

ESTUDIO DE RIESGO GEOAMBIENTAL CON GEOFISICA RESISTIVA EN ZONAS URBANAS DE LA LAGUNA

¹ Alejandra R. Escobar Sánchez

² Juan Enrique Rodríguez Aguilar

¹ Cia. Estudios, Proyectos y Supervisión de Obra S.A.- Coahuila

² Fac. de Ingeniería-Universidad Autónoma de Coahuila

RESUMEN

Los hundimientos registrados en el mes de agosto de 1991 en zonas urbanas de Lerdo, Dgo. y Torreón, Coah. motivaron a las autoridades municipales y federales, a definir las zonas de riesgo para reordenar el uso del suelo en las colonias afectadas. Para tal efecto se procedió a elaborar un Estudio de Riesgo Geambiental en el cual, después de un análisis geomorfológico previo, se determinó que el método más rápido y efectivo para obtener resultados que sirvieran de apoyo en la toma de decisiones era el de geofísica resistiva, mediante Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) con el arreglo Schlumberger y Tetrapolar Sismétrico Dipolo-Dipolo, siendo este último el de mayor eficiencia para detectar las zonas propensas a colapso, y otros aspectos de la evolución del fenómeno. El propósito de este artículo es hacer evidente la eficiencia del método eléctrico, particularmente los Sondeos Tetrapolares Dipolo-Dipolo para mapear zonas de riesgo geológico ocasionado por el colapso de suelos constituidos por arenas homogéneas de baja cohesión sobre un substrato de aluvión suprayacentes a un techo rocoso de calizas fisuradas y cavernosas.

OBJETIVO

Establecer las áreas locales de más alto riesgo con el propósito de plantear algunos lineamientos que facilitaran el reordenamiento del uso del suelo en las áreas afectadas.

INTRODUCCION

El día 28 de julio de 1991, se empezó a derivar agua de la presa Lázaro Cárdenas por el lecho seco del Río Nazas en una longitud de 161.8 km. hasta la Laguna de Mayran: este lecho había permanecido seco desde el año de 1968, por lo cual al soportar esta avenida controlada se convirtió en afluente de los acuíferos de la región, dañando la colonia Emiliano Zapata (de Lerdo, Dgo.) al suroeste del Cerro Calabazas, y al tramo del Canal de Sacramento comprendido entre este cerro y el cruce de la vía del ferrocarril, así como a las colonias Maclovio Herrera y Nueva Rosita en la ciudad de Torreón.

A Partir del 10 de agosto de 1991, se presentaron hundimientos en las áreas urbanas mencionadas, con dimensiones de 8 a 10 metros de diámetro y una profundidad de 10 a 15 metros, posterior a estos se observó agrietamiento en la margen izquierda del Canal Sacramento a la altura del fraccionamiento Las Rosas del mpio. de Gómez Palacio Dgo.

En general los hundimientos se caracterizaron por su forma circular y abovedada, desarrollándose sobre un suelo arenoso: en la Colonia Emiliano Zapata y en la orilla del Canal de Sacramento, el suelo está constituido por arenas homogéneas de baja cohesión, con espesores de 4 a 9 metros.

Los hundimientos en las Colonias Maclovio Herrera y Nueva Rosita y los que están sobre el Río Nazas, presentan un alineamiento perpendicular al río, a la altura de la Cortina de la presa El Coyote.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Localización

El área de estudio se encuentra entre la intersección de las coordenadas 25° 32' a 25° 33' de latitud norte y 103° 28' a 103° 30' de longitud al oeste de Greenwich.

GEOLOGIA

El área se encuentra en las estribaciones de una región intensamente plegada de la Sierra Madre Oriental, cuya expresión estructural está dada por anticlinorios y sinclinorios generalmente recostados hacia el noreste y algunos en dirección opuesta.

Las topoformas principales del lugar son los Cerros Calabaza, El Guarache y Sta. Cruz, que forman parte del anticlinorio de las Noas, cuya longitud es de 24 km. con una anchura promedio de 4 km y una dirección NW-SE, presentando escasos pliegues secundarios y una gran

falla normal de poco más de 11 km que recorre su flanco suroeste hasta su parte meridional; en sus faldas afloran abanicos de conglomerados compuestos por clastos angulosos a semirredondeados de caliza y lutita, empacados en una matriz de textura arenosa, (edad Eoceno Tardío- Oligoceno Temprano). En las partes bajas cubriendo los valles y depresiones se encuentran aluviones ampliamente distribuidos, conformando una topografía suave: su composición es variada y consiste de gravas, arenas, limos y arcillas (edad Pleistoceno).

