríos, arroyos, bañados, lagos y lagunas.

Es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales o cauces fluviales.

Principales ventajas del agua subterránea:

- Distribución espacial de los acuíferos.
- Proximidad a los núcleos urbanos.
- Fácil acceso al agua.
- Bajo costo económico de extracción.

Distribución vertical del agua Subterránea:

Zona no saturada: Está situada entre la superficie freática y la superficie del terreno, los poros (huecos) están ocupados parcialmente por agua y por aire.

Franja capilar: Desde la superficie freática hasta el límite de ascenso capilar del agua. Su espesor depende principalmente de la distribución del tamaño de poros y de la homogeneidad del terreno.

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

Acuífero

Formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua a través de ella en cantidades significativas, de modo que pueda extraerse mediante obras de captación.

El agua subterránea se desplaza muy lentamente por los acuíferos, su velocidad media normal puede variar entre decímetros a centenas de metros al año.

Tipos de acuíferos:

- En función de su estructura:

Acuíferos libres: Existencia de zona no saturada. Nivel piezométrico es real y coincide con el límite de la zona saturada. Superficie libre de agua a presión atmosférica y móvil. Recarga directa

Acuíferos confinados: Ausencia de zona no saturada. Nivel piezométrico es virtual. Superficie de agua a presión mayor a atmosférica Recarga indirecta.

Acuíferos semiconfinados: Ausencia de zona no saturada. Nivel piezométrico es virtual. Superficie de agua a presión mayor a atmosférica Recarga indirecta Capa supra yacente constituida por material que aunque con dificultad permite el flujo del agua en el sentido que indique el gradiente vertical de carga hidráulica.

- En función de su porosidad:

Acuíferos porosos: Formaciones sedimentarias de distinto origen geológico (fluvial, eólico, deltaico, etc.)

Acuíferos fisurados: Acuíferos con presencia de rocas ígneas y volcánicas

Rocas ígneas o metamórficas: las posibilidades de formar acuíferos queda reducida a la zona alterada superficial o a las zonas fracturas por fallas y diaclasa que permiten su circulación.

Rocas volcánicas: es difícil predecir su comportamiento hidrogeológico ya que pueden constituir o no importantes acuíferos. Los factores principales que van a condicionar el flujo subterráneo son la composición, edad de las lavas y sobre todo el grado de alteración.

Acuíferos kársticos: Acuíferos con rocas sedimentarias consolidadas

Rocas sedimentarias consolidadas: se destacan los carbonatos, calizas y dolomías. Varían mucho en densidad, porosidad y permeabilidad según haya sido el ambiente sedimentario existente en su formación y el desarrollo posterior de zonas permeables producidas por la disolución del carbonato, sobre todo en las calizas.

Parámetros hidráulicos

Sirven para conocer la capacidad para almacenar y transmitir agua, y establecer un modelo real de comportamiento a partir de modelos simplificados.

- Porosidad: (M)

Es la capacidad de una roca de tener poros, entendiendo por poro cualquier espacio de una masa rocosa que no esté ocupado por un material sólido, sino por un fluido. Cuantitativamente, la porosidad se define como el espacio total ocupado por poros en un volumen determinado de roca.

- Permeabilidad: (K)

Se refiere a la facilidad que tiene un acuífero a ejercer la función de un conductor hidráulico. Depende de las características del medio (porosidad, tamaño, forma y arreglo de las partículas, compactación) y del fluido (viscosidad). Es por lo tanto el principal parámetro que caracteriza las propiedades hídricas de los materiales y el que registra mayor variación en función del material.

- Transmisividad: (T)

Es la tasa de flujo bajo un determinado gradiente hidráulico a través de una unidad de anchura de acuífero de espesor dado, y saturado. Es el producto del espesor saturado de dicho acuífero y la permeabilidad (K). Se mide en una unidad de superficie dividida en una unidad de tiempo.

- Coeficiente de almacenamiento: (S)

Es adimensional. Se refiere al volumen capaz de liberar un acuífero, al descender en una unidad el nivel piezométrico. Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico.

Ensayos de bombeo

Un ensayo de bombeo es un método de análisis de los pozos de captación de aguas subterráneas y del acuífero en que se encuentran. Consiste en bombear los pozos y sondeos, bien a caudal constante o bien a caudal variable, siguiendo la evolución del nivel del agua, debida al bombeo, tanto en el mismo pozo de bombeo como en otros pozos cercanos. El estudio de las variaciones de los niveles es precisamente en lo que consiste el ensayo de bombeo y lo que permite obtener información, tanto sobre el pozo en sí como la calidad de construcción, caudal de bombeo más aconsejable y lugar de donde debe colocarse la bomba para un caudal determinado de explotación, y parámetros hidráulicos del acuífero como lo son la transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

Tipos de ensayos de bombeo

- Bombeo a caudal constante:
 - Régimen variable: Los niveles descienden durante un cierto tiempo. Se interpretan los resultados de la variación de niveles en función del tiempo de bombeo.
 - Régimen permanente: Transcurrido un tiempo, los niveles se estabilizan o varían tan poco, que pueden considerarse estabilizados. Se interpreta los descensos totales habidos, con niveles estabilizados en el pozo de bombeo y en los piezómetros de observación.
- Bombeo a caudal variable:
 - Bombeo a caudal crítico: Consiste en mantener la depresión fija al nivel de la bomba y medir cómo va variando el caudal con el tiempo. Se utiliza exclusivamente para ensayos en acuíferos colgados que reúnan determinadas características.
 - Bombeo a caudal escalonado: En ésta se fijan a voluntad distintos caudales, midiéndose la depresión producida por cada uno de ellos. Se utilizan para calcular las pérdidas de carga en el pozo, como consecuencia de una construcción defectuosa.

Método de Theis

El método de Theis fue adoptado por Charles Vernon Theis (que trabajaba para el Servicio Geológico de los Estados Unidos en 1935), desde la literatura de transferencia de calor (con la ayuda matemática de C.I.Lubin), para un flujo radial 2-D hacia un punto, en un acuífero simple, homogéneo e infinito. La solución es:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$
$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

Figura 1 Solución del método de Theis.

Donde s es el descenso (cambio en la presión hidráulica en un punto desde el comienzo de la prueba), u es un parámetro adimensional, Q es la tasa de bombeo del pozo (volumen por unidad de tiempo, o m^3/s), T y S son la transmisividad y el almacenamiento del acuífero alrededor del pozo (m^2/s y adimensional respectivamente), r es la distancia al pozo de bombeo, donde se observa el descenso (en metros), t es el tiempo que ha transcurrido desde que comenzó el bombeo (minutos o segundos) y $W(u)$ es la "Función de pozo" (llamada también la integral exponencial, E_1 , en literatura no relacionada a la hidrogeología).

Las asunciones que requiere la solución de Theis son las siguientes:

- Acuífero homogéneo, isotrópico y confinado,
- Pozo completamente penetrante (abierto al espesor (b) completo del acuífero),
- El pozo tiene un radio "cero" (se aproxima a una línea vertical) - de esta forma no ocurre almacenamiento de agua en el pozo y el bombeo es 100% eficiente,
- El pozo tiene una tasa de bombeo constante Q ,
- El acuífero es infinito radialmente,

- Los límites superior e inferior del acuífero son impermeables (no filtrante), planos y horizontales,
- El flujo de agua es horizontal,
- No hay otros pozos o cambios de largo plazo en los niveles de agua regionales (es decir, todos los cambios de la superficie potenciométrica se deben al bombeo del pozo)

A pesar de que estas asunciones son raramente cumplidas a cabalidad, dependiendo del grado de similitud a las condiciones ideales, la solución puede seguir siendo útil.

Construcción de redes de flujo (mapas piezométricos)

Superficie piezométrica: Lugar geométrico de los puntos que señalan la altura piezométrica de cada una de las porciones de un acuífero referidas a una determinada profundidad.

Se representan con:

Isopiezas o hidroisohipsas: líneas de igual altura piezométrica.

Acuífero libre: la superficie piezométrica coincide con el límite de saturación.

Acuífero confinado: la superficie piezométrica está mas elevada que el techo del mismo.

Determinación de los niveles piezómetros:

La única forma posible de medir los NP en un acuífero es por medio de una perforación que permita un acceso directo al mismo.

Las perforaciones son: pozos existentes en la zona, excavaciones hasta el nivel del agua, piezómetros. Los pozos deben estar sin bombear para medir el nivel del

agua, de lo contrario se mediría el ND. Los manantiales son rebosaderos naturales y señalan niveles de base si son permanentes.

Medición de niveles estáticos

Puntos de observación:

- Pozos
- Piezómetros

Medidas piezométricas:

- Instantáneas, con sonda de nivel
- Continúas registradas.

La profundidad del nivel piezométrico se mide desde una determinada referencia; para conocer el nivel piezómetro es preciso conocer la cota de referencia respecto a un cierto punto fijo tal como el nivel del mar. Esto supone una nivelación topográfica de las distintas referencias.

El nivel piezómetro de un acuífero puede sufrir variaciones temporales, de modo que la superficie piezométrica se refiere a un cierto instante de tiempo (verano-invierno) (bombeo-no bombeo).

Trazado de curvas

- Interpolación interpretativa
- Interpretación por triangulación
- Interpretación utilizando algún software.

PERMITEN:

- Conocer el sentido del flujo
- Diferenciar áreas de recarga y descarga
- Identificar divisorias hidrogeológicas
- Manifestar relaciones río – acuífero

- Mostrar diferencias de parámetros hidrodinámicos.

Tipos de superficies piezómetros

Superficie cilíndrica: Las isopiezas son rectas paralelas.

Superficie plana: La separación entre isopiezas es constante.

Superficie radial:

- Las isopiezas son curvas y las líneas de corriente tienden a converger. Si convergen aguas arriba se dice que es radial divergente.

- Si convergen aguas abajo se dice que es radial convergente

Superficie parabólica: La separación entre isopiezas disminuye hacia aguas abajo.

Superficie hiperbólica: La separación entre isopiezas aumenta hacia aguas abajo.

Superficie elíptica: La separación entre isopiezas aumenta tanto hacia un lado como hacia el otro.

ArcGIS

Es un sistema para trabajar con mapas e información geográfica. Se utiliza para:

- Crear y utilizar mapas
- Compilar datos geográficos
- Analizar la información de los mapas
- Compartir y detectar información geográfica
- Utilizar mapas e información geográfica para diversas aplicaciones
- Administrar la información geográfica de una base de datos

El sistema proporciona una infraestructura para que los mapas y la información geográfica estén disponibles en toda una organización, comunidad y abiertamente en Internet.

ArcMAP

Es el componente principal de ESRI's ArcGIS conjunto de programas de procesamiento geoespaciales, y se utiliza sobre todo para ver, editar, crear y analizar datos geoespaciales. ArcMap permite al usuario explorar los datos dentro de un conjunto de datos, simbolizan características en consecuencia, y crear mapas.

Usuarios de ArcMap pueden crear y manipular conjuntos de datos para incluir una variedad de información. Por ejemplo, los mapas producidos en ArcMap generalmente incluyen características tales como flechas norte, barras de escala, títulos, leyendas, etc. El paquete de software incluye un estilo conjunto de estas características.

La suite ArcGIS está disponible en tres niveles de licencia: Basic, Standard o Advanced (antes ArcView, ArcEditor, o ArcInfo). Cada paso en la licencia proporciona al usuario más extensiones que permiten una variedad de la consulta a realizar sobre un conjunto de datos. ArcInfo es el más alto nivel de la concesión de licencias, y permite al usuario utilizar tales extensiones como 3D Analyst, Spatial Analyst y el Analista geoestadístico.

Mapas creados y guardados dentro de ArcMap crearán un archivo en el disco duro con una extensión .mxd. Una vez que un archivo .mxd se abre en ArcMap, el usuario puede mostrar una variedad de información, con tal de que exista dentro del conjunto de datos. En este momento el usuario podrá crear una nueva salida de mapa y utilizar las funciones de personalización y diseño para crear un producto único. Una vez finalizado el mapa, ArcMap tiene la capacidad de guardar, imprimir y exportar archivos a PDF .

La información geográfica que se carga en ArcMap se puede ver de dos maneras: ver datos y ver su diseño.

En vista de datos, el usuario puede interactuar con la información geográfica presentada, y los elementos del mapa se ocultan a la vista. La mayoría de los proyectos se inician en este punto de vista, y continúan a la vista de diseño para la edición final y la producción. Mientras que en la vista de diseño, el usuario puede incorporar un número de características útiles, tales como barras de escala y leyendas. Estos elementos son cruciales para mapear de decisiones, y proporcionar a los clientes con información de referencia apropiada.

ArcCatalog

La aplicación ArcCatalog proporciona una ventana con un catálogo que se utiliza para organizar y administrar varios tipos de información geográfica de ArcGIS Desktop. Entre los tipos de información que se pueden organizar y administrar en ArcCatalog se incluyen:

- Geodatabases
- Archivos ráster
- Documentos de mapa, documentos de globo, documentos de escena 3D y archivos de capa
- Cajas de herramienta de geoprocetamiento, modelos y secuencias de comandos Python
- Servicios SIG publicados usando ArcGIS Server
- Metadatos basados en estándares para estos elementos de información SIG
- Y mucho más

ArcCatalog organiza este contenido en una vista de árbol con la que puede trabajar para organizar los datasets SIG y documentos de ArcGIS, así como buscar elementos de información y administrarlos.

ArcCatalog presenta esta información en una vista de árbol, y le permite seleccionar un elemento SIG, ver sus propiedades y acceder a las herramientas con las que realizar operaciones en los elementos seleccionados.

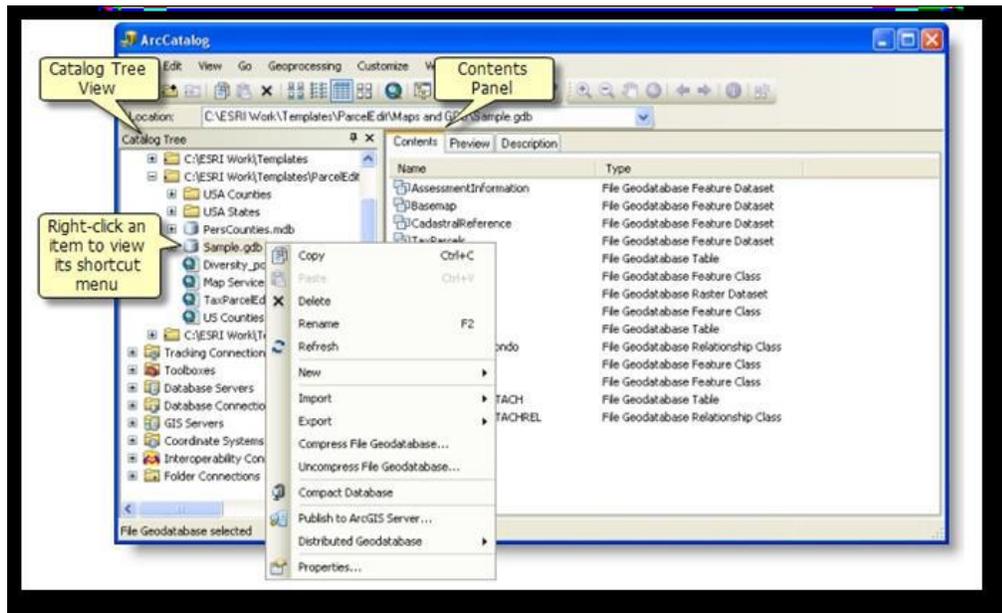


Figura 2 Vista de ArcCatalog. Fuente: Menú Ayuda, ArcMap 10 (2010).

ArcCatalog se utiliza para:

- Organizar el contenido SIG
- Administrar esquemas de geodatabase
- Buscar y agregar contenido a aplicaciones de ArcGIS
- Documentar contenidos
- Administrar servidores SIG
- Administrar metadatos basados en estándares

CAPITULO III

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

El marco metodológico se refiere a los pasos a seguir para el desarrollo de la investigación, según Arias (2006, p. 18) explica el método científico como el “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”, este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medio de investigaciones relacionadas al problema.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es un Trabajo Especial que tiene por objetivo dar a conocer las propiedades hidrogeoquímicas de los acuíferos del municipio San Diego. Aportando así una guía que sirve de apoyo a las instituciones (Alcaldía del Municipio San Diego, Ministerio del Ambiente, entre otros) para el conocimiento de dichos pozos.

El Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales (UPEL, 2009), define Proyectos Especiales como:

“Aquellos que se refieren a: trabajos que llevan creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados o que respondan a necesidades o intereses de tipo cultural, se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de textos y de materiales de apoyo

educativo, el desarrollo de software, prototipo y de productos tecnológicos en general.”

Esta investigación es de tipo exploratoria, debido a que El objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Los estudios exploratorios sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente Desconocidos. Los estudios exploratorios en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos, por lo general determinan tendencias, identifican relaciones potenciales entre variables y establecen el 'tono' de investigaciones posteriores más rigurosas.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según Hernández (2003) “La investigación se divide en: experimental y no experimental. La investigación no experimental se refiere a estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

Según Arias (2006) “Una investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. “La investigación de campo, consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”.

Esta investigación se considera no experimental de tipo mixta, es decir de campo y documental ya que la recolección de datos se realizará, una parte en campo donde se recolectará información en cuanto a la ubicación de los pozos, y niveles tanto en estado estático y dinámico, y la otra parte de los datos se obtendrá de la data

almacenada en las instituciones, tales como son: El Ministerio del Ambiente, La Alcaldía del Mcpo. San Diego e Hidrocentro.

NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El Nivel de Investigación se refiere a “al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” Arias (2006, p. 23). Según los objetivos del presente estudio, este se ubica en el nivel descriptivo, cuyo propósito es interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. Siguiendo con Arias (2006, p. 24), esta señala “que este nivel de investigación consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Se entiende por población, según (Arias, 2006), “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (pág. 81).

Para Balestrini (2006) “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (pág.141).

Para efectos de esta investigación la población es igual a la muestra, por lo tanto no es necesario diferenciarlas, nuestra Población se encuentra delimitada en el Municipio San Diego, en la Zona Centro. Según “PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SAN DIEGO 2014-2017”, Urb. El Morro II, La Esmeralda, Lomas de la Esmeralda, Altos de la Esmeralda, El Morro I, Yuma I y II, Res. Los

Andes I y II, Las Gaviotas, Valle Verde, Aseprovica, El Parque, Sansur, Poblado de San Diego, Valle de Oro, Yuma 26-28, Resd Los Anaucos, Resd. Orión, Chalet'S del Country.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

FASES DE LA INVESTIGACION.

Fase I: Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego.

