

TÉCNICAS PRACTICAS DE INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS DEL SUELO Y DE FISURAS O GRIETAS DEL TERRENO



ING. JUAN ANTONIO FUENTES LÓPEZ
DIRECTOR GENERAL GEO - GEOFÍSICA APLICADA A LA
GEOTECNIA.

IGCP-641 PARTICIPANTE UNESCO.
UGM UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA A.C.
CNEC CÁMARA NACIONAL DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
DELEGACIÓN AGUASCALIENTES.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES.
COLEGIO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE AGUASCALIENTES
A.C.
COLEGIO DE GEOFÍSICOS A.C.

INTEGRANTES GEO - GEOFÍSICA APLICADA A LA GEOTECNIA
ING. DAISY REYES CHÁVEZ - ESPECIALISTA EN INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA
M. EN. ING. ALFREDO ZERMEÑO VILLALOBOS - ENCARGADO DE TRABAJOS DE CAMPO Y SOLUCIONES
SIG

*"THIS PAPER IS A CONTRIBUTION TO THE INTERNATIONAL GEOSCIENCE PROGRAMME (IGCP)
PROJECT 641 - MECHANISMS, MONITORING AND MODELING EARTH FISSURE GENERATION AND FAULT
ACTIVATION DUE TO SUBSURFACE FLUID EXPLOITATION".*

La tendencia actual de los estudios de hundimiento están enfocados a los mecanismos, monitoreo y al modelado de la generación de las fisuras o grietas de tierra y activación de fallas preexistentes debido a la explotación de fluidos subterráneos.



SCOPE

- EARTH FISSURES AND REACTIVATION OF PRE-EXISTING SURFACE FAULTS ACCOMPANIES ANTHROPOGENIC LAND SUBSIDENCE CAUSED BY EXTRACTION OF SUBSURFACE FLUIDS.
- IMPACTS HUNDREDS OF SEDIMENTARY BASINS WORLDWIDE, MAINLY IN SEMIARID AREAS OF COUNTRIES SUCH AS MEXICO, CHINA, INDIA, LIBYA, IRAN, SAUDI ARABIA, SPAIN AND USA.
- STRONGLY IMPACTS DEVELOPMENT OF URBAN SETTLEMENTS, INDUSTRIAL CENTERS, AGRICULTURE AND OTHER ECONOMIC ACTIVITIES.
- OBJECTIVES/APPROACHES
 - IMPROVE UNDERSTANDING OF THE PROCESSES INVOLVED IN GROUND RUPTURING BY USING AN INTEGRATED APPROACH OF
 - IN-SITU MONITORING OF SURFACE DEFORMATION
 - REMOTE SENSING TECHNIQUES
 - HYDRO-MECHANICAL LABORATORY CHARACTERIZATION, AND
 - MATHEMATICAL MODELING.

"THIS PAPER IS A CONTRIBUTION TO THE INTERNATIONAL GEOSCIENCE PROGRAMME (IGCP) PROJECT 641 – MECHANISMS, MONITORING AND MODELING EARTH FISSURE GENERATION AND FAULT ACTIVATION DUE TO SUBSURFACE FLUID EXPLOITATION".

IGCP-641 PROYECT



OBJECTIVES/APPROACHES, CONTINUED

- TRANSFER KNOWLEDGE TO SITES IN OTHER DEVELOPING COUNTRIES.
- PRODUCE AN EFFECTIVE TOOL TO MANAGE THE GEOLOGICAL RISK ASSOCIATED WITH EARTH FISSURING AND REACTIVATION OF SURFACE FAULTS.
- DEVELOP RECOMMENDATIONS FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE SUSTAINABLE EXPLOITATION OF SUBSURFACE FLUID RESOURCES IN SUSCEPTIBLE AREAS, ESPECIALLY IN DEVELOPING COUNTRIES.
 - OUTREACH
 - WE ARE SEEKING PROJECT PARTICIPANTS (SCIENTISTS, ENGINEERS, PLANNERS, ETC.)
 - VISIT OUR WEBSITE ([HTTP://WWW.IGCP641.ORG/](http://www.igcp641.org/)) FOR MORE INFORMATION AND SIGN-UP TO PARTICIPATE IN IGCP-641.
 - PRINCIPAL INVESTIGATORS
 - DORA CARREÓN-FREYRE, UNAM (LEAD: MEXICO)
 - PIETRO TEATINI, UNIV. OF PADUA (ITALY)
 - SHUJUNYE, NANJING UNIV. (CHINA)
YE, NANJING UNIV. (CHINA)
 - DEVIN GALLOWAY, USGS, (USA)

"THIS PAPER IS A CONTRIBUTION TO THE INTERNATIONAL GEOSCIENCE PROGRAMME (IGCP) PROJECT 641 – MECHANISMS, MONITORING AND MODELING EARTH FISSURE GENERATION AND FAULT ACTIVATION DUE TO SUBSURFACE FLUID EXPLOITATION".



**Mechanisms, Monitoring and Modeling Earth Fissure generation and Fault activation due to subsurface Fluid exploitation (M3EF3):
A UNESCO-IGCP project in partnership with the UNESCO-IHP
Working Group on Land Subsidence**

H51A-1342



Dora Carreón-Freyre (UNAM, Mexico), Devin L. Galloway (USGS, USA), Pietro Teatini (Univ. of Padova, Italy), and Shujun Ye (Nanjing Univ., China)

ABSTRACT

Ground ruptures (Earth **Fissures** and reactivation of pre-existing surface **Faults**) caused by extraction of **Fluids** from the subsurface (**F3**) have been observed in hundreds of sedimentary basins worldwide, mainly in USA and in semi-arid areas of developing countries such as Mexico, China, India, Libya, Iran, Saudi Arabia. Unexpected fissure generation and fault activation associated with anthropogenic land subsidence strongly impact on the development of urban settlements, industrial centers, agricultural and other economic activities. In this IGCP651 project we propose a scientific cooperative program between institutions and researchers to improve the understanding of the processes involved in ground rupturing. **M3EF3** plans to use an integrated approach made by in-situ **Monitoring** of surface deformation, remote sensing techniques, hydro-Mechanical laboratory characterization, and mathematical **Modeling (M3)**.

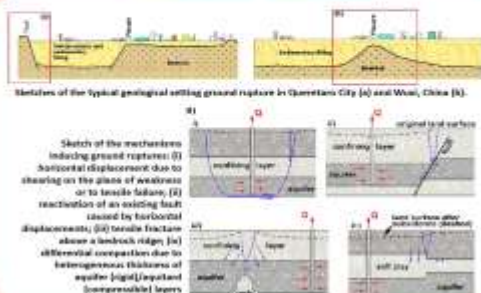


Have serious doubts of future success

HOW TO JOIN



MECHANISMS

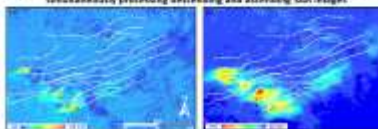


MONITORING

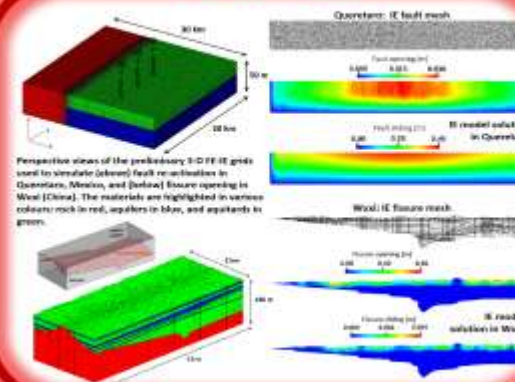
Examples of ad hoc instrumentation developed to monitor opening and sliding of earth fissures or faults activated by the overpumping of aquifer resources. (left) 3-D instrumentation installed in the northern Beijing plain, China; (right) 3-D apparatus established in Iztapalapa, Mexico City.



[x] West-east and [y] vertical displacements (m) in 2000 at Xi'an, China, obtained by simultaneously processing descending and ascending SAR images.



MODELING



La compactación de los sistemas acuíferos y el hundimiento del suelo en muchas partes del Mundo están acompañados de grietas o fisuras del terreno y por las fallas de superficie.



