



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carref. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Evaluación geofísica mediante técnicas de sísmica pasiva para determinar la factibilidad de perforar un pozo exploratorio para la extracción de agua.

Santa Fé,
San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca.
Septiembre, 2023.





Contenido.

1.	INTRODUCCIÓN	2
1.2	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3	LOCALIZACIÓN	3
1.4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.	CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.	7
2.1	EQUIPO UTILIZADO.....	7
2.2	LEVANTAMIENTO EN CAMPO	7
3.	RESULTADOS GEOFÍSICOS.	9
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	11
5.	A N E X O S	14



1. Introducción

Uno de los mayores problemas para el desarrollo de proyectos agrícolas, industriales, alimenticios y poblacionales, es satisfacer la demanda de agua, recurso indispensable para el correcto funcionamiento de la sociedad y sus giros económicos. Debido a la reciente escases de fuentes superficiales de agua dulce, sequías y al poco aprovechamiento de las aguas pluviales, la mayor parte captación de agua se obtiene de la explotación de mantos acuíferos mediante la perforación de pozos profundos.

Los acuíferos son estructuras geológicas que almacenan una cantidad importante de agua, la cual se encuentra en materiales permeables, esta característica implica la facilidad de un fluido para desplazarse entre los poros interconectados de la roca. Otra característica importante es la saturación, ya que, si una unidad rocosa con alta porosidad no se ve favorecida por la afluencia de agua, no se considerará factible para los objetivos del estudio.

Para la selección del sitio de perforación para pozos de extracción de agua, es necesario determinar las características geohidrológicas del subsuelo a explorar, para lo cual es necesario realizar un reconocimiento geológico y estudios de exploración geofísica. En el presente trabajo se utilizaron técnicas fundamentadas la sísmica pasiva. Nuestra compañía ha modificado una serie de técnicas y procedimientos sismológicos para calcular la distribución litológica con alta resolución y a una profundidad considerable. Las capas superficiales del subsuelo están expuestas mayormente a tremores causador por fuentes naturales y antropogénicas. Todos esos esfuerzos artificiales inducidos en el subsuelo tienen un tremor de periodo corto (microtemores). Su importancia radica en la excitación constante del medio, lo cual permite obtener señales que se pueden caracterizar a partir de: la amplificación relativa, el periodo predominante, la dirección de las resonancias, y con ello y la distribución litológica de las rocas.

Existen diversas técnicas geofísicas para identificar acuíferos, la sísmica pasiva (método utilizado en el presente proyecto) no figura dentro de los métodos más representativos, no obstante, en contraste con otros métodos cuenta con una alta resolución lo que permite realizar modelos estructurales más complejos.

1.1 Justificación del proyecto

En el Municipio de Tuxtepec, Oaxaca, se requiere abastecer la demanda de agua, la cual ha ido en aumento junto con el crecimiento poblacional. Con base en esto, se nos ha solicitado realizar el presente estudio geofísico con la finalidad de evaluar las posibilidades acuíferas en varios segmentos del área predestinada. Para lograr los objetivos se aplicaron métodos sísmicos y electromagnéticos los cuales ayudaron a conocer la distribución de las unidades litológicas, determinar las condiciones acuíferas del sitio y proponer los mejores sitios y profundidad para llevar a cabo la perforación exploratoria.

1.2 Localización

El levantamiento de los datos se realizó en la Santa Fé, localizada en plaza Aldama, en la cabecera municipal de San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca. En el plano de la figura 1.1 se delimita el área estudiada mediante el estudio geofísico.

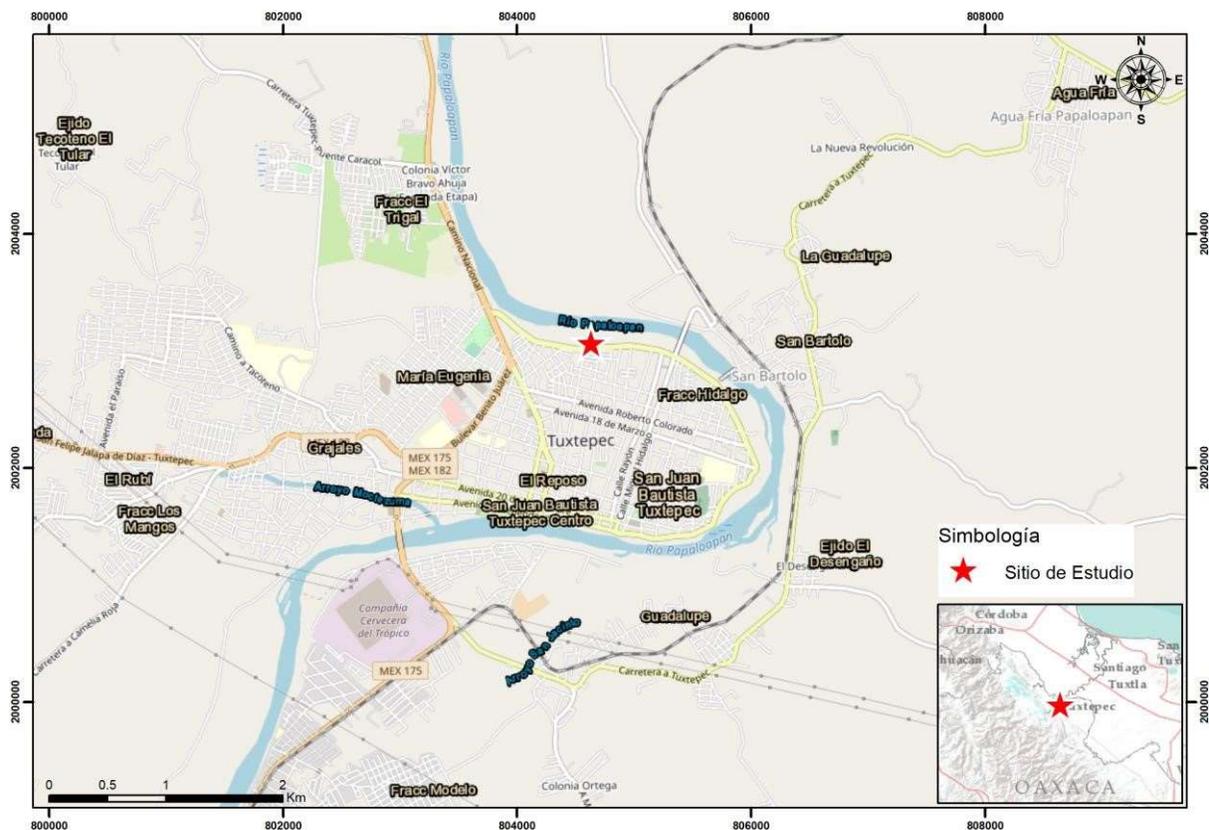


Figura 1.1 Localización del sitio de estudio.

1.3 Planteamiento del problema

Los métodos geofísicos son una herramienta útil para la caracterización de las diferentes unidades litológicas, ya que, bajo una adquisición, procesado y modelado adecuado, es posible determinar la distribución y características físicas del subsuelo. Para delimitar la presencia de los acuíferos es necesario identificar una unidad porosa, permeable y situada por debajo del nivel estático, a una profundidad razonable, para las condiciones físicas y económicas del proyecto. Así mismo, es imprescindible conocer la geología superficial del sitio de estudio y los procesos geológicos que rigen el tipo de sedimentación y/o origen de las rocas.

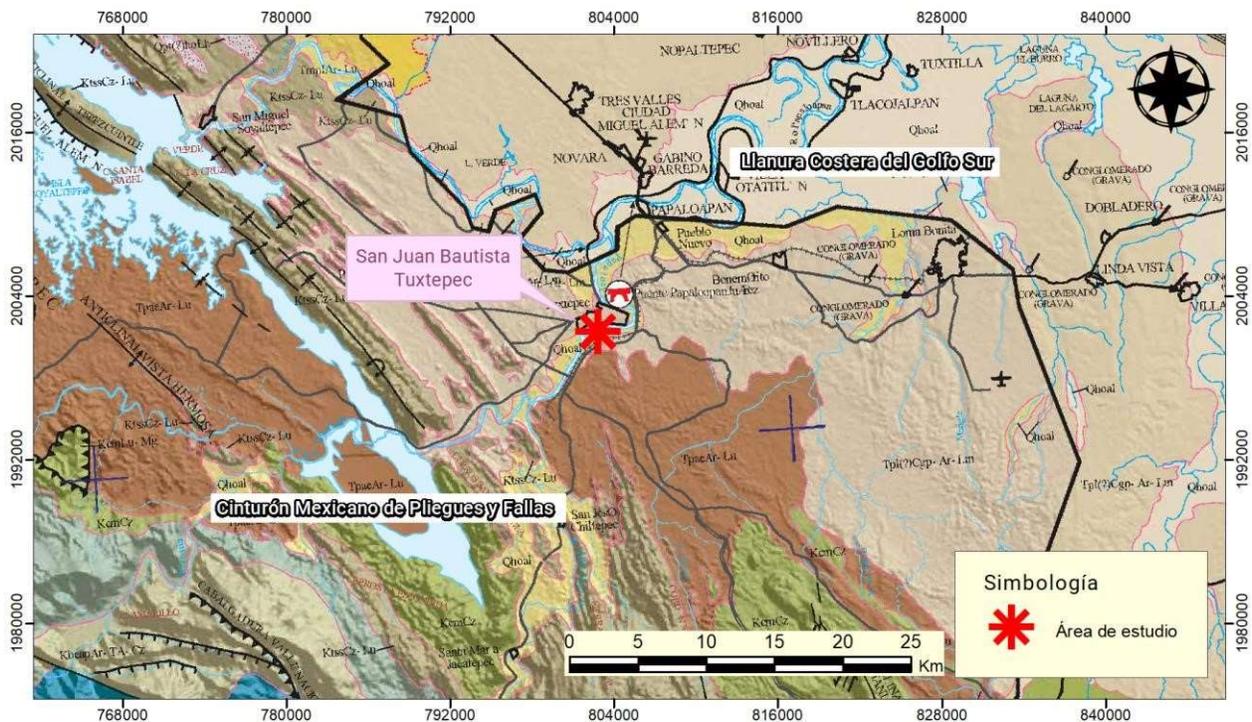


Figura 1.3 Geología superficial-regional del sitio de estudio. Modificado de SGM, carta E14-7.

Fisiográficamente Tuxtepec se ubica dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur (Veracruzana), rodeándose por el suroeste de altos topográficos que conforman a la provincia geológica Cinturón Mexicana de Pliegues y Fallas. Superficialmente, la columna estratigráfica de la región presenta cambios notables en función del bloque estructural al que pertenezca, depositándose en el noreste de la ciudad rocas sedimentarias correspondientes a ambientes continentales y marinos (calizas, lutitas, margas), mientras

que en las zonas más pegadas a los altos topográficos es posible encontrar depósitos que formaron con el tiempo un conglomerado mal clasificados compuestos por los clastos erosionados provenientes de la erosión de las rocas preexistentes.

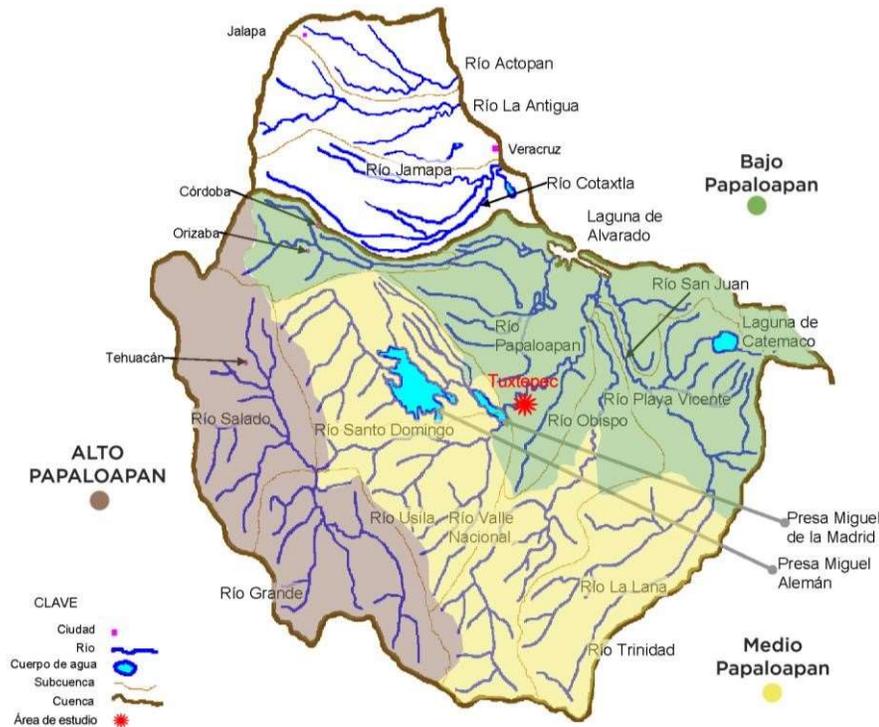


Figura 1.3 Geología superficial-regional del sitio de estudio. Modificado de SGM, carta E14-7.

La zona comprende a la cuenca hidrológica del Río Papaloapan N°28, regionalizada en tres zonas: La Cañada (o Alto Papaloapan), Medio Papaloapan y Bajo Papaloapan, siendo la región Medio Papaloapan donde se localiza la mayor parte del acuífero Tuxtepec (figura 1.3.2.). La red hidrográfica del río Papaloapan, junto con la geomorfología del sitio permitieron distintos procesos sedimentológicos en los que predominan los depósitos aluviales-fluviales. Los niveles de energía y el desbordamiento de los principales ríos enriquecen a las planicies de inundación con depósitos de borde y desborde (aluviones con mayor contenido de gravas y arenas) y llanuras de inundación (depósitos lacustres), a su vez estas estructuras pueden ser re-elaboradas y retroalimentan a los procesos y ambientes sedimentarios.

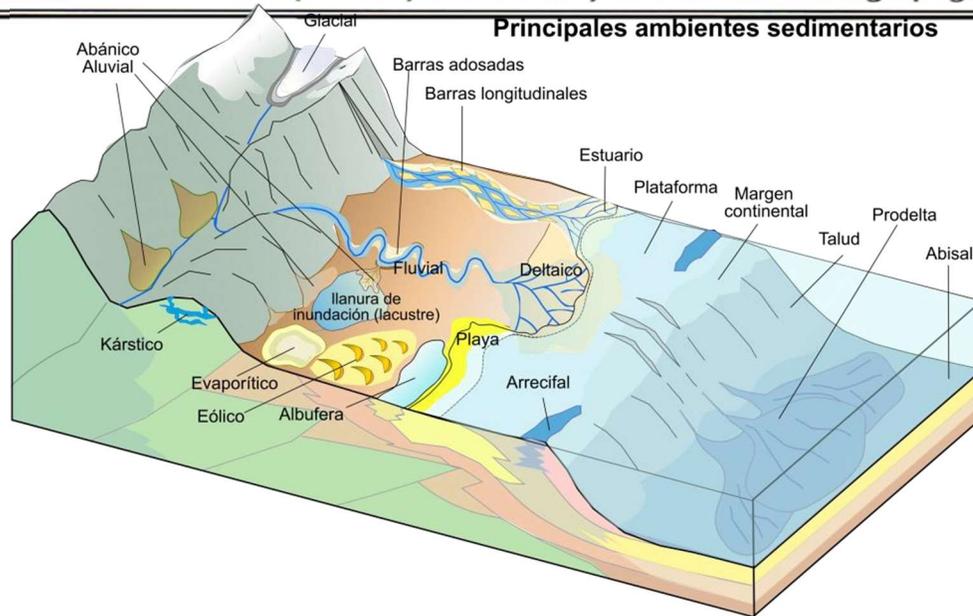


Figura No. 2.1. Diagrama esquemático de los principales ambientes sedimentarios. Modificado de Mike Norton (2008).

La geología del subuselo en este tipo de ambientes permite el almacenaje del agua en los paquetes de depósitos poco consolidados, dando lugar a acuíferos granulares y mixtos tanto libres como confinados. Las unidades/capas de mayor conductividad hidráulica serán las que presenten mayor contenido de arenas y gravas y bajo contenido de arcilla estructural y dispersa; mientras que, los estratos arcillosos, aunque presenten saturación, tendrán una velocidad de transmisión baja o incluso nula, por lo que se consideran como capas sello que otorgan confinamiento al resto de las unidades. Aunado a lo anterior, el aporte de los acuíferos también estará sujeta a la carga hidráulica, ya que, aunque una unidad litológica sea presente porosidad efectiva alta no podrá ser provechosa y tiene una carga hidráulica baja o nula.

Procurando realizar un detallado análisis de la distribución de las unidades litológicas se empleó técnicas de sísmica pasiva, útiles en la elaboración del análisis geológico estructural basado en el tipo de material.

2. Campaña de exploración geofísica.

2.1 Equipo utilizado

La adquisición de datos para la Vibración sísmica se realiza por medio de un sismógrafo triaxial de baja frecuencia SR04 Geobox, marca SARA, con un sensor de 4.5 a 0.1 Hz (ver figura 2.1). El equipo utilizado permite detectar la vibración ambiental del subsuelo, es decir, los microtemores que viajan desde zonas profundas de las capas litológicas hasta la superficie de la tierra, estos se encuentran en constante y leve movimiento que pueden ser detectados por sismómetros sensitivos tal como nuestro equipo.

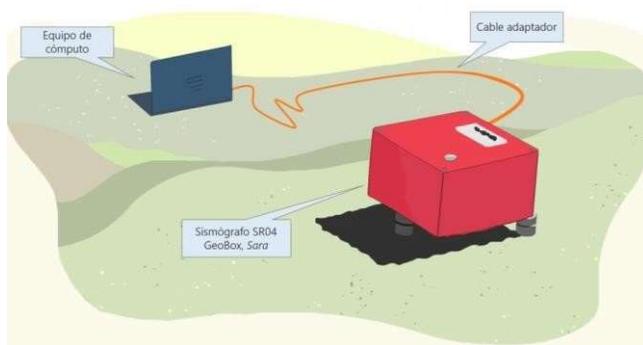


Figura No. 2.1.- izq. Esquema de levantamiento de datos. Derecha: equipo en campo.

2.2 Levantamiento en campo

Se obtuvieron los datos de 4 Estaciones Sísmicas y un sondeo audiomagnetotelúrico (AMT) distribuidas como se observa en la figura 2.2. La distribución de los datos permitió elaborar un perfil con una longitud de 162 metros y con orientación Este-Oeste. Las coordenadas de los elementos levantados se integran en la tabla 2.1.



Figura 2.2. Distribución de elementos geofísicos.

Elemento	Coordenadas UTM WGS-84 (zona 14 Q)		Coordenadas geográficas (grados sexagesimales)	
	Este	Oeste	Latitud Norte	Longitud Oeste
E1	804714	2003082	18° 5'42.22"	96° 7'15.77"
E2	804657	2003079	18° 5'42.15"	96° 7'17.71"
E3	804602	2003076	18° 5'42.08"	96° 7'19.58"
E4	804552	2003070	18° 5'41.91"	96° 7'21.28"
AMT	804550	2003149	18° 5'44.48"	96° 7'21.31"

Tabla 2.1 Coordenadas de elementos levantados.

