



Transporte S.A.

Transportadora de Hidrocarburos de Bolivia y Sudamérica

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

Por Geol. Jorge Serna A.

Operador tomógrafo Ing. Orlando Jares

Febrero 2019

ANTECEDENTES:

En un anterior informe se daba las siguientes conclusiones:

- "...Es claro el origen de la problemática la saturación de agua en el subsuelo y su movimiento en sentido Oeste hacia el Este del edificio y que arrastra finos."
- "... El origen es la pérdida de agua de cañerías o cámaras presentes en el lado oeste (tanque de agua enterrado)".
- "...Hay baja capacidad soporte del lado Oeste del edificio. Lo que haría 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 son 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 dicha tensión inicial".

Dentro de las recomendaciones que se hizo en dicho informe fueron

- "...Se eliminó el problema de pérdida de agua de cañerías y tanque del lado oeste.
- No se construyó la zanja filtrante, ni se hicieron las otras recomendaciones.

INTRODUCCION 2° INFORME

En este segundo informe tenía como objetivo poder visualizar el subsuelo donde está asentado el edificio, sus columnas y la losa de fundación, pero principalmente ubicar sectores de la fundación con problemas como ser aumento de vacíos (huecos) para poder determinar de hacer inyecciones de grouting u hormigón para reforzar los cimientos del edificio. Para ello se hizo primeramente una tomografía dentro del edificio con arreglo Werner como prueba, cuya lectura es rápida con el objeto de hacer una programación de las demás tomografías dentro del edificio con el arreglo tradicional de Schlumberger. Durante la prueba de la primera tomografía, se tuvieron paradas del equipo por descarga de electricidad al suelo lo que dificultaría todas las otras tomografías. Por lo tanto, se determinó realizar cuatro tomografías a detalle con espaciamiento de 0.50m entre electrodos para disminuir los errores como la que produce la mencionada descarga de electricidad. Todas las lecturas de las tomografías tuvieron estas dificultades por lo que los estudios llevaron más tiempo del calculado.

Se identificaron anomalías que surgieron de la primera tomografía, por lo que en dichos puntos se realizaron perforaciones con equipos manuales, rompiendo el piso con amoladoras,

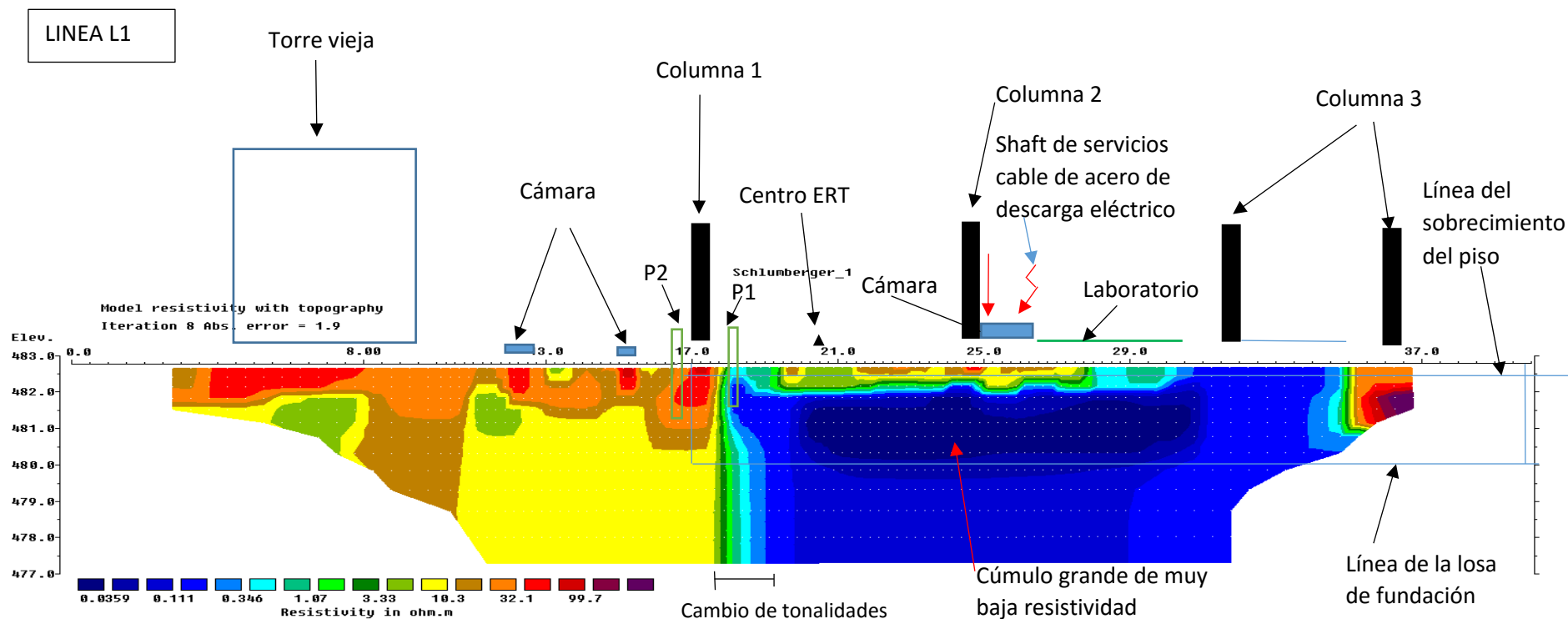
cinceles y combos, para atravesar el mismo y el contrapiso o sobrecimiento. Luego, el suelo con cavadores y una viscachera. Además personal de la contraista excavó también una calicata para verificar las características del suelo.