SE CONSIDERA QUE LA FALLA DE SUELO EN GENERAL ESTÁ RELACIONADA CON EL ABATIMIENTO DEL NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA Y EL HUNDIMIENTO DEL SUELO ASOCIADO. OCURRE EN SISTEMAS ACUÍFEROS CON POTENTES ESPESORES DE MATERIALES DE RELLENO COMO LO ES EL VALLE DE AGUASCALIENTES. EN INICIO LOS MECANISMO DE FALLA FUERON ESPECULATIVOS DEBIDO A AUSENCIA DE:

A.- INFORMACIÓN DE LAS CONDICIONES SUBTERRÁNEAS LOCALES Y DE LA DEFORMACIÓN DE SUPERFICIE.

B.- INVESTIGACIONES TEÓRICAS RIGUROSAS.

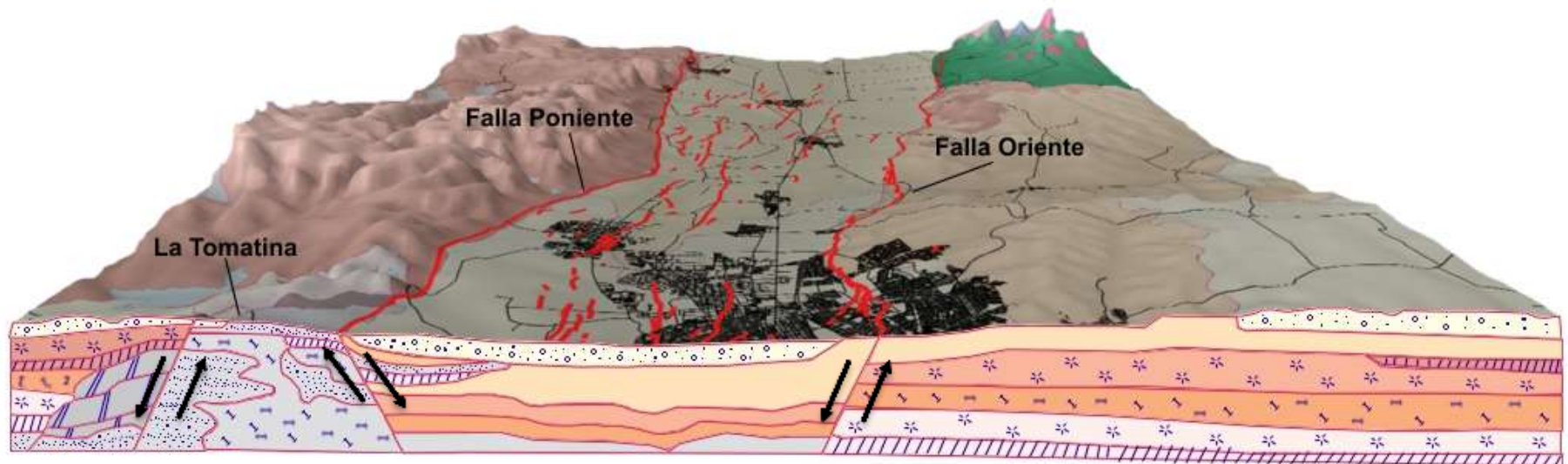
LA USGS RECONOCE DOS MECANISMOS CON SIGNIFICANCIA PRIMORDIAL:

A.- LA COMPACTACIÓN DIFERENCIAL LOCAL DE MATERIALES GRANULARES

B.- LA CONTRACCIÓN LATERAL INDUCIDA POR FUERZAS DE CAPILARIDAD EN ZONAS BAJO LAS CUALES OCURREN DESCENSO DE AGUA SUBTERRÁNEA. SE RECONOCEN OTROS MECANISMOS DE FALLA AL ESFUERZO HORIZONTAL, LA COMPACTACIÓN DIFERENCIAL REGIONAL Y LAS FUERZAS HORIZONTALES DE FILTRACIÓN.

Modelo geológico del sistema acuífero de Aguascalientes.

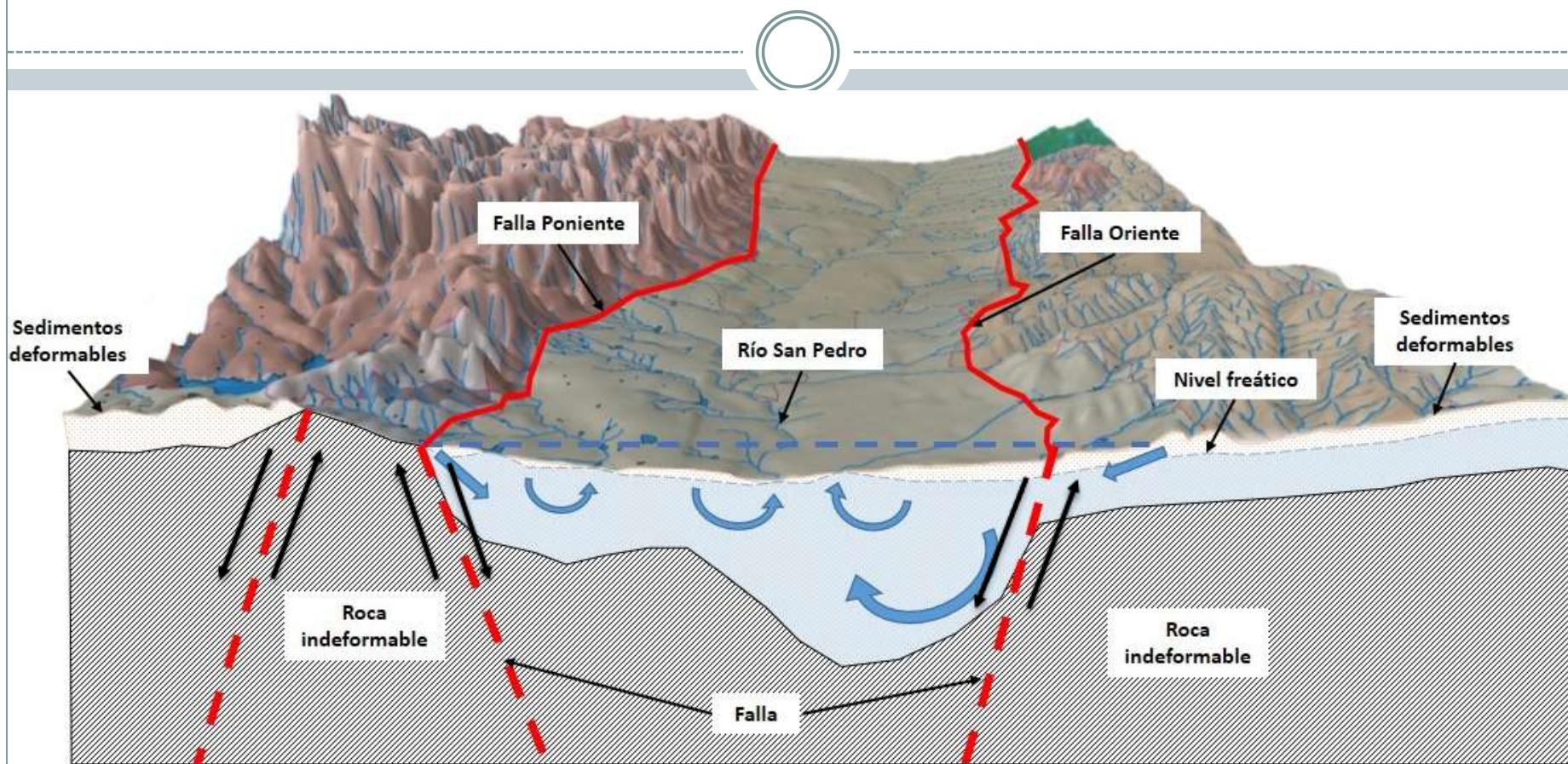
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA



Simbología

	Aluvión		Riolita-Ignimbrita		Vialidades del estado de Aguascalientes
	Conglomerado Polimíctico		Metaarenisca-Metaandesita		Fallas y fracturas del valle de Aguascalientes
	Toba riolítica		Metacaliza		
	Andesita				

Modelo geohidrológico conceptual



Modelo geohidrológico conceptual antes de las actividades antropogénicas.