Se realizó la búsqueda de toda la información disponible para lograr la recolección correcta de los datos necesarios que permitieron la ubicación y propiedades geofísicas de ciertos pozos ubicados en la zona centro de San Diego. Ésta información fue obtenida de los entes competentes en función al campo de trabajo de cada uno, y éstos fueron el organismo HIDROCENTRO, que facilito la mayor cantidad de data de estudio, este órgano entrego la información de pozos de abastecimiento poblacional de la zona de estudio, el resto de la información, fue proporcionada por la Alcaldía de San Diego, y el Ministerio del Ambiente, estos órganos facilitaron la data de ciertos pozos de uso privado. Luego se llevó a cabo un trabajo de campo, para confirmar dichas ubicaciones, y en búsqueda de pozos, cuya información no se encontraba registrada aun. Con dicha información se realizaron tres planos, un plano de ubicación de los pozos y dos planos de propiedades geofísicas, para el dichos planos se creó una base de datos en EXCEL, que luego se exporto al Programa ArcGIS 10.0, luego se utilizó la imagen satelital de ArcGIS 10.0 tal como lo indica el Anexo F, se utilizó la capa proporcionada por el Trabajo Especial de Grado realizado por los ING. “Perera y Esperanza” que delimita el Municipio San Diego. Para el plano de propiedades geográficas se exporto una grafica creada en Excel.



Figura 3 Pozo Parque Metropolitano



Figura 4 Pozo IAMDESANDI



Figura 5 Trabajo en Campo Pozo IAMDESANDI



Figura 6 Trabajo en Campo Pozo IAMDESANDI



Figura 7 Pozo Esmeralda II



Figura 8 Trabajo en Campo Pozo Esmeralda II

Fase II: Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del Municipio San Diego durante el año 2015. Se realizaron pruebas de registro de caudal variable con régimen escalonado.

Los pozos que se midieron para obtener la variación de niveles fueron pozo Esmeralda II, IAMDESANDI y Parque Metropolitano. Para la variación de caudales de dichos pozos fueron suministrados por HIDROCENTRO. Se procede a realizar la prueba de caudal variable, que consistió en inicialmente medir el nivel estático del pozo de observación y el de bombeo introduciendo la sonda en el orificio de observación hasta que su bombillo se prenda indicando que ya llegó a donde se encuentra el nivel del agua, luego se anotó la distancia que se lee en la sonda, que es el nivel en el que se encuentra el pozo.



Figura 9 Toma de nivel del agua con la sonda

Luego de haberse obtenido el nivel estático de ambos pozos se procede a bombear el pozo escogido como pozo de bombeo con un caudal mínimo y se fue aumentando gradualmente cada 15 minutos hasta alcanzar el caudal máximo del pozo y se calculó el caudal tomando el tiempo (segundos) que era llenando un balde de capacidad entre 10 Lps,

Así como se fue aumentando el caudal cada 15 minutos en el pozo de bombeo también se fue midiendo el nivel del agua cada 15 minutos en pozo de observación justo antes de aumentarse el caudal nuevamente para así apreciar el descenso del agua en el pozo de observación de igual manera como se hizo inicialmente para obtener el nivel estático. Como producto de esta prueba se anotaron valores de caudal y nivel en el tiempo.



Figura 10 Medición de Caudal

Con dicha data se realizaron gráficos de registro en el programa Excel, CaudalVsTiempo, y NivelVsTiempo. Con el descenso de los niveles del agua en el pozo, se realizó un mapa en el programa ArcGIS 10.0 con diagrama de barra que reflejara dicho fenómeno.

Para dicho mapa se partió del plano de ubicación realizado en la fase I, y luego se importó las gráficas realizadas en Excel.

Fase III: Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.

Se obtuvieron los valores de descensos y tiempo luego de aplicar la prueba a caudal variable al pozo Parque Metropolitano y IAMDESANDI.

Primero se realiza la obtención del punto de ajuste y luego se procede a calcular la Transmisividad utilizando un caudal de 2 Lps y el coeficiente de almacenamiento.

Fase IV: Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del municipio san diego durante el año 2015, en los sectores Centro.

Se estudiaron los niveles de pozos de estudio, en distintos días tomando niveles estáticos y dinámicos del agua. Con dicha data usando el programa Microsoft EXCEL 2013 se realizó una tabla de datos, la base de datos fue vaciada en el programa ArcGIS 10.0 , luego se utilizó la imagen satelital de ArcGIS 10.0 , se utilizó la capa proporcionada por el Trabajo Especial de Grado realizado por los ING. “Perera y Esperanza” que delimita el Municipio San Diego. Luego se crearon las capas de los Sectores centro. Por último se crea la superficie.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

RESULTADOS

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego.

La información suministrada por, Alcaldía del Municipio San Diego, Hidrocentro y Ministerio del ambiente, conjunto con el trabajo realizado en campo. Se obtuvieron los siguientes resultados.

La zona Centro del Municipio San Diego consta de 18 pozos. En la **Tabla 1** se reflejan datos con coordenadas UTM de cada pozo, así como su responsable y la zona donde estos se encuentran.

El mapa realizado, muestra la ubicación exacta de los pozos, las urbanizaciones de la zona de estudio y la división política territorial de la zona centro del municipio San Diego. **Ver Anexo 1.**

Tabla 1 Tabla de Información de los Pozos.

N°	POZO	UBICACIÓN	COORDENADAS		RESPONSABLE
			NORTE	ESTE	
1	Morro I	Urb. Morro I, Av 72-A C/C Av 142	1129798	613566	HIDROCENTRO
2	Morro II	Urb. Morro, Av 144	1129903	613992	HIDROCENTRO
3	Valle de Oro	Urb. Valle de Oro, Final Av principal	1131366	614368	HIDROCENTRO
4	Valle de Oro II	Zonas verdes de la Urb. Valle de Oro cercanas a las zonas protectoras del río Cúpira	1131704	614472	HIDROCENTRO
5	Esmeralda I	Urb. La Esmeralda, Av Don Julio Centeno, vía de servicio C/C Av 1	1130435	613367	HIDROCENTRO
6	Esmeralda II	Urb. La Esmeralda Av Circunvalación Sur, dentro de las instalaciones del parque temático	1130935	612589	HIDROCENTRO
7	Esmeralda III	Urb. La Esmeralda, Av 76 C/C calle 154	1130595	613060	HIDROCENTRO
8	Esmeralda IV	Urb. La Esmeralda, Av 79 C/C calle 153	1130457	612706	HIDROCENTRO
9	Esmeralda V	Urb. La Esmeralda Av Circunvalación norte C/C 78ª	1131194	612812	PRIVADO
10	Esmeralda VI	Urb. La Esmeralda, dentro de las instalaciones del colegio Clorinda Azcundes	1131472	612914	HIDROCENTRO
11	Monte Mayor	Urb. Valle de Oro detrás de UJAP	1131956	613844	HIDROCENTRO
12	Metropolitano	Urb. Valle Verde, dentro de las instalaciones del parque metropolitano	1130618	613957	HIDROCENTRO
13	Clínica Valle de San Diego	Av. Don julio Centeno entre morro II y fin de siglo	1130041	613280	PRIVADO
14	IAMDESANDI	Urb. Valle Verde Av circunvalación Sur. Dentro de las instalaciones del complejo deportivo	1130979	613796	ALCALDIA DE SAN DIEGO
15	Yuma III	Urb. Yuma, al final de a Av. Ppal, Detrás del colegio	1130251	614197	
16	Jardín Botánico	Urb. Valle de Oro, terreno frente al conjunto residencial El Farol	1130878	614122	HIDROCENTRO
17	Hacienda Caracara	Av. Don Julio Centeno, Urb. Caracara	1132428	614543	PRIVADO
18	Hacienda Yuma	Urb. Valle Verde Av circunvalación Sur	1130889	613697	PRIVADO

San Diego en su zona central se destaca por sus bosques bajos, en dicha zona presenta un comportamiento mayormente Arenoso como se puede apreciar en las **Figura 11 y 12.**

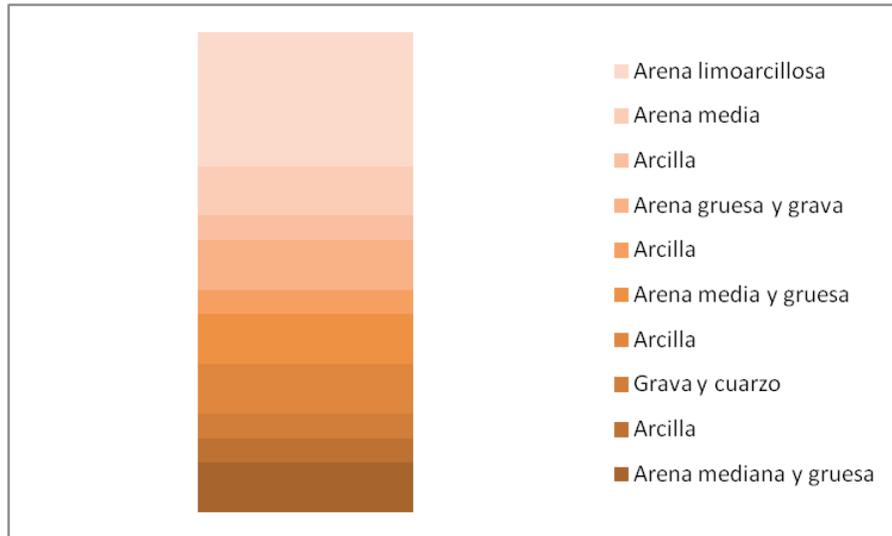


Figura 11 Perfil Litológico

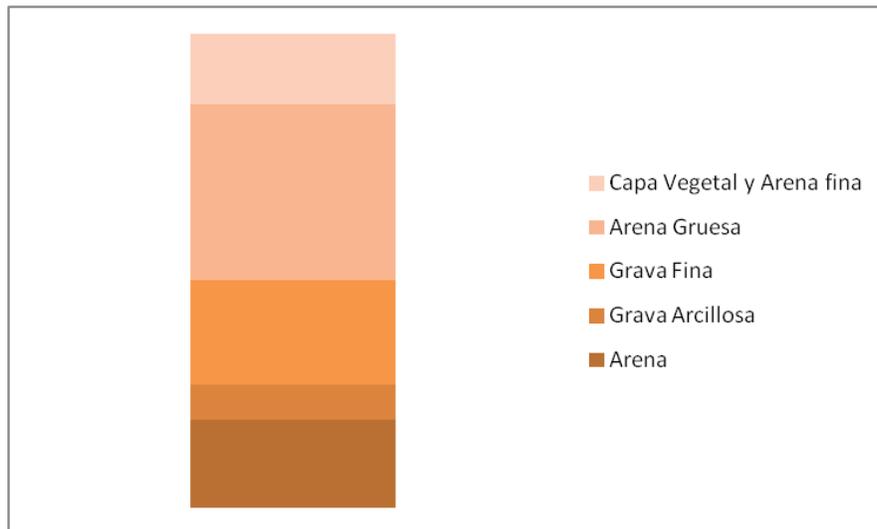


Figura 12 Perfil Litológico

También se pudo apreciar grandes cantidades de gravas con pocas partículas de material fino tales como lo son Limos y Arcillas.

En cuanto a las propiedades geofísicas, vemos el perfil litológico en forma de diagrama de barra, de los pozos estudiados.

2. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del Municipio San Diego durante el año 2015.

Luego de realizada la prueba de registro de caudal variable, y las mediciones en estado dinámico del sistema de bombeo, se construyeron diagramas de barra que reflejaron los niveles de descenso en pozos del Municipio San Diego durante el tiempo de estudio. Para el registro a caudal variable, se obtuvieron los siguientes resultados:

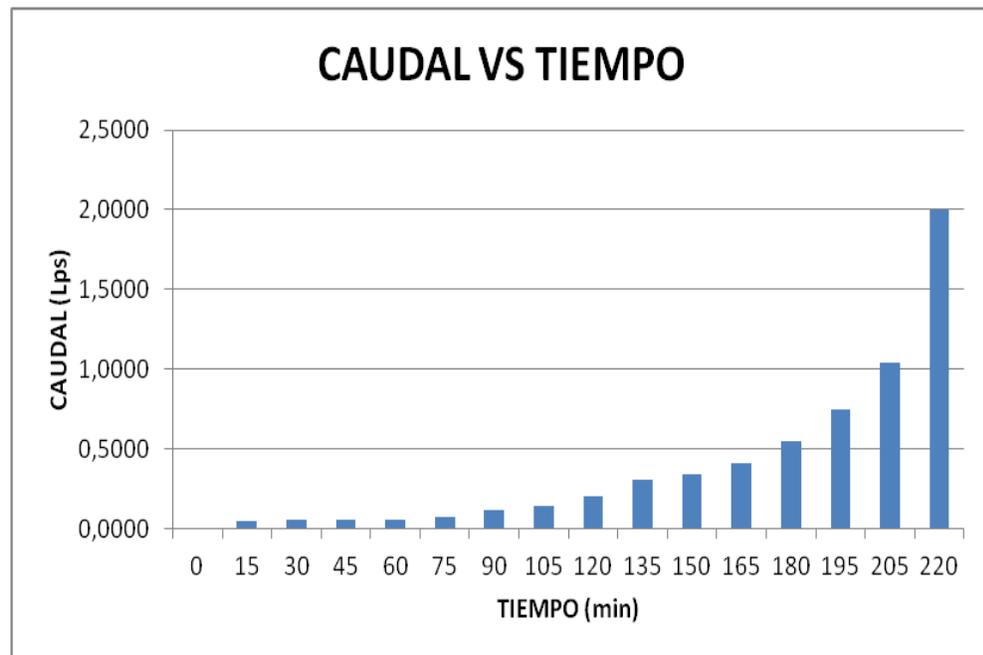


Figura 13 Grafica Caudal Vs Tiempo Pozo de Observación IAMDESANDI.

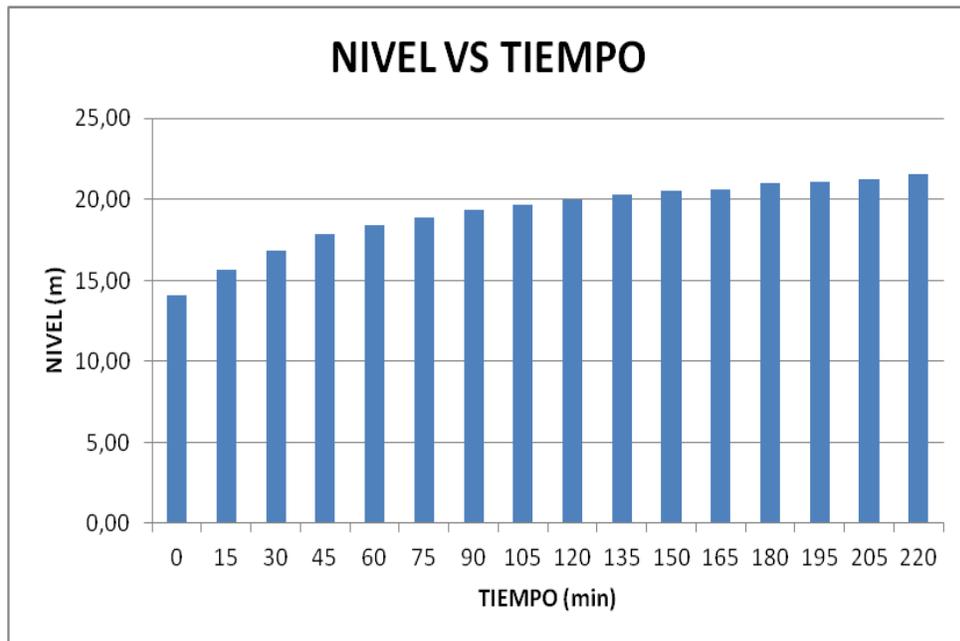


Figura 14 Grafica Nivel Vs Tiempo Pozo de Observación IAMDESANDI.

En el estudio del sistema de bombeo, para caudales constantes suministrados por HIDROCENTRO los niveles dinámicos reflejados, fueron los siguientes:

PARQUE METROPOLITANO Q = 14 LPS	
Fecha	Nivel
22/08/2015	6,5
10/09/2015	6,10
17/09/2015	6,3
24/09/2015	6,2

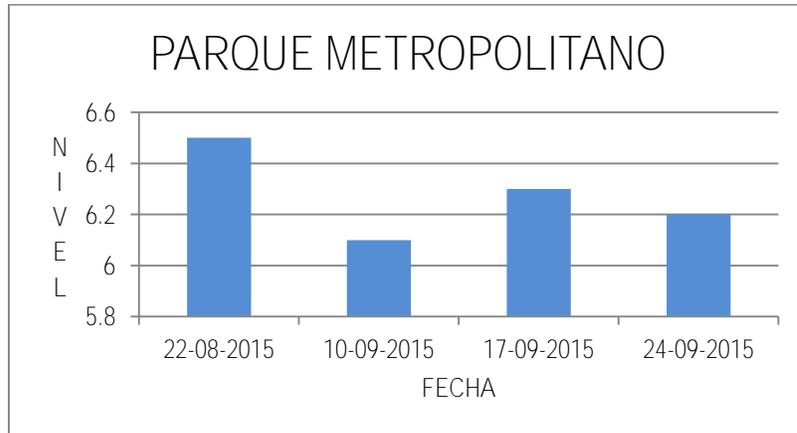


Figura 15 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo Parque Metropolitano Q=14Lps.

IAMDESANDI Q = 4LPS	
Fecha	Nivel
22/08/2015	25,2
10/09/2015	24,12
17/09/2015	12,52
24/09/2015	10,36

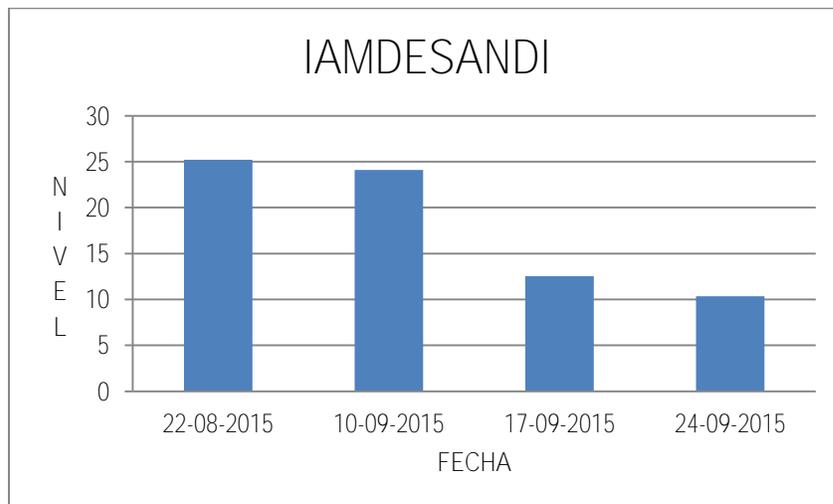


Figura 16 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo IAMDESANDI Q= 4 Lps.

