

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**“MODELO DE UNIDADES GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO
EL SAUZ- ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

POR:

ING. LUCIO RIVAS LOBERA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

ENERO DE 2019



Modelo de unidades geoelectricas del acuífero El Sauz-Encinillas, Chihuahua, México. Tesis presentada por el Ing. Lucio Rivas Lobera como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, ha sido aprobada y aceptada por:

M.I. Javier González Cantú
Director de la Facultad de Ingeniería

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Secretario de Investigación y Posgrado

M.I. Martha Lorena Calderón Fernández
Coordinador Académico

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Director de Tesis

Enero de 2019

Comité:

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar
M.I. Blas Eduardo Magallanes Ramírez
M.I. Agustín Javier Tonche Ramos

© Derechos Reservados

Lucio Rivas Lobera

Circuito No. 1, Campus
Universitario 2, Chihuahua, Chih.
C.P. 31125

ENERO DE 2019



ING. LUCIO RIVAS LOBERA

Presente

En atención a su solicitud relativa al trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **Dr. Alejandro Villalobos Aragón** para que lo desarrolle como tesis, con el título: **“MODELO DE UNIDADES GEOELÉCTRICAS DEL ACUÍFERO EL SAUZ-ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO”**.

Índice

Agradecimientos

Resumen

Índice de tablas

Índice de figuras

1. Introducción

1.1 Objetivo general

1.2 Estudios previos

2. Marco físico

2.1 Ubicación del área de estudio

2.2 Clima

2.3 Edafología

3. Geología

3.1 Geología regional

3.2 Geología local

3.3 Geomorfología

4. Geofísica

4.1 Prospección geofísica: sondeos eléctricos verticales



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

5. Metodología

5.1 Equipo empleado

5.2 Trabajo de campo

5.3 Trabajo de gabinete

6. Conclusiones y recomendaciones

7. Bibliografía

Solicitamos a Usted tomar nota de que el título del trabajo se imprima en lugar visible de los ejemplares de las tesis.

ATENTAMENTE
"Naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

M.I. JAVIER GONZÁLEZ CANTÚ

FACULTAD DE
INGENIERÍA
U.A.C.H.



DIRECCIÓN

EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO

DR. ALEJANDRO VILLALOBOS ARAGÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125
Tel (614) 442-95-00
www.fing.uach.mx

Dedicatoria

A mi familia:

Mis padres y hermanos gracias por su apoyo y cariño.

A mi compañera de vida Cristina y a mi hijo Lucio Santiago

por su estímulo y apoyo incondicional en todo momento,

por ser la inspiración para seguir adelante.

1. Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mi director de Tesis y amigo el Dr. Alejandro Villalobos Aragón, por su apoyo tanto personal como profesional, por su paciencia y enseñanzas.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, por la formación y recursos brindados para la realización de esta Tesis.

A mis revisores de tesis el M.I. Rodrigo De La Garza Aguilar, el M.I. Blas Eduardo Magallanes y el M.I. Agustín Javier Tonche Ramos por su apoyo, enseñanzas a lo largo de la carrera y orientación en el desarrollo de mi Tesis.

A mis padres Esmeralda y Lucio, mis hermanos Alejandro, Héctor y Diego, quienes siempre han estado para mí, por su apoyo y cariño incondicional, gracias.

A las brigadas conformadas por los alumnos de geología, compañeros de aula y futuros colegas que me brindaron su apoyo en la toma de datos de campo.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Y en especial quiero agradecer profundamente a la persona con la que comparto mi vida, la cual siempre está para mí, apoyándome en la realización de mis metas como lo es esta tesis, la M.I. Cristina Hernández Herrera, gracias por tu ayuda y consejos.

2. RESUMEN

El agua es un recurso esencial para los seres humanos, animales y medio ambiente, por ser vital, así como una herramienta para las labores diarias. El abastecimiento sobre todo de las poblaciones en zonas áridas supone un reto para las autoridades correspondientes. El agua subterránea se ha convertido en la principal fuente de abastecimiento para todas las zonas con climas secos, donde el agua superficial escasea y no es suficiente para cubrir las necesidades básicas de la población. La ciudad de Chihuahua es un claro ejemplo de estas regiones. Es de gran importancia tener un control de la explotación, dimensión, geometría y geología de los acuíferos que proporcionan el recurso hídrico para abastecer a la población. Este proyecto propone la modelización de acuíferos como medio para llevar a cabo dicho control. Se realizó el modelo tridimensional del acuífero El Sauz- Encinillas, ubicado en la porción centro del estado de Chihuahua el cual es una de las principales fuentes de abastecimiento para la capital del estado; para ello se realizaron 8 sondeos eléctricos verticales en lugares estratégicos y así abarcar la mayor parte del acuífero, además, se interpretaron un total de 142 sondeos eléctricos verticales, distribuidos en el acuífero. Con los resultados obtenidos se registraron 5 unidades geoelectricas y se realizó un modelo tridimensional. En este modelo se obtuvieron un total de 13 estratos con los materiales representativos de diferentes granulometrías: arcilla, limo arena, arena-grava y grava arena. Mediante la correlación realizada entre los resultados obtenidos, fotogeología y el análisis de estudios previos en la zona de estudio se realizaron 8 secciones geoelectricas con características bien definidas.



Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2 ESTUDIOS PREVIOS.....	11
2. MARCO FÍSICO	14
2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
2.2 CLIMA.....	17
2.3 EDAFOLOGIA.....	20
3. GEOLOGIA.....	24
3.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	24
3.2 GEOLOGIA LOCAL	26
3.3 GEOMORFOLOGÍA.....	29
4. GEOFÍSICA	33
4.1 PROSPECCION GEOFISICA: SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES	33
4.1.1 RESISTIVIDAD DE LOS MATERIALES.....	33
4.1.2 SONDEO ELECTRICO VERTICAL.....	34
4.1.3 CALICATA ELECTRICA.....	35
4.1.4 ARREGLOS GEOMÉTRICOS.....	36
5. METODOLOGIA	38
5.1 EQUIPO EMPLEADO	38
5.2 TRABAJO DE CAMPO.....	39
5.3 TRABAJO DE GABINETE.....	42
5.3.1 INTERPRETACION DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES.....	42
5.3.2 INTERPRETACIÓN DE LAS UNIDADES GEOELÉCTRICAS.....	43
5.3.3 ELABORACIÓN DE MODELO TRIDIMENSIONAL	51
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7. BIBLIOGRAFIA.....	59



Índice de Tablas

Tabla 1.- Limites del acuífero El Sauz Encinillas	15
Tabla 2.- Resistividad aparente y asociación geológica.	33
Tabla 3.- Resistividades asociadas a los materiales presentes en la zona de estudio.....	43

Índice de Figuras

Figura 1.- Localización de acuífero el Sauz- Encinillas en el estado de Chihuahua.	14
Figura 2.- Delimitación del Acuífero El Sauz- Encinillas.....	16
Figura 3.- Climas presentes en el acuífero El Sauz Encinillas.	19
Figura 4.- Tipos de suelos presentes en el acuífero El Sauz Encinillas.	23
Figura 5.- Geología presente en el acuífero El Sauz Encinillas.	28
Figura 6.- Hidrología en el acuífero El Sauz Encinillas.	31
Figura 7.- Esquema simplificado de un sondeo eléctrico.	35
Figura 8.- Esquema simplificado de una calicata eléctrica.....	36
Figura 9.- Disposición de los electrodos en el arreglo Wenner.....	37
Figura 10.- Disposición de los electrodos en arreglo de Schumberger	37
Figura 11. Aparato STING R1.....	38
Figura 12. Toma de datos de campo, toma de lecturas y tendido de cableado.	40
Figura 13. Localización de los Sondeos Eléctricos Verticales.	41
Figura 14. Ejemplo de datos arrojados por el software IPI2WIN.....	42
Figura 15.- Ubicación de las secciones geoelectricas en el acuífero.....	44
Figura 16.- Sección geoelectrica 1 (IPI2WIN).	45
Figura 17.- Sección geoelectrica 2 (IPI2WIN).	46



Figura 18.- Sección geoelectrica 3 (IPI2WIN).....	47
Figura 19.- Sección geoelectrica 4 (IPI2WIN).....	48
Figura 20.- Sección geoelectrica 5 (IPI2WIN).....	49
Figura 21.- Sección geoelectrica 6 (IPI2WIN).....	49
Figura 22.- Sección geoelectrica 7 (IPI2WIN).....	50
Figura 23.- Sección geoelectrica 8 (IPI2WIN).....	51
Figura 24. Vista oblicua del modelo tridimensional.	53
Figura 25. Vista oblicua del modelo tridimensional.	53
Figura 26. Vista en planta del modelo tridimensional.....	54
Figura 29. Ubicación de los perfiles A y B en el modelo.	55
Figura 27. Perfil en los sondeos 73, 25, 16, 15, 75, 14 y 76.	56
Figura 28. Perfil en los sondeos 11, 70, 12, 71 y 13.	56

1. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es de fundamental importancia, ya que en zonas áridas supone la mayor reserva de agua potable para el uso y consumo de los habitantes. El aprovechamiento del agua subterránea supone con frecuencia un medio rápido y conciso de combatir la pobreza y garantizar la seguridad alimentaria. Además, entendiendo la naturaleza complementaria de las aguas superficiales y subterráneas, podrán aplicarse estrategias de gestión hídrica integral que permitan promover el uso eficaz del agua y prolongar su abastecimiento.

En México se presentan grandes problemas hídricos, que abarcan la distribución desigual del recurso, la pobre innovación en el sistema hídrico y su precario mantenimiento, la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, los altos subsidios al agua, el despilfarro y fugas cotidianas, entre otras.

México, está entre los siete países con mayor insuficiencia de agua, ya que hay aproximadamente un poco más del 75% de la población vive con escasez de este recurso, y más del 20% de éstos, padecen su falta a lo largo de todo el año, teniendo como consecuencia, que México sea el cuarto país con más personas viviendo con una severa escasez de agua (CNA, 2015). En el estado de Chihuahua, se estima que la extracción subterránea anual es de 3,240 millones de metros cúbicos, la cual es ligeramente inferior a la recarga total de 3,350 millones de metros cúbicos. El estado cuenta con 61 acuíferos, los cuales están sobreexplotados. En 41 de ellos ya no hay disponibilidad de agua, y 19 más están en veda (CNA, 2015).

A consecuencia de esta sobreexplotación y escasez de agua en el estado, se considera como parte de la solución, el tener una buena administración del recurso, lo cual se pretende realizar mediante un monitoreo constante y estricto de nuestros acuíferos a través de su modelización. Esta es una herramienta eficaz para la administración y control del recurso.



1.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener modelos en 2D y 3D de las unidades geoelectricas presentes en el acuífero El Sauz- Encinillas, obtenidas mediante técnicas resistivas.

1.2 ESTUDIOS PREVIOS

Se han llevado a cabo estudios geohidrológicos de evaluación, así como caracterizaciones geofísicas del acuífero de estudio, a continuación, se mencionarán los más importantes.

En 1980, la empresa PROYESCO S.A., elaboró para la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, el estudio: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE LOS VALLES DEL SAUZ Y TABALAOPA, CHIHUAHUA, PARA PROPORCIONAR AGUA EN BLOQUE A LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, CHIH., Esto a partir de la interpretación de 33 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) recomienda sitios favorables para la extracción de agua subterránea, en el cual únicamente encuentra 12 lugares favorables.

En 1988 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, elaboró el ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOHIDROLÓGICA EN LA ZONA NORTE DEL VALLE DEL SAUZ, PARA DELIMITAR LAS ÁREAS DE EXPLOTACIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA Y ETAPAS SUCESIVAS, PARA SUMINISTRAR DE AGUA A LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, CHIH., Comprendió actividades de campo como la actualización del censo de aprovechamientos realizado en 1985 en la porción central del acuífero, realización de pruebas de bombeo (5), muestreo y análisis del agua subterránea (15); con la información generada se plateó el balance de aguas subterráneas y se precisó el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero.

También en 1988, la empresa TEGMIN S.A. de C.V., elaboró para la Comisión Nacional del Agua: REACTIVACIÓN DE REDES DE MONITOREO DE LOS ACUÍFEROS DE LOS VALLES DE: CASAS GRANDES, CUAUHTÉMOC, EL SAUZ-ENCINILLAS Y ASCENSIÓN, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA, Concluye



que el acuífero es de tipo libre, presenta permeabilidad media y está compuesto por depósitos aluviales y conglomerados, constituidos con fragmentos que varían de bloques hasta arcillas. De acuerdo con los resultados del estudio, la red piezométrica del acuífero Sauz-Encinillas, se compone de 36 pozos piloto y de 7 pozos piezométricos se determinó que la dirección preferencial de flujo subterráneo es de oeste a este con desvío a la Laguna de Encinillas.

En 2004, Alejandro Villalobos Aragón desarrolló el estudio SEDIMENTOLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL ABANICO ALUVIAL DE LA LAGUNA DE ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO. Con el cual se contribuyó al conocimiento hidrogeológico de la cuenca de la Laguna de Encinillas, específicamente del abanico aluvial del Cañón de Santa Clara, al definir mediante la adquisición e interpretación de información geofísica, la sedimentología y geometría de sus ambientes sedimentarios, sus características geomorfológicas e hidrogeológicas, cuantificar la distribución y disponibilidad del agua a lo largo de los años, para finalizar con la propuesta de un modelo hidrogeológico conceptual para la zona de estudio.

En 2008 la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua (JMAS) junto con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), aportó el estudio: DIAGNÓSTICO, MODELACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE SECTORES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, Este estudio está enfocado a la cobertura de agua potable en la ciudad de Chihuahua que es del 93.8% y las acciones para mantenerlo e incrementarlo. Describe las fuentes de abastecimiento al sistema de agua potable de la ciudad de Chihuahua.

En 2013, la Universidad Autónoma de Chihuahua elaboró para la Comisión Nacional del Agua EVALUACIÓN DE LAS FUENTES ACTUALES DE ABASTECIMIENTO A LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE FUENTES ALTERNAS Y ANTEPROYECTO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA NECESARIA Este estudio tuvo como objetivos generales el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos mediante el diagnóstico de la evolución de los niveles del agua, obtener información necesaria



para calcular su recarga y determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea; así como conocer el número y distribución de las captaciones de agua subterránea existentes en la zona. Mediante la realización de actividades de campo que incluyeron censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones, realización de pruebas de bombeo y reconocimientos geológicos, fue posible plantear el balance de aguas subterráneas.

En 2015, Irianyt González Rojas realizó CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE LA ZONA NORTE DEL ACUÍFERO EL SAUZ – ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO. El cual consistió en una caracterización geofísica de la porción Norte del acuífero El Sauz-Encinillas, mediante la realización de sondeos eléctricos verticales, con el fin de identificar y delimitar unidades geoeléctricas en el subsuelo.

En 2016, Lucio Rivas Lobera realizó USO DE TECNICAS RESISTIVAS EN LA PORCIÓN CENTRO-SUR DE LA LAGUNA DE ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO. Este estudio tuvo como objetivo el realizar la caracterización geofísica mediante sondeos resistivos en las cercanías de la Laguna de Encinillas, para determinar espesores de unidades geoeléctricas en el subsuelo.

En 2017, Miriam Nayeli Villalobos Gutiérrez elaboró, CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE LA ZONA NORTE DE LA LAGUNA DE ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO. En este estudio se tuvo como objetivo el realizar la caracterización geofísica mediante Sondeos Eléctricos Verticales en la porción Norte de la Laguna de Encinillas, con el fin de identificar y delimitar las diferentes unidades geoeléctricas del subsuelo.

2. MARCO FÍSICO

2.1 Ubicación del área de estudio

El acuífero El Sauz-Encinillas se localiza en la porción centro del estado de Chihuahua y comprende una superficie de 2,743 km² (CONAGUA, 2015).

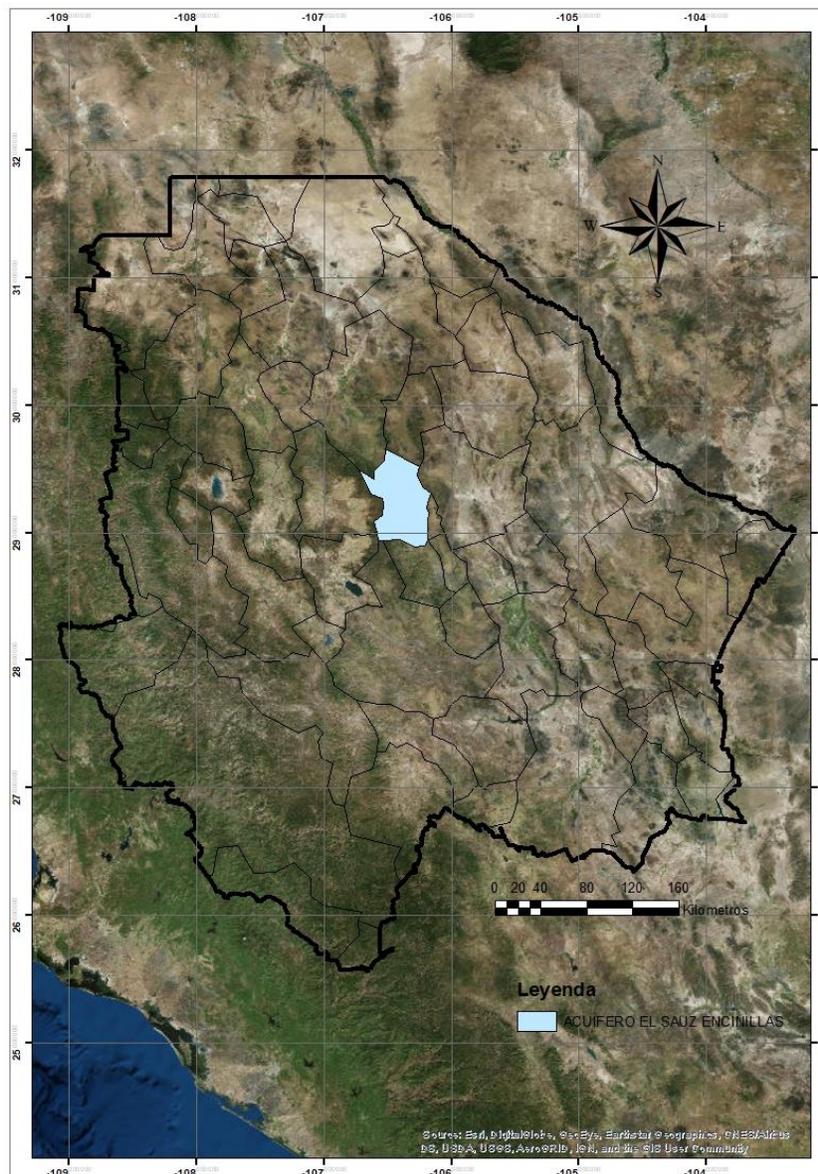


Figura 1.- Localización de acuífero el Sauz- Encinillas en el estado de Chihuahua.

El acuífero se encuentra definido por los vértices que se muestran en la Tabla 1, la cual se presenta a continuación.

Tabla 1.- Limites del acuífero El Sauz Encinillas

ACUIFERO EL SAUZ - ENCINILLAS						
Vertice	Longitud Oeste			Latiud Norte		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1	106	31	20.6	29	39	41.5
2	106	15	15.3	29	31	7.5
3	106	15	59.8	29	27	6.9
4	106	13	24.6	29	20	54.1
5	106	9	34.6	29	18	32.4
6	106	10	57.4	29	15	49.8
7	106	11	35.2	29	1	53.2
8	106	10	47.4	29	9	42.7
9	106	11	15.1	29	4	56.6
10	106	11	17.5	29	56	7.4
11	106	12	54.9	29	53	56.1
12	106	17	51.1	29	53	31.1
13	106	24	2.8	29	56	46
14	106	32	48.5	29	56	19.5
15	106	34	42	29	56	22.2
16	106	35	19.3	29	0	32.4
17	106	36	31.8	29	5	3.9
18	106	32	49.1	29	8	3.9
19	106	31	55.5	29	13	27.9
20	106	32	26.6	29	16	19.6
21	106	38	3.4	29	8	20.2
22	106	43	26.8	29	29	40.5
23	106	36	42.8	29	25	10.4
24	106	36	22.3	29	28	57.6
25	106	31	46.7	29	34	8

El acuífero El Sauz Encinillas colinda al norte (Figura 2) con los acuíferos Flores Magón – Villa Ahumada y Laguna de Tarabillas, al Oeste con Santa Clara y Cuauhtémoc, al sur colinda con Chihuahua Sacramento y Alto Rio San Pedro, al este se encuentran Laguna de Hormigas y Laguna el Diablo (CONAGUA, 2015).

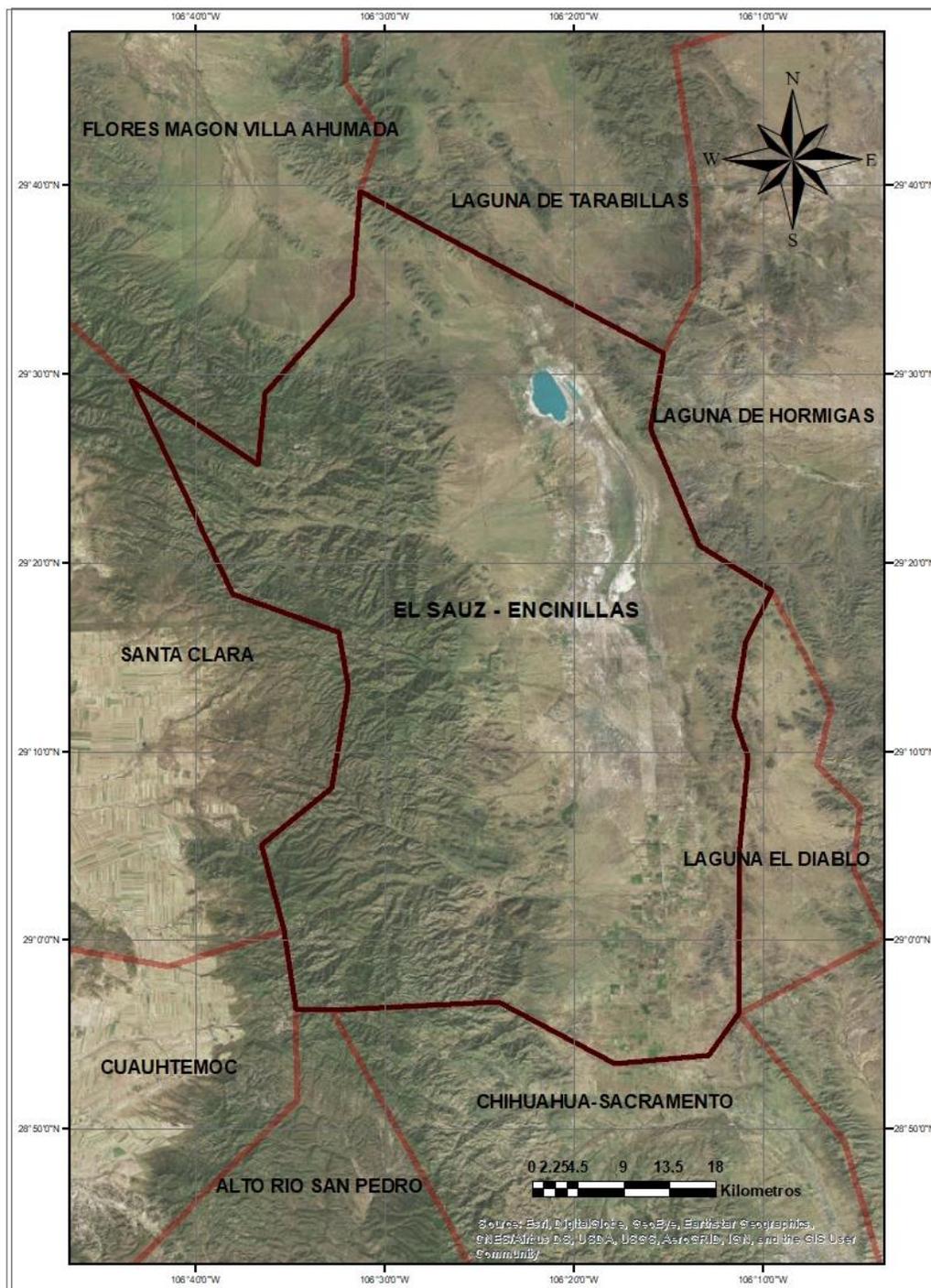


Figura 2.- Delimitación del Acuífero El Sauz- Encinillas.

