

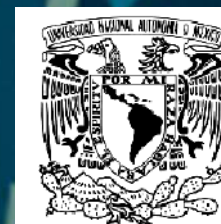


XXVIII
CONSEJO DIRECTIVO



Dr. Efraín Ovando Shelley y Dra. Renata A. González R.
Aspectos geotécnicos para el rescate de dos edificios emblemáticos de la antigua zona lacustre de la Cuenca de México"

15 de mayo de 2024



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

Restaurante *Los Manantiales*, Xochimilco, D.F.



Agradecimientos

Arq. Andrés López García, Fac de Arquitectura,
UNAM

Arq. Dino del Cueto, Fac de Arquitectura,
UNAM

Datos Geotécnicos

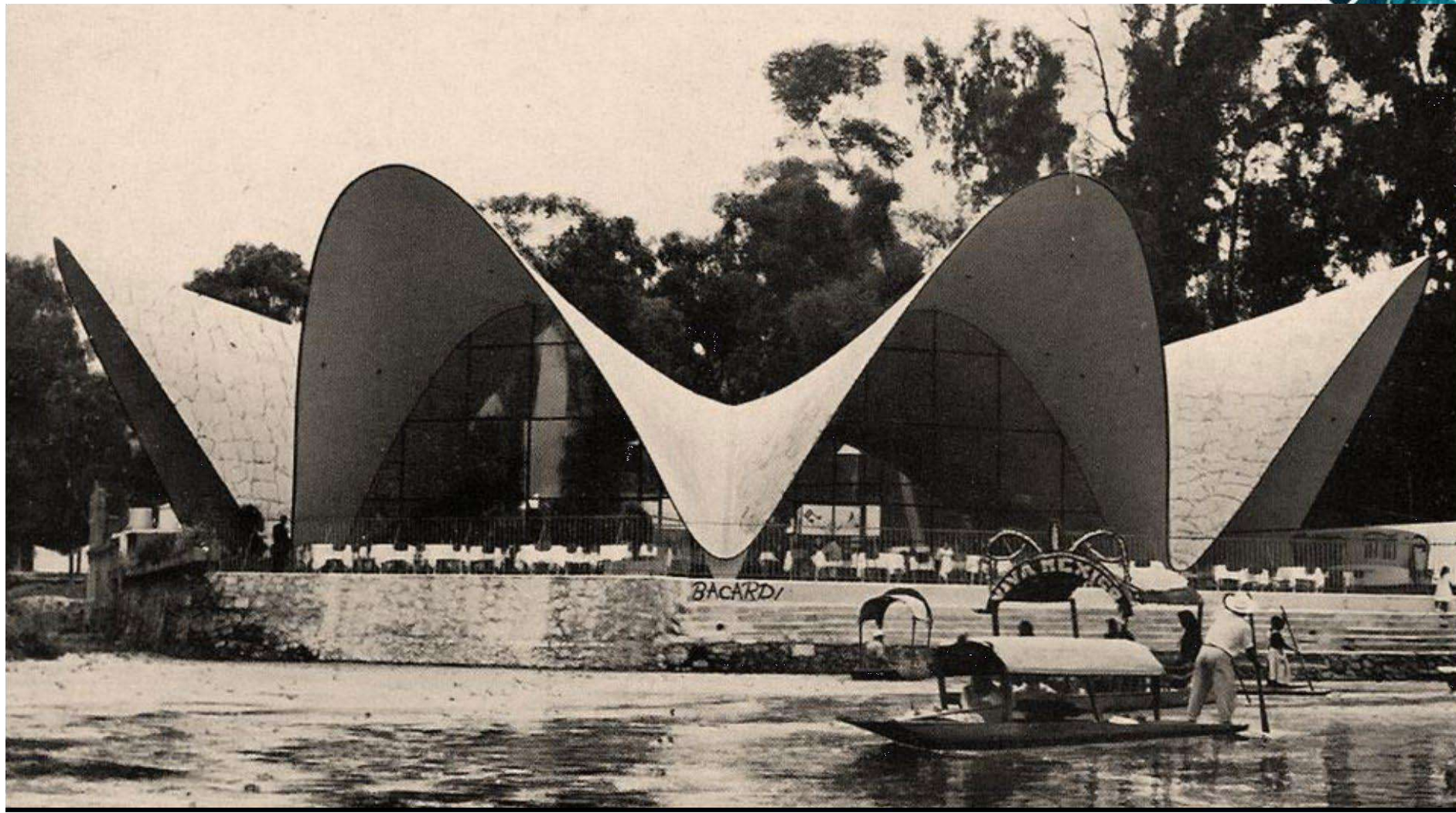
Dr. J. L. Rangel, INGEUM, S.A.

Dr. E. Ibarra, INGEUM, S.A.

Construcción original



Restaurante
“Los Manantiales”
Xochimilco, México
Inaugurado en 1938.



Restaurante
"Los Manantiales"
Xochimilco, México
Re-inaugurado en 1958,
después del incendio
que consumió el antiguo
edificio en 1957.

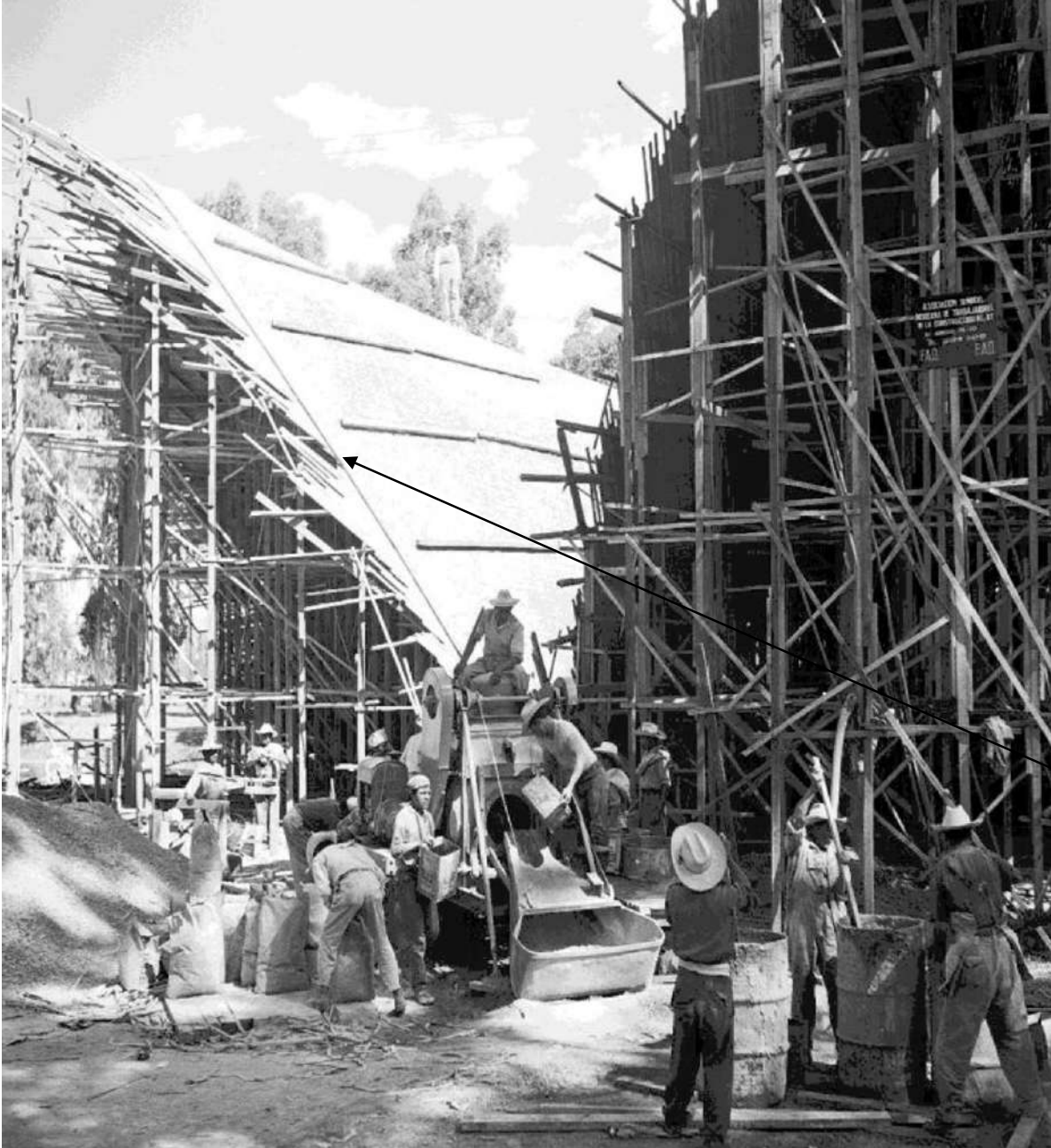
Arq. Félix Candela

Autor de cientos de proyectos que revolucionaron la Arquitectura en México del siglo XX



Félix Candela, arquitecto español exiliado en nuestro país en 1939, fue uno de los constructores más representativos del siglo XX mexicano. Entre 1950 y 1970 Candela colaboró con los arquitectos más representativos de la época, en los que destacan proyectos como la Fábrica de Bacardí en Cuautitlán y el Palacio de los Deportes entre muchos más. Entre sus trabajos más destacados se encuentra su participación con el **Arq. Joaquín Álvarez Ordóñez** (Premio Nacional de Arquitectura 2018), quien realizó obras de gran envergadura tanto para el gobierno como para la iniciativa privada.

Proceso constructivo del techo de “Los Manantiales”



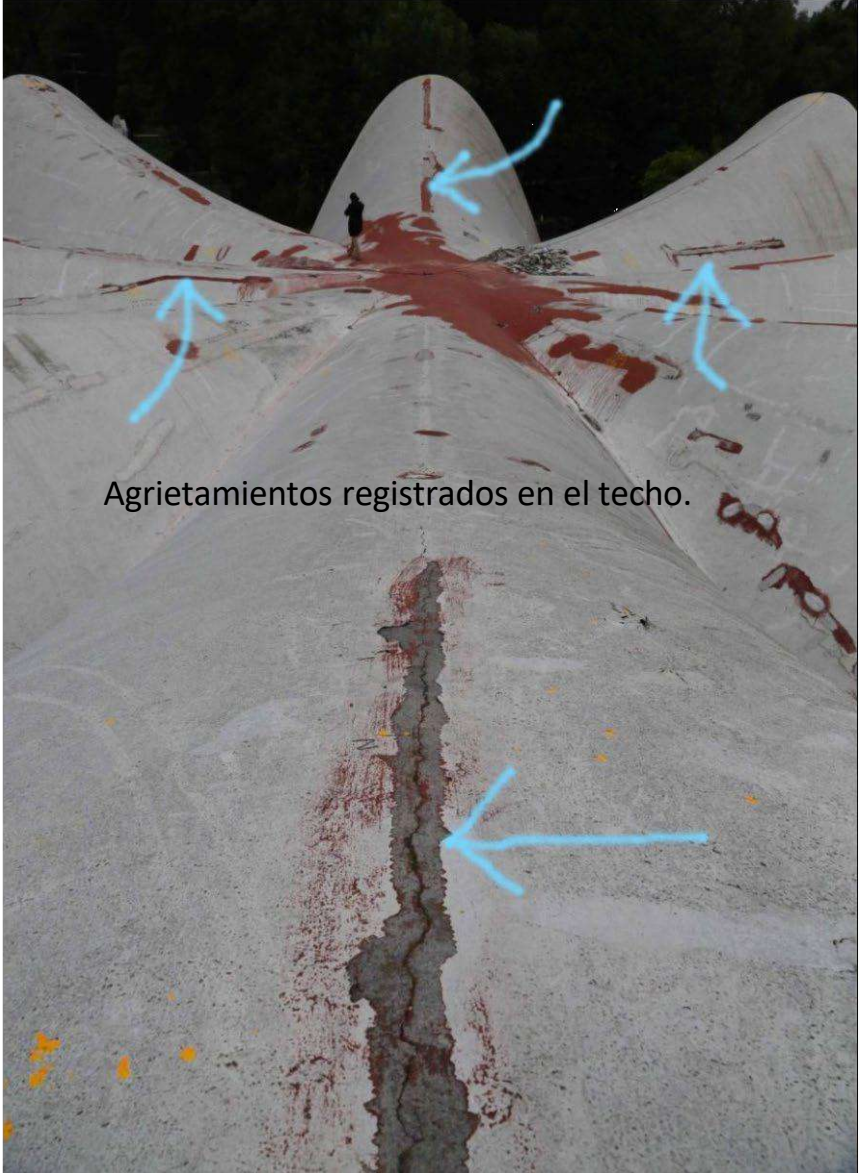
Los cascarones de concreto tienen un espesor de 15 cm

Proceso constructivo del techo de “Los Manantiales”



Su integridad estructural es producto de su geometría y de un profundo conocimiento de su forma de trabajo.

Daños en el restaurante “Los Manantiales”



Agrietamientos registrados en el techo.



Agrietamiento en el piso.



El inmueble prácticamente se partió en dos, esto derivado del sismo de septiembre del 2017. La línea punteada en azul representa la geometría original del cañón, **a punto de colapsar**. También se detecta la perforación de las losas por la cancelería.