Esmeralda II Q =12LPS	
Fecha	Nivel
22/08/2015	52,7
10/09/2015	49,99

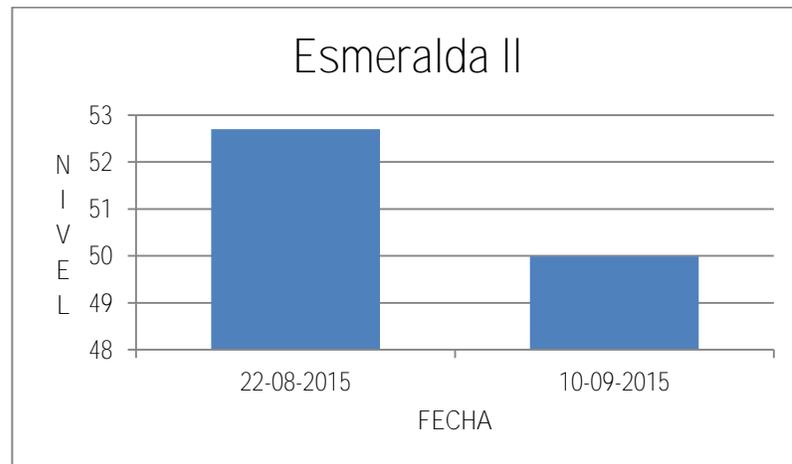


Figura17 Diagrama de Barra Niveles Dinámicos Pozo Esmeralda II I Q=

POZO	CAUDAL (Lps)
Morro I	12
Morro II	12
Valle de oro	-
Valle de oro II	-
Esmeralda I	-
Esmeralda II	12
Esmeralda III	20
Esmeralda IV	-
Yuma III	-
Esmeralda VI	9
Monte mayor	-
Metropolitano	14
Clinica Valle de San Diego	-
IAMDESANDI	4
Esmeralda V	-

Tabla 2. Caudales Suministrados por HIDROCENTRO

3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.

Al realizarse el ensayo a caudal variable se obtuvieron los datos de la **Tabla 3**.

Tabla 3 Resultados de la prueba de caudal variable

Tiempo (minutos)	Descenso (metros)	Caudal (lps)	Tiempo (minutos)	Descenso (metros)	Caudal (lps)
0	-	0,0000	120	10.39	0,2000
15	6,25	0,0469	135	10.41	0,3062
30	7,38	0,0519	150	10.43	0,3372
45	8,18	0,0551	165	10.46	0,4111
60	8,23	0,0598	180	10.48	0,5458
75	8.52	0,0732	195	10.49	0,7509
90	8.98	0,1154	210	10.52	1,0370
105	9.08	0,1435	225	10.83	2,0000

Una vez realizado el cálculo de Transmisividad y el Coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 4 Valores Coeficiente de Almacenamiento (S) y Transmisividad (T).

Coeficiente de almacenamiento	Transmisividad (m ² /día)
3,26x10 ⁽⁻⁴⁾	4,50

4. Elaborar mapas piezometricos y de redes de flujo del acuífero de la zona centro del municipio San Diego durante el año 2015.

En los pozos de estudio (IAMDESANDI, Parque Metropolitano y Esmeralda II), después que se realizó la medición de sus niveles estáticos y dinámicos (**Tabla 5 y 6**), se elaboraron los mapas piezometricos en ambos estados del agua (Estático y dinámico), en dicho mapa se refleja el sentido del flujo en la zona central del municipio San Diego y la red del acuífero de estudio.

Tabla 5 Datos de Niveles de Agua con sistema de bombeo encendido (Dinámico).

POZO	NORTE	ESTE	NIVEL
Morro I	1129798	613566	-
Morro II	1129903	613992	-
Esmeralda II	1130935	612589	51.35
Esmeralda III	1130595	613060	-
Esmeralda VI	1131472	612914	-
Metropolitano	1130618	613957	6.15
IAMDESANDI	1130979	613796	19.89

Tabla 6 Tabla de Datos de Niveles de Agua con sistema de bombeo apagado (Estático).

POZO	NORTE	ESTE	NIVEL
Morro I	1129798	613566	-
Morro II	1129903	613992	-
Esmeralda II	1130935	612589	-
Esmeralda III	1130595	613060	-
Esmeralda VI	1131472	612914	-
Metropolitano	1130618	613957	6.40
IAMDESANDI	1130979	613796	12.52

Las tablas reflejadas anteriormente, muestran la identificación del pozo de estudio, sus coordenadas UTM y los niveles medidos en ambos estado, con bombeo (dinámico) y sin bombeo (estático).

ANALISIS DE RESULTADOS

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego.

San Diego en su zona central que se destaca por sus bosques bajos, es por ello que en dicha zona presenta un comportamiento arenoso.

La zona centro del Municipio San Diego consta de dieciocho (18) pozos, los cuales tratan de abastecer en su totalidad a la comunidad, de allí deriva la importancia de conocer su ubicación geográfica.

2. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del Municipio San Diego durante el año 2015.

Las pruebas realizadas demostraron el alto consumo existentes en los pozos Valle de Oro II, Esmeralda I, Esmeralda II, Esmeralda III, Esmeralda IV, Esmeralda V, Esmeralda VI, Clínica Valle de San Diego, debido a los altos desniveles que se pronunciaron con el bombeo constante. En comparación con los otros pozos cuyos desniveles, no arrojaron valores tan elevados, sin embargo se concluyó que en los pozos que tienen igual caudal de bombeo el cual fue suministrado por HIDROCENTRO, Ministerio del Ambiente y La Alcaldía de San Diego su nivel dinámico varía mucho entre ellos, cuando deberían ser similares ya que la diferencia de cota entre los pozos está entre 1 metro y 5 metros máximo, así que la diferencia de nivel entre los pozos de igual caudal de bombeo debería estar aproximadamente entre 1 y 5 metros también, dicha variación entre los niveles de los pozos podría ser causado por que los caudales de bombeo suministrado no coincidan con lo que realmente están bombeando los pozos.

3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.

Los resultados de los parámetros hidráulicos obtenidos se compararon con los valores indicados en las **Tablas 7 y 8**.

Tabla 7 Valores Típicos de Coeficientes de Almacenamiento (S). Fuente: Collazo (2012), Nociones Básicas de Hidrología Subterránea.

Material del acuífero	Funcionamiento del acuífero	Valor de S
Acuíferos kársticos:	Libre	0,02 – 0,06
Calizas	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
Dolomias		
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
Acuíferos porosos intergranulares:	Libre	0,05 – 0,15
Gravas	Semiconfinado	10^{-3}
Arenas	Confinado	10^{-4}
Acuíferos kársticos y porosos:	Libre	0,15 – 0,18
Calcarenitas		

Tabla 8 Valores de Transmisividad (T). Fuente: Collazo (2012), Nociones Básicas de Hidrología Subterránea.

T (m ² /día)	Calificación estimada
T < 10	Muy baja
10 < T < 100	Baja
100 < T < 500	Media
500 < T < 1000	Alta
T > 1000	Media alta

Al compararse los valores obtenidos con los tabulados se observa que el valor de coeficiente de almacenamiento está comprendido entre 10^{-4} y 5×10^{-5} por lo que se dice que es un acuífero kárstico funcionando como confinado. El valor obtenido de transmisividad es menor a 10 por lo que el acuífero tiene una transmisividad muy baja, es decir, el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en una unidad de tiempo y bajo la carga de un metro es realmente baja.

4. Elaborar mapas piezómetros y de redes de flujo del acuífero del municipio san diego durante el año 2015, Zona Centro.

En los mapas piezómetros se apreció que el agua del acuífero fluye en sentido Noreste al Suroeste, es decir, desde menor nivel piezómetro a mayor nivel piezómetro, esto es debido a la geografía del terreno del Municipio San Diego.

CAPITULO V

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego.

Se obtuvo identificar y ubicar gran parte de los pozos posibles en la Zona Centro del Municipio San Diego, demostrando que el mayor responsable de cantidad de estos pozos es el organismo del Estado HIDROCENTRO, ya que poseen alrededor del ochenta por ciento (80%) de estos pozos.

Dichos pozos poseen un alto contenido de material arenoso, con cantidades considerables de grava y arcillas, permitiendo gran permeabilidad y el buen funcionamiento y estabilidad de los pozos perforados en el municipio.

2. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del Municipio San Diego durante el año 2014.

A lo largo del tiempo de estudio, y gracias al aporte de HIDROCENTRO, luego de realizarse las pruebas pertinentes, vemos que los pozos localizados en Valle de Oro II, Esmeralda I, Esmeralda II, Esmeralda III, Esmeralda IV, Esmeralda V, Esmeralda VI, Clínica Valle de San Diego, poseen un alto suministro de agua potable, debido a su ubicación y estar rodeados de zonas residenciales, escuelas y centros comerciales, dicha zona amerita un bombeo a caudal elevado, en comparación a las otras zonas.

Dado este fenómeno sus niveles de agua se encuentran considerablemente por debajo de los niveles mostrados en los pozos Morro I, Morro II, Metropolitano, IAMDESANDI, Yuma III, Jardín Botánico, Hacienda Yuma principalmente.

3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.

En San diego posee acuíferos Confinados, cuyo material predominante es la grava y arena. A demás es un acuífero con una transmisividad calificada como muy baja, es decir, la capacidad de ceder agua del acuífero es poca.

4. Elaborar mapas piezometricos y de redes de flujo del acuífero del municipio san diego durante el año 2014, en los sectores Centro A, B y C.

Se pudo contemplar de manera satisfactoria los mapas, que reflejan los niveles piezometricos de ciertos pozos de estudio, en cuanto a la red de flujo del acuífero, se pudo determinar que dicha red posee un recorrido de NorEste-SurOeste, dado que el flujo de agua se mueve en dicha dirección y los niveles van descendiendo en este sentido.

RECOMENDACIONES

1. Mayor atención por parte de los entes competentes encargados de la supervisión de estos pozos (HIDROCENTRO, Alcaldía del Municipio San Diego, Ministerio del ambiente), debido a la falta de cumplimiento de los Capítulos establecidos en la GACETA 2048, principalmente capítulos IV y V.
2. Realizar mas estudios de registro de caudal variable en épocas de lluvia y sequia, para de esta forma obtener valores con mayor exactitud de la variación del agua y así obtener valores de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento.
3. Es de vital importancia que en estudios posteriores se haga énfasis en dirigirse a los pozos de uso privado, debido a que no se tiene un registro adecuado acerca de los perfiles litológicos de los mismos.
4. Deben existir pozos de estudios, el cual sea designado por los entes competentes para la realización de este tipo de investigaciones, puesto que dichos pozos presentan a lo hora de tomas de nivel, múltiples dificultades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alvarez y Bordonos. (2013). *Efectos de la implementación de un sistema de información geográfica para la planificación de la prestación de los servicios de drenaje, agua potable y saneamiento en el Municipio San Diego, Estado Carabobo*. Universidad de Carabobo: Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales – UC (CIHAM).
- [2] Alcaldía del Municipio San Diego, Estado Carabobo. (2013). *Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio San Diego (PDUL)*. Sede Principal: Oficina de Desarrollo Urbanístico. Planos CAD Y JPG. Escala: 1:10000.
- [3] ArcGIS 10.0 (2010). *Menú Ayuda del ArcGIS Desktop*. Empresa ESRI.
- [4] Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología científica*. Quinta edición. Caracas: Editorial Episteme.
- [5] Aular, M. (2012). *Instructivo para la Transcripción de los Proyectos de Investigación*. Universidad de Carabobo.
- [6] Balestrini (2006). *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. Caracas: BL Consultores Asociados.
- [7] C.A. Hidrológica del Centro, HIDROCENTRO. (2012). *Aducción de la Estación de Bombeo Castillito – San Diego*. Sede Principal de Guacara. Plano CAD. Escala 1:5000.

- [8] C.A. Hidrológica del Centro, HIDROCENTRO. (2007). *Plan Integral de Saneamiento en los Municipios San Diego – Los Guayos*. Sede Principal de Guacara. Plano CAD. Escala 1:20000.
- [9] Díaz, Fuentes y Marquéz. (2013). *Guía de ArcMap (2010)*. Universidad de Carabobo: Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales – UC (CIHAM).
- [10] Granados. (2002). *Sistema de Información Geográfica para la Planeación del Agua en la Región Paso del Norte*. Centro de Información Geográfica Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- [11] Hernández. (2003). *Metodología de la Investigación*. Tercera edición. México: Mc Graw – Hill.
- [12] Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB). (2013). *Cartografía del Municipio San Diego (YAGUA 6646 IV-NO y VALENCIA 6646-IV-SO)*. Caracas. Cartas Topográficas, formato impreso. Escala: 1:25000.
- [13] Rivera y Patricia. (2006). *Ontología espacio temporal de registro catastral venezolano como base para la creación de sistemas de información territorial*. Universidad de Los Andes.
- [14] Ballester, A., Fernández, J. y López, J. (1999). *Medida y Evaluación de las Extracciones de Agua Subterránea*. España: Instituto Tecnológico Geominero de España.

- [15] Guevara, Edilberto (s/f). *Diagnóstico de la Situación Ambiental y Ecológica del Estado Carabobo*. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a7n1/7-1-3.pdf>. [Consulta: 2015, Septiembre 07].
- [16] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2009). *Aguas Subterráneas en Venezuela*. Disponible en: <http://www.inameh.gob.ve/resumen.pdf>. [Consulta: 2015, Septiembre 04].
- [17] López, Juan y Cols (1996). *Calidad Química y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España, Periodo 1982 – 1993*. España: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- [18] Sarco, Daniel (2011). *La Triple Frontera entre Argentina, Brasil y Paraguay. ¿Una macro región basada en el concepto de regionalismo abierto?*. New York: Universitá di Ferrara.
- [19] Shnek, Adriana y Flores, Graciela (2006). *Invitación a la Biología*. Montevideo: Editorial Médica Latinoamerica.

Anexo A Procedimiento para Definir o Proyectar un sistema de
coordenadas.

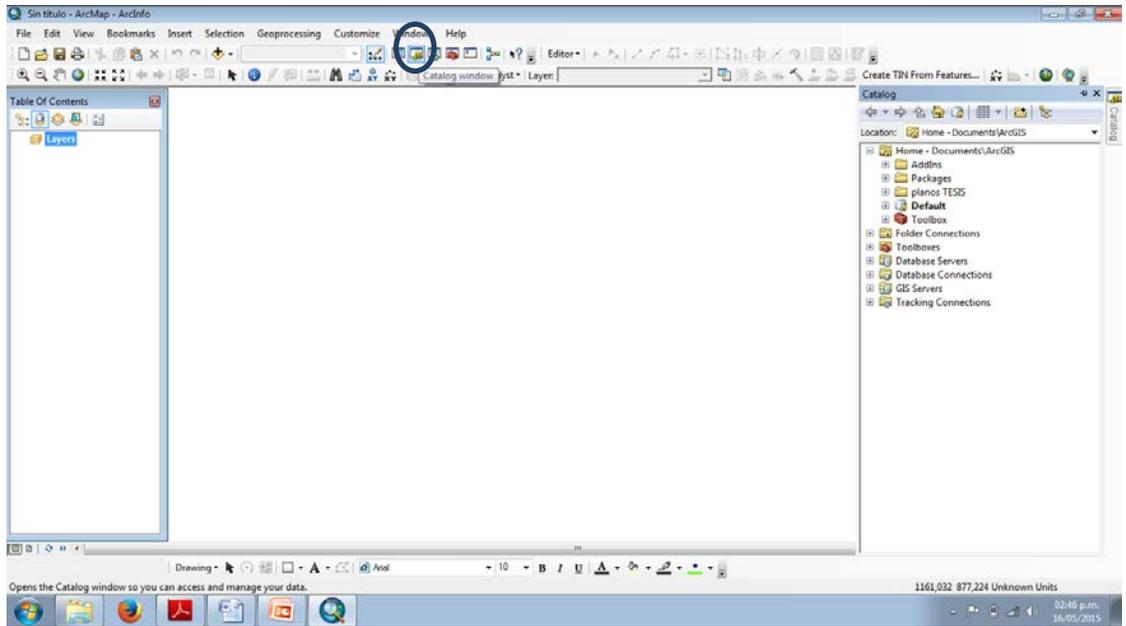


Figura A-1. Abrir ArcMap, clic en Ventana de Catálogo.

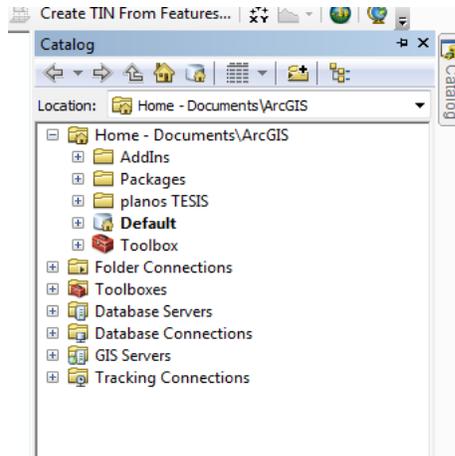


Figura A-2. Ventana de Catálogo.

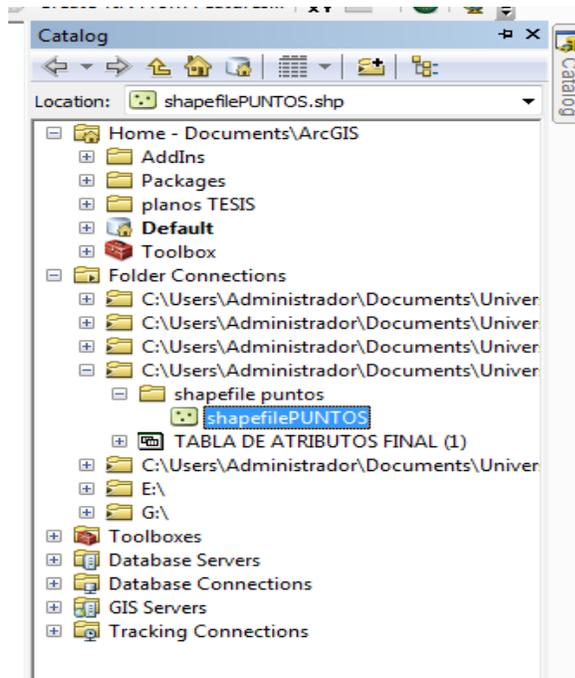


Figura A-3. Clic en la Carpeta de trabajo, clic derecho en el Shapefile de trabajo.

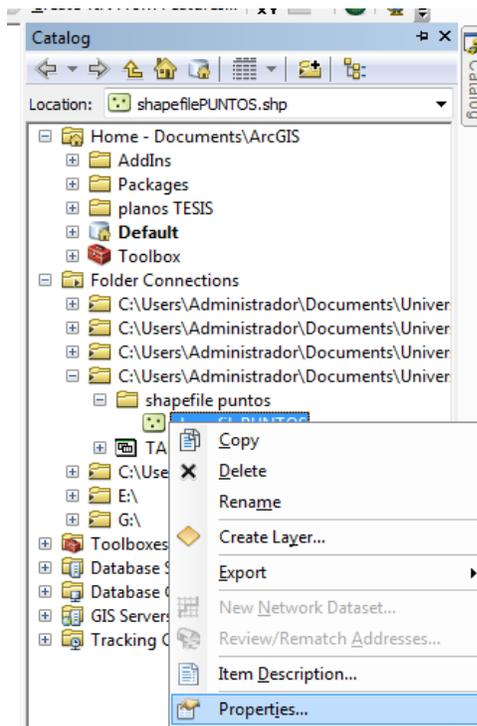


Figura A-4. Clic en Properties...