2.2 Clima

El clima en el acuífero El Sauz Encinillas, presenta diferencias notables debido a su orografía. Y varía entre el clima muy seco de las llanuras y el clima templado subhúmedo propio de las partes altas de las Sierras (Figura 3).

En el estado la temperatura media es de 17°C. Con máximas que superan los 40°C y mínimas que pueden bajar de -20°C. Las lluvias son escasas en Chihuahua y se dan durante los meses de verano. La pluviosidad anual apenas llega a los 500 mm (CONAGUA, 2015). Es un clima muy soleado durante la mayor parte del año. Y con una humedad relativa muy baja. Alrededor del 40% durante la mayor parte del año. Un clima semiárido en la mayor parte del territorio. Aunque en el clima de Chihuahua se diferencian tres grandes zonas climáticas.

BWkw(w).- Muy seco templado. Corresponde solamente a una pequeña parte al este del acuífero, corresponde a un clima muy seco y desértico. Templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente mayor de 18°C (CONAGUA, 2015). El régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año y un porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la anual.

BS0kw. - Seco templado. Clima presente en la zona norte, así como en la parte central del área del acuífero, es el clima estepario más seco dentro de este grupo, templado, con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18°C, de la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente mayor a 18°C. El porcentaje de precipitación invernal oscila entre 5% y 10.2% del total anual, verano cálido (CONAGUA, 2015). El régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año.

BS0kw(w). - Seco templado. Abarca parte de la porción sureste del acuífero, es el clima estepario más seco, templado con lluvias en verano, el porcentaje de precipitación invernal es menor de 5%, es decir, presenta sequía en esta época del año, verano cálido. Temperatura media anual entre 12 y 18°C, del mes más frío

entre -3 y 18°C y la del mes más cálido mayor a 18°C (CONAGUA, 2015). El régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año.

BS1kw. - Semiseco semifrío. Ocupa una franja de la zona central del acuífero, de norte a sur. Es un clima estepario que corresponde a los menos secos de los secos, semiseco, templado con verano cálido, la temperatura media anual entre oscila entre 12 y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más cálido mayor de 18°C, presenta invierno con precipitaciones y fresco con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la total anual (CONAGUA, 2015). El régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año.

C(w1). - Templado subhúmedo. Este clima está presente en la parte oeste de la zona, en diferentes proporciones, corresponde al grupo de climas templados subhúmedos, intermedio en cuanto a humedad. La temperatura media anual entre 18 y 22°C, el régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año.

C(E)(w1). - Semifrío subhúmedo. Ocupa zonas de la parte oeste del acuífero, corresponde al grupo de climas semifrío subhúmedo, con humedad media. El régimen de lluvias de verano es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco del año, la precipitación invernal oscila entre 5 y 10.2% (CONAGUA, 2015).

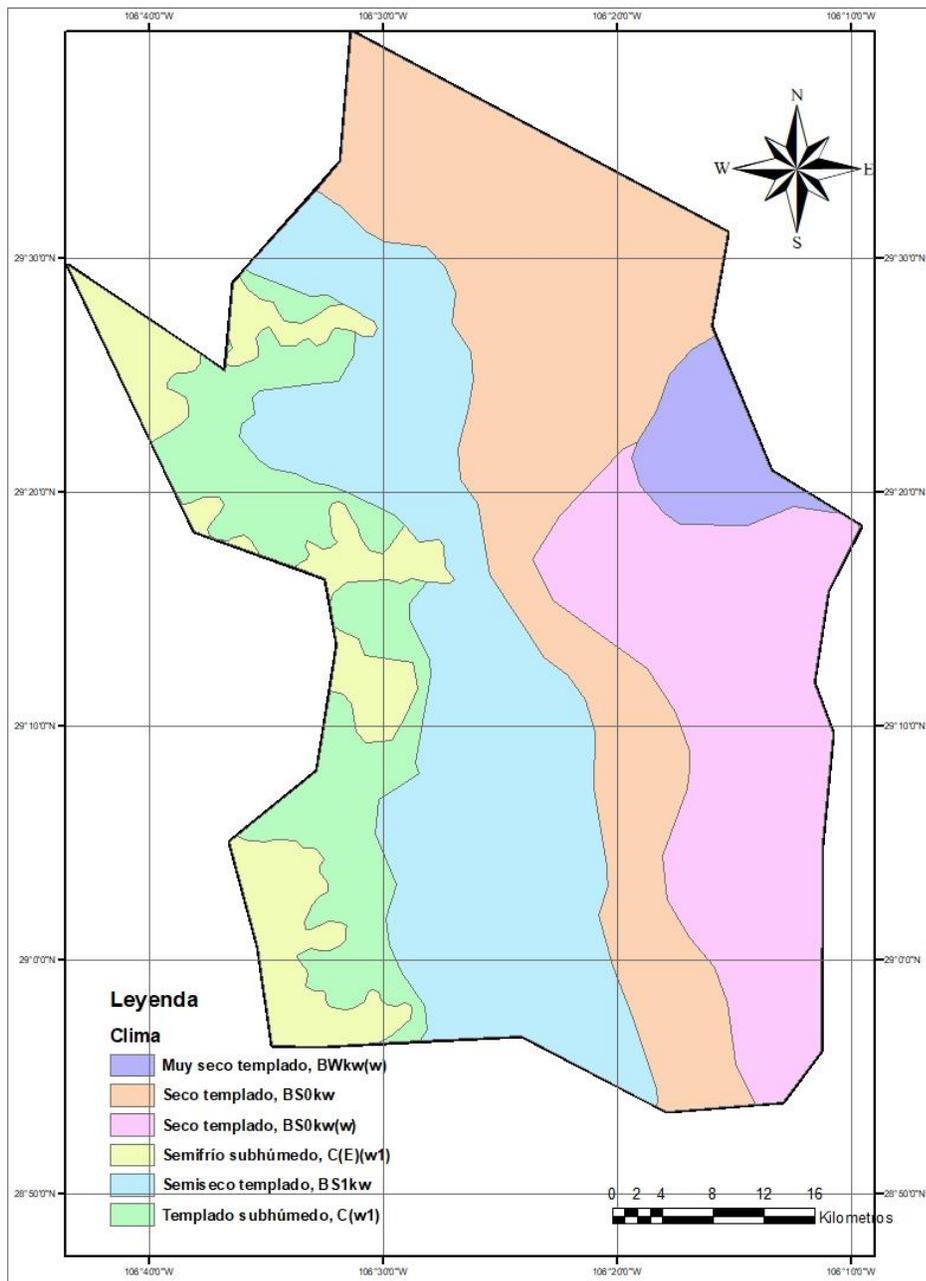


Figura 3.- Climas presentes en el acuífero El Sauz Encinillas a partir del archivo Shape clima escala 1:1000000 (INEGI).

2.3 EDAFOLOGIA

A continuación, se proporcionará una breve descripción de los tipos de suelo presentes en la zona de estudio. La información fue obtenida del INEGI (2012).

Feozem. Viene del griego, *phaeo*: pardo; y del ruso, *zemljá*: tierra. Tierra parda, su símbolo es H. Esta unidad se localiza en la porción centro-norte del acuífero, donde se forma el abanico aluvial del cañón de Santa Clara. Es uno de los suelos encontrados en parte del pie de monte, puede presentarse en cualquier relieve y clima, exceptuando regiones tropicales lluviosas y zonas muy desérticas. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes; su profundidad es variable dependiendo del relieve en el que se presenta, a menor pendiente se exhiben más profundos, mientras que en pendientes pronunciadas son generalmente superficiales. Se utilizan para agricultura de riego y temporal con rendimientos altos, en terrenos con pendientes pequeñas, siendo así poco susceptibles a la erosión, encontrando cultivos de granos, legumbres y hortalizas. Son utilizables también para el pastoreo o la ganadería y su uso dependen de la disponibilidad de agua para riego así como de las características del terreno (INEGI, 2012).

Litosol. Proviene del latín, *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra, su símbolo es I. Este suelo ocupa la mayor superficie dentro del acuífero, concentrado en la porción centro-occidental, y en menor proporción en el extremo oriental. Es el suelo más comúnmente encontrado, ocupan 22 de cada 100 ha de suelo, puede presentarse en cualquier tipo de clima y no tiene una vegetación estrictamente definida, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos, su profundidad es menor a diez cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. El uso de estos suelos depende de la vegetación con la cual se encuentran recubiertos, la susceptibilidad a la erosión que presentan se da en función de los factores ambientales. No tiene subunidades y puede ser destinado a la agricultura para el cultivo de maíz o nopal, si existe el suministro suficiente de agua, también puede emplearse para el pastoreo (INEGI, 2012).

Regosol. Del griego, *reghos*: manto, cobija o capa de material que cubre la roca, su símbolo es R. Este suelo se puede observar alrededor del valle, justo donde termina el suelo litosol, además de pequeñas porciones hacia el oeste del acuífero.

Suelos ubicados en diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Son poco desarrollados y presentan capas muy diferentes entre sí, son de color claro y pobres en materia orgánica con mucha similitud a la roca que los genera. Son poco profundos, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la pedregosidad y profundidad que presentan (INEGI, 2012).

Solonetz. Del ruso *sol*: sal, *etz*: fuertemente expresado. Connotativo de suelos con altas concentraciones de sales, su símbolo es S. Dentro del acuífero este suelo se encuentra presente cubriendo la mayor parte de la superficie del valle. Se caracteriza por tener subsuelos con altos contenidos en arcillas las cuales forman prismas o columnas debido al alto contenido de sales de sodio. Estas se localizan en zonas donde se acumulan las sales, en particular, el álcali de sodio. Su vegetación natural es escasa y cuando existe puede ser pastizal o matorral, no tiene uso agrícola y su recuperación es difícil y costosa (INEGI, 2012).

Xerosol. Del griego, *xeros*: seco. Literalmente, suelo seco. Característico de zonas áridas y semiáridas, su símbolo es X, su vegetación natural es de matorral y pastizal, es uno de los suelos más frecuentemente encontrados en el territorio. Dentro del acuífero se distribuye principalmente en los alrededores del valle, concentrándose hacia los extremos sur y norte. Tienen una capa superficial de color claro debido al bajo contenido de material orgánico, puede existir un subsuelo rico en arcillas subyaciendo esta capa, generalmente presentan aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza (INEGI, 2012).

Su rendimiento agrícola se encuentra en función de la disponibilidad de agua, tienen baja susceptibilidad a la erosión la cual se incrementa conforme aumenta la inclinación del relieve, su vegetación natural es el pastizal y matorral.



Yermosol. Del español, *yermo*: desértico, desolado. Literalmente, suelo desolado, su símbolo es Y. Este suelo se encuentra presente en una pequeña porción al norte del acuífero. Localizado principalmente en zonas áridas principalmente en la región norte de la república. En ocasiones presentan capas de cal, yeso y sales en la superficie o en alguna parte del subsuelo, la capa superficial es pobre en contenido orgánico. Su uso agrícola depende de la dotación de agua que se pueda asignar, sin embargo, tiene buenos rendimientos en la agricultura, es común encontrar vegetación como la candelilla, nopal y lechuguilla (INEGI, 2012).

Ranker. Suelos generalmente de pendiente fuerte. Se caracterizan por ser ácidos y poco carbonatados, pueden alcanzar varios metros de profundidad, tienen alto contenido de materia orgánica, y se encuentran sobre rocas silíceas. Su típica granulación es arenosa (Ojea, et al, 1982).

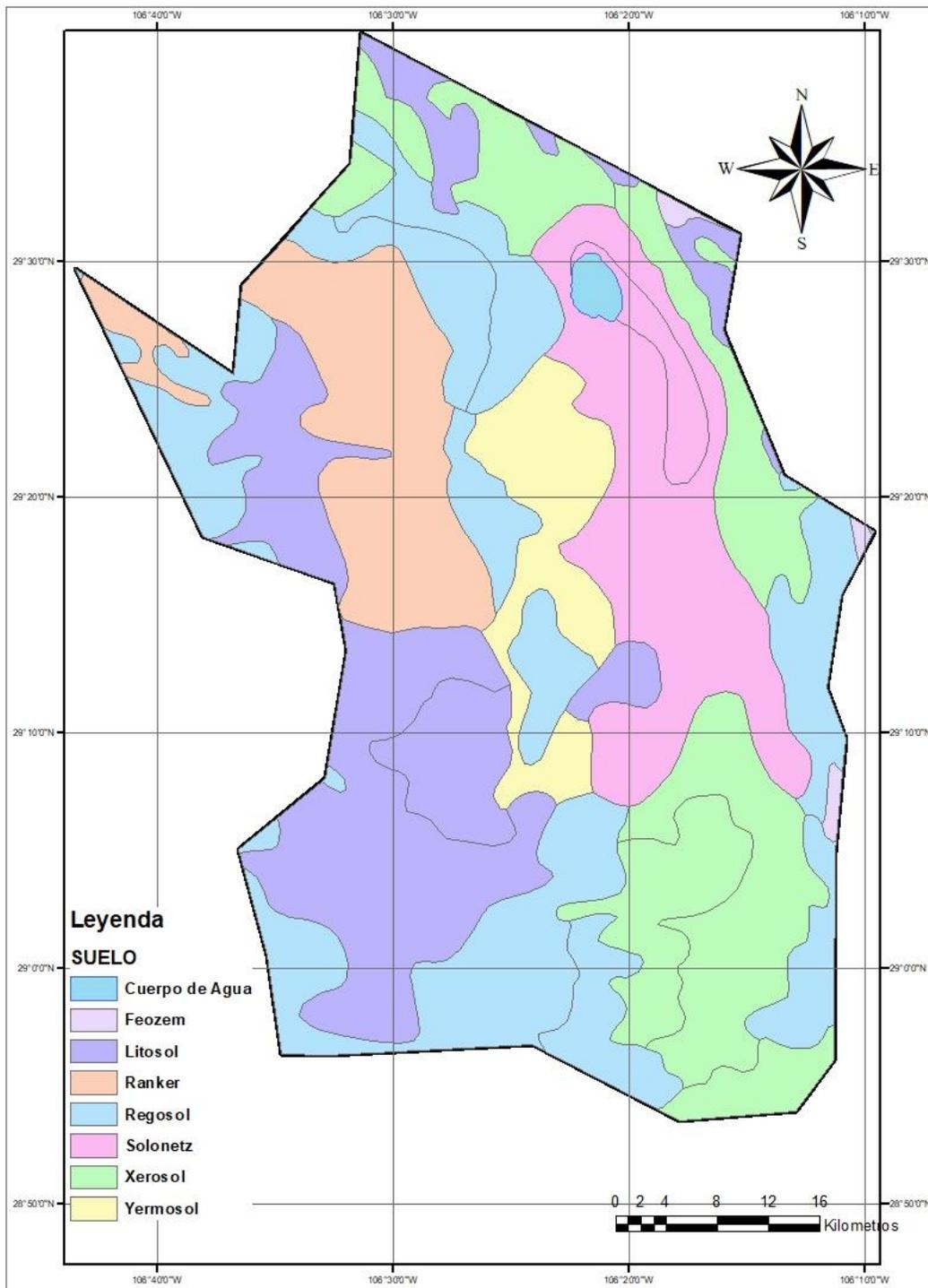


Figura 4.- Tipos de suelos presentes en el acuífero El Sauz Encinillas a partir del archivo Shape Edafología 1 escala 1:1000000 (INEGI).

3. GEOLOGIA

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

El acuífero Sauz - Encinillas se encuentra emplazado en depósitos aluviales del Cuaternario de gravas y arcillas que rellenan una fosa tectónica en el Valle El Sauz; limitado en el norte por la Sierra de Providencia, cordón de Gato y Sierra de Gallegos, al este por la Sierra de Peña Blanca y sierra del Cuervo, al sur por el acuífero Chihuahua - Sacramento y al oeste por las sierras de Majalca, El Nido y Papurrín que están conformadas por tobas, domos y flujo con intercalación de ignimbritas de composición riolítica (Figura 5) (CONAGUA, 2016).

La Sierra de Majalca desarrolla una serie de mesas separadas por profundas cañadas, que presentan un frente occidental muy escarpado con altura de 2,530 msnm, descendiendo bruscamente al valle de El Sauz. La Sierra Peña Blanca ha sido muy estudiada debido a la presencia de yacimientos de uranio, considerados como los más grandes del país. Es de topografía accidentada en su flanco oriental y de relieve más suave, en el occidental afloran rocas calcáreas cretácicas intercaladas con rocas volcánicas terciarias con orientación es N-S (CONAGUA, 2016).

Las rocas más antiguas se localizan en la porción sur de la sierra y representan sedimentos paleozoicos sobre los cuales se depositó la secuencia cretácica de la Formación Edwards. La Sierra Calera - El Nido tiene en general una orientación N-S, se extiende por 140 km aproximadamente, su topografía es irregular y accidentada, presentando profundos cañones (Bella Vista, Santa Clara, etc.). Se encuentra limitada por fallas y está compuesta en su mayoría por potentes espesores de rocas ígneas alcalinas terciarias. El cañón de Santa Clara está constituido por casi 1,000 m de rocas volcánicas terciarias de composición riolítica con basaltos y flujos de andesita (CONAGUA, 2016).

Localmente en la porción central del acuífero afloran algunas unidades de andesitas y derrames de basaltos que sobreyacen a la formación de tobas riolíticas terciarias. Ambos bloques estructurales se encuentran afectados por grandes fallas



normales producto de un evento distensivo del Oligoceno-Mioceno, generalmente poseen una morfología de mesetas escalonadas. El flanco oeste de la unidad de tobas riolíticas que representa a las rocas volcánicas riolíticas presenta altos escarpes. La mayoría de las unidades serranas tienen una orientación aproximada NNO-SSE y gran longitud. En el extremo norte afloran dos cuerpos intrusivos un pórfido granítico y un pórfido traquítico que intrusionan localmente a la formación de tobas riolíticas (CONAGUA, 2016).

El Mesozoico está representado por pequeños afloramientos en el sur oriental del acuífero por calizas de la formación Aurora. Entre las estructuras serranas se encuentran asociaciones complementarias de bajadas y llanuras rellenas por material aluvial (bolsones). Las Sierras que afloran en la subprovincia de Bolsón de Mapimí están estructuralmente definidas de noroeste-sureste y de oeste a este, son anticlinales desarrollados en rocas carbonatadas cretácicas; aunque también afloran rocas ígneas extrusivas del Terciario y Cuaternario, en un relieve escarpado asociado a mesetas, lomeríos, bajadas y cañadas. Durante el Cuaternario, se presentan depósitos aluviales que fueron rellenando el valle de El Sauz-Encinillas, producidos por la erosión de las rocas preexistentes, están compuestos de conglomerados y aluvión con fragmentos que varían en diferentes tamaños, de bloques hasta arcillas, con matriz arcillo-arenosa. Estos depósitos representan diferentes sub-ambientes sedimentarios como son depósitos de planicie de inundación, abanicos aluviales, depósitos de cauce y depósitos de pie de monte (CONAGUA, 2016).

3.2 GEOLOGIA LOCAL

CALIZAS (KiCz). En esta descripción se comprenden las formaciones Aurora, Tamaulipas Superior, Glen Rose, Walnut, Finlay y Edwards. Clasificadas como wackstone-packstone, se encuentran en estratos gruesos a masivos de color gris el cual se intemperizan gris claro, contiene bandas de pedernal negro en capas gruesas, en ocasiones con dolomías, así mismo están presentes margas y calizas arcillosas en capas medianas a laminares de color gris azulado que intemperiza gris claro, con abundantes concreciones de pedernal negro (Hill, 1891). Estas se encuentran en la porción Sureste del acuífero. Su ambiente de depósito se llevó a cabo en una plataforma abierta, cerca de procesos arrecifales.

CONGLOMERADO POLIMÍCTICO (QCgp). La unidad presenta una litología de conglomerados mal clasificados con fragmentos de angulosos a sub-redondeados derivados principalmente de rocas volcánicas como ignimbritas, andesitas, riolitas, basaltos y en algunas ocasiones de calizas, se presentan mal cementados, con una matriz arcillo-arenosa limosa; de color café claro; su espesor no fue medido, pero se le estimo en aproximadamente 100 m Dumble (1900), Por lo general cubren parcialmente y en discordancia angular a rocas preexistentes. Por su posición estratigráfica y su relación de campo, se le asigna dentro del Cuaternario (Pleistoceno) y se correlaciona con todas las gravas y gravillas que constituyen el piamonte de la mayoría de las Sierras y Cerros de la región. Aflorando en el sur del acuífero en los cerros Colorado y El Güero.

CONGLOMERADO (TmCgp). Esta formación está compuesta principalmente por conglomerados de color café claro, en su mayor parte por fragmentos de rocas ígneas que varían de milímetros hasta 40 cm de diámetro, con matriz arcillosa-arenosa, a veces bien cementada, con intercalaciones de areniscas con matriz

arcillosa. Su espesor estimado es de 150 m. La unidad formacional descansa discordantemente con rocas ígneas volcánicas del Terciario. Este se encuentra en la porción Norte del acuífero. Por su posición estratigráfica, se le asigna una edad tentativa dentro del Mioceno-Plioceno, y se correlaciona con el conglomerado Gila de Arizona. Estas rocas se depositaron en ambiente continental, como abanicos aluviales, a lo largo de los flancos de las cadenas montañosas King (1939),

ALUVIÓN LACUSTRE (Qal). Se define a todas las rocas expuestas en los lechos de los cauces de los ríos, arroyos y en las partes bajas en áreas de cultivo principalmente. Aflora en las partes bajas o en las depresiones de las subcuencas. Está conformada por fragmentos de roca mal clasificados de angulosos a subredondeados, principalmente de origen volcánico. Existen así mismo una gran cantidad de gravas, arenas, limos y arcillas. Este material se encuentra en la parte Centro – Este del acuífero. Su espesor varía desde cinco cm hasta decenas de metros. La edad de estos depósitos va del Cuaternario (Holoceno) y se correlacionan con todos los sedimentos que rellenan las partes bajas en áreas de cultivo, así mismo los que rellenan los cauces de los arroyos (Conagua 2016).

IGNEA EXTRUSIVA ACIDA Ts (igea). Bockoven (1976) la describe como una roca de color rojo en superficies frescas y gris-rojizas en superficies intemperizadas; pobre en cristales, y con líneas de flujo que le dan apariencia leñosa y de pizarra por la fisibilidad resultante. Hacia el poniente de la Sierra del Gallego, se pudo observar el miembro superior de la unidad, que está constituida por una riolita bastante fluidal; de textura porfídica en matriz afanítica, de color café claro con bandas rojizas y en partes predominantemente rojizas, que intemperiza en gris y café amarillento; presenta hacia su cima, porciones esferulíticas y vítreas.