3. Resultados geofísicos.

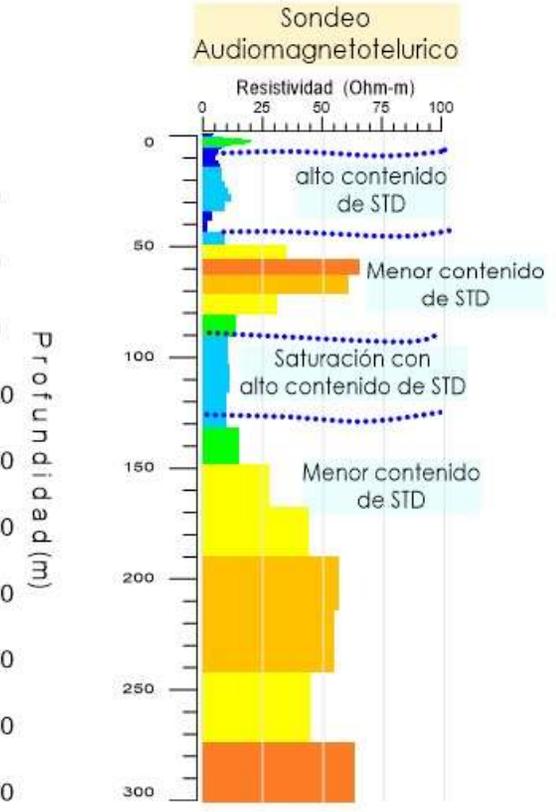
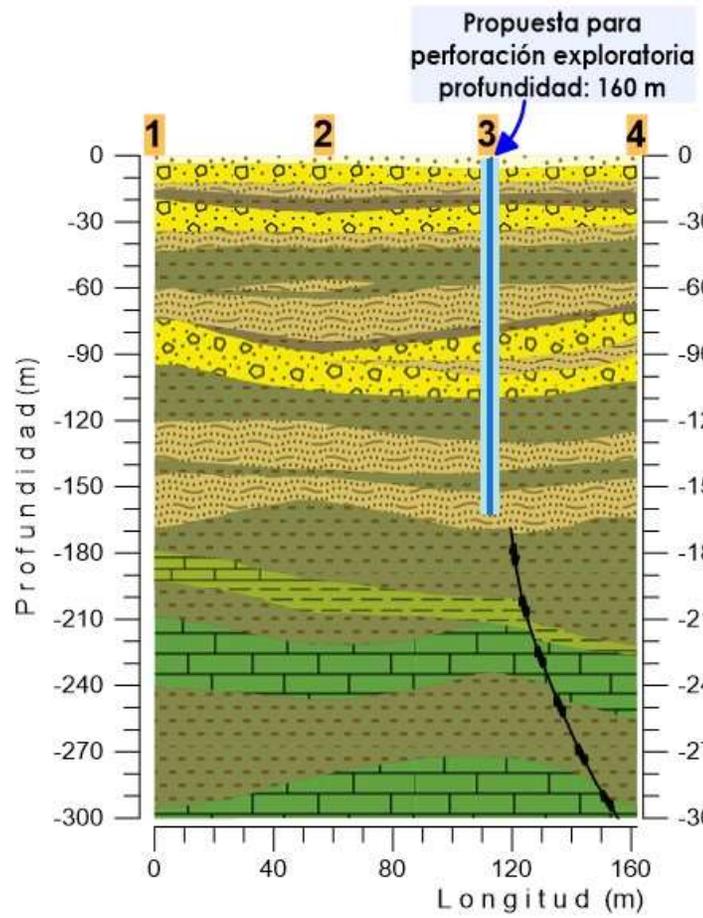
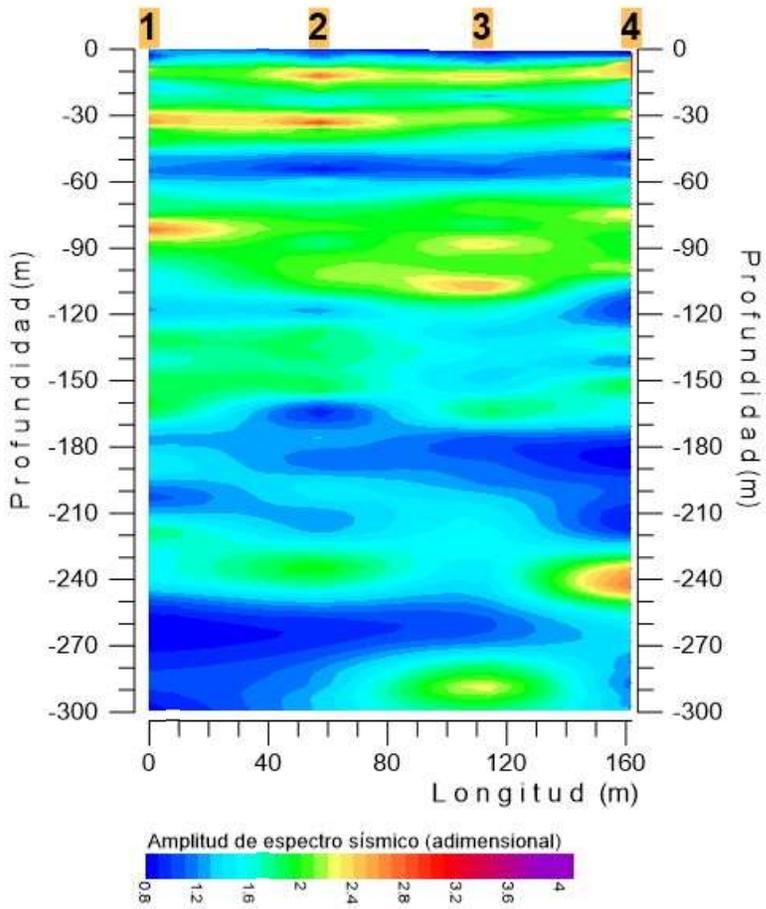
Con base a los datos obtenidos se calculó la distribución de la señal sísmica hasta 300 metros de profundidad. La manifestación de estas propiedades se ven influenciadas tanto por el tipo de material/roca, compacidad, y estructuras geológicas como fallas o cavidades. En el plano de la página 11 se puede apreciar el modelo geofísico realizado, el cual engloba ambas técnicas aplicadas.

El perfil de coeficientes espectrales representa el comportamiento y distribución de las amplitudes de los cocientes espectrales captados como respuesta de la vibración natural de las unidades litológicas del subsuelo. La demostración gráfica de esta propiedad se representa en un perfil de colores adimensional, la tendencia de un color marca comportamientos similares en la amplitud del espectro sísmico por lo que un mismo cuerpo rocoso o estructura geológica de características similares debería visualizarse como una distribución continua de un mismo color

Para el presente estudio, las tonalidades azul-cyan se relacionan a materiales de baja compacidad (depósitos no consolidados como "la capa aluvial", "arenas sueltas", "arcillas", "arcillas-arenas"); los tonos verdes-amarillo a compacidad media ("arenas y gravas", "conglomerado" y "brechas", "arenas-arcillas") y finalmente, las tonalidades anaranjados-rojos se relaciona a materiales de mayor compacidad como roca "caliza", "caliza-lutita" y "conglomerados de mayor compacidad". En el plano de la página 10 se muestran los perfiles sísmicos elaborados y su respectiva interpretación estratigráfica.

Se definió una secuencia sedimentaria compuesta por dos principales secuencias sedimentológicas: la primera, desde la superficie y hasta los 150 metros de profundidad aproximadamente, compuesta los depósitos de la cuenca aluvial-lacustre, en donde los primeros 100 metros quedan representados por una secuencia de conglomerados relacionados una sedimentación fluvial de alta energía. Estos conglomerados están interrumpidos por capas de arcilla, la cual se observa también con mayores espesores por debajo de los 100 metros, y que corresponden a etapas donde predominó la sedimentación tipo lacustre. La segunda parte está representada por el basamento de rocas de plataforma marina (calizas y lutitas). Este basamento presenta fallamiento tipo normal entre los puntos de las estaciones 3 y 4.

Modelo de Coeficientes sísmicos y modelo geológico conceptual.



Proyecto:
Estudio geofísico con fines geohidrológicos para determinar la factibilidad de realizar una perforación exploratoria.

Área de Estudio:
Plaza Aldama, Santa Fé,
Tuxtepec, Oaxaca.

- Simbología**
- Aluvial
 - Arcilla/Lutita
 - Arcilla-arenas
 - Conglomerado
 - Caliza-lutita
 - Caliza
 - Propuesta para perforación exploratoria.





Las franjas de sedimentos lacustres, pueden llegar a presentar en intercalaciones con evaporitas, lo cual aumenta la cantidad de sólidos totales disueltos, producto de la materia orgánica depositada durante la generación de estos sedimentos. Esto posibilita que el agua con alto contenido en sales/minerales, sobre todo la parte de materia orgánica y cloruro de sodio, estén ligadas a estas capas por debajo de la zona aluvial. Las contaminaciones superficiales se relacionan más con la cercanía del río y suelen ser más por metales y sólidos suspendidos.

La interpolación de los datos muestra correlación entre las unidades estratigráficas presentan, las cuales presentan una distribución relativamente homogénea y continuidad entre ellas, principalmente en la parte de los depósitos no consolidados (conglomerados y arcillas). Las discontinuidades y ligeros curvamientos son el producto de los distintos tipos/eventos de sedimentación fluvial y niveles de energía cíclicas, siendo la zona de fallamiento por debajo de los 170 metros el único cambio estructural posiblemente ajena a los procesos de estratificación.

Los acuíferos se emplazan en materiales de alta porosidad y bajo contenido de arcilla, dentro de los cuales, los depósitos aluviales de arenas y gravas fungen como principal estructura para almacenar agua. La zona lacustre es la encargada de retener el acuífero libre. La zona profunda de las calizas también cuenta con ciertas características favorables para el emplazamiento de acuíferos, no obstante, se limitan en mayor medida por la gran profundidad de perforación que representa pasar la zona lacustre y el paquete de lutitas. La viabilidad se limita al acuífero libre emplazado en los sedimentos aluviales superficiales.

Bajo esta consideración a zona más viable para la construcción del pozo es la que presente un espesor más representativo de arenas y esto es en la E3. En la evaluación general es la que presenta un menor contenido de arcillas. Aunque se mantiene aún con diversas intercalaciones de arcilla, es la que registra mejores características.



4. Conclusiones y Recomendaciones.

Los resultados del presente estudio proponen que el subsuelo del sitio de estudio se conforma por depósitos aluviales-lacustres emplazados en un basamento carbonatado. Las unidades de interés para la extracción de agua están representadas por los conglomerados y capas de "arcilla-arenas", los cuales albergan un acuífero granular y con confinamiento local debido a que las capas de arcilla fungen como límite entre las zonas de aporte.

Procurando aprovechar el mayor espesor de la capa catalogada como acuífero, se propone realizar la perforación exploratoria en la Estación 3, a una profundidad de 160 metros, debido a su menor cantidad de arcilla sin llegar a poder ser catalogada como una zona libre de arcilla, la cual suele disminuir la permeabilidad de las unidades. En la tabla 5.1 se presentan las coordenadas de la alternativa de perforación, y en la figura 5.1 se observan las ubicaciones gráficas.

Respecto a la calidad de agua, los sedimentos aluviales usualmente presentan una concentración baja de STD, no así las zonas del acuífero más superficiales, donde existe una suspensión importante de metales o la zona lacustre donde las sales, materia orgánica y gas suelen tener una mayor representatividad. En el presente estudio se estima, mediante el perfil de resistividades, que los conglomerados situados por arriba de los 30 metros estén posiblemente saturados en agua con alto contenido de sales o minerales ferroso que hacen más conductivo al medio a pesar de que la unidad de conglomerado presente una alta compacidad.

Una vez realizada la perforación exploratoria se recomienda levantar un registro eléctrico, el cual permite re-evaluar los resultados del presente estudio y determinar la factibilidad de aprovechamiento de las unidades perforadas. Mediante la prueba de registro eléctrico es posible proponer la instalación del contra ademe para limitar los escurrimientos superficiales, así como colocar el límite de la tubería lisa en la zona inferior del material lacustre. Con base en estas medidas se pretende tener un aprovechamiento de agua con características viables para uso humano.

Se debe considerar que el presente estudio es indirecto y determina las condiciones geohidrológicas del subsuelo, es decir, sus posibilidades acuíferas y con ello se propone una profundidad de perforación exploratoria, así como los materiales geológicos a perforar. La correcta secuencia estratigráfica únicamente podrá conocerse durante la etapa de perforación exploratoria. Así mismo, el nivel estático, calidad del agua albergada y gasto a obtener solamente se conocerán posterior a la perforación y en la etapa de aforo.



Figura 4.1 Punto propuesto para perforación exploratoria



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

**OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.**

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

SANTA FÉ,

SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.



Foto 1.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 2.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 3.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 4.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 5.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 6.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Evaluación geofísica mediante técnicas de sismica pasiva para determinar la factibilidad de perforar un pozo exploratorio para la extracción de agua.

Paso Canoa,
San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca.
Septiembre, 2023.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carref. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax

Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

Contenido.

1. INTRODUCCIÓN	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3 LOCALIZACIÓN	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.	7
2.1 EQUIPO UTILIZADO.....	7
2.2 LEVANTAMIENTO EN CAMPO	7
3. RESULTADOS GEOFÍSICOS.	9
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	12
5. A N E X O S	13



1. Introducción

Uno de los mayores problemas para el desarrollo de proyectos agrícolas, industriales, alimenticios y poblacionales, es satisfacer la demanda de agua, recurso indispensable para el correcto funcionamiento de la sociedad y sus giros económicos. Debido a la reciente escases de fuentes superficiales de agua dulce, sequías y al poco aprovechamiento de las aguas pluviales, la mayor parte captación de agua se obtiene de la explotación de mantos acuíferos mediante la perforación de pozos profundos.

Los acuíferos son estructuras geológicas que almacenan una cantidad importante de agua, la cual se encuentra en materiales permeables, esta característica implica la facilidad de un fluido para desplazarse entre los poros interconectados de la roca. Otra característica importante es la saturación, ya que, si una unidad rocosa con alta porosidad no se ve favorecida por la afluencia de agua, no se considerará factible para los objetivos del estudio.

Para la selección del sitio de perforación para pozos de extracción de agua, es necesario determinar las características geohidrológicas del subsuelo a explorar, para lo cual es necesario realizar un reconocimiento geológico y estudios de exploración geofísica. En el presente trabajo se utilizaron técnicas fundamentadas la sísmica pasiva. Nuestra compañía ha modificado una serie de técnicas y procedimientos sismológicos para calcular la distribución litológica con alta resolución y a una profundidad considerable. Las capas superficiales del subsuelo están expuestas mayormente a tremores causador por fuentes naturales y antropogénicas. Todos esos esfuerzos artificiales inducidos en el subsuelo tienen un tremor de periodo corto (microtemores). Su importancia radica en la excitación constante del medio, lo cual permite obtener señales que se pueden caracterizar a partir de: la amplificación relativa, el periodo predominante, la dirección de las resonancias, y con ello y la distribución litológica de las rocas.

Existen diversas técnicas geofísicas para identificar acuíferos, la sísmica pasiva (método utilizado en el presente proyecto) no figura dentro de los métodos más representativos, no obstante, en contraste con otros métodos cuenta con una alta resolución lo que permite realizar modelos estructurales más complejos.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

1.1 Justificación del proyecto

En el Municipio de Tuxtepec, Oaxaca, se requiere abastecer la demanda de agua, la cual ha ido en aumento junto con el crecimiento poblacional. Con base en esto, se nos ha solicitado realizar el presente estudio geofísico con la finalidad de evaluar las posibilidades acuíferas en varios segmentos del área predestinada. Para lograr los objetivos se aplicaron métodos sísmicos y electromagnéticos los cuales ayudaron a conocer la distribución de las unidades litológicas, determinar las condiciones acuíferas del sitio y proponer los mejores sitios y profundidad para llevar a cabo la perforación exploratoria.

1.2 Localización

El levantamiento de los datos se realizó en la localidad Paso Canoa, localizada 11.5 km al Suroeste de la cabecera municipal de San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca. En el plano de la figura 1.1 se delimita el área estudiada mediante el estudio geofísico.

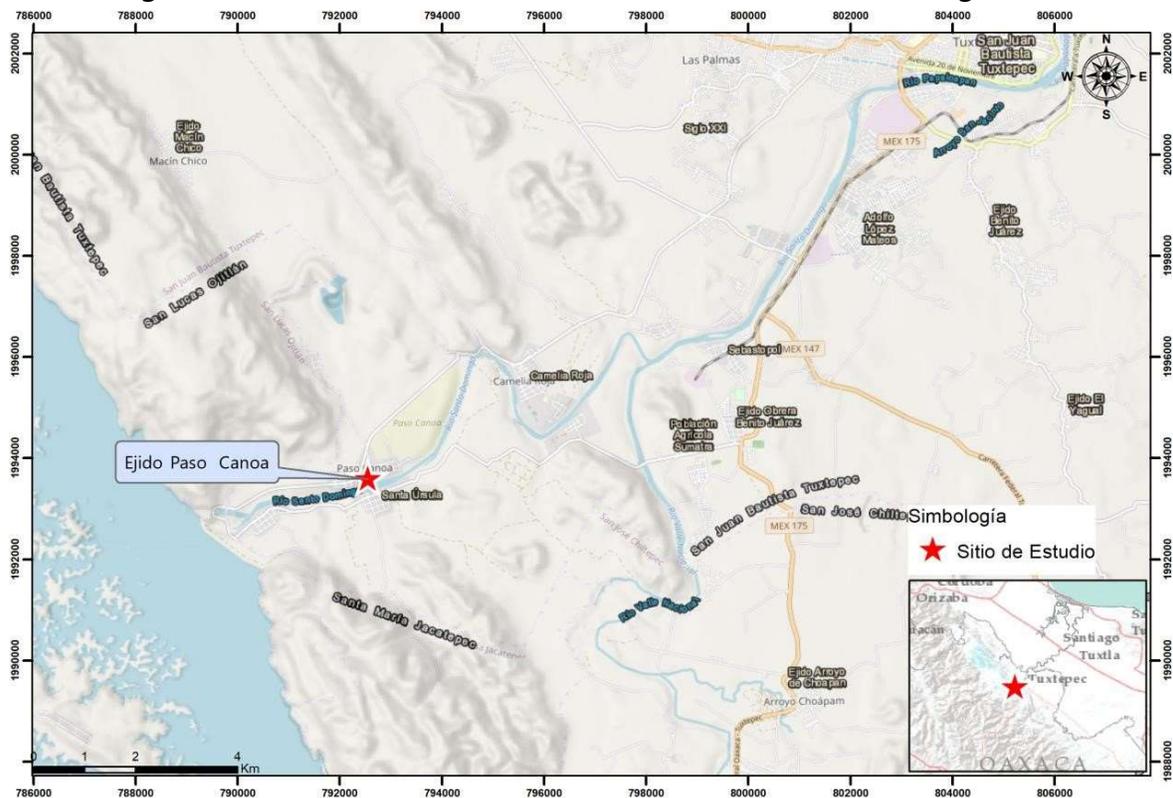


Figura 1.1 Localización del sitio de estudio.

1.3 Planteamiento del problema

Los métodos geofísicos son una herramienta útil para la caracterización de las diferentes unidades litológicas, ya que, bajo una adquisición, procesado y modelado adecuado, es posible determinar la distribución y características físicas del subsuelo. Para delimitar la presencia de los acuíferos es necesario identificar una unidad porosa, permeable y situada por debajo del nivel estático, a una profundidad razonable, para las condiciones físicas y económicas del proyecto. Así mismo, es imprescindible conocer la geología superficial del sitio de estudio y los procesos geológicos que rigen el tipo de sedimentación y/o origen de las rocas.

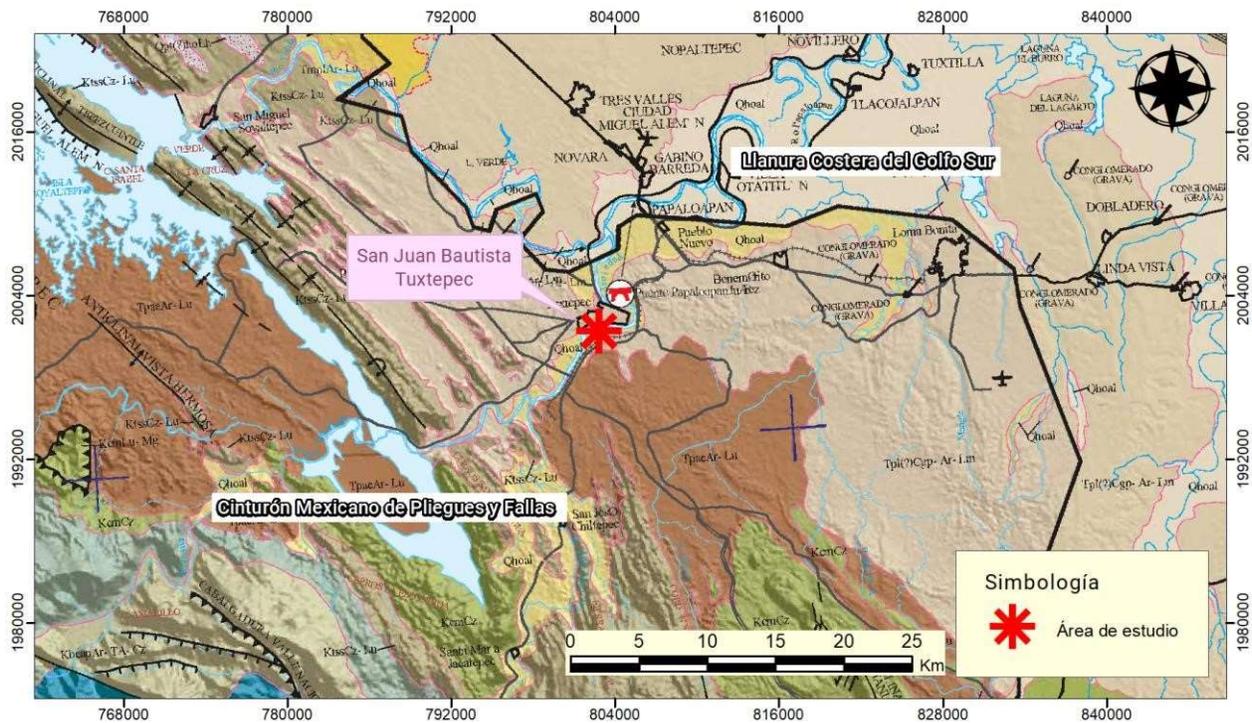


Figura 1.2 Geología superficial-regional del sitio de estudio. Modificado de SGM, carta E14-7.