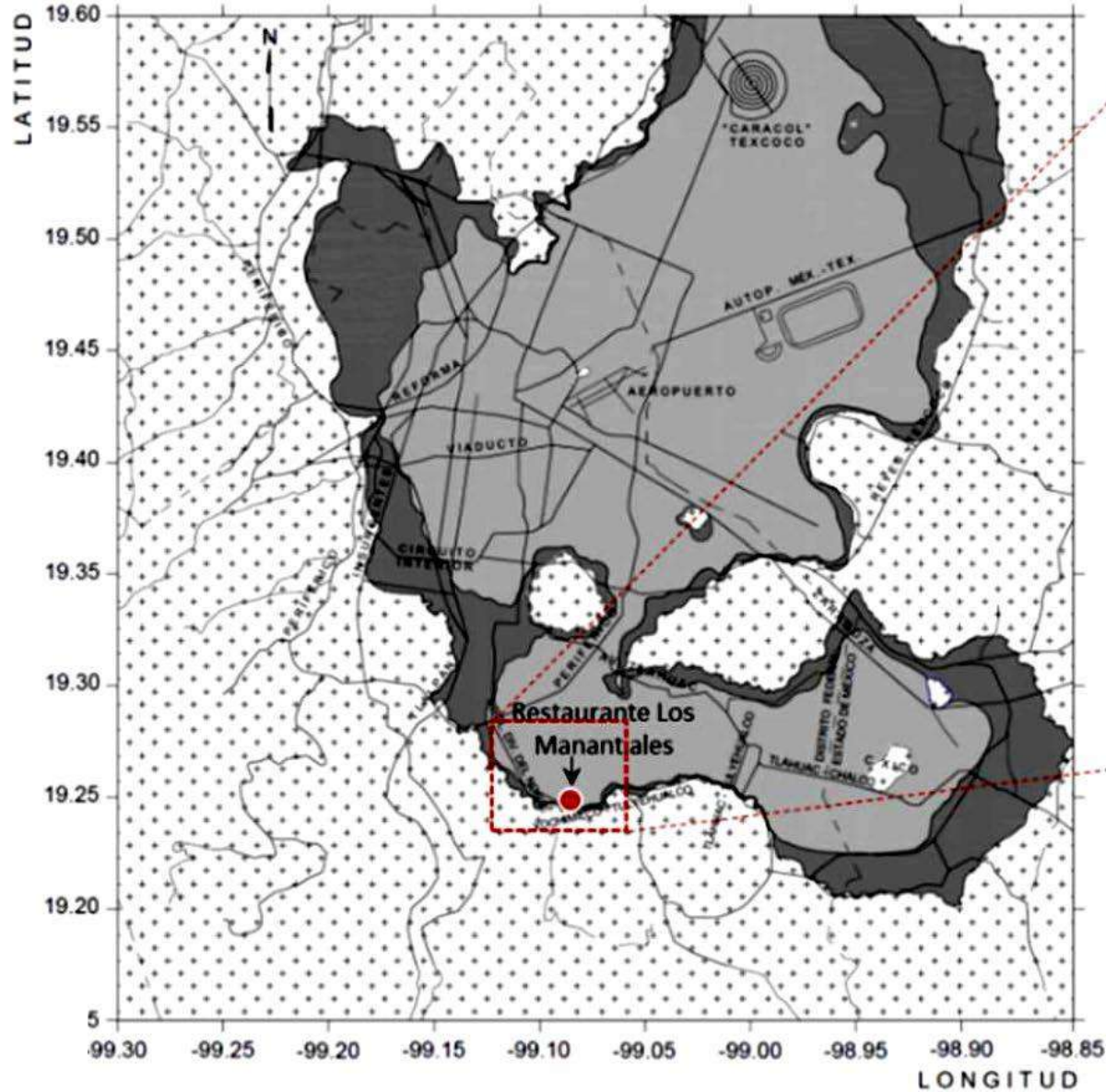
Rompimiento de la liga perimetral que une las zapatas aisladas, provocando que éstas tengan un desplazamiento hacia el exterior.

Grietas severas en el lecho alto de la nave, producto del desplazamiento de los cimientos.

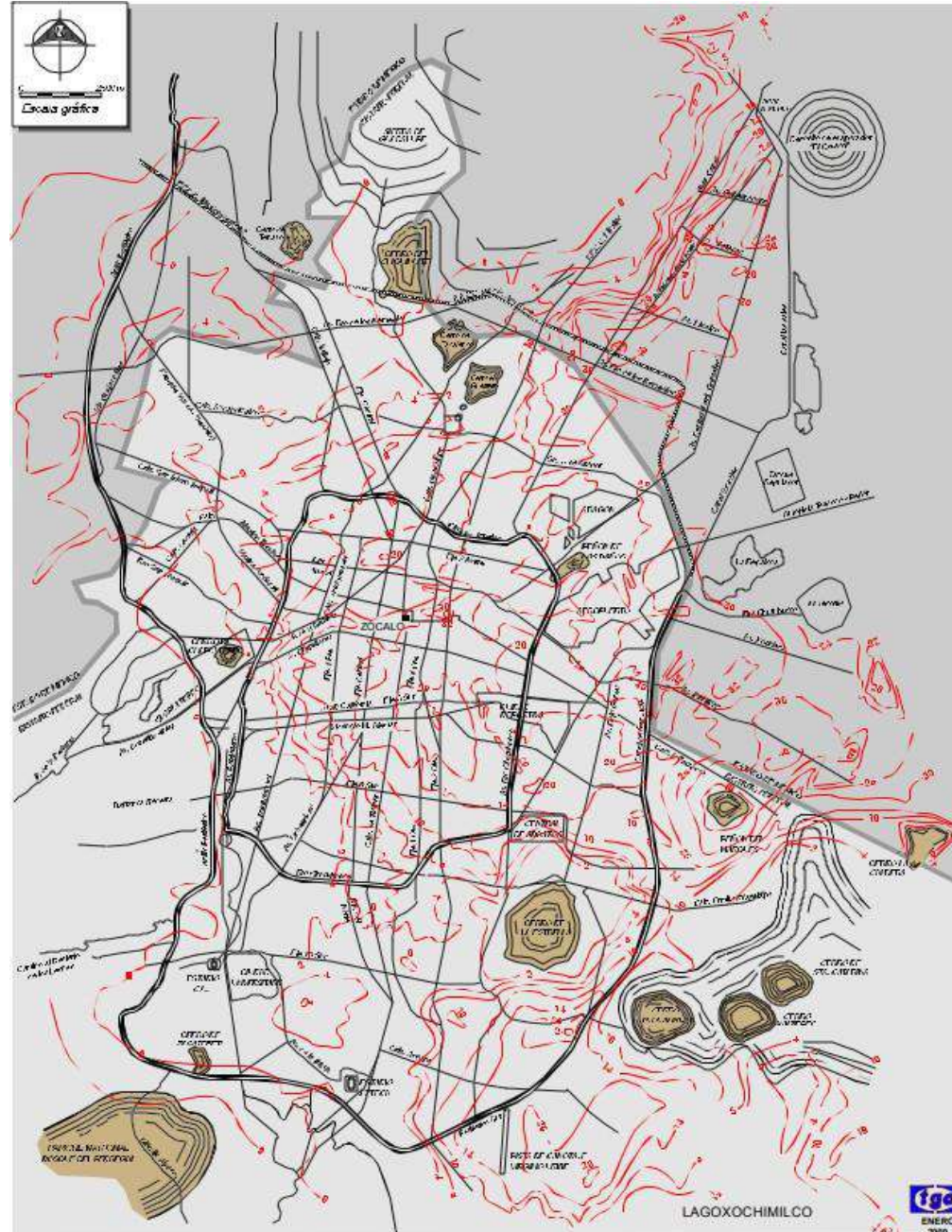




Punto de fractura de uno de los cañones parabólicos. Causando una contraflecha aproximada de 25 cm.



Curvas de igual asentamiento por hundimiento Regional (cm)