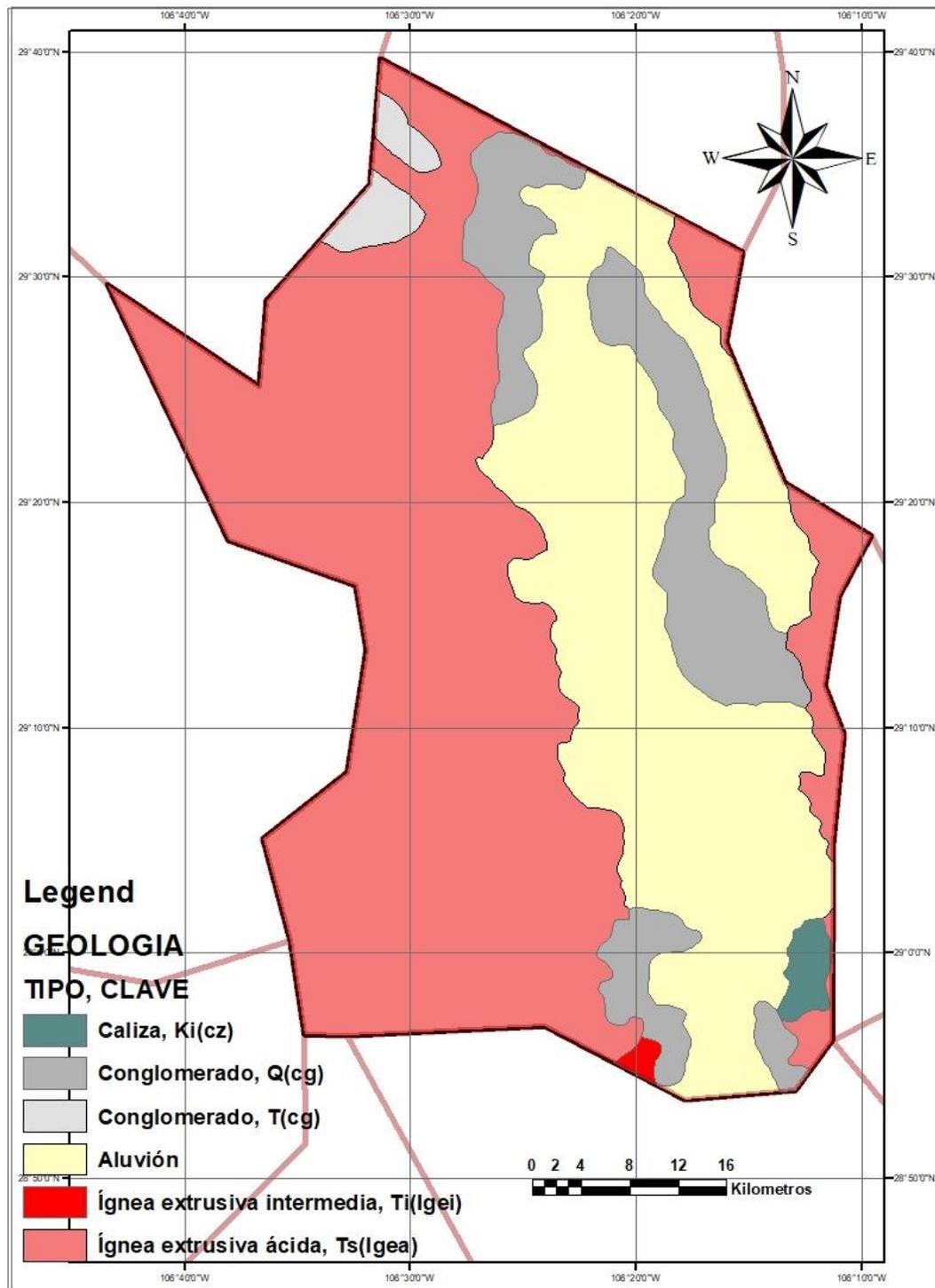


Figura 5.- Geología presente en el acuífero El Sauz Encinillas a partir del archivo Shape Geología escala 1:1000000 (INEGI).



IGNEA EXTRUSIVA INTERMEDIA Ti (Igei). Bockoven (1976) la describe como una andesita que está constituida por fenocristales rodeados por una matriz de la misma composición mineralógica. Hacia su cima, esta unidad muestra cierto aspecto fluidal; la dirección de los flujos se presenta muy variable y en algunos lugares da la impresión de pseudopliegues. Esta se encuentra en la porción sur del acuífero.

3.3 GEOMORFOLOGÍA

El acuífero El Sauz-Encinillas es afectado por dos grandes provincias fisiográficas, al este la provincia de Cuencas y Sierras y al oeste la Sierra Madre Occidental. La porción montañosa al oeste de la cuenca ocupa un poco más de un tercio del acuífero, esta se originó gracias al gran evento compresivo llamado orogenia Laramide, es por ello por lo que podemos encontrar rocas extrusivas félsicas, del lado oeste se puede apreciar el llano provocado por la provincia de cuencas y sierras la cual dio cabida a la acumulación de sedimentos y fluidos.

Las unidades fisiográficas que conforman el acuífero son llanura aluvial inundable y salina en la franja centro norte del acuífero esto debido a la extrema evaporación, facilitada por el material arcilloso que se encuentra en la Laguna de Encinillas, en la porción centro sur encontramos las llanuras aluviales, rodeando estas áreas se presentan las bajadas típicas, hacia la parte occidental se observan sierras altas con meseta, al norte, noreste y sur este se muestran porciones de sierras escarpadas al parecer de un material ígneo (CONAGUA, 2016).

El acuífero está limitado al oeste por una importante unidad montañosa de gran longitud y altitud, formada por un sistema de sierras: Sierra Los Fresnos, Sierra Rusia y Sierra Victorino. Este sistema de sierras esta labrada por la acción de las corrientes de agua producto de lluvias, desarrolla una serie de mesas separadas por profundas cañadas que presentan un frente occidental muy escarpado, con elevaciones máximas de 2700 msnm (cerro La Campana, a la salida del cañón de Santa Clara) donde se presenta una diferencia de elevación con respecto al valle



de aproximadamente 1200 m.; encontrándose el valle de Santa Clara. Estos cambios tan bruscos de altitud y litológicos son efecto de las fallas normales provocadas por el episodio de cuencas y sierras que afectan a la región (CONAGUA, 2016).

El acuífero se encuentra limitado al este por una serie de lomeríos bajos, de composición riolítica, y algunos estratos de basalto y conglomerado monomítico (caliza). Ambas unidades orográficas fueron formadas sobre una potente secuencia de tobas e ignimbritas riolíticas en un depósito aparentemente horizontal, por ello, el relieve es en su mayor parte escalonado debido a la erosión diferencial. A la salida de los arroyos que descienden de las sierras Los Fresnos-Rusia-Victorino, se forman numerosos abanicos aluviales, que en ocasiones se unen en una morfología dominante en bajadas compuestas por sedimentos granulares, desde gravas depositadas al pie de monte hasta limos y arcilla, materiales que descansan en la porción centro del acuífero (CONAGUA, 2016).

En el valle del Sauz los sistemas orográficos inscriben una llanura casi uniforme y de relieve reducido, con una ligera orientación hacia el norte. En la porción norte de la planicie se localiza una laguna de fondo somero, que cubre un área máxima de 18 km², reduciéndose notablemente en épocas de estiaje, en esta se puede apreciar las sales que se han ido depositando a lo largo del tiempo a causa de la alta tasa de evaporación del área. La altitud media de la llanura es de 1500 msnm (CONAGUA, 2016).

3.4 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

La laguna de Encinillas es la más importante dentro del acuífero, esta cuenca es cerrada por lo cual el agua que llega a esta se queda estancada hasta infiltrarse, consumirse por la fauna del área o bien hasta evaporarse, los arroyos principales que alimentan esta cuenca son: El Sauz, el Papurrín, La Campana, los Prietos – Santa Clara y Las Playas (Figura 6).

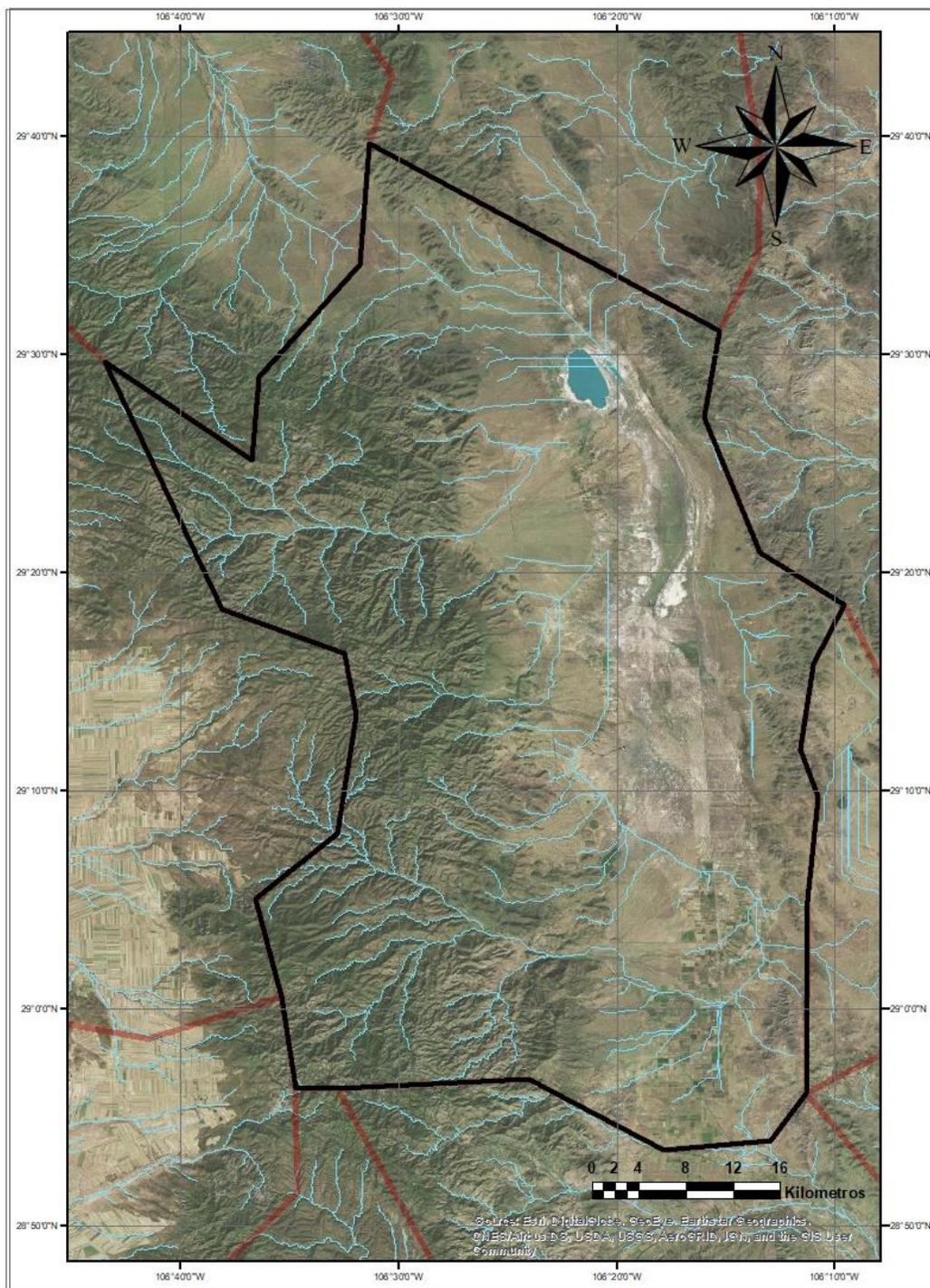


Figura 6.- Hidrología en el acuífero El Sauz Encinillas.



La laguna de Encinillas capta la mayor parte de los escurrimientos que se generan en su cuenca, la cual es de dimensiones relativamente importantes pues alcanza 82 km de largo en dirección norte sur y unos 40 km de ancho. El parteaguas que limita la Laguna de Encinillas tiene una longitud de 352.4 km.

El arroyo El Sauz, el cual nace numerosos afluentes en el cerro la Campana, al este de Nuevo Namiquipa y al este del acuífero, este tiene un cauce amplio; primero hacia el sureste, luego hacia el este pasando por la localidad Bellavista, cerca de la localidad el Sauz cambia de rumbo hacia el norte, pasa cerca de las localidades de Nuevo Delicias y El Peñol, hasta desembocar en la laguna de Encinillas. La longitud del recorrido es de 90.5 km y una pendiente general de 1.17 (CONAGUA 2016).

4. GEOFÍSICA

4.1 PROSPECCION GEOFISICA: SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Todas las técnicas geofísicas tratan de distinguir o identificar las formaciones geológicas en el subsuelo mediante uno o varios parámetros físicos, por ejemplo, en sísmica, mediante la velocidad de transmisión de las ondas o en prospección eléctrica la resistividad.

Existen varias técnicas geofísicas eléctricas o electromagnéticas que miden la resistividad o conductividad (algunos casos) de los materiales. Algunas de estas técnicas son modernas y mucho más precisas, pero los Sondeos Eléctricos Verticales se siguen utilizando por su sencillez y la relativa economía del equipo que se utiliza. El objetivo de los sondeos eléctricos verticales es delimitar algunas capas del subsuelo con respecto su resistividad y espesor.

4.1.1 RESISTIVIDAD DE LOS MATERIALES

La resistividad en los materiales naturales varía desde 10^{-8} en los metales nativos hasta 10^{15} en micas (perpendicularmente a la foliación)(Sanchez, 1985). Los valores de la resistividad en una roca están determinados más que por su composición mineralógica, por el agua que contienen, fundamentalmente por la porosidad y por la salinidad del agua (más salinidad implica mayor conductividad). Todo esto hace que la resistividad de cada tipo de roca presente una gran variabilidad (Roman 1985). En general, en el campo encontraremos valores de este orden:

Tabla 2.- Resistividad aparente y asociación geológica.

MATERIAL	RESISTIVIDAD ($\Omega.m$)
Rocas igneas y metamorficas	> 1000
Rocas igneas y metamorficas alteradas	100 - 1000
Calizas y Areniscas	100 - 1000
Gravas	200 - 1000
Arenas	100 - 1000
Limos	10 - 100
Arcillas	1.0 - 10

Es importante resaltar que en materiales detríticos la resistividad aumenta con el tamaño de grano. En rocas compactas (en general las que deben su permeabilidad a la posible fisuración) buscaremos las resistividades más bajas, que indicarán las zonas en que la formación presente la mayor fracturación y/o alteración. En este caso también puede que las zonas o niveles de menor conductividad tampoco sean permeables si los planos de fracturación han sido invadidos por arcillas de alteración.

En una región determinada, la experiencia nos indicará qué valores concretos de resistividad presenta cada una de las formaciones. En otras ocasiones, estos valores pueden obtenerse de diagráfias o realizando Sondeos Eléctricos en el mismo punto donde exista una perforación de la que conozcamos la columna litológica (SEV paramétricos) (Roman 1985).

4.1.2 SONDEO ELECTRICO VERTICAL

Es una herramienta que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Las propiedades eléctricas de cada material que constituyen el subsuelo, tienen un cierto comportamiento ante el paso de corriente eléctrica. Comportamiento que se manifiesta en líneas de campo o flujo eléctrico constante para materiales homogéneos, por ello, al haber variación alguna en los valores, indica discontinuidades o variación de materiales. Así, los suelos gruesos o rocosos se caracterizan por presentar una alta resistividad, mientras que las zonas arcillosas o con altos contenidos de humedad y sales corresponden a bajas resistividades.

Si mantenemos el punto central (o) y vamos abriendo sucesivamente la distancia AB, la corriente eléctrica atravesará cada vez a mayor profundidad. Los sucesivos valores de ρ_a que vamos obteniendo corresponden a profundidades cada vez mayores, por lo que decimos que estamos realizando un Sondeo Eléctrico Vertical. En el esquema de la figura 7, se aprecia que la profundidad de investigación va aumentando según pasamos de AB a A'B' y A''B'' (Roman 1985).

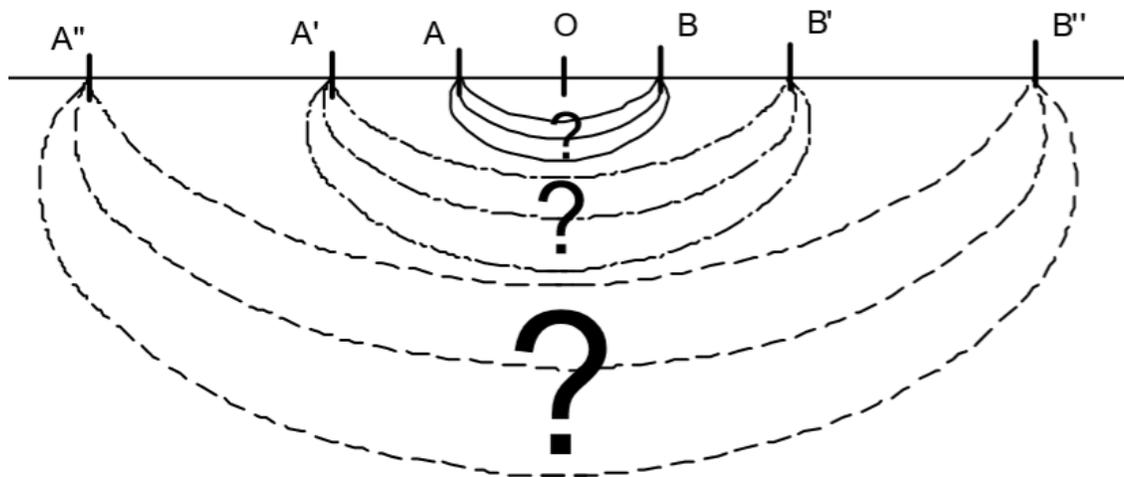


Figura 7.- Esquema simplificado de un sondeo eléctrico.

4.1.3 CALICATA ELECTRICA

Al mantener la apertura de AB y mover lateralmente todo el dispositivo (Figura 8), la profundidad de observación se mantendrá constante, por lo tanto, las variaciones laterales del terreno serán más notorias (Roman 1985).

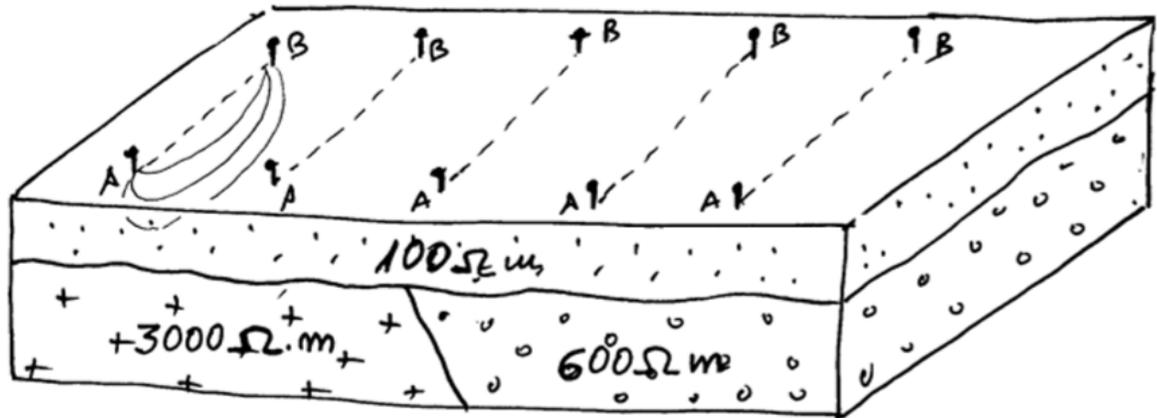


Figura 8.- Esquema simplificado de una calicata eléctrica.

4.1.4 ARREGLOS GEOMÉTRICOS

Dependiendo del objetivo que se busca, existen una gran variedad de arreglos (o acomodos) electrónicos que permiten afinar la técnica para obtener los mejores resultados posibles.

4.1.4.1 MÉTODO DE WENNER

En este arreglo los electrodos son equidistantes entre sí, a una distancia denominada “a” siendo esta la que más convenga al estudio (Figura 9), además tiene contornos casi horizontales en el centro del arreglo por esto es relativamente sensible a los cambios verticales en la resistividad del subsuelo; sin embargo, es menos sensible a cambios horizontales en la resistividad del subsuelo (estructuras verticales estrechas) (Loke, 2010). Este arreglo es el que toma menos mediciones (Figura 2).

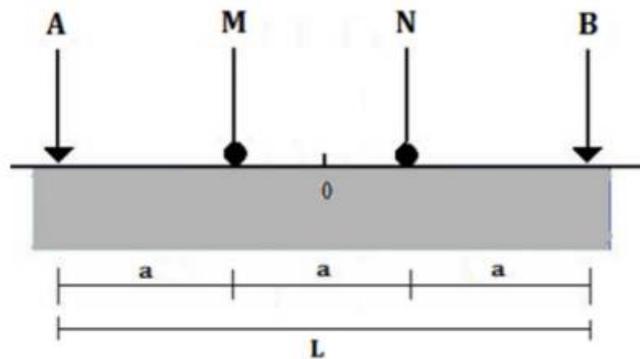


Figura 9.- Disposición de los electrodos en el arreglo Wenner (Chelotti y Acosta, 2010).

4.1.4.2 MÉTODO DE SCHULUMBERGER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, que emplea 4 electrodos (Figura 10), este dispositivo sitúa los electrodos de emisión y medición en línea recta; la variante con respecto al método de Wenner está en que la distancia entre los electrodos M y N debe ser mayor a un tercio de la distancia entre los electrodos de emisión A y B (Zohdy A. R., 1989). La configuración correspondiente a este método de medición se muestra en la siguiente figura:

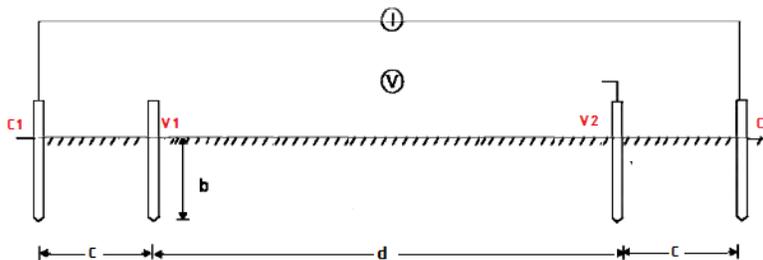


Figura 10.- Disposición de los electrodos en arreglo de Schulumberger (Zohdy A. R.,1989).

Ya indicado que el subsuelo se compone de formaciones de diferentes resistividades, las medidas tomadas no corresponden a ninguna de ellas si no que tendrá un valor promedio. Básicamente, existen dos estrategias para deducir la estructura del subsuelo con una serie de medidas sucesivas de ρ_a .

5. METODOLOGIA

5.1 EQUIPO EMPLEADO

Para llevar a cabo la prospeccion geofisica en esta tesis, se empleó el siguiente equipo:

1 GPS (Sistema de Posicionamiento Global) GARMIN eTreX;

4 electrodos de corriente;

4 carretes de cable;

1 libreta de campo;

4 marros;

1 aparato STING R1 (figura 11) propiedad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).



Figura 11. Aparato STING R1, propiedad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

5.2 TRABAJO DE CAMPO

Consistió en la realización de 8 sondeos eléctricos verticales (Figura 12) los cuales fueron ubicados de manera estratégica, con el fin de cubrir la mayor parte del área con información faltante en el acuífero, y así reducir la incertidumbre de los resultados, para esta zona se eligió el arreglo electródico más acertado fue Schlumberger, ya que cuenta con las características requeridas para el fin del estudio.

Los sondeos 6, 7 y 8, se ubican en la porción noroeste tienen un espaciamiento de aproximadamente 4 km y cubren una longitud de 8.8 km con una abertura máxima de 250 m, obteniéndose información del subsuelo de la tercera parte de esta longitud. Los sondeos 1, 2, 3, 4 y 5 se encuentran en la porción centro sureste cubriendo un área de casi 9 km²

La realización de los sondeos eléctricos verticales se llevó a cabo en dos direcciones, perpendiculares entre sí, considerando que el centro de las mismas es el centro geométrico del arreglo. Se obtiene la variación de resistividad en profundidad con el promedio de ambas mediciones, a fin de evitar errores en la interpretación de los resultados por efecto de los cambios laterales en la resistividad del subsuelo.

