



Transporte S.A.

Transportadora de Hidrocarburos de Bolivia y Sudamérica

**INFORME PRIMER ANALISIS GEOTECNICO
Y TOMOGRAFIAS 2D EDIFICIO
VILLAMONTES**

Por Geól. Jorge Serna A.

ENERO 2019

INFORME PRIMER ANALISIS GEOTECNICO Y TOMOGRAFIAS 2D EDIFICIO VILLAMONTES

INTRODUCCION:

Se realizó un estudio geotecnico de la situación que se observa en el edificio de Villamontes mediante el uso de tomografías 2D geoelectricas. Se realizaron cinco tomografías para tal fin, de tal manera de determinar la problemática y la incidencia de la misma, en la estructura del edificio que está causando las grietas y otros daños que se observan en el dossier fotográfico.

OBSERVACIONES VISUALES Y UBICACIÓN DE LAS TOMOGRAFÍAS

Previo al tendido de líneas, se realizó un recorrido de las instalaciones para observar los daños y el agrietamiento dentro del edificio. Luego, se recorrió la parte externa al mismo, observando un suelo con cantos de grava y material o suelos limo-arenosos. En un sector se observó una saturación de agua en el suelo (inundado), que se ocultaba bajo un engramado de pasto, ubicado en la parte Oeste. Luego, por los datos proporcionados por los encargados también existe saturación de agua en el anfiteatro.

Por lo que, se decidió realizar la primera mañana dos tomografías paralelas. La primera ubicada entre una cámara que se encuentra rebalsando de agua, y la pared del edificio. La segunda línea de tomografía pegada a la pared del edificio.

Posteriormente, se continuó con una tercer tomografía, ubicada atrás del anfiteatro, en el lado Este del edificio.

Estas tres tomografías se realizaron a detalle con una distancia entre electrodos de 0.50m.

Con estas tres tomografías se determinó la fuga de agua de unas de las cámaras, la filtración y acumulación bajo el edificio. Estas son las causas de la problemática, pero se realizaron otras 2 tomografías más para poder inferir los daños a la estructura, principalmente en los cimientos.

Según las fotos de la obra durante su ejecución se observa que el suelo era de origen aluvial, pero sobre un sustrato terciario fino limoso. El material aluvial predominante es la grava gruesa conocido como "piedra manzana" o conglomerado grueso, con alta permeabilidad. Por la saturación de agua del suelo hay contaminación de finos (limos) entre los clastos de grava (gruesos). Estos finos luego, cuando existe una presión de poros y esta agua se mueve en el subsuelo arrastra esos finos. Esto hace que se observen huecos en el suelo, denominados tubificaciones fruto de la fuga de finos. Otros procesos ocurren, pero, el más importante es la migración de finos que dejan espacios vacíos principalmente bajo de los cimientos. Puede verse en las fotos estas tubificaciones que llegan hacia a la superficie y es aprovechada por hormigas.

Con el equipo de topografía Estación Total se hicieron mediciones de verticalidad, se estableció una diferencia promedio de 9.0 milímetros. Esto no es definitivo ya que se requiere un monitoreo para determinar un posible movimiento que esté afectando la estructura.

Con este equipo se tomó una pendiente de la zona dando un 0.6 %, lo que se estipula que las sedimentos aluviales del suelo de fundación tienen el mismo sentido del flujo subterráneo.

En la fotografía siguiente se observa la posición de las tomografías L1, L2, L3, L4 y L5.