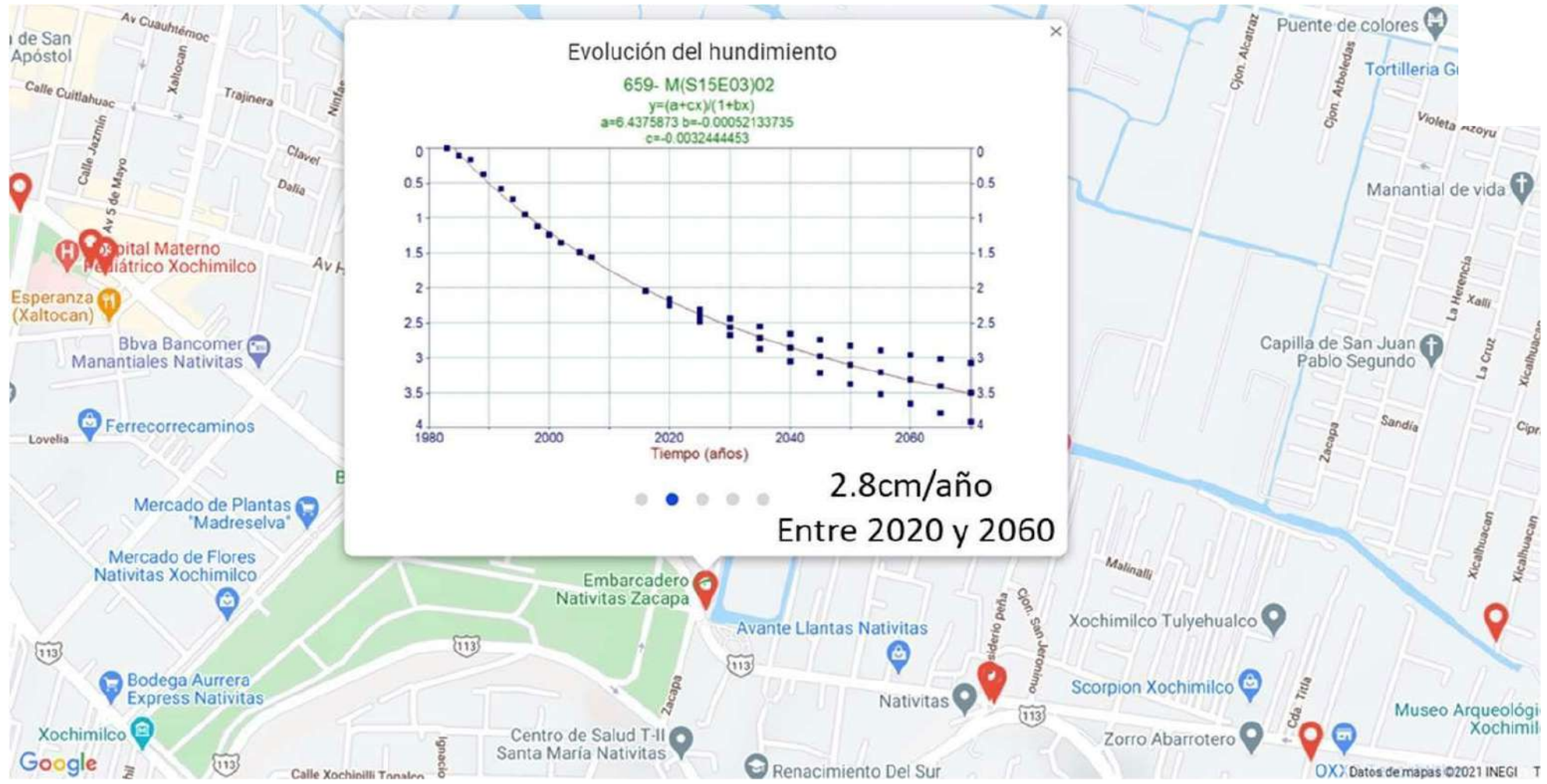
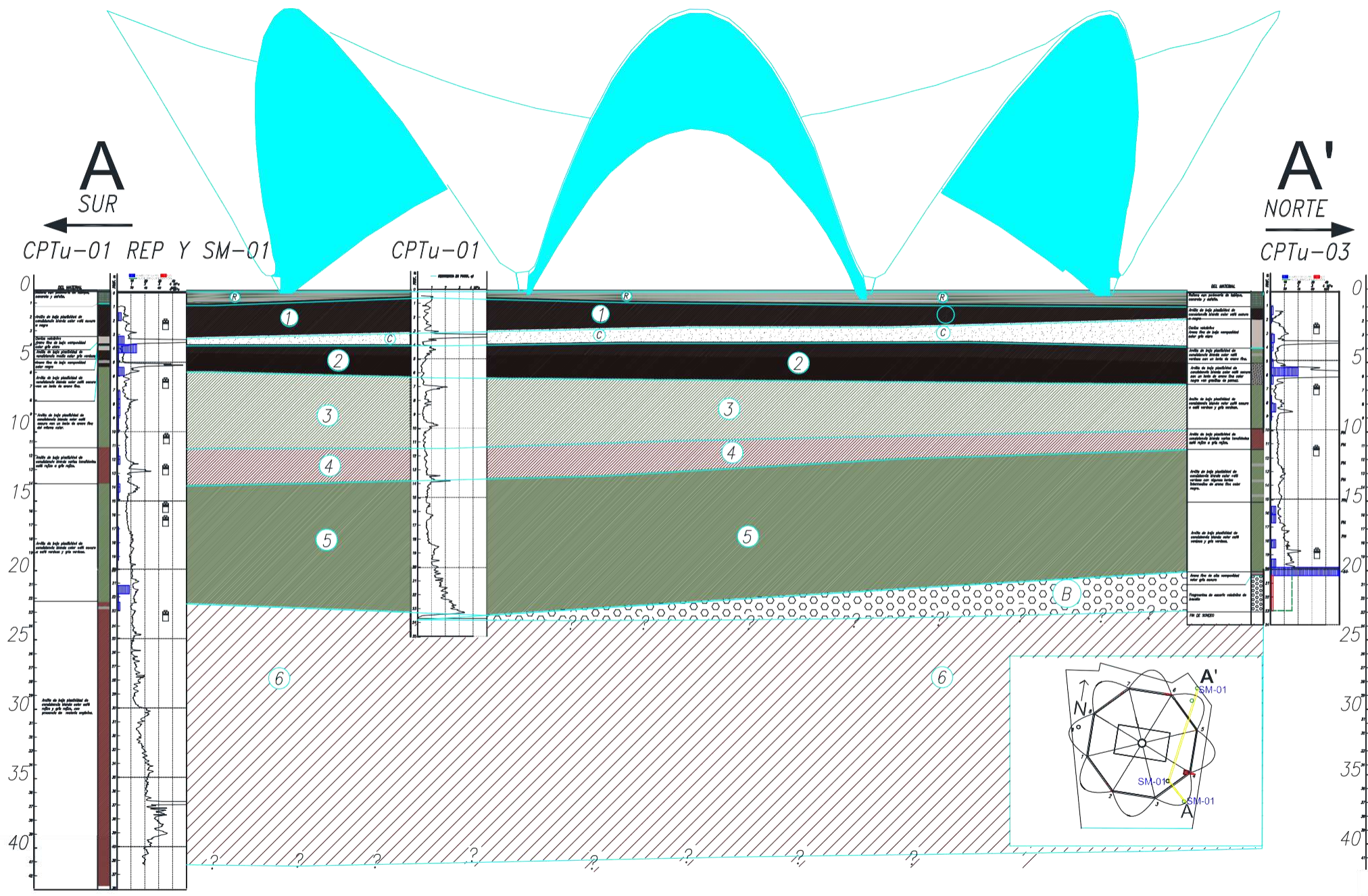
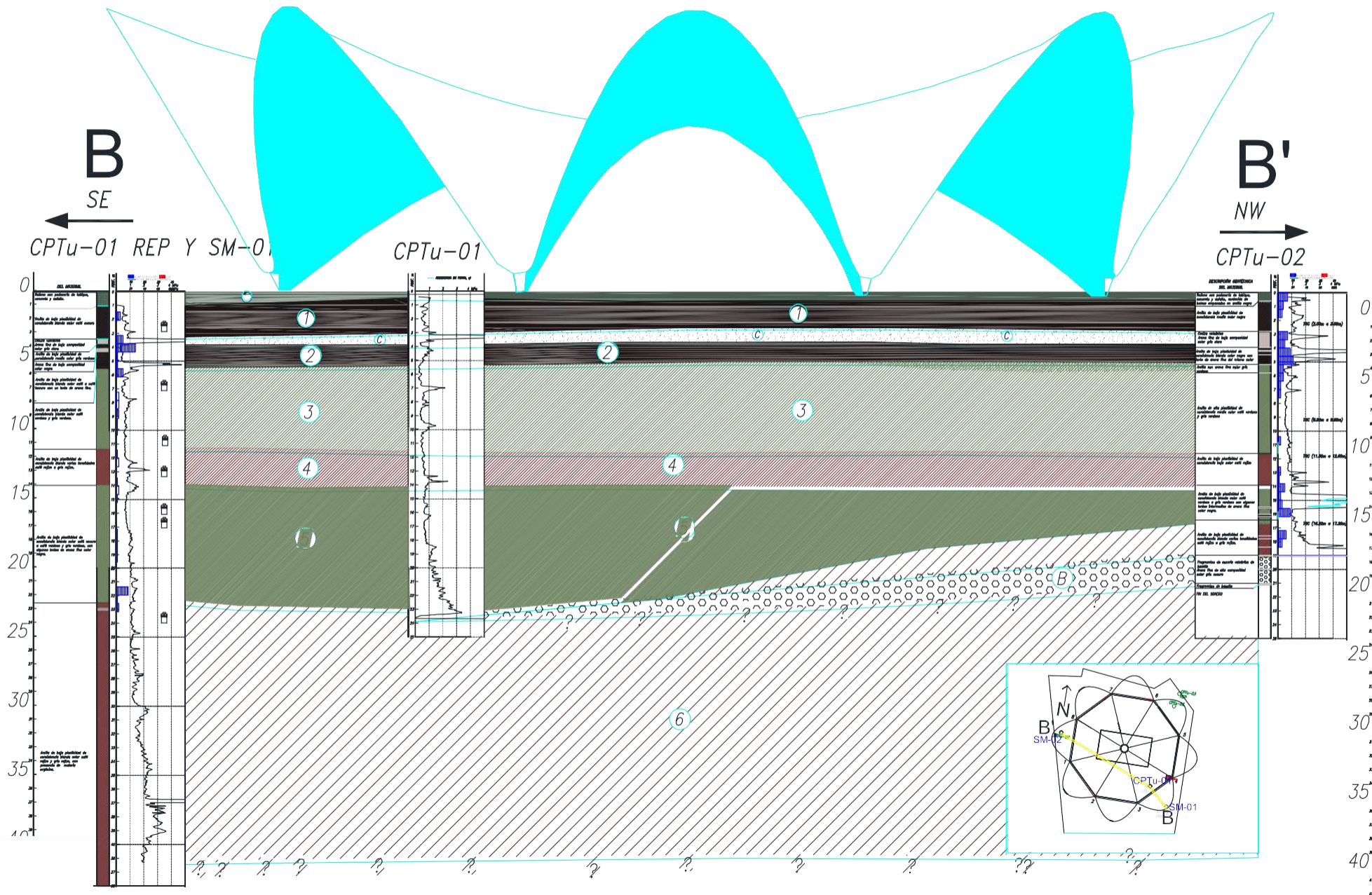
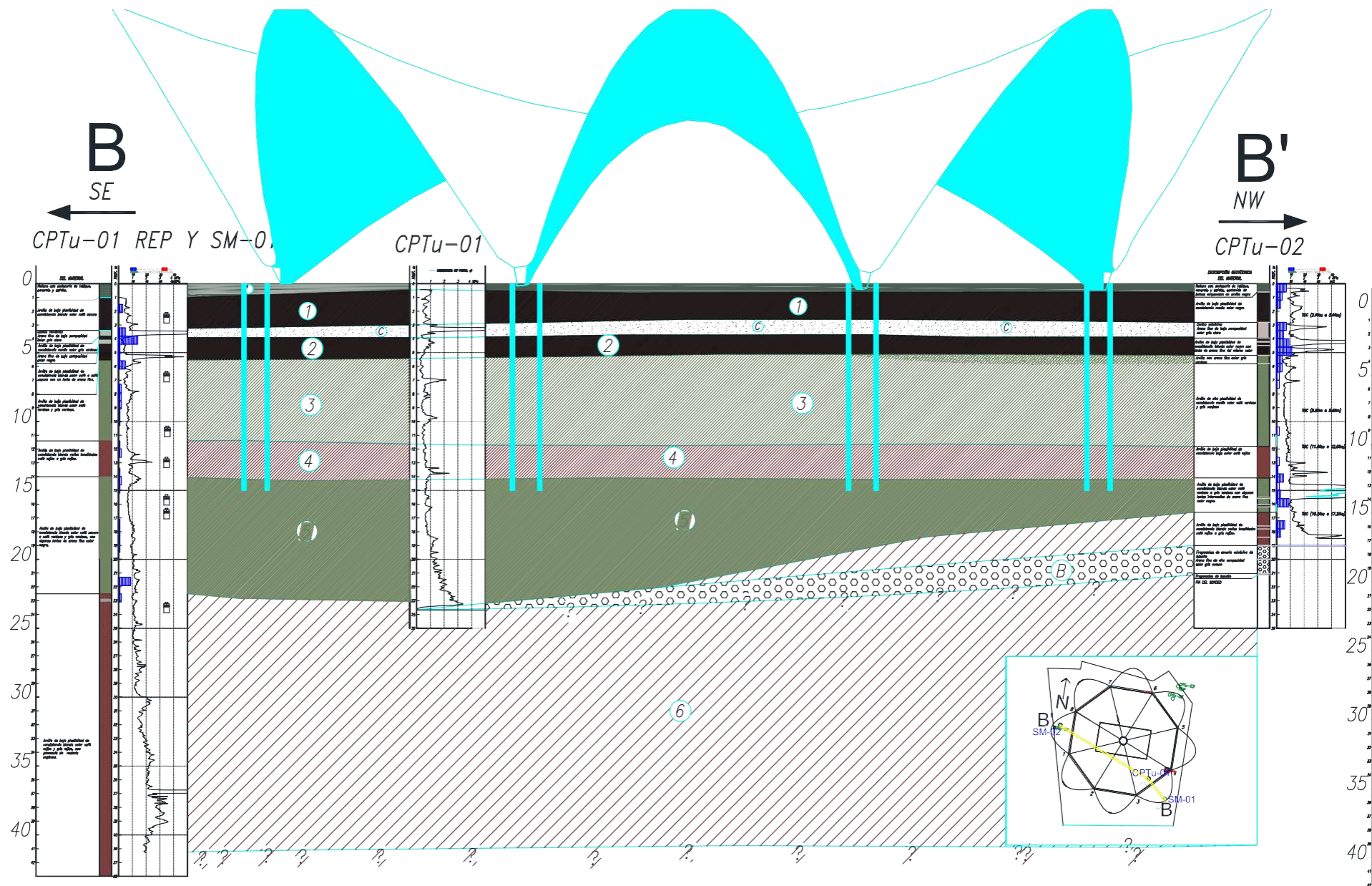


Figura 2.5. Hundimiento regional descrito por el sistema SEHEDIS (2021).



Es muy probable que antes del temblor de 2017 ya se habían acumulado diferenciales de hundimiento los cuales favorecieron la aparición de los daños estructurales provocados por el temblor





Hasta la fecha se está reforzando la cimentación original. Los pilotes aún no se instalan

Figura 6.1 Vista esquemática de la ubicación de los micropilotes.



XXVIII
CONSEJO DIRECTIVO

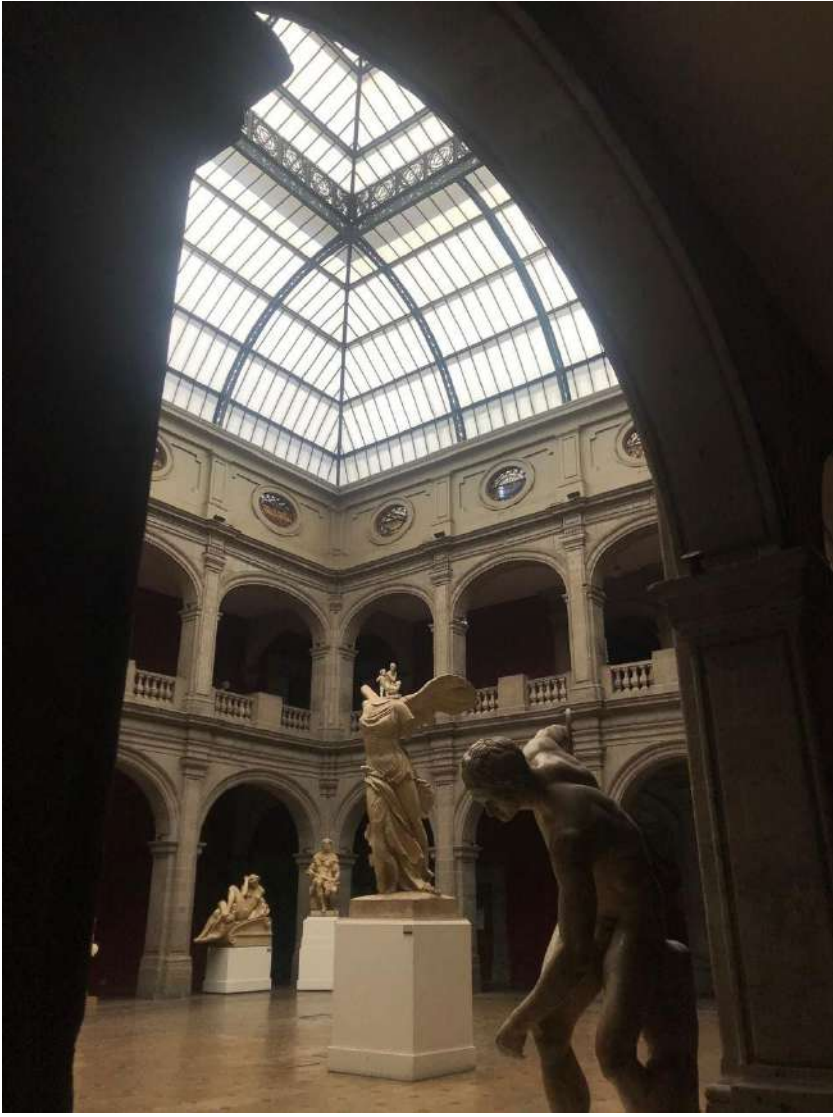


Academia de San Carlos

Edificio de la Antigua Academia de San Carlos



Fachada de la Academia



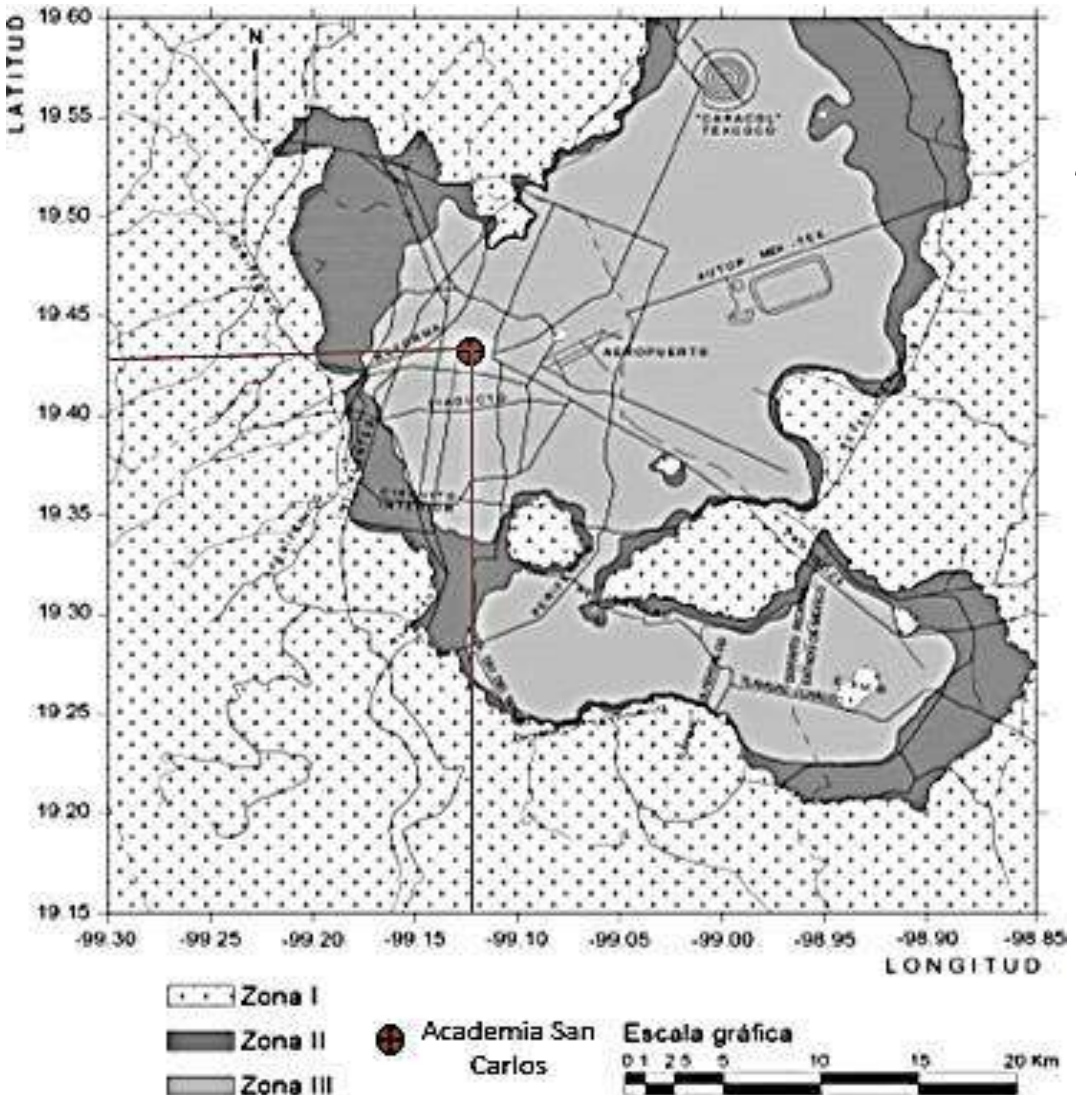
Interior del domo, patrio principal.