El procedimiento, consta de tender los cables a la distancia que corresponda dependiendo el arreglo, posteriormente se clavan los electrodos de corriente A y B, así como los de potencial (M y N), y se llevan a cabo las lecturas, las cuales son registradas en la libreta de campo, se realizan algunas repeticiones en las lecturas, para cerciorarse que el equipo esté funcionando de manera adecuada.



Figura 12. Toma de datos de campo, toma de lecturas y tendido de cableado.

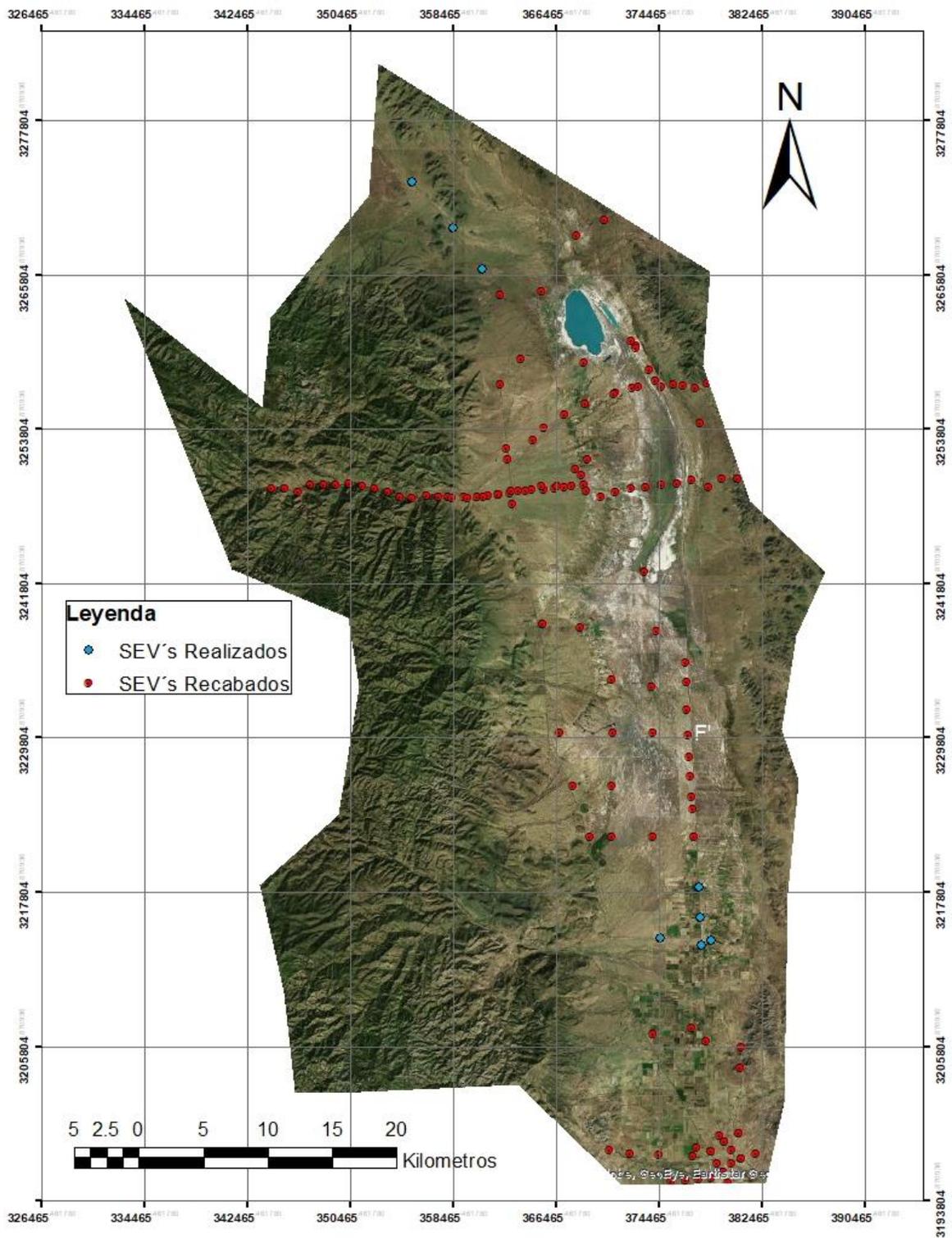


Figura 13. Localización de los Sondeos Eléctricos Verticales en el acuífero El Sauz- Encinillas.

5.3 TRABAJO DE GABINETE

5.3.1 INTERPRETACION DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

Una vez que los sondeos fueron realizados en campo, los datos recabados fueron vaciados al programa de computo gratuito IPI2WIN (ver anexos), los datos para un perfil son tratados como la unidad que representa la estructura geológica del área estudiada.

Una vez que los datos son capturados y varios archivos creados, el programa IPI2WIN realiza la interpretación 1D interactiva e inversión, con una variedad de arreglos electródicos comúnmente utilizados para secciones verticales con resistividades comprendidas entre 0,0001 y 10000 (Bobachev, 2003). El proceso interactivo se resuelve mediante filtrado lineal. El problema inverso lo resuelve usando una variante del algoritmo de Newton para el mínimo número de capas (Figura 14). Este programa nos permite usar la información a prioridad que tengamos sobre resistividades y profundidades, permitiéndonos minimizar el error de ajuste (Bobachev, 2003).

Los parámetros del modelo para el punto de sondeo analizado son:

- Resistividades.
- Espesores.
- Profundidades del techo de las capas.
- Altitudes.

N	ρ	h	d	Alt
1	60396	0.232	0.232	-0.2318
2	640	1.87	2.11	-2.107
3	159	7.43	9.53	-9.533
4	57.2	69.8	79.3	-79.31
5	83.4	192	271	-271.1
6	283			

Figura 14. Ejemplo de datos arrojados por el software IPI2WIN

5.3.2 INTERPRETACIÓN DE LAS UNIDADES GEOELÉCTRICAS

Es necesaria la elaboración de secciones geoelectricas, para así conocer posibles permeabilidades, al estar al tanto de los espesores de los distintos materiales que se encuentran en el acuífero e identificar estructuras geológicas, lo cual es información relevante para la elaboración de un modelo tridimensional.

Tabla 3.- Resistividades asociadas a los materiales presentes en la zona de estudio.

UNIDAD GEOELECTRICA (UG)	RESISTIVIDAD APARENTE (Ω -m)	ESPESOR (m)	INTERPRETACIÓN	ASOCIACIÓN GEOLÓGICA
1	0-15	1.0 - 330	Unidad geoelectrica con resistividades bajas, espesor variable, los mayores localizados en la parte central del acuífero.	Arcillas
2	15-35	1.0 - 200	Unidad geoelectrica con resistividades bajas a medias, espesor variable, los mayores localizados en la parte centro poniente del acuífero.	Limo-Arena
3	35-150	1.0 - 310	Unidad geoelectrica con resistividades medias, espesor variable, los mayores localizados en abanicos aluviales.	Arena - Grava
4	150-360	1.0 - 60	Unidad geoelectrica con resistividades altas, espesor variable, los mayores localizados en las faldas de las sierras.	Grava - Arena
5	>360	1.0 - 120	Unidad geoelectrica con resistividades muy altas, espesor variable, los mayores localizados en la porción poniente del acuífero, en la sierra santa clara.	Caliza?/Riolita?/Andesita?

Como se observa en la tabla anterior, para la modelación de las capas se interpretaron 5 unidades geoelectricas, las cuales fueron definidas por observaciones en campo, valores resistivos y geología de la zona.

5.3.2.1 SECCIONES GEOELÉCTRICAS

En la figura 15 se muestra la ubicación de las secciones construidas a partir de la información geofísica obtenida en campo y de la recabada en trabajos previos.

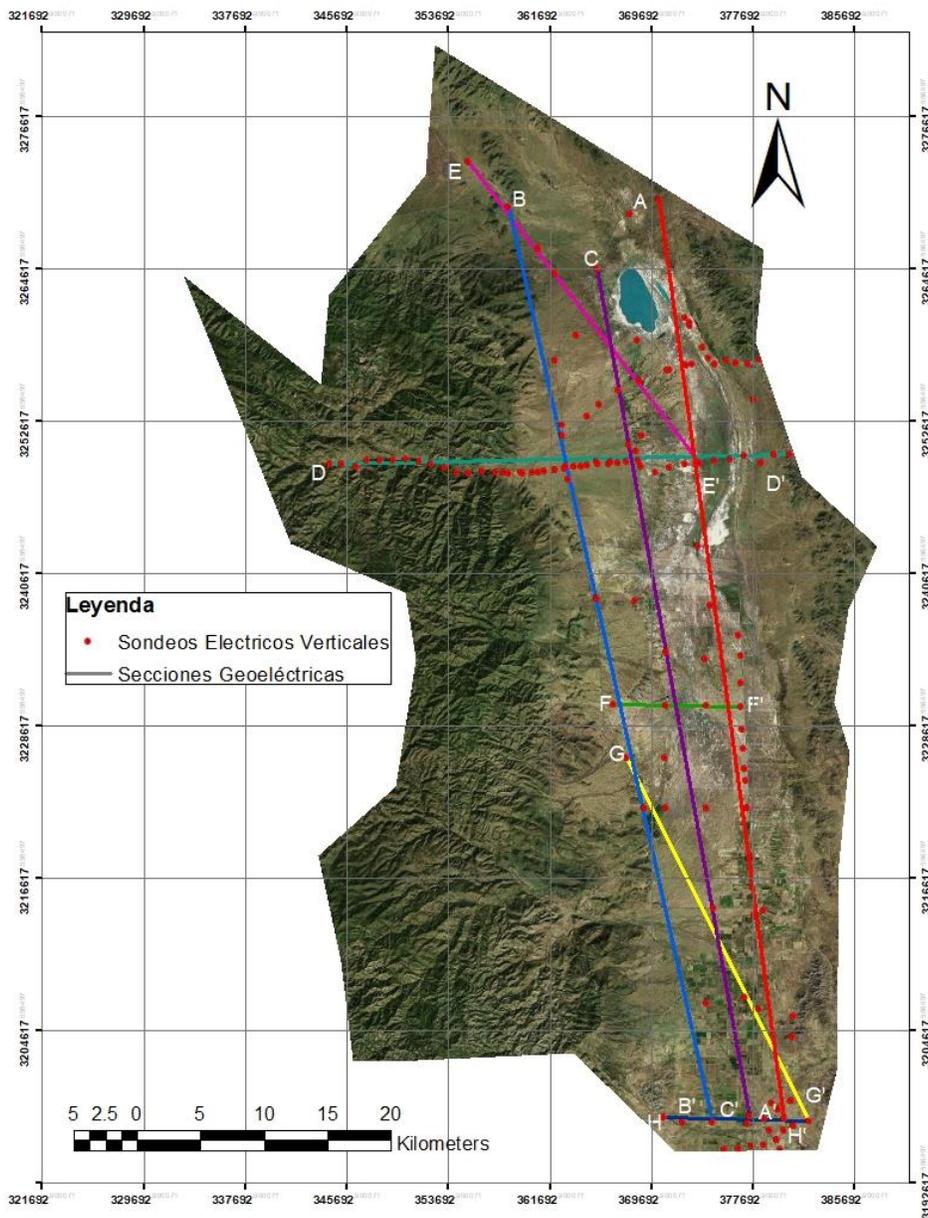


Figura 15.- Ubicación de las secciones geoelectricas en el acuífero.

En todas las secciones (elaboradas en el programa IPI2WIN) se utilizó una escala vertical logarítmica, la cual permite describir a mayor detalle los primeros 10 metros de profundidad del sondeo, los cuales suelen ser de un gran interés geotécnico e hidrogeológico.

A continuación, se realizará la descripción de cada una de las secciones construidas en esta tesis, y que permitieron construir el modelo 3D.

SECCION GEOELECTRICA 1 (SG1): Está constituida por 10 sondeos eléctricos verticales (SEVs 27, 40, 81, 136, 135, 120, 118, 2, 90 y 115) (Figura 16). La sección tiene una extensión de aproximadamente 73 km, y fue realizada con una orientación preferencial N-S, se posiciona en la porción occidental del acuífero atravesándolo longitudinalmente.

La sección muestra claramente como la granulometría de la cuenca va cambiando al verse influenciada tanto por sedimentos provenientes de la erosión de las sierras que lo rodean, como por movimientos de masa y transporte aluvial de sedimentos (Unidad geoelectrica 1), materiales de granulometría gruesa, los cuales son representados por abanicos aluviales provenientes del lado oeste de las sierras Los Fresnos, Rusia y Victorino. A consecuencia de esto el material depositado en la porción poniente es principalmente de origen ígneo. Al norte de la sección se encuentra un material grueso (Unidad Geoelectrica 5) de la sierra el Gallego (SEV_27), Al centro de la sección encontramos sedimentos granulares finos, limos y arcillas (Unidad geoelectrica 1), mostrado en los sondeos 40, 81, 136 y 135, en la porción centro sur de la sección comienzan los sedimentos de grano medio (Unidad geoelectrica 3) representado en los sondeos (120, 118, 2 y 90). En la porción sur se presenta un material grueso (Unidad geoelectrica 5), posiblemente de naturaleza coluvial, el cual se puede ver en el sondeo 115.

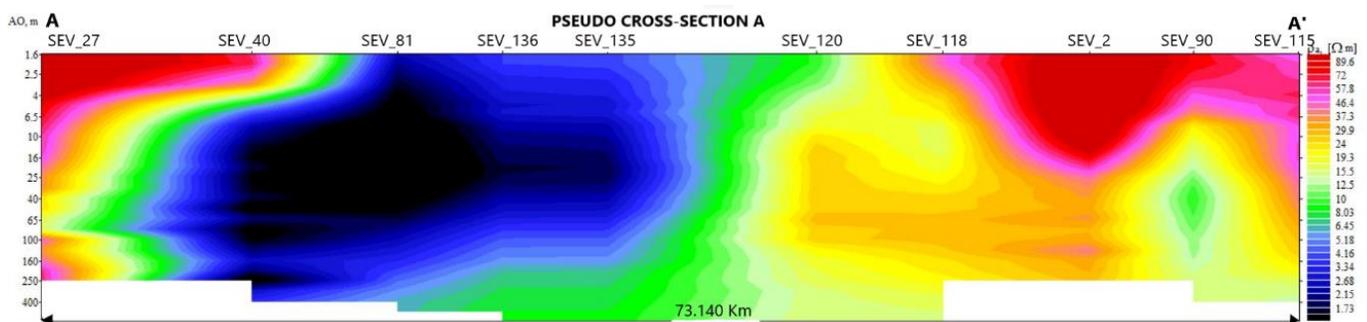


Figura 16.- Sección geoelectrica 1 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 2 (SG2): Está conformada por 8 sondeos eléctricos verticales (7, 26, 97, 127, 139, 141, 88 y 96) (Figura 17). La sección se encuentra orientada principalmente en la dirección NW - SE. Se posiciona en la región central de acuífero y tiene una longitud de aproximadamente 73.6 km.

En esta sección se observan los cambios granulométricos originados tanto por la influencia de las sierras en el acuífero como por la llanura aluvial del centro de este. Toda la porción oeste del acuífero se encuentra influenciada por acumulación de sedimentos y fluidos provenientes de una importante unidad montañosa, la cual constituye más de un tercio del acuífero, con elevaciones de hasta 2700 msnm.

Aunque en la sección no se registran materiales consolidados, si se observa una abundancia de material grueso (unidad geoelectrica 4) en SEV_97, SEV_127 y SEV_139, esto en la parte superficial de la porción central de la misma, lo cual se le atribuye a la presencia de abanicos aluviales entre ellos el cañón de Santa Clara. En la parte norte de la sección al igual que en la parte sur, se presenta una sucesión de materiales, que van de arena (Unidades geoelectricas 2 y 3) a arcilla (unidad geoelectrica 1), lo cual varía conforme aumenta la profundidad y distancia con respecto la unidad montañosa.

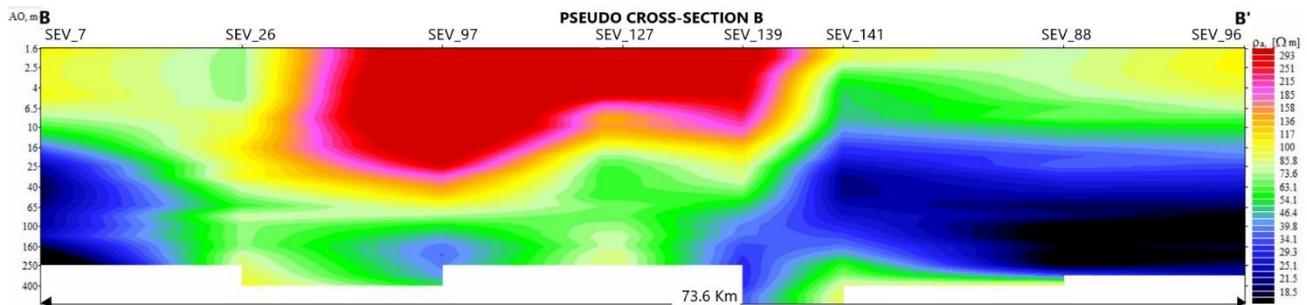


Figura 17.- Sección geoelectrica 2 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 3 (SG3): Esta constituida por 8 sondeos eléctricos verticales (29, 50, 20, 18, 31, 125, 1 y 96) (Figura 18). La sección se localiza con la porción centro-este del acuífero, con una dirección preferencial N-S y una longitud de aproximadamente 67.7 km.

Esta sección se posiciona entre las secciones 1 y 2; en ella se puede observar claramente la influencia de los abanicos aluviales, ya que en la porción norte y la sur se encuentran distribuidos los materiales más gruesos (unidades geoelectricas 4 y 3), mientras que en la porción centro se observan los materiales finos (unidades geoelectricas 1 y 2). Esto indica la zona central de la sección como el punto de depósito de los materiales transportados desde las sierras que delimitan el acuífero tanto en la porción este como en la porción oeste.

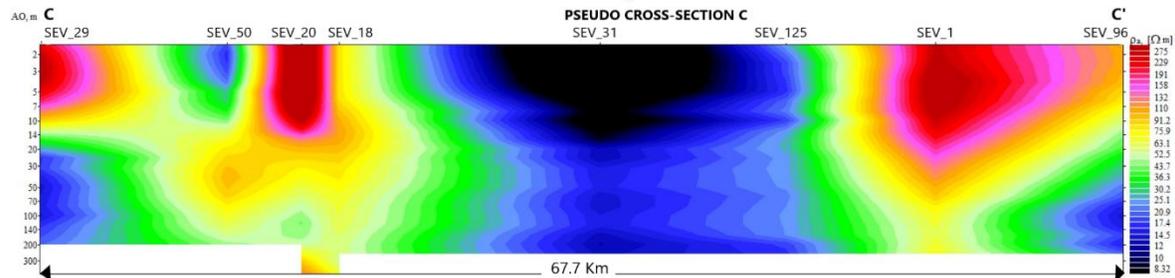


Figura 18.- Sección geoelectrica 3 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 4 (SG4): Está sección está integrada por 10 sondeos (54, 58, 62, 69, 73, 77, 79, 80, 85 y 87) (Figura 19). Tiene una orientación preferencial O-E, y una longitud de 36.197 km aproximadamente.

Esta sección atraviesa transversalmente la porción centro- norte del acuífero. En esta sección se puede ver claramente como la porción este del acuífero se encuentra influenciada completamente por el sistema montañoso ubicado en esta zona. Conforme se desplaza al este en la sección, se observa como decrece la

granulometría presentándose la secuencia de unidades geoelectricas 5, 4, 3, 2 y 1 en ese orden, teniendo así en el oeste material consolidado, posteriormente gravas y continuando así hasta tener arcilla en la porción centro- este del acuífero (SEV_79 y SEV_80). Al avanzar al este en la sección, la granulometría comienza a crecer de nuevo, presentado las unidades geoelectricas 2 y 3.

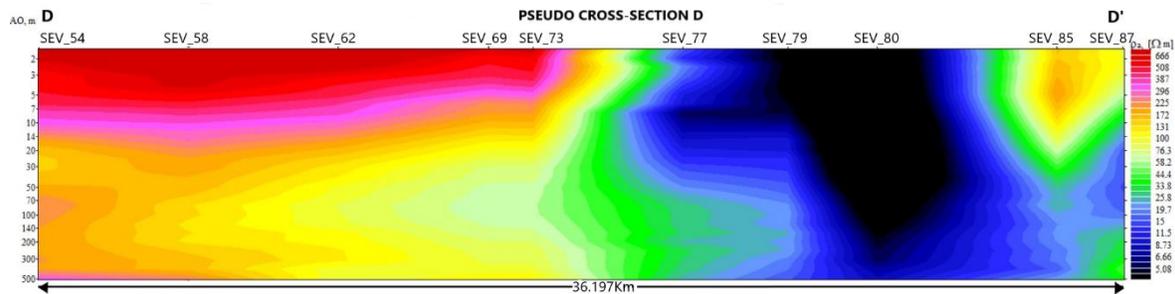


Figura 19.- Sección geoelectrica 4 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 5 (SG5): Esta sección está conformada por 6 sondeos (8, 7, 6, 30, 51 y 81) (Figura 20). Se ubica en porción norte del acuífero con una orientación preferencial NW- SE y una longitud de 29.8 km aproximadamente.

En la porción NW del acuífero se puede ver la influencia de las sierras presentes en la porción oeste, la sección muestra la presencia de material grueso (unidad geoelectrica 4), posiblemente producto de la erosión de estas sierras (SEV_8 y SEV_6). En la parte central de la sección (SEV_30), se puede observar un decrecimiento de la granulometría, mostrando grava y arena, siendo esta ultima la predominante.

En el SEV_81 se puede observar como el material se vuelve más fino, lo que indica la presencia de arcilla. Es importante mencionar que este sondeo se encuentra ubicado en la parte central de la cuenca, donde se deposita el material proveniente de las sierras adyacentes.

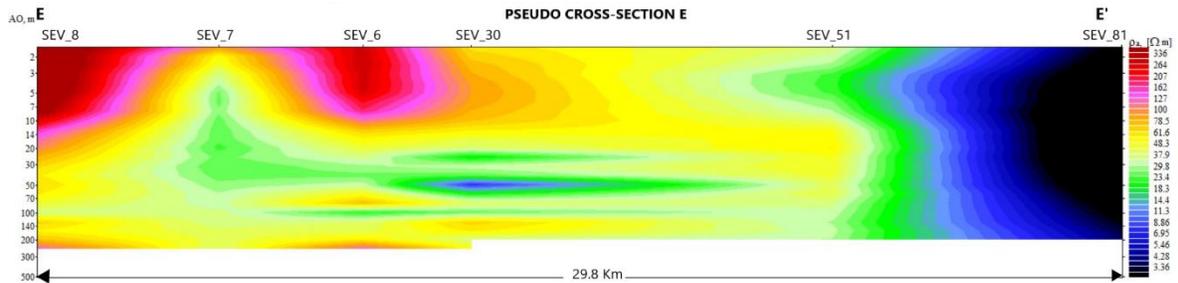


Figura 20.- Sección geoelectrica 5 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 6 (SG6): La sección se ubica en la parte central del acuífero, con una orientación preferencia O-E. Está constituida por 4 sondeos eléctricos verticales (127, 128, 129 y 13) y su longitud es de aproximadamente 10 km (Figura 21).

En la parte oeste se puede observar una pequeña porción de material grueso, sin embargo predominan los materiales de granulometría menor como arenas y limos; en la porción centro los sondeos SEV_128 y SEV_129 indican material arcilla en su totalidad (unidad geoelectrica 1), a avanzar hacia el este, la sección muestra un crecimiento en la granulometría, es decir la presencia de las unidades geoelectricas 2, 3, 4 y en el SEV_13 ubicado en el este de la sección, se observa material compactado de la unidad eléctrica 5, lo que posiblemente se debe a la presencia de la sierra aledaña.