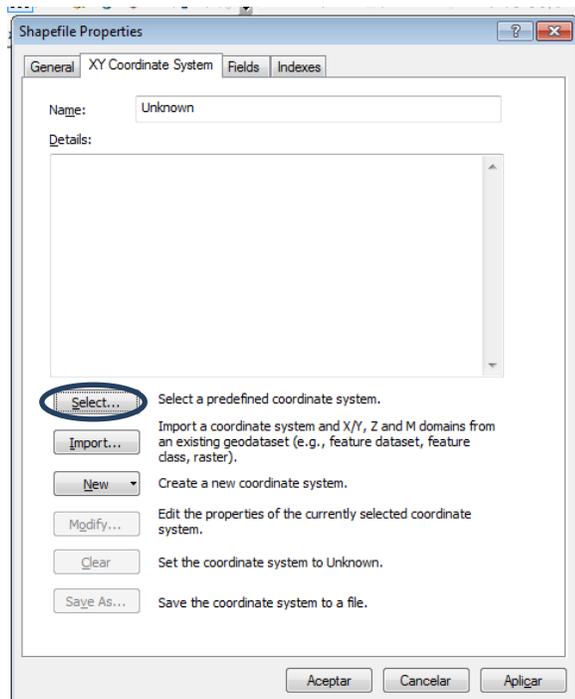


Figura A-5. Clic en Select...

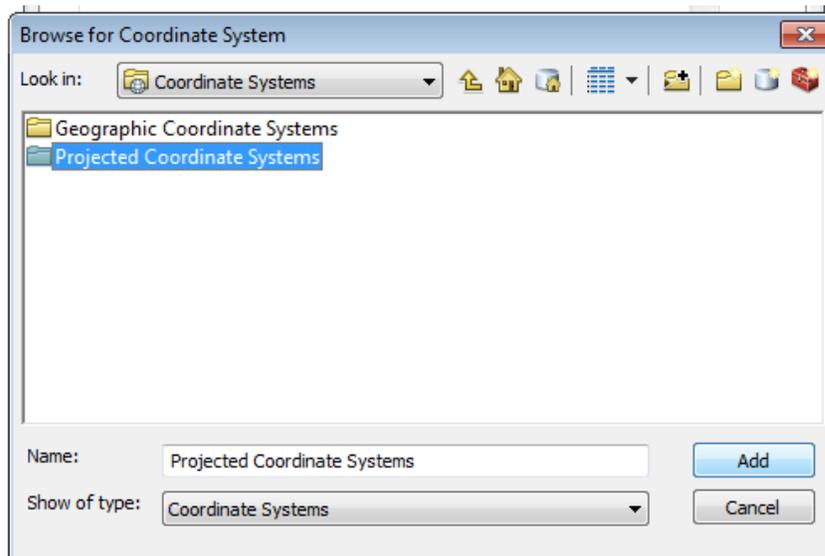


Figura A-6. Clic en Projected Coordinate Systems y clic en add.

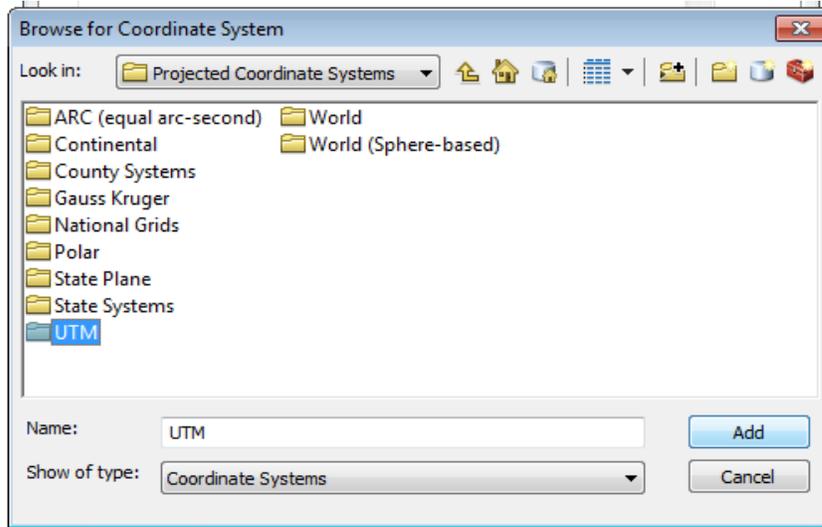


Figura A-7. Clic en UTM y clic add.

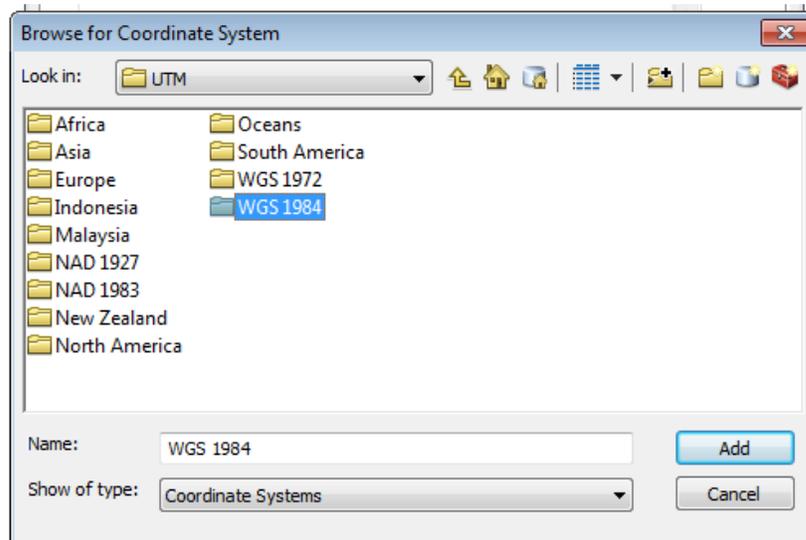


Figura A-7. Clic en WGS 1984 y clic en add.

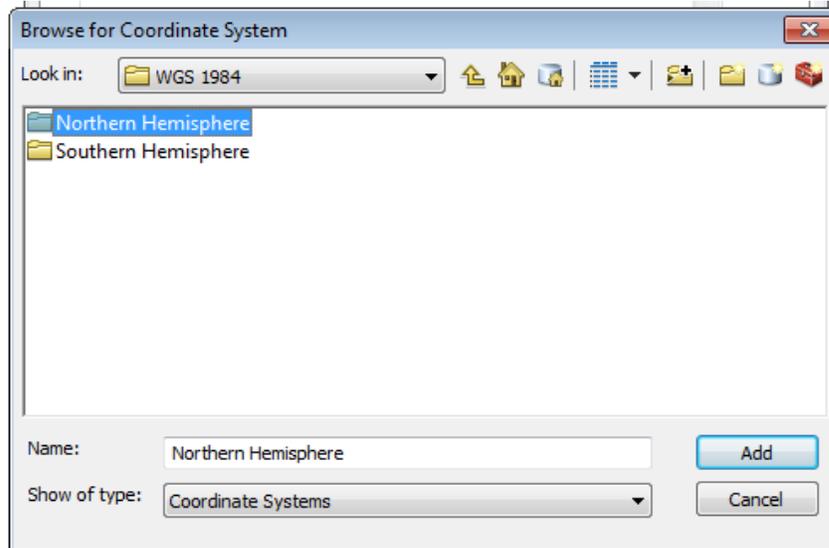


Figura A-8. Clic en Northern Hemisphere y clic en add.

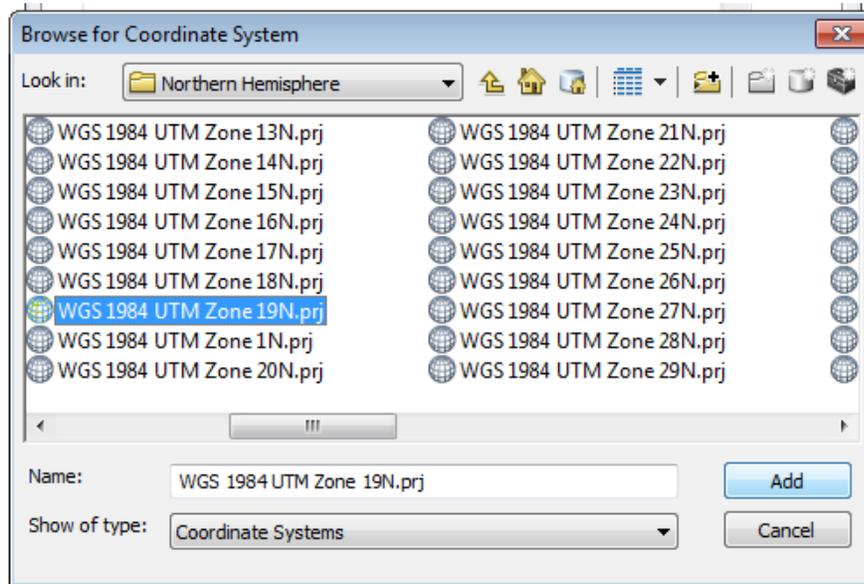


Figura A-9. Clic en WGS 1984 UTM Zone 19N y clic en Add.

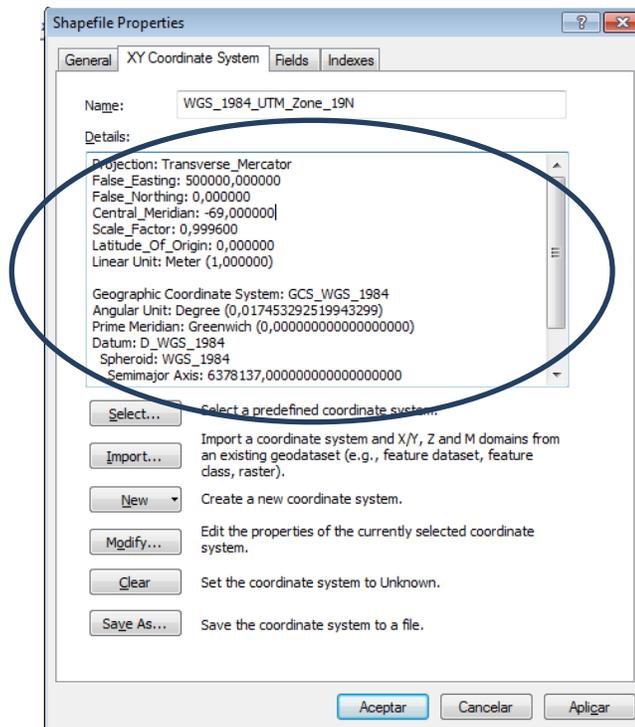


Figura A-10. Clic en Aceptar.

Anexo B Procedimiento para vaciar y dibujar los puntos obtenidos con el GPS en el ArcGIS.

Microsoft Excel window: TABLA DE ATRIBUTOS FINAL (1).xlsx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Ar
1	x	y	z	Pozo	Ppozo	Qm	ND	NE	U	RF	Const	Fp	Sector	Mcp	Uso	Edo	Arena	Arena	Arcilla	Arena	Ar
2	613566,00	1129798,00	462,00	Morro I	0,00	12,00	30,89	11,23	HIDROCEN TRO	G- 20008027- 2			Urb. Morro I, Av 72-A 144	San Diego	Abasteci miento poblacion al	Activo	0,00	0,00	0,00	0,00	0
3	613992,00	1129903,00	470,00	Morro II	0,00	12,00	19,18	0,00	HIDROCEN TRO	G- 20008027- 3			Urb. Morro, Av 144	San Diego	Abasteci miento poblacion al	Activo	0,00	0,00	0,00	0,00	0
4	614368,00	1131366,00	462,00	Valle de oro	0,00	12,00	0,00	0,00	HIDROCEN TRO	G- 20008027- 4			Urb Valle de Oro, Final Av Principal	San Diego	Abasteci miento poblacion al	Activo	0,00	0,00	0,00	0,00	0
5	614472,00	1131704,00	467,00	Valle de oro II	0,00	13,00	27,30	0,00	HIDROCEN TRO	G- 20008027- 5			Zonas verdes de la Urb. Valle de oro cercanas a las zonas protector as del rio	San Diego	Abasteci miento poblacion al	Activo	0,00	0,00	0,00	0,00	0
6	613967,00	1130435,00	465,00	Esmerald al	0,00	20,00	24,00	0,00	HIDROCEN TRO	G- 20008027- 6			Urb. La esmerald a, Don julio Centeno, via de servicio	San Diego	Abasteci miento poblacion al	Activo	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Figura B-1. Vaciado de los puntos con sus respectivos atributos en Microsoft Excel.

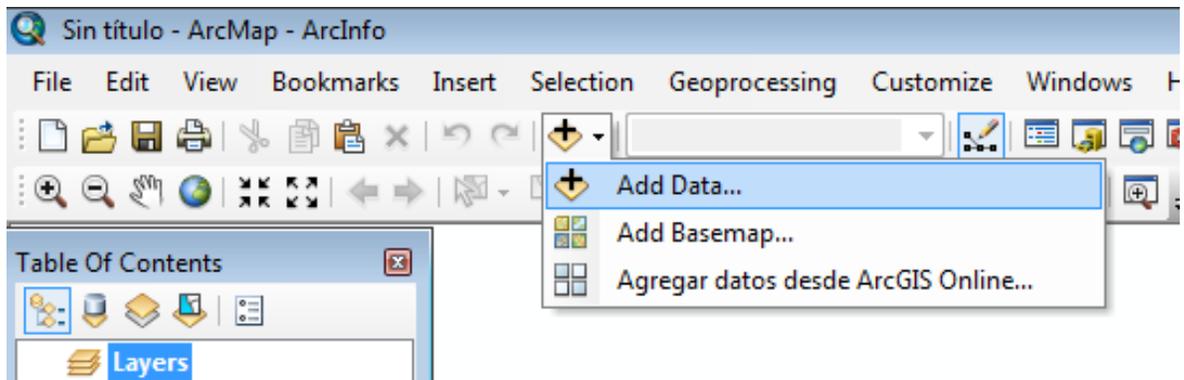


Figura B-2. Abrir ArcMap y seleccionar Add Data...

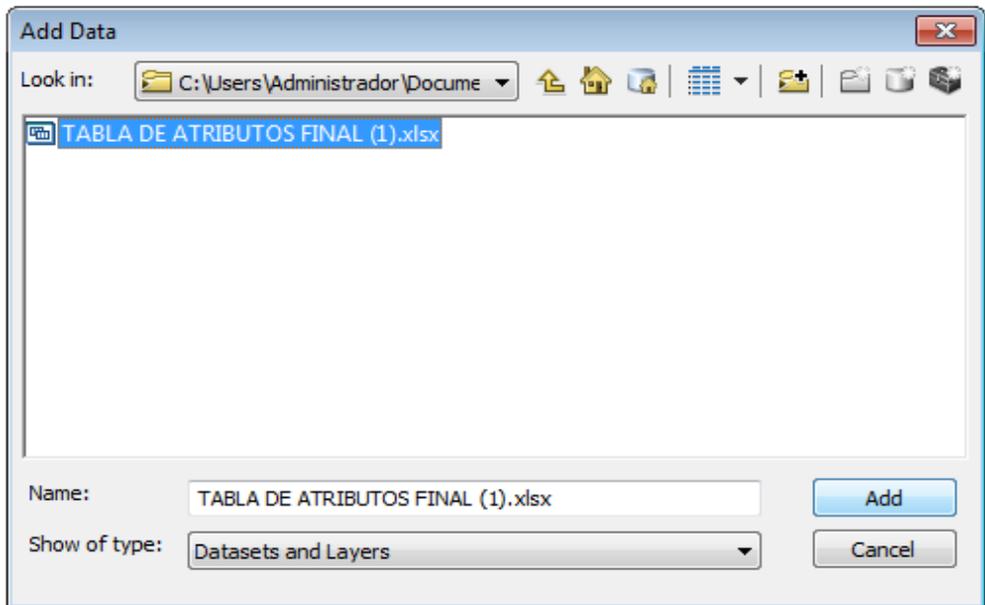


Figura B-3. Doble clic en el archivo de Excel con los puntos vaciados.

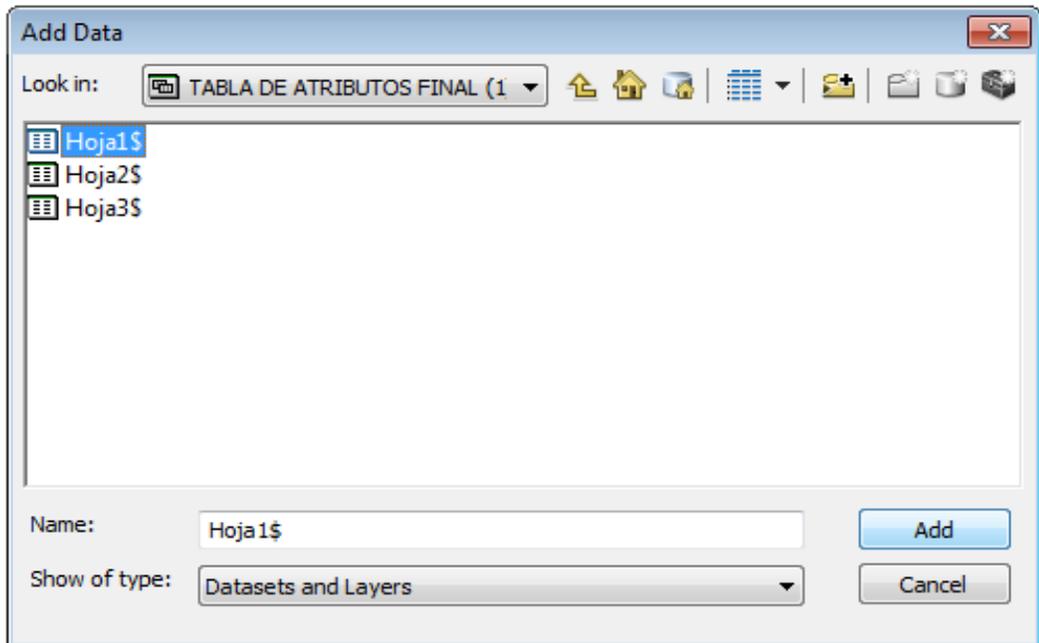


Figura B-4. Agregar la hoja del archivo de Excel donde se encuentren los puntos.