Mecanismos de falla del suelo



LA CAPACIDAD DEL SUELO EN VALLES CON GRANDES ESPESORES DE RELLENOS ALUVIALES Y LACUSTRES, DONDE SE MUEVEN GRANDES ESFUERZOS EFECTIVOS, EL AUMENTO EN LA PRESIÓN EFECTIVA GENERA CONTRACCIONES HORIZONTALES Y VERTICALES EN EL SISTEMA ACUÍFERO FORMANDO PATRONES COMPLEJOS DE GRIETAS Y FISURAS EN ÁREAS DONDE SE ABATE EL NIVEL DEL AGUA Y DISMINUYE LA SATURACIÓN.

LAS INVESTIGACIONES DETALLADAS DE LAS CONDICIONES SUBTERRÁNEAS Y DEFORMACIONES SUPERFICIALES EN VALLES ALUVIALES SUGIEREN QUE LA COMPACTACIÓN DIFERENCIAL LOCAL ES EL MECANISMO PRINCIPAL EN LA GENERACIÓN DE FALLAS DE SUELO, ASÍ TAMBIÉN GRIETAS Y FISURAS SE ESTÁN FORMANDO EN CRESTAS DEL BASAMENTO ROCOSO DONDE EL SISTEMA ACUÍFERO SE ADELGAZA.

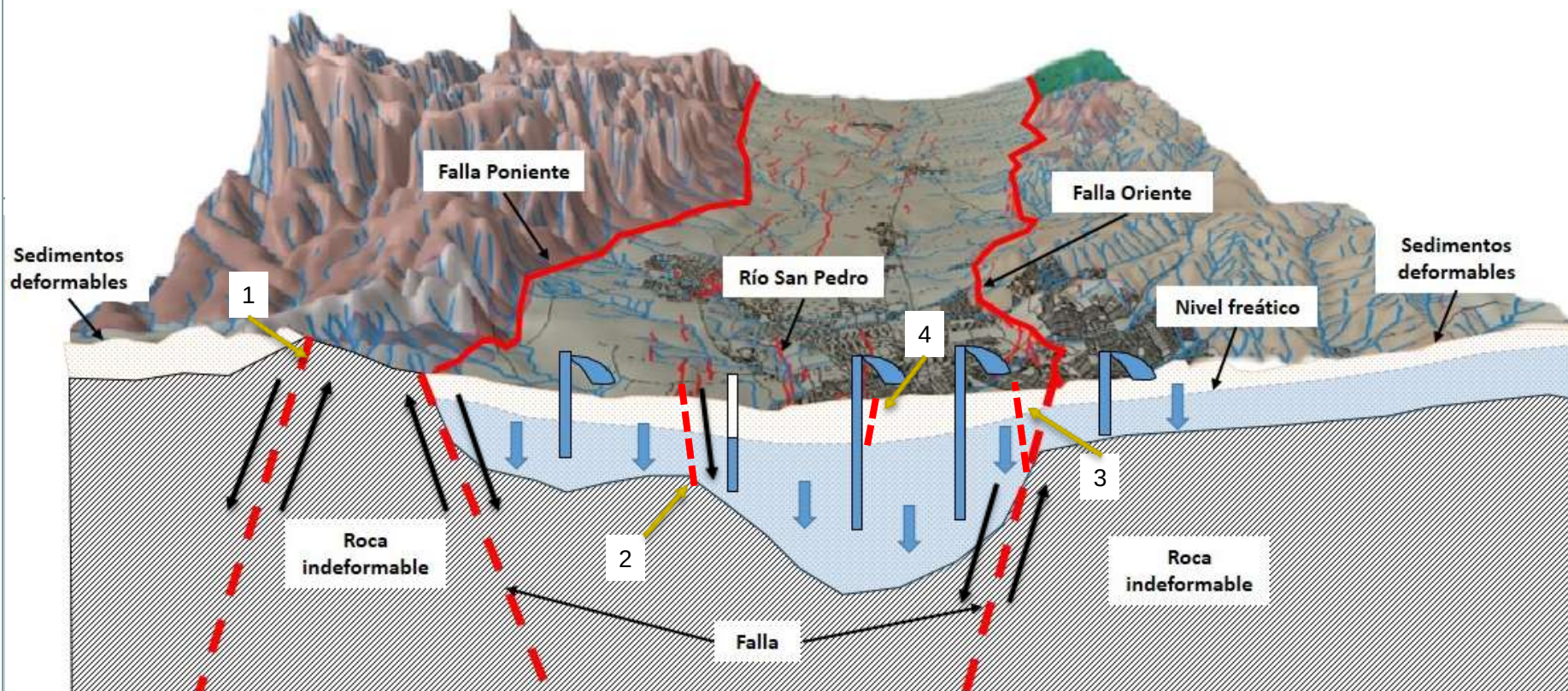
Mecanismos de falla del suelo



EN LOS LÍMITES O MÁRGENES DE CUENCAS DE HUNDIMIENTO LA EXTRACCIÓN DE AGUA DESARROLLA UN MECANISMO DE FALLA DENOMINADO COMPACTACIÓN DIFERENCIAL REGIONAL QUE GENERA FALLAS Y GRIETAS O REACTIVACIÓN DE FALLAS PREEXISTENTES CON FORMACIÓN DE PATRONES COMPLEJOS DE GRIETAS PARALELAS O EN ESCALÓN. ESTE MECANISMO SIGUE EL CONTORNO DE LOS VALLES Y ES EL SEGUNDO EN IMPORTANCIA DESPUÉS DE LOS DOS ANTERIORES.

UN MECANISMO MÁS DE FALLA DE SUELO PROPUESTO ES EL ESFUERZO HORIZONTAL GENERADO POR FUERZAS HORIZONTALES DE EXTRACCIÓN PROPUESTO EN 1971, TALES FUERZAS SON PROPORCIONALES A LA COMPONENTE HORIZONTAL DEL GRADIENTE HIDRÁULICO. DE ACUERDO CON ESTO LAS FALLAS DE SUELO POR ESTE MECANISMO SE FORMAN CONCÉNTRICAS A LOS CONOS DE DEPRESIÓN Y CERCA DE LA PERIFERIA DE LOS POZOS DE BOMBEO, ESTE MECANISMO CREA FALLAS RADIALES A LOS POZOS O FALLAS PARALELAS A LOS CONTORNOS DE LOS ABATIMIENTOS REGIONALES.

Modelo geohidrológico conceptual



- 1.- Falla preexistente
- 2.- Adelgazamiento de la capa de sedimentos deformables.
- 3.- Escalonamiento de fallas preexistentes
- 4.- Fallas concéntricas a los conos de abatimiento.

A la fecha continua la sobreexplotación del sistema acuífero del Valle de Aguascalientes y del flanco oriental del graben, se prevén avances en las trayectorias longitudinales de las fallas y grietas y la formación de nuevas estructuras o el desarrollo de estructuras preexistentes.

Modelo geohidrológico conceptual después de actividades antropogénicas. GEO 2017

Mecanismos de falla del suelo



SE PLANTEA UN MECANISMO DE DEFORMACIÓN DEL SUELO ADICIONAL QUE SE ASOCIA CON CONDICIONES PARTICULARES DEL RELLENO DE LOS VALLES ALUVIALES EN ZONA NO SATURADA. SE TRATA DE LA EXISTENCIA DE FRANJAS DE ANTIGUOS CAUCES QUE DEBIDO AL DRENADO SUBTERRÁNEO Y A LA EXTRACCIÓN, ACTÚA LA COMPACTACIÓN DIFERENCIAL LOCAL EN FORMA DE PEQUEÑAS FOSAS DE HUNDIMIENTO CON DESARROLLO DE GRIETAS Y FISURAS CERCANAS ENTRE SÍ, GENERALMENTE ES POSIBLE DISTINGUIR LOS LÍMITES O LAS MÁRGENES DE LAS FRANJAS DE PALEOCAUCES.