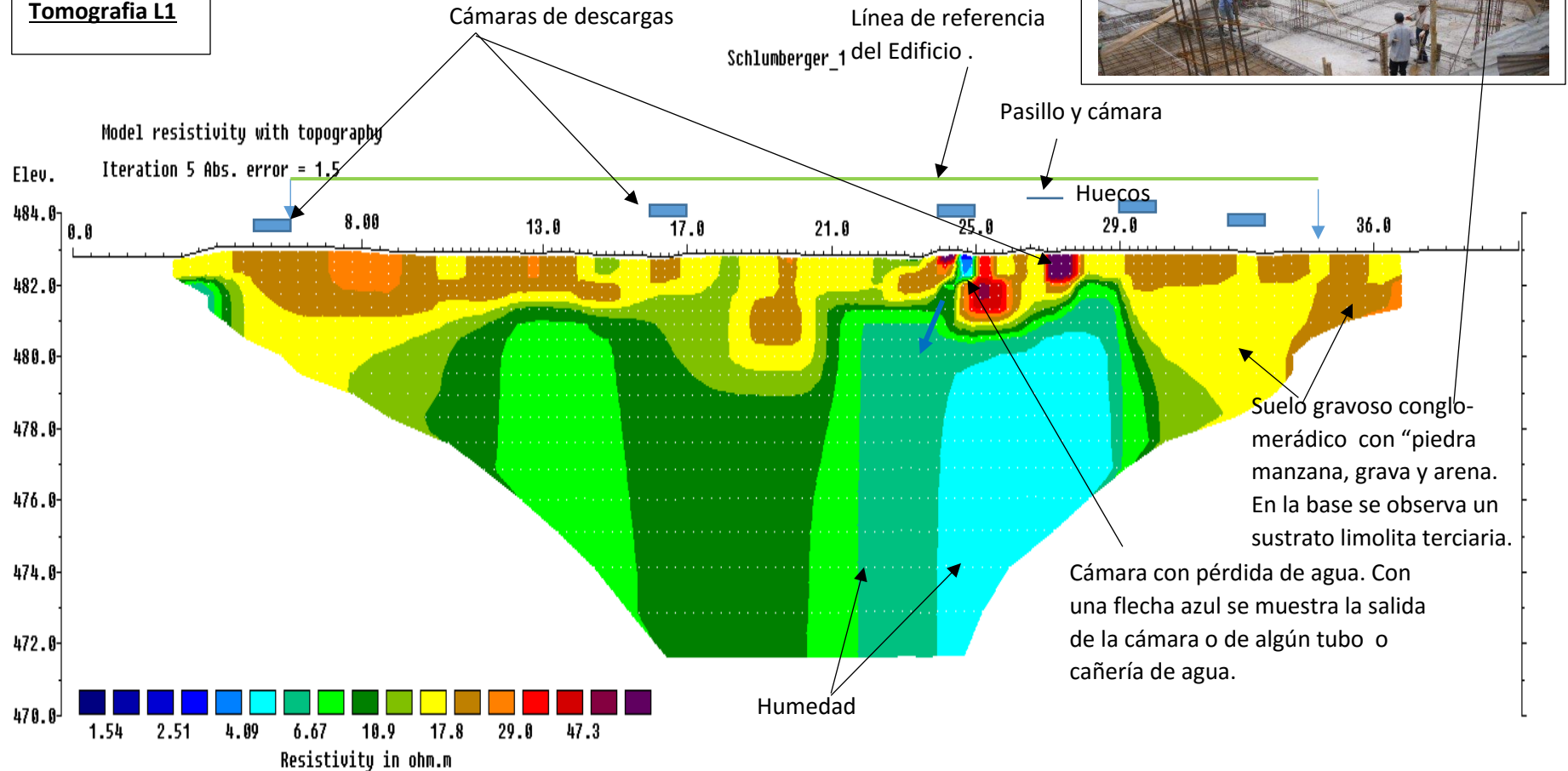


Foto satelital de google earth donde se ubican las líneas de tomografía L1, L2, L3, L4 y L5. También se ubica la dirección del flujo de agua subterránea. — — — — —

A un costado foto de una tbuificación en el suelo con la ubicación del mismo.