Localización de la Academia de San Carlos



- 1 EDIFICIO ANEXO
- 2 ACADEMIA DE SAN CARLOS
- 3 FACULTAD DE ARQUITECTURA

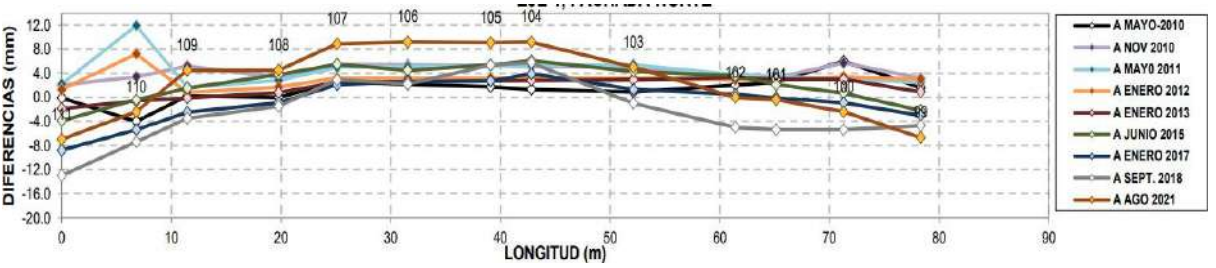
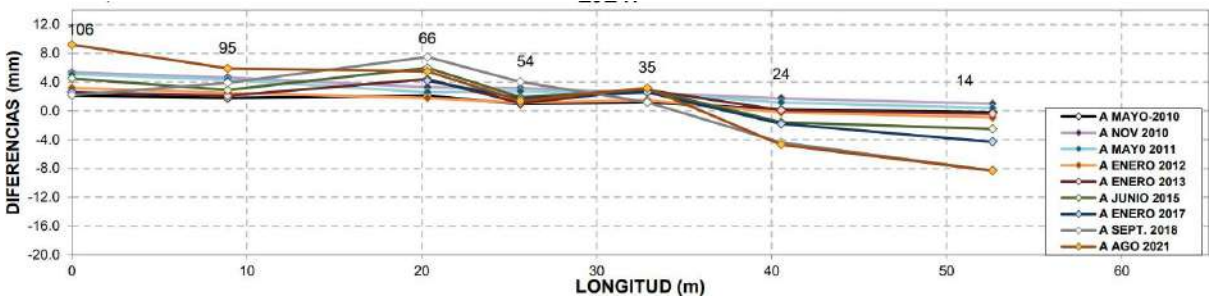
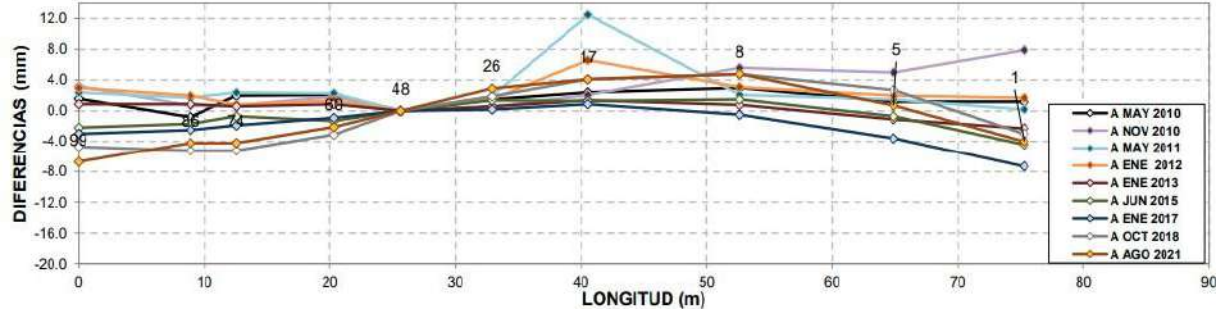
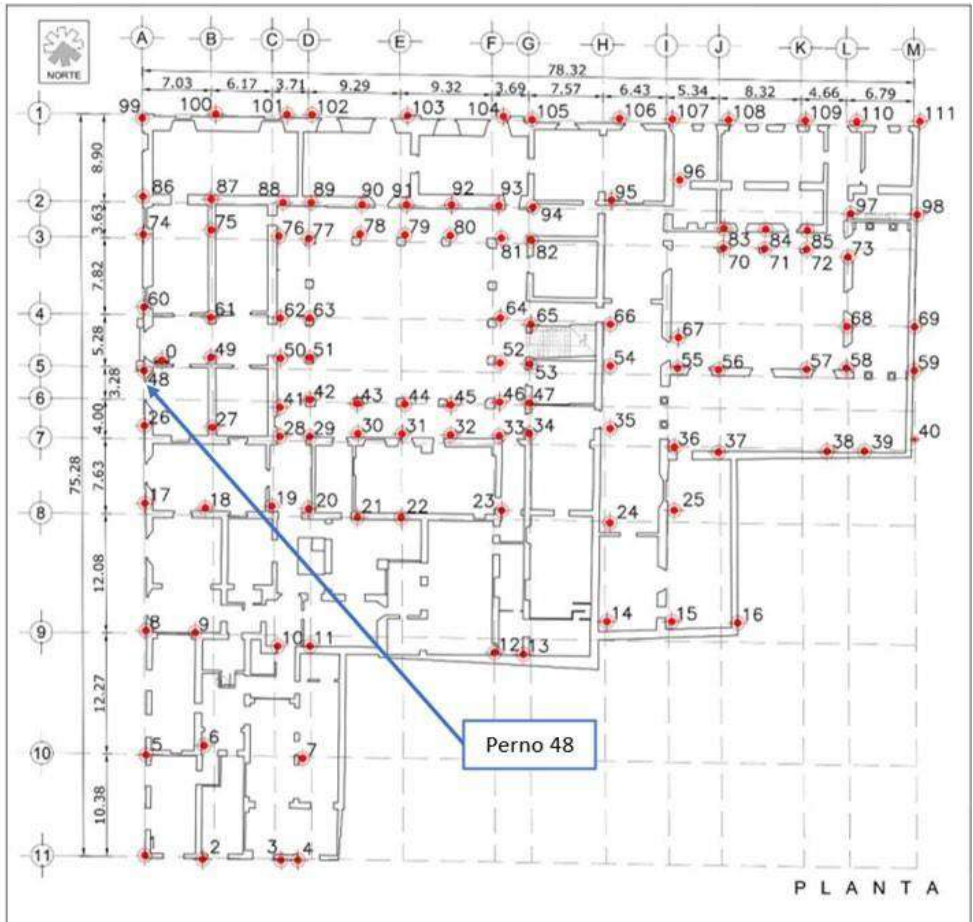
Localización dentro de la Zonificación Geotécnica



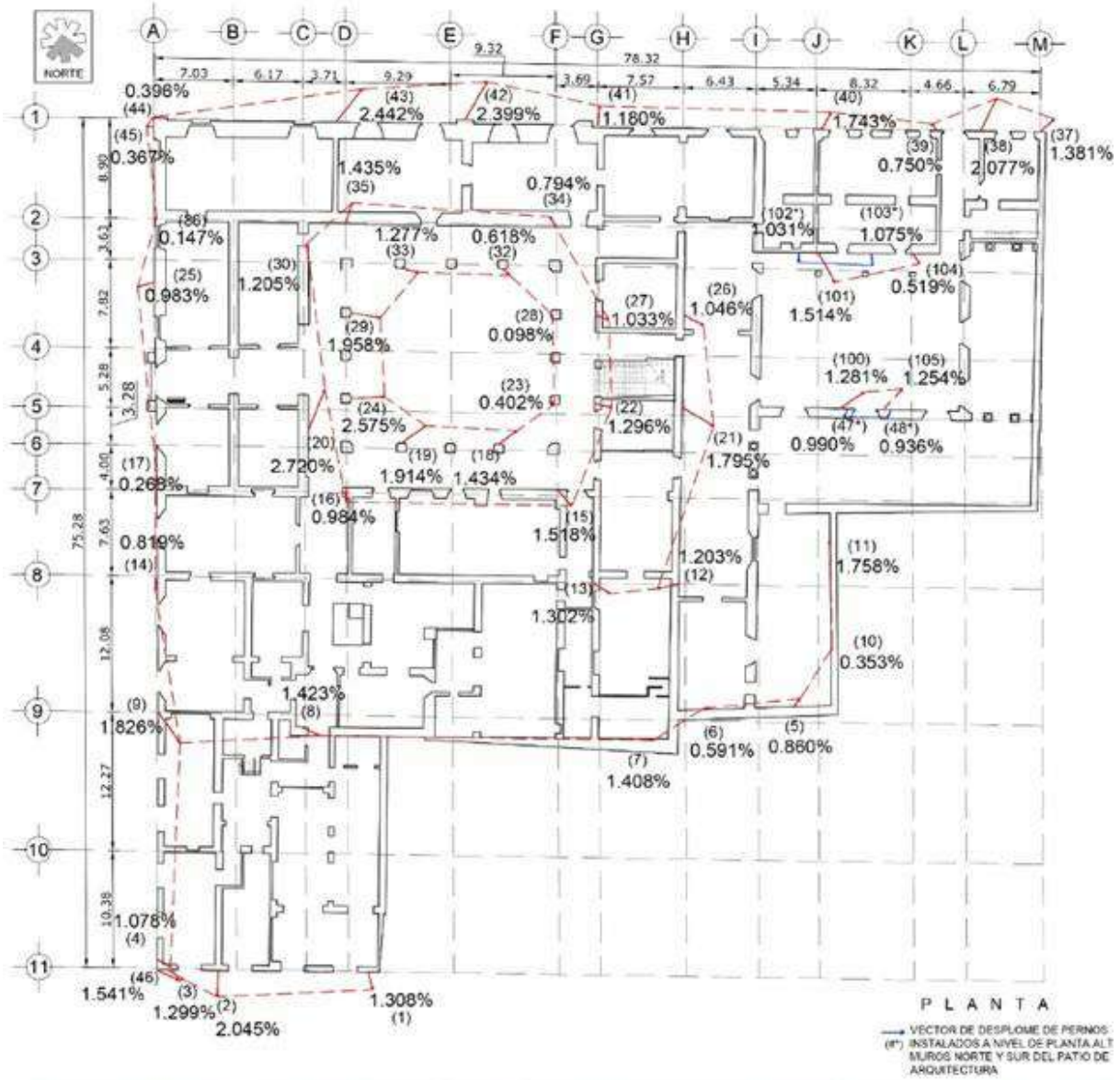
Zona III o Zona de Lago,
Compuesta de arcillas alta mente compresibles y de baja resistencia al esfuerzo cortante.

Esta zona presenta una secuencia estratigráfica muy característica.