UBICACIÓN DE LAS TOMOGRAFIAS

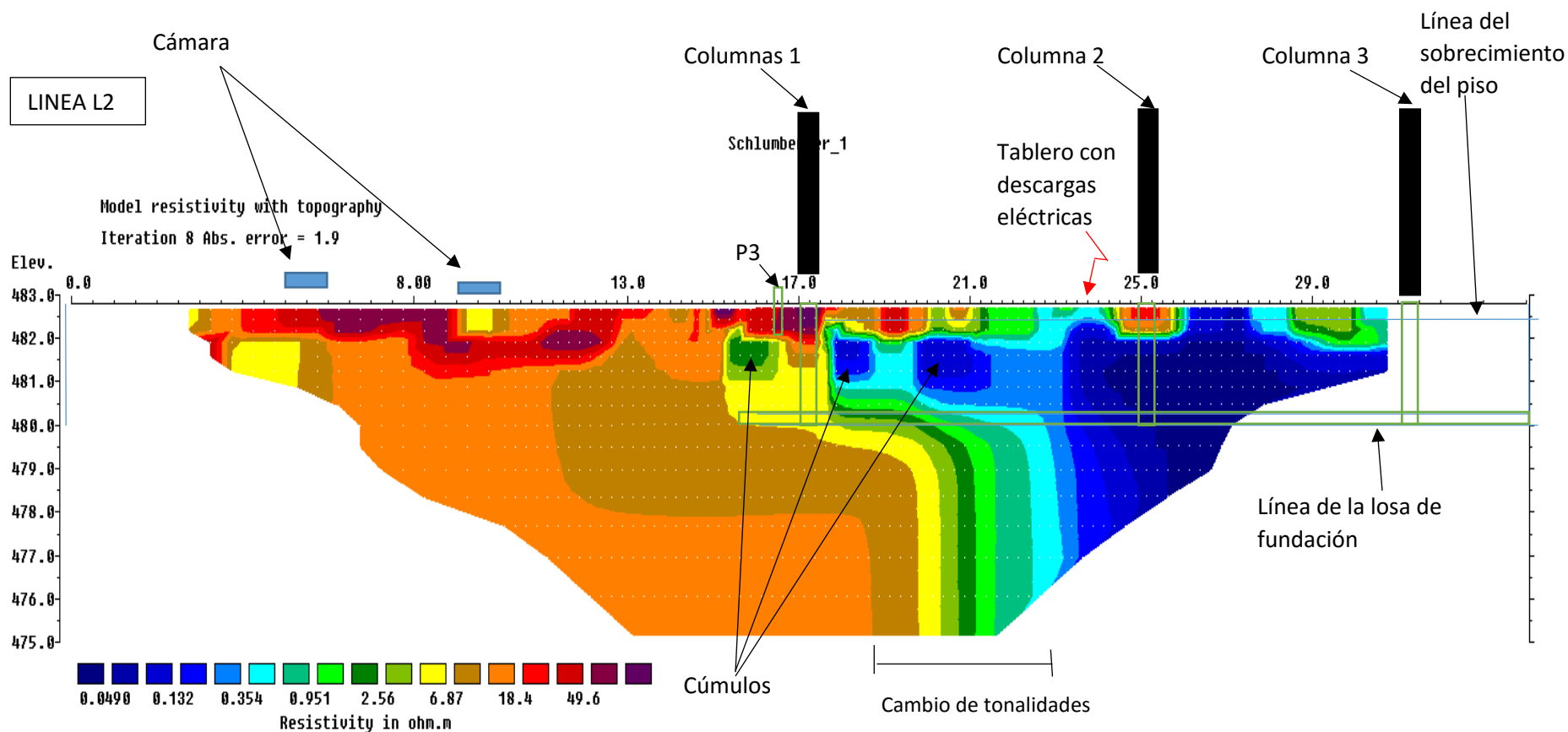


Foto satelital de google earth donde se ubican las líneas de tomografía L1, L2, L3 y L4, siguiendo las línea de las columnas.