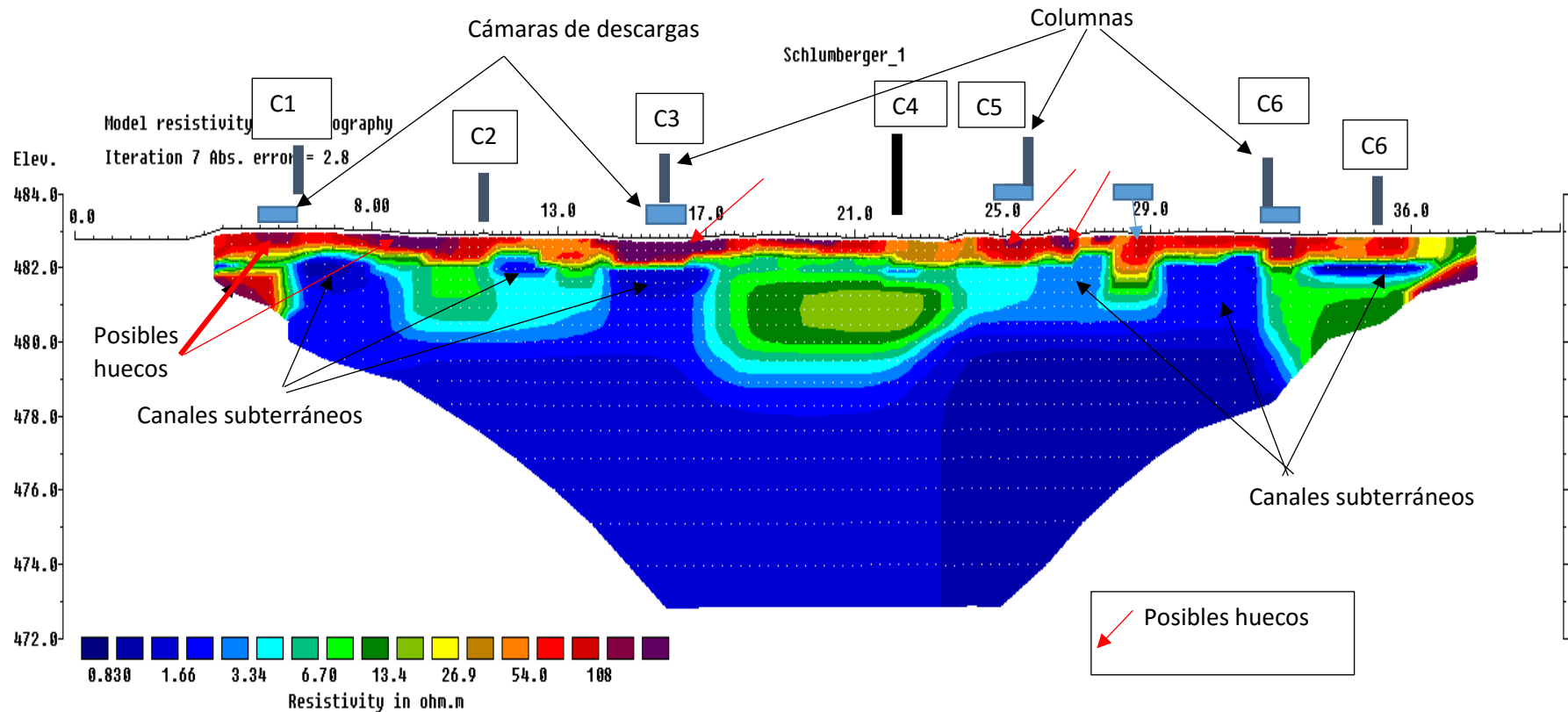
TOMOGRAFÍAS REALIZADAS:

Tomografía L1



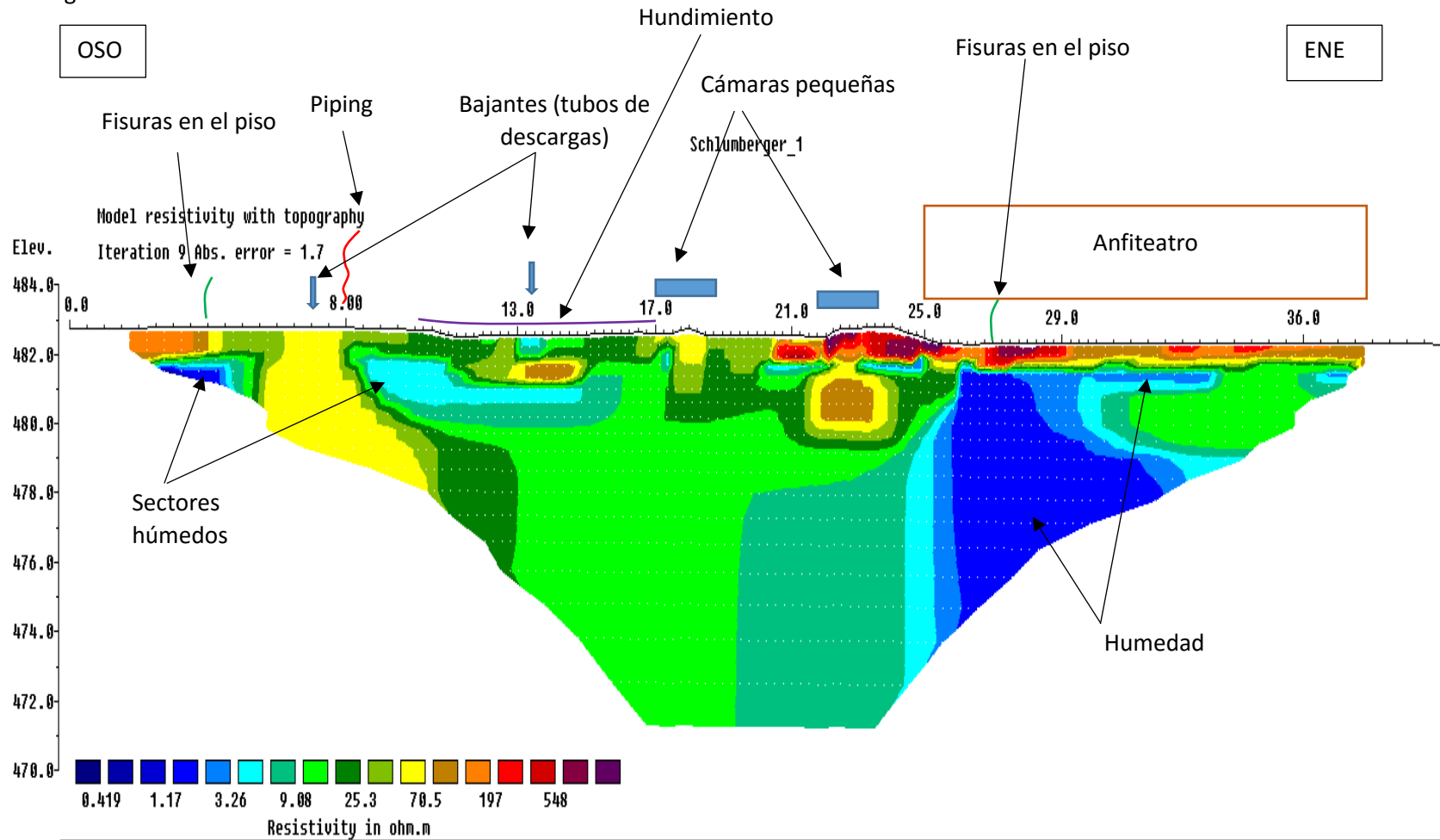
ANÁLISIS: La presente tomografía 2D muestra un perfil del subsuelo, de un tendido de línea de 40m, con penetración en la zona central hasta los 12m de profundidad. Pueden observarse la escala de colores de las resistividades que se ubica en la base, que muestra valores bajos que corresponden a bajas resistividades y hacia los colores rojizos mayores resistividades. Por las características del tipo de suelo la coloración es amarilla a marrones. Las coloraciones verdosas a celestes indican la humedad y que el agua está en movimiento por infiltración. Las cámaras se observan con resistividades altas rojos a negro, por la presencia de aire. Estas denotan también formas cuadradas. Las cámaras humedecidas por ingreso de agua, muestran también resistividades atenuadas dando coloraciones naranjas a marrones.