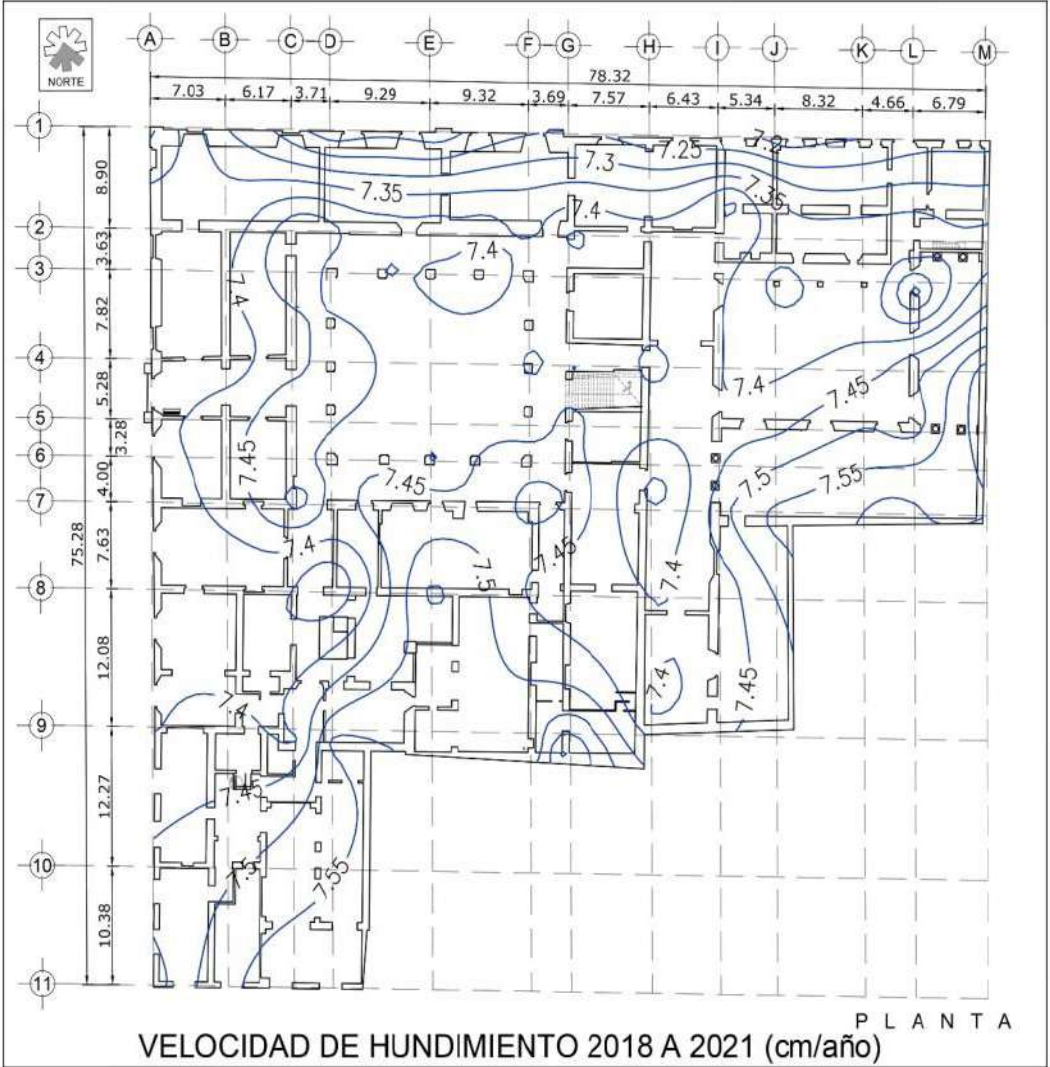
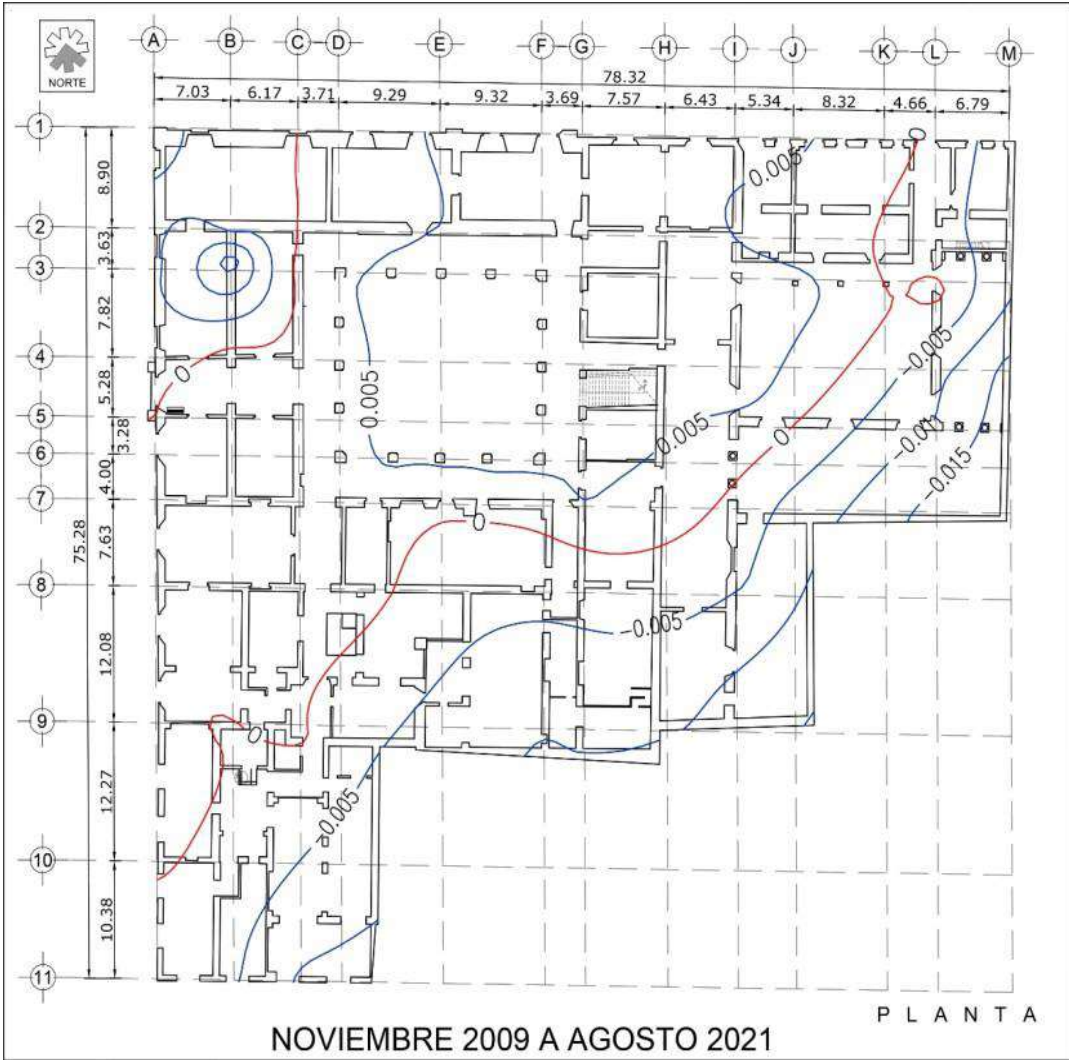
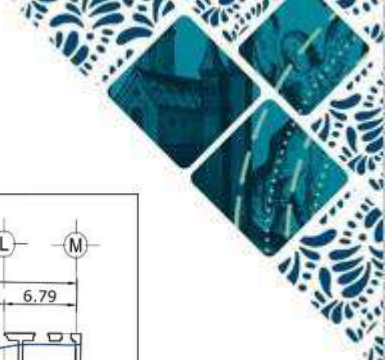
Nivelaciones topográficas (2009 -2021)



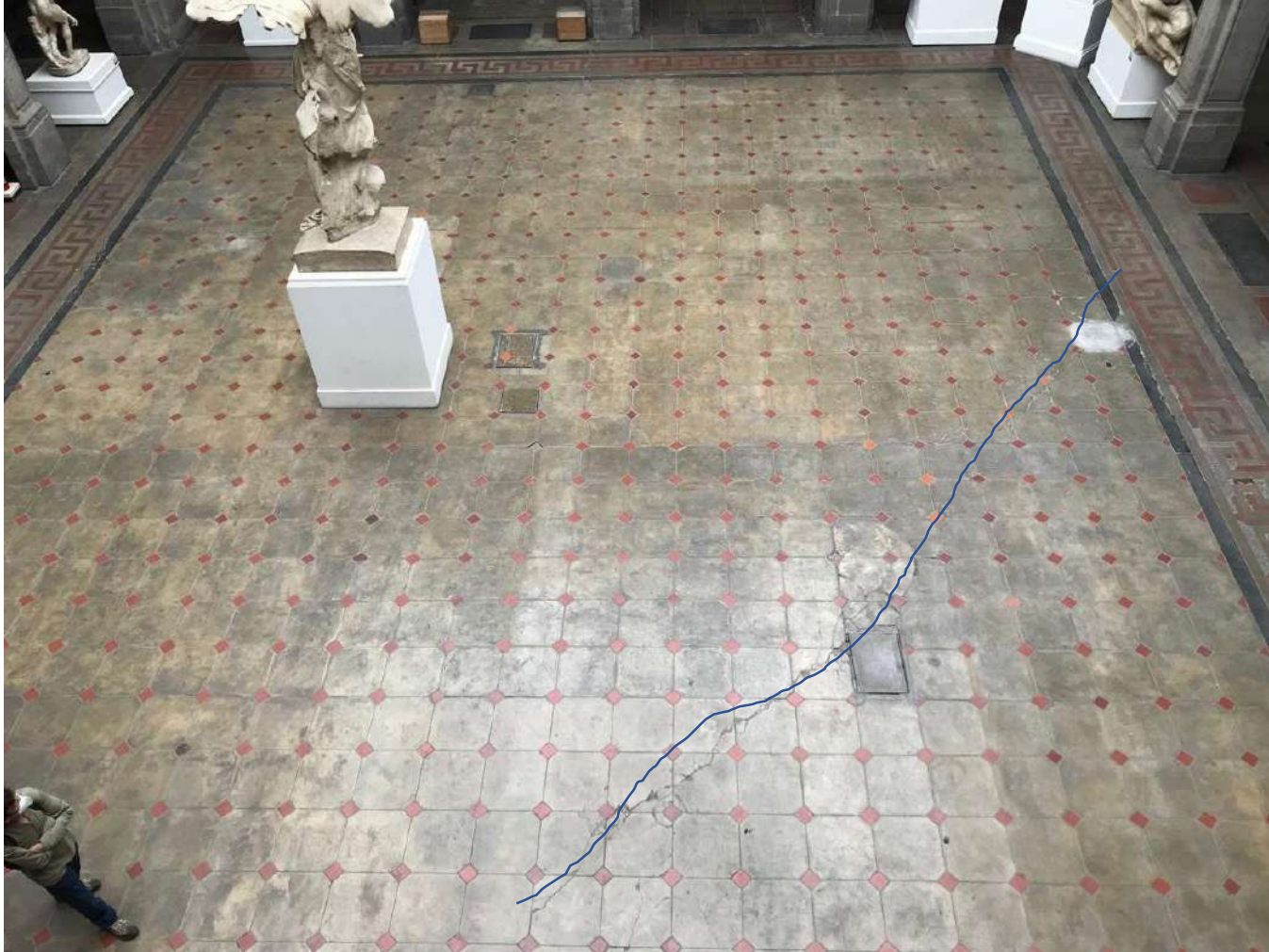
Desplomos (2009 -2021)



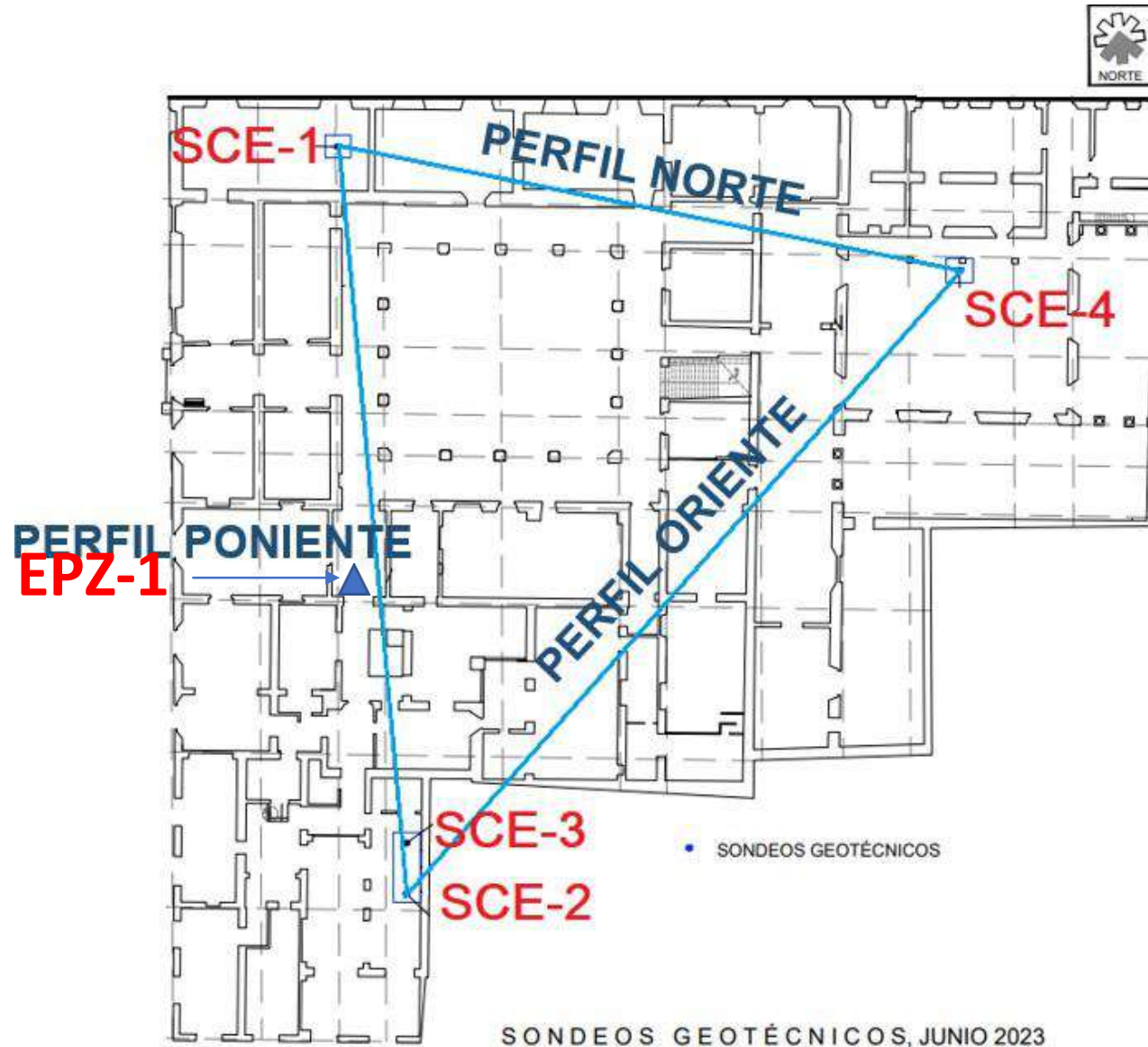
Asentamientos y Velocidades de asentamiento