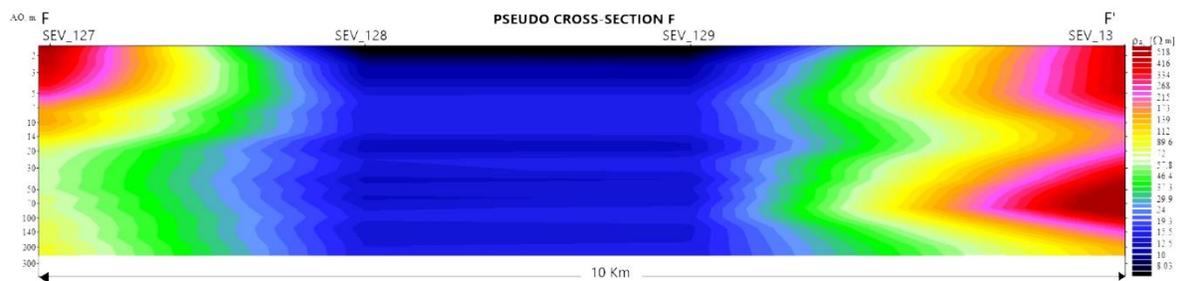


Figura 21.- Sección geoelectrica 6 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 7 (SG7): Esta sección está integrada por 7 sondeos eléctrico-verticales (139, 141, 1, 89, 90, 109 y 105) y tiene una longitud aproximada de 32 km; su orientación preferencial es NW- SE (Figura 22). Se ubica en la porción centro- sur del acuífero.

En la sección se puede ver que los primeros 10- 20 metros de profundidad presentan resistencias altas, lo que indica la presencia de material granular grueso es decir grava (unidad eléctrica 4), en este caso puede deberse a que la sección se encuentra ubicada en una zona agrícola, donde los materiales son removidos antropogénicamente. Al aumentar la profundidad la granulometría decrece, hasta mostrar la presencia de arcillas (unidad geoelectrica 1) en las pociones este y oeste de la sección.

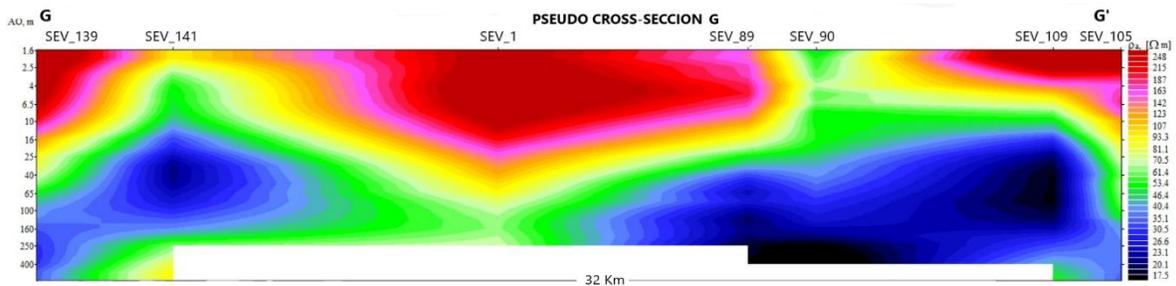


Figura 22.- Sección geoelectrica 7 (IPI2WIN).

SECCION GEOELECTRICA 8 (SG8): La sección geoelectrica está compuesta por 8 sondeos eléctricos verticales (93, 94, 95, 106, 107, 115, 104 y 105), tiene una longitud de aproximadamente 11.5 km y una orientación preferencial O-E. se ubica en la porción sur del acuífero (Figura 23).

Se observa la presencia de la unidad geoelectrica 4 en los primeros 4- 6 metros de profundidad en prácticamente toda la sección, únicamente en los SEV_107 y SEV_115 se observa una granulometría mayor, correspondiente a las unidades geoelectricas 2 y 3. Al aumentar la profundidad, la sección muestra un

decrecimiento en la granulometría, siendo la unidad eléctrica 1, conformada por arcillas, la unidad predominante.

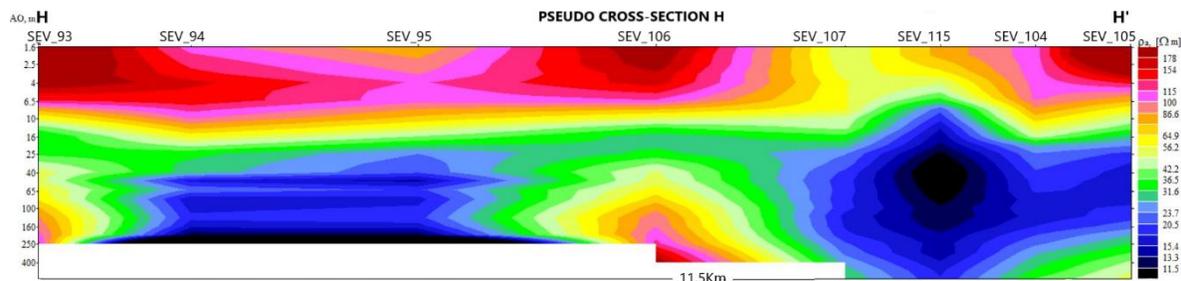


Figura 23.- Sección geoelectrica 8 (IPI2WIN).

5.3.3 ELABORACIÓN DE MODELO TRIDIMENSIONAL

La modelación de acuíferos se ha vuelto una metodología importante para soportar la planificación y toma de decisiones con respecto a la administración del agua subterránea. Estos modelos proveen un marco analítico para obtener un entendimiento de los mecanismos y control de los sistemas de agua subterránea, así como de los procesos que afectan su calidad, especialmente aquellos causados por la intervención del hombre en esos sistemas. Cada vez son más utilizados los modelos ya que son una parte integral para la valoración, planificación, exploración, control, restauración, etc. de este recurso. Los modelos son una simplificación de la realidad para investigar ciertos fenómenos o para pronosticar futuros comportamientos. Para construir un modelo conceptual apropiado, el dato tendría que ser suficiente y fiable, esto para reducir el error que pueda haber en ciertos datos para este modelo se utilizaron 142 sondeos eléctricos verticales.

Para realizar el modelo se utilizó una versión de prueba del software GMS - Groundwater Modeling System, en el cual se introdujo la información de los sondeos eléctricos verticales recabados y realizados en la zona de estudio (Figuras 24 a 27).

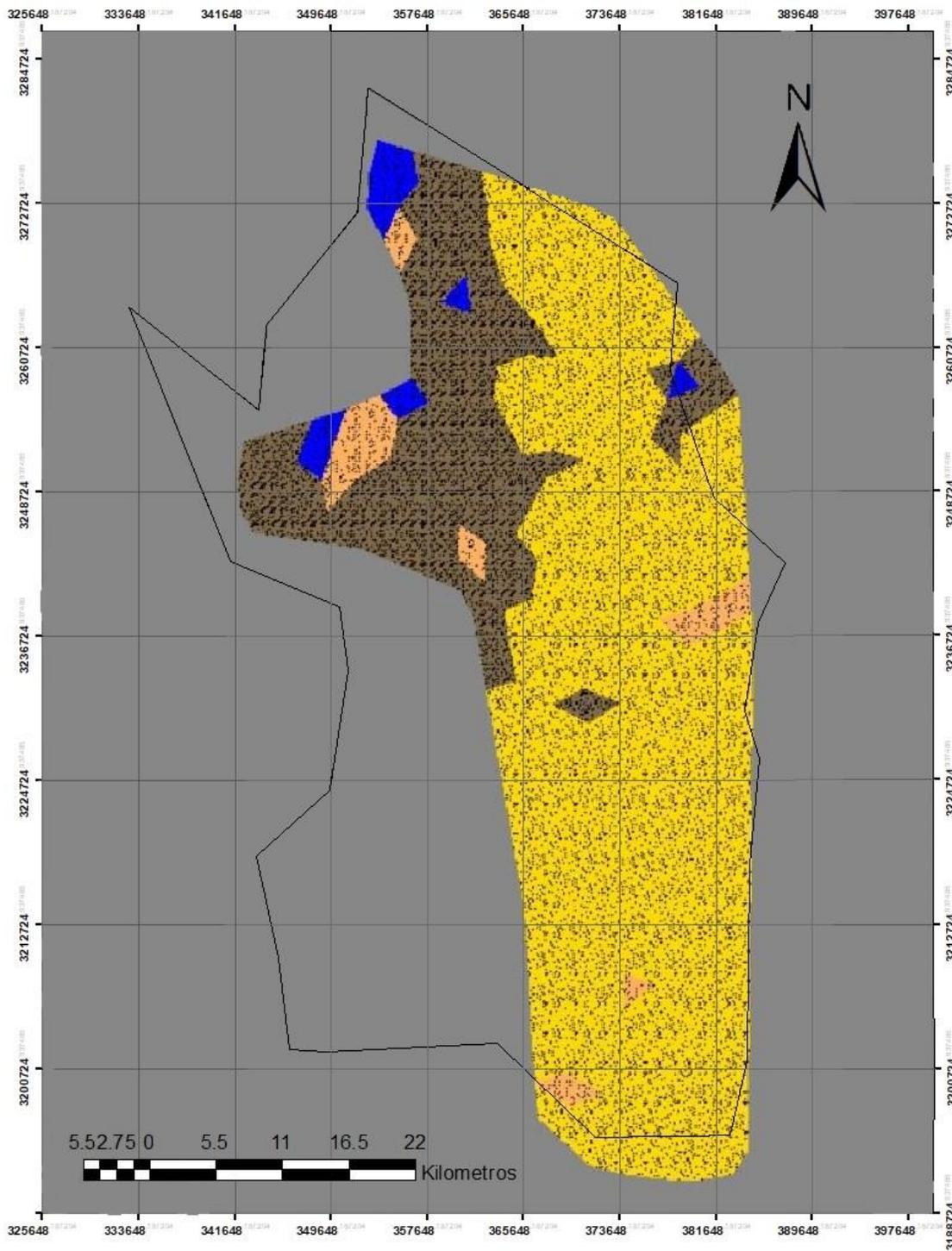


Figura 24. Cobertura del modelo, con respecto el acuífero El Sauz Encinillas.

VISTAS OBLICUAS:

En esta vista se puede apreciar la profundidad del modelo, sin embargo, es muy pequeña comparada con las dimensiones del acuífero.

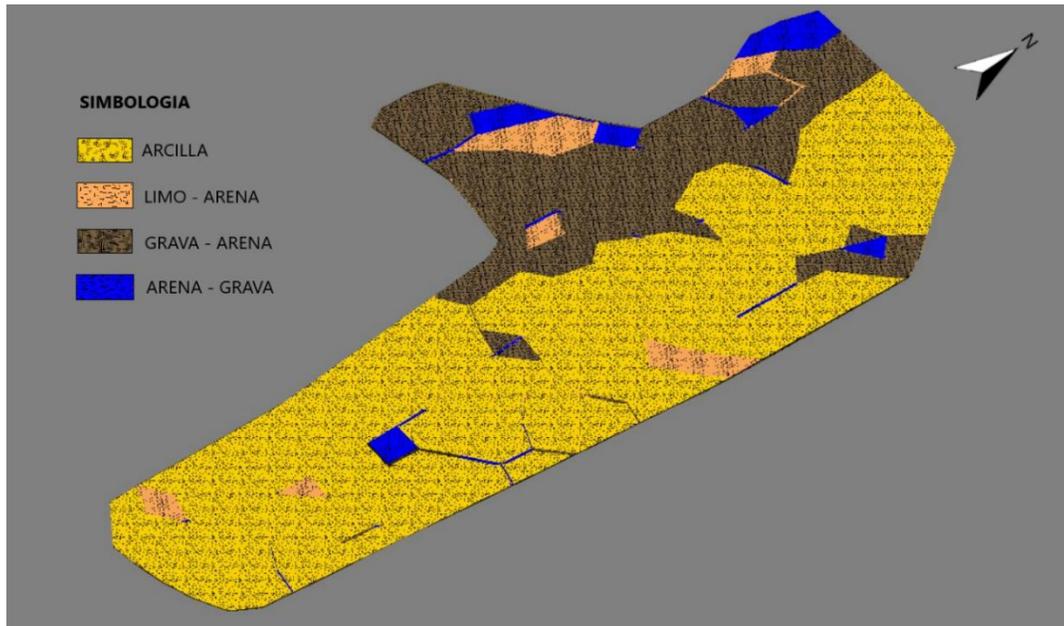


Figura 24. Vista oblicua del modelo tridimensional.

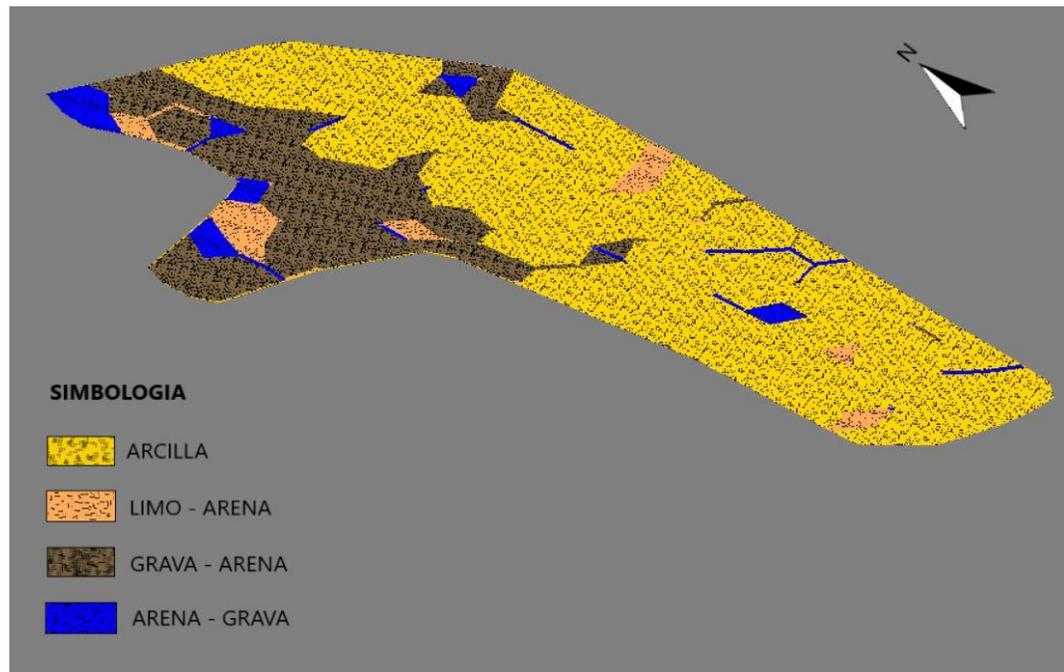


Figura 25. Vista oblicua del modelo tridimensional.

VISTA EN PLANTA

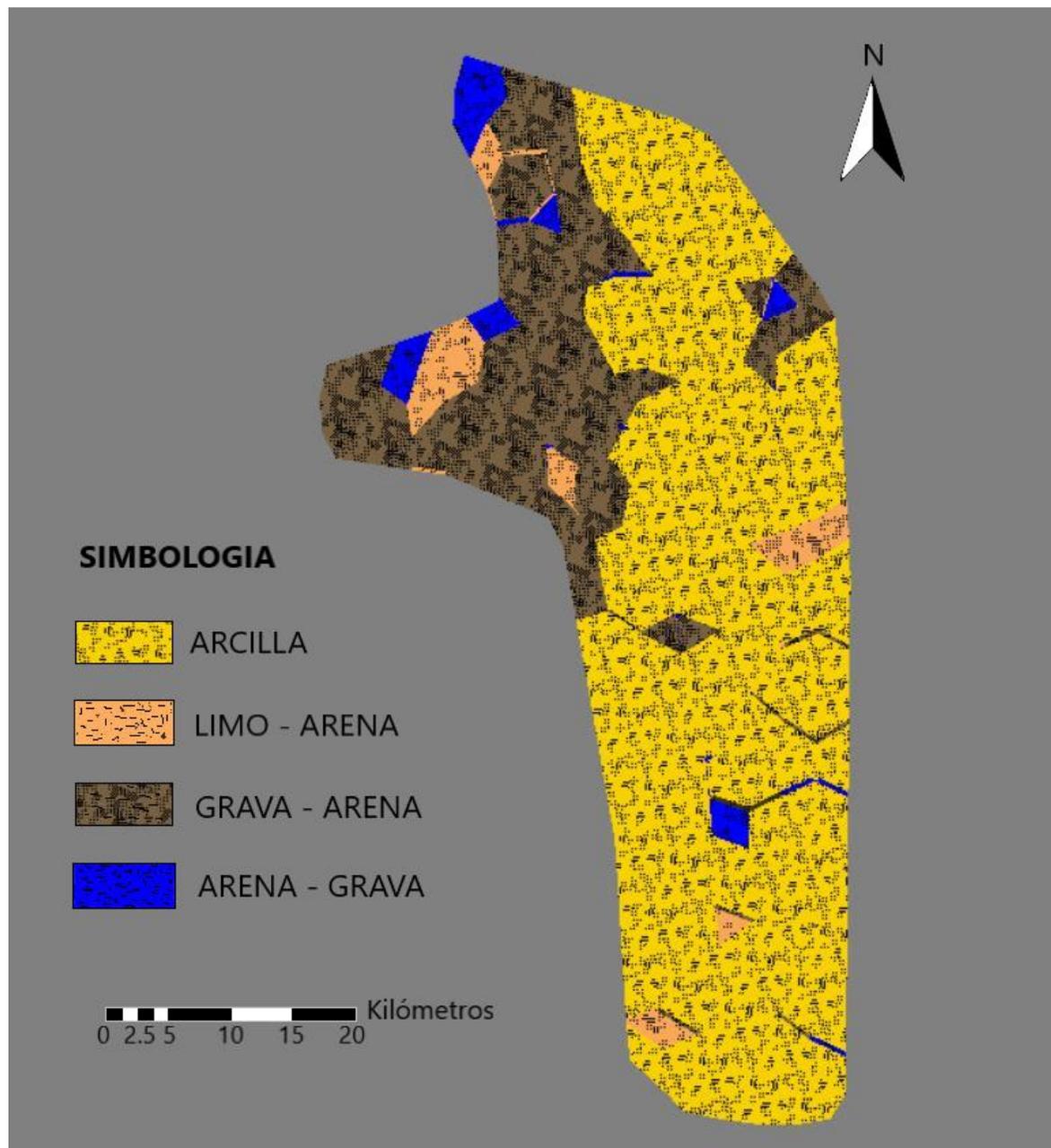


Figura 26. Vista en planta del modelo tridimensional.

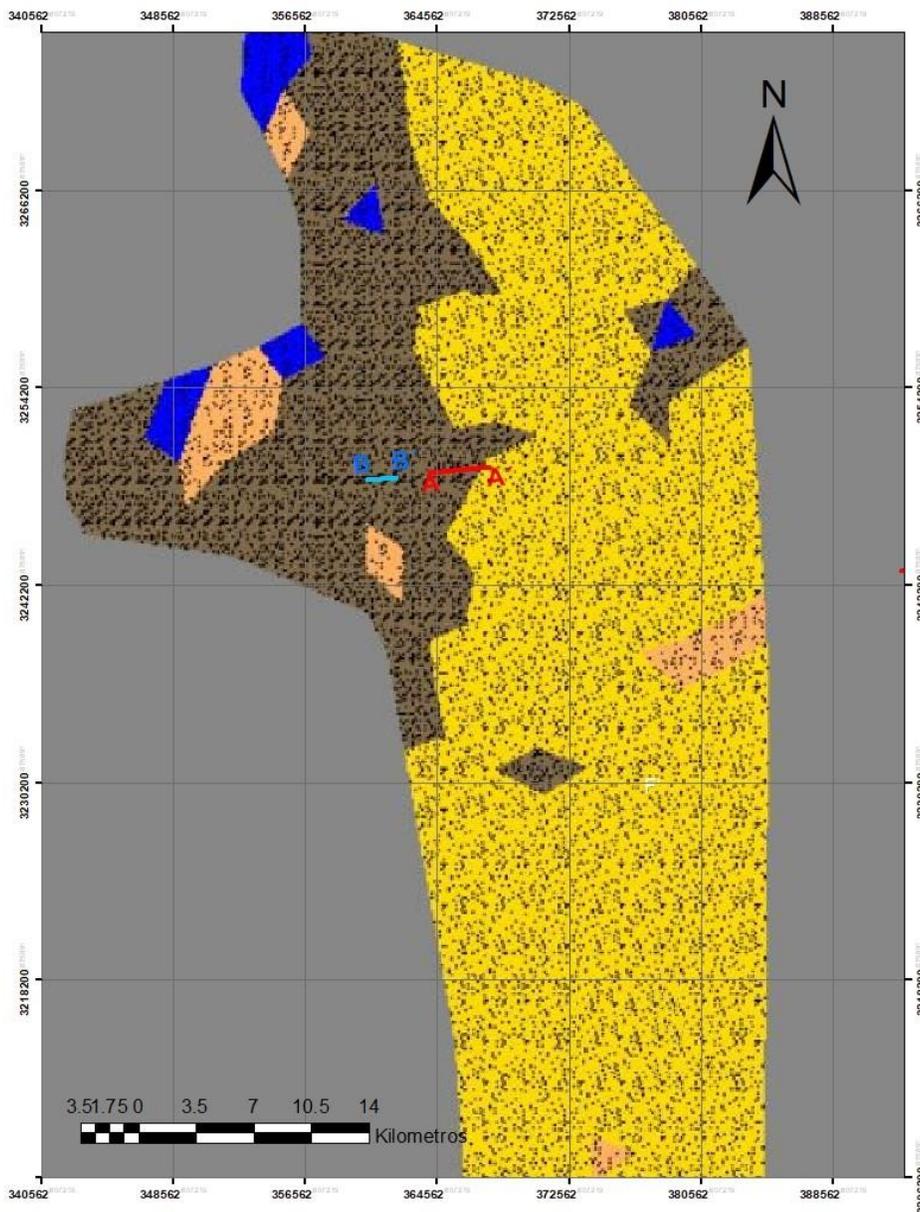


Figura 27. Ubicación de los perfiles A y B en el modelo.

En este modelo se puede observar que el material superficial predominante del centro del acuífero es arcilla, que en la porción poniente predominan materiales de granulometría gruesa, como lo son las gravas y arenas y que existe una interdigitación de sedimentos, probablemente a causa del transporte de los mismos por los arroyos que desembocan en el acuífero.

Vista de lado:

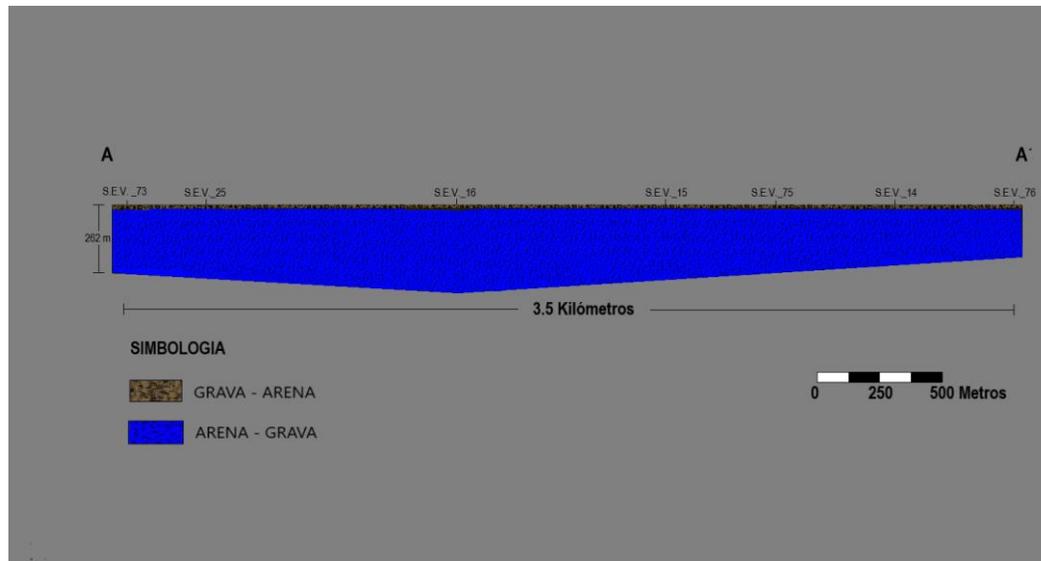


Figura 28. Perfil en los sondeos 73, 25, 16, 15, 75, 14 y 76.