La expresión estructural de mayor incidencia en el área de estudio, esta constituido por calizas carstificables de las cuales esta aflorando la formación Aurora que presenta espesores que varían de 200 a 300 m.

GEOHIDROLOGIA

El principal acuífero explotado en la región Lagunera esta constituido por aluviones en un medio granular y de tipo libre, cuyo espesor y coeficiente de almacenamiento no están identificados. Su rango de transmisibilidad (10^{-4} a $10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$) nos indica permeabilidades de bajas a medias. La profundidad del nivel estático oscila sobre los 75 m y en las zonas de abatimiento es del orden de los 100 m. La recarga vertical esta vinculada con la zona de canales no revestidos y es del orden de $3 \text{ a } 4 \times 10^8 \text{ m}^3$ y la recarga horizontal es del orden de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$:

Otro acuífero explotado en la región (acuífero de Valle de Juárez) corresponde a un acuífero libre en un medio granular constituido por aluviones, con un espesor máximo del orden de los 100 m y su profundidad al nivel estático a 35 m norte de León Guzmán en el límite del acuífero. Se considera un acuífero de alto rendimiento con una conductividad hidráulica de 100 a 10 m/día, que disminuye con la distancia conforme avanza hacia las fronteras. Su coeficiente de almacenamiento es de 0.15: el funcionamiento de este acuífero depende de la influencia del flujo superficial del Río Nazas, donde el nivel estático alcanza profundidades del orden de 5 m en una franja de 200 m en ambas márgenes de este.

MATERIALES Y METODOS

De acuerdo a los hechos que se presentaron en las áreas afectadas, inicialmente se pensó en la activación de un fenómeno Kárstico, subyacente al material aluvial que forman los valles: sin embargo considerando que los hundimientos se produjeron en zonas muy localizadas en áreas adyacentes al río Nazas, en un suelo arenoso de baja cohesión, suprayaciendo a depósitos de clastos del tamaño de la grava o mayores, altamente inestables (gravas abiertas), se tomó un planteamiento relacionado con la presencia de un paleocauce o meandros abandonados y sepultados.

En la naturaleza es común encontrar depósitos formados por arenas y limos muy finos, cementados o no, de estructura generalmente panaloide o simple, siendo esta muy suelta: en la mayoría de los casos el cementante que actúa es el carbonato de calcio y otros solubles en agua, y en algunos casos la simple fuerza del agua efectúa el mismo papel., por lo que es característico de estos suelos el hecho de que al alcanzar un alto grado de saturación, presente un colapso en la estructura, sobre todo bajo carga, con la consecuencia de producir un fuerte asentamiento del estrato.

Por lo tanto el plantemiento que se adoptó fue el siguiente: como el Río Nazas no tenía agua en el cauce en forma regular, a partir de la avenida controlada, empezó a actuar como afluente del acuífero granular con un nivel estático mas profundo que el nivel base del río, actuando así de dos maneras:

1a.- Antes del cañón de Calabazas donde la permeabilidad es del orden de 100 a 10 m/día, afectando directamente al área de estudio.

2a.- Después del cañón de Calabazas donde la transmisibilidad es del orden de 10^{-2} a $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, salvo en la zona de cambio de dirección, donde la velocidad del flujo es alta, en la margen derecha del Río Nazas, relacionándose directamente con el drenaje subterráneo en ambos márgenes del río, debido al lavado de finos y el acomodo de los fragmentos que hicieron colapsar a los suelos arenosos.

Con la información recabada se decidió realizar exploración geofísica del subsuelo, llevándose a cabo 20 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con el arreglo tetrapolar de Schlumberger, con la finalidad de delimitar la zona de mayor peligrosidad así como los espesores de los aluviones y el contacto con la caliza, para así descartar ó corroborar la posibilidad de que los hundimientos obedecían al colapso del techo de un supuesto karst.