Tomografía L2



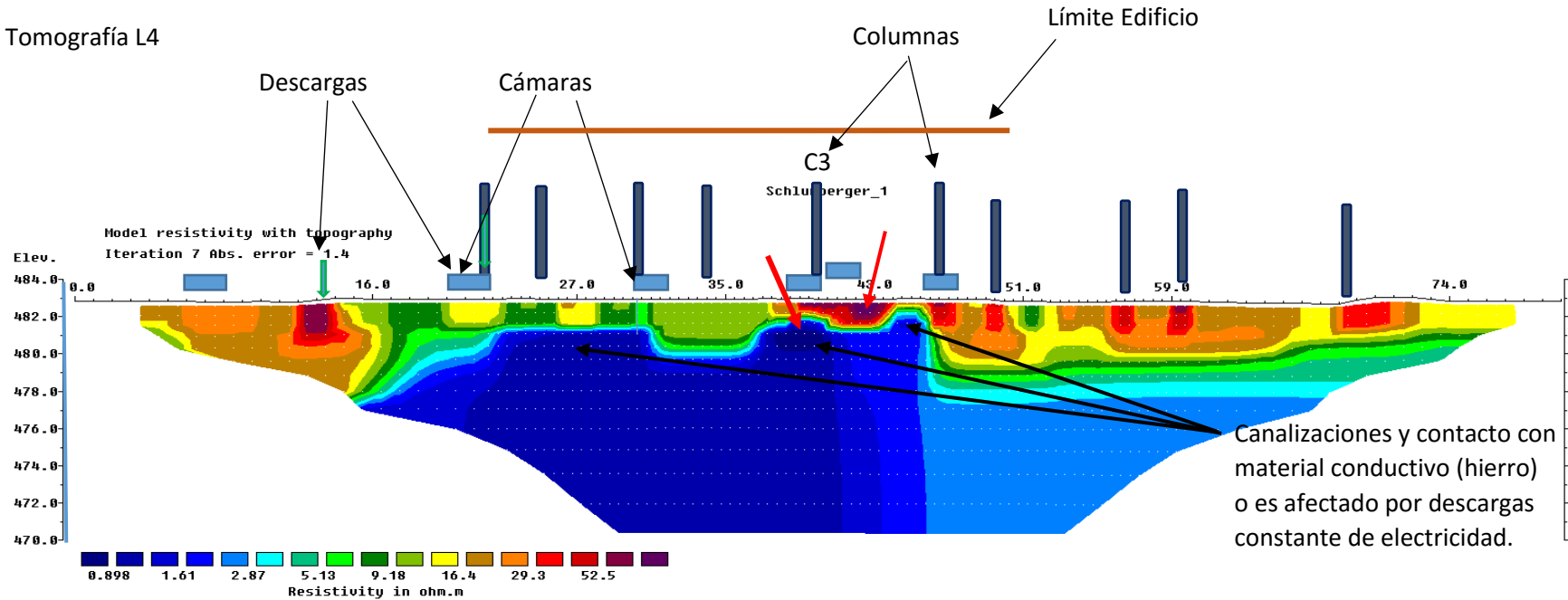
ANÁLISIS: línea de tomografía ubicada contra la pared Oeste del edificio. Al igual de la L1, tiene una disposición de electrodos cada 0.5m. A diferencia de la L1, en esta puede verse que la saturación es casi total del subsuelo con agua dada por muy bajas resistividades. Esto debido a que el nivel freático está muy elevado, esto produce una alta presión de poros contra las estructuras, formando canalizaciones y vacíos por debajo de ellas. Esto se ve bien en la columna 3 (C3) y a los costados de las otras. Por encima de estas, pueden observarse altas resistividades, que corresponden a hormigones huecos o estructuras muy rígidas. Como estas coloraciones rojizas a negras casi superficiales, corresponden al piso de hormigón ciclópeo o a cámaras. En el C3 se tiene un canal y una cámara contigua a ella. Estos posibles huecos pueden continuar en los canales, por lo que hay que investigar haciendo el estudio de suelos en esos puntos. Un sector del perfil (entre los 24.75m a 32.0m) y por debajo de los 3m de profundidad, se observa también una zona saturada mayormente que el resto, esto tal vez a que el agua subterránea no tiene mayor obstáculo para pasar a través de los cimientos del edificio y se concentra más por debajo del mismo