Mecanismos de falla

Suelo con diferentes
grados de compactación

Cauce antiguo

Q

130 m

400 m

Relación entre hundimiento y compactación de los sistemas acuíferos



SE HA DEMOSTRADO QUE CASI TODO EL HUNDIMIENTO PERMANENTE DEL SUELO OCURRE DEBIDO A LA COMPRESIÓN O CONSOLIDACIÓN IRREVERSIBLE DE LOS ACUITARDOS (CAPAS DE MATERIALES FINOS Y CAPAS IMPERMEABLES)DURANTE EL PROCESO TÍPICO DE DRENADO DEL SISTEMA ACUÍFERO. LOS CORTES LITOLÓGICOS DE POZOS EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES HAN MOSTRADO QUE EXISTEN HORIZONTES DE MATERIALES GRANULARES DE GRANO FINO CON EXTENSIÓN LATERAL CONSIDERABLE CUYAS CARACTERÍSTICAS CORRESPONDEN CON FRANJAS DE ACUITARDOS INTERCALADOS ENTRE LOS DEPOSITADOS GRANULARES PROPIOS DEL SISTEMA ACUÍFERO SUPERIOR

Compresión vertical en los sistemas acuíferos



DIAGRAMA IDEAL DE PRESIÓN – PROFUNDIDAD

UN SISTEMA ACUÍFERO CON CARGA HIDRÁULICA ORIGINAL H ES ABATIDO A UN DIFERENCIAL Δh DEBIDO AL AGUA REMOVIDA DEL ALMACENAMIENTO TOTAL DEL SISTEMA, DEBIDO A TRES FUENTES: EXPANSIÓN DEL AGUA CONFINADA EN EL ACUÍFERO, COMPRESIÓN DEL ACUÍFERO Y COMPRESIÓN ADYACENTE INCLUYENDO CAPAS ARCILLOSAS.

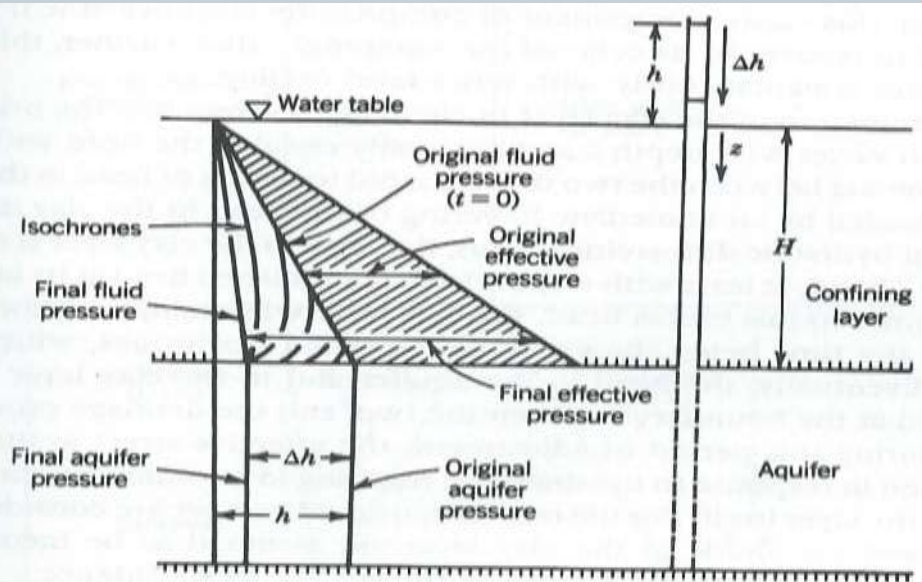


Figure 6.19

Depth-pressure diagram of the development of isochrones in a confining layer in response to lowered aquifer pressure.

Casos reportados de hundimiento mundial.



Lugar	Asentamiento máximo	Área (millas cuadradas)	Abatimiento (m)	Año de investigación
Valle de San Joaquin, CA	8.8	5212	90	1972
Valle de Santa Clara, CA	4.0	251	25	1972
Área de Houston – Galveston, TX	2.3	4710	100	1974
Área Bley – Picacho, AZ	1.1	-	30-60	1972
Las Vegas, NV	0.75	200	30	1972
Bastón Rouge, LA	0.3	250	60	1970
Nueva Orleans, LA	0.5	-	20	1968
Savannah, GA	0.1	19	27	1963
Tokio	4.6	77	30	1972
Nagoya	1.5	38	-	1976
Ciudad de México	8.5	58	20	1964
Taipei	1.35	48	20	1969
Londres	0.1	-	90	1942
Venecia	0.14	3	5	1974

Relación entre el asentamiento máximo del suelo y el abatimiento máximo del nivel de agua.

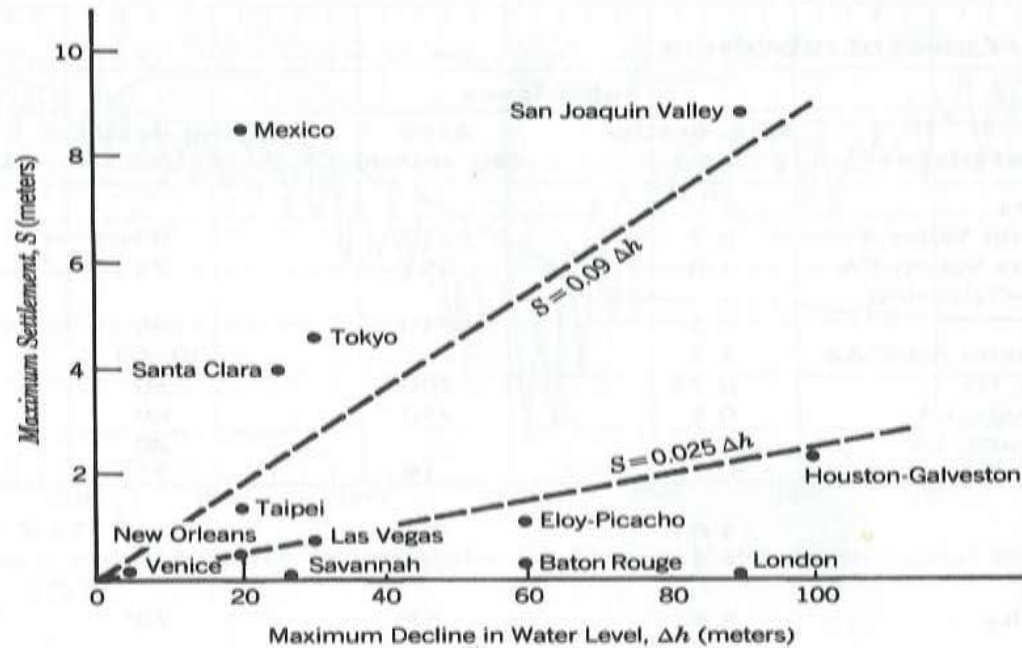


Figure 6.14

Relation between maximum settlement and maximum decline in water level.

Diagrama profundidad – presión, desarrollo de isocronas.



LAND SUBSIDENCE DOMENICO AND SCHWARTZ

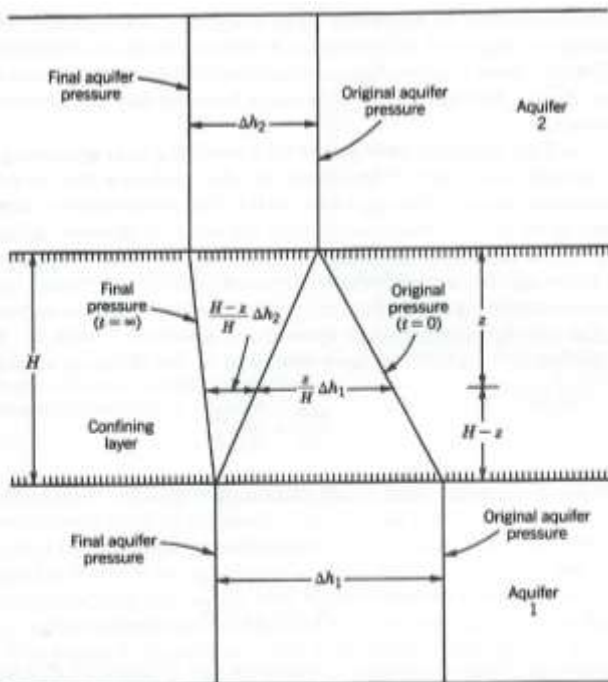


Figure 6.20

Depth-pressure diagram for a confining layer in response to lowered pressure in adjacent aquifers (from Domenico and Mifflin, *Water Resources Res.*, v. 1, p. 563–576, 1965. Copyright by Amer. Geophys. Union).