ANALISIS DE LAS TOMOGRAFIA

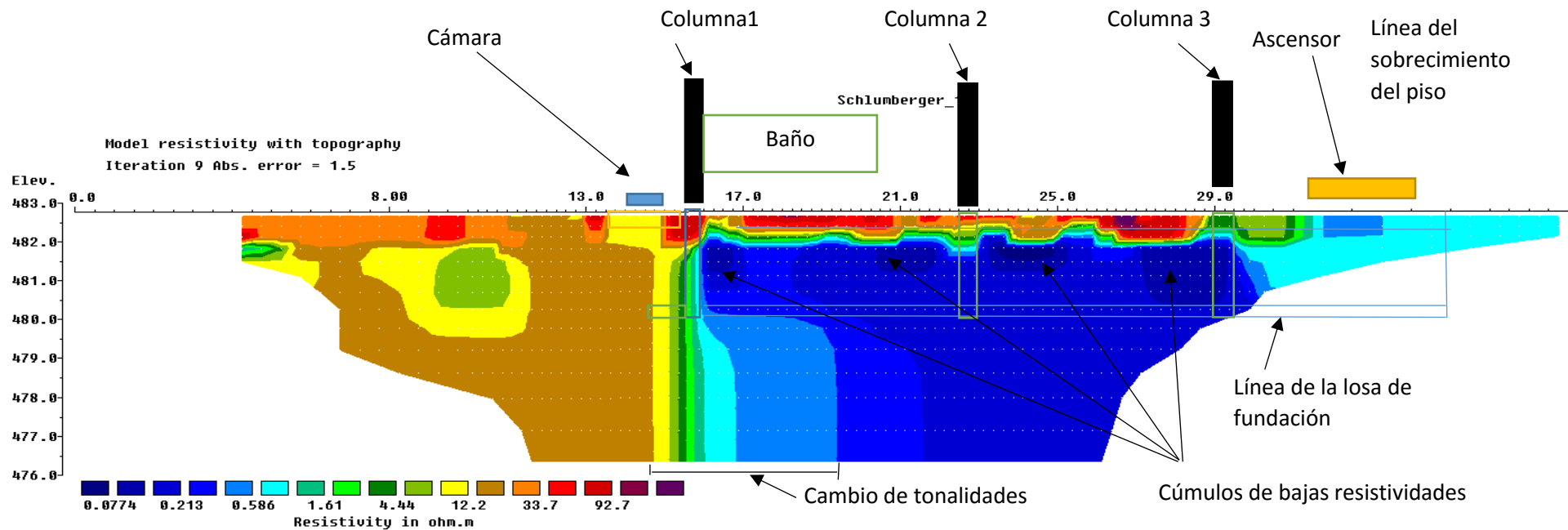


ANÁLISIS: Se observa un perfil de tomografía donde a partir de la columna 1 se tiene hacia la izquierda de la misma la parte externa del edificio y hacia la derecha la parte interna del edificio. En la parte inferior se muestra la escala del rango de resistividades que en general son muy bajas. Además, se muestreó en dos pozos realizados P1 y P2, entre 1.0 y 1.20 m de profundidad respectivamente. En ambos pozos se pudo ver la presencia de un suelo limo-areno fino arcilloso, con humedad que aumentaba a medida que se profundiza. En ambos pozos tenemos el mismo tipo de suelo. Hay muy poca diferencia de humedad. Sin embargo, la coloración más azulada hacia la derecha de la columna 1 se debe a la descarga a suelo de electricidad, cuya descarga se ubica entre los puntos 25 a 26.0m, donde se tiene un shaft de servicio donde existe un cable de acero de descarga a tierra de toda la instalación del edificio (ver foto 2). Esto hace que se viera un cambio de tonalidades muy brusco que pasa por varios colores en forma abrupta que se inicia a partir de la columna 1. Aparte, se observa un solo cúmulo grande de muy baja resistividad producto también de la descarga y la humedad mayor, y que se concentra principalmente por encima de la línea de la losa de fundación. El aumento de humedad también podría deberse a una pérdida de agua ya que en este sector se tiene la subida del ducto de agua que va al tanque superior, y bajan los tubos de descarga de los baños de los pisos arriba. Sin embargo, las descargas de electricidad están ocultando más información en esta tomografía.