Ejemplos de grietas detectadas en la Academia



Puntos de estudio dentro de la Academia

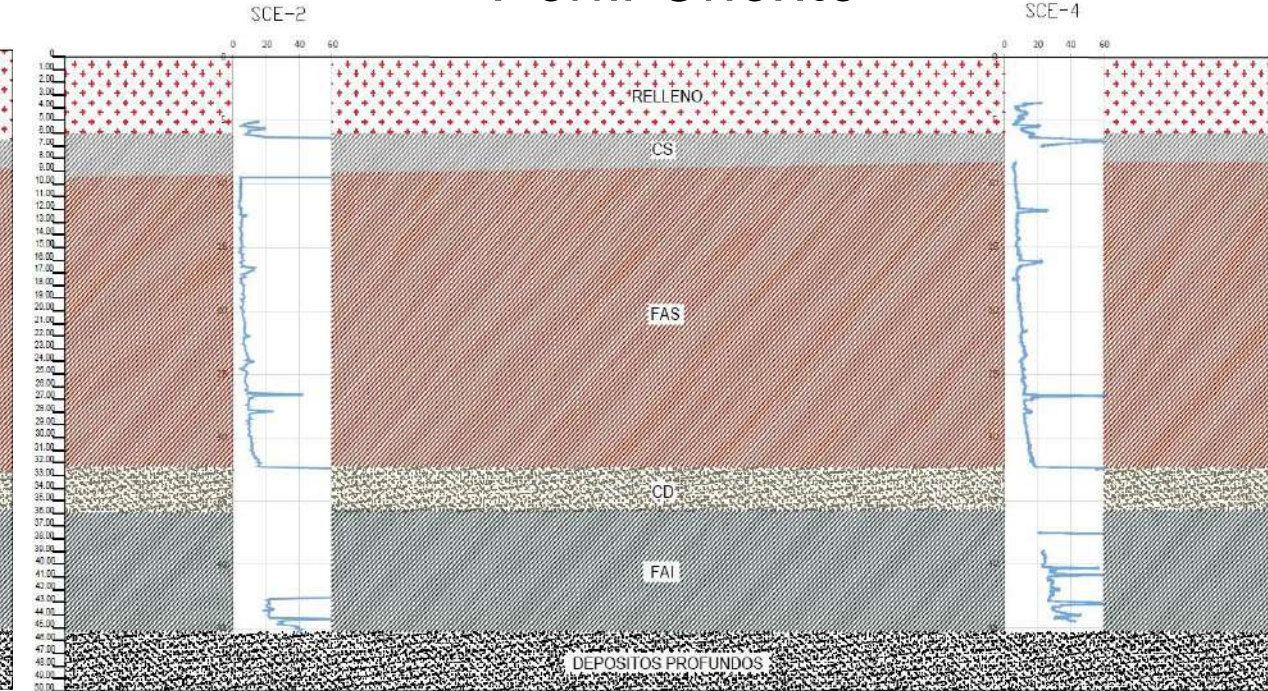


Resultados de la exploración

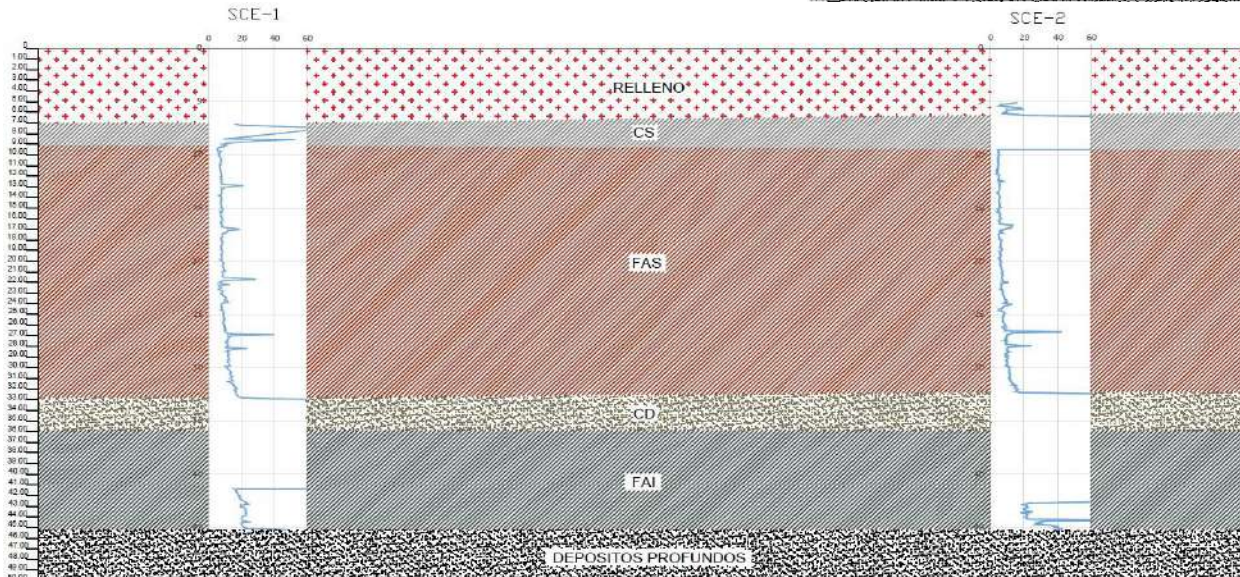
Perfil Norte



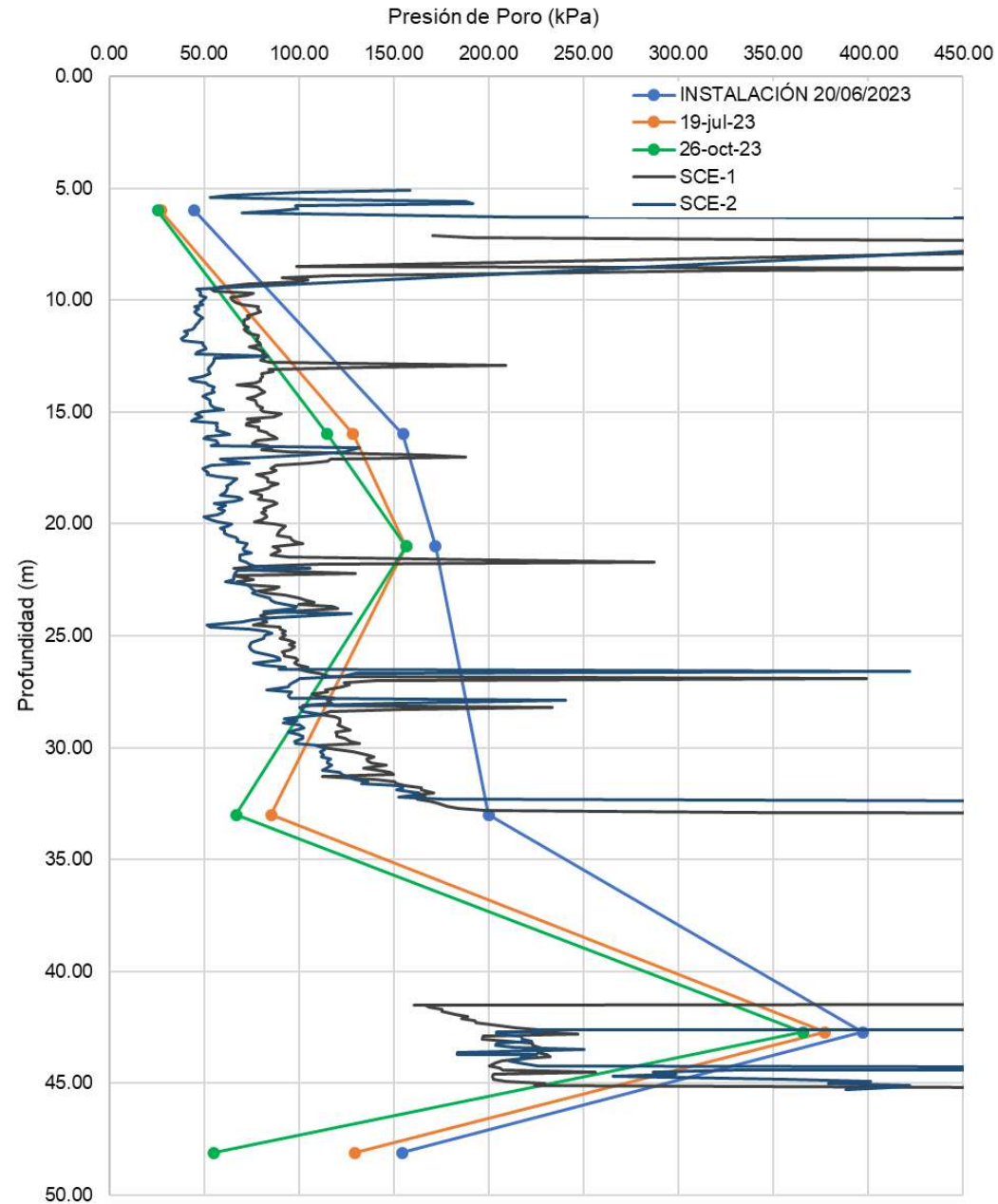
Perfil Oriente



Perfil Poniente



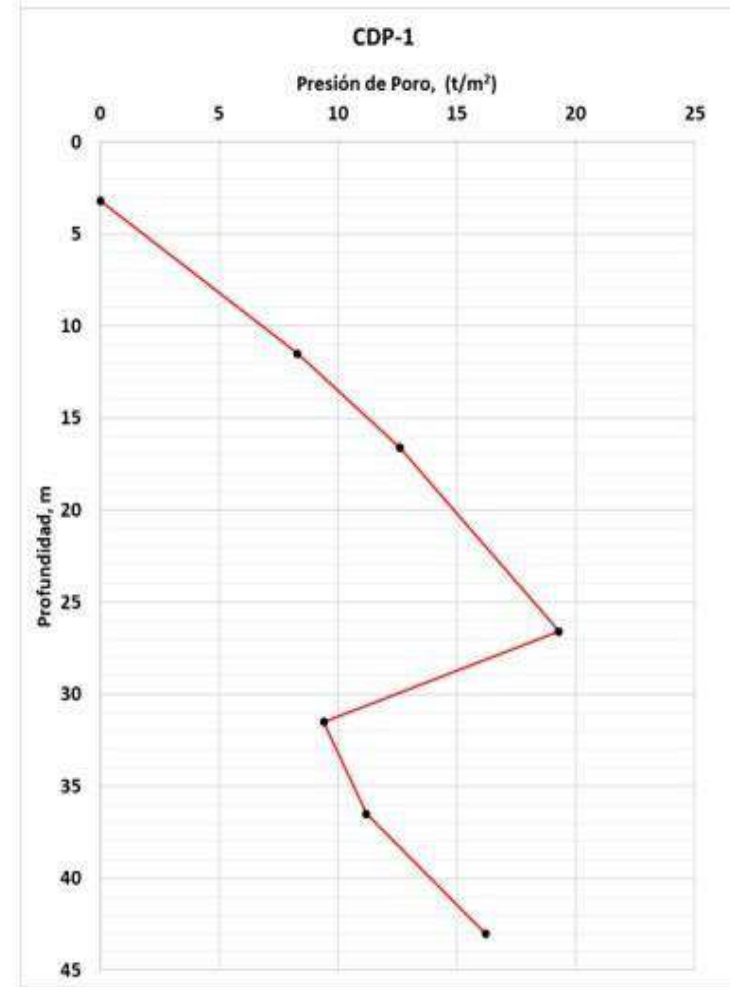
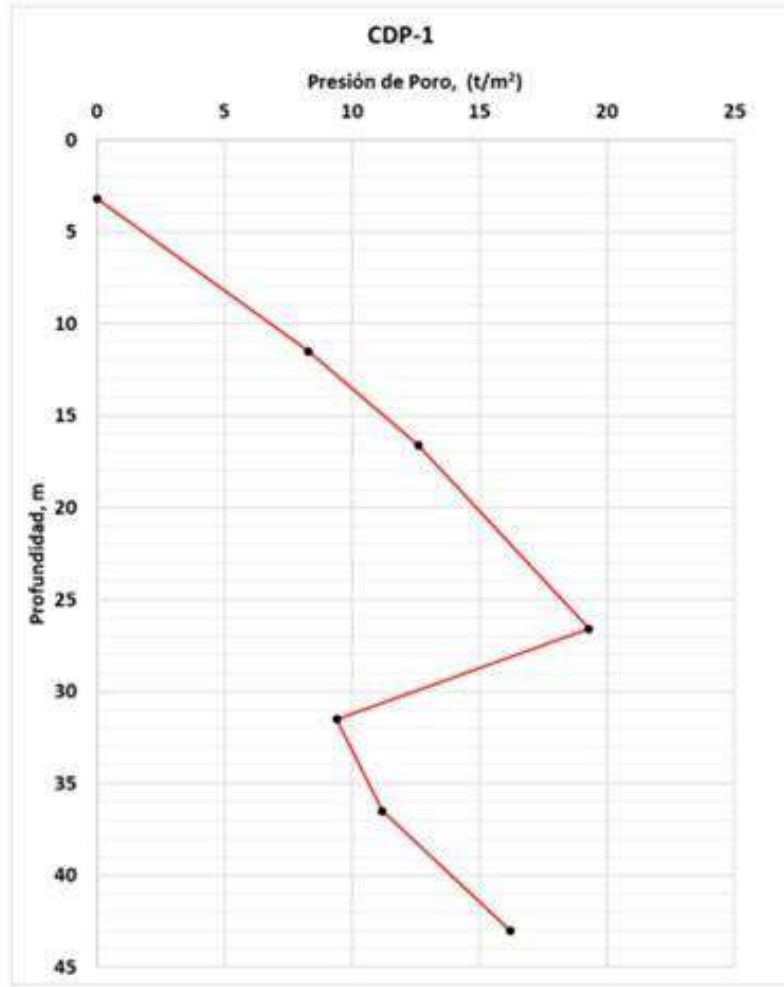
Resultados de la exploración