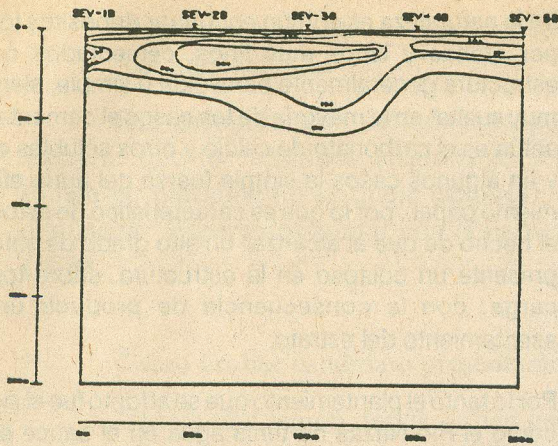
La distribución de los SEV'S fue de acuerdo a las características geológicas del suelo, considerándose adecuado realizar diez sondeos en las Colonias Emiliano Zapata y Guillermo Meraz (dos secciones isorresistivas) y los otros diez en las Colonias Maclovio Herrera y Nueva Rosita (seis secciones isorresistivas).

La información de resistividad obtenida en campo mediante los SEV's se interpretó mediante superposición con las curvas patrón de Orellana-Mooney usando la técnica de punto auxiliar. La interpretación se verificó con el algoritmo de O'Neill a 12 puntos, determinándose el espesor del aluvión así como la profundidad del contacto con la caliza. Conforme a lo anterior se delimitó un área con riesgo de hundimientos.

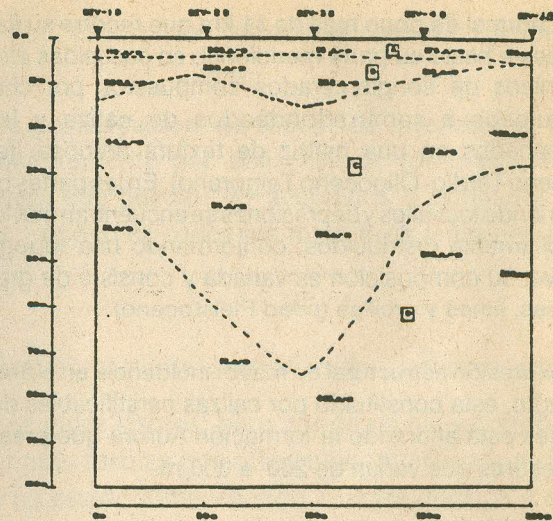
CALLE DEL SACRAMENTO

B - B'

PERFIL ISORRESISTIVO



CORTE GEOELECTRICO



EXPLICACION

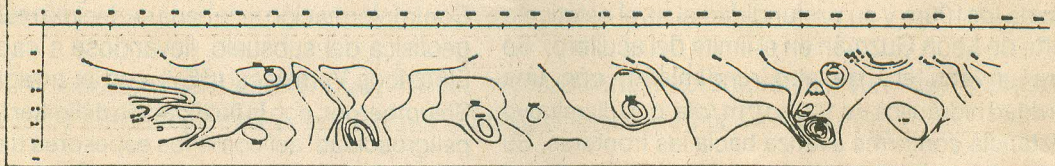
SECCION A - A'

- [A] 140-330 A-m Con un material de Arenas
- [B] 350-945 A-m Con un material de Arena Saturada
- [C] 52-175 A-m Con un material de Colitas Fracturadas
- [D] 61-78 A-m Con un material de Colitas Sana
- [E] 150 A-m Con un material de Aluvión

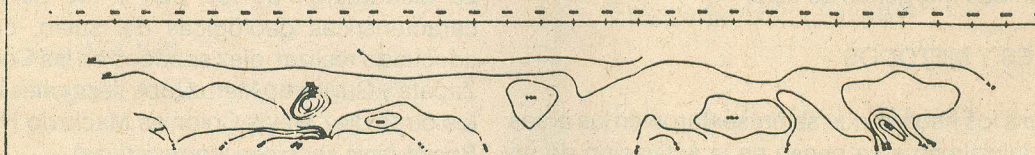
SECCION B-B'

- [A] 95-300 A-m Con un material de Arenas
- [B] 210-332 A-m Con un material de Aluvión
- [C] 24-450 A-m Con un material de Arena Saturada
- [D] 12-485 A-m Con un material de Colitas Fracturadas