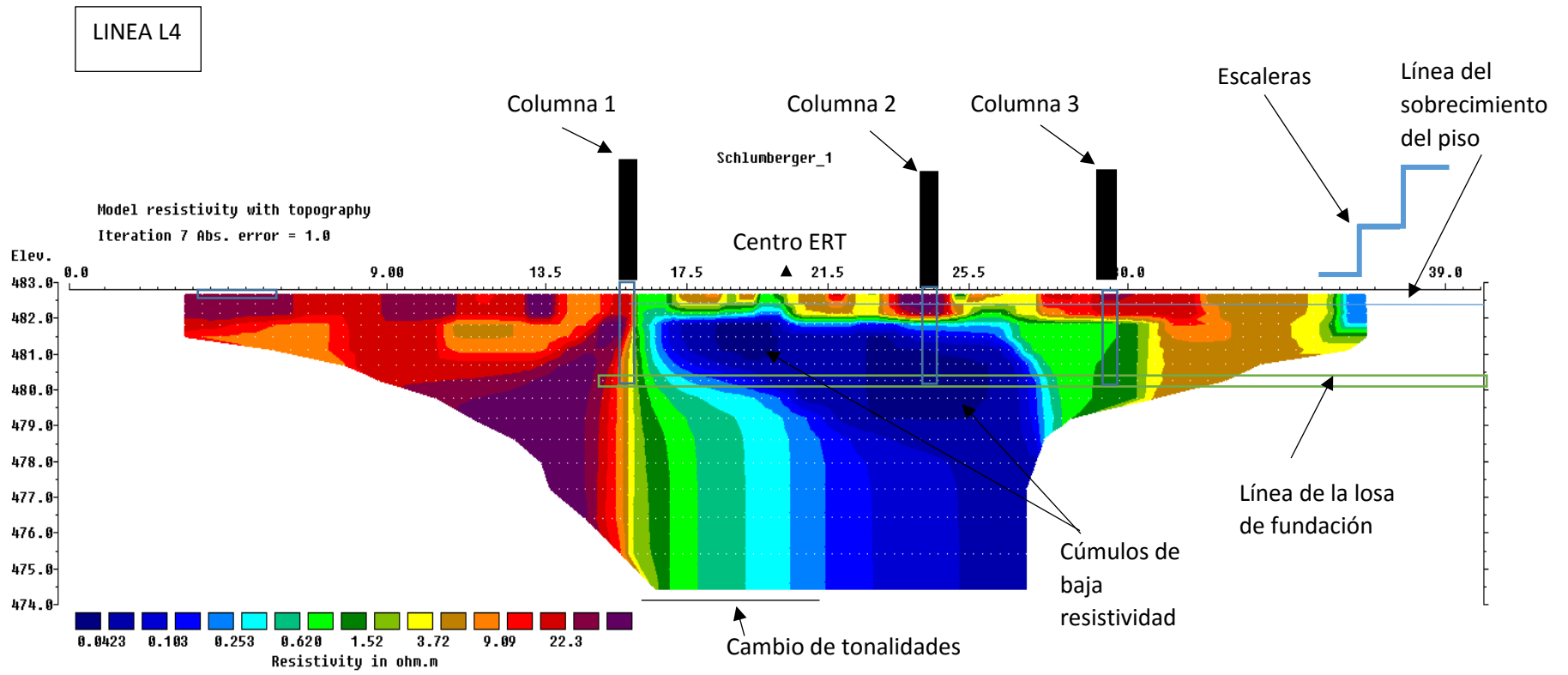


ANÁLISIS: Se observa el perfil de tomografía L2, donde se tiene la escala de rango de resistividades más bajo que el anterior. De la misma manera en el perfil se tiene, a la izquierda de la columna 1 el sector externo del edificio, y hacia la derecha de la columna la parte interna del edificio. También tenemos un panel de electricidad que descarga al suelo, ubicado entre los puntos 23.0m a 24.0m del perfil. El equipo de tomografía ha tratado de eliminar las descargas lo que hace disminuir el rango de la escala de recepción de las resistividades. Por lo que en este caso se tiene un más bajo rango. Se observa, de todas maneras, cúmulos de sectores con menores resistividades que para ser analizados de mejor manera se deberían eliminar las descargas de electricidad hacia el suelo dentro del interior del edificio, ya que estos cúmulos pueden ser interpretados de diferentes maneras como si fueran pérdidas de agua o bien canalizaciones, o áreas de menores capacidad soporte con pérdida de finos (suelos blandos expandibles). Sin embargo, las descargas de electricidad están ocultando más información en esta tomografía también, principalmente en profundidad por debajo de la losa de fundación. En el sector externo se hizo un pozo P3, pero no progresó al tener este punto una capa gruesa de hormigón ciclópeo, lo que dificultó la perforación. En profundidad, se observa un cambio de tonalidades también no tan brusco pero que no se inicia luego de la columna 1, además demarcan la posición de la losa de fundación a diferencia de las otras tomografías, mostrando un suelo de baja resistividad (suelo blando limosos arenoso limoso) por debajo de la losa. Puede verse en profundidad la columna 1 pero con distorsión.

LINEA L3



ANÁLISIS: Se observa el perfil de tomografía L3, donde se tiene la escala de rango de resistividades más alto que el anterior. De la misma manera, en el perfil se tiene a la izquierda de la columna 1 el sector externo del edificio, y hacia la derecha de la columna la parte interna del edificio. La escala con el rango de las resistividades es similar a L1. En este perfil también se observa un cambio de tonalidades que inician en la columna 1, cambia también en forma abrupta posiblemente a las descargas de electricidad