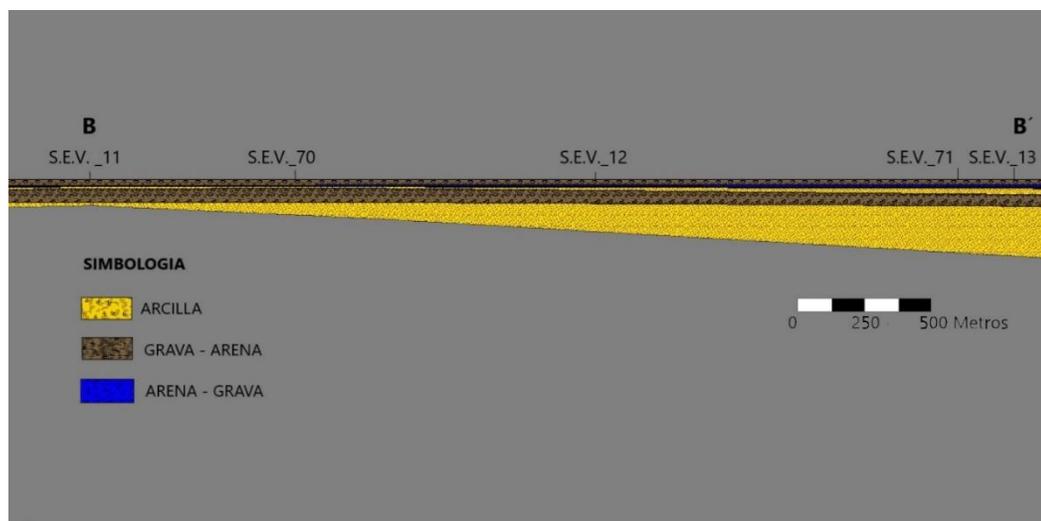


Figura 29. Perfil en los sondeos 11, 70, 12, 71 y 13.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos fue posible agrupar las resistividades registradas en 5 unidades geoeléctricas, así como la posible relación de las capas detectadas con las condiciones geológicas del área:

Se interpretó a la unidad geoeléctrica 1 (UG1), como un material impermeable, con una resistividad aparente de 0 a 15 Ω -m, y espesores de 1 – 330 m, resistividad ligada a un material arcilloso.

De la misma manera, la UG2, con rango de resistividad de 15 – 35 Ω -m y espesores de 1 – 200 m, características que se le atribuyen a un material limo-arcilloso.

Por su parte, la UG3, con resistividades medias que van de 35 – 150 Ω -m, y espesores de 1 – 310 m, rasgos que se le atribuyen a un material areno-gravoso.

Se determinó que la UG4, con resistividades aparentes de 150 – 360 Ω -m, y espesores de 1 – 60 m, distintivo de un material gravo-arenoso.

Finalmente, la UG5 mostró resistividades mayores a 360 Ω -m, y espesores de 1 – 120 m, características asociadas a materiales compactados, así como rocas ígneas, calizas y andesitas.

Mediante la construcción del modelo tridimensional apoyado en el uso de una versión de prueba del programa GMS, se obtuvieron un total de 13 estratos, predominando los materiales con granulometría de arcilla, limo arena, arena-grava y grava arena.

Al analizar las figuras elaboradas a partir de dicho modelo matemático se verifica la información del SGM, y se observa como el material arcilloso de la Laguna de Encinillas predomina en gran parte, sin embargo, se alcanza a ver la interrelación



que se presenta con los materiales coluviales de los abanicos aluviales presentes en la zona, sobre todo con el abanico aluvial de Santa Clara, pero también en la porción oriental de la zona de estudio.

Se recomienda enriquecer el modelo tridimensional con más información de sondeos eléctricos verticales y cortes litológicos, para así reducir la incertidumbre del resultado. Además, se recomienda recabar información en las zonas sin sondeos eléctricos verticales ni pozos que nos puedan proporcionar datos de los cortes litológicos, para realizar una caracterización más precisa del acuífero.

7. BIBLIOGRAFIA

- Bobachev, A. (2003). IPI2Win-1D automatic and manual interpretation software for VES data. Available online: geophys.geol.msu.ru/ipi2win.
- Bockoven, N.T (1976). Petrology and volcanic geology of the El Sueco area, Chihuahua, Mexico (M.A. thesis): Austin, University of Texas at Austin, 112 p
- Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M. (2010). Métodos Geoelectricos de Corriente Continua.
- Comisión Nacional del Agua. (2009). Actualización Geohidrológica de los acuíferos Las Palmas, Palomas-Guadalupe-Victoria, Los Moscos, Josefa Ortiz de Domínguez, El Sauz-Encinillas, Laguna El Diablo, Laguna La Vieja, y Chihuahua-Sacramento, en el estado de Chihuahua. Realizado por la Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Comisión Nacional del Agua. (2016). Evaluación de las fuentes actuales de abastecimiento a la ciudad de chihuahua, estudio de factibilidad de fuentes alternas y anteproyecto de infraestructura hidráulica necesaria, Capitulo 3, Tomo 8, Acuífero: El Sauz Encinillas.
- Hernández Herrera, C., (2016). Geología de las rocas ígneas de la porción sur del cerro La Aguja Grande, Chihuahua, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chihuahua. p. 35-40.
- Hill, R. T. (1891). The Comanche series of the Texas-Arkansas region. Bulletin of the Geological Society of America, 2(1), 503-528.
- INEGI y SEMARNAT (2012). Atlas del medio físico, biótico y ambiental del estado de chihuahua.
- Keller, P. C., Bockoven, N. T., & McDOWELL, F. W. (1982). Tertiary volcanic history of the Sierra del Gallego area, Chihuahua, Mexico. Geological Society of America Bulletin, 93(4), 303-314.
- Keller, P.C. (1977). Geology of the Sierra Gallego area, Chihuahua, Mexico: Austin, Univ. Texas at Austin, Ph.D. dissertation, 124 p. (unpublished).
- Kumar, C. P. (1992). Groundwater Modelling – In. Hydrological Developments in India Since Independence, A Contribution to Hydrological Sciences, National Institute of Hydrology, Roorkee, pp. 235-261.

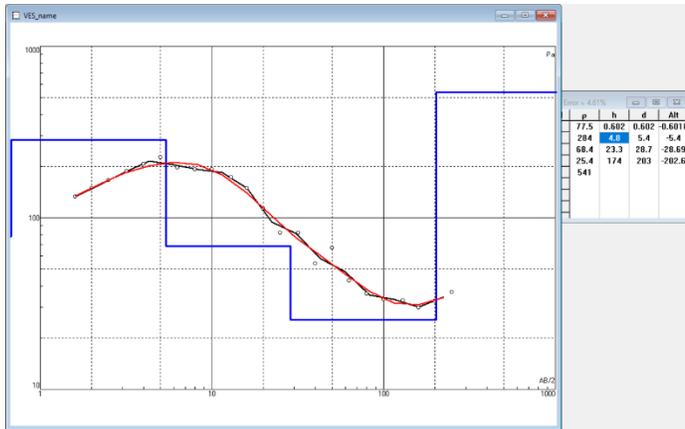


- Loke, M.H., Chambers, J.E., Rucker, D.F., Kuras, O., Wilkinson, P.B. (2013): “Recent developments in the direct current geoelectrical imaging methods”. *Journal of Applied Geophysics*, 95, 135-156.
- Ojea, F. G., Fernández, T. C., & Taboadela, M. M. (1982). *Suelos naturales de la provincia de Lugo*. Editorial CSIC-CSIC Press.
- Pinales M., Aguirre S., Royo O. (2012). *Caracterización Hidrogeología y Química del Acuífero El Sauz Encinillas*, Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Sánchez San Roman, F. J. (1985). *Prospección hidrogeológica en rocas metamórficas mediante geofísica eléctrica*.
- San Román, F. J. S. (1985). *Prospección hidrogeológica en rocas metamórficas mediante geofísica eléctrica*. *STVDIA GEOLÓGICA SALMANTICENSIA*, 19, 127-136.
- Villalobos Aragón, A. (2004). *Sedimentología e hidrogeología del abanico aluvial de la Laguna de Encinillas, Chihuahua, México*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Ward S.H., (1990). *Resistivity and induced polarization methods*. *Geotechnical and Environmental Geophysics. Investigations in Geophysics No 5, Vol. 1, SEG*.
- Zohdy, A. A. (1989). *A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves*. *Geophysics*, 54(2), 245-253.

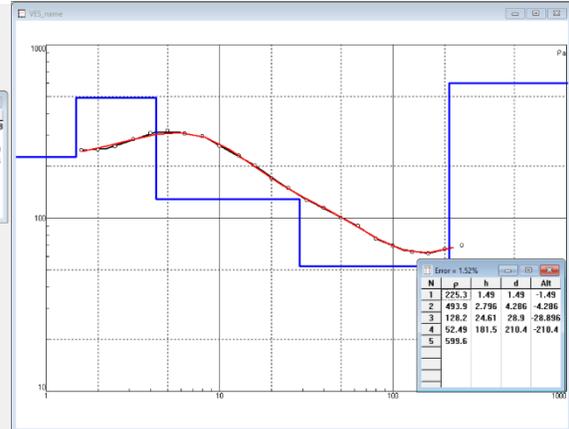
ANEXO1.

Modelos de inversion obtenidos del ipi2win para los sondeos realizados en la zona de estudio.

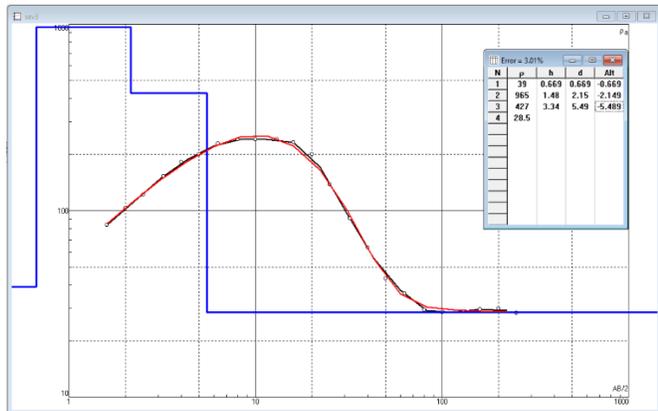
S.E.V. #1



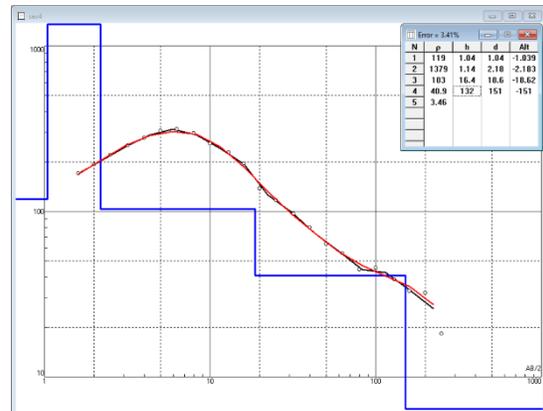
S.E.V. #2



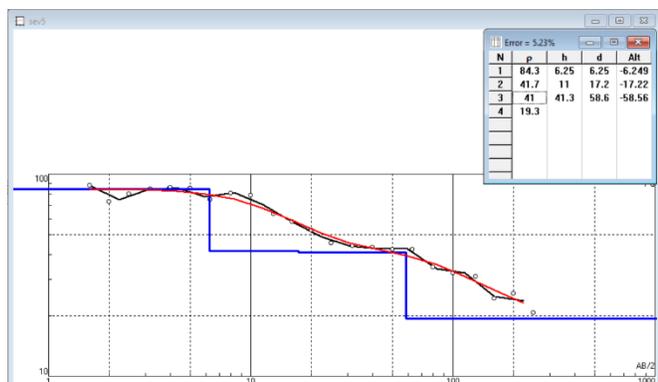
S.E.V. #3



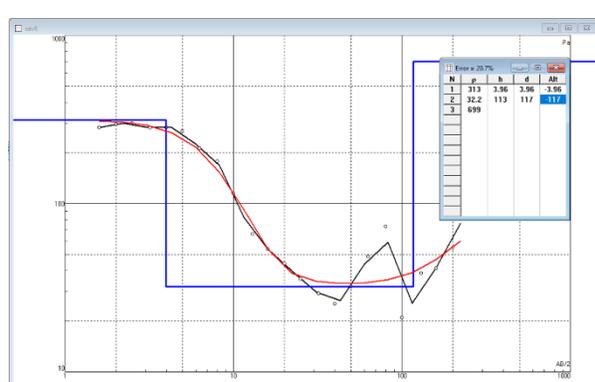
S.E.V. #4



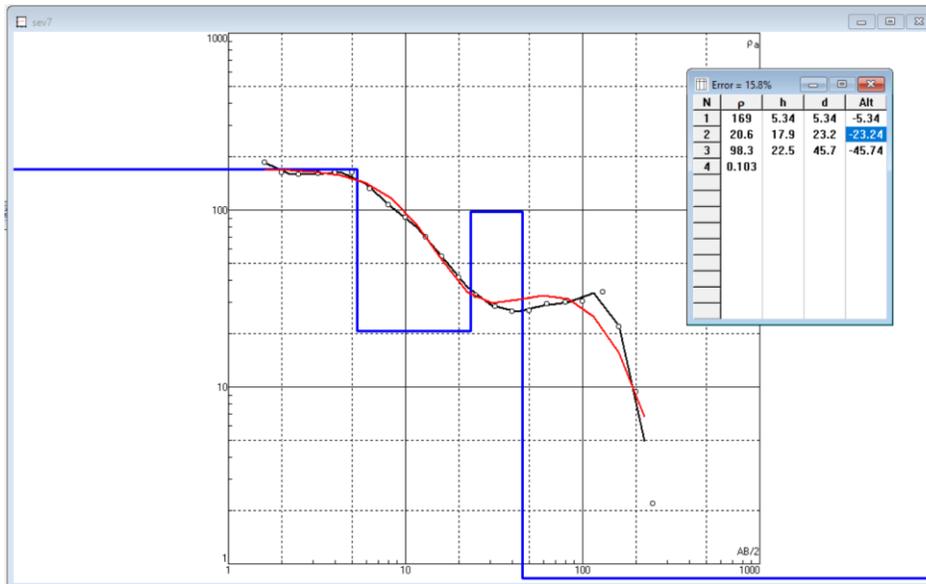
S.E.V. #5



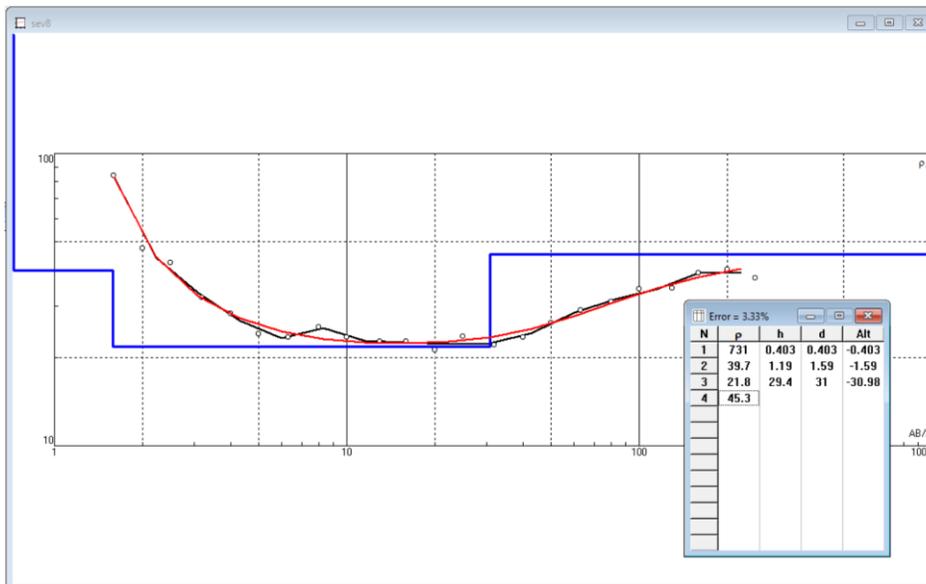
S.E.V. #6



S.E.V. #7



S.E.V. #8





Datos de los sondeos eléctricos verticales en el acuífero El Sauz Encinillas.

COORDENADAS UTM		X	374553	377766	377569	377662	378467	360736	358424	355232
		Y	3214242	3213689	3218162	3215823	3214068	3266227	3269439	3273004
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV1 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV2 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV3 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV4 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV5 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV6 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV7 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV8 Resistividad Aparente (ohms-m)
1	1.6	0.32	285.61	132.6	83.1	157.5	65.6	283.3	112.1	83.92
2	2	0.32	287.14	148.6	102.1	178.5	54.48	295.2	97.39	47.26
3	2.5	0.32	299.58	165.2	121.2	204.7	59.31	301.3	95.2	42.32
4	3.2	0.32	328.94	186.4	151.6	232.7	62.66	281.3	96.17	32.11
5	4	0.32	357.92	206.4	180.3	259.6	63.63	282.7	98	28.37
6.1	5	0.32	378.37	224.3	213.3	287.2	66.63	263.2	94.83	24.59
6.2	5	1	331.32	196.1	179	283.4	55.38	277.4	114.7	23.77
7.1	6.3	1	338.47	190.8	212.2	289.6	52.96	225.5	82.08	22.83
7.2	6.3	0.32	345.29	191.4	233.8	292.4	54.38	201.3	86.96	24.28
8	8	1	317.86	172.8	230.1	275.4	55.24	178.5	73.01	25.46
9	10	1	278.48	149.2	229.6	237.8	54.03	115	61.83	23.52
10	13	1	244.88	112.6	230	210.8	43.64	65.91	47.96	22.7
11.1	16	1	214.69	81.54	224.7	166.2	41.8	50.52	37.85	22.79
11.2	16	3.2	204.94	81.34	220.6	172.8	38.3	57.12	36.99	22.77
12.1	20	3.2	173.18	54.1	188.1	138.5	34.65	42.74	27.82	21.24
12.2	20	1	182.3	66.92	193.5	102.2	37.47	45.07	29.24	21.19
13	25	3.2	151.6	42.95	132.4	95.27	31.19	35.49	22.53	23.7
14	32	3.2	129.39	36.02	86.75	78.74	30.3	29.09	19.57	22.08
15	40	3.2	115.98	33.44	60.65	64.8	29.62	25.44	18.43	23.54
16.1	50	3.2	102.76	33.04	43.85	53.04	28.13	28.36	18.85	25.76
16.2	50	10	100.06	29.89	41.14	57.49	35.05	36.19	18.75	26.81
17.1	63	10	90.53	32.59	32.77	44.34	29.71	42.07	19.89	28.27
17.2	63	3.2	91.65	36.85	37.74	53.31	33.19	55.86	21.19	30.09
18	80	10	75.96	29.59	29.24	41.25	27.99	72.94	21.42	31.11
19	100	10	68.81	30.82	28.37	42.43	26.25	21.01	21.6	34.41
20	130	10	63.81	40.14	28.7	36.06	25.05	38.53	24.4	34.55
21.1	160	10	61.67	33.06	30.14	32.05	19.05	40.12	22.13	37.82
21.2	160	32	63.38	30.28	28.88	31.54	24.97	42.4	15.26	40.39
22.1	200	32	65.24	29.31	29.02	28.68	21.23	33.11	4.67	41.14
22.2	200	10	67.23	31.25	30.56	33.68	24.81	88.9	13.43	39.27
23	250	32	69.41	28.26	28.26	18.27	20.65	121.2	2.19	37.56

COORDENADAS UTM		X	358056	359349	360353	361225	362048	367098	366333	365483	368586
		Y	3248552	3248568	3248577	3248652	3248756	3249341	3249263	3249186	3258985
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV9 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV10 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV11 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV12 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV13 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV14 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV15 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV16 Resistividad Aparente (ohms-m)	SEV17 Resistividad Aparente (ohms-m)
1	5		480	580	1800		460	380	420	380	390
2	6		420	580	1600	150	400	340	440	340	340
3	8		360	570	1200	182	300	270	420	285	260
4	10		320	620	850	190	215	220	370	245	210
5	13		270	750	530	205	185	180	290	205	150
6	16		245	880	460	200	195	165	230	180	118
7	20		225	1075	440	165	230	127	185	152	100
8	25		210	1100	460	130	295	110	140	120	92
9	32		202	800	480	102	400	95	105	100	93
10	40		220	670	480	93	500	84	90	90	108
11	50		230	550	440	82	650	76	80	80	135
12	63		225	470	390	73	800	72	72	73	173
13	80		200	420	360	65	850	68	68	69	190
14	100		175	480	380	64	500	67	67	67	160
15	120		155	570	4660	62	330	67	67	66	116
16	160		145	720	900	61	195	65	68	65	77
17	200		175	720	12500	40	142	65	70	66	62
18	250		200	590	4000	13.5	131	68	80	68	57
19	300		225	480	5500	9	140	72	95	72	54
20	400		240	410	13000	7	170	84	80	85	52



**“MODELO DE UNIDADES GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO DEL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM		X	368646	368481	367942	363074	363575	362690	368897	364591	362865
		Y	3249488	3250241	3250748	3248001	3249026	3251518	3251518	3249159	3248817
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV18	SEV19	SEV20	SEV21	SEV22	SEV23	SEV24	SEV25	SEV26
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	5		80	140	650	230	230	420	320	390	70
2	6		82	145	600	230	232	410	298	380	75
3	8		93	150	450	218	240	400	221	340	90
4	10		102	135	320	195	220	360	138	300	90
5	13		108	123	205	160	190	3320	103	280	100
6	16		105	115	125	135	170	260	86	230	110
7	20		96	100	97	115	134	200	81	150	105
8	25		87	85	85	100	110	140	72	125	95
9	32		80	75	75	85	87	112	81	90	100
10	40		77	71	70	83	75	92	77	70	80
11	50		72	66	63	74	66	75	74	65	70
12	63		68	65	57	75	62	67	79	60	60
13	80		65	61	50	85	58	62	82	60	80
14	100		63	57	466	110	57	60	91	60	70
15	120		62	54	43	150	57	57	93	70	70
16	160		58	50	46	135	58	57	120	85	70
17	200		56	48	50	270	62	58	128	85	80
18	250		56	46	69	290	66	62	155	90	85
19	300		52	46	88	300	70	70	168	100	90
20	400		66	44	120	290	80	92	200	180	100