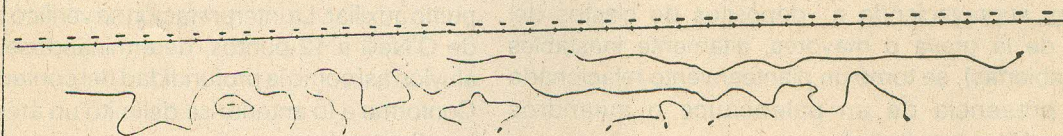
PRIMERA SECCION DIPOLLO-DIPOLLO CANAL SACRAMENTO

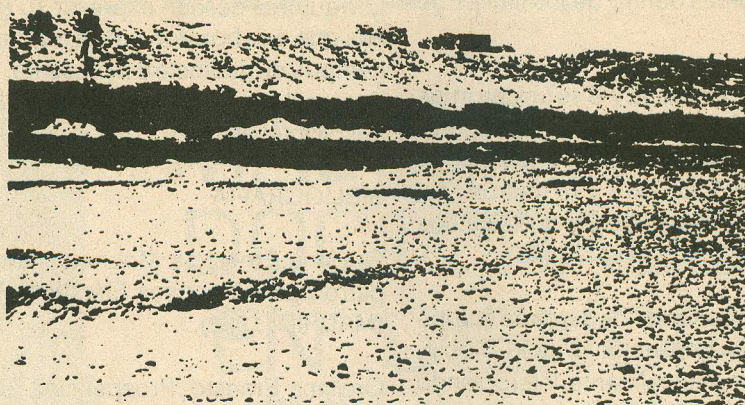


SEGUNA SECCION DIPOLLO-DIPOLLO CANAL SACRAMENTO

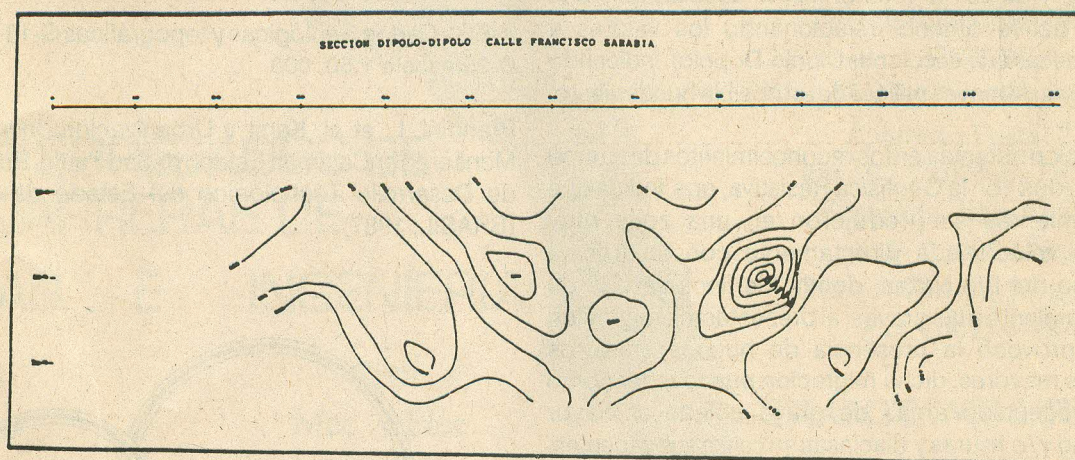
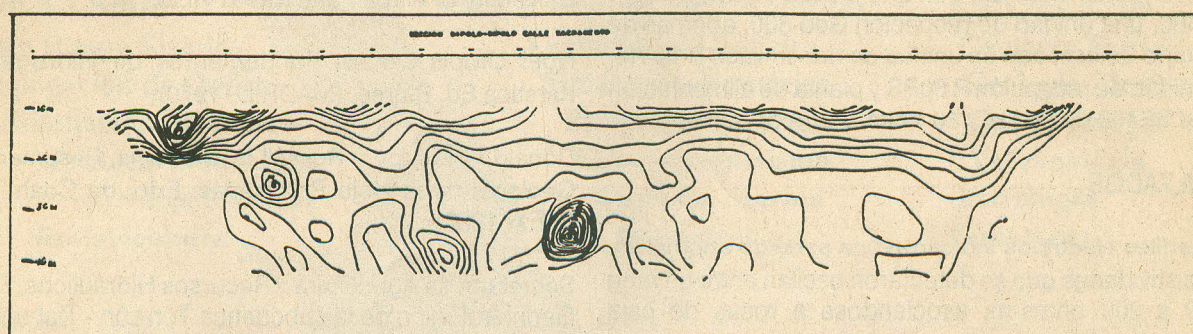


TERCERA SECCION DIPOLLO-DIPOLLO CANAL SACRAMENTO





RIO NAZAS, TORREON, COAH.