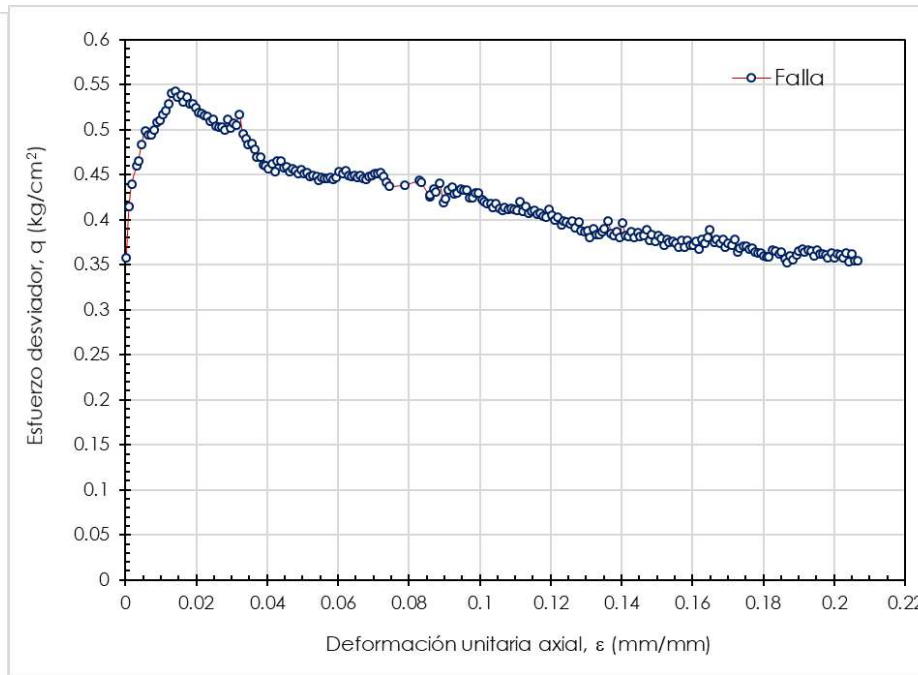
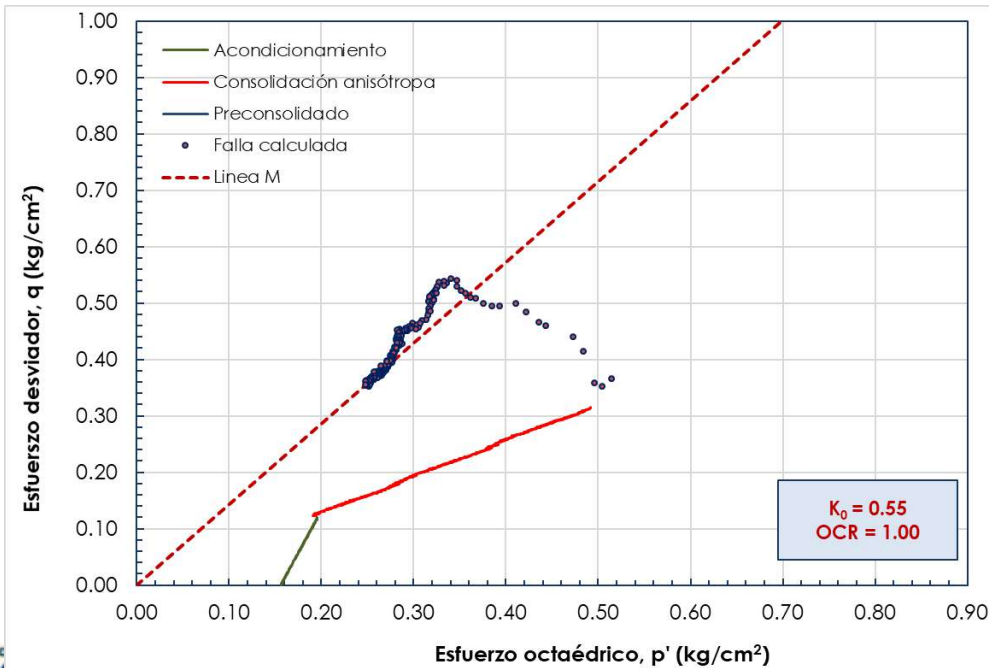
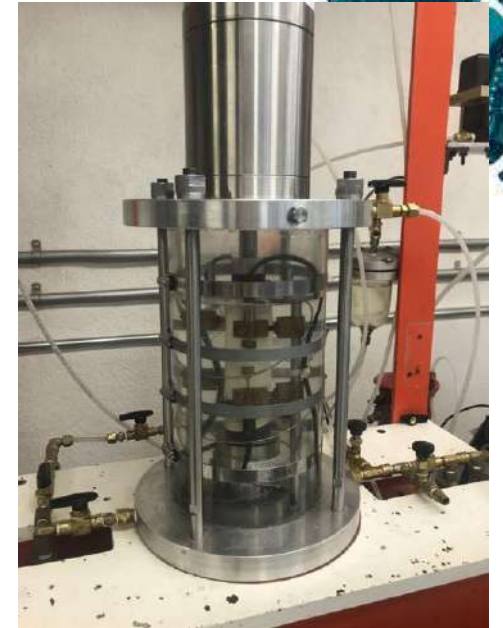
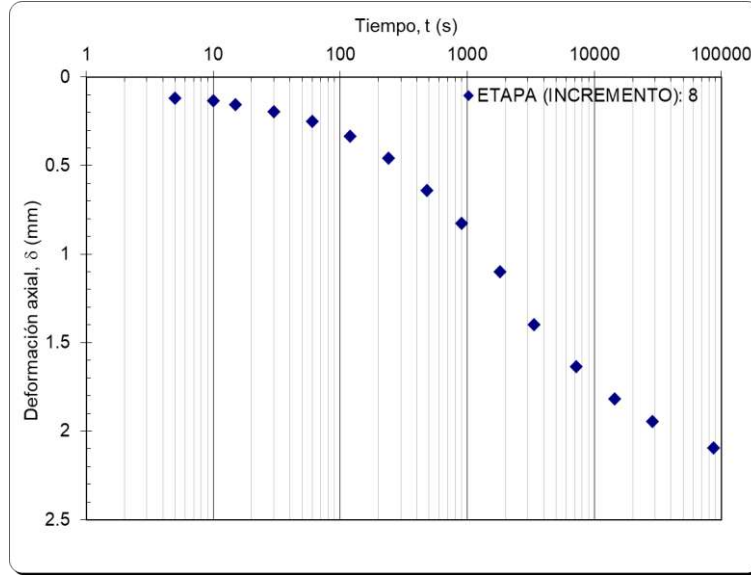
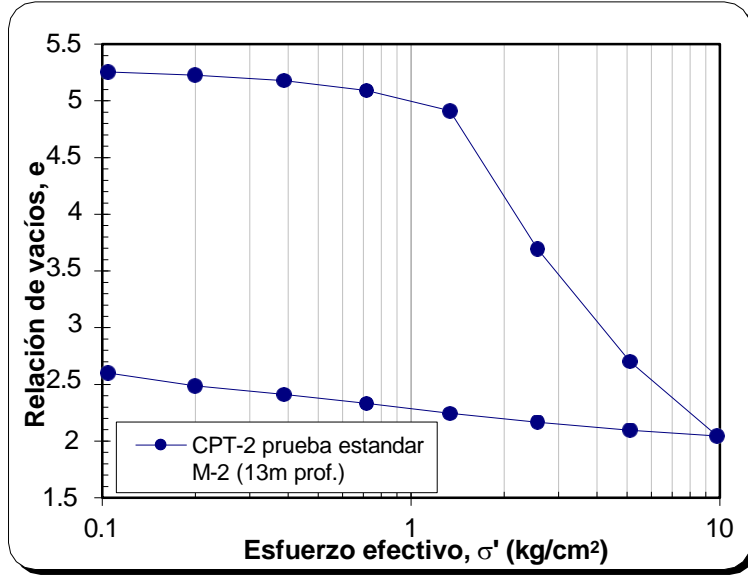
Perfil de presiones de poro, Estación Piezométrica

Resultados de la exploración

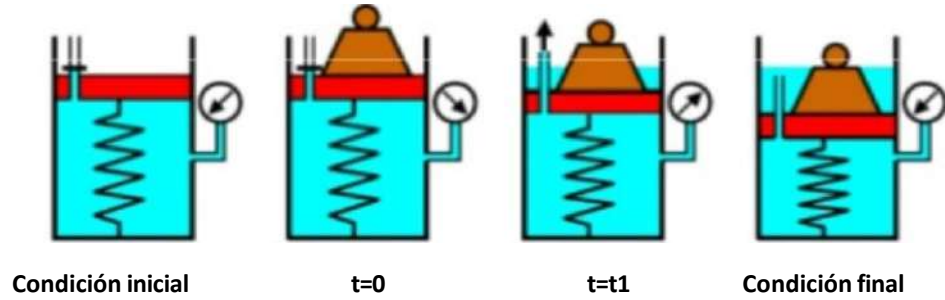
Perfil de presiones de poro, Pruebas de disipación



Ejecución de pruebas de laboratorio (II-UNAM, 2023)



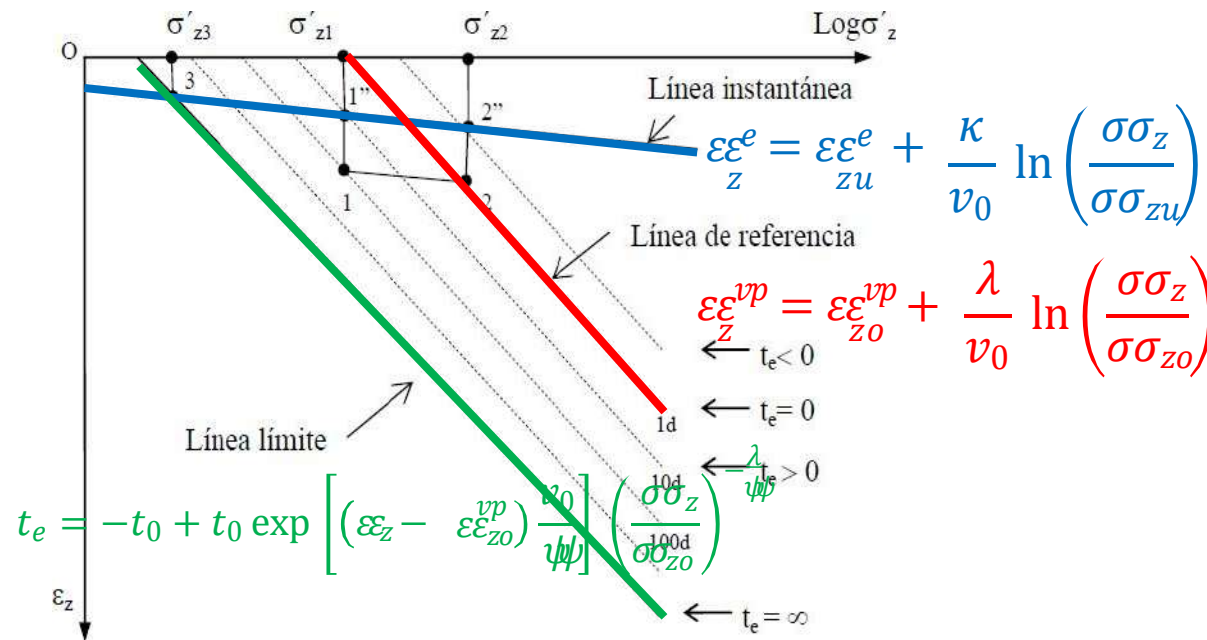
Modelo EVP (Yin y Graham, 1989)



$$c_{ve} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{1}{m_{ve}} g(u, \varepsilon_z)$$

$$\frac{\partial s_z}{\partial t} = -m_{ve} \frac{\partial u}{\partial t} + g(u, \varepsilon_z)$$

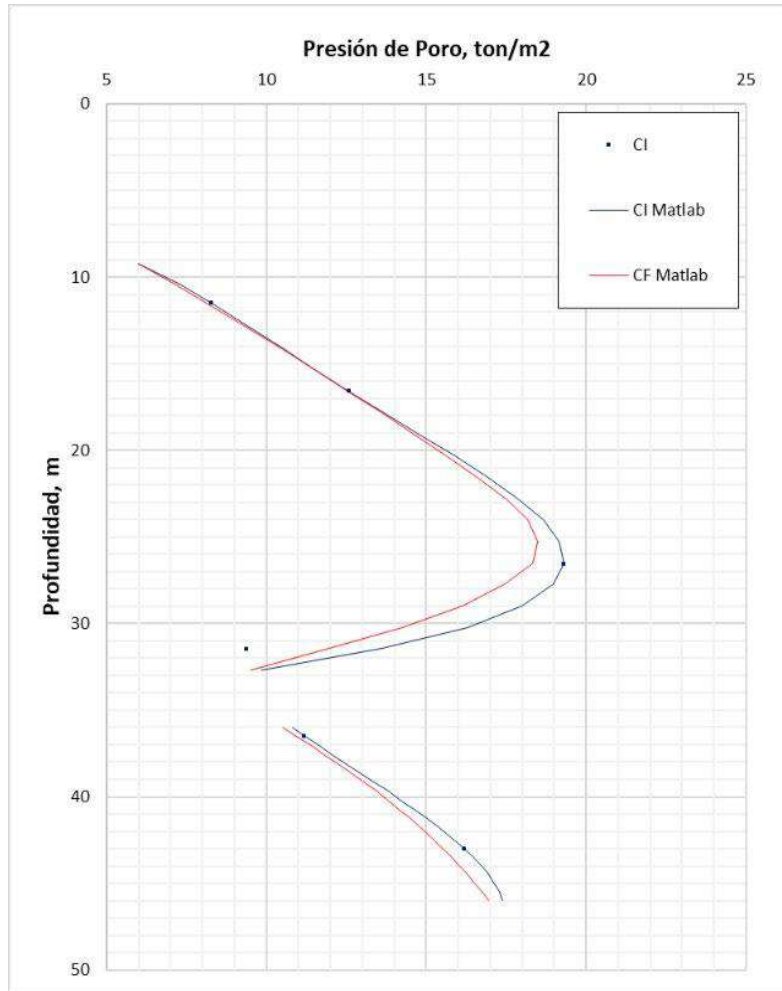
$$g(u, \varepsilon_z) = \frac{\psi\psi/v_0}{t_0} \exp \left[-(\varepsilon_z - \varepsilon_{z0}^{vp}) \frac{v_0}{\psi\psi} \right] \left(\frac{\sigma\sigma_z}{\sigma\sigma_{z0}} \right)^{\frac{\lambda}{\psi\psi}}$$



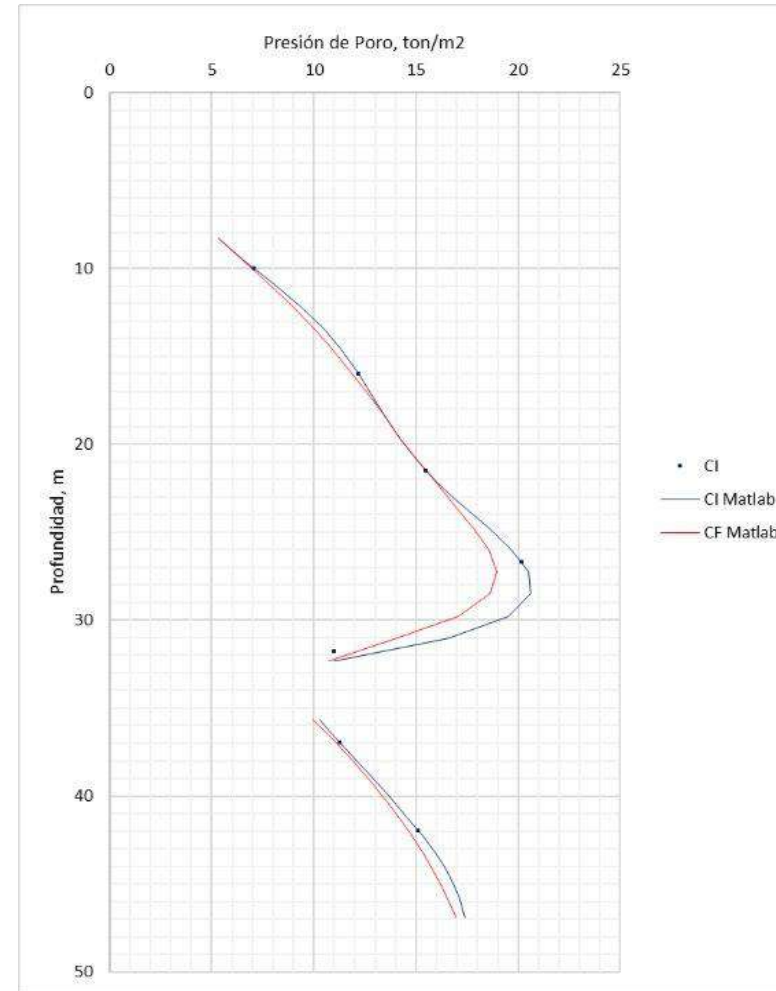
(Ossa, 2004)