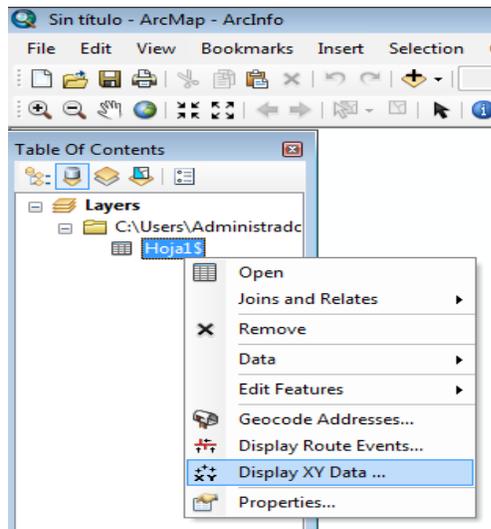


Figura B-5. Clic derecho en la hoja de los puntos mostrada en la Tabla de Contenidos y clic en Display XY Data...

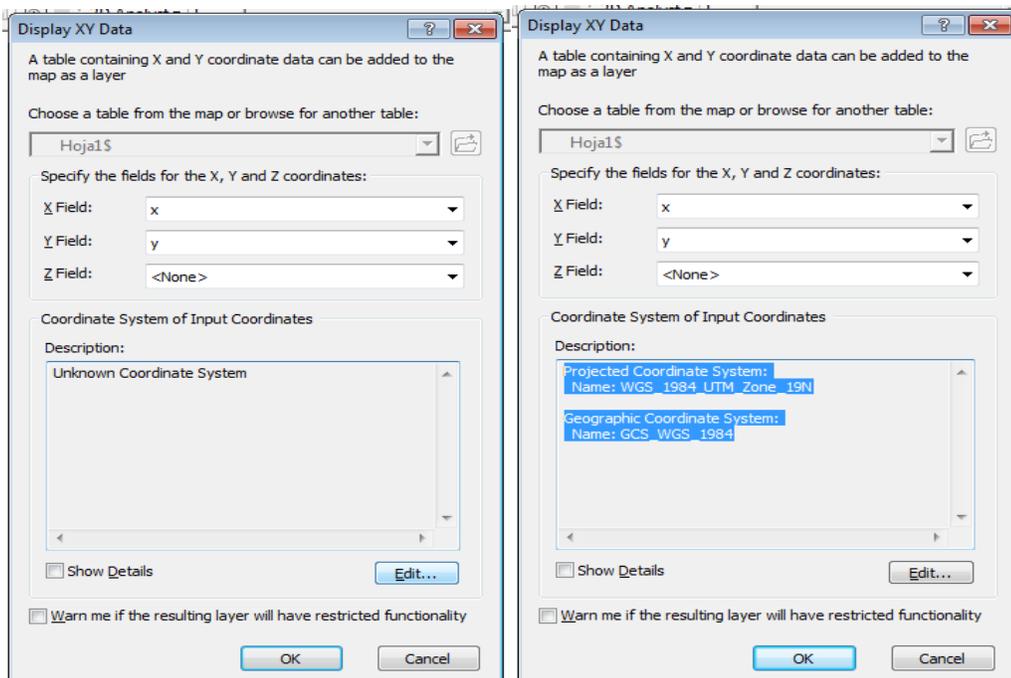


Figura B-6, izquierda. Elección del campo de coordenadas X y Y de la hoja.
Figura B-7, derecha. Elección del sistema de coordenadas (ver Anexo A) .

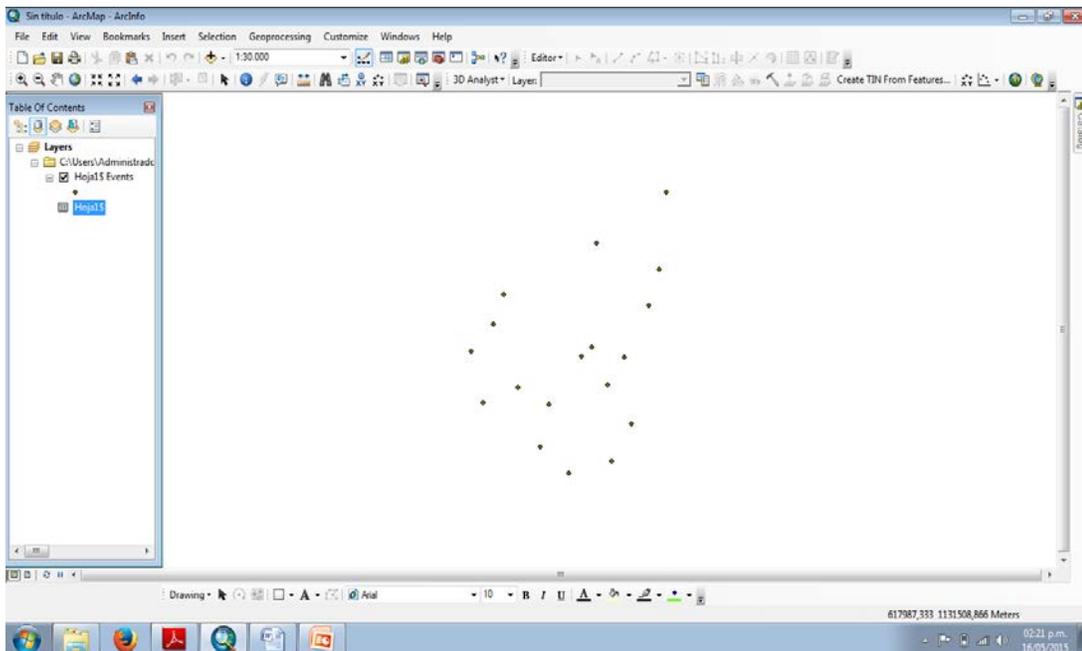


Figura B-8. Visualización de los puntos dibujados en ArcMap.

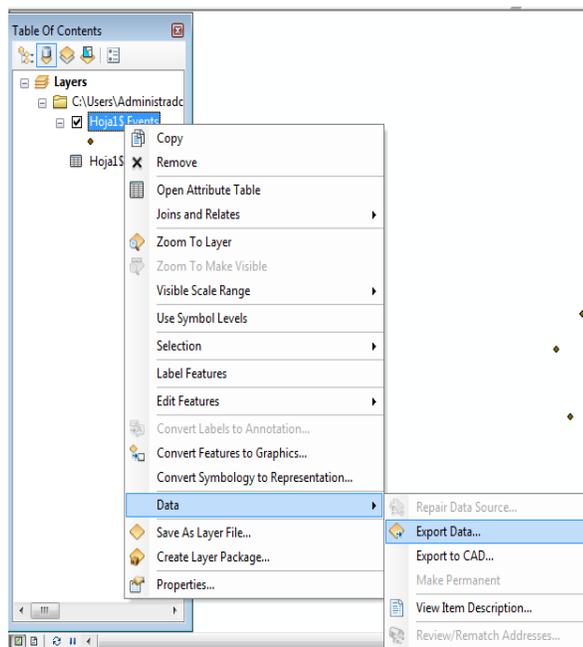


Figura B-9. Clic derecho en el archivo creado en la Tabla de Contenidos, clic en Data y Export Data... para crear el shapefile.

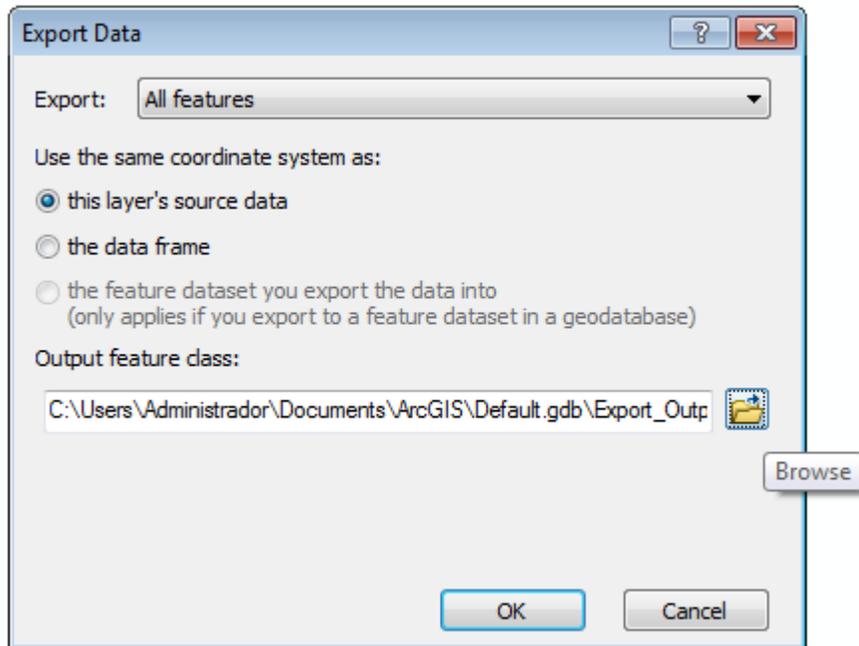


Figura B-10. Seleccionar el icono de la carpeta para definir la dirección del shapefile.

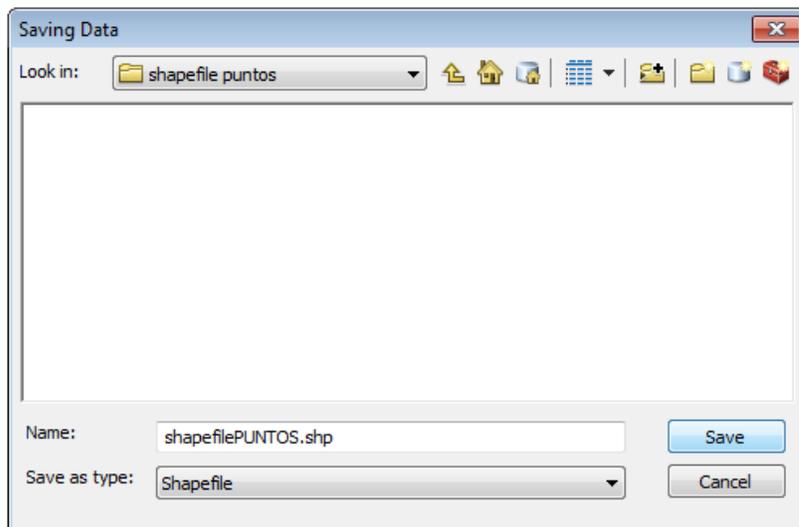


Figura B-11. Elección del nombre del archivo y la carpeta de ubicación del shapefile, clic en guardar y aceptar.

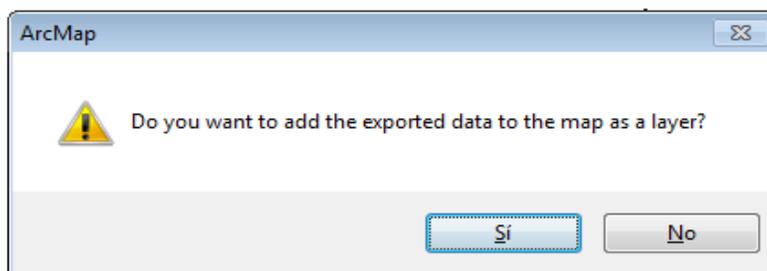


Figura B-12. Clic en Sí.

Anexo C Procedimiento para importar capas de ArcGIS.

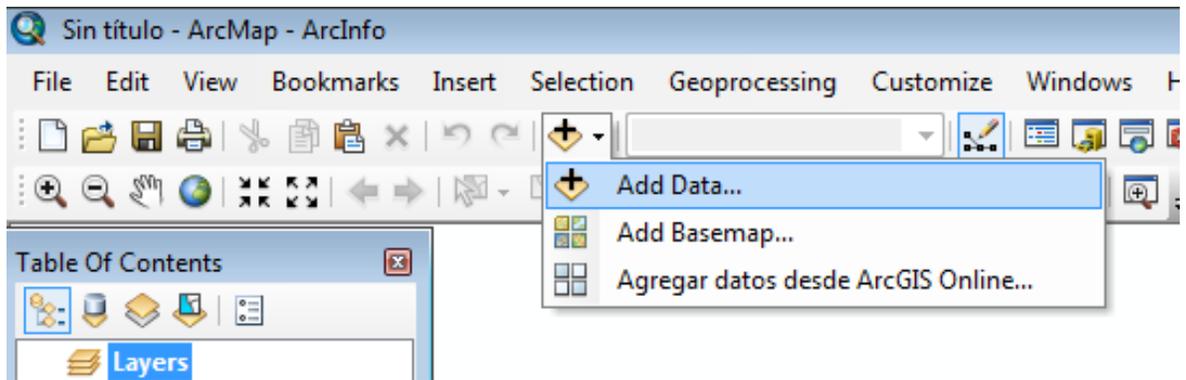


Figura C-1. Abrir ArcMap y seleccionar Add Data...

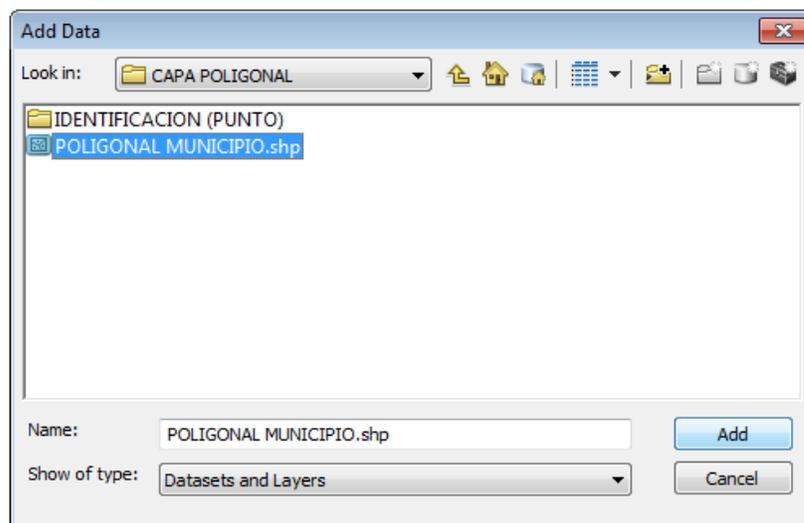


Figura C-2. Ubicar la carpeta de ubicación de la capa ya creada y dar clic en Add.

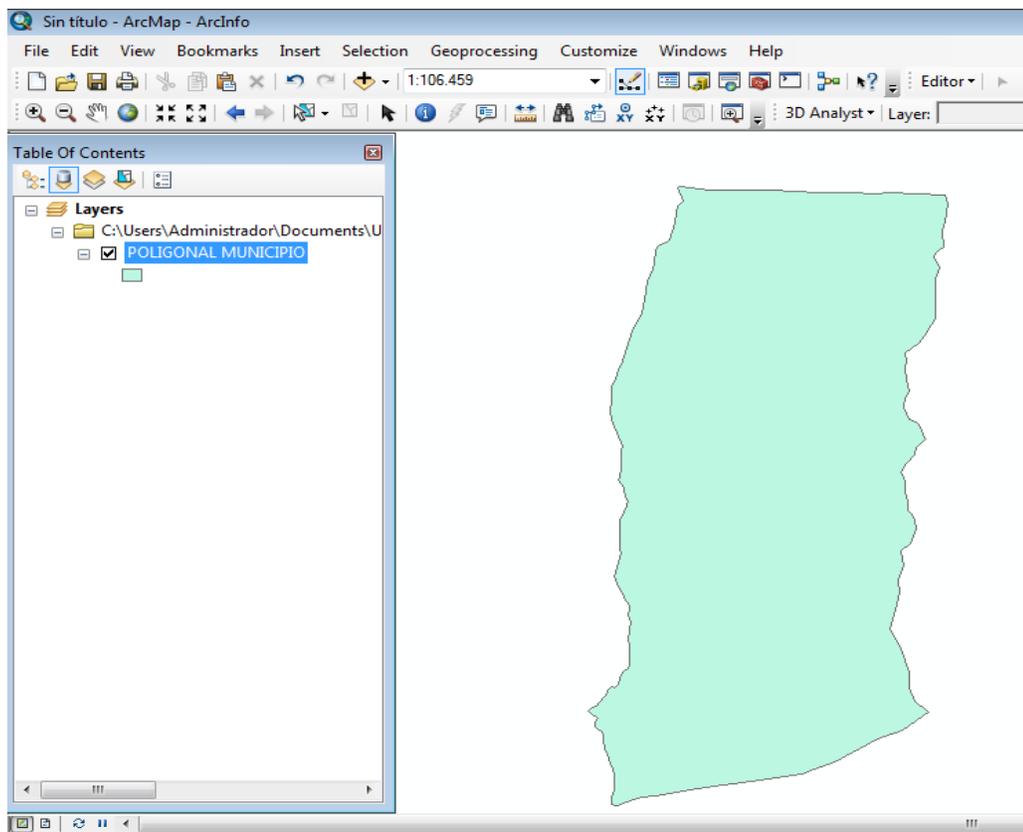


Figura C-8. Visualización de la capa creada en ArcMap.

Anexo D Procedimiento para crear un Shapefile.

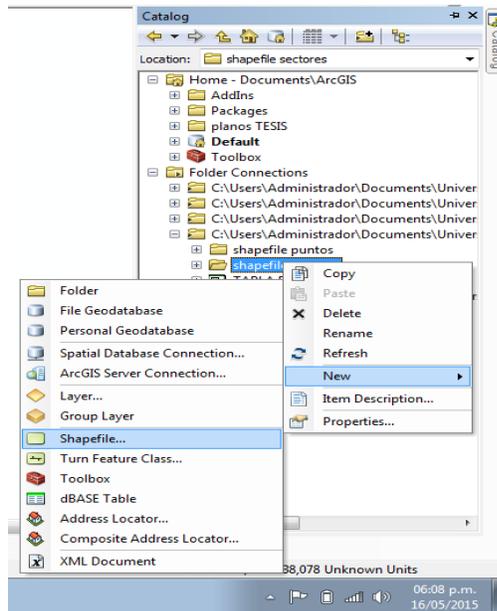


Figura D-1. Clic en Catálogo, clic derecho sobre la carpeta de trabajo (donde se creará el shapefile), clic en New y luego en Shapefile...

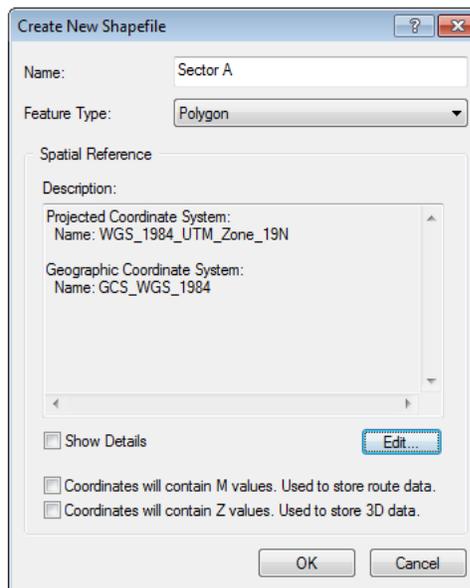


Figura D-2. Seleccionar el nombre y el tipo de entidad de trabajo para el shapefile. Clic en Edit... para proyectar el sistema de coordenadas (ver Anexo A) y clic en OK.