mencionada antes. También se observan los cúmulos de bajas resistividades que pueden deberse a acumulación de humedad en zonas de suelos limo arcillosos finos y expandibles. No se observa la columna 1, ni la losa. Solo el cambio de tonalidad puede demarcar levemente la posición de la losa de fundación. También en esta tomografía no puede verse las raíces de las columnas ni la losa de fundación puede sólo inferir la posición de la losa con la inflexión de las curvas. Luego del punto 29.0m de la columna 3 hay un cambio en la coloración de las resistividades en forma muy leve antes del ascensor que actúa como barrera a la humedad.



ANÁLISIS: De la misma manera, en el perfil se tiene a la izquierda de la columna 1 el sector externo del edificio, y hacia la derecha de la columna 1 la parte interna del edificio. La escala con el rango de las resistividades es similar a L2. Puede verse un poco más profunda la raíz de la columna 1, no así la losa de fundación ni las otras columnas. A partir del punto 27.50m antes de la columna 3, hay cambio en las tonalidades y resistividades porque se ingresa al salón o hall principal del edificio, donde efectivamente no se tiene injerencia de descargas de electricidad al suelo y tenemos la fosa del ascensor. Los cúmulos de baja resistividad que se observan, son más notorios, al igual que las anteriores afectan más a la columna 2.

ANALISIS GENERAL Y CONCLUSIONES:

Se observan en todas las tomografías dos sectores que es el externo del edificio e interno del edificio. En el externo las condiciones cambiaron respecto al primer informe al poner fuera de servicio al tanque enterrado que era la causa de la anegación del agua en el ala oeste del edificio. Al ser bloqueadas las pérdidas de agua hace que no se observen tonalidades de muy bajas resistividades como se observan en el informe anterior y que el edificio fungía como un muro de contención. Se observa en la parte externa que el suelo se está recuperando a su condición normal, antes que se saturara de agua. En dicho lugar la calicata excavada muestra una menor humedad que los pozos perforados fuera y dentro del edificio. Además, una coloración negruzca muestra la presencia de material carbonoso típico de la infiltración de materia orgánica que formará arcillas expansivas.