Fisiográficamente Tuxtepec se ubica dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur (Veracruzana), rodeándose por el suroeste de altos topográficos que conforman a la provincia geológica Cinturón Mexicana de Pliegues y Fallas. Superficialmente, la columna

estratigráfica de la región presenta cambios notables en función del bloque estructural al que pertenezca, depositándose en el noreste de la ciudad rocas sedimentarias correspondientes a ambientes continentales y marinos (calizas, lutitas, margas), mientras que en las zonas más pegadas a los altos topográficos es posible encontrar depósitos que formaron con el tiempo un conglomerado mal clasificados compuestos por los clastos erosionados provenientes de la erosión de las rocas preexistentes.

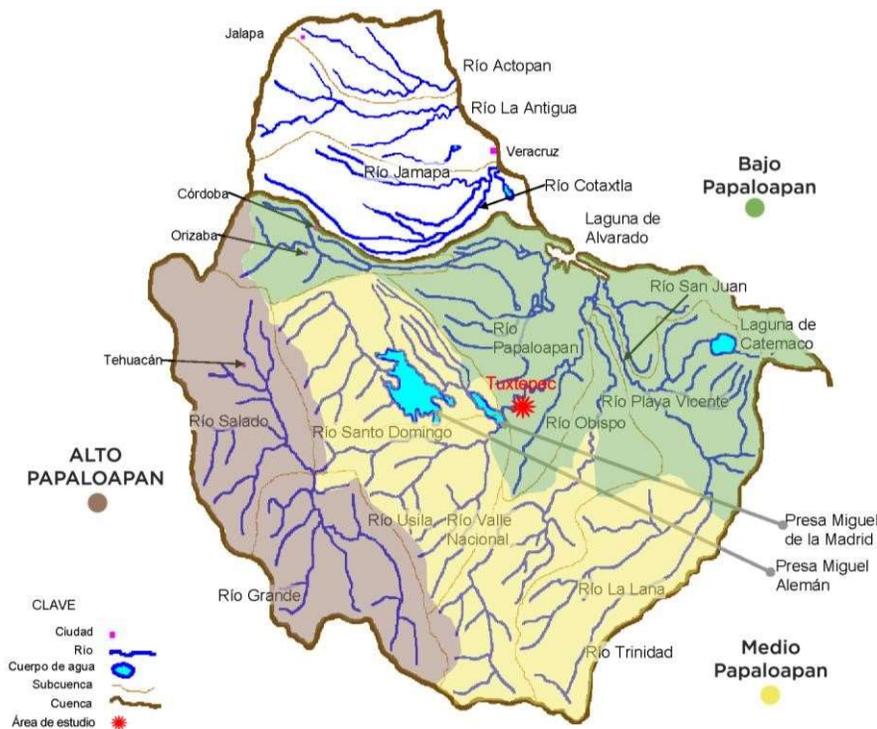


Figura 1.3 Geología superficial-regional del sitio de estudio. Modificado de SGM, carta E14-7.

La zona comprende a la cuenca hidrológica del Río Papaloapan N°28, regionalizada en tres zonas: La Cañada (o Alto Papaloapan), Medio Papaloapan y Bajo Papaloapan, siendo la región Medio Papaloapan donde se localiza la mayor parte del acuífero Tuxtepec (figura 1.3.2.). La red hidrográfica del río Papaloapan, junto con la geomorfología del sitio permitieron distintos procesos sedimentológicos en los que predominan los depósitos aluviales-fluviales. Los niveles de energía y el desbordamiento de los principales ríos

enriquecen a las planicies de inundación con depósitos de borde y desborde (aluviones con mayor contenido de gravas y arenas) y llanuras de inundación (depósitos lacustres), a su vez estas estructuras pueden ser re-elaboradas y retroalimentan a los procesos y ambientes sedimentarios.

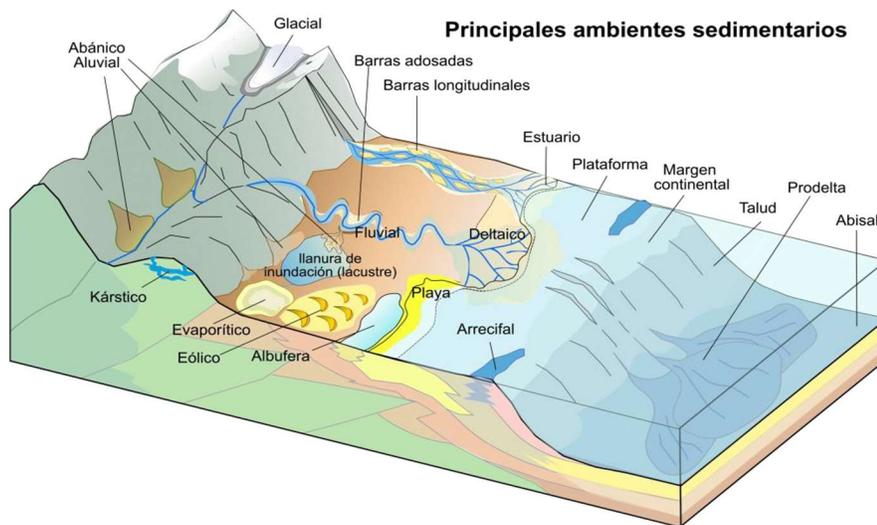


Figura No. 1.4. Diagrama esquemático de los principales ambientes sedimentarios. Modificado de Mike Norton (2008).

La geología del subsuelo en este tipo de ambientes permite el almacenaje del agua en los paquetes de depósitos poco consolidados, dando lugar a acuíferos granulares y mixtos tanto libres como confinados. Las unidades/capas de mayor conductividad hidráulica serán las que presenten mayor contenido de arenas y gravas y bajo contenido de arcilla estructural y dispersa; mientras que, los estratos arcillosos, aunque presenten saturación, tendrán una velocidad de transmisión baja o incluso nula, por lo que se consideran como capas sello que otorgan confinamiento al resto de las unidades. Aunado a lo anterior, el aporte de los acuíferos también estará sujeta a la carga hidráulica, ya que, aunque una unidad litológica sea presente porosidad efectiva alta no podrá ser provechosa y tiene una carga hidráulica baja o nula.

Procurando realizar un detallado análisis de la distribución de las unidades litológicas se empleó técnicas de sismica pasiva, útiles en la elaboración del análisis geológico estructural basado en el tipo de material.



2. Campaña de exploración geofísica.

2.1 Equipo utilizado

La adquisición de datos para la Vibración sísmica se realiza por medio de un sismógrafo triaxial de baja frecuencia SR04 Geobox, marca SARA, con un sensor de 4.5 a 0.1 Hz (ver figura 2.1). El equipo utilizado permite detectar la vibración ambiental del subsuelo, es decir, los microtemores que viajan desde zonas profundas de las capas litológicas hasta la superficie de la tierra, estos se encuentran en constante y leve movimiento que pueden ser detectados por sismómetros sensitivos tal como nuestro equipo.

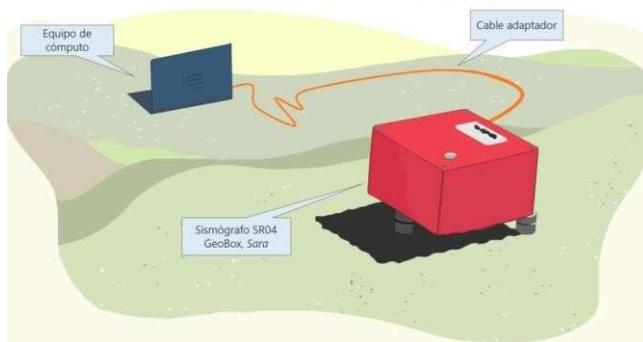


Figura No. 2.1.- izq. Esquema de levantamiento de datos. Derecha: equipo en campo.

2.2 Levantamiento en campo

Se obtuvieron los datos de 4 Estaciones Sísmicas y un sondeo audiomagnetotelúrico (AMT) distribuidas como se observa en la figura 2.2. La distribución de los datos permitió elaborar un perfil con una longitud de 1157 metros y con orientación Sureste-Noroeste.

Las coordenadas de los elementos levantados se integran en la tabla 2.1.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Figura 2.2. Distribución de elementos geofísicos.

Elemento	Coordenadas UTM WGS-84 (zona 14 Q)		Coordenadas geográficas (grados sexagesimales)	
	Este	Oeste	Latitud Norte	Longitud Oeste
E1/AMT	792915	1993739	18° 0'44.44"	96°14'1.49"
E2	792574	1993607	18° 0'40.32"	96°14'13.14"
E3	792208	1993742	18° 0'44.88"	96°14'25.51"
E4	792222	1994143	18° 0'57.91"	96°14'24.83"

Tabla 2.1 Coordenadas de elementos levantados.



3. Resultados geofísicos.

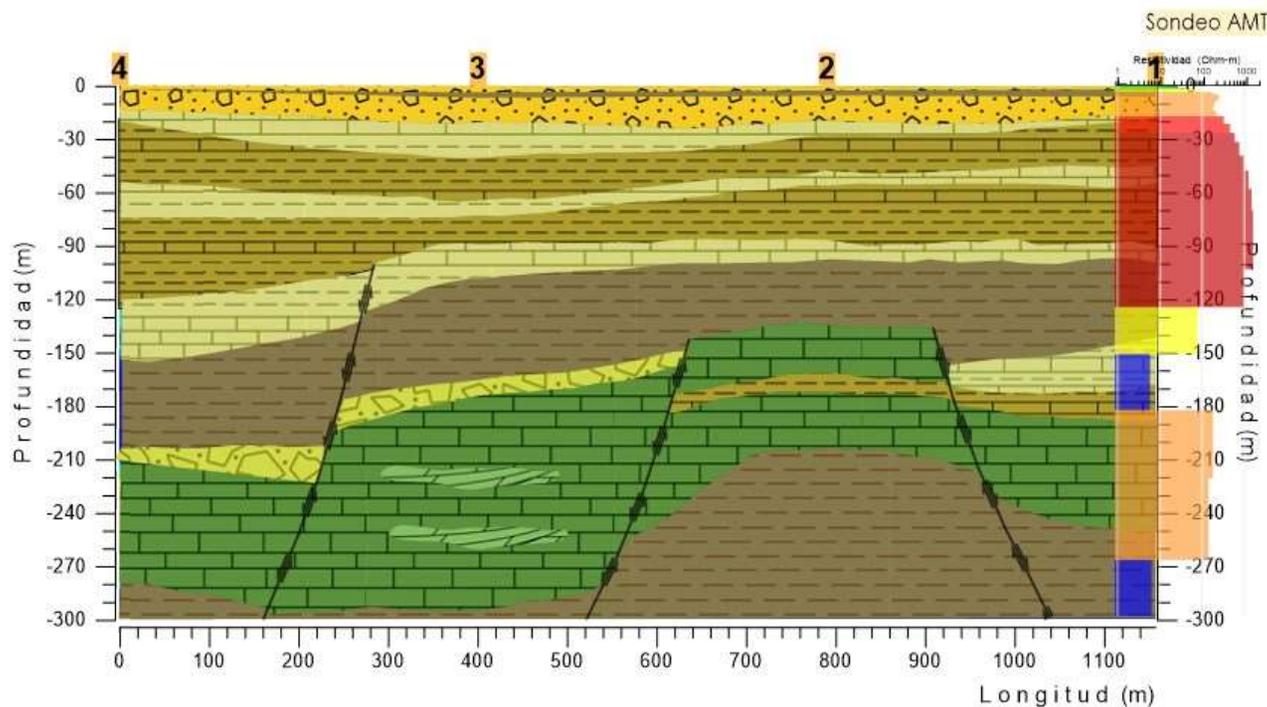
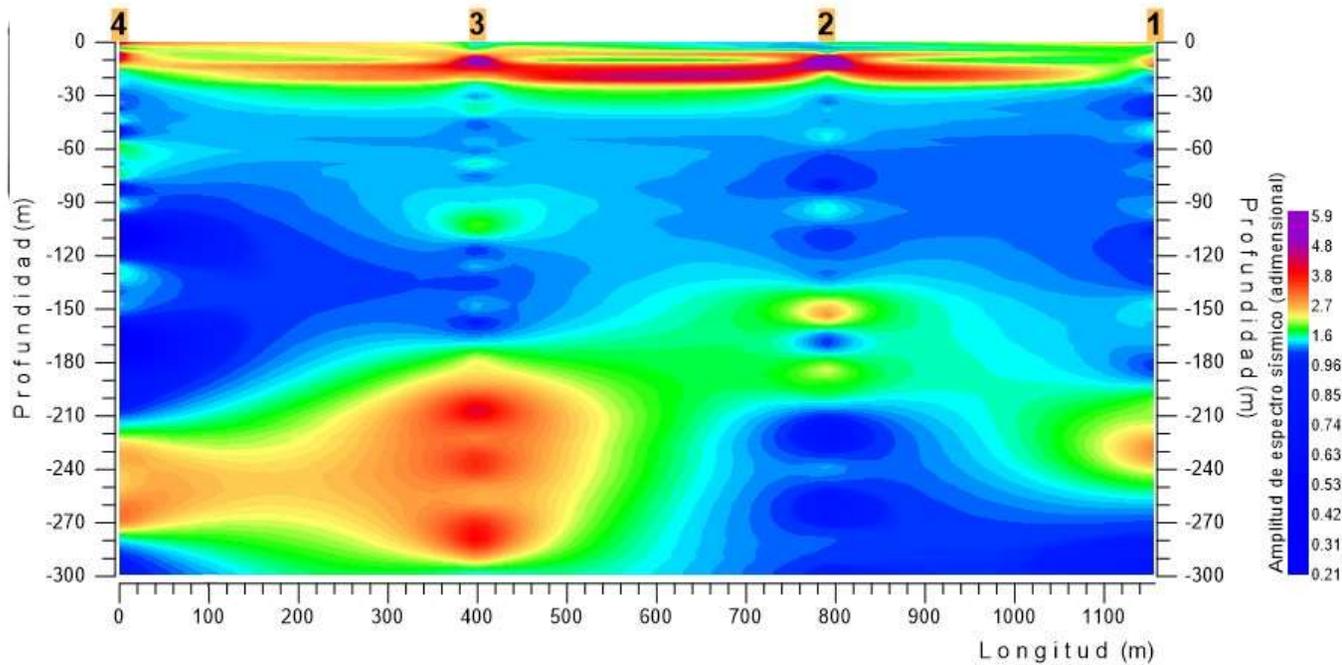
Con base a los datos obtenidos se calculó la distribución de la señal sísmica y la respuesta de resistividad eléctrica hasta los 300 metros de profundidad. La manifestación de estas propiedades se ven influenciadas tanto por el tipo de material/roca, compacidad, y estructuras geológicas como fallas o cavidades. En el plano de la página 11 se puede apreciar el modelo geofísico realizado, el cual engloba ambas técnicas aplicadas.

El perfil de coeficientes espectrales representa el comportamiento y distribución de las amplitudes de los cocientes espectrales captados como respuesta de la vibración natural de las unidades litológicas del subsuelo. La demostración gráfica de esta propiedad se representa en un perfil de colores adimensional, la tendencia de un color marca comportamientos similares en la amplitud del espectro sísmico por lo que un mismo cuerpo rocoso o estructura geológica de características similares debería visualizarse como una distribución continua de un mismo color

Para el presente estudio, las tonalidades azul-cyan se relacionan a materiales de baja compacidad (depósitos no consolidados como "la capa aluvial", "arcillas" y "lutita caliza o lutita calcárea"); los tonos verdes-amarillo a compacidad media ("brechas", "caliza-lutita") y finalmente, las tonalidades anaranjados-rojos se relaciona a materiales de mayor compacidad como roca "caliza", y "conglomerados". En el plano de la página 10 se muestran los perfiles sísmicos elaborados y su respectiva interpretación estratigráfica.

Se definió una secuencia sedimentaria conformada por un conglomerado que va desde la superficie y hasta los 30 metros de profundidad. Este conglomerado es el producto de la sedimentación fluvial de alta energía, por parte del río Papaloapan. Por debajo, se observó una disminución en la amplitud del cociente sísmico, lo cual se asocia a la presencia de un material menos denso pero con valores altos de resistividad, este análisis en conjunto de ambas técnicas permitió definir a este cuerpo rocoso como una alternancia de "calizas arcillosas" con "lutitas calcáreas", las cuales podrían figurar con una cara hidráulica muy baja o nula, ya que los valores altos de resistividad indican poca o nula presencia de un fluido que permite la propagación de la señal eléctrica.

Modelo de Coeficientes sísmicos y modelo geológico conceptual.



Proyecto:

Estudio geofísico con fines geohidrológicos para determinar la factibilidad de realizar una perforación exploratoria.

Área de Estudio:

Paso Canoa,
San Juan Bautista Tuxtepec,
Oaxaca.

Simbología

- Conglomerado
- Arcilla/Lutita
- Arcilla-arenas
- Brecha
- Caliza
- Lutita-caliza
- Caliza arcillosa
- Roca fracturada
- Propuesta para perforación exploratoria.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

A partir de los 120 metros de la estación 1, se observó una disminución tanto del cociente sísmico como de las resistividades, asociándose a un material menos denso y más conductivo, como lo sería las lutitas. Finalmente, el basamento quedó representado por unidades calcáreas: "caliza", "caliza lutita" y "lutita". Estas unidades se identifican ligeramente plegadas y con fallamiento tipo normal a lo largo de todo el perfil.

La interpolación de los datos muestra correlación entre las unidades estratigráficas presentan, las cuales presentan una distribución relativamente homogénea y continuidad entre ellas, principalmente en la parte de los depósitos no consolidados (conglomerados y arcillas). Las discontinuidades y ligeros curvamientos son el producto de los distintos tipos/eventos de sedimentación fluvial y niveles de energía cíclicas, siendo la zona de fallamiento por debajo de los 150 metros el único cambio estructural posiblemente ajena a los procesos de estratificación.

Los acuíferos se emplazan en materiales de alta porosidad y bajo contenido de arcilla, dentro de los cuales, los depósitos aluviales de arenas-gravas y rocas como la caliza fracturada, fungen como principal estructura para almacenar agua. Las zonas de lutitas/arcillas es la encargada de retener el acuífero libre en los conglomerados. La zona profunda de las calizas presenta pocas posibilidades debido a que las altas resistividades pueden llegar a ser manifestación de una roca sana sin saturación. La viabilidad se limita al acuífero libre emplazado en el conglomerado.

Bajo esta consideración a zona más viable para la construcción del pozo es la que presente un espesor más representativo de conglomerado, siendo la estación 3 la que representa el mayor espesor, sin embargo, es posible que ésta se identifique drenada y con posibilidades reducidas de aporte debido a la reducida saturación.



4. Conclusiones y Recomendaciones.

Los resultados del presente estudio proponen que el subsuelo del sitio de estudio se conforma por un acuífero libre emplazado en el conglomerado, con apenas 30 metros de espesor. Mientras que las unidades carbonatadas presentan bajas posibilidades de aporte debido a que no se detectó una zona de fracturamiento que se considere óptima para poder ser explotada.

Con base en lo anterior, se determina que las posibilidades de aporte de agua por parte de los puntos evaluados son muy bajos a nulos. Se recomienda realizar una exploración geofísica complementaria en la zona más cercana a los flancos del cerro situado al norte, para aumentar las posibilidades de localizar un punto que presente fracturamiento en las rocas calizas. En la figura 5.1 se observa mediante una circunferencia morada la zona propuesta para realizar la campaña de exploración geofísica.

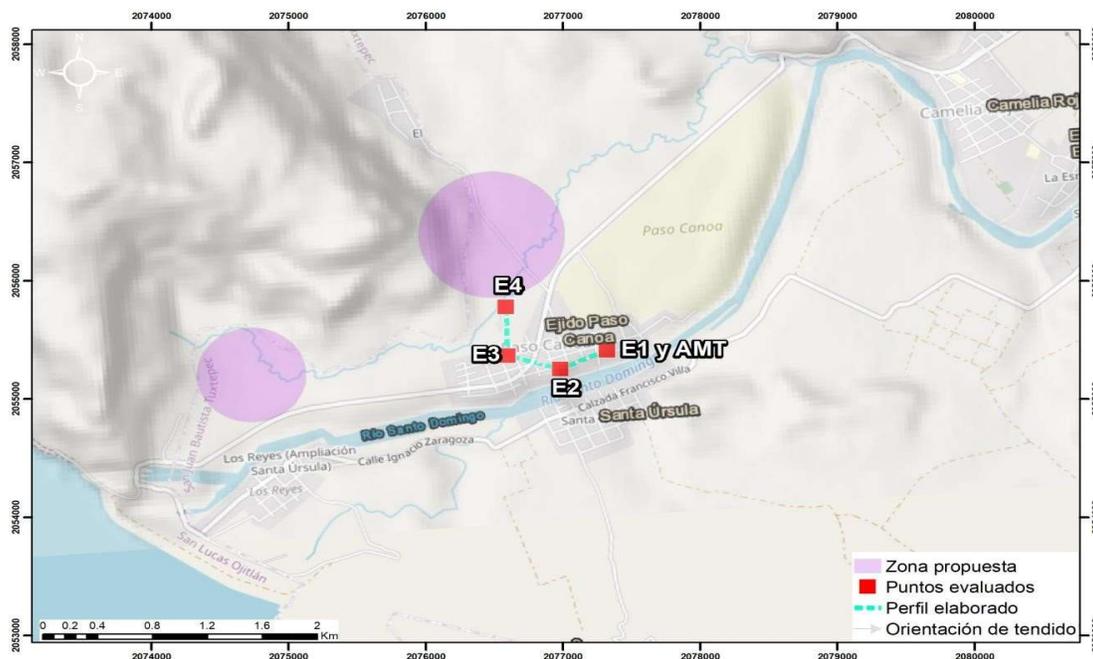


Figura 4.1 Zonas propuestas para realizar un estudio complementario



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



5. ANEXOS

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

PASEO CANOA,
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Foto 1.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 2.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 3.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 4.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 5.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 6.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Evaluación geofísica mediante técnicas de sísmica pasiva para determinar la factibilidad de perforar un pozo exploratorio para la extracción de agua.