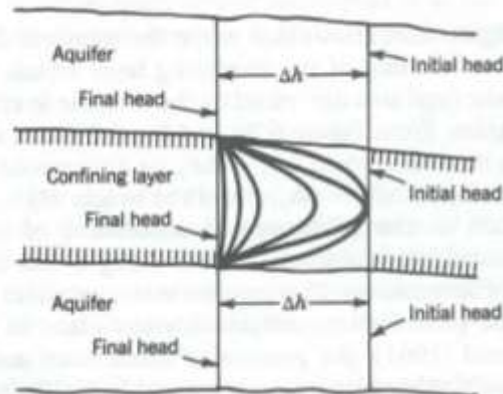
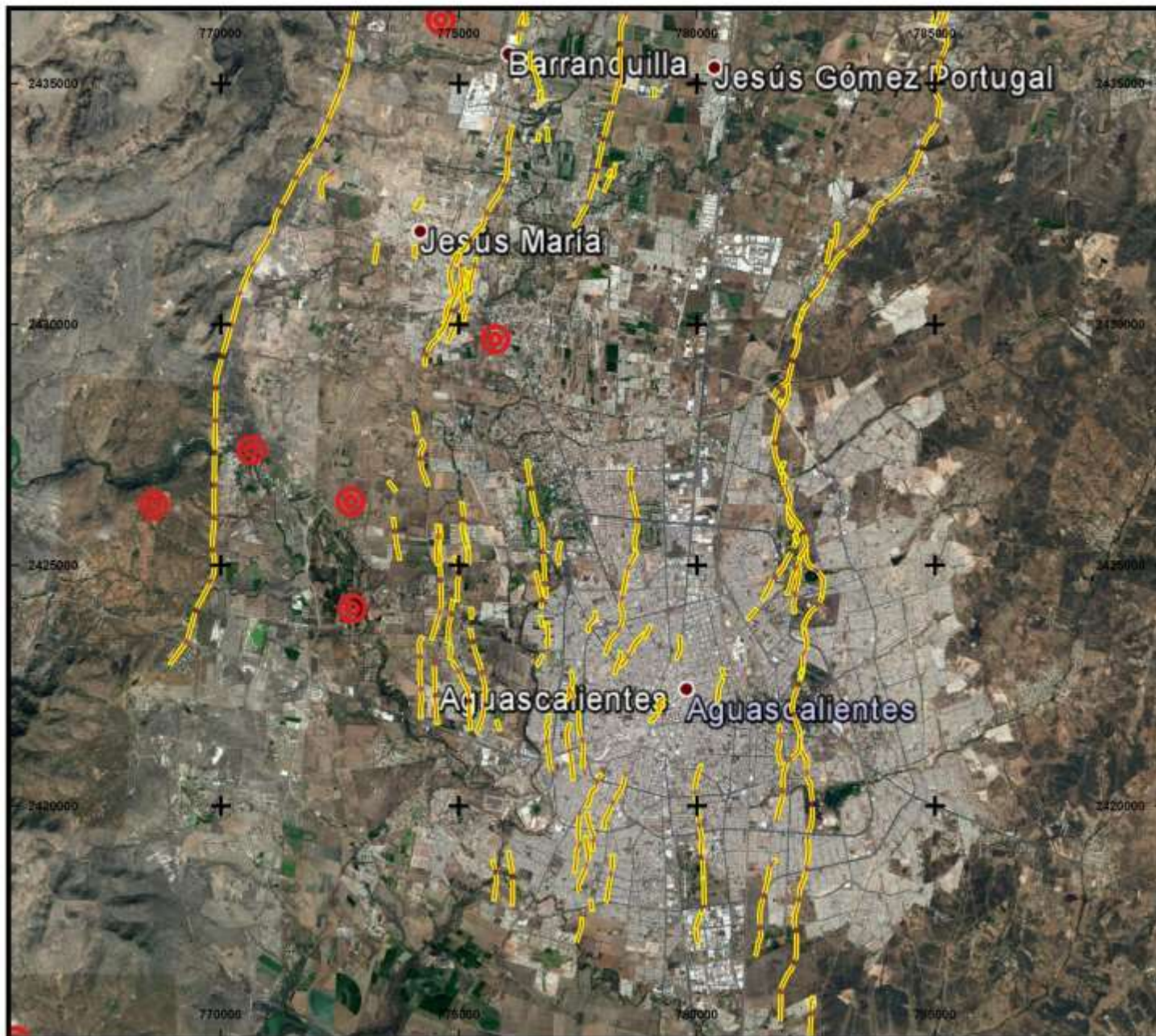


Figure 6.21

Schematic illustration of isochrone development in confining layer in response to instantaneous lowering of head at its upper and lower boundaries.



Simbología

-  SISMOS
-  GRIETAS Y FALLAS

PLANO DE GRIETAS,
FALLAS Y SISMOS DE LA
CIUDAD DE
AGUASCALIENTES
(MODIFICADO POR GEO).

Fallas de suelo, grietas y fisuras. Excavación de trincheras con varios metros de profundidad para verificar anomalías geoelectricas y definir la existencia de fallas o grietas en el subsuelo.



Fallas, grietas y fisuras. Vista de fallas y grietas verticales y diagonales en franjas determinadas por los perfiles de resistividad tipo dipolo – dipolo.



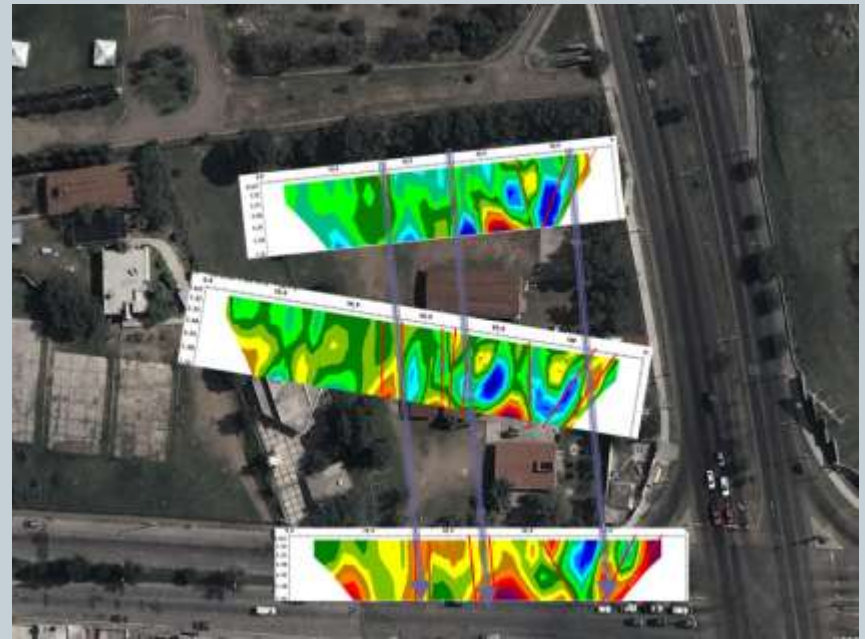
Fallas , grietas y fisuras. Grietas o fisuras del suelo que reflejan la presencia de fallas en el subsuelo.



Fallas, grietas y fisuras. Identificación de fallas y de grietas o fisuras en zonas de rellenos aluviales y rellenos de escombro y basura.



Fallas de suelo, grietas y fisuras. Realización de trincheras de gran extensión para identificar trayectorias de fallas y grietas o fisuras paralelas o escalonadas o grietas asociadas con cauces antiguos. Técnica de investigación conjunta de perfiles geoelectricos y excavación de trincheras.



Fallas, grietas y fisuras. Solución geotécnica de áreas verdes y terraplenes para el relleno superficial de grietas o fisuras y disminuir o amortiguar daños y afectaciones.