Evolución de las presiones de poro en el sitio

Calibración



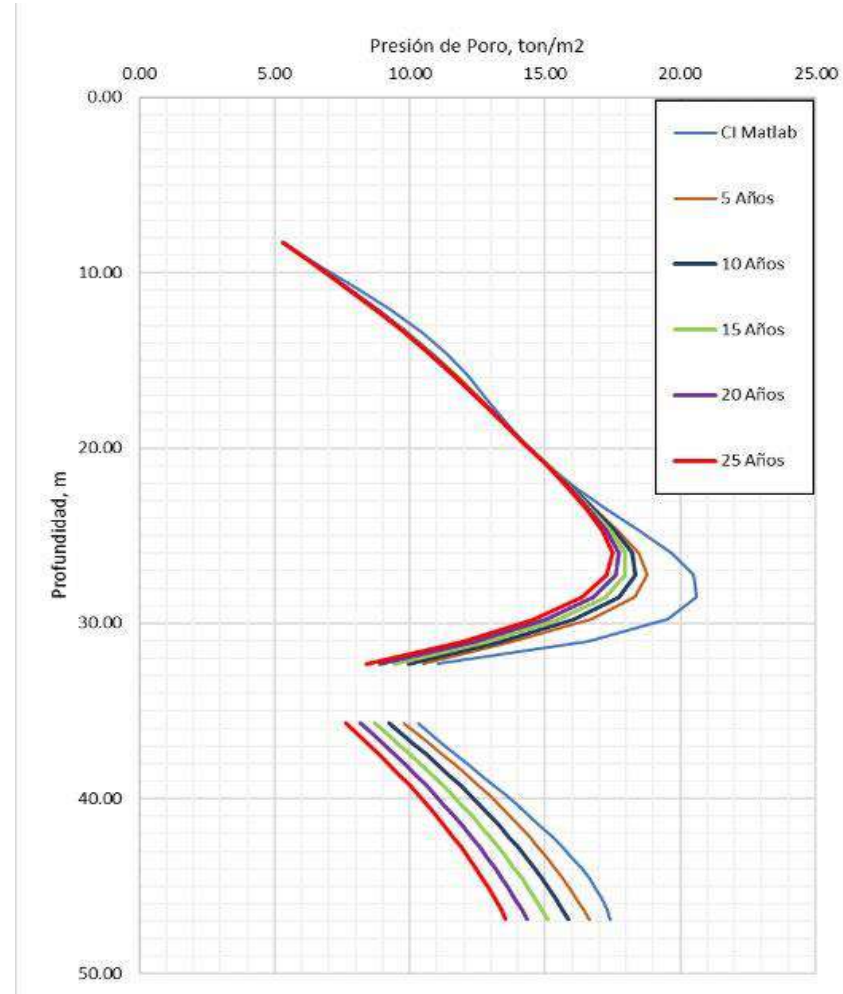
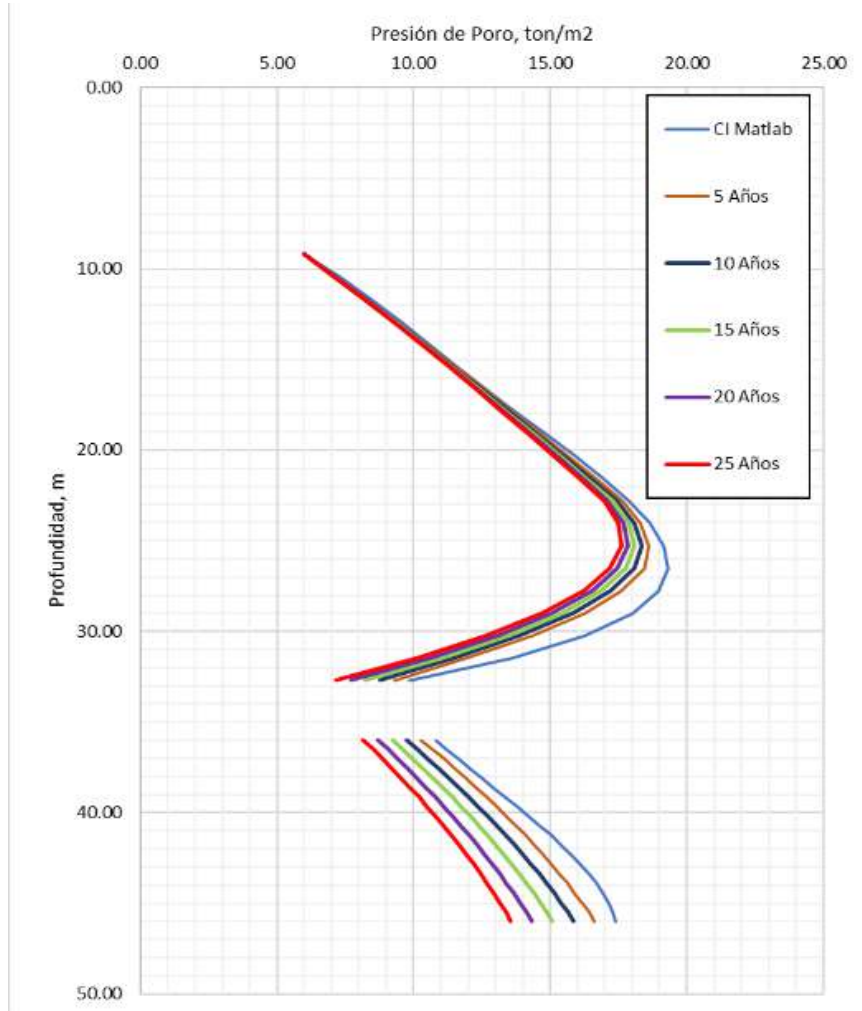
	Vel. δ	OCR
FAS	0.0143	1.16
FAI	0.0181	1.09
DP (57%)	0.0429	
Total=	0.0753	m/años



	Vel. δ	OCR
FAS	0.0141	1.14
FAI	0.0178	1.21
DP (57%)	0.0422	
Total=	0.074	m/años

Evolución de las presiones de poro en el sitio

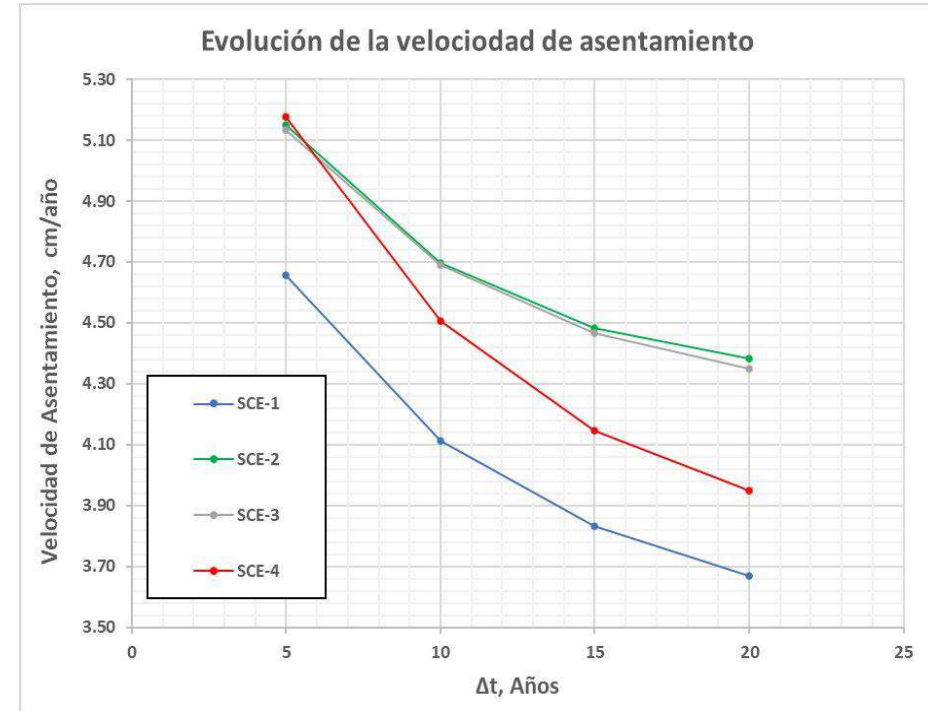
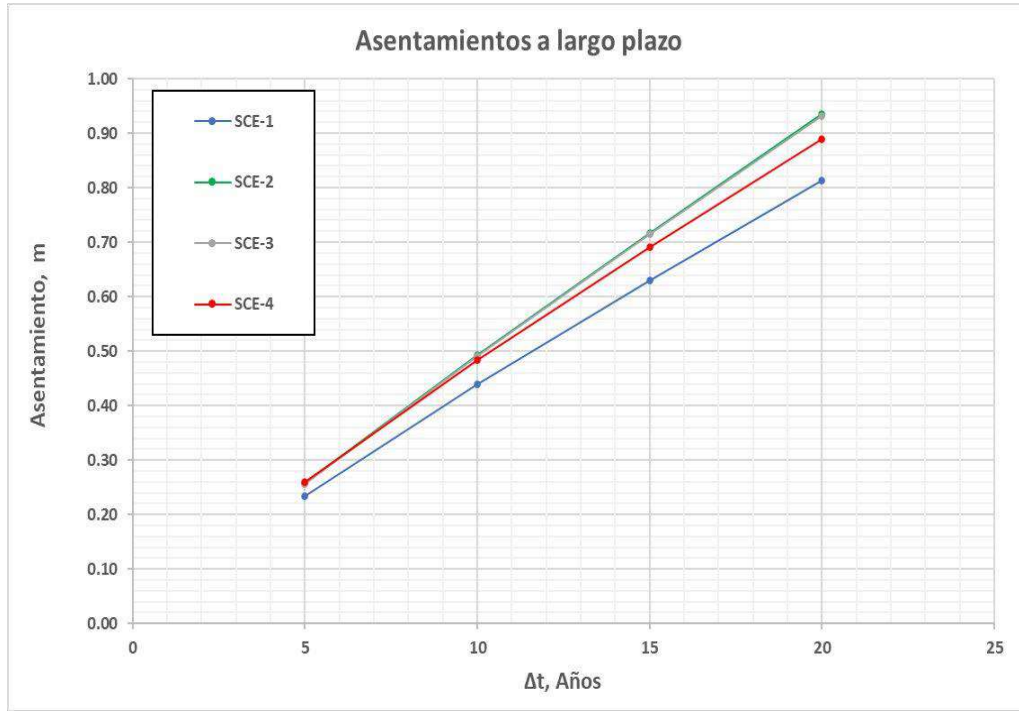
Análisis a 25 años



Asentamientos acumulados en metros a partir de 2018					
Año	2023 (5 Años)	2028 (10 Años)	2033 (15 Años)	2038 (20 Años)	2043 (25 Años)
FAS	0.0694	0.1334	0.1949	0.2546	0.3132
FAI	0.0773	0.1237	0.1630	0.1993	0.2342
DP	0.1945	0.3408	0.4744	0.6017	0.7256
Total (m)	0.3412	0.5979	0.8323	1.0556	1.2730

Asentamientos acumulados en metros a partir de 2018					
Año	2023 (5 Años)	2028 (10 Años)	2033 (15 Años)	2038 (20 Años)	2043 (25 Años)
FAS	0.0658	0.1182	0.1652	0.2092	0.2518
FAI	0.0812	0.1401	0.1900	0.2351	0.2774
DP	0.1949	0.3424	0.4708	0.5890	0.7015
Total (m)	0.341860465	0.600697674	0.826046512	1.033255814	1.230697674

Evolución de los asentamientos en el sitio

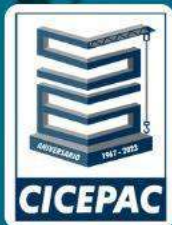


Periodo	Diferencial de asentamiento (cm)		
	$\Delta\delta$ (SCE-1 y SCE-2)	$\Delta\delta$ (SCE-1 y SCE-4)	$\Delta\delta$ (SCE-2 y SCE-4)
de 2023 a 2028	2.47	2.60	0.14
de 2028 a 2033	2.93	1.98	-0.95
de 2033 a 2038	3.26	1.56	-1.70
de 2038 a 2043	3.56	1.40	-2.16

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La tendencia general con la que se hunde el edificio de la Academia de San Carlos se mantendrá, es decir, asentamientos diferenciales entre las falladas norte, sur, oriente y poniente.
- La velocidad del hundimiento regional disminuirá con el tiempo y los asentamientos de tipo diferencial se irán acumulando en la estructura.
- Resulta muy probable que se generen nuevas grietas y fisuras en los diferentes elementos arquitectónicos que componen a la Academia de San Carlos.
- Se debe continuar con el monitoreo continuo de los asentamientos diferenciales que se presentarán en el inmueble de la Academia de San Carlos.
- Será necesaria la revisión e intervención de las diferentes grietas y fisuras por parte de especialistas en la materia a fin, de detectar de forma temprana algún problema que a futuro que pudiese comprometer gravemente la seguridad y estabilidad de la estructura y que, al día de hoy, no es el caso.





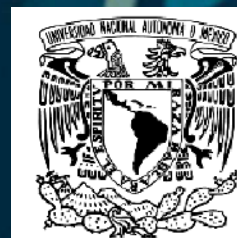
XXVIII
CONSEJO DIRECTIVO



¡Gracias!

Dra. Renata A. González R.

RGonzalezR@iingen.unam.mx



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**