Toro Bravo,

San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca.

Septiembre, 2023.





Contenido.

1.INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.2 LOCALIZACIÓN	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.	7
2.1 EQUIPO UTILIZADO.....	7
2.2 LEVANTAMIENTO EN CAMPO	7
3. RESULTADOS GEOFÍSICOS.	9
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	12
5. ANEXOS	14



1. Introducción

Uno de los mayores problemas para el desarrollo de proyectos agrícolas, industriales, alimenticios y poblacionales, es satisfacer la demanda de agua, recurso indispensable para el correcto funcionamiento de la sociedad y sus giros económicos. Debido a la reciente escases de fuentes superficiales de agua dulce, sequías y al poco aprovechamiento de las aguas pluviales, la mayor parte captación de agua se obtiene de la explotación de mantos acuíferos mediante la perforación de pozos profundos.

Los acuíferos son estructuras geológicas que almacenan una cantidad importante de agua, la cual se encuentra en materiales permeables, esta característica implica la facilidad de un fluido para desplazarse entre los poros interconectados de la roca. Otra característica importante es la saturación, ya que, si una unidad rocosa con alta porosidad no se ve favorecida por la afluencia de agua, no se considerará factible para los objetivos del estudio.

Para la selección del sitio de perforación para pozos de extracción de agua, es necesario determinar las características geohidrológicas del subsuelo a explorar, para lo cual es necesario realizar un reconocimiento geológico y estudios de exploración geofísica. En el presente trabajo se utilizaron técnicas fundamentadas la sísmica pasiva. Nuestra compañía ha modificado una serie de técnicas y procedimientos sismológicos para calcular la distribución litológica con alta resolución y a una profundidad considerable. Las capas superficiales del subsuelo están expuestas mayormente a tremores causador por fuentes naturales y antropogénicas. Todos esos esfuerzos artificiales inducidos en el subsuelo tienen un tremor de periodo corto (microtremores). Su importancia radica en la excitación constante del medio, lo cual permite obtener señales que se pueden caracterizar a partir de: la amplificación relativa, el periodo predominante, la dirección de las resonancias, y con ello y la distribución litológica de las rocas.

Existen diversas técnicas geofísicas para identificar acuíferos, la sísmica pasiva (método utilizado en el presente proyecto) no figura dentro de los métodos más representativos, no obstante, en contraste con otros métodos cuenta con una alta resolución lo que permite realizar modelos estructurales más complejos.

1.1 Justificación del proyecto

En un predio de Tuxtepec Oaxaca, se requiere extraer agua del acuífero para abastecer las actividades agropecuarias del lugar. Con base en esto, se nos ha solicitado realizar el presente estudio geofísico con la finalidad de evaluar las posibilidades acuíferas en varios segmentos del área predestinada. Para lograr los objetivos se aplicaron métodos sísmicos y electromagnéticos los cuales ayudaron a conocer la distribución de las unidades litológicas, determinar las condiciones acuíferas del sitio y proponer los mejores sitios y profundidad para llevar a cabo la perforación exploratoria.

1.2 Localización

El levantamiento de los datos se realizó en el predio Ejido Toro Bravo situado en las cercanías de la rivera del río Papaloapan, al norte de la cabecera municipal de San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca. En el plano de la figura 1.1 se delimita el área estudiada mediante el estudio geofísico.

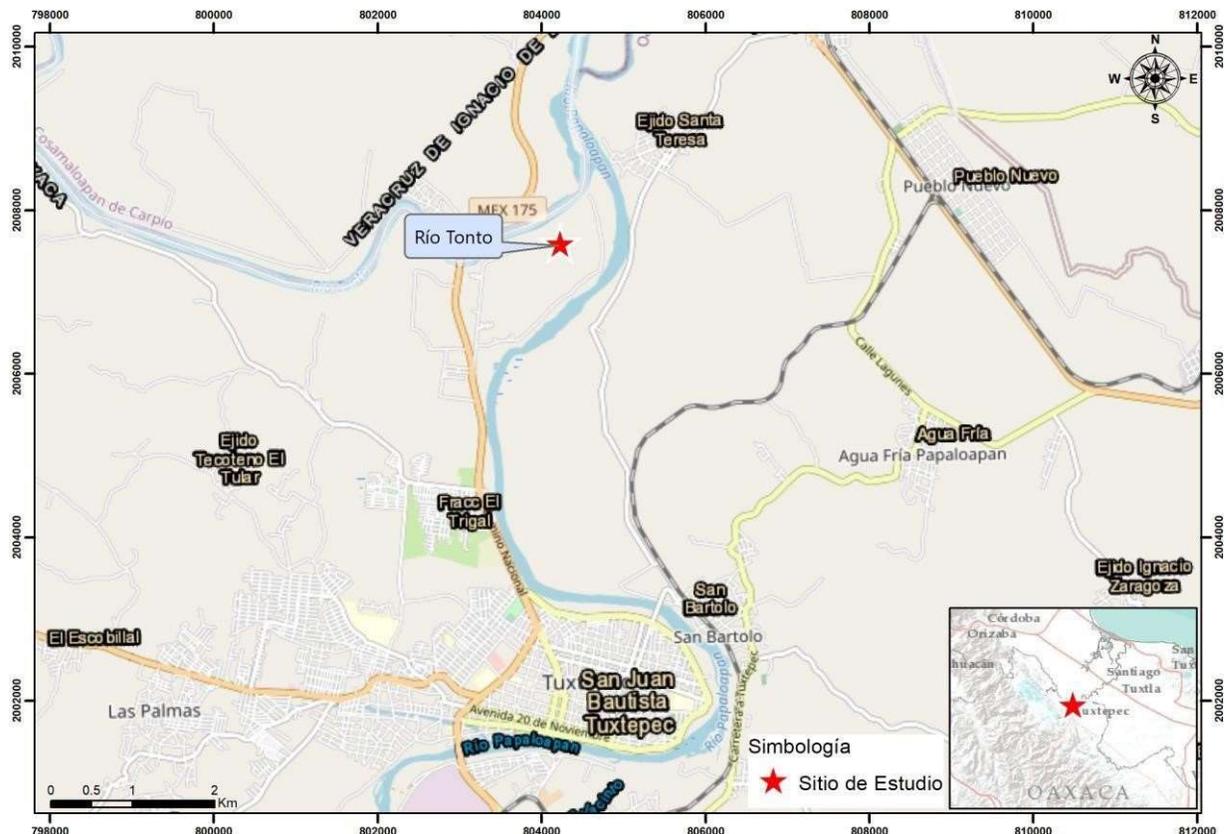


Figura 1.1 Localización del sitio de estudio.

1.3 Planteamiento del problema

Los métodos geofísicos son una herramienta útil para la caracterización de las diferentes unidades litológicas, ya que, bajo una adquisición, procesado y modelado adecuado, es posible determinar la distribución y características físicas del subsuelo. Para delimitar la presencia de los acuíferos es necesario identificar una unidad porosa, permeable y situada por debajo del nivel estático, a una profundidad razonable, para las condiciones físicas y económicas del proyecto. Así mismo, es imprescindible conocer la geología superficial del sitio de estudio y los procesos geológicos que rigen el tipo de sedimentación y/o origen de las rocas.

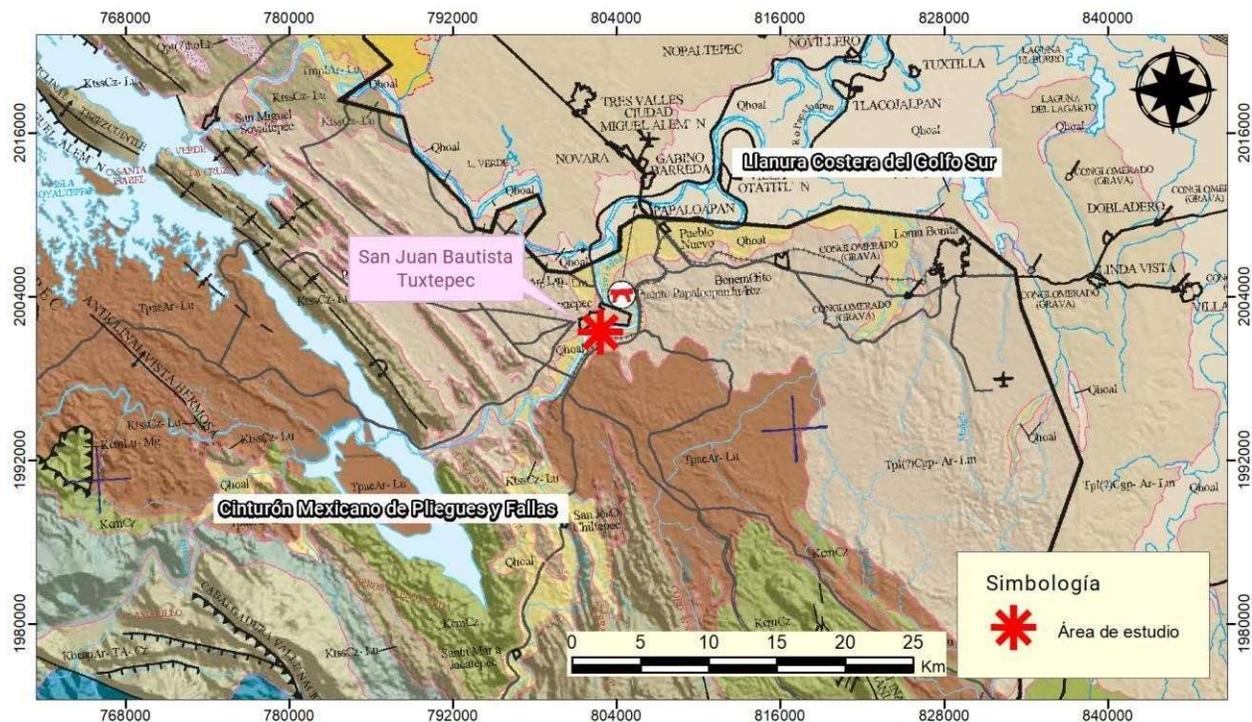


Figura 1.2 Geología superficial-regional del sitio de estudio. Modificado de SGM, carta E14-7.

Fisiográficamente Tuxtepec se ubica dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur (Veracruzana), rodeándose por el suroeste de altos topográficos que conforman a la provincia geológica Cinturón Mexicana de Pliegues y Fallas. Superficialmente, la columna estratigráfica de la región presenta cambios notables en función del bloque estructural al que pertenezca, depositándose en el noreste de la ciudad rocas sedimentarias correspondientes a ambientes continentales y marinos (calizas, lutitas, margas), mientras que en las zonas más pegadas a los altos topográficos es posible encontrar depósitos que

formaron con el tiempo un conglomerado mal clasificados compuestos por los clastos erosionados provenientes de la erosión de las rocas preexistentes.

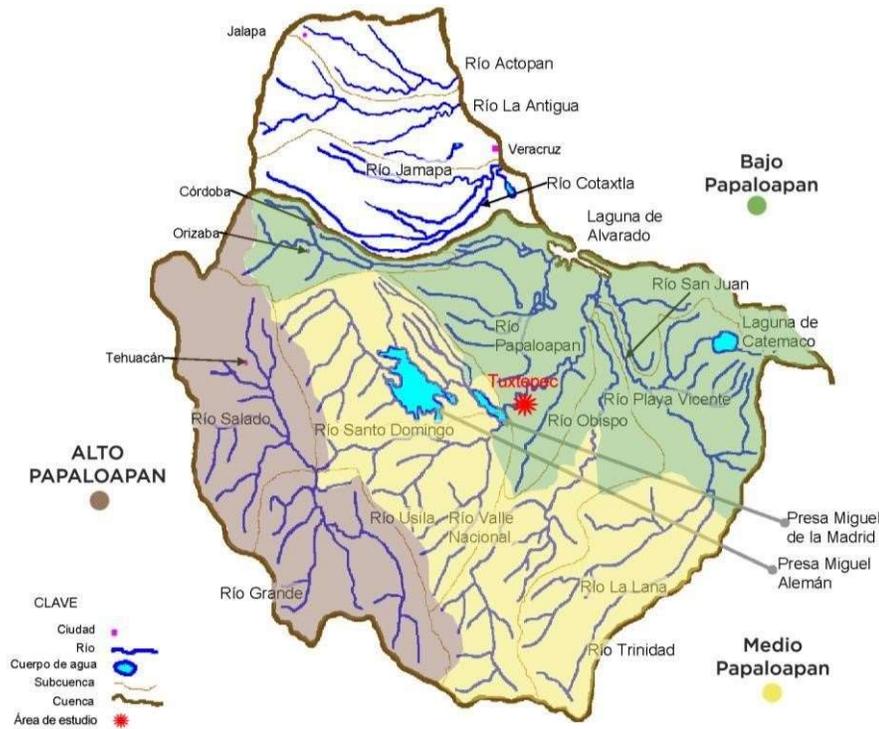


Figura 1.3 Cuenca de Papaloapan. CONAGUA.

La zona comprende a la cuenca hidrológica del Río Papaloapan N°28, regionalizada en tres zonas: La Cañada (o Alto Papaloapan), Medio Papaloapan y Bajo Papaloapan, siendo la región Medio Papaloapan donde se localiza la mayor parte del acuífero Tuxtepec (figura 1.3.2.). La red hidrográfica del río Papaloapan, junto con la geomorfología del sitio permitieron distintos procesos sedimentológicos en los que predominan los depósitos aluviales-fluviales. Los niveles de energía y el desbordamiento de los principales ríos enriquecen a las planicies de inundación con depósitos de borde y desborde (aluviones con mayor contenido de gravas y arenas) y llanuras de inundación (depósitos lacustres), a su vez estas estructuras pueden ser re-elaboradas y retroalimentan a los procesos y ambientes sedimentarios.

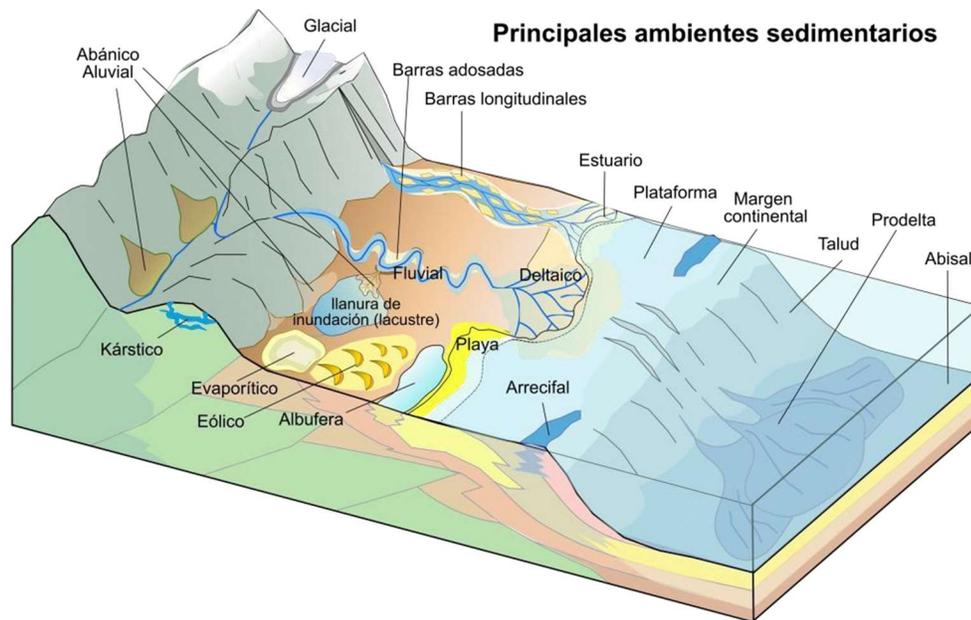


Figura No. 1.4. Diagrama esquemático de los principales ambientes sedimentarios. Modificado de Mike Norton (2008).

La geología del subsuelo en este tipo de ambientes permite el almacenaje del agua en los paquetes de depósitos poco consolidados, dando lugar a acuíferos granulares y mixtos tanto libres como confinados. Las unidades/capas de mayor conductividad hidráulica serán las que presenten mayor contenido de arenas y gravas y bajo contenido de arcilla estructural y dispersa; mientras que, los estratos arcillosos, aunque presenten saturación, tendrán una velocidad de transmisión baja o incluso nula, por lo que se consideran como capas sello que otorgan confinamiento al resto de las unidades. Aunado a lo anterior, el aporte de los acuíferos también estará sujeta a la carga hidráulica, ya que, aunque una unidad litológica sea presente porosidad efectiva alta no podrá ser provechosa y tiene una carga hidráulica baja o nula.

Procurando realizar un detallado análisis de la distribución de las unidades litológicas se empleó técnicas de sismica pasiva, útiles en la elaboración del análisis geológico estructural basado en el tipo de material.

2. Campaña de exploración geofísica.

2.1 Equipo utilizado

La adquisición de datos para la Vibración sísmica se realiza por medio de un sismógrafo triaxial de baja frecuencia SR04 Geobox, marca SARA, con un sensor de 4.5 a 0.1 Hz (ver figura 2.1). El equipo utilizado permite detectar la vibración ambiental del subsuelo, es decir, los microtemores que viajan desde zonas profundas de las capas litológicas hasta la superficie de la tierra, estos se encuentran en constante y leve movimiento que pueden ser detectados por sismómetros sensitivos tal como nuestro equipo.



Figura No. 2.1.- izq. Esquema de levantamiento de datos. Derecha: equipo en campo.

2.2 Levantamiento en campo

Se obtuvieron los datos de 3 Estaciones Sísmicas y un sondeo audiomagnetotelúrico (AMT) distribuidas como se observa en la figura 2.2. La distribución de los datos permitió elaborar un perfil con una longitud de 82 metros y con orientación Sur-Norte. Las coordenadas de los elementos levantados se integran en la tabla 2.1.

3. Resultados geofísicos.



Figura 2.2. Distribución de elementos geofísicos.

Elemento	Coordenadas UTM WGS-84 (zona 14 Q)		Coordenadas geográficas (grados sexagesimales)	
	Este	Oeste	Latitud Norte	Longitud Oeste
E1	804219	2007562	18° 8'8.06"	96° 7'30.21"
E2/AMT	804228	2007606	18° 8'9.49"	96° 7'29.88"
E3	804224	2007643	18° 8'10.69"	96° 7'30.00"

Tabla 2.1 Coordenadas de elementos levantados.