Durante la toma de datos de las líneas, se iban realizando la registración de las mismas y se tenían paradas automáticas del equipo al captar resistividades negativas, es decir típicas descargas eléctricas al suelo. Por lo cual, se dificultaba la recepción y el número de señales. Esto lleva a la conclusión, que dentro del edificio no podremos tener un perfil de tomografía con una imagen muy clara de lo que ocurre por debajo del piso y menos por debajo de la losa de fundación que son los objetivos buscados, a menos que se cortara la energía eléctrica y no se tengan dichas descargas.

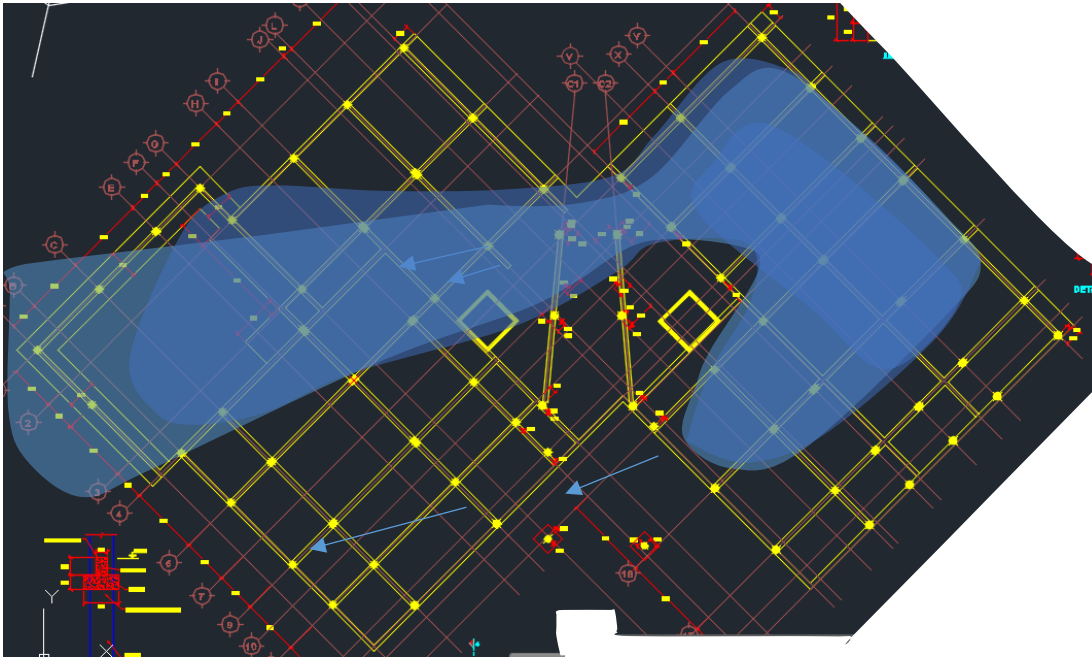
Solamente la línea L2 muestra un poco por debajo de la losa donde existe un suelo con rango de resistividad similar al encontrado en el pozo P2, que corresponde a un suelo fino limo-arcilloso con humedad y expansivas.

Esto nos lleva a la conclusión de que se deben tener dos situaciones diferentes, o ambas, de acuerdo a los análisis ya planteados en el informe anterior de tomografías y las actuales del presente informe: o se tienen huecos o pequeños espacios vacíos llenos de agua, y/o se tienen suelos muy finos con participación de arcillas expansivas. Estas ya fueron evaluadas en otros trabajos de tomografías cercanas a Villamontes donde se detectaron este tipo de suelos con muy bajas resistividades por acumulaciones de materia orgánica típicas de los suelos finos en el chaco tarijeño, que son las que generan las arcillas expansivas (Ej Estudios de Tomografía 2D en el GSCY en KP 425+350 cerca de Caigua y en el sector de Pelicano). En estos estudios, se demostró que hay una migración de materia orgánica por el subsuelo y se acumula en el mismo cerca de las estructuras producto de la infiltración de agua al subsuelo (efecto de pantanos). Al descomponerse, se forma ácido carbónico que está demostrado que puede producir daño al hormigón y a las estructuras de acero internas. Esto, además, puede indicarnos que en la tomografía ya no pueda verse en profundidad las columnas al volverse conductivas. Luego, esta materia orgánica descompuesta da lugar a la formación de arcillas orgánicas que son expansivas. Estas dan lugar a roturas en las paredes y en el piso como reventones o levantamiento de las cerámicas.