Tomografía L3



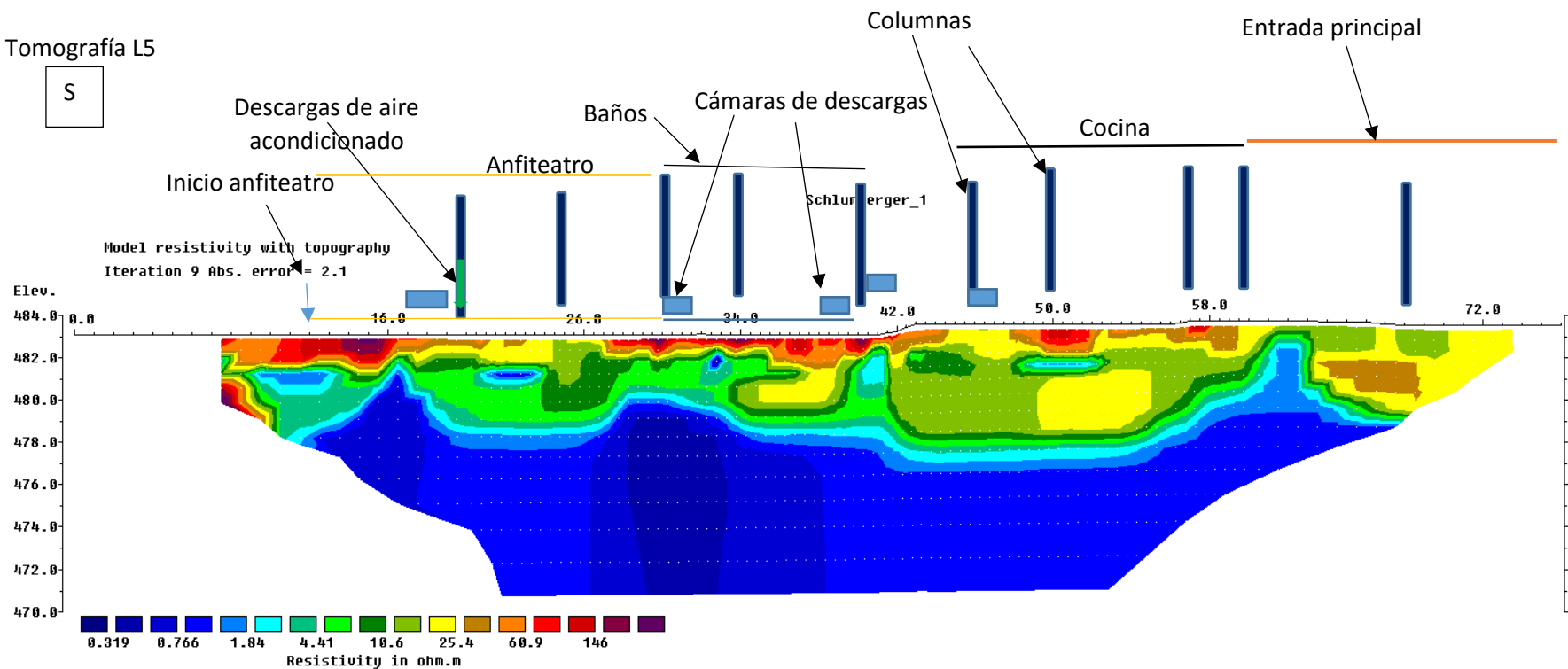
ANALISIS: Al igual que l1 y L2, esta tomografía tiene una separación de electrodos de 0.50m, también con la misma correlación de las anteriores. El perfil está en sentido ENE a OSO. Puede verse claramente que por el sector del anfiteatro la presencia de humedad es mayor pues por este sector sale una corriente de agua o se concentra en el mismo la salida del agua que pasa por los cimientos del edificio, que viene desde el sector de L1 y L2 (sector Oeste). Esta "posible canalización" del agua a través de los cimientos. Este sector es el único donde el tendido de línea está pegado a la pared, al igual que el L2. Acá puede verse que también hay vacíos que coinciden con grietas en el piso. Estos vacíos se deben analizar, pues pueden continuar en el subsuelo los que presentan humedad.

Tomografía L4



ANÁLISIS: se observa un perfil de tomografía con separaciones de 1.0m entre electrodos, cuya longitud de casi 80.0m y profundidad que no supera los 13.0m. En el mismo sitio que la L2 de 40.0m. Es importante indicar, que la noche anterior había llovido, por lo que había mayor humedad en el piso de hormigón, por lo se observa a menor profundidad el nivel freático. Pero lo principal se puede observar una bajísima resistividad menor a 0.89 ohmios, ubicado bajo la columna 3 (3). Esta muy baja resistividad indica que hay material conductivo en contacto, como por ejemplo la estructura hierro interna de la columna. Otra explicación es que se tenga una descarga constante de tierra o pérdida de electricidad en el piso o columna que al contacto con la humedad se esparce la misma. Esto debe investigarse. Las líneas rojas indican estos sitios. Además determinar si no estos vacíos o huecos continúan en profundidad para observar que constituyan problemas en dicha columna.

Tomografía L5



ANALISIS: Al igual que la L4, se observa un perfil de tomografía con separaciones de 1.0m entre electrodos, cuya longitud de casi 80.0m y profundidad que no supera los 13.0m. Se colocaron líneas de colores que muestran los sectores del edificio más cercana. Solamente la línea del anfiteatro está apegada a la pared parcialmente. En esta zona se observa mucha anomalía de muy baja resistividad que se requiere un estudio de suelos. Puede explicarse como una acumulación de finos o arcilla orgánica que provenga de la infiltración de agua y salida por este sector como se dijo en la L3. Y además la presencia en el suelo de pipings o tubificaciones por la presencia de mucho material fino entre la grava observado en superficie. O bien la otra explicación de descargas a suelo o pérdidas de electricidad en el lugar. También se observan como en otras tomografías como ojos de agua canalizaciones pequeñas de humedad.