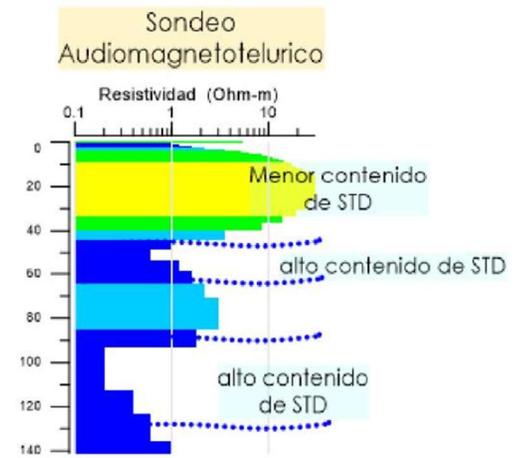
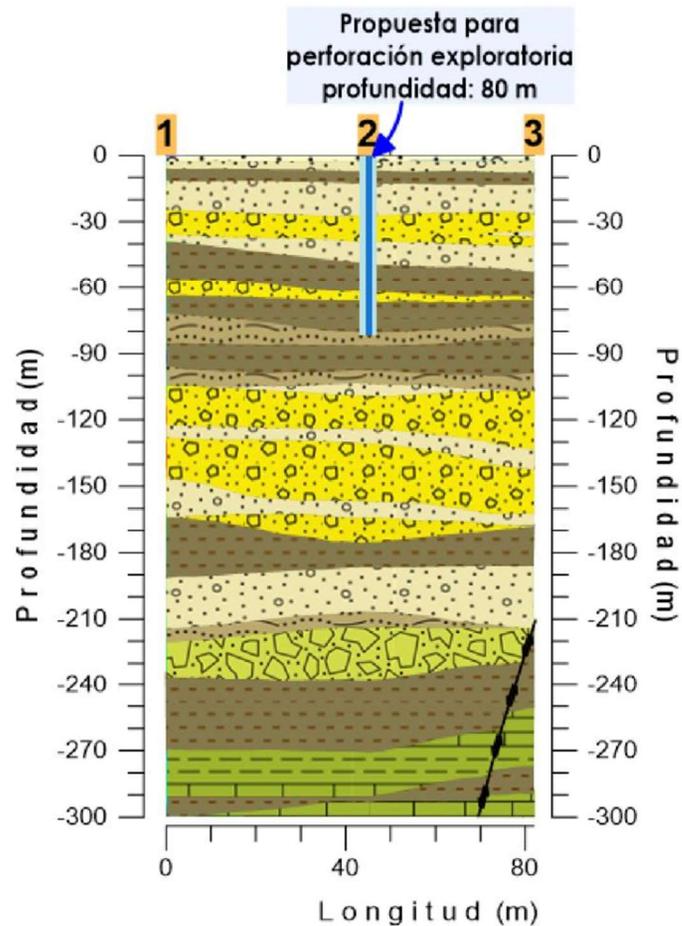
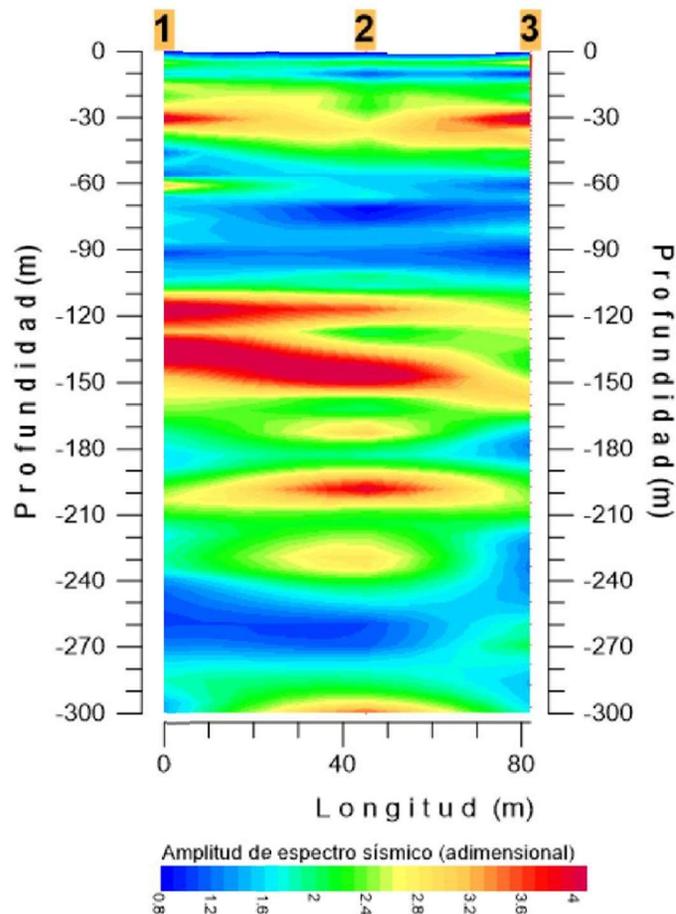
Con base a los datos obtenidos se calculó la distribución de la señal sísmica hasta 300 metros de profundidad y la resistividad eléctrica la cual únicamente se pudo observar fiablemente hasta los 140 metros de profundidad. La manifestación de estas propiedades se ven influenciadas tanto por el tipo de material/roca, compacidad, y estructuras geológicas como fallas o cavidades. En el plano de la página 11 se puede apreciar el modelo geofísico realizado, el cual engloba ambas técnicas aplicadas.

El perfil sísmico representa el comportamiento y distribución de las amplitudes de los cocientes espectrales captados como respuesta de la vibración natural de las unidades litológicas del subsuelo. La demostración gráfica se representa en un perfil de colores adimensional, la tendencia de un color marca comportamientos similares en la amplitud del espectro sísmico por lo que un mismo cuerpo rocoso o estructura geológica debería visualizarse como una distribución continua de un mismo color

Para el presente estudio, las tonalidades azul-cyan se relacionan a materiales de baja compacidad (depósitos no consolidados como "la capa aluvial", "arenas sueltas", "arcillas", "arcillas-arenas"); los tonos verdes-amarillo a compacidad media ("arenas y gravas", "conglomerado" y "brechas", "arenas-arcillas") y finalmente, las tonalidades anaranjadosrojos se relaciona a materiales de mayor compacidad como roca "caliza", "caliza-lutita" y "conglomerados de mayor compacidad". En el plano de la página 10 se muestran los perfiles sísmicos elaborados y su respectiva interpretación estratigráfica.

Se definió una secuencia sedimentaria compuesta por dos principales sucesiones sedimentológicas: la primera, desde la superficie y hasta los 210 metros de profundidad aproximadamente, compuesta los depósitos de la cuenca aluvial-lacustre, en donde los primeros 160 metros quedan representados por una secuencia de conglomerados relacionados una sedimentación fluvial de alta energía. Estos conglomerados están interrumpidos por capas de arcilla, la cual cuenta con su mayor espesor de los 60 a los 110 metros de profundidad, y que corresponden a etapas donde predominó la sedimentación tipo lacustre. La segunda parte está representada por el basamento de rocas de plataforma marina (calizas y lutitas). Este basamento presenta fallamiento tipo normal entre los puntos de las estaciones 2 y 3.

Modelo de Coeficientes sísmicos y modelo geológico conceptual.



Proyecto:

Estudio geofísico con fines geohidrológicos para determinar la factibilidad de realizar una perforación exploratoria.

Área de Estudio:

Río Tonto,
San Juan Baustista Tuxtepec,
Estado de Oaxaca.

Simbología



Aluvial



Conglomerado



Arcilla/Lutita



Brecha sedimentaria



Arcilla-arenas



Caliza-lutita



Arenas-arcilla



Propuesta para perforación exploratoria.





Las franjas de sedimentos lacustres, pueden llegar a presentar en intercalaciones con evaporitas, lo cual aumenta la cantidad de sólidos totales disueltos, producto de la materia orgánica depositada durante la generación de estos sedimentos. Esto posibilita que el agua con alto contenido en sales/minerales, sobre todo la parte de materia orgánica y cloruro de sodio, estén ligadas a estas capas por debajo de la zona aluvial. Las contaminaciones superficiales se relacionan más con la cercanía del río y suelen ser más por metales y sólidos suspendidos. Esta presencia de alto contenido de STD, se manifiesta mediante respuestas de resistividad eléctrica baja, lo cual podemos observar en el perfil del sondeo AMT, donde las bajas resistividades concuerdan tanto como con las capas arcillosas y también con el conglomerado situado por debajo de los 100 metros.

La interpolación de los datos muestra correlación entre las unidades estratigráficas presentan, las cuales presentan una distribución relativamente homogénea y continuidad entre ellas, principalmente en la parte de los depósitos no consolidados (conglomerados y arcillas). Las discontinuidades y ligeros curvamientos son el producto de los distintos tipos/eventos de sedimentación fluvial y niveles de energía cíclicas, siendo la zona de fallamiento por debajo de los 210 metros el único cambio estructural posiblemente ajena a los procesos de estratificación.

Los acuíferos se emplazan en materiales de alta porosidad y bajo contenido de arcilla, dentro de los cuales, los depósitos aluviales de arenas y gravas fungen como principal estructura para almacenar agua. La zona lacustre es la encargada de retener el acuífero libre. La zona profunda de las calizas también cuenta con ciertas características favorables para el emplazamiento de acuíferos, no obstante, se limitan en mayor medida por la gran profundidad de perforación que representa pasar la zona lacustre y el paquete de lutitas. La viabilidad se limita al acuífero libre emplazado en los sedimentos aluviales superficiales.

Bajo esta consideración a zona más viable para la construcción del pozo es la que presente un espesor más representativo de arenas y esto es en la E2. En la evaluación general es la que presenta un menor contenido de arcillas. Aunque se mantiene aún con diversas intercalaciones de arcilla, es la que registra mejores características.



4. Conclusiones y Recomendaciones.

Los resultados del presente estudio proponen que el subsuelo del sitio de estudio se conforma por depósitos aluviales-lacustres emplazados en un basamento carbonatado. Las unidades de interés para la extracción de agua están representadas por los conglomerados y capas de "arcilla-arenas", los cuales albergan un acuífero granular y con confinamiento local debido a que las capas de arcilla fungen como límite entre las zonas de aporte.

Cabe mencionar que, debido a las bajas resistividades, situadas tanto en la arcilla como en el segundo tramo de conglomerados, es posible que la calidad de agua esté alterada por un alto contenido de sólidos disueltos. Con base en esto, se propone aprovechar el intervalo de conglomerados situados por arriba de los 80 metros, el cual manifestó los valores de resistividad más altos que el resto del perfil de resistividades.

Se propone realizar la perforación exploratoria en la Estación 2, a una profundidad de 80 metros, debido a su menor cantidad de arcilla sin llegar a poder ser catalogada como una zona libre de arcilla, la cual suele disminuir la permeabilidad de las unidades. En la figura 5.1 se observan las ubicaciones gráficas de la propuesta.

Respecto a la calidad de agua, los sedimentos aluviales usualmente presentan una concentración baja de STD, no así las zonas del acuífero más superficiales, donde existe una suspensión importante de metales o la zona lacustre donde las sales, materia orgánica y gas suelen tener una mayor representatividad. En el presente estudio se estima, mediante el perfil de resistividades, que los conglomerados situados por abajo de los 100 metros estén posiblemente saturados en agua con alto contenido de sales o minerales que hacen más conductivo al medio a pesar de que la unidad de conglomerado presente una alta compacidad.

Una vez realizada la perforación exploratoria se recomienda levantar un registro eléctrico, el cual permite re-evaluar los resultados del presente estudio y determinar la factibilidad de aprovechamiento de las unidades perforadas. Mediante la prueba de registro eléctrico es posible proponer la instalación del contra ademe para limitar los escurrimientos superficiales así como colocar el límite de la tubería lisa en la zona inferior del material lacustre. Con base en estas medidas se pretende tener un aprovechamiento de agua con características viables para uso humano.

Se debe considerar que el presente estudio es indirecto y determina las condiciones geohidrológicas del subsuelo, es decir, sus posibilidades acuíferas y con ello se propone una profundidad de perforación exploratoria, así como los materiales geológicos a perforar. La correcta secuencia estratigráfica únicamente podrá conocerse durante la etapa de perforación exploratoria. Así mismo, el nivel estático, calidad del agua albergada y gasto a obtener solamente se conocerán posterior a la perforación y en la etapa de aforo.

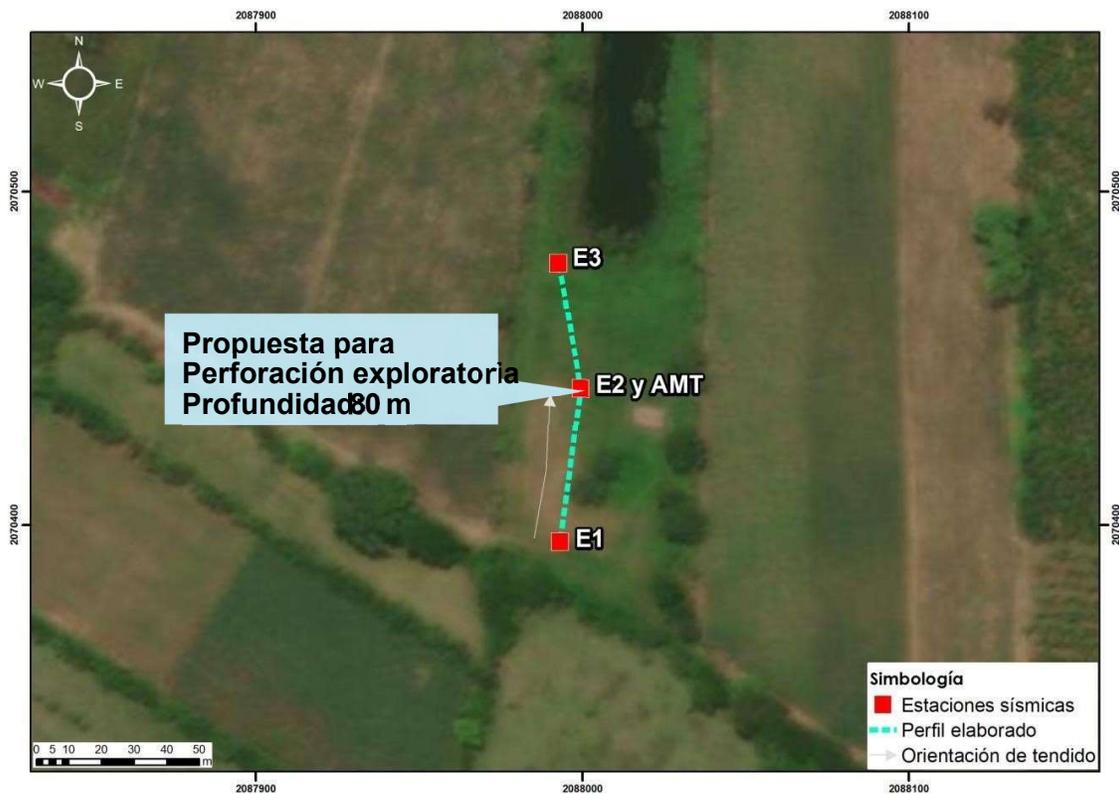


Figura 4.1 Punto propuesto para perforación exploratoria



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

**OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.**

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



5. ANEXOS

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Toro Bravo,

SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.



Foto 1.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 2.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 3.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 4.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 5.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



Foto 6.- Levantamiento de estaciones sísmicas.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com



Evaluación geofísica mediante técnicas de sismica pasiva para determinar la factibilidad de perforar un pozo exploratorio para la extracción de agua.

Curvas las Consuegras,
San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca.
Septiembre, 2023.





Índice

No.	Capítulo	Página
1.	Introducción	2
1.2.	Justificación del proyecto.	2
1.3.	Localización	3
1.4.	Planteamiento del problema.	4
2.	Campaña de exploración geofísica.	6
3.	Resultados geofísicos.	8
4.	Conclusiones y recomendaciones.	10
5.	Anexos Evidencia fotográfica	12
6.	Marco geológico	15



1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas para el desarrollo de proyectos agrícolas, industriales, alimenticios y poblacionales, es satisfacer la demanda de agua, recurso indispensable para el correcto funcionamiento de la sociedad y sus giros económicos. Debido a la ausencia de fuentes superficiales de agua dulce y potable, sequías y al poco aprovechamiento de las aguas pluviales, la mayor parte captación de agua se obtiene de la explotación de mantos acuíferos mediante la perforación de pozos profundos.

Para la selección del sitio de perforación para pozos de extracción de agua, es necesario determinar las características geohidrológicas del subsuelo, para lo cual es necesario realizar un reconocimiento geológico y estudios de exploración geofísica. En el presente trabajo se utilizaron técnicas experimentales fundamentadas en la sismica pasiva, herramienta práctica para delimitar la distribución de las unidades litológicas, permitiendo identificar las unidades posiblemente almacenadoras y geohidrologicamente factibles para emplazar un acuífero.

Los acuíferos son estructuras geológicas que almacenan una cantidad importante de agua, la cual se encuentra en materiales permeables, esta característica implica la facilidad de un fluido para desplazarse entre los poros interconectados de la roca. Otra característica importante es la saturación, ya que, si una unidad rocosa con alta porosidad no se ve favorecida por la afluencia de agua, no se considerará factible para los objetivos del estudio.

Existen diversas técnicas para identificar acuíferos, la sismica no figura dentro de los métodos más representativos, no obstante, en contraste con otros métodos cuenta con una alta resolución lo que permite realizar modelos estructurales más complejos.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el área de estudio el abastecimiento del recurso hídrico se hace mediante norias o pozos artesianos, sin embargo, ante el aumento de la demanda del recurso hídrico y la necesidad de un mejor sistema de abastecimiento, se tiene proyectada la construcción de un pozo de extracción de agua subterránea.

Con la finalidad de evaluar las posibilidades acuíferas del subsuelo, se pretende delimitar un sitio factible para la perforación de un pozo exploratorio mediante métodos geofísicos con los cuales es posible estimar la distribución litológica y las zonas con mayores posibilidades de extracción de agua subterránea de mejor calidad.

1.3 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se encuentra en la comunidad Curva las Consuegras, a aproximadamente 7 km al sur de la cabecera municipal de San Juan Bautista Tuxtepec, Estado de Oaxaca. Geográficamente está delimitada por las coordenadas UTM con el DATUM WGS-84 14 Q; 1'994,396 m y 1'994,459 m Norte, y 804,044 m y 804,260 m Este. Como se observa en la Figura No. 1.1.

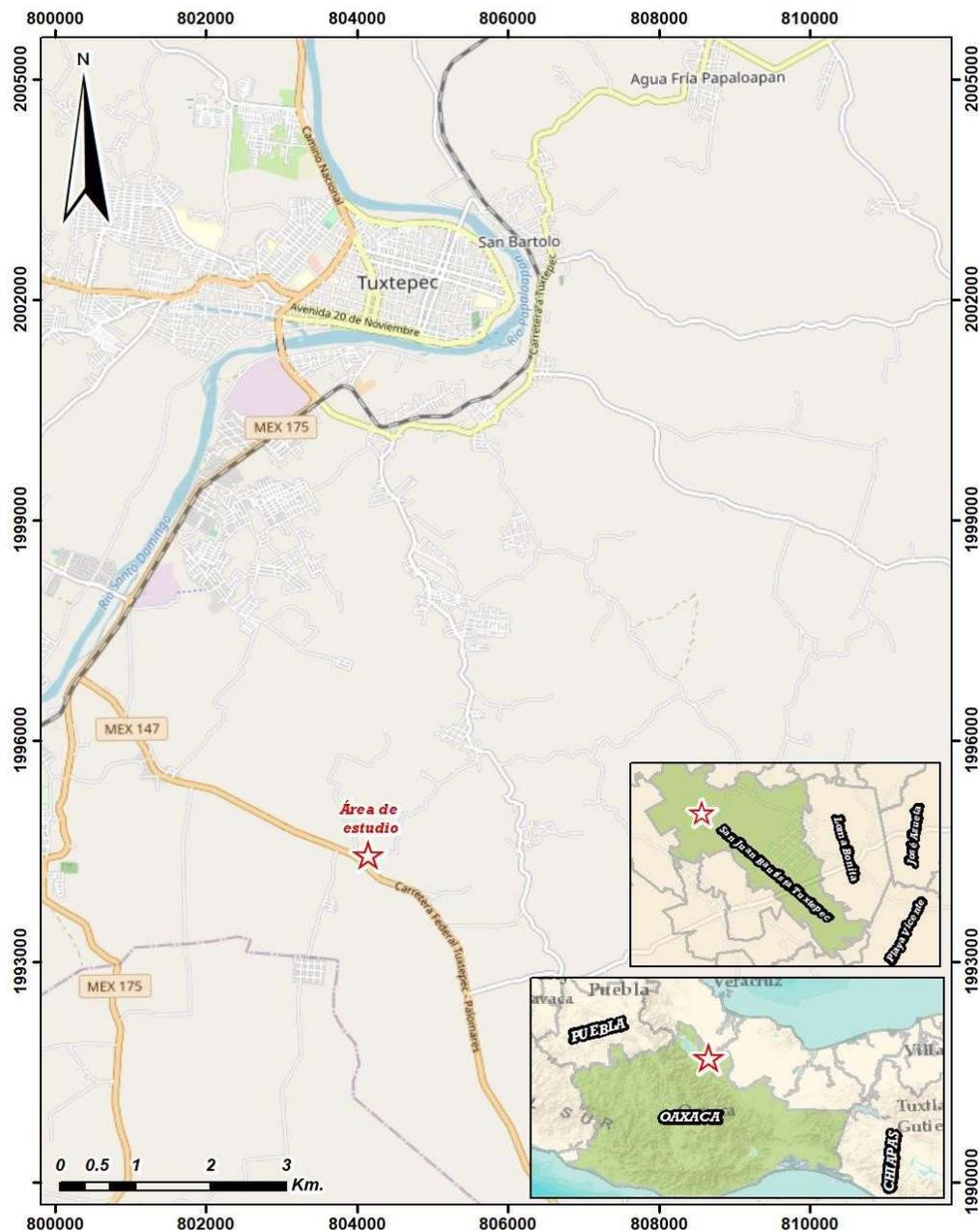


Figura n°. 1.1 Localización de la zona de estudio



1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los métodos geofísicos son una herramienta útil para la caracterización de las diferentes unidades litológicas, ya que, bajo una adquisición, procesado y modelado adecuado, es posible determinar la distribución y características físicas del subsuelo. Para delimitar la presencia de los acuíferos es necesario identificar una unidad porosa, permeable y situada por debajo del nivel estático, a una profundidad razonable, para las condiciones físicas y económicas del proyecto. Así mismo, es imprescindible conocer la geología superficial del sitio de estudio y los procesos geológicos que rigen el tipo de sedimentación y/o origen de las rocas.