Fallas, grietas y fisuras. Realización de líneas geoelectricas con verificación de excavaciones en zonas de nuevas edificaciones, para tratar de disminuir el riesgo geológico asociado con las generación de fallas y grietas.



Fallas, grietas y fisuras. Identificación de grietas y fisuras rellenas de minerales de alteración con restos vegetales.



Fallas, grietas y fisuras de difícil identificación. Realización de excavaciones con detalle para identificar fallas y fisuras en depósitos granulares cementados y franjas de paleocauces.



Fallas, grietas y fisuras. Grietas y fisuras localizadas en el estrato compacto subyacente a la unidad de suelo. Grietas en estratos arenos arcillosos con tendencia al azolve y al recubrimiento, características de zonas de cauces.



Fallas, grietas y fisuras. Excavación de trincheras para descubrir grietas o fisuras paralelas y escalonadas.



Fallas, grietas y fisuras. Seguimiento en el terreno abierto de grietas y oquedades alineadas que reflejan la generación o desarrollo de rupturas del subsuelo. Representan el primer indicio físico de la ocurrencia de fallas o de grietas.



Fallas, grietas y fisuras. Excavación para identificación de fallas y grietas o fisuras en depósitos muy alterados y fracturados, formación de rupturas verticales y componentes diagonales o inclinados de difícil seguimiento.



Fallas, grietas y fisuras. Realización de sondeos de resistividad tipo dipolo dipolo empleados para la identificación de la estructura de falla denominada Aguascalientes Oriente, la que se presenta como una franja de ruptura y abertura horizontal muy amplia.



Fallas, grietas y fisuras. Excavación de la franja de la falla Aguascalientes Oriente, se fuerte relleno de sedimentos y minerales de alteración con inclinación y hundimiento diferencial característica de una falla normal.



Fallas, grietas y fisuras. Seguimiento de una franja de agrietamientos semiparalelos con evidencias de daños y afectaciones superficiales, se realizan líneas geoelectricas para definir áreas libres de afectaciones.



Fallas, grietas y fisuras. Realización de levantamientos topográficos de precisión para referenciar las trayectorias de fallas y de grietas o fisuras a las poligonales de los nuevos proyectos de edificación.

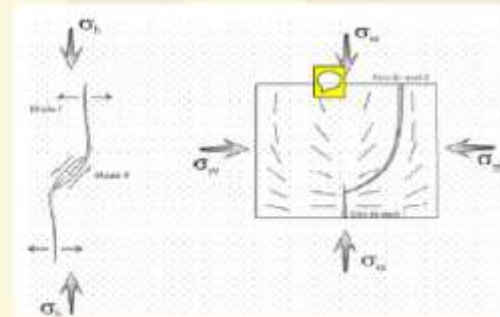


Fallas, grietas y fisuras. Patrones de fracturamiento observados en las excavaciones.



Fracture Patterns:

Trajectories that will follow the tails of a micro-fracture
In a small isolated fracture, the tails will always grow in I mode with a tendency to align perpendicular to the minimum compressive stress (σ_3).
When two fractures approach, the tails tend to follow the trajectories of the stress, which are disturbed by the fractures, so they tend to bend until intercepted with each other.

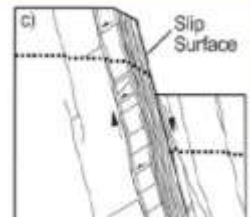
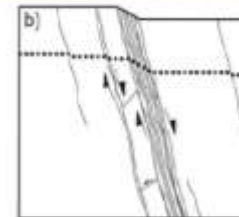
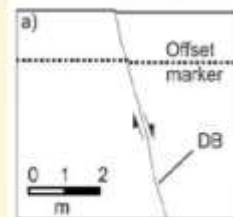


Fallas, grietas y fisuras. Fracturas y microfracturas asociadas a la formación y desarrollo de la traza de falla.



Shear faults

Shear fractures are formed by the growth and bonding of micro discontinuities, such as cracks, weak contacts between minerals and cleavage. The initial stage before the fracture is established, is characterized by localized cataclasis and formation of gouge.



Fallas, grietas y fisuras. Empleo actual de las técnicas de radar, resistividad tipo dipolo-dipolo y excavación de trincheras para verificación de anomalías detectadas.



Fallas, grietas y fisuras. Empleo de líneas de radar de penetración terrestre y perfiles geoelectrónicos tipo dipolo – dipolo en edificaciones existentes para evaluar daños y afectaciones asociadas con fallas, grietas y ocurrencia de cauces antiguos.



Fallas, grietas y fisuras. Realización conjunta de líneas de radar y líneas geoelectricas tipo dipolo – dipolo en áreas ya edificadas para remediar afectaciones.



Fallas, grietas y fisuras. Medidas de remediación para disminuir los daños generados por el hundimiento del suelo.



Fallas, grietas y fisuras. Tratamiento geotécnico de fallas y grietas formadas en zonas de cauces con la instalación de rellenos graduados, geomembranas, geotextiles y cubiertas de grava y boleos armados que evitan la erosión del suelo y la penetración de agua contaminada hacia el acuífero.



Fallas, grietas y fisuras. Medidas de solución para el cruce de falla con canal pluvial y puente sobre vialidad.



Fallas, grietas y fisuras. Proceso de construcción de mediada de solución.



Imagen ilustrativa de la conformación del pedraplén en la zona de moleda de la falla



Imagen ilustrativa de la colocación de la geomalla sobre el pedraplén.



Imagen ilustrativa de la colocación del geotextil sobre la geomalla



Imagen ilustrativa de la construcción de la sub base.

Anexo técnico



TÉCNICAS PRÁCTICAS PARA INVESTIGACION DE RESISTIVIDAD EN DOS Y TRES DIMENSIONES (TOMOGRFÍA ELECTRICA 2D Y 3D)

ANDRÉS ANTONIO LÓPEZ HIDALGO¹, MENG HENG LOKE²

GERARDO OSCAR FANTON¹, ENRIQUE CARA RUBÍ¹

¹INSTITUTO GEOFÍSICO SISMOLÓGICO ING. F. S. VOLPONI, FACULTAD DE CS. EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, AV. IGNACIO DE LA ROZA Y MEGLIOLI S/N- RIVADAVIA CP (5400) - SAN JUAN - ARGENTINA.

² SCHOOL OF PHYSICS. UNIVERSITY OF SCIENCE OF MALAYSIA. PENANG, MALAYSIA

UNIVERSITY SAINS MALAYSIA. 11800 USM, PENANG, MALAYSIA.

RESUMEN

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN DESCRIBE LAS TÉCNICAS PRACTICAS QUE ACTUALMENTE SE USAN EN SONDEOS DE TOMOGRFÍA ELÉCTRICA EN DOS Y TRES DIMENSIONES (R2D Y R3D) DENTRO DEL CAMPO DE LA EXPLORACIÓN GEOFISICA DONDE LAS MEDICIONES SON HECHAS SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. INCLUIMOS TAMBIÉN UNA REVISIÓN DEL TRADICIONAL MÉTODO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV-1D).

TÉCNICAS PRÁCTICAS PARA LA INVESTIGACIÓN DE RESISTIVIDAD EN DOS Y TRES DIMENSIONES.

"THIS PAPER IS A CONTRIBUTION TO THE INTERNATIONAL GEOSCIENCE PROGRAMME (IGCP) PROJECT641 – MECHANISMS, MONITORING AND MODELING EARTH FISSURE GENERATION AND FAULT ACTIVATION DUE TO SUBSURFACE FLUID EXPLOITATION".