Anexo E Procedimiento para crear los sectores del Municipio San Diego

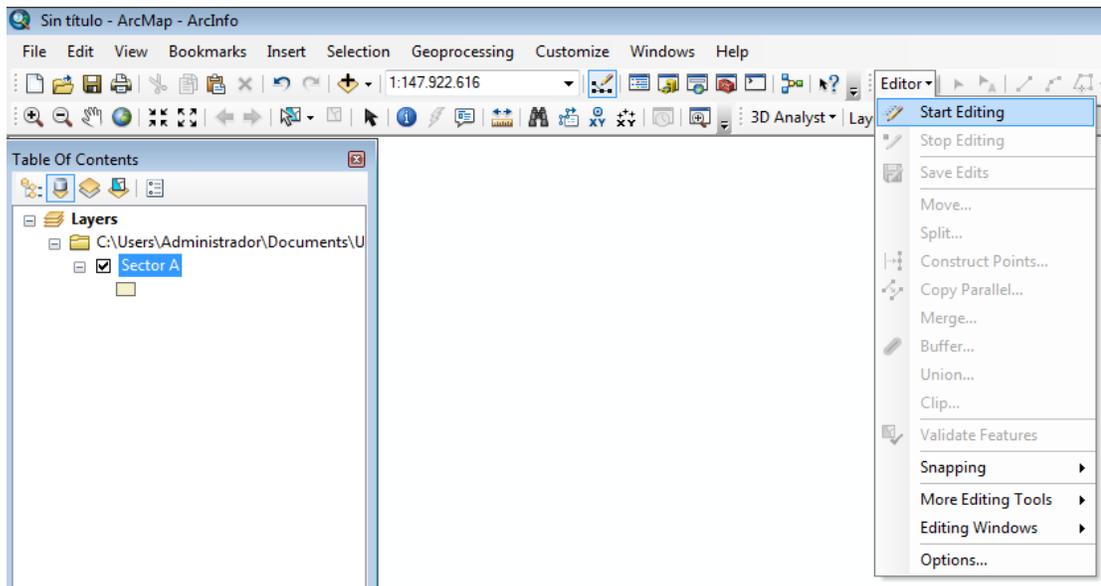


Figura E-1. Se abre el ArcMap y se da clic en Star Editing

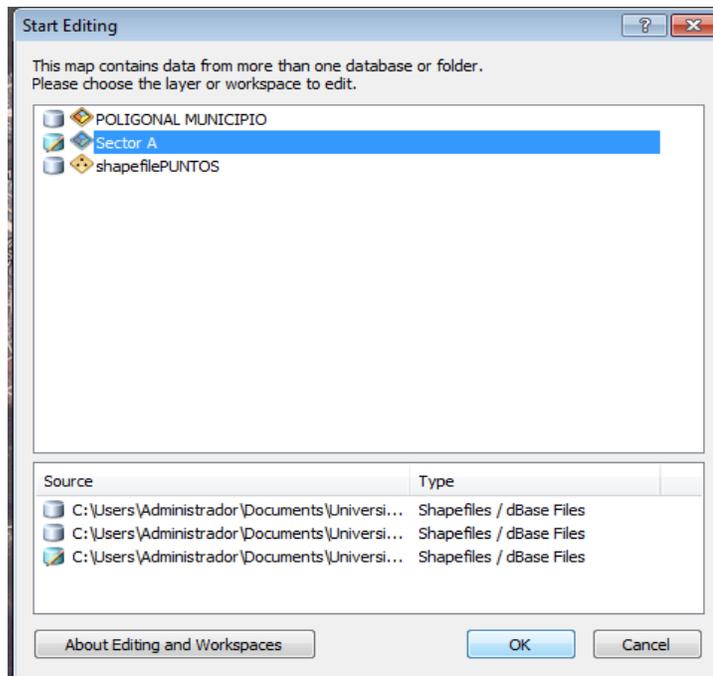


Figura E-2. Clic en el ShapeFile de Sector A creado en el Anexo D y clic en OK.

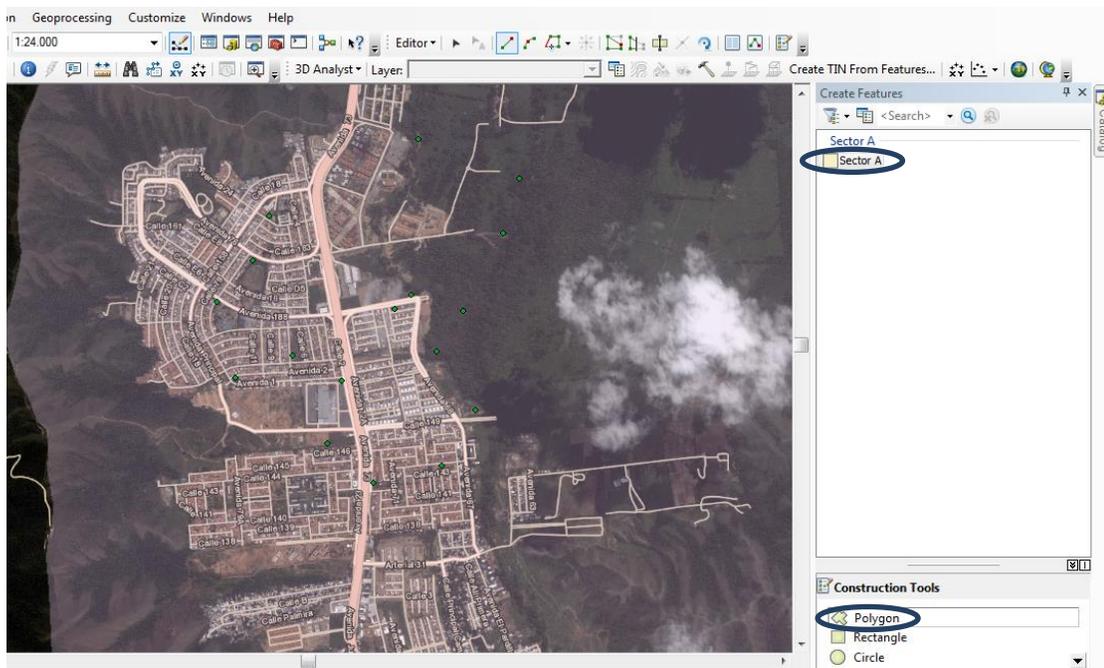


Figura E-3. Clic en el shapefile de sector A y luego en Polygon.

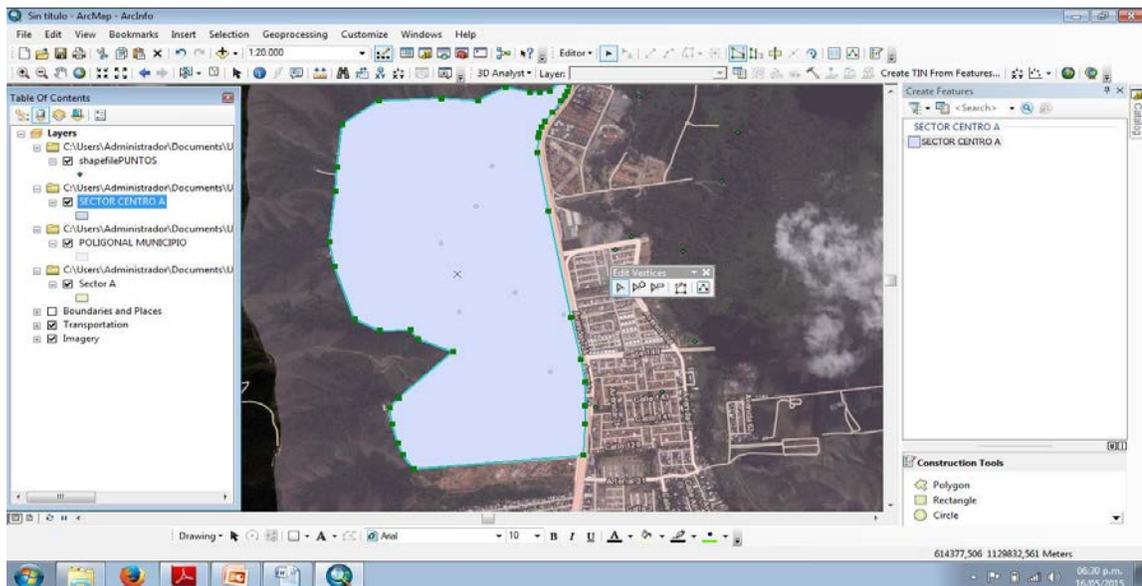


Figura E-4. Clic en primer punto sobre la polilínea, selección de Trazado, dar segundo clic en otro punto y arrastrar el cursor por la polilínea hasta que se genere el sector deseado.

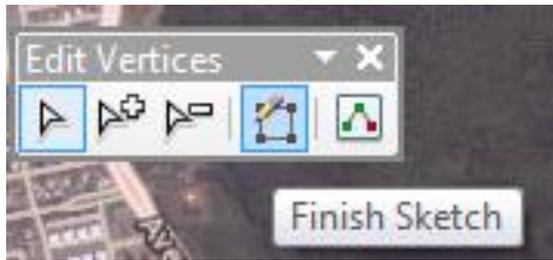


Figura E-5. Para finalizar la edición del polígono se da clic en **Finish Sketch**.

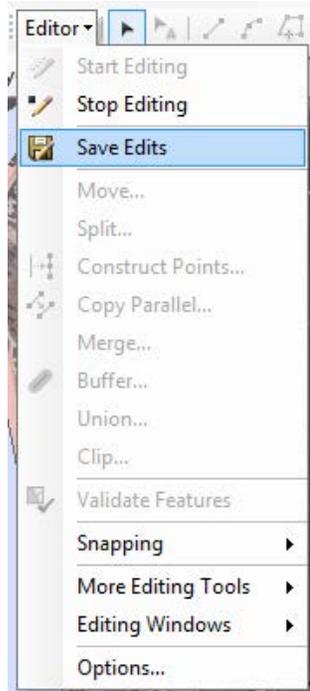


Figura E-6. Se da clic en **Save Edits** y luego en **Stop Editing**.

Anexo F Procedimiento para utilizar la imagen satelital del ArcGIS

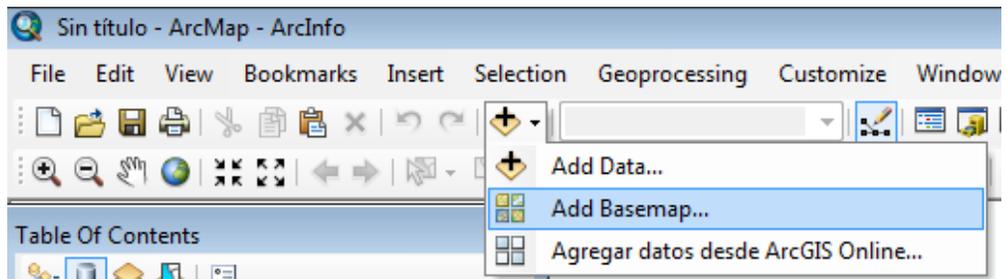


Figura F-1. Se da clic en Add Basemap...

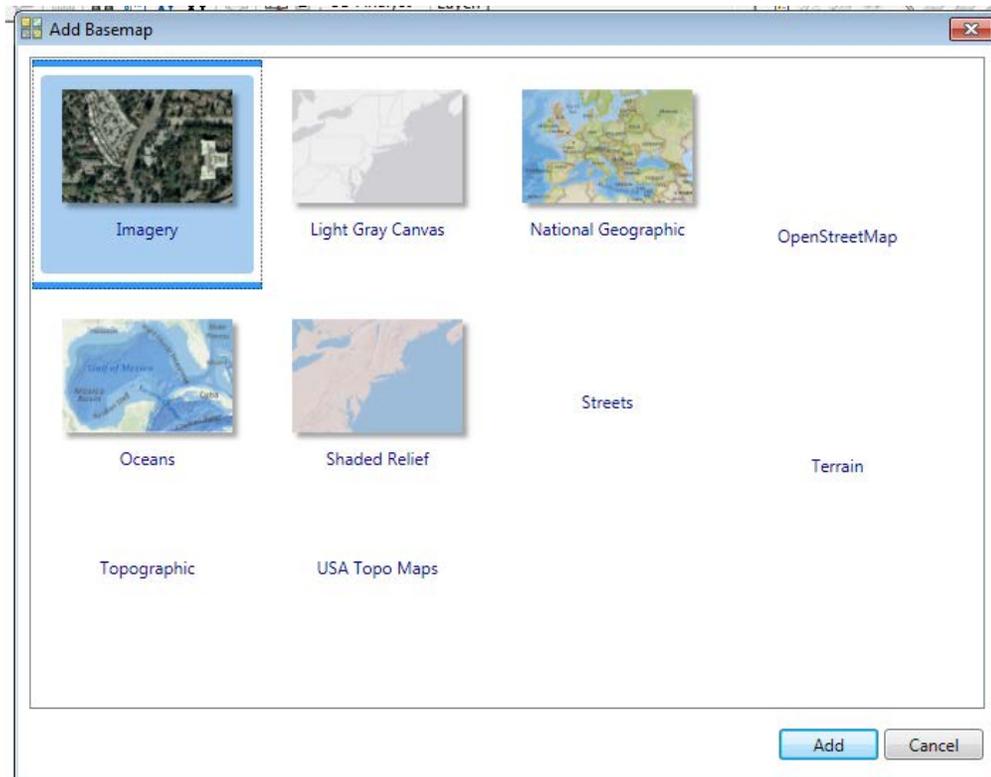


Figura F-2. Se selecciona el mapa con el que se desea trabajar y luego clic en Add.

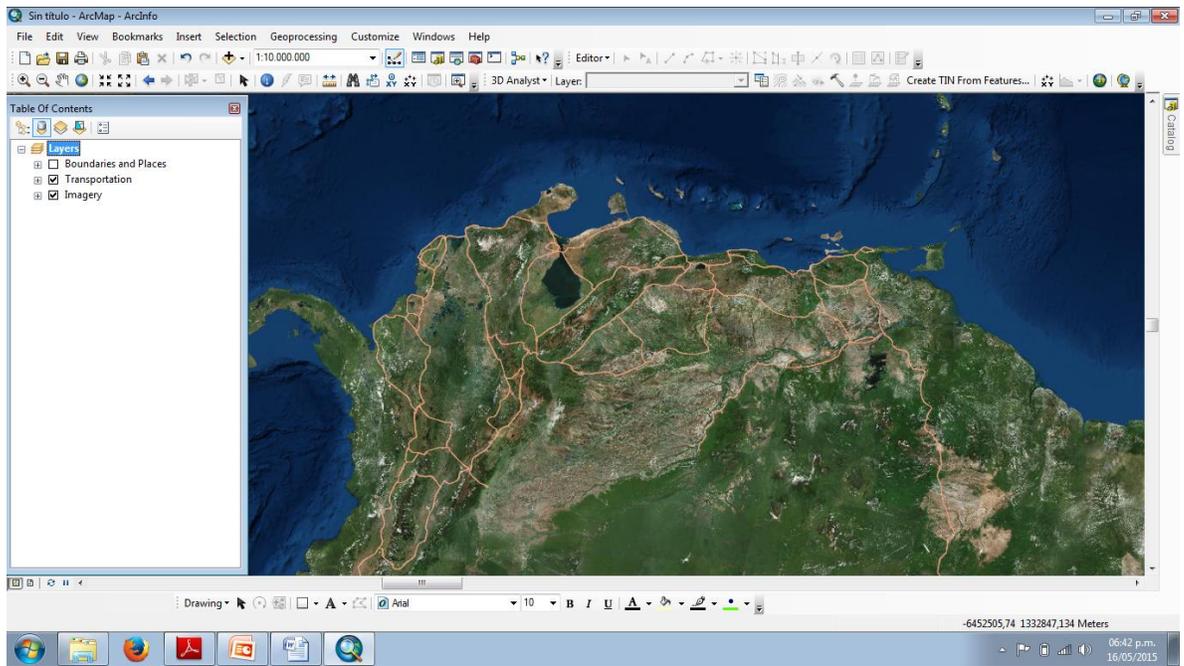


Figura F-3. Visualización de la imagen satelital suministrada por ArcGIS.

Anexo G Procedimiento para importar graficas de Excel al ArcGIS.

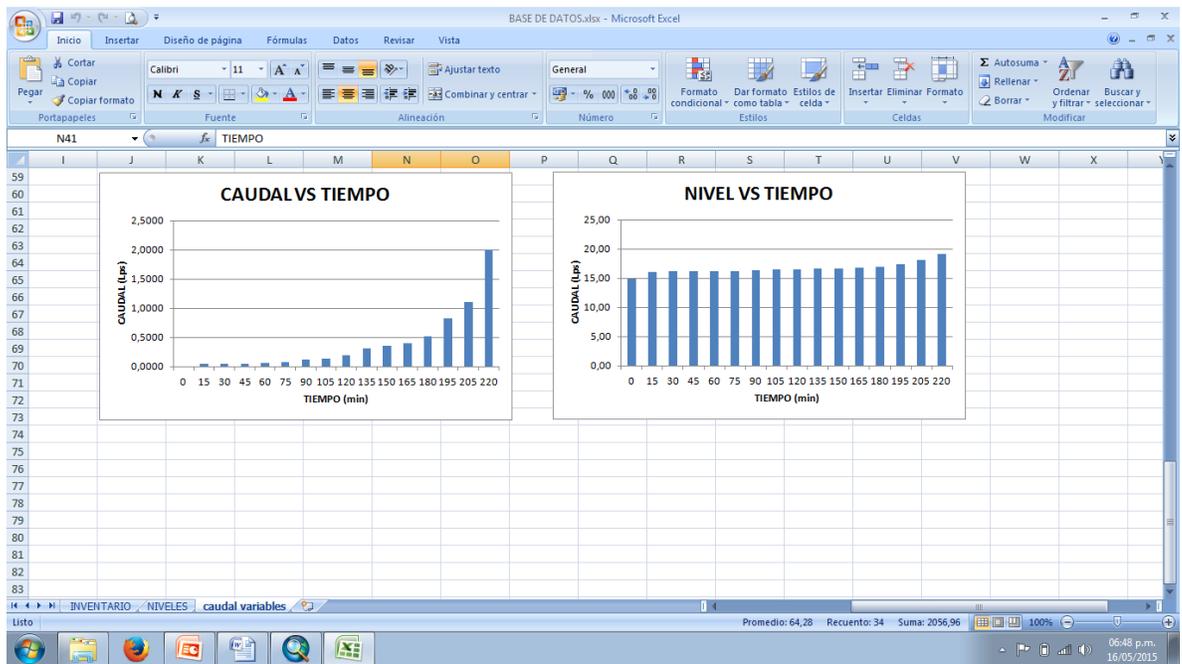


Figura G-1. Archivo en Excel de donde se extraerán las graficas.