DOSSIER FOTOGRAFICO DE LOS PROBLEMAS:



Foto 1 se observa la posición de las dos tomografías L1 y L2. Y a un costado la foto de una cámara rebalsando de agua, como el suelo saturado de agua también.

RELACION DE GRIETAS DE LA COLUMNAS PAREDES DEL SECTOR OESTE DEL EDIFICIO:



Foto 2: se observa una grieta en la columna con una dirección de 45° columna 3.



Foto 3: se observa grieta de la columna y de la pared en 45° columna 2.



Foto 4: otra columna con el mismo problema. Columna 4



Foto 4: pared en la misma relación angular que las anteriores. Se trasmite a la columna 5, también.



Foto 5: se observa otra grieta vertical pero en la pared con desplazamiento hasta el suelo.



Foto 6: otra grieta en la pared .



Foto 7: se observa el mismo patrón de grietas en la pared columna 1.



Foto 8: columna y pared interna con presencia de grietas. Esta se presenta en la segunda hilera de columnas, pero se observa en la pared, con sentido contrario a la primera hilera de columnas que están del lado oeste.



Foto 9: se observan las estructuras de hierro de las hileras de columnas durante la construcción.



Foto 10 se observa el edificio con las dos primeras hileras de columna, y el lado derecho de donde proviene la infiltración de agua dada por la flecha azul.

CONCLUSIONES:

- Es claro el origen de la problemática la saturación de agua en el subsuelo y un movimiento de la misma en sentido Oeste hacia el Este del edificio lo que arrastra finos.
- El origen es la pérdida de agua de cañerías o cámaras presentes en el lado oeste.
- Las posibles presencias de huecos o vacíos en los cimientos del lado oeste o primera hilera de columnas, causadas por la fuga de finos, esto acarrearía hundimientos por la baja capacidad soporte de este lado. Lo que estaría en tensión por el mismo peso del edificio y/o haya ya sido afectado por ondas sísmicas que ocurrieron el 02/04/2018 y que hubo en dicha fecha una evacuación del edificio del personal. Esto originó un movimiento de las columnas en el sector oeste por el paso de los dos movimientos de ondas P y S. Las S (secundarias) tuvieron un efecto de sacudida u oscilación fuera del sentido oscilatorio del edificio por efecto de la falta de sustentación en un lado del mismo, provocando una sacudida o efecto de látigo, provocando que las columnas de este sector quiebren en grietas de 45° en el contacto con la primera viga base del primer piso. Los esfuerzos de tensión con contrarios al sentido de las grietas, que se

transmitieron con el tiempo hacia las paredes pues continúa dicha tensión producto de la constante fuga de finos que provoca mayores vacíos en los cimientos.

- Estas grietas continuarán de manera muy peligrosa para la estabilidad del edificio en su ala oeste y centro. En este caso por la aparición de grietas en la segunda y tercer hilera de columnas y paredes que tienen sentido contrario en respuesta a una tensión en sentido contrario.

RECOMENDACIONES DE EMERGENCIA

- Eliminar el problema de pérdida de agua de cañerías y/o cámaras de forma urgente.
- Construir una zanja filtrante en el sector Oeste, sacando el agua de filtración hacia el sur de la zona. Esta zanja debe tener buena profundidad de tal manera de colocar un geocompuesto de geomembrana y geotextil con un tubo dren. De tal manera de tener un lado como un “slurry wall”, que impida la infiltración hacia los cimientos del edificio. Esto además permitirá que no se inunde el anfiteatro, al no haber nivel freático elevado.
- Realizar tomografías transversales para determinar los volúmenes de los posibles huecos en los sectores de columnas o por debajo de la losa de fundación.
- Excavar las columnas en los sectores con posibles huecos que lleguen hasta los cimientos del lado oeste.
- Realizar las inyecciones de hormigón o lechada que limiten la posterior inyección de “groundting.
- Continuar con los monitoreos y estudios para colocar vigas o columnas tipo “pie de amigo”, como se realizó en la zona Estación Buena Vista, para que aseguren todas las columnas de la primera hilera. Estas obras consisten en la colocación de pilotes perforados con inyección in situ de Hormigón con fundaciones profundas. Estos pilotes unidos mediante un cabezal de hormigón de donde nace las columnas tipo pie de amigo como se observa en la siguiente fotografía de la estación de Buena Vista.



Fotos 11 y 12 de columnas en pie de amigo y con pilotes vaciados in situ como fundación de las columnas