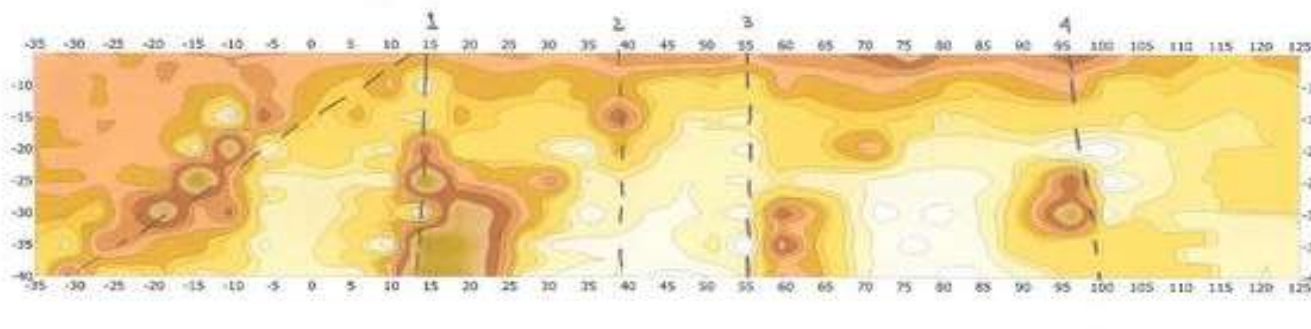
Perfiles dipolo – dipolo. Investigaciones iniciales con la técnica dipolo – dipolo en principio del año 2000.



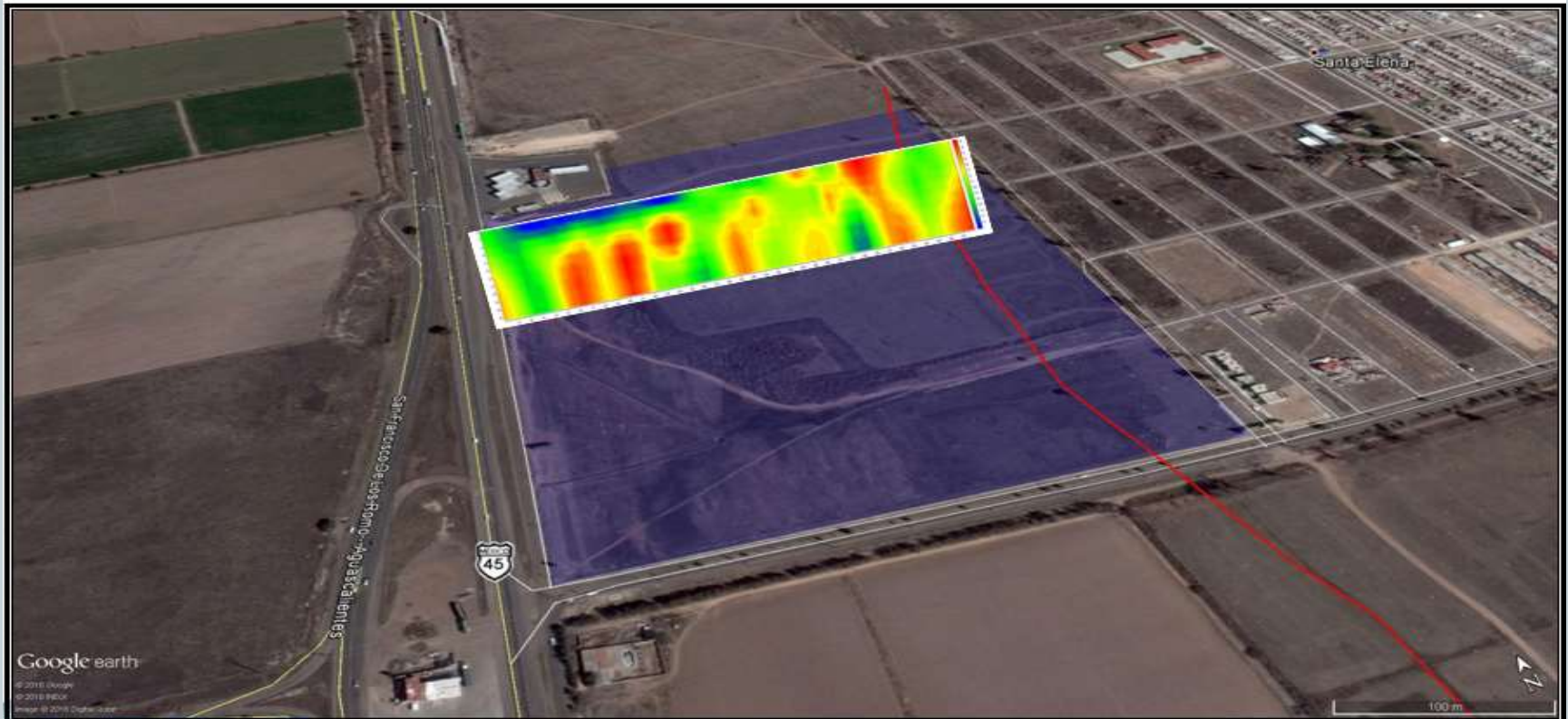
INSTITUTO DEL AGUA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Dipolo realizado para el Auditorio Hermanos Carreón el lunes 01 de Octubre del 2001
para ubicar el ancho de afectación de la falla del Seminario
a solicitud del Ing. Jaime Muñoz

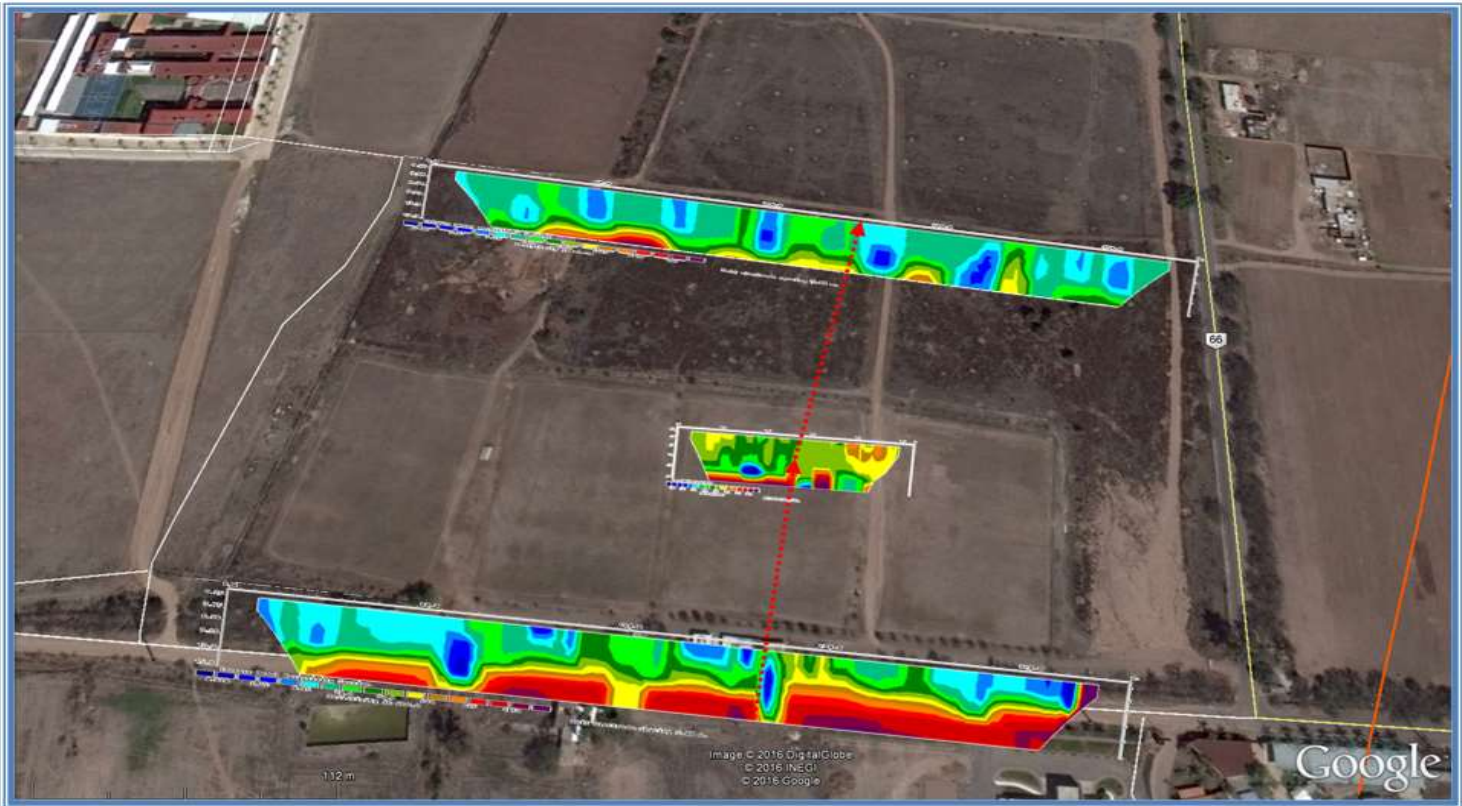
Profundidad	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125			
0.00											38	38	34	31	28	23	24	43	44	34	40	45	48	54	50	46	38	34	41	31	33	23	30	30			
-10.00											40	39	35	34	30	26	29	31	37	37	35	26	24	30	28	33	30	40	25	28	28	22	21				
-15.00								8	57	51	33	22	15	54	52	21	25	81	52	17	17	22	24	25	26	17	18	23	20	21	13	23	18				
-20.00									12	72	2	26	18	18	51	4	22	15	11	25	11	16	12	26	34	35	13	14	14	14	3	5	15	15			
-25.00									15	89	34	8	16	15	13	50	23	39	42	13	18	13	14	9	8	12	12	10	11	27	4	18					
-30.00										11	85	32	45	7	13	18	25	2	35	41	24	20	17	11	14	11	31	40	0	11	8	13	22	100	18		
-35.00											18	81	34	29	25	7	12	18	3	38	40	11	12	12	13	12	23	1	81	25	11	8	11	8	27	15	
-40.00												10	47	13	29	17	20	14	15	34	34	100	00	7	12	10	15	3	8	15	38	24	8	14	9	8	12