Fisiográficamente Tuxtepec se ubica dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur, rodeándose por el suroeste de altos topográficos que conforman a la provincia geológica Cinturón Mexicana de Pliegues y Fallas. Superficialmente, la columna estratigráfica de la región presenta cambios notables en función del bloque estructural al que pertenezca, depositándose en el noreste de la ciudad rocas sedimentarias correspondiente a ambientes continentales y marinos (calizas, lutitas, margas), mientras que en las zonas más cercanas a los altos topográficos es posible encontrar depósitos que formaron con el tiempo un conglomerado mal clasificado compuesto por los clastos erosionados provenientes de la erosión de las rocas preexistentes. La geología del subsuelo en este tipo de ambientes permite el almacenaje del agua en los paquetes de depósitos poco consolidados, dando lugar a acuíferos granulares y mixtos tanto libres como confinados. Las unidades/capas de mayor conductividad hidráulica serán las que presenten mayor contenido de arenas y gravas y bajo contenido de arcilla estructural y dispersa, mientras que, los estratos arcillosos, aunque presenten saturación, tendrán una velocidad de transmisión baja o incluso nula, por lo que se consideran capas sello que otorgan confinamiento al resto de las unidades. Aunado a lo anterior, el aporte de los acuíferos también estará sujeta a la carga hidráulica, ya que, aunque una unidad litológica presente porosidad efectiva alta no podrá ser provechosa si tiene una carga hidráulica baja o nula.

La zona comprende a la cuenca hidrológica del Río Papaloapan No. 28, regionalizada en tres zonas: La Cañada (o Alto Papaloapan), Medio Papaloapan y Bajo Papaloapan, siendo la región Medio Papaloapan donde se localiza la mayor parte del acuífero Tuxtepec. La red hidrográfica del Río Papaloapan junto con la geomorfología del sitio permitieron distintos procesos sedimentológicos en los que predominan los depósitos aluviales-fluviales. Los niveles de energía y el desbordamiento de los principales ríos enriquecen a las planicies de inundación con depósitos de borde y desborde (aluviones con mayor contenido de gravas y arenas) y llanuras de inundación (depósitos lacustres), a su vez estas estructuras pueden ser reelaboradas y retroalimentan a los procesos y ambientes sedimentarios.

Con base en este conocimiento se empleó técnicas de sismica pasiva mediante estaciones sísmicas, las cuales permiten hacer un análisis geológico estructural basado en el tipo de material, lo cual, en conjunto con la información geológica recopilada en cartas nos permitirá otorgar atributos geohidrológicos de cada unidad.

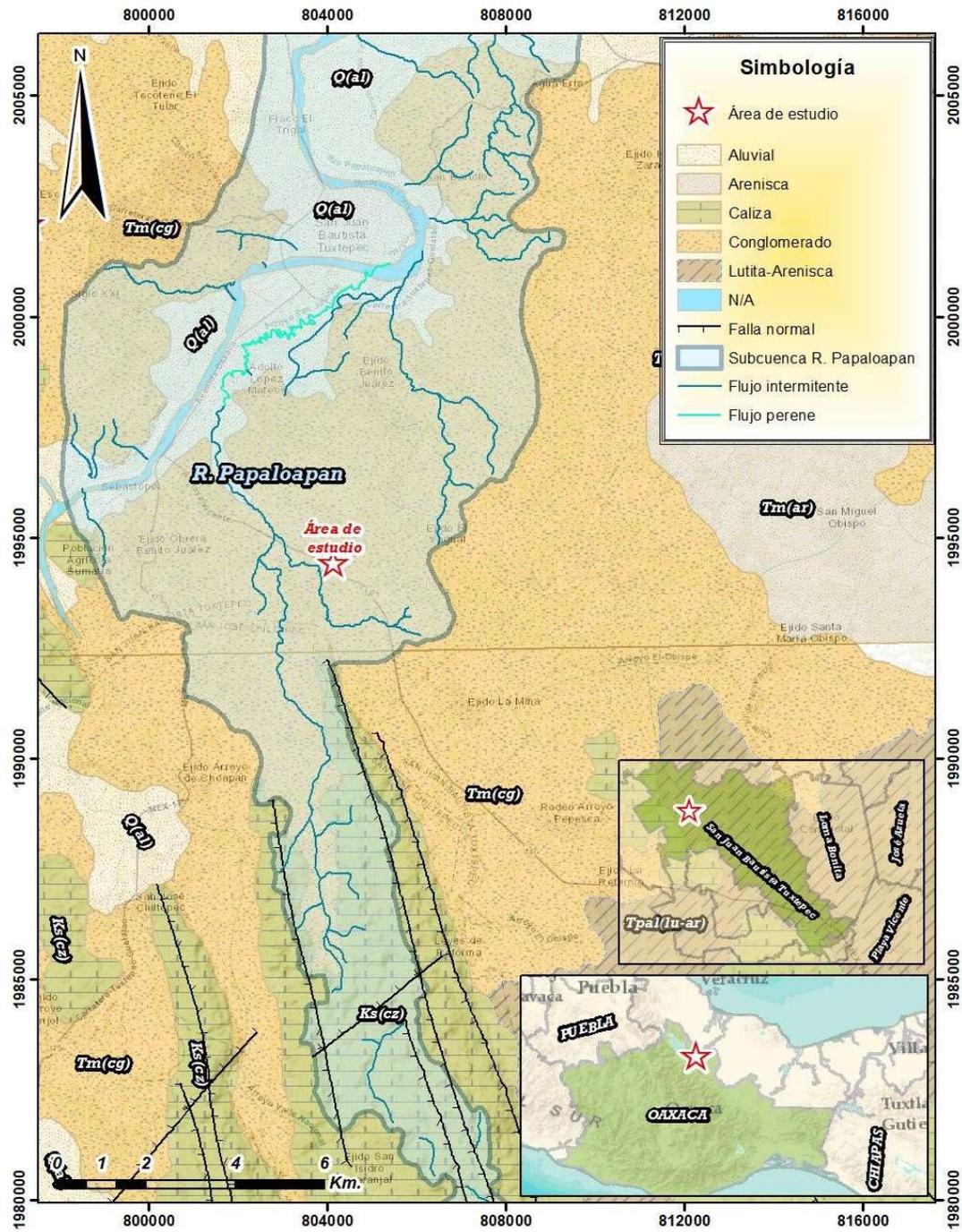


Figura n° 1.2. Geología de la zona de estudio.



2. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.

Para la adquisición de datos geofísicos se hizo uso de dos equipos: un sismógrafo triaxial de baja frecuencia SR04 Geobox, marca Sara, con el cual se adquirieron datos de vibración sísmica. Y un equipo KMS-820 de la marca KMS Technologies con el cual se adquirieron datos de resistividad mediante sondeos magnetoteléuticos.

Se llevó a cabo la adquisición de datos geofísicos de tres estaciones sísmicas y un sondeo magnetoteléutico distribuidos estratégicamente con la finalidad de realizar una sección con una longitud de 230 metros y una profundidad de investigación de 300 metros. En la *tabla n° 2.1* y *figura n° 2.1*. Se muestran las coordenadas y distribución de cada estación y sondeo.

Estudio "Curva las Consuegras" -Estado de Oaxaca Sistema Mercator WGS84 UTM (14Q)				
Nombre	X	Y	Latitud (N)	Longitud (O)
E1	804,044	1'994,396	18.016746°	--96.128646°
E2/MT	804,154	1'994,453	18.017245°	-96.127600°
E3	804,260	1'994,459	18.017284°	-96.126599°

Tabla n° 2.1 Coordenadas de estaciones sísmicas levantadas.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

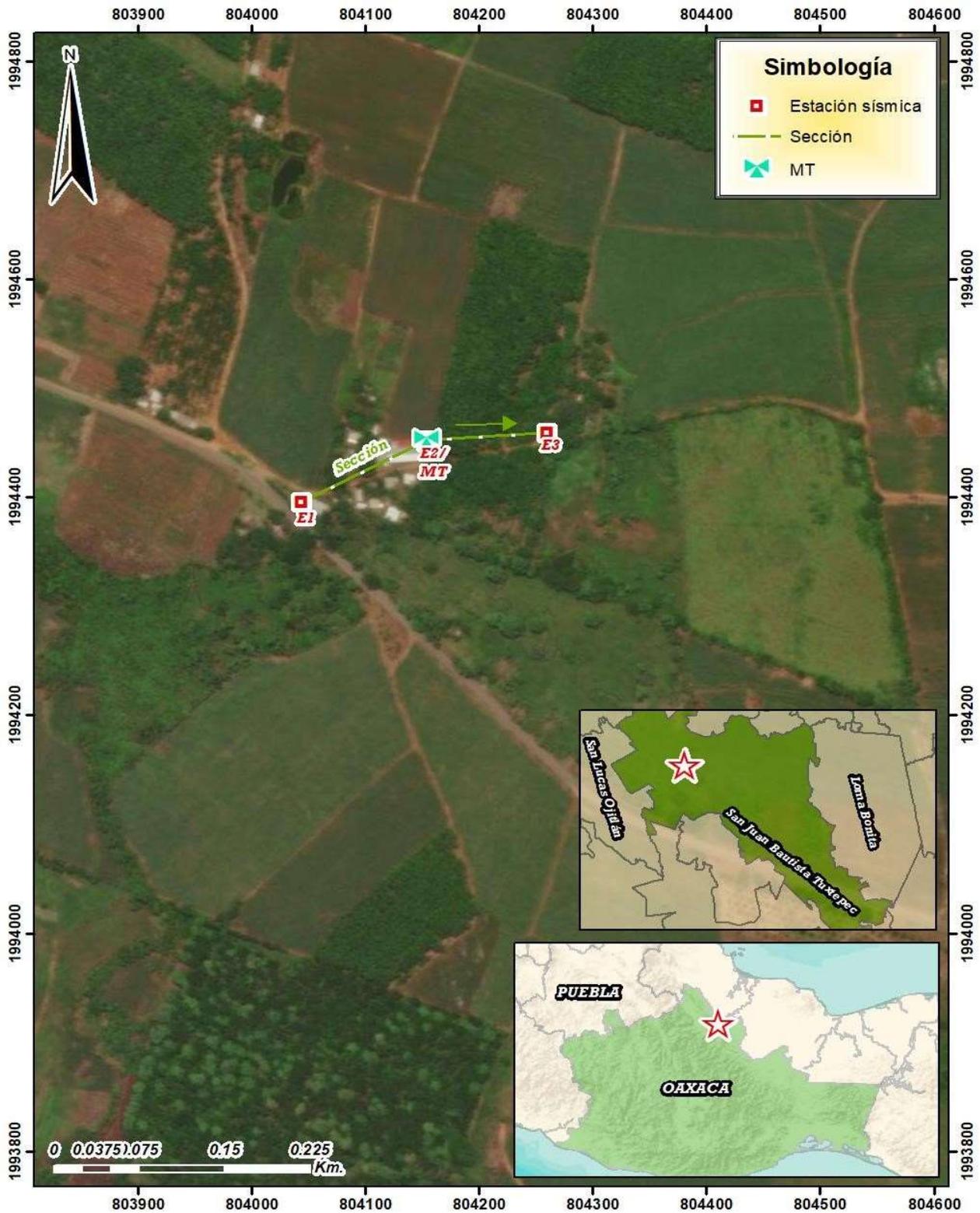


Tabla n° 2.1 Distribución de estaciones sísmicas y sección



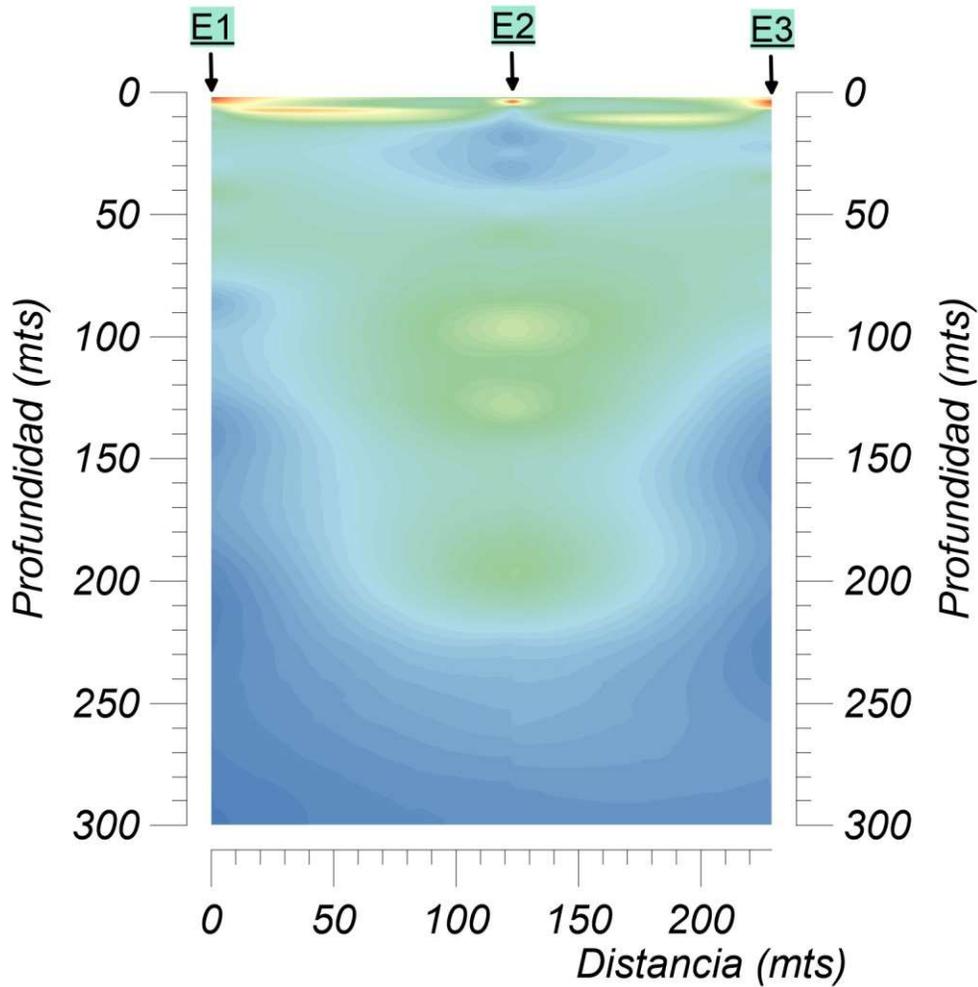
3. RESULTADOS GEOFÍSICOS.

Con el análisis de los datos de las estaciones sísmicas se elaboró un perfil y modelo con una profundidad de 300 metros, que representa el comportamiento y distribución de las amplitudes de los cocientes espectrales captados como respuesta de la vibración natural de las unidades litológicas del subsuelo. La demostración gráfica de esta propiedad se representa en un perfil de colores adimensional, la tendencia de un color marca comportamientos similares en la amplitud del espectro sísmico por lo que un mismo cuerpo rocoso o estructura geológica de características similares debería visualizarse como una distribución continua de un mismo color.

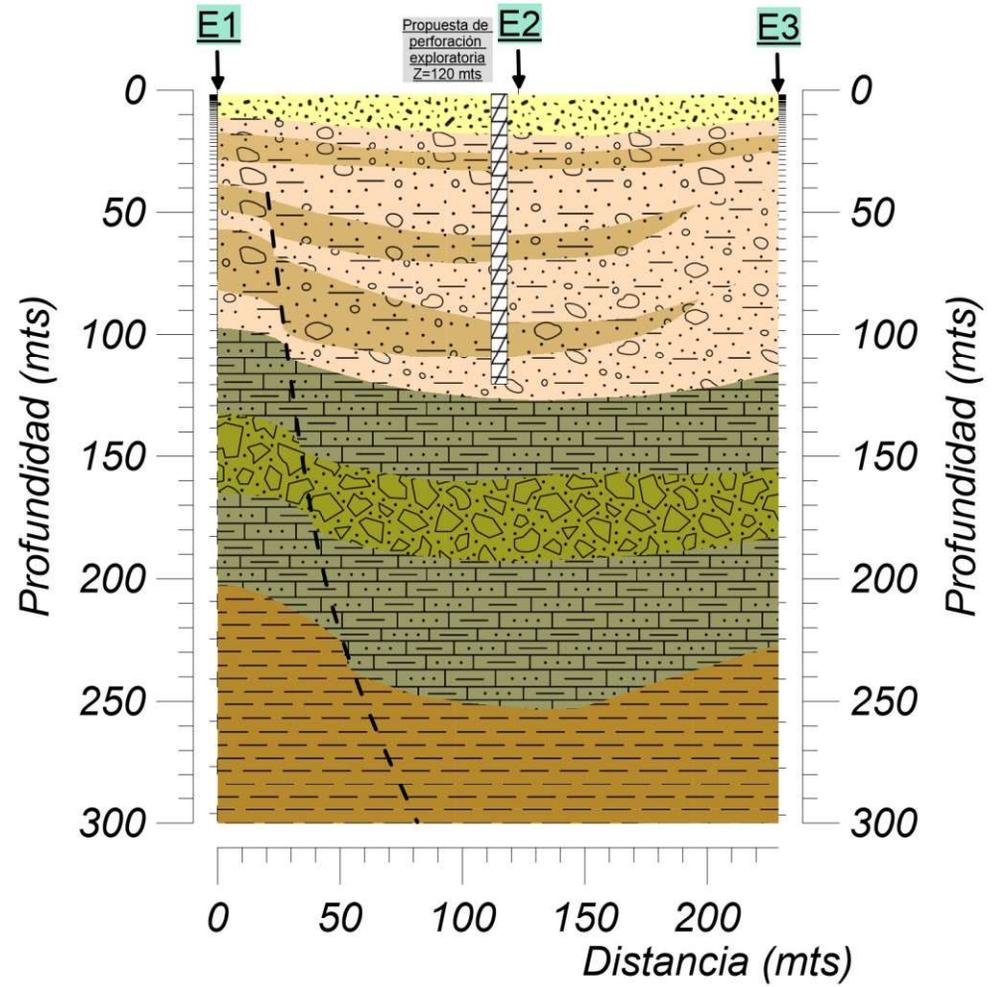
Para el perfil de cocientes sísmicos; los tonos verdes y azules se asocian a material de baja compacidad y de granulometría media a fina, mientras que los tonos amarillos a naranjas representan materiales de granulometría media a gruesa o de mayor compacidad. Superficialmente se observa una predominancia de materiales de granulometría media a gruesa (tonos verdes a amarillos), mientras que a profundidad se presentan, en tonos azules, unidades con predominancia de materiales arcillosos. En la parte central del perfil se observa, en tonos verdes, a profundidad una zona de mayor compacidad o con predominancia de materiales de granulometría media a gruesa, probablemente afectados por un fallamiento asociado a la Sierra el Cafetal.

A partir de los resultados obtenidos con las estaciones sísmicas, perfil de cocientes sísmicos y los resultados del sondeo magnetotelúrico (MT), se realizó un modelo geológico en el cual se observa lo siguiente: inicialmente se presenta la capa superficial compuesta de depósitos de gravas y arenas drenadas, seguida de una intercalación de conglomerados y conglomerados arcillosos, estas unidades tienen la capacidad de almacenar un acuífero, sin embargo, la capacidad de extracción estará en función del contenido de arcillas. Como unidad base del acuífero se propone una intercalación de lutita-caliza, conglomerado calcáreo y lutita, las cuales sirven de sello evitando la infiltración del acuífero a unidades más profundas. Cercana a la estación 1 se propone un fallamiento que corta la sección desde la unidad de conglomerados hasta la base del perfil. El perfil de cocientes sísmicos y su interpretación estratigráfica se muestran en el plano anexo.

Perfil de cocientes sísmicos



Modelo geológico



Simbología

- Estación sísmica
- Gravas y arenas
- Conglomerado
- Conglomerado arcilloso
- Lutita-caliza
- Lutita
- Conglomerado calcareo

Proyecto:
 Caracterización hidrogeológica mediante métodos geofísicos para determinar la factibilidad de perforación de un pozo exploratorio.
Curva las Consuegras
 Municipio de Tuxtepec
 Estado de Oaxaca

ID 2023-131

Mayo-2023





4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los resultados del presente estudio proponen un acuífero libre, almacenado en las unidades compuestas por conglomerado y conglomerado arcilloso. Las posibilidades de extracción estarán en función del contenido de arcillas, permeabilidad y fracturamiento de dichas unidades.

A partir de los datos geofísicos y el modelo geológico se propone realizar una perforación exploratoria en la zona cercana a la estación 2 hasta una profundidad de 120 metros, con la finalidad de cortar las unidades compuestas por conglomerado y conglomerado arcilloso, las cuales al presentar una mayor permeabilidad tienen la capacidad de servir de aporte al pozo.

De realizarse la obra exploratoria, posterior a esta, se recomienda levantar un registro eléctrico al interior del pozo, con el cual es posible delimitar los intervalos saturados y con posibilidades de aporte. Así mismo, ayudará en la toma de decisiones en la continuidad de la obra, ya sea si se explora a mayor profundidad y al diseño de un correcto equipamiento de pozo.

Se debe considerar que el presente estudio es indirecto y determina las condiciones geohidrológicas del subsuelo, es decir, sus posibilidades acuíferas y con ello se propone una profundidad de perforación exploratoria, así como los materiales geológicos a perforar. El nivel estático, calidad del agua albergada y gasto a obtener solamente se conocerán posterior a la perforación y en la etapa de aforo.