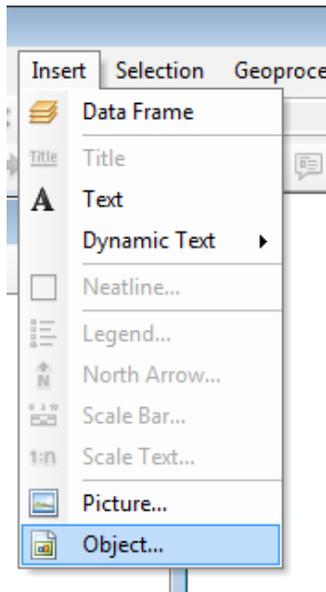


Figura G-2. Se da clic en Insert y luego en Object...

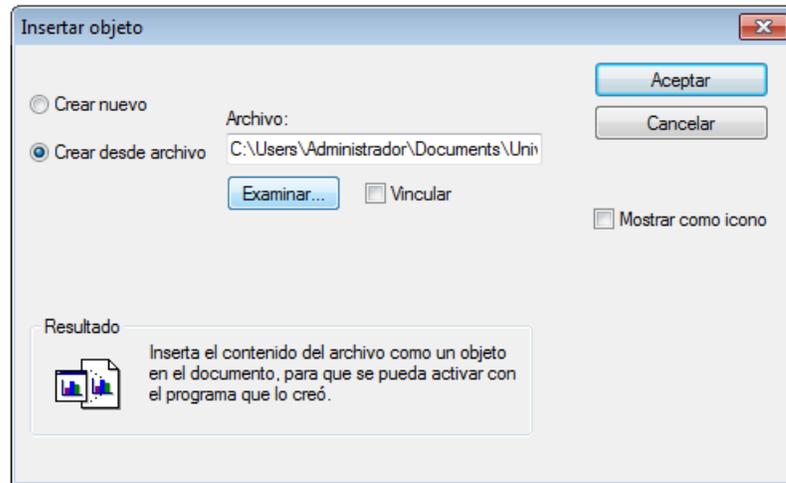


Figura G-3. Se selecciona la opción Crear desde archivo y luego en examinar.

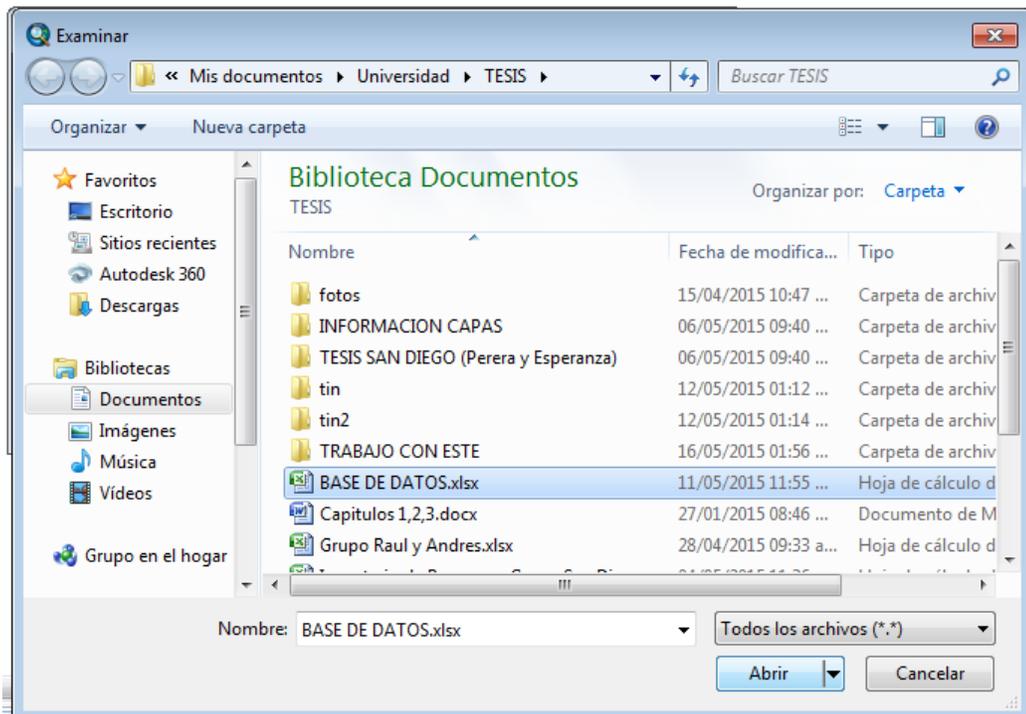


Figura G-4. Se selecciona el archivo en Excel donde se ubican las graficas y clic en Abrir.

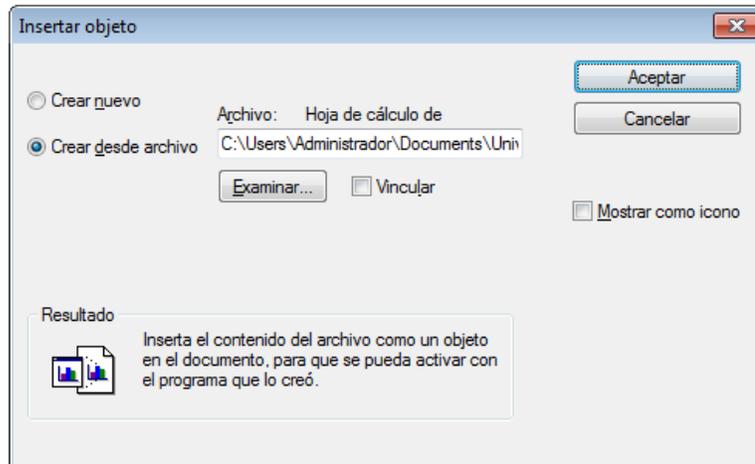


Figura G-5. Clic en Abrir.

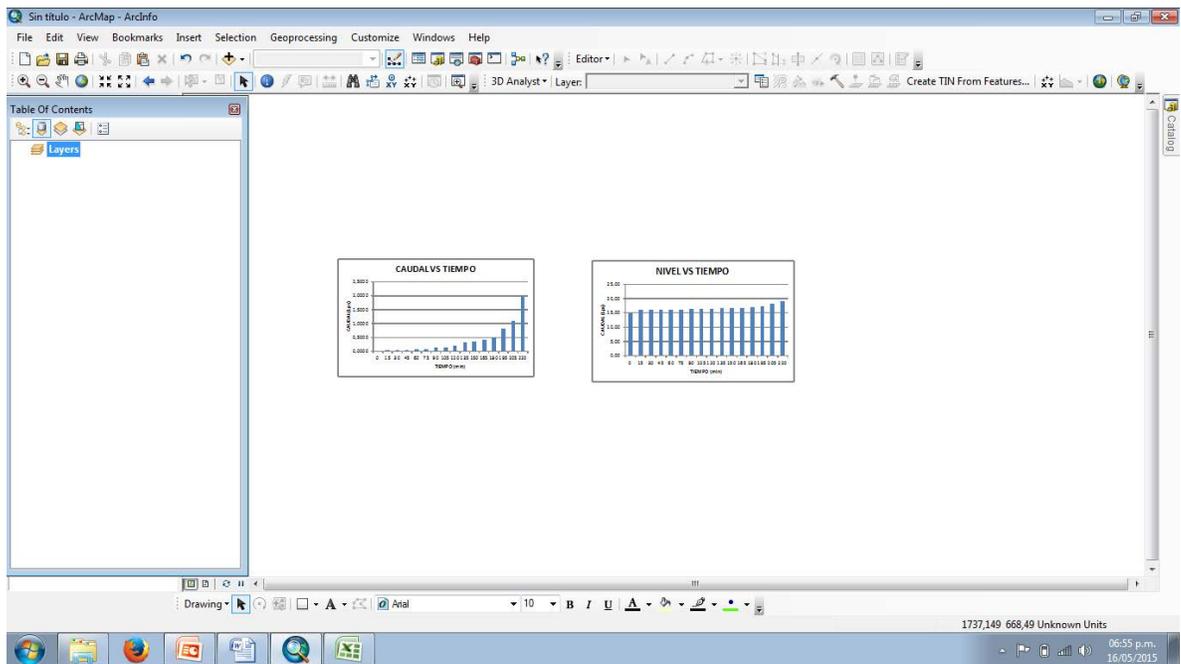


Figura G-6. Se visualizan las graficas importadas desde Excel.

Anexo H Procedimiento para la creación de Superficies

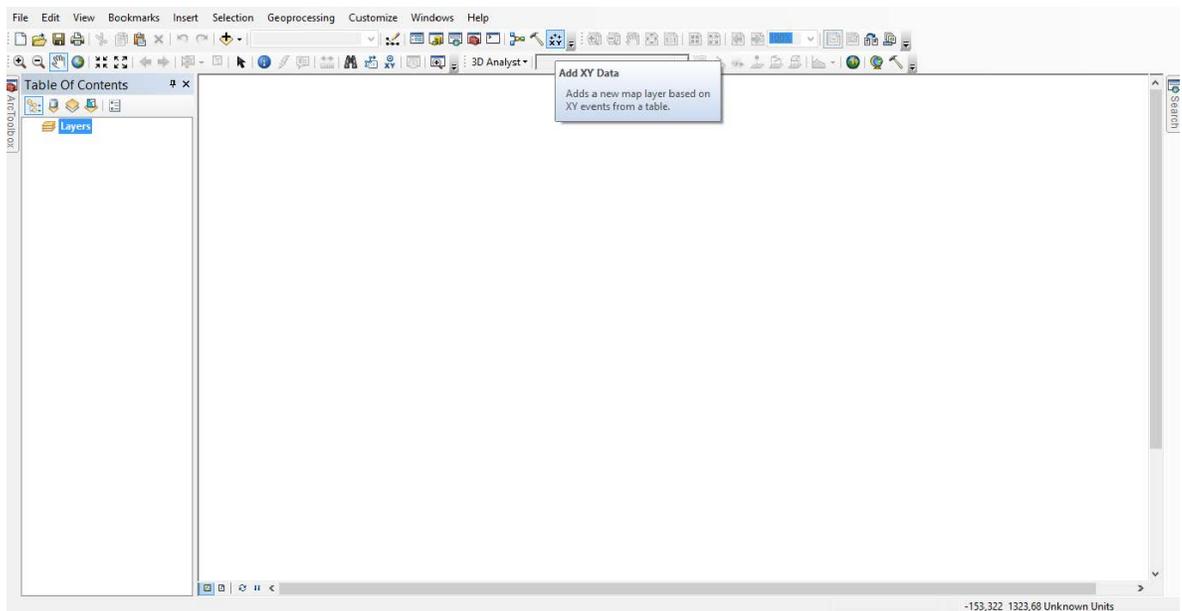


Figura H-1. Click en el icono “Add XY Data”

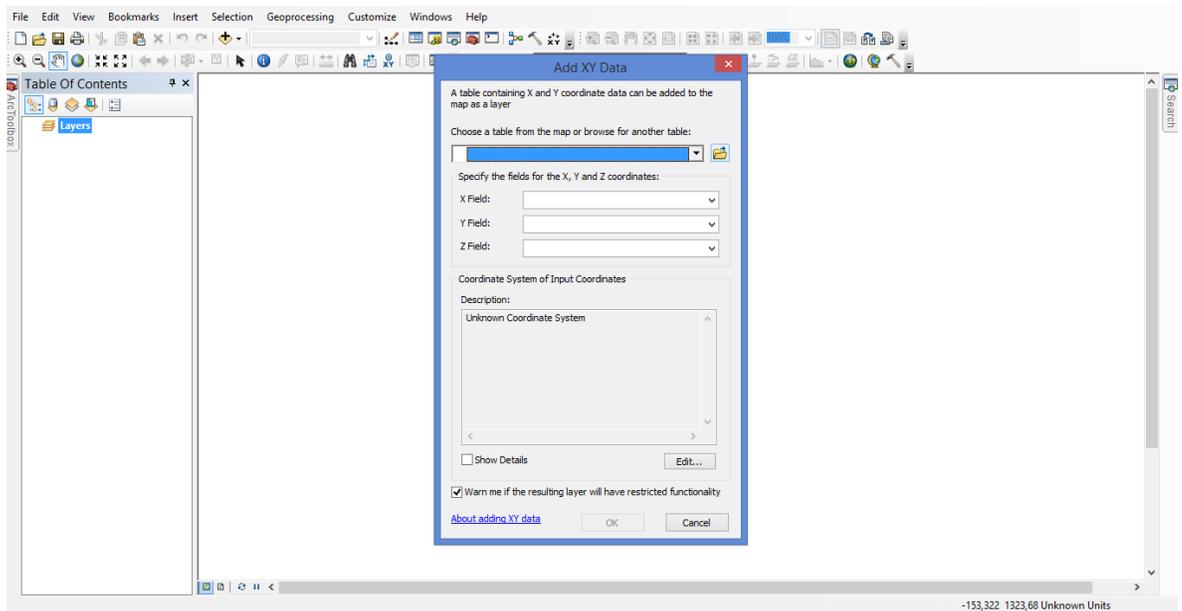


Figura H-2. Buscar el archivo con la base de datos

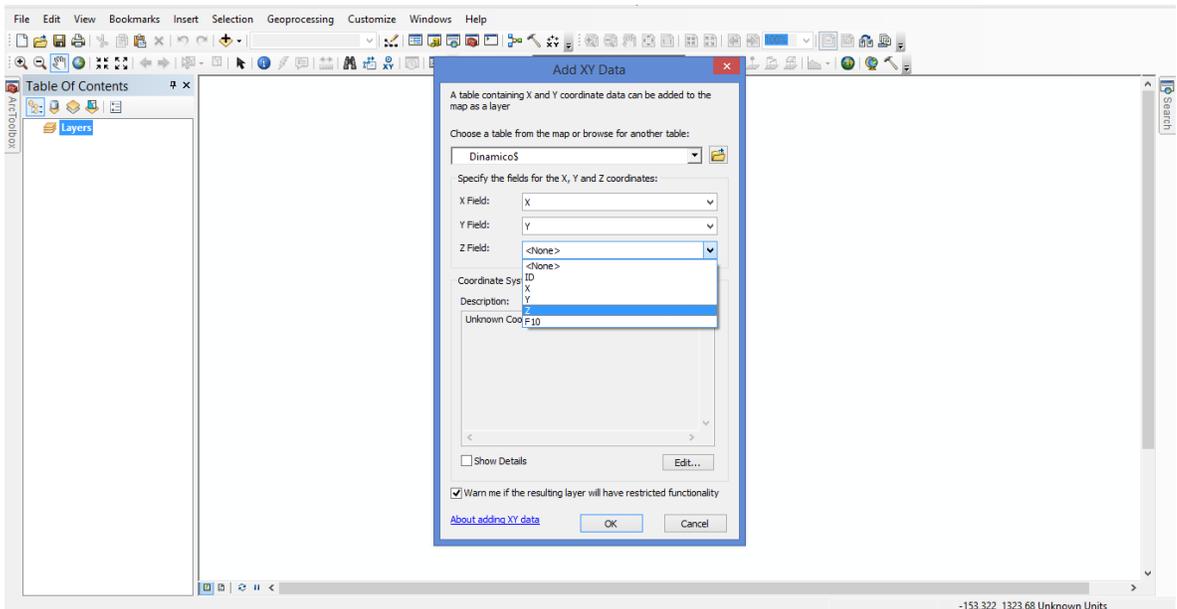


Figura H-3. Después de seleccionado el archivo, escogemos cual será la coordenada X, Y y Z de la base de datos.

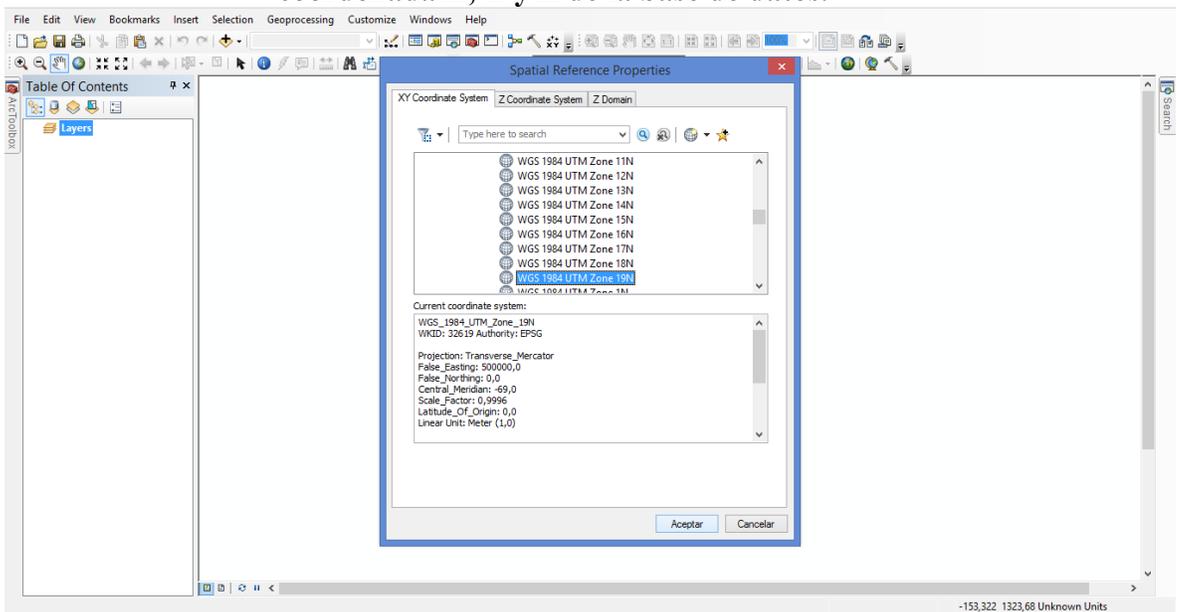


Figura H-4. Seleccionamos la referencia espacial, recordemos WGS 1984 UTM Zone 19N.