Se elaboraron la sección isorresistivas y geoeléctricas, obteniéndose las características de las variaciones de facies de los diversos horizontes dentro de los límites de la zona investigada.

Con la información generada por los SEV'S se ubicaron las líneas de perfilación con el Arreglo Dipolo-Dipolo, realizándose a una profundidad teórica de 80 a 100 metros con espaciamiento interelectrónico de 5 y 10 metros. Así pues, se llevaron a cabo cinco líneas de perfilación eléctrica totalizando 2 km. en la Colonia Emiliano Zapata.

Con la información obtenida mediante los datos de campo se elaboraron las líneas de perfilación Dipolo-Dipolo, donde la interpretación se hizo manualmente, interpolando los valores obtenidos y así formar las secciones isorresistivas correspondientes, evidenciándose las anomalías de alta resistividad, las cuales fueron asociadas con zonas de riesgo de hundimiento.

Para la ejecución de los trabajos se utilizó un equipo eléctrico marca Geotron, con una unidad de transmisión Geo-400, una unidad de recepción Geo-300, además de un equipo Soiltest con un unidad de transmisión R-60VM, una unidad de recepción R 60PS y planta de alimentación Susuki SE400 de 60 Hz. 120 Volts, 3.3 A de salida.

RESULTADOS

Los perfiles eléctricos indicaron una serie de anomalías; las resistividades que se detectaron oscilan entre un rang de 10 a 200 ohms-m, asociándose a rocas de baja resistividad, y de 201 a 1000 ohms-m, asociándose a la presencia del fenómeno, relacionando los valores a cavidades secas (ver secciones Dipolo-Dipolo), indicando así los lugares de mayor peligro de un posible hundimiento.

La información obtenida en los reconocimientos de campo y corroborados con la Geofísica Resistiva, nos indica que los hundimientos se produjeron en una zona muy localizada, relacionada directamente con el drenaje subterráneo del Río Nazas, donde los finos servían de empaquetamiento a las gravas; al presentarse la migración de estos provocó la presencia de huecos entre los fragmentos mayores, dicha migración puede tener como zona de recepción áreas de grava abierta a mayor profundidad y/o fisuras y diaclasas en caliza subyacentes.

Por lo anterior el área de afectación esta circunscrita a la márgenes del Río Nazas desde la carretera Nazareno perpendicular al río y las colonias afectadas de Lerdo Dgo., hasta las colonias de Torreón, Coah., independientemente donde se encuentran suelos arenosos de baja cohesión siendo susceptibles de subsidencia por el sólo hecho de saturarse o alcanzar un alto grado de saturación que lo obliga al colapso de su estructura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud hacia las personas que colaboraron con la realización de los trabajos de campo y de gabinete del presente. También a la Gerencia Regional Norte de la Comisión Nacional del Agua, que auspició el estudio.

BIBLIOGRAFIA

Orellana Ernesto y Mooney, Harold M., Tablas y curvas patrón para Sondeos Eléctricos Verticales, Interciencia, (MADRID; 1982).

Orellana Ernesto, Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua, II Edición, ED. Paraninfo, (MADRID, 1982).

sociedad Mexicana de Suelos, Geofísica aplicada a la Geotécnia, (MEX. 1985).

Janyths, Tolson y F. L. Doyle, Karst Hydrogeology, The University of Alabama, (HUNSTVILLE, AL).

Noel Llopis Llado, Fundamentos de Hidrogeología Karstica, Ed. Blume, (MADRID, 1970).

Donald F. McIroy y Russell E. Clemons, Resumen de la Geología de la Hoja Prediseñas, Edo. de Coah. C.F.E. (MEX: 1983).

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Estudio Geohidrológico de la subcuenca Torreón - Tlahualilo.

INEGI, Cartas Geológicas y topográficas G-13-D-45, G-13-D-25 escala 1:50, 000.

Prandini, L. et al, Karst y Urbanización: Investigación y Monitoreo en Cajamar, Estado de Sao Paulo, Brasil. Instituto de Desarrollo Tecnológico del Estado de Sao Paulo. (BRASIL, 1987)