Estudio "Curva las Consuegras" -Estado de Oaxaca Sistema Mercator WGS84 UTM (14Q)						
Alternativa	Estación	Profundidad de exploración	X	Y	Latitud (N)	Longitud (O)
1	E2/MT	120 mts	804154	1994453	18.017245°	-96.127600°

Tabla 4.1 Coordenadas de propuesta para perforación exploratoria.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

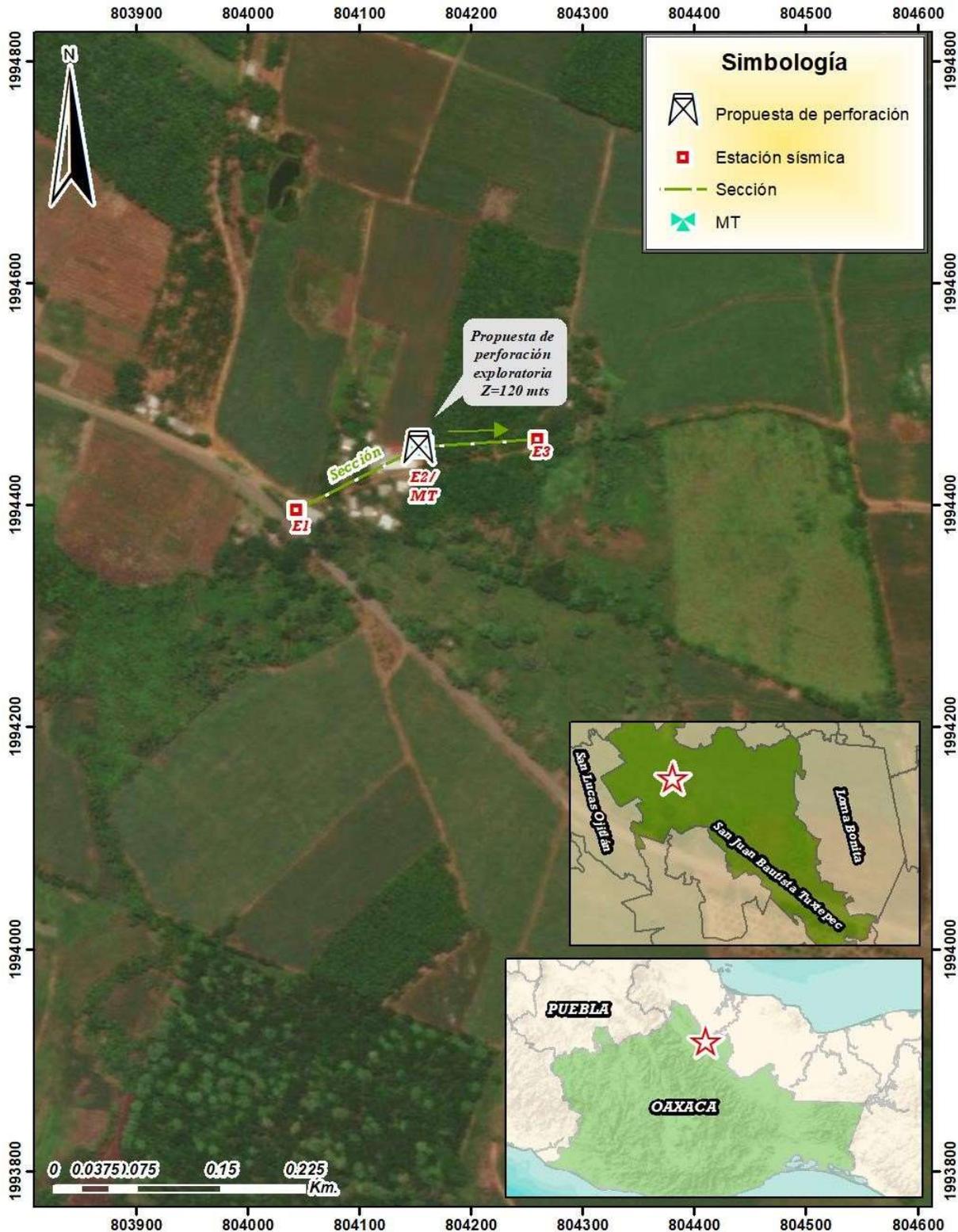


Figura 4.1 Punto propuesto para perforación exploratoria



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

**OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.**

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

2023 -131



ANEXO

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Curvas las Consuegras,

SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.



Foto n° 1.- Levantamiento de estación sísmica



Foto n° 2.- Levantamiento de estación sísmica



Foto n° 3.- Levantamiento de sondeo Magnetotelurico



Foto n° 4.- Levantamiento de estación sísmica



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

**OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.**

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

2023 -131

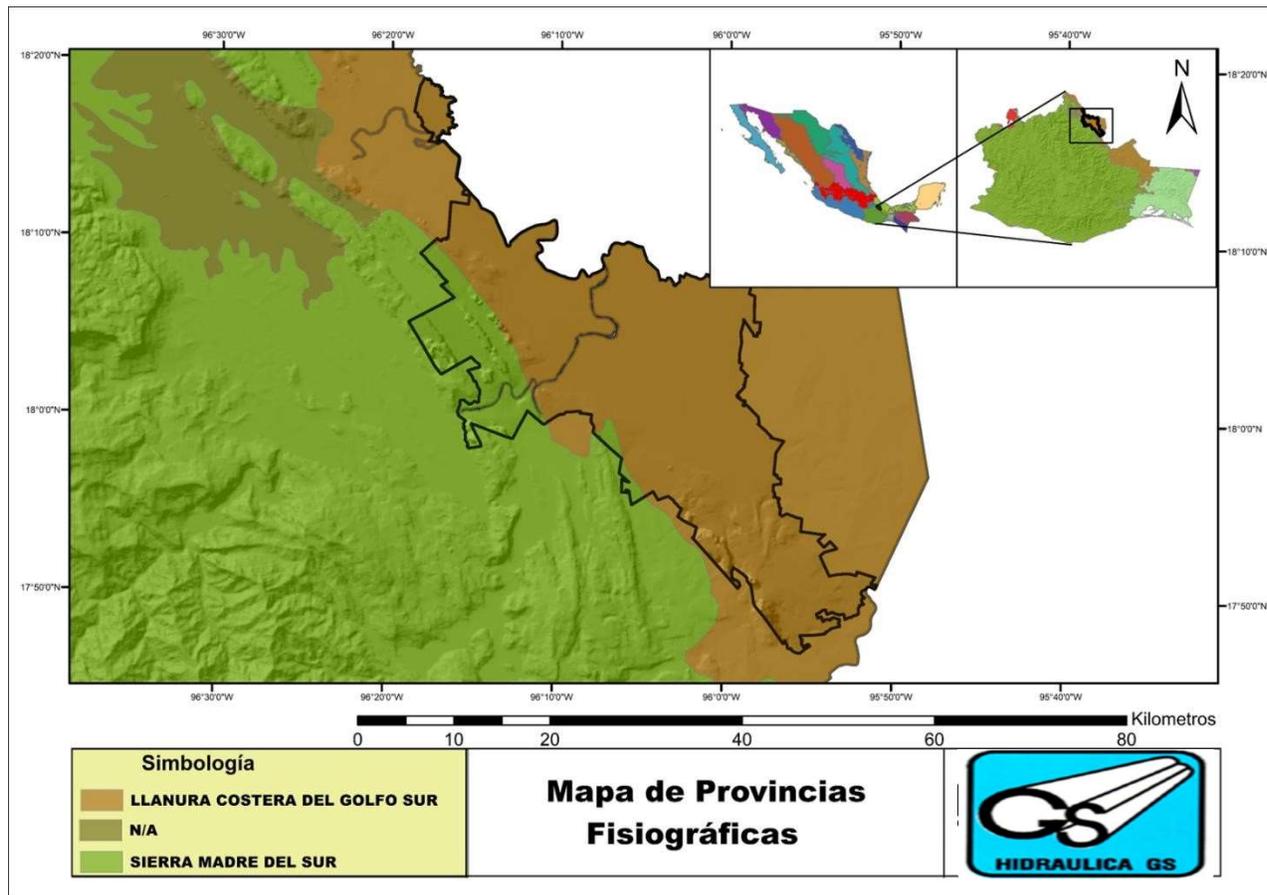


ANEXO MARCO GEOLÓGICO

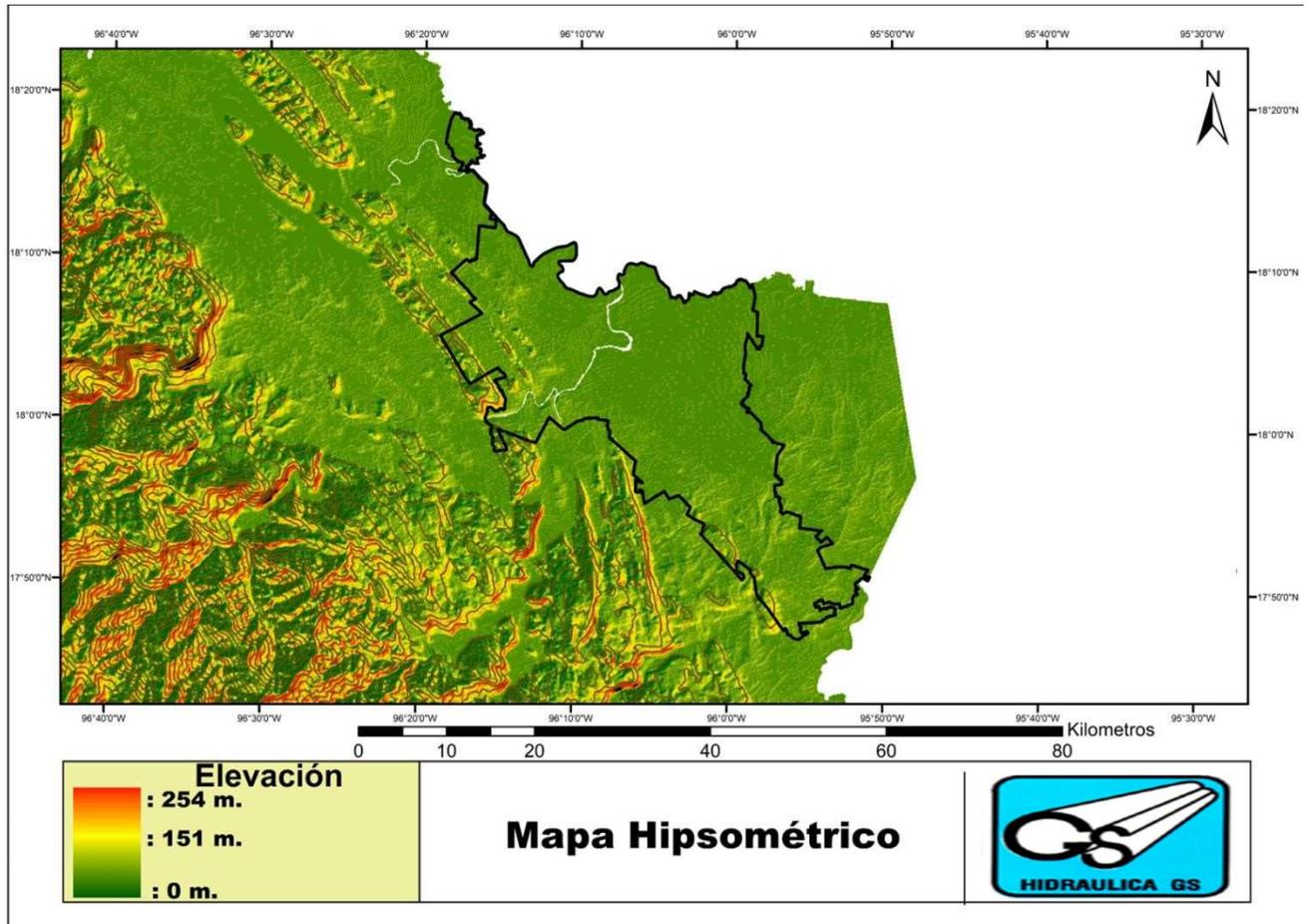
Curvas las Consuegras,
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.

FISIOGRAFÍA

El Municipio de Tuxtepec se encuentra emplazado dentro de las provincias Fisiográficas: Llanura costera del Golfo Sur al noreste (Fig. 2), la cual es una provincia localizada en el Sureste de México, abarca el territorio de los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz; su anchura promedio varía entre 125 y 150 km; mientras que hacia al Este por la provincia fisiográfica Llanura de la Sierra Madre del Sur, la cual es una cadena montañosa localizada en el sur de México, con una elevación que varía de planicie hasta los 151 metros, (Fig. 3).



Mapa de Provincias Fisiográficas



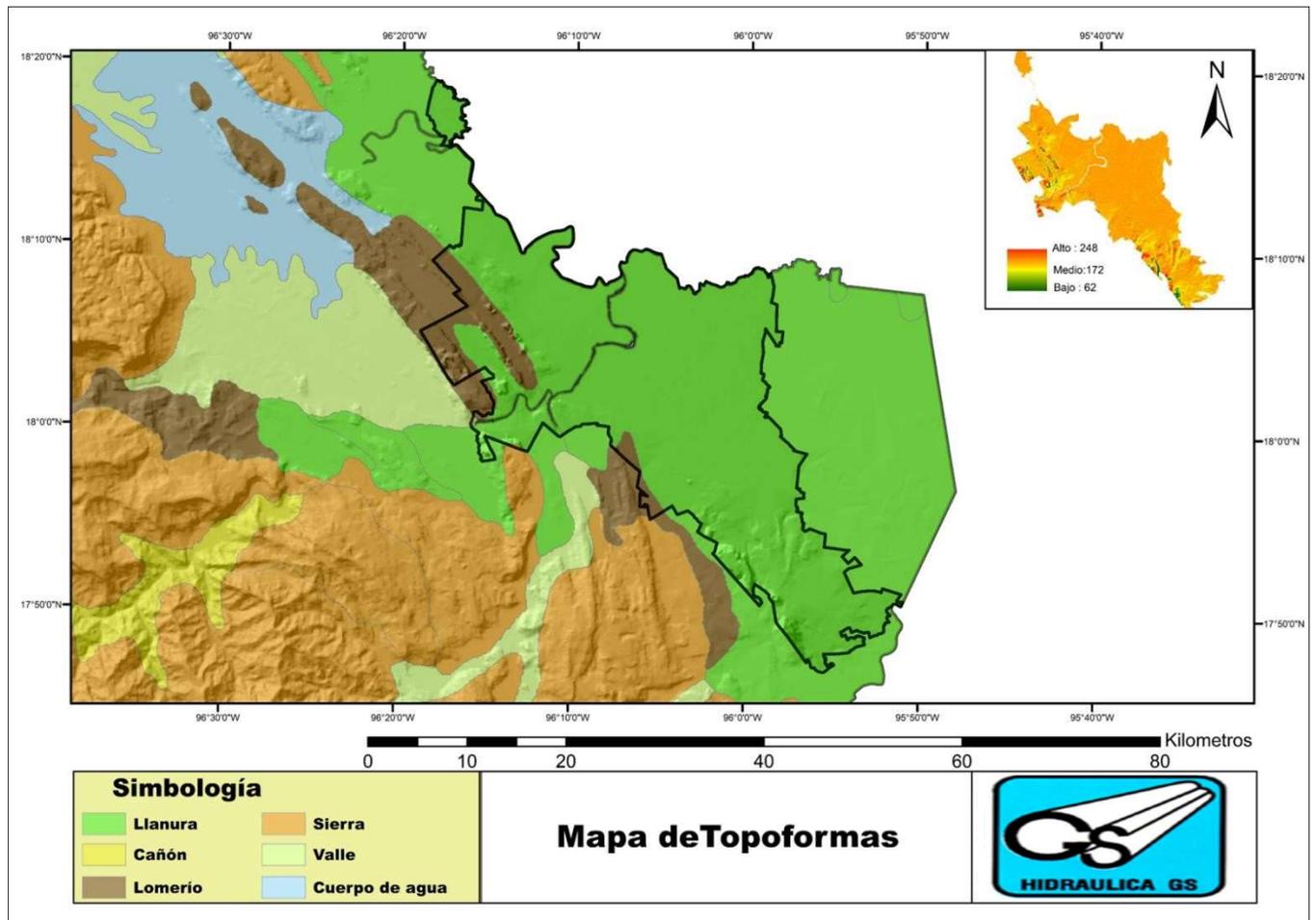
Mapa Hipsométrico

GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con la Geomorfología del área de estudio (Fig. 4) se puede dividir de la siguiente forma:

Zonas de Llanuras, son planicies que se caracterizan por ser de largas y anchas extensiones de tierra plana, o con muy ligeras ondulaciones por debajo de los 200m, abarcan más del 90% del municipio de Tuxtepec.

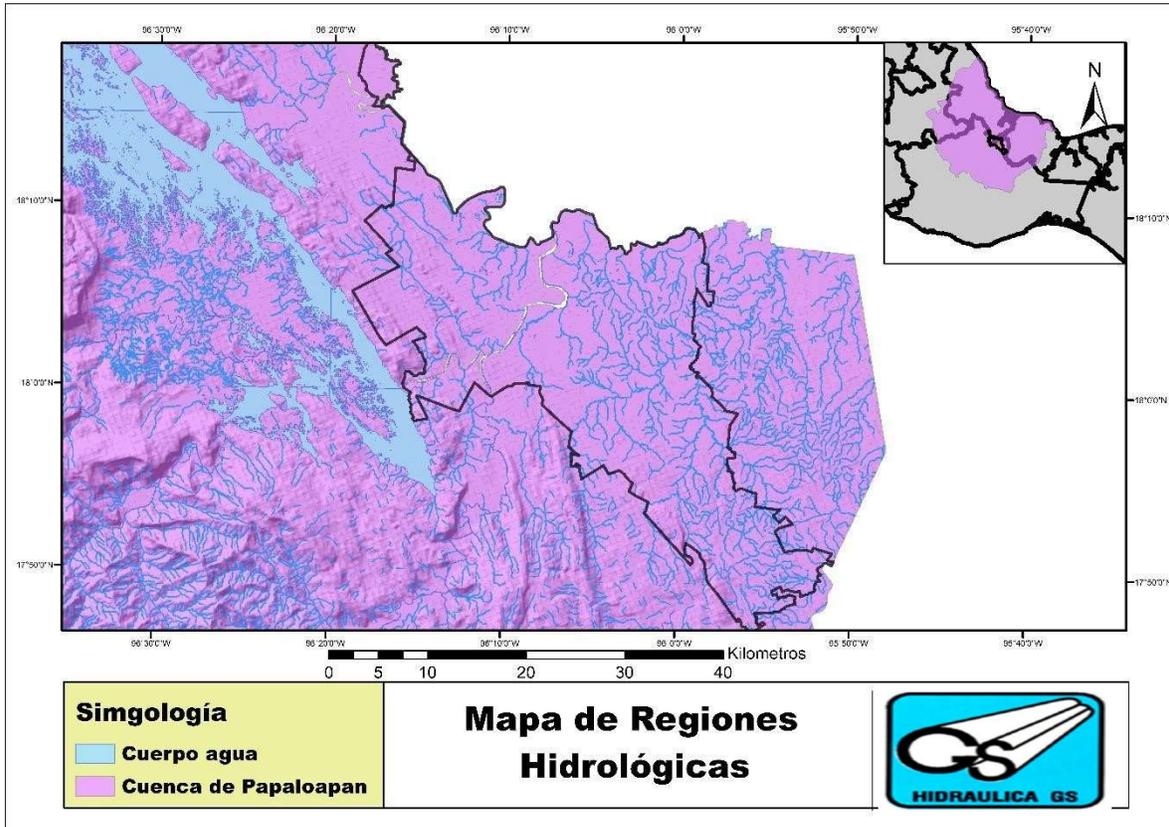
Zona de Lomeríos, elevaciones de estructuras de altura pequeña, de forma alargada distribuida en una pequeña parte del municipio, ubicadas al suroeste y noroeste del área de estudio.



Mapa de Topoformas

HIDROGRAFÍA

El municipio de Tuxtepec se encuentra en la cuenca hidrológica del Papaloapan, misma que se localiza en la vertiente sur del Golfo de México, corresponde a la región hidrológica RH28 Papaloapan, colinda hacia el norte, con la región del río Nautla, al este colinda con la cuenca del río Coatzacoalcos (CONAGUA, 2010).