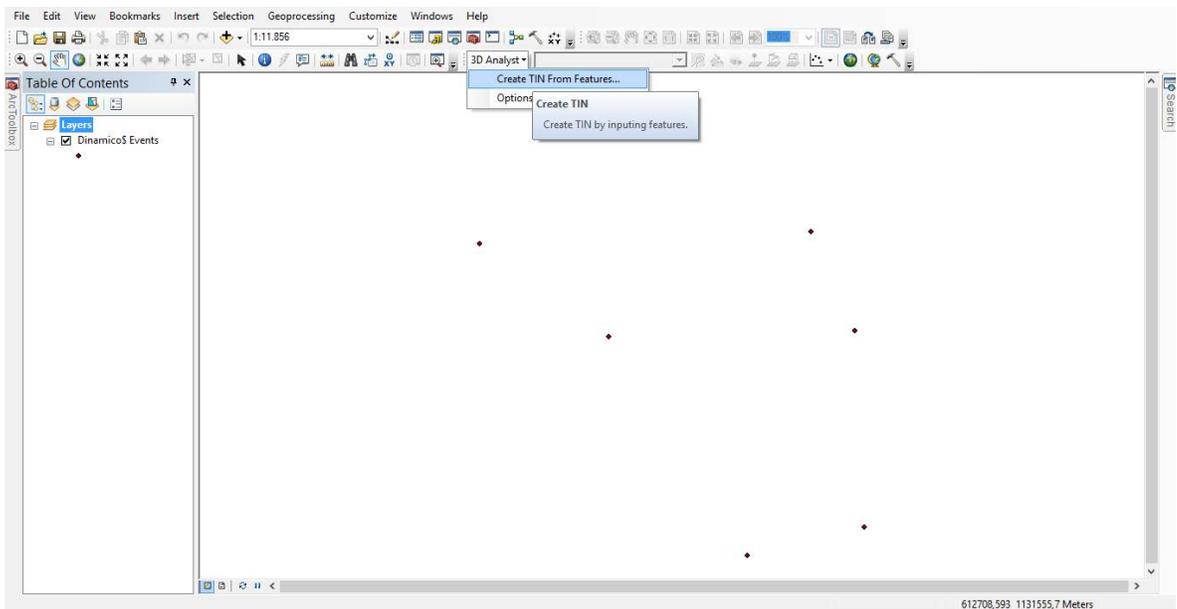


Figura H-5. En la pestaña “3D Analyst” desplegamos y seleccionamos el comando “Create TIN From Features”

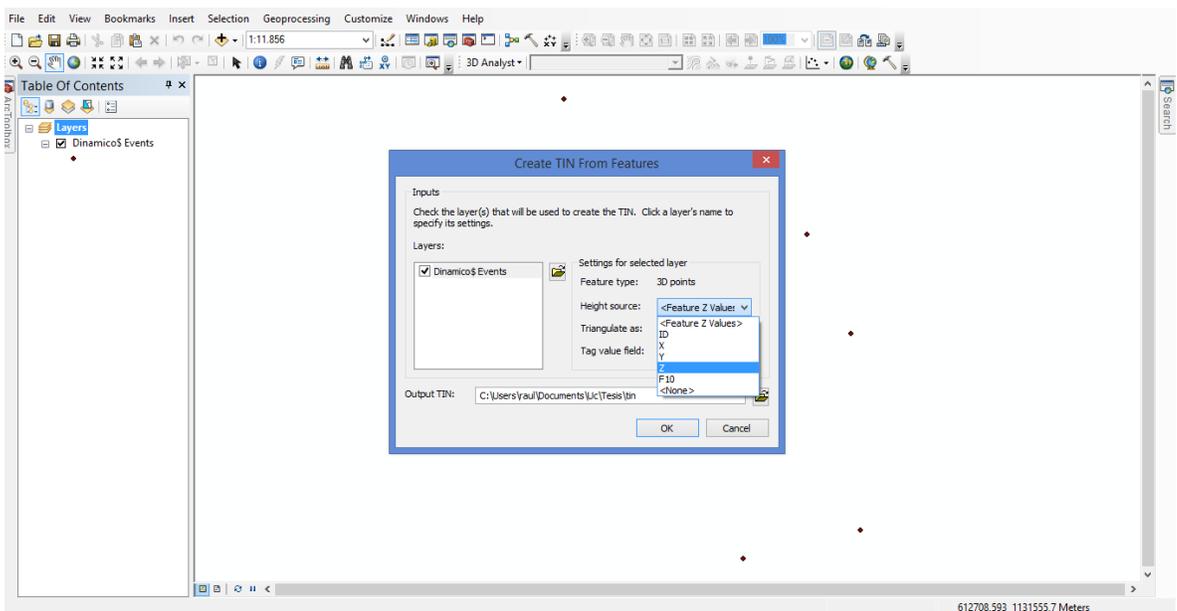


Figura H-6. Seleccionamos el archivo de estudio, y en la casilla “Heigh Source” escogemos la coordenada de elevación (Z).

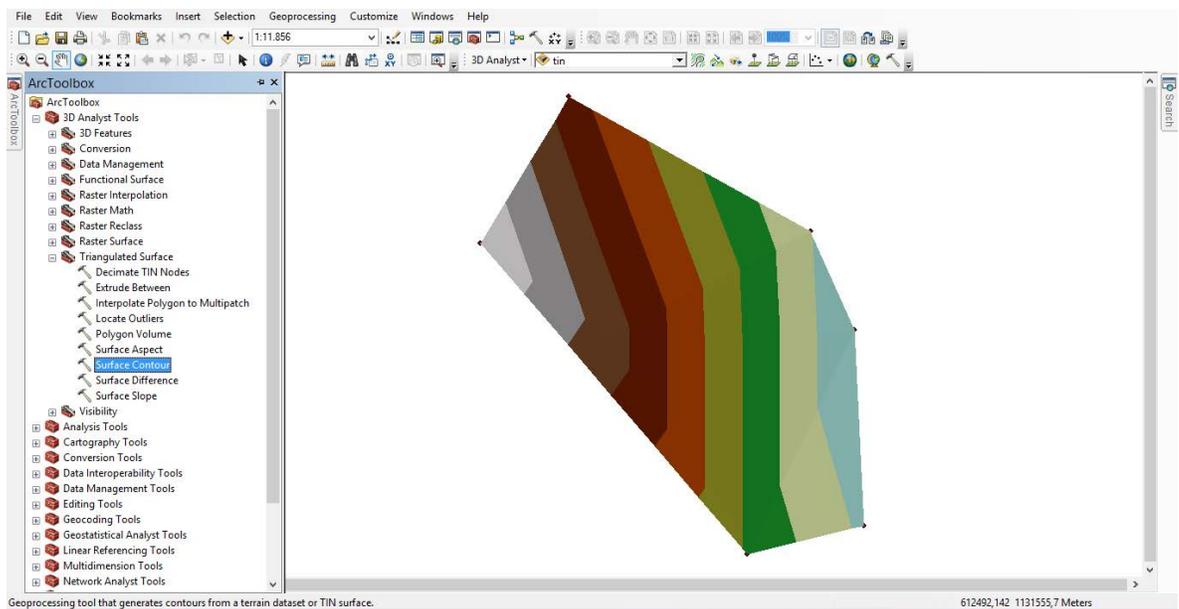


Figura H-7. Después de detener el TIN creado, vamos al comando ArcToolbox, desplegamos y seleccionamos “3D Analyst Tool”, luego “Triangulated Surface”, luego “Surface Contour”.

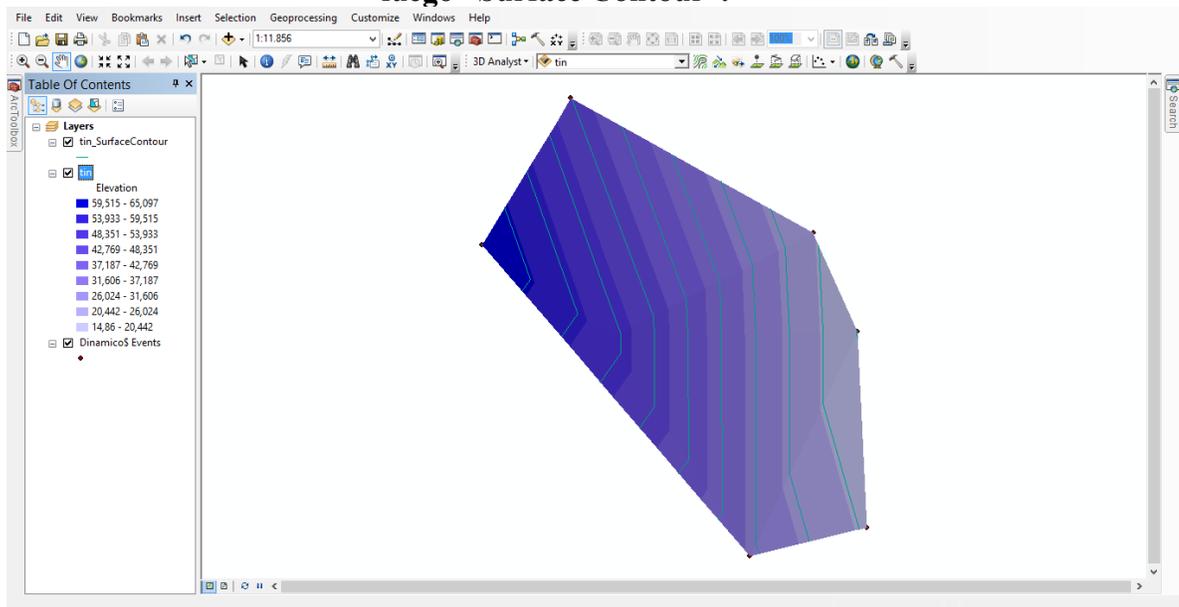


Figura H-8. En la pestaña propiedades de la Capa TIN, se puede editar la apariencia de la superficie de contorno.

Anexo I Procedimiento para la obtención del punto de ajuste en el método de Theis.

Tiempo (minutos)	Descenso (metros)	Caudal (lps)	Tiempo (minutos)	Descenso (metros)	Caudal (lps)
0	-	0,0000	120	10.39	0,2000
15	6,25	0,0469	135	10.41	0,3062
30	7,38	0,0519	150	10.43	0,3372
45	8,18	0,0551	165	10.46	0,4111
60	8,23	0,0598	180	10.48	0,5458
75	8.52	0,0732	195	10.49	0,7509
90	8.98	0,1154	210	10.52	1,0370
105	9.08	0,1435	225	10.83	2,0000

Figura H-1. Se vacían los datos de tiempo y descenso en una tabla.

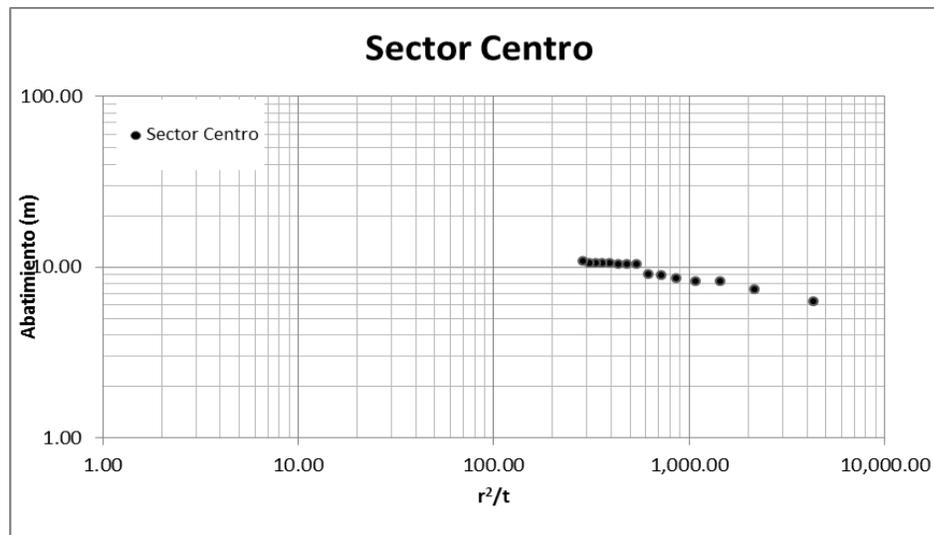


Figura H-2. Se representan los datos descenso-tiempo: Tiempos (minutos) en el eje horizontal, descensos (metros) en el eje vertical (curva de campo).

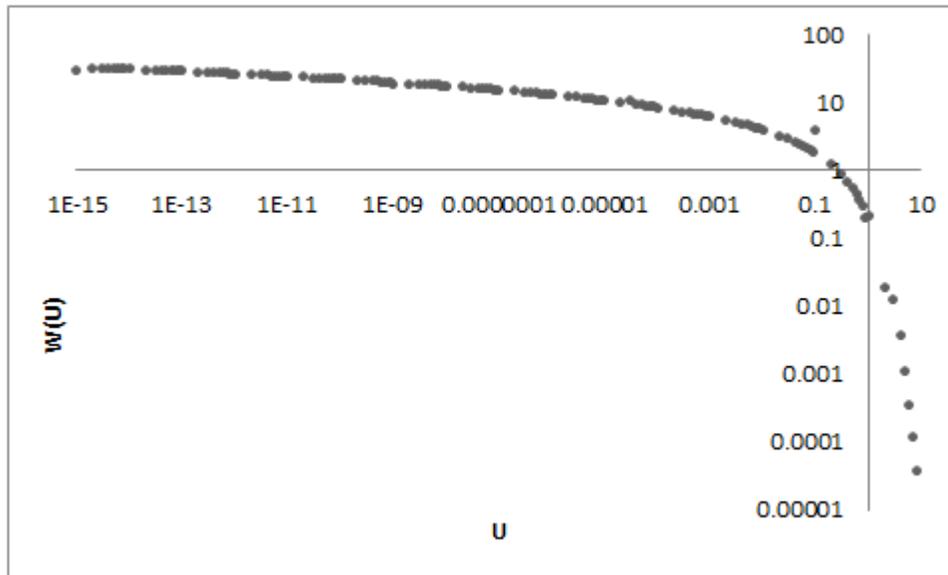
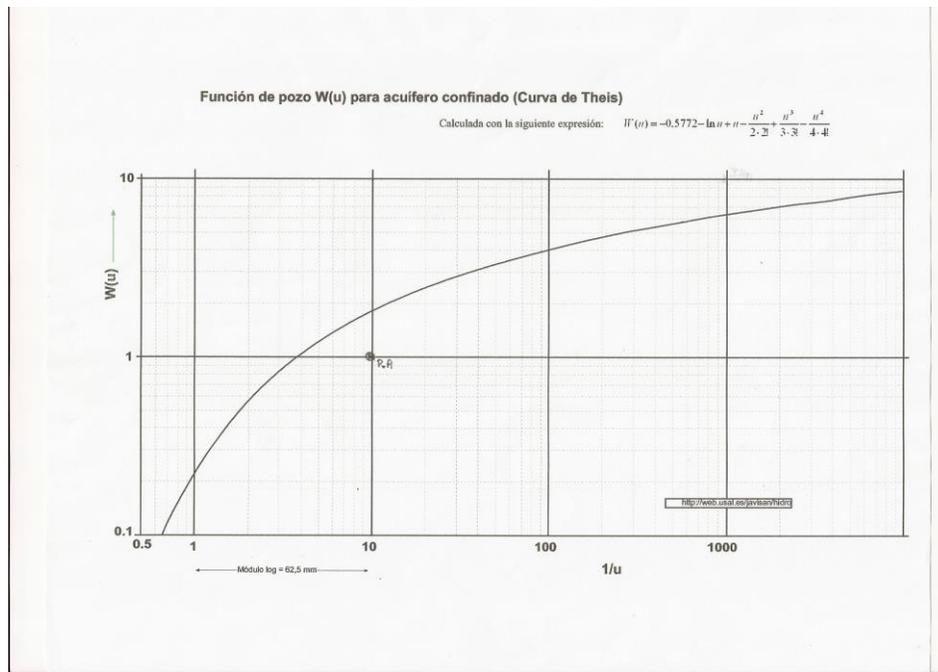


Figura H-3. Grafica función de pozo (Curva de Theis).

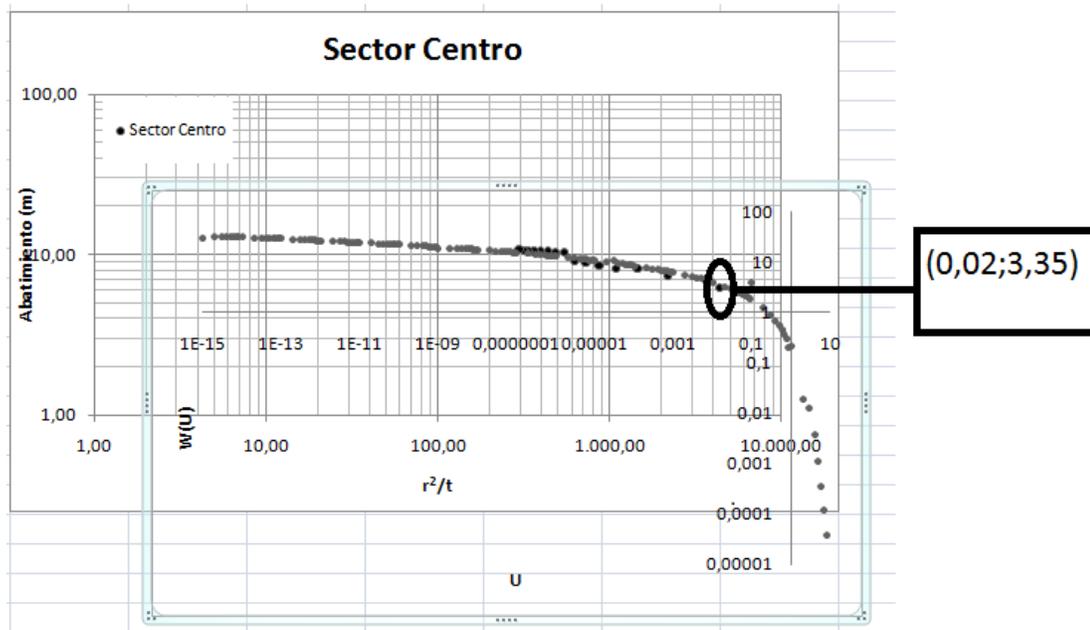


Figura H-4. Se superpone la grafica de la Figura H-2 sobre la Curva de Theis buscando la coincidencia de los puntos de las medidas de campo sobre la línea de la Curva de Theis y se selecciona un punto de ajuste cualquiera. Se marca el punto de ajuste en la curva de campo y se anotan las coordenadas. Se marca el punto de ajuste en la curva de Theis que coincida con el punto de la figura H-5 y se anotan las coordenadas ($W(u)$, $1/u$).

Anexo J Procedimiento para el cálculo de la transmisividad en el método de Theis.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

Donde:

S: descenso (m), valor obtenido del punto de ajuste en la curva de campo.

Q: Caudal (m^3/dia)

W(u): Valor obtenido del punto de ajuste en la curva de Theis.

T: Transmisividad (m^2/dia)

FiguraJ-1. Formula de descenso.

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u)$$

FiguraJ-2. Formula de transmisividad despejada de la formula de la Figura I-1, se sustituyen valores y se obtiene el valor de Transmisividad.

Anexo K Procedimiento para el cálculo del coeficiente de almacenamiento en el método de Theis.

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

Donde:

u: Valor obtenido del punto de ajuste en la curva de Theis

r: Distancia entre el pozo de observación y el pozo de bombeo (m).

T: Transmisividad (m^2/dia)

t: Tiempo obtenido del punto de ajuste de la curva de campo (minutos).

S: Coeficiente de almacenamiento.

Figura K-1. Formula de u

$$S = \frac{u 4Tt}{r^2}$$

Figura K-2. Formula de coeficiente de almacenamiento despejada de la fórmula de la Figura J-1, se sustituyen valores y se obtiene el valor de coeficiente de almacenamiento.