COORDENADAS UTM		X	370231.7	368031.65	365349.85	362129.82	362132.7	363732.11	362091.1	362610.1
		Y	3270164.14	3268939.79	3264618.28	3264247.98	32566991.18	3259333.14	3257336.5	3252361.2
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV27	SEV28	SEV29	SEV30	SEV31	SEV32	SEV33	SEV34
			Resistividad Aparente (ohms-m)							
1	1.6	0.32	177.42	3.55	236.3	58.89	247.4	125.87	184.36	322.74
2	2	0.32	162.82	3.23	280.7	66.445	267.42	131.63	218.64	218.8
3	2.5	0.32	136.69	2.34	300.58	73.77	284.46	107.39	263.06	339.26
4	3.2	0.32	134.3	2.41	308.34	80.14	640.17	70.13	291.32	1755.6
5	4	0.32	110.52	2.78	287.42	87.11	300.06	57.94	334.39	18.03
6.1	5	0.32	84.58	3.47	279.39	94.6	649.93	47.56	242.42	33.39
6.2	5	1	83.73	3.33	213.51	83.64	763.6	39.56	261.62	175.47
7.1	6.3	1	69.72	3.51	171.56	81.82	177.77	32.73	284.76	181.16
7.2	6.3	0.32	81.32	3.97	211.82	89.24	309.27	30.35	379.87	312.15
8	8	1	66.01	2.71	127.46	78.24	108.82	37.54	277.16	882.04
9	10	1	58.12	3.98	89.07	70.91	96.76	40.7	254.04	40.83
10	13	1	56.32	3.91	52.98	53.72	62.63	38.19	217.02	11.94
11.1	16	1	53.5	3.69	37.1	45.56	43.83	36.25	191.76	48.68
11.2	16	3.2	50.27	5.58	36.62	41.56	88.77	34.17	186.84	39.25
12.1	20	3.2	45.9	6.5	25.58	36.23	1684.49	32.87	205.12	31.15
12.2	20	1	40.77	4.71	26.62	38.29	3146.23	21.12	211.79	35.41
13	25	3.2	36.39	6.93	16.92	18.5	148.92	20.25	102.96	95.46
14	32	3.2	4.23	8.67	17.63	32.02	1750.53	32.87	74.77	1126.4
15	40	3.2	22.62	7.59	3.45	24.22	1614.64	16.39	58.79	597.81
16.1	50	3.2	21.51	7.43	13.63	6.9	1603.14	19.65	52.55	1687.27
16.2	50	10	27.05	7.52	3.46	8.34	133.68	17.41	66.19	204.86
17.1	63	10	18.11	5.91	2.32	16.67	4077.18	11.32	52.55	68.37
17.2	63	3.2	2.55	1.2	6.87	23.84	7843.18	11.64	44.98	246.52
18	80	10	15.83	6.18	15.08	39.67	155.75	20.28	44.27	609.73
19	100	10	45.88	6.67	14.07	25.08	540.51	16.35	23.34	66.23
20	130	10	4.06	6.17	29	65.07	16.74	4.74	79.12	86.65
21.1	160	10	0	3.95	16.81	51.75	369.22	3.95	44.73	14.48
21.2	160	32	46.15	4.49	20.35	59.94	969.8	23.59	47.19	34.21
22.1	200	32	45.6		1.4	38.8	181.34	26.79	44.95	49.55
22.2	200	10	77.07		1.3	32.62	12.16	6.39	73.06	611.51
23	250	32	62.52		20.49	49.4	1653.03	23.56	46.93	25.23



ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”

COORDENADAS UTM			X	376324	374656	372653	372299	372666	372430	378193	377281
ESTACION	AB/2	MN/2	Y	3257229	3257104	3260369	3260731	3260128	3257052	3257463	3257088
			SEV35	SEV36	SEV37	SEV38	SEV39	SEV40	SEV41	SEV42	
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	1.6	0.32	92.84	5.19	9.23	10.07	8.23	62.94	3.78	77.98	
2	2	0.32	70.91	5.36	7.317	11.11	7.21	66.64	16.17	97.63	
3	2.5	0.32	74.63	5.85	6.89	12.15	8.379	49.51	39.88	120.2	
4	3.2	0.32	74.04	6.25	6.05	13.74	5.65	34.25	111.4	143.4	
5	4	0.32	89.64	9.57	5.64	10.02	ERROR	14.09	129.3	159.8	
6.1	5	0.32	85.33	9.98	5.58	8.35	ERROR	6.76	156.3	179.9	
6.2	5	1	87.74	6.21	5.73	5.221	ERROR	6.88	177.9	194.5	
7.1	6.3	1	91.46	6.31	5.45	4.94	7.41	3.7	208.4	201.9	
7.2	6.3	0.32	84.43	9.67	6.04	5.99	5.86	3.73	180.4	ERROR	
8	8	1	90.37	7.03	5.3	4.12	6.94	2.38	225.9	ERROR	
9	10	1	88.96	6.41	5.57	3.87	7.07	2.02	214.9	188	
10	13	1	82.17	7.22	4.68	3.95	7.3	1.63	207.6	ERROR	
11.1	16	1	73.97	7.18	5.7	4.27	7.11	1.55	196.4		
11.2	16	3.2	68.6	8.03	6.62	4.066	5.94	1.46	200.5		
12.1	20	3.2	61.61	8.43	7.06	3.921	6.19	1.56	177.6		
12.2	20	1	65.58	7.4	6	4.172	7.05	1.8	172.6		
13	25	3.2	53.07	8.05	7.43	4.35	6.91	1.48	123.5		
14	32	3.2	41.44	9.14	7.62	4.918	7.62	1.53	92.67		
15	40	3.2	28.3	9.24	7.44	5556	7.62	1.72	121.3		
16.1	50	3.2	18.44	9.48	7.36	5.939	ERROR	1.12	114.9		
16.2	50	10	19.87	10.71	6.82	6.133	5.41	1.45	128.4		
17.1	63	10	13.23	12	7.23	6.294	6.78	1.9	114.8		
17.2	63	3.2	12.51	11.24	6.23	4.317	ERROR	2.01	104.7		
18	80	10	23.86	8.25	7.58	7.22	7.33	1.359	103.6		
19	100	10	34.26	627	8.14	7	5.98	1.44	101		
20	130	10	67.39	7.73	6.15	7.58	7.6	1.97	87.52		
21.1	160	10	11.71	10.03	6.15	11.61	9.82	3.27	82.94		
21.2	160	32	9.904	8.72	7.85	7.37	9.69	1.96	77.38		
22.1	200	32	19.74	7.81	7.42	6.84	11.75	2.13	72.75		
22.2	200	10	30.63	6.4	10.38	12.96	11.53	1.8	75.02		
23	250	32	10.75	9.25	7.9	2.41	14.48	1.156	54.15		
24	320	32	13.57	10.49	10.61	9.72	24.06	2.669			
25	400	32	60.3	11.01	10.12	9.46	32.79	3.488			

COORDENADAS UTM			X	374205	373732	372841	371070	377700	364665	365538	367089	368763	370933	375546
ESTACION	AB/2	MN/2	Y	3257609	3258438	3257128	3256640	3254295	3252962	3253900	3255009	3255826	3258597	3257360
			SEV43	SEV44	SEV45	SEV46	SEV47	SEV48	SEV49	SEV50	SEV51	SEV52	SEV53	
			Resistividad Aparente (ohms-m)											
1	1.6	0.32	2.99	7.27	1.47	14.18	153.6	897.4	309.92	18.42	37.85	23.13	180.2	
2	2	0.32	3.46	6.23	3.37	15.13	157.49	927.76	352.87	16.64	32.47	23.53	121.85	
3	2.5	0.32	3.75	5	2.7	15.04	187.24	943.69	400.46	17.16	29.03	25.9	123.54	
4	3.2	0.32	4.16	3.79	2.28	15.31	233.4	983.93	444.98	18.84	22.49	25.79	127.57	
5	4	0.32	4.54	3.02	1.9	15.95	287.05	968.79	482.01	21.43	21.76	25.23	129.27	
6.1	5	0.32	4.6	2.89	1.69	15.65	377.58	930.84	528.7	30.13	24.66	23.94	122.17	
6.2	5	1	4.21	3.48	1.77	14.18	288.2	786.18	529.42	25.86	20.8	20.03	130.67	
7.1	6.3	1	4.47	2.93	1.57	13.29	356.96	714.6	534.49	27.84	24.67	18.48	123.04	
7.2	6.3	0.32	4.88	2.48	1.67	14.14	465.07	797.84	522.76	31.29	28.91	22.31	115.08	
8	8	1	4.42	3	1.36	11.75	407.55	621.49	510.42	35.52	30.14	16.56	110.2	
9	10	1	4.12	3.17	1.1	10.29	442.07	532.46	463.61	43.32	37.65	14.83	94.1	
10	13	1	3.96	3.52	0.92	9.5	532.11	414.8	386.8	57.58	49.32	14.96	70.76	
11.1	16	1	4.13	4.13	0.89	8.9	652.8	326.54	310.49	70.01	58.62	14.63	53.75	
11.2	16	3.2	4.48	4.17	0.85	8.73	593	315.6	320.51	66.1	44.98	12.86	52.79	
12.1	20	3.2	5.01	4.79	0.89	8.14		236.8	237.42	76.7	48.66	12.64	39.97	
12.2	20	1	5.28	4.75	0.94	8.36		241.16	226.81	79.21	61.81	14.46	37.98	
13	25	3.2	5.71	5.26	0.93	7.52		205.66	172.91	85.17	48.6	12	32.12	
14	32	3.2	6.48		1	6.79		144.42	124.01	92.92	47.29	11.03	26.47	
15	40	3.2	7.1		1.05	6.2		113.59	99.24	97.03	45.28	9.95	23.86	
16.1	50	3.2	7.58		1.2	5.75		96.63	82.61	98.48	45.09		21.43	
16.2	50	10	8.12		1.18	5.94		87.02	84.45	87.85	35.11		22.41	
17.1	63	10	8.94		1.29	5.41		79.12	73.91	80.91	36.72			
17.2	63	3.2	8.29		1.21	5.06		80.49	68.5	91.82	47.51			
18	80	10	9.31		1.3	5		74.17	69.07	75.03	35.2			
19	100	10	9.33		1.61	4.67		71.29	69.38	67.98	32.44			
20	130	10	9.66		1.64	4.66		69.42	63.29	60.57	29.35			
21.1	160	10	9.72		1.94	4.48		66.4	66.96	52.25	29.34			
21.2	160	32	9.54		2.15	4.75		72.57	66.35	55.45	33.4			
22.1	200	32			2.15	3.31		69.11	62.64	48.57	31.91			
22.2	200	10			1.14	4.86		52.1	37.08	44.68	27.45			
23	250	32												



**“MODELO DE UNIDADES GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO EL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM			X	344350	345348	346436	347311	348349	349377	350377	351358
			Y	3249225	3249254	3248998	3249497	3249517	3249491	3249570	3249455
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV54	SEV55	SEV56	SEV57	SEV58	SEV59	SEV60	SEV61	
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	1.6	0.32	382.8	143.5	913.1	591.7	820.6	517.8	1167	1337	
2	2	0.32	319.9	85.37	1022	538.2	837.7	549	1075	1166	
3	2.5	0.32	355.9	69.91	1096	571.1	717.4	590	981.4	1023	
4	3.2	0.32	346.6	67.79	1044	569.5	629.3	575.9	856.8	916.6	
5	4	0.32	335.9	69.9	869	533.2	634.4	559.2	714.5	805.5	
6.1	5	0.32	326.1	76.84	835.5	451.8	601.7	553.1	653.1	815.2	
6.2	5	1	291.9	78.99	741	440.5	532.7	561.6	615	637.6	
7.2	6.3	1	299.6	81.86	630.2	373.6	516.2	512.6	499	557.7	
7.1	6.3	0.32	333.7	79.1	714.1	383	550.2	505.5	533.7	631.9	
8	8	1	296.1	81.98	579.9	309.1	390.7	434.1	401.6	462.5	
9	10	1	265.1	76.59	467.7	254.4	350.9	379.8	333	383	
10	13	1	233.1	67.55	333.3	202.1	263.3	313.9	263.8	280.6	
11.1	16	1	212.5	58.49	256.3	174.7	205	249.2	221	185.6	
11.2	16	3.2	240.4	55.41	259.4	167.2	229.5	221.8	232.1	202.6	
12.2	20	3.2	211	46.99	187.2	144.9	190.7	159.4	194.3	127	
12.1	20	1	186.6	50.05	187.2	153.7	173.2	180.7	189.6	118.6	
13	25	3.2	191.5	42.14	138.1	129.1	173.8	117.9	189.9	90.05	
14	32	3.2	172	39.1	89.59	110.8	174.7	89.89	203.2	73.59	
15	40	3.2	162.2	39.87	66.53	103.7	189.4	63.58	202.7	82.94	
16.1	50	3.2	145.9	41.06	46.04	95.16	212.4	55.45	198	85.29	
16.2	50	10	151.9	38.5	50.64	90.33	198.9	51.84	198.6	84.42	
17.2	63	10	141.9	39.92	36.51	83.28	226.6	58.15	171.8	83.87	
17.1	63	3.2	139.3	44.08	38.67	89.31	240.9	62.31	169.2	85.42	
18	80	10	145.2	40.14	30.03	78.59	255.3	63.2	133.8	81.49	
19	100	10	159.8	40.87	30.16	87.63	238.8	68.64	96.98	78.72	
20	130	10	174.7	44.41	36.53	103.6	227.3	75.73	86.06	77.83	
21.1	160	10	167.9	43.24	28.96	124.7	217.3	102.4	75.83	78.33	
21.2	160	32	162.7	43.17	38	107.8	194.1	94.27	82.25	65.39	
22.2	200	32	160.5	45.38	47.17	138.5	196.8	101.6	81.28	65.53	
22.1	200	10	165.9	48.11	44.13	155.3	223.9	98.01	84.99	61.8	
23	250	32	156.8	52.76	58.68	164.9	194.5	130	82.24	77.14	
24	320	32	152.5	60.14	58.95	167.6	199.7	119.7	104.7	87.72	
25	400	32	154.3	68.79	71.73	196.7	192.8	105.3	104.4	102.8	
26.1	500	32		74.02	42.34	222.8	320.7	145.2	131.5	124.2	
26.2	500	100		71.81							

COORDENADAS UTM			X	352379	353344	354330	355284	356359	357375	358403	359602	360797
			Y	3249204	3248965	3248615	3248501	3248675	3248611	3248494	3248441	3248598
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV62	SEV63	SEV64	SEV65	SEV66	SEV67	SEV68	SEV69	SEV70	
			Resistividad Aparente (ohms-m)									
1	1.6	0.32	1193	1881	481.6	350.7	688.9	1005	928.4	1113	922.2	
2	2	0.32	1122	1463	1069	409.4	770.5	1153	798.4	886.1	753.2	
3	2.5	0.32	1170	1394	936.7	478.8	826.5	1138	735.9	767.2	663.6	
4	3.2	0.32	945.4	1097	816.3	559.9	864	1089	677.8	581.1	583.7	
5	4	0.32	917.1	736.4	735.5	592	825.8	714.7	575.3	503.3	499.8	
6.1	5	0.32	757.9	597.1	640.8	627.5	823.4	755.5	526.8	445.2	458.4	
6.2	5	1	599.8	481.1	626.8	553.1	755.1	718.8	413.3	510.1	419.7	
7.2	6.3	1	512.3	440.5	498.2	533.5	689	873.6	373.3	421.4	347.2	
7.1	6.3	0.32	652.6	552.8	523.3	601.7	743.5	1384	475.8	372.9	380	
8	8	1	422.8	321.7	425.3	470.5	603.7	667.1	304	358.8	295.4	
9	10	1	361.3	241	322.5	388.2	534.9	528	277.5	296	241	
10	13	1	296.2	207.1	254.5	337.9	452.2	394	234.5	240.8	185.5	
11.1	16	1	272.7	166.9	200.9	317.7	335.8	314.9	205.5	200.7	149	
11.2	16	3.2	245.3	179.5	216.5	333.5	356.4	288.8	206.1	202.2	180.7	
12.2	20	3.2	204.1	154	178.1	334.4	255.9	230	172.4	168.3	145	
12.1	20	1	228.8	145.1	168.1	316.7	243.3	252.4	178.8	169.3	122	
13	25	3.2	179.1	136.9	154	354.5	194.1	199	156.1	142.6	118.9	
14	32	3.2	175.5	138.8	139.2	388.8	141.3	207	141.8	124.6	99.64	
15	40	3.2	159	156.4	130.8	428.9	113.2	208.2	140.2	115.9	87.29	
16.1	50	3.2	153	175.3	125.4	443.7	80.86	229.8	133.6	103.9	65.86	
16.2	50	10	161.9	166.9	125.8	511.5	80.73	221.1	130.3	100.4	63.24	
17.2	63	10	141.5	160.2	120.5	502.3	68.61	252.3	114	93.46	61.34	
17.1	63	3.2	140.8	166.5	120.9	433.7	65.35	294.4	149.8	102.5	62.44	
18	80	10	127.1	159	124	474.5	60.36	245.1	133.3	90.8	62.53	
19	100	10	130	142.7	156.4	386.8	55.94	211.1	140	92.3	73.85	
20	130	10	121.3	160.3	135.9	223.2	60.72	184.9	145.9	94.65	77.85	
21.1	160	10	126.9	182.9	126	148.4	62.96	220.8	160	113.4	53.87	
21.2	160	32	130.8	170.4	432.7	150	59.09	228.6	147.5	103.7	85.14	
22.2	200	32	128.1	177.4	127.3	103.4	67.13	237.4	149.3	110.4	89.6	
22.1	200	10	121.3	158.7	102.1	103.9	68.36	257.5	160.7	109.9	92.15	
23	250	32	147	154.5	141.3	92.92	77.15	170.8	136.8	115.6	97.02	
24	320	32	159.4	119.44	134	93.84	60.35	191.3	126.3	116.5	107.1	
25	400	32	161	108.8	133.7	93.54	84.59	125.5	117.6	92.07	111.5	
26.1	500	32	225.3	121	168.6		91.45	128.4	108	89.91	112.8	
26.2	500	100			149.7							



**“MODELO DE UNIDADES GEOLÓGICAS GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO EL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM			X	372272	373468	374661	375853	376982	378332	379334	380538
			Y	3249243	3249368	3249507	3249601	3249900	3249312	3249986	3249997
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV80	SEV81	SEV82	SEV83	SEV84	SEV85	SEV86	SEV87	
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	1.6	0.32	3.919	2.468	1.963	1.52	4.35	75.34	153.9	96.3	
2	2	0.32	3.721	2.13	1.735	1.248	4.251	75.9	148.9	98.13	
3	2.5	0.32	3.54	1.889	1.634	1.178	4.065	83.19	169.4	95.58	
4	3.2	0.32	3.279	1.613	1.491	1.052	4.372	88.39	171.7	86.57	
5	4	0.32	3.387	1.423	1.358	0.9548	4.581	92.21	190.3	72.98	
6.1	5	0.32	3.82	1.383	1.294	0.9369	5.076	93.07	201.5	62.47	
6.2	5	1	3.197	1.249	1.265	0.8462	4.73	87.62	196.8	61.62	
7.2	6.3	1	3.525	1.16	1.164	0.8129	5.083	85.69	171.6	49.47	
7.1	6.3	0.32	4.199	1.286	1.198	0.9013	5.433	91.48	175.6	50.48	
8	8	1	4.075	0.9932	1.09	0.8231	5.491	85.55	149.4	38.44	
9	10	1	4.561	0.9551	0.9653	0.8445	6.021	72.07	126.3	29.79	
10	13	1	4.939	0.9346	0.964	0.9018	5.848	63.18	97.85	22.67	
11.1	16	1	5.617	0.9361	0.9852	1.007	6.071	58.69	80.34	20.62	
11.2	16	3.2	6.09	0.8693	1.02	1.08	6.171	60.03	86.36	19.51	
12.2	20	3.2	6.735	0.8832	1.053	1.201	5.977	51.22	68.65	15.99	
12.1	20	1	6.178	0.9721	1.012	1.134	5.798	51.3	64.77	16.91	
13	25	3.2	7.39	0.9549	1.141	1.325	6.373	50.92	51.44	15.18	
14	32	3.2	8.27	1.063	1.282	1.504	6.88	47.21	41.3	15.43	
15	40	3.2	8.884	1.203	1.442	1.732	7.486	44.85	32.08	15.55	
16.1	50	3.2	9.649	1.426	1.719	2.03	8.036	34.16	26.82	15.14	
16.2	50	10	9.353	1.394	1.707	2.085	7.555	39.93	27.03	14.08	
17.2	63	10	9.111	1.689	2.628	2.488	8.224	33.15	23.78	14.81	
17.1	63	3.2	9.386	1.664	1.978	2.375	8.661	13.99	23.95	15.83	
18	80	10	9.345	2.074	2.39	2.995	8.982	26.41	25.93	15.77	
19	100	10	9.678	2.419	2.854	3.476	9.446	23.41	22.04	17.6	
20	130	10	9.656	2.868	3.465 (2%)	4.148	9.99	18.32	19.56	22.38	
21.1	160	10	9.485	3.282	4.01	4.473	9.496	15.30 (6%)	21.2	28.35	
21.2	160	32	9.416	3.313	4.011	4.536	10.36	15.88	19.81	26.8	
22.2	200	32	9.435	3.871	4.611	5.126	11.71	20.60 (5%)	18.99	30.84	
22.1	200	10	9.121	3.771	4.589	5.01	11.16	17.22	21	30.88	
23	250	32	9.88	4.55	5.133	5.341	13.8	16.36	17.83	32.7	
24	320	32	9.838	5.289	5.496	6.819	16.37	15.46	18.11	36.01	
25	400	32	10.03	6.039	6.823	7.922	18.33	15.12 (6%)	15.68	44.16	
26.1	500	32	10.33	6.153	7.887	9.041	19.86	34.09	21.18	36.27	
26.2	500	100									

COORDENADAS UTM			X	361964	362956	364153	365333	366529	367697	368818	369941	371110
			Y	3248786	3249031	3249071	3249393	3249384	3249432	3249007	3248612	3248933
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV71	SEV72	SEV73	SEV74	SEV75	SEV76	SEV77	SEV78	SEV79	
			Resistividad Aparente (ohms-m)									
1	1.6	0.32	552.2	551.1	723.7	793.9	1162	788.5	277.8	19.63	3.627	
2	2	0.32	543.9	492.7	584.8	683.7	1038	679.1	284.8	14.52	3.755	
3	2.5	0.32	532.4	490.4	537.6	659.8	868.2	598.4	301.5	22.86	4.028	
4	3.2	0.32	521.3	434.5	483.1	537.9	743.9	566.5	314.2	19.51	3.914	
5	4	0.32	475.8	368.4	403	417.2	632.3	451.6	300.6	15.13	3.907	
6.1	5	0.32	427	288.4	319.9	392.2	533.3	372.1	282.9	12.44	4.182	
6.2	5	1	398.9	297.6	302.1	460	398.1	302.2	260.8	11.95	4.032	
7.2	6.3	1	354.4	269.6	220	365.3	341	245.4	237.5	10.76	4.383	
7.1	6.3	0.32	380.5	266.3	239	324.1	458.9	305.4	257	11.57	4.543	
8	8	1	312.4	183.6	200.2	309.4	274.3	209.4	201.8	6.43	4.952	
9	10	1	271.7	144.6	170.8	211.3	236.9	180.5	156	7.6	5.989	
10	13	1	215.1	120.9	138.8	174.5	193.2	149.5	117	9.19	7.815	
11.1	16	1	170.2	101.2	117.1	148.7	152.9	128.5	91.26	10.8	9.096	
11.2	16	3.2	167.8	112.1	116.1	152.6	169.7	137	103.7	10.22	9.679	
12.2	20	3.2	130.8	89.6	98.68	123.5	136.2	117.9	83.73	11.97	9.882	
12.1	20	1	135.4	82.19	101	122.4	124	110.6	76.08	12.53	9.343	
13	25	3.2	101.9	73.5	85.63	103.9	111.9	99.84	78.76	13.99	11.74	
14	32	3.2	90.25	65.12	73.06	73.86	94.95	83.78	76.4	17.04	12.66	
15	40	3.2	76.25	58.84	70.07	79.14	77.04	74.1	75.36	19.74	14.04	
16.1	50	3.2	70.64	55.59	63.98	75.29	74.15	70	72.34	23.79	15.3	
16.2	50	10	67.67	59.41	63.64	72.35	73.24	71.32	71.96	23.12	16.24	
17.2	63	10	62.59	58.65	61.17	106.3	68.99	66.73	70.26	27.81	18.11	
17.1	63	3.2	67.06	55.73	62.45	63.52	67.41	66.07	70.13	29.01	16.87	
18	80	10	60.76	58.7	59.5	101.2	66.37	64.69	74.82	32.24	20.27	
19	100	10	57.74	59.5	60.22	120.8	63.42	62.1	71.48	33.12	21.54	
20	130	10	53.86	58.67	64.8	252.8	66.14	66.09	73.45	32.91	20.35	
21.1	160	10	52.33	63.02	68.59	150.2	63.34	60.19	77.4	32.49	19.68	
21.2	160	32	54.42	60.12	67.61	71.29	62.25	63.58	63.48	30.75	26.88	
22.2	200	32	55.33	61.46	78	89.04	75.58	60.03	57.16	32.06	25.72	
22.1	200	10	58.14	64.2	74.5	350.2	71.35	59.2	68.85	23.85	18.63	
23	250	32	57.34	64.5	82	68.52	69.78	55.37	53.21	30.72	22.24	
24	320	32	56.83	63.42	85.5	82.17	66.32	54.67	50.01	29.2	18.78	
25	400	32	64.04	77.18	88.97	74.29	87.57	69.44	52.36	27.96	17.41	
26.1	500	32	62.11	49.79	111.8	75.63	83.19	66.73	55.33	24.71	15.52	
26.2	500	100										