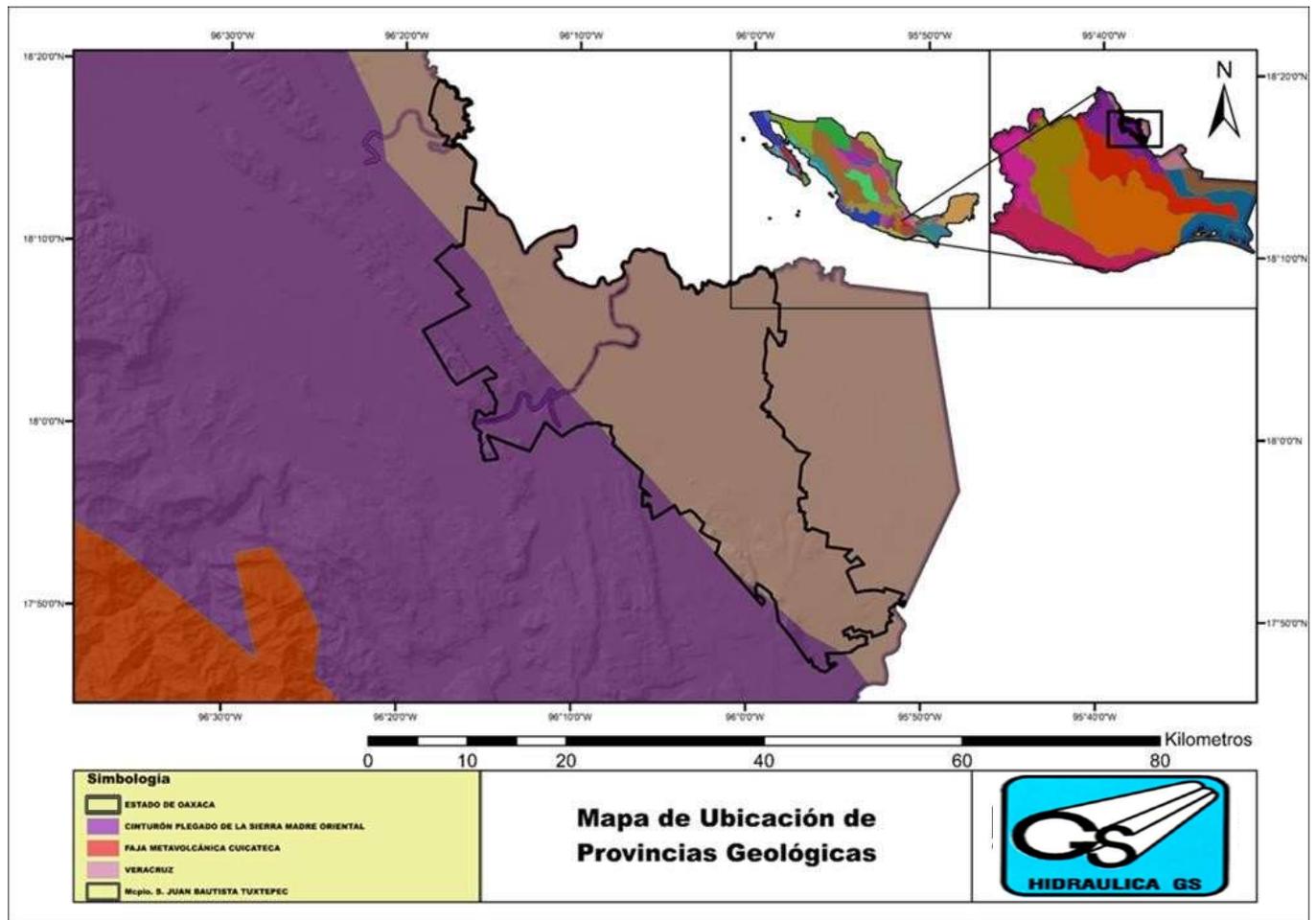
Mapa de Regiones hidrológicas.

MARCO GEOLÓGICO

El marco geológico está caracterizado por diversos tipos estructurales, que se encuentran asociados a diferentes procesos tectónicos y estructurales, cuyas características estructurales fueron el resultado de la columna estratigráfica a la que corresponden, de la cual estas deformaciones se hayan relacionadas a la posición paleogeográfica.

El área de estudio se encuentra entre las provincias geológicas de Veracruz y el Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental; la provincia de Veracruz se localiza en los estados de Veracruz, Puebla y Oaxaca, corresponde a una antefosa ubicada al oriente del Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental, y costa afuera en la plataforma continental del Golfo de México, la constituyen sedimentos del cuaternario y rocas sedimentarias siliciclásticas del Paleógeno al Mioceno, las cuales se encuentran sobre rocas carbonatadas del Jurásico y Cretácico.

Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental, se ubica en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Oaxaca, es una franja de estructuras anticlinales orientada norte-noroeste a sursureste bien definida formada por rocas sedimentarias del Precámbrico, Paleozoico, Triásico, Jurásico y Cretácico.



Mapa de Provincias Geológicas.

ESTRATIGRAFÍA

De acuerdo con la información correspondiente recopilada en campo y gabinete, la cartografía geológica se realizó a partir de datos geofísicos-geológicos, asimismo sumado a la interpretación de la imagen de satélite y al final se complementó con las cartas geológicomineras, Orizaba y Oaxaca y Minatitlán, escala 1:250000, editado por el Servicio Geológico Mexicano.

De acuerdo con la geología superficial del área de estudio la columna estratigráfica (Fig. 7) presenta cambios notables de acuerdo con el bloque estructural que pertenece, de esa manera la diversidad de rocas puede corresponder a diferentes ambientes de depósito, marinos, continentales, mixtos entre otros.



HIDRAULICA G.S., S.A. DE C.V

OBRAS HIDRAULICAS Y CIVILES, POZOS PROFUNDOS,
REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO.

Carret. Tuxtepec, Puente Caracol Km.2 Col. Costa Verde C.P.68370 Tuxtepec, Oax
Tel.: (01-287) 875-06-07 y 875-53-42 obrasgrupogs@gmail.com

Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Superior	Aluvi3n	
		Pleistoceno	Medio		
	Ne3geno	Plioceno	Inferior		Conglomerado
			Piacenziano		
		Mioceno	Zancliano		Conglomerado - Arenisca
			Mesiniano		
			Tortoniano		
	Serravaliano				
	Langhiano				
	Pale3geno	Oligoceno	Burdigaliano	Formaci3n La Laja	
			Aquitano		
		Eoceno	Chattiano	Formaci3n Chapopote	
			Rupeliano		
Priaboniano					
Paleoceno		Bartoniano	Atoyac		
		Lutetiano			
	Ypresiano				
	Thanetiano				
Mesozoico	Cret3cico	Superior	Selandiano	M3ndez	
			Daniano		
			Inferior	Maastrichtiano	San Felipe
				Campaniano	
				Santoniano	Guzmantla / Orizaba
		Coniaciano			
		Turoniano			
		Jur3sico	Superior	Cenomaniaco	Xonamanca
				Albiano	
				Aptiano	
	Medio		Barremiano	San Pedro / Tepexilotla	
			Hauteriviano		
			Valanginiano		
			Berriasiano		
			Titono		
	Inferior	Kimmeridgiano	Todos los Santos		
		Oxfordiano			
		Calloviano			
Tri3sico	Superior	Bathoniano	Erosi3n o No Deposito		
		Bajociano			
		Aaleniano			
	Medio	Toarciano			
		Pliensbachiano			
		Sinemuriano			
Paleozoico	P3rmico	Hettangiano	Complejo Metam3rfico de Sierra de Ju3rez		
		Lopingiano		Rhaetiano	
				Wuchiapingiano	
		Guadalupiano		Norio	
				Capitaniano	
	Wordiano				
	Carbonifero	Cisuraliano		Carniano	
				Ladiniano	
		Pennsylvaniano		Anisiano	
				Olenekiano	
Induano					

Columna Estratigr3fica del 3rea de Tuxtepec



Rocas del basamento. Las rocas que se considera configuran el basamento, han sido denominadas por el Servicio Geológico Mexicano como el Complejo Metamórfico de Sierra de Juárez, el cual comprende rocas de facies esquistos verdes, caracterizadas por esquistos de cuarzo-moscovita, cuarzo biotita y tremolita, asimismo se asocian con meta areniscas, meta conglomerados y meta calizas, su edad se asocia al Permo-Carbonífero. Mesozoico

Formación Todos los Santos: Es una secuencia de sedimentos continentales terrígenos que marca el inicio de la sedimentación mesozoica, constituidos litológicamente por conglomerado (lechos rojos), con intercalaciones de arenisca y lutitas.

Formación San Pedro: Es una secuencia de calizas (con tendencia a ser oolíticas en algunas zonas) y calizas dolomitizadas con un ambiente de plataforma somera calizas arcilloarenosas con un espesor que varía de los 100 a 400m.

Formación Tepexilotla: Secuencia clástica-calcárea de ambientes de litoral y marino, corresponden a rocas calizas bituminosas de color gris oscuro a negro y calizas arenosas con un espesor medio de 200m.

Formación Xonamanca: Caracterizada por una serie de areniscas, lutitas y limolitas sensiblemente metamorfizados, intercaladas con paquetes de estratos de calizas y calizas arcillosas, siendo que las calizas arcillosas presentan una influencia volcánica (tobas), los valores de espesores varían entre 350 metros.

Formación Orizaba: Calizas de plataforma de color gris claro a café, que por su textura pueden ser divididas en dos facies, (facie arrecifal y facie subarrecifal), intercaladas con dolomitas y anhidritas, cuyo grosor varía entre 300 y 400 metros.

Formación Guzmantla: Secuencia de calizas arcillosas y lutitas calcáreas las primeras rocas son de color crema a gris estratificadas en capas gruesas y masivas, llegan a desarrollar crecimientos arrecifales en algunos intervalos depositados en bancos de arenas calcáreas en la parte inferior, compuesta por calcisferúlidos cuya matriz está compuesta por cocolitofóridos y foraminíferos planctónicos.



La Formación San Felipe: Caracterizada por flujos de sedimentos depositados en el talud, formados por conglomerados y brechas cuyos clastos son de composición calcárea, que se intercalan por calizas bentónicas gris verde olivo, estratificadas en capas delgadas e intercaladas con horizontes y capas bentónicas de espesores similares, derivadas de un arco volcánico submarino con grosor que varía entre 200 y 500m.

Formación Méndez: Constituida por corrientes de turbidez, que se intercalan con margas gris verde olivo de estratificación delgada, que alternan con capas de margas, lutitas bentónicas gris claro verdoso de espesores similares.

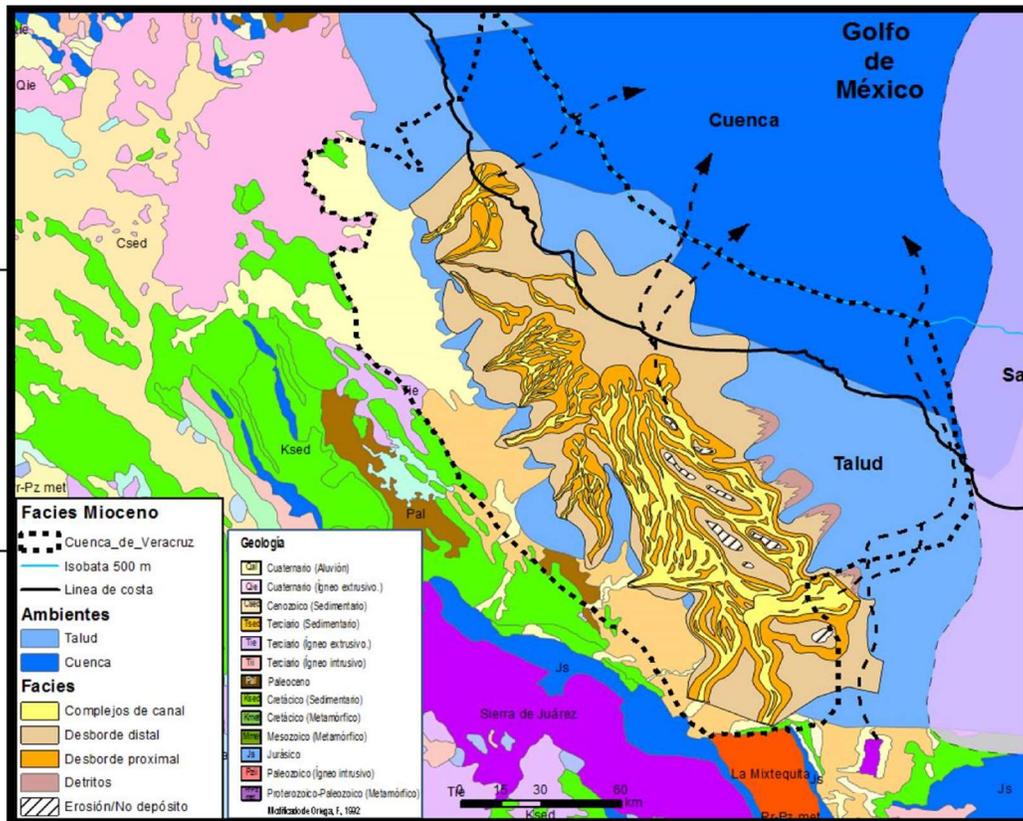
Formación Atoyac: Se caracteriza por calizas bioclásticas, con intercalaciones de lutitas cuyos espesores varían hasta los 1000m.

Formación Chapopote: Principalmente se constituye por calizas conglomeráticas, areniscas y margas que se transforman en lutitas, intercalados con areniscas de grano fino a medio, cementadas con material arcilloso-calcáreo (Formación Chapopote), con valores de espesor que oscila entre 500 y 700 metros

Formación La Laja: Secuencia de lutitas de color gris, ligeramente arenosas, compactas y duras que alternan con areniscas arcillosas de grano fino, y areniscas de grano fino a grueso arcillas grises, intercaladas con areniscas mal cementadas que contienen fragmentos de caliza.

Conglomerados Mioceno-Plioceno: se caracteriza por la presencia de flujos de sedimentos en abanicos submarinos (Fig. 8) de facies brechoides de clastos carbonatados de rocas de plataforma, brechas consistentes desde grandes bloques hasta granos calcáreníticos de tamaño grueso a fino, son derivados de la erosión aérea y marina que sufrieron las formaciones preexistentes.

Aluvi3n Cuaternario: definida por dep3sitos aluviales de gran variabilidad en su granulometr3a y tipo de rocas, pues son el resultado de la eros3n, transporte y acumulaci3n de las rocas preexistentes, las cuales var3an desde arcillas, limos y arenas, hasta gravas y cantos. Se encuentran a lo largo del valle, con espesores m3ximos de unos 100m. en general tienen permeabilidades medias a altas, por lo que favorecen la infiltraci3n de agua.



Modelo de Deposito del Mioceno modificado de CHN (2018)

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

De acuerdo con Santiago y Baro (1992) existen tres principales procesos de deformación:

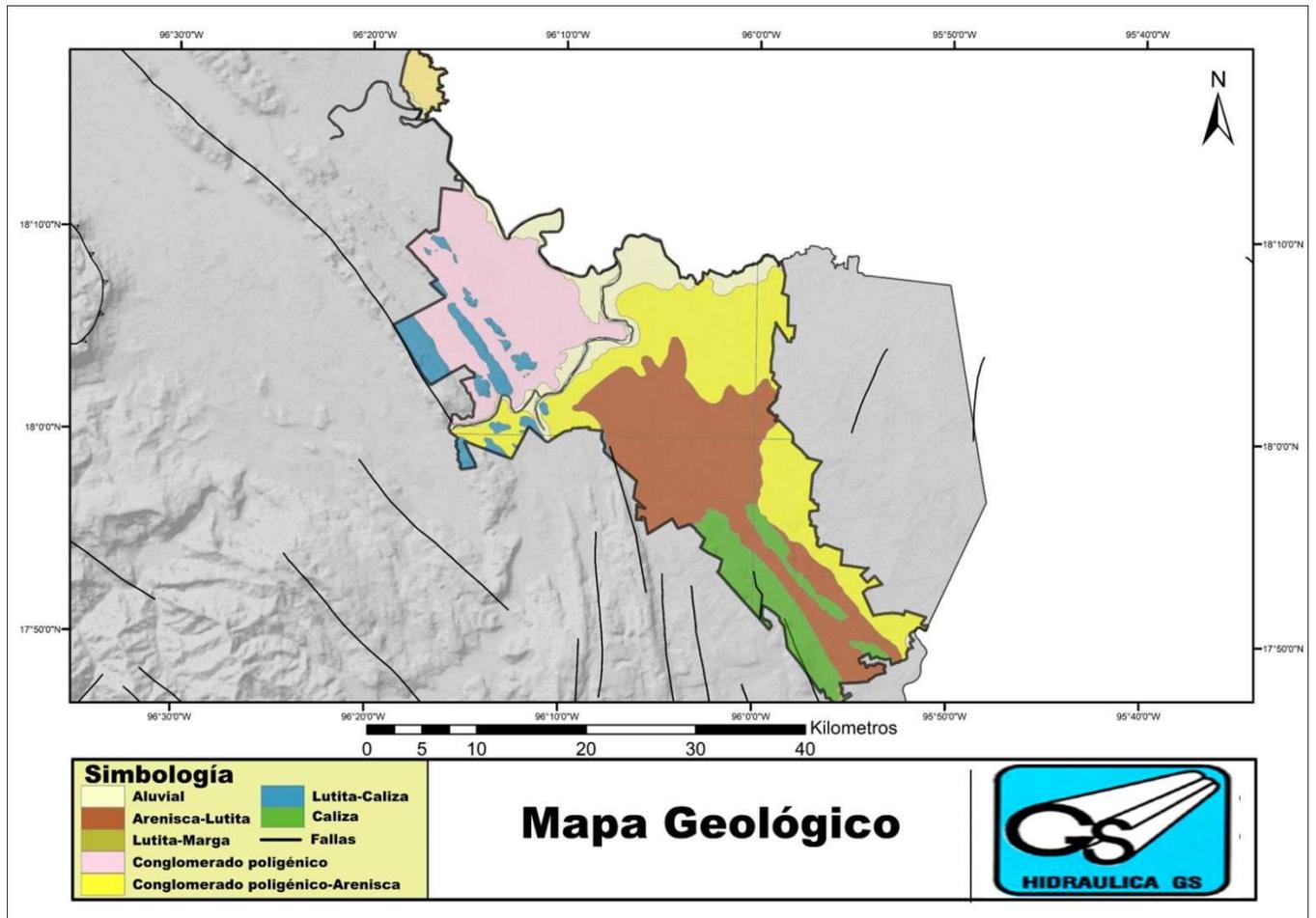
- 1) El proceso extensivo del Jurásico Superior-Cretácico, que desarrollo Fallas normales a lo largo del Kimmeridgiano, Titoniano y Cretácico Inferior.
- 2) La compresión del Mioceno que Desarrollo cabalgaduras.
- 3) La extensión Plioceno-Holoceno, que formo fallas normales lístricas (Neógeno) y la reactivación de fallas normales del Jurásico-Cretácico.

El área de Tuxtepec si bien está constituida por una planicie casi en su totalidad se manifiesta algunos efectos de diferentes eventos de deformación, de tal forma sus estructuras se encuentran tanto dentro del dominio frágil identificando fallas, como dúctil dando como resultado pliegues. Su distribución, dimensiones y efectos en la columna sedimentaria mesozoica, se considera que obedecen a la presencia de límites estructurales que guardan una estrecha relación con su posición paleogeográfica.



GEOLOGIA SUPERFICIAL DE TUXTEPEC

En el área de estudio a lo largo de la llanura afloran principalmente sedimentos del Cuaternario, se encuentran abundantes depósitos de conglomerados arenas y gravas pertenecientes a las formaciones Atoyac, Chapopote y la Laja, afloran también unidades del Cretácico Superior, de la formación San Felipe que corresponden a calizas, lutitas, y la formación Méndez, que aflora principalmente areniscas y lutitas, así como lutitas y margas.



Mapa Geológico del área de estudio



HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

El acuífero Tuxtepec está alojado en los aluviones del Cuaternario, que tienen espesores cercanos a los 100 m, también se ubica en las arenas y conglomerados de edad del Mioceno donde los espesores son mayores, pero contienen una menor permeabilidad.

Por otra parte, la recarga se recibe a través de la precipitación que ocurre en su superficie, la cual se transmite a lo largo de las llanuras, y es proveniente de las elevaciones de las sierras y lomeríos, es decir no proviene totalmente de las corrientes superficiales, puesto que el acuífero es drenado por ellas.

Las rocas que contienen el acuífero a lo largo de Tuxtepec principalmente son rocas sedimentarias conformadas principalmente por limos, arenas y gravas Cuaternarias, depositadas a lo largo de las corrientes superficiales y en algunos casos en los cauces abandonados que constituyen los depósitos de aluvión.

REFERENCIAS

- Santiago, J., and A. Baro, 1992, Mexico's giant fields, 1978–1988 decade, in M. T. Halbouty, ed., Giant oil and gas fields of the decade 1978– 1988: AAPG Memoir 54, p. 73– 99.
- Quilantan y Reyes, Caracterización Petrofísica de arenas del Neógeno en un pozo gasífero, de la Cuenca de Veracruz, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen 64, núm. 3, 2012, p. 295-304.
- Actualización De La Disponibilidad Media Anual De Agua En El Acuífero Tuxtepec (2010) CONAGUA.
- Informe de carta geológica minera de Orizaba E14-6. SGM (2001).
- Padilla y Sánchez, R. J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana, 59(1), 19–42.
- CNH. (2018). Atlas Geológico Cuenca de Veracruz. 57. https://portal.cnih.cnh.gob.mx/downloads/es_MX/info/Atlas_Geologico_Cuenca_Veracruz_V3.pdf