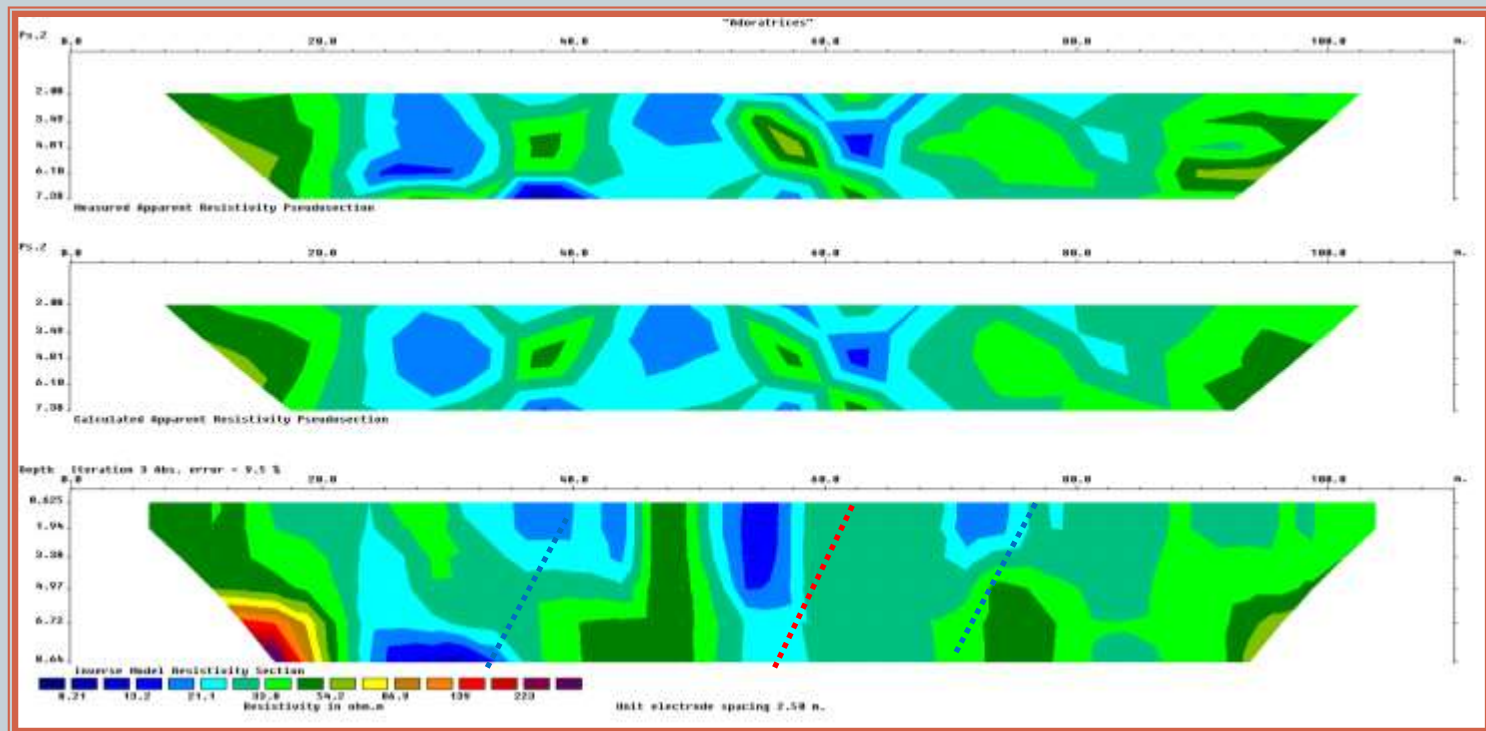
Perfiles dipolo –dipolo. Respuesta de resistividad real para el seguimiento de la trayectoria de falla.



Perfiles dipolo – dipolo. Anomalía geoelectrica verificada con excavaciones para la definición de una traza de agrietamiento incipiente.



Perfiles dipolo – dipolo. Modelo de resistividad en 2d, para detección y configuración de anomalías geoelectricas.

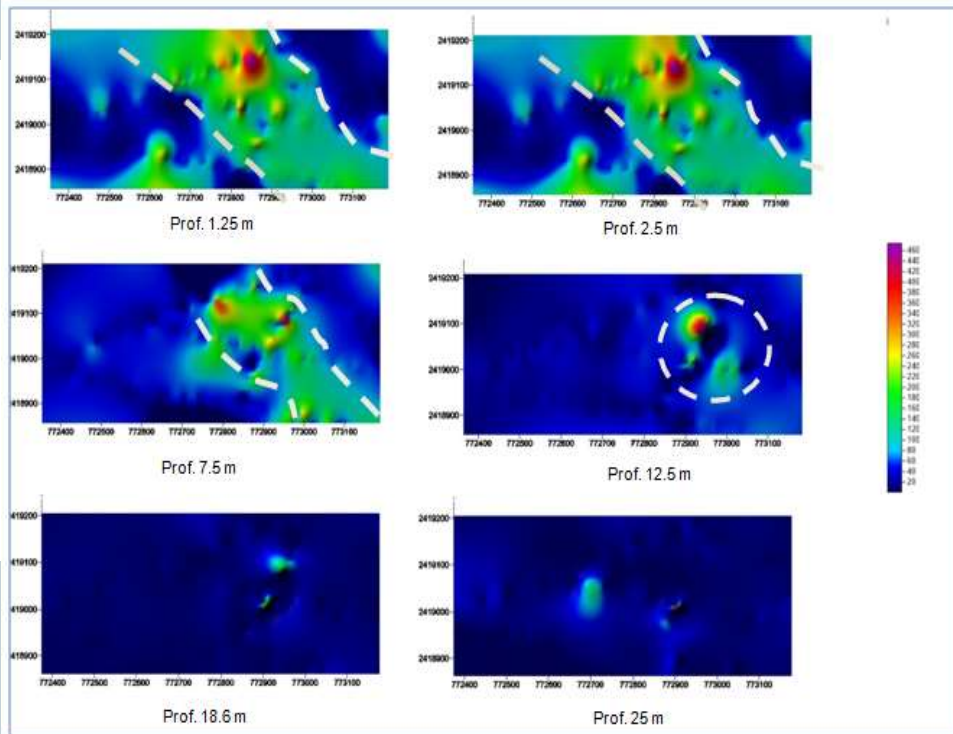


Mapas de resistividad. Modelos de resistividad en 2d y 3d, para definición de franjas de paleocauces y sedimentos granulares.

UBICACIÓN DE LOS PERFILES:



— Perfiles Geoelectricos



Mapas de resistividad



Mapa con la distribución de zanjas en el terreno.