**“MODELO DE UNIDADES ELECTRICAS DEL ACUIFERO EL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM		X	373987	376988	378095	380852	380780	370588	372161	374493	377365
		Y	3206816	3207260	3206260	3205719	3204133	3197772	3197438	3197419	3197908
ESTACION	AB/2	MN/2	SEV88	SEV89	SEV90	SEV91	SEV92	SEV93	SEV94	SEV95	SEV96
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	1.6	0.32	70.05	25.89	45.04	99.45	191.8	283	124.7	75.96	101.4
2	2	0.32	57.1	17.81	52.93	59.35	211.4	264.7	137	83.76	103.7
3	2.5	0.32	54.18	17.53	55.76	66.21	207.8	253.6	144.1	90.94	104.5
4	3.2	0.32	44.7	21.17	59.65	60.33	197.1	222.5	162.6	99.44	99.95
5	4	0.32	39.73	22.09	67.41	89.63	174.7	214.1	168.8	113.4	96.26
6.1	5	0.32	36.45	27.02	70.01	57.07	140.5	181.5	159.4	117.2	88.82
6.2	5	1	31.38	17.7	47.51	61.52	139	150.5	133.9	98.04	82.78
7.2	6.3	1	29.99	18.64	50.72	60.09	119	123.4	118.6	96.61	76.09
7.1	6.3	0.32	35.3	26.49	74.92	58.52	120.5	147.7	142	115.42	82.13
8	8	1	27.8	20.17	51.13	58.95	134.4	80.68	93.58	85.49	64.55
9	10	1	25.7	17.83	50.72	53.68	153.3	57.82	74.76	72.17	56.42
10	13	1	24.28	15.56	53.04	41.49	175	38.53	54.71	54.85	47.69
11.1	16	1	22.99	14.11	54.36	34.55	162.9	31.46	43.95	43.51	44.14
11.2	16	3.2	21.77	13.02	51.59	34.3	199	31.09	46.55	40.43	41.16
12.2	20	3.2	21.03	12	48.39	27.02	194.6	32.18	35.86	30.11	37.6
12.1	20	1	22.12	13.05	51.42	29.07	213.2	33.05	32.75	33.28	40.21
13	25	3.2	18.84	11	45.08	23.62	194.6	34.68	32.07	23.8	32.84
14	32	3.2	16.53	10.49	40.73	20.74	223.3	44.4	32.41	21.88	28.52
15	40	3.2	15.84	11.24	38.86	21.39	233.2	52.31	34.37	21.11	25.37
16.1	50	3.2	15.25	12.17	36.66	233.2	205.7	55.39	35.47	10.89	22.98
16.2	50	10	15.52	12.72	34.58	24.5	197.8	47.14	38.48	20.15	20.91
17.2	63	10	14.64	13.17	31.42	30.72	228.7	55.56	41.39	18.57	18.67
17.1	63	3.2	14.18	12.57	33.54	31.27	207.9	62.63	38.23	21.7	20.57
18	80	10	14.77	13.26	29.63	38.48	198.7	63.84	47.28	16.88	15.6
19	100	10	14.27	13.3	27.44	60.58	182.6	75.95	57.29	18.06	13.99
20	130	10	11.14	12.76	25.71	69.62	206	88.26	57.65	19.45	14.95
21.1	160	10	13.64	12.47	23.23	90.84	214.4	90.38	58	14.33	19.13
21.2	160	32	14.65	12.27	22.35	94.93	159.7	100.6	56.33	19.3	17.22
22.2	200	32	13.8	11.8	19.89	97.65	171.5	108.8	56.2	14.99	13.19
22.1	200	10	12.78	12.03	21.13	90.8	128.6	101.2	59.03	10.01	15.32
23	250	32	14.54	11.28	16.43	113.6	203.3	120.8	53.62	1.342	33.7
24	320	32	14.22	11.7	14.5	174.7	54.48	161.4	49.03		96.76
25	400	32	14.56	11.8	13.23	253.3		198.2	42.56		
26.1	500	32				187.7					
26.2	500	100									

COORDENADAS UTM		X	365409.7	375397.06	376509.57	377547.92	378493.55	379476.26	380069.59	380866.88	382016.47
		Y	3238677.2	3195276.5	3195369.2	3195480.5	3195628.8	3196018.2	3196722.8	3197112.2	3197483.1
ESTACION	AB/2	MN	SEV97	SEV98	SEV99	SEV100	SEV101	SEV102	SEV103	SEV104	SEV105
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	2	1	660.61	310.59	120.74	245.06	126.77	117.92	212	101.2	426.13
2	3	1	778.13	338.46	149.72	313.26	154.84	108.85	194	100.93	213.12
3	4	1	862.08	342.37	176.58	301.95	150.48	100.8	64	99.62	139.76
4	5	1	890.41	314.56	189.83	269.6	181.46	92.24	28.5	97.72	102.21
5	6	1	880	267.27	187.03	223.47	192	84.76	36	96.39	82.67
6	8	1	800	190.36	176.17	162.34	187.89	69.21	6.2	79.13	59.05
7	10	1	702.59	121.83	147.64	113.14	162.91	69.65	5.7	66.15	47.82
8	13	1	553.56	65.7	95.38	77.73	121.14	58.55	2.55	57.06	36.26
8	13	5	510.35	68.49	106.82	68.31	126.93	60.24	11.8	51.15	40.81
9	16	5	445.14	39.06	75.36	43.28	94.85	49.36	7.1	39.25	30.59
9	16	1	491.25	38.26	70.19	50.6	93.15	48.18	1.6	50.14	27.42
10	20	5	373.33	24.63	46.82	27.21	62	37.66	4.36	28.51	24.19
11	25	5	289.84	16.92	30.82	20.37	33.12	28.81	2.4	23.63	19.8
12	32	5	186.75	16.87	23.87	20.3	23.24	22.69	1.17	21.76	17.74
13	40	5	148.35	16.61	21.46	20.4	18.01	19.12	0.52	20.28	16.9
14	50	5	121.32	18.02	22.08	20.45	17.15	16.81	0.59	19.73	16.97
14	50	20	120.76	17.65	21.29	20.59	16.43	14.91	2.5	17.87	17.12
15	65	20	87.73	20.47	22.72	22.68	15.93	14.83	1.95	17.25	16.76
15	65	5	87.01	21.26	23.4	22.64	16.93	17.44	0.47	19.15	17.19
16	80	20	70.99	22	20.28	23.8	16.97	15.1	1.8	16.84	16.94
17	100	20	54.46	23.61	25.28	24.79	18.03	16.25	1.75	17.1	18.2
18	125	20	44.78	25.66	24.82	25.39	18.57	16.84	1.16	16.4	19.18
19	160	20	36.97	25.91	26.35	25	21.13	18.07	0.54	18.32	22.52
19	160	50	37.94	26.51	25.59	24.19	21.91	17.04	1.36	17.3	22.14
20	200	50	35.34	27.85	27.53	20.03	20.01	18.11	1.25	19.95	26.81
20	200	20	36.44	27.1	26.97	21.09	18.87	18.8	0.5	20.89	27.6
21	250	50	38.77	28.57	28.17	20.27	20.2	20.18	1.66	22.8	31.5
22	320	50	40.72	28.14	27.18	19.91	19.89	18.48	0.95	26.64	36.5
23	400	50	52.22	29.67	28.76	20.79	19.34	18.21	0.535	29.71	42.92
24	500	50	64.1	31.19	30.8	22.06	21.8	17.41	0.32	32.26	48.1
25	600	50	76.98	32.32	33.2	26.25	21.21	19.81	0.245	36.38	51.57



**“MODELO DE UNIDADES GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO EL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM		X	377139.96	378493.51	379587.47	380625.8	379842.17	379476.26	378981.88	378493.51	380866.88
		Y	3197279.1	3197668.5	3198410.1	3199096.2	3195248.4	3196018.2	3196727.4	3197668.5	3197112.2
ESTACION	AB/2	MN	SEV106	SEV107	SEV108	SEV109	SEV110	SEV111	SEV112	SEV113	SEV114
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	2	1	62.26	108.86	90.95	298.51	199.44	117.92	192.39	108.86	101.2
2	3	1	62.32	79.93	73.53	213.62	182.62	108.85	198.48	79.93	100.93
3	4	1	58.96	66	57.99	153.85	169.52	100.8	180.2	66	99.62
4	5	1	58.66	56.2	50.94	107.49	154.45	92.24	159.07	56.2	97.72
5	6	1	52.56	51.17	42.89	77.14	139.24	84.76	129.5	51.17	96.39
6	8	1	50	41.55	25	50.59	114.28	69.21	88	41.55	79.13
7	10	1	46.33	31.3	21.75	38.06	91.61	69.65	61.13	31.3	66.15
8	13	1	44.56	25.5	17.36	31.34	61.56	58.55	41.22	25.5	57.06
8	13	5	39.48	35.11	16.37	31.75	65.64	60.24	39.07	35.11	51.15
9	16	5	37.01	31.13	16.75	29.37	46.2	49.36	31.93	31.13	39.25
9	16	1	41.23	22.01	13.76	27.32	43.84	48.18	34.91	22.01	50.14
10	20	5	31.55	26.74	13.08	26.74	29.74	37.66	27.53	26.74	28.51
11	25	5	27.17	20.42	11.27	23.97	21.68	28.81	22.51	20.42	23.63
12	32	5	23.57	17.89	9.86	26.31	17.56	22.69	19.79	17.89	21.76
13	40	5	19.89	16.49	9.32	25.57	15.92	19.12	16.92	16.49	20.28
14	50	5	16.03	14.54	9.82	24.77	15.57	16.81	14.24	14.54	19.73
14	50	20	17.44	15.39	9.53	24.76	15.39	14.91	15.96	15.39	17.87
15	65	20	15.8	14.22	10.28	26.76	16.78	14.83	14.26	14.22	17.25
15	65	5	14.61	13.75	10.25	26.5	16.96	17.44	12.65	13.75	19.15
16	80	20	15.39	14.38	10.92	28.15	17.06	15.1	12.65	14.38	16.84
17	100	20	14.87	14.22	11.76	28.31	18.33	16.25	14.15	14.22	17.1
18	125	20	17.19	14.15	11.91	29.8	18.3	16.84	13.74	14.15	16.4
19	160	20	16.45	14.18	12.58	29.73	19.37	18.07	14.53	14.18	18.32
19	160	50	16.47	14.74	12.46	31.29	19.01	17.04	14.59	14.74	17.3
20	200	50	17.93	15.62	13.61	24.74	20.04	18.11	15.54	15.62	19.95
20	200	20	18.44	15.98	13.73	25.44	19.94	18.8	15.74	15.98	20.89
21	250	50	19.58	15.47	14.39	24.7	20.4	20.18	16.21	15.47	22.8
22	320	50	20.01	15.42	13.89	26.64	21.27	18.48	15.98	15.42	26.64
23	400	50	22.25	15.88	15.61	26.15	21.61	18.21	15.88	15.88	29.71
24	500	50	22.05	16.23	17.16	26.85	20.83	17.41	17.47	16.23	32.26
25	600	50	23.36		17.87	38.03	20.94	19.81	16.64		36.38

COORDENADAS UTM		X	380107.41	379587.47	380625.8	377190.52	377093.15	376981.89	376926.24	376833.51	376666.57
		Y	3197723.6	3198410.1	3199096.2	3222139.9	3224341.4	3225250	3226826.1	3228346.6	3231980.8
ESTACION	AB/2	MN	SEV115	SEV116	SEV117	SEV118	SEV119	SEV120	SEV121	SEV122	SEV123
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	2	1	46.05	90.95	298.51	23.06	44.28	25.76	9.23	9.43	2.42
2	3	1	48.69	73.53	213.62	19.48	32.44	21.18	10.87	11.58	3.1
3	4	1	52.37	57.99	153.85	17.05	25.2	19.13	13.4	13.81	4.09
4	5	1	52.11	50.94	107.49	16.87	22.2	17.58	15.12	14.72	4.27
5	6	1	52.64	42.89	77.14	16.1	21	18.33	16.92	16.37	4.72
6	8	1	53.09	25	50.59	16.36	16.67	20.36	18.18	13.44	5.67
7	10	1	43.82	21.75	38.06	16.21	16.02	20.68	22.46	20.92	6.63
8	13	1	39.65	17.36	31.34	17.89	15.56	21.68	25.35	24.29	7.97
8	13	5	56.73	16.37	31.75	21.42	16.03	19.72	24.89	17.95	8.55
9	16	5	43.21	16.75	29.37	21.94	17.02	22.53	26.31	19.27	9.99
9	16	1	33.11	13.76	27.32	17.93	16.95	22.75	27.27	25.89	9.37
10	20	5	37.29	13.08	26.74	24.08	18.04	21.85	26.04	17.89	12.5
11	25	5	30.28	11.27	23.97	24.94	20.06	21.27	26.1	17.22	13.22
12	32	5	28.04	9.86	26.31	28.84	22.03	21.06	25.89	21.01	14.74
13	40	5	25.13	9.32	25.57	27.5	25	20.45	26.47	20.18	15.35
14	50	5	23.94	9.82	24.77	26.43	26.17	19.96	27.98	20.8	16.21
14	50	20	19.97	9.53	24.76	25.6	24.4	19.61	23.33	20.11	16.82
15	65	20	20.09	10.28	26.76	25.85	27.48	19.29	28.41	18.94	17.22
15	65	5	23.92	10.25	26.5	25.43	29.25	19.59	29.04	20.04	16.65
16	80	20	19.59	10.92	28.15	25.16	27.84	19.8	25.38	17.86	17.35
17	100	20	19.64	11.76	28.31	24.44	27.94	21.34	25.92	16.75	17.12
18	125	20	18.08	11.91	29.8	23.22	26.12	20.63	21.01	14.18	15.16
19	160	20	18.56	12.58	29.73	23.42	23.57	19.74	18.42	13.33	14.36
19	160	50	17.36	12.46	31.29	24.19	23.23	20.66	18.15	14.98	14.8
20	200	50	18.51	13.61	24.74	24.6	21.94	20.24	17.52	13.74	13.57
20	200	20	19.35	13.73	25.44	24.41	22.68	19.41	16.8	13.15	13.81
21	250	50	20.79	14.39	24.7	24.26	20.5	19.88	16.72	14.35	13.73
22	320	50	22.81	13.89	26.64	22.97	18.34	16.54	14.94	13.63	12.21
23	400	50	26.1	15.61	26.15	18.95	16.13	16.1	14.97	13.42	11.92
24	500	50	29.17	17.16	26.85	17.93	15.51	18.8	15.02	14.53	12.12
25	600	50	31.56	17.87	38.03	16.93	14.84	14.23	15.47	14.96	13



**“MODELO DE UNIDADES GEOELECTRICAS DEL ACUIFERO EL SAUZ-
ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MEXICO”**

COORDENADAS UTM		X	379162	373989.68	377190.52	366699.73	370841.53	374001.92	376727.62	370837.5	373914.22	376669.4
		Y	3198859	3222160.1	3222139.9	3230267.1	3230248.6	3230227.8	3230081.9	3234402.4	3233830.7	3234134.6
ESTACION	AB/2	MN	SEV124	SEV125	SEV126	SEV127	SEV128	SEV129	SEV130	SEV131	SEV132	SEV133
			Resistividad Aparente (ohms-m)									
1	1.6	0.32	141.6	41.75	23.06	568.95	37.11	5.46	53.05	108.1	1.48	2.49
2	2	0.32	147	43.96	19.48	496.34	27.36	7.58	87.72	80.73	1.49	2.52
3	2.5	0.32	149.3	46.33	17.05	471.43	23.38	9.9	102.7	59.4	1.66	2.65
4	3.2	0.32	140.6	49.74	16.87	424.74	21.18	10.48	98.07	38.3	1.83	3.11
5	4	0.32	136.8	49.76	16.1	365.56	19.86	11.78	101.77	26.29	2.05	3.14
6.1	5	0.32	106.7	54.14	16.36	323.08	17.84	13.16	88.43	15.94	2.5	3.8
6.2	5	1	92.71	54.11	16.21	255.74	16.64	14.3	75.46	13.77	3.06	3.7
7.2	6.3	1	78.3	50.33	17.89	186.48	15.87	15.18	60.44	13.12	3.8	4.42
7.1	6.3	0.32	88.37	45.15	21.42	188.16	14.86	14.66	62.8	15.29	4.26	4.81
8	8	1	62.86	43.26	21.94	142.05	13.58	14.26	51.74	16.35	5.67	4.93
9	10	1	52.75	48.35	17.93	147.85	14.63	14.47	47.67	14.5	4.63	4.44
10	13	1	41.25	37.49	24.08	120.62	13.52	14.57	41.71	18.04	6.02	5.46
11.1	16	1	36.16	31.35	24.94	100.42	12.6	12.87	35.84	18.43	6.98	5.82
11.2	16	3.2	32.55	25.74	28.84	85.77	12.82	12.2	30	20.15	8.21	6.56
12.2	20	3.2	26.26	22.55	27.5	75.51	12.39	11.71	27.21	20.41	9.73	6.98
12.1	20	1	28.21	21.27	26.43	65.98	12.35	12.98	25.49	18.8	11.95	8.23
13	25	3.2	21.15	22.29	25.6	63.32	12.67	14.48	26.06	18.6	11.78	8.43
14	32	3.2	15.41	22.96	25.85	60.17	12.65	14.19	21.28	18.45	14.1	10.01
15	40	3.2	13.68	22.16	25.43	61.32	13.79	12.5	20.96	18.24	14.25	9.5
16.1	50	3.2	12.18	25.02	25.16	60.64	13.07	13.61	19.8	19.44	14.75	11.28
16.2	50	10	10.79	26.66	24.44	57.98	13.82	13.65	19.04	17.68	15.55	11.95
17.2	63	10	10.73	27.56	23.22	68.16	12.63	12.85	18.4	15.61	13.29	12.6
17.1	63	3.2	12.26	29.38	23.42	67.8	12.7	12.61	18.59	15.19	14.2	13.96
18	80	10	10.83	29.59	24.19	64.65	14.19	14.16	16.79	15.58	13.89	13.91
19	100	10	9.88	31.43	24.6	70.69	13.86	14.87	15.65	15.72	14.82	15.04
20	130	10	9.55	31.01	24.41	76.86	15.36	13.38	17.65	15.86	15.17	14.92
21.1	160	10	10.05	30.22	24.26	72.48	16.16	14.32	14.98	15.73	13.28	15.63
21.2	160	32	10.92	29.89	22.97	76.65	17.47	13.14	13.85	19.53	12.46	16.3
22.2	200	32	12.09	29.27	18.95	80.28	18.93	14.03	13.74	21.22	11.9	14.12
22.1	200	10	13	30.99	17.93	84.81	22.03	14.24	13.8	25.86	12.14	14.46
23	250	32	17.12	32	16.93	84.48	22.14	14.04	14.26	32.03	12.69	13.2
24	320	32	21.02									
25	400	32	27.87									

COORDENADAS UTM		X	376499.64	374228.22	373319.61	365409.7	368329.81	367747.24	370743.75	369079.55	370813.65
		Y	3235689.3	3238109	3242781.7	3238677.2	3238447	3226064.7	3226103.1	3222157	3222122.8
ESTACION	AB/2	MN	SEV134	SEV135	SEV136	SEV137	SEV138	SEV139	SEV140	SEV141	SEV142
			Resistividad Aparente (ohms-m)								
1	2	1	69.52	7.78	3.73	660.61	14.66	414.12	21.73	93.37	18.43
2	3	1	52.2	5.44	3.13	778.13	13.6	325.51	21.34	61.09	26.68
3	4	1	33.7	4.54	2.91	862.08	14.44	317.89	24.08	51.91	36.51
4	5	1	26.81	3.56	2.63	890.41	13.38	296.56	28.11	49.5	42.59
5	6	1	23.13	3.23	2.73	880	18.76	273.93	34.19	49.48	46.43
6	8	1	20	2.97	2.24	800	24.47	235.42	43.43	46.77	55.84
7	10	1	16.95	2.99	2.07	702.59	31.49	202.03	49.91	42.87	62.84
8	13	1	16.35	3.33	1.92	553.56	40.7	152.58	58.92	34.74	65.43
8	13	5	16.37	3.23	1.86	510.35	37.95	171.55	50.03	39.23	64.98
9	16	5	16.09	3.61	1.76	445.14	47.1	129.7	46.84	33.01	65.86
9	16	1	16.23	3.73	1.89	491.25	50.29	119.2	51.14	29.62	68.2
10	20	5	18.09	4.31	1.7	373.33	59.75	106.55	42.19	28.53	65.92
11	25	5	19.53	5.08	1.74	289.84	76.46	87.55	36.67	24.01	62.95
12	32	5	21.28	6.25	1.97	186.75	93.89	81.65	26.57	20.85	50.95
13	40	5	22.82	7.4	2.26	148.35	93.88	72.55	19.23	20.9	37.92
14	50	5	25.03	8.8	2.55	121.32	97.26	62.68	14.45	20.93	29.5
14	50	20	24.48	8.28	2.51	120.76	84.5	63.62	14.3	21.67	30.05
15	65	20	24.49	10.28	3.02	87.73	93.41	50.28	11.88	24.12	17.67
15	65	5	25.45	10.98	3.17	87.01	103.99	50.26	12.76	23.27	19.87
16	80	20	27.11	10.98	3.65	70.99	88.76	43.83	11.35	25.39	13.27
17	100	20	26.2	11.9	4.21	54.46	67.44	38.87	12.07	28.64	11.04
18	125	20	23.5	11.49	4.73	44.78	43.83	37.71	11.75	32.4	10.51
19	160	20	23.26	12.05	5.51	36.97	36.67	34.59	12.33	37.92	11.79
19	160	50	20.45	11.74	5.23	37.94	29.9	31.4	13.22	37.47	11.47
20	200	50	21.07	12.33	6.17	35.34	30.36	29.66	14.41	46.39	14.94
20	200	20	24.37	13.6	6.62	36.44	38.48	33.66	13.33	45.72	13.21
21	250	50	18.64	12.97	6.89	38.77	28.09	29.92	16	60.84	16.35
22	320	50	18.65	13.25	7.36	40.72	29.31	29.4	18.59	68.71	19.64
23	400	50	18.73	14.31	7.7	52.22	33.85	29.89	20.74	82.72	22.72
24	500	50	19.85	15.7	8.06	64.1	36.22	33.7	23.46	91.15	26.25
25	600	50	20.86	16.82	8.2	76.98	43.01	33.95	26.19	91.95	29.42