Estas situaciones se presentaron por que la infiltración de agua tuvo varios años anegando el lado Oeste del edificio y la infiltración era constante y por ende la migración de materia orgánica en descomposición hacia el subsuelo.

DISEÑO DE LA SATURACION Y HUMEDAD EN EL SUBSUELO

A continuación presentamos un mapa de la saturación y humedad en el subsuelo que afecta al edificio:



Se tiene un mapa incompleto de la saturación e humedad del suelo que afecta las estructuras en el subsuelo.

RECOMENACIONES

- Se deben realizar más tomografías pero con el edificio sin electricidad para una mejor comprensión de lo que ocurre en el subsuelo y se deba hacer obras para su estabilización. Para ello hay que desconectar la electricidad y las mallas de aterramientos para tener la seguridad de no haya interferencia para las tomografías. De esta manera, diseñar la malla de perforaciones para inyectar con grout y grouting, para estabilizar los cimientos del edificio. También se puede reforzar con pilotes “vaciados in situ como se recomendó en el anterior informe. Pero esto luego de hacer el correspondiente estudio de tomografías 2d Geoeléctricas.
- Colocar la zanja profunda con una pared impermeabilizada con un dren francés, de esta manera desviar las aguas subterránea, tal como se explicó a los ingenieros que intervinieron en los estudios.

DOSSIER FOTOGRAFICO:

LINEA 1:



Foto 1: se observa el tendido de la L1 hacia el lado Oeste o exterior del edificio.



Foto 2: se observa el Shaft de Servicios con las cámaras.



Fotos 3 y 4: se observa la línea del tendido de cables y electrodos de la L1 en el laboratorio y su final en el archivo.

LINEA 2



Foto 5: se observa el tendido de la L2 hacia el lado Oeste o exterior del edificio.



Foto 6: se observa el tendido dentro del edificio. Al fondo a la izquierda puede verse un tablero eléctrico, dentro del laboratorio.



Foto 6: se observa el tendido de la L3 dentro del laboratorio.

LINEA 3



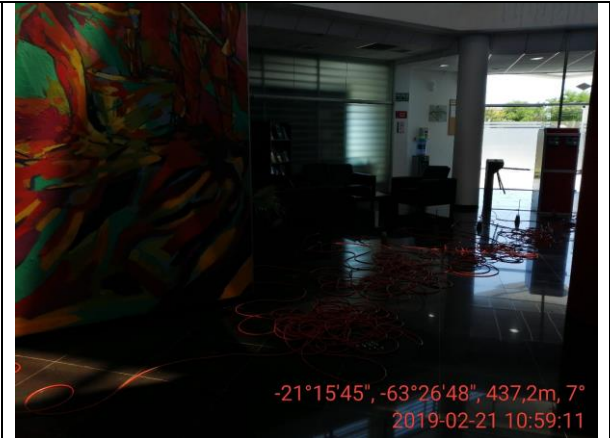
Foto 7: se observa el tendido de la L3 hacia el lado Oeste o exterior del edificio.



Fotos 8 y 9: se observa el tendido dentro del edificio empezando del baño (foto derecha) y luego en los pasillos. Para esta línea, para evitar distorsión, se empleó un equipo de topografía para en-rectar la línea con la de afuera del edificio.



-21°15'45", -63°26'48", 437,2m, 141°
2019-02-21 10:58:47



-21°15'45", -63°26'48", 437,2m, 7°
2019-02-21 10:59:11

Foto 10 y 11: se observa el tendido de la L3 dentro del edificio, antes y después del ascensor.

LINEA 4



-21°15'45", -63°26'48", 437,1m, 33°
2019-02-21 17:00:00



-21°15'45", -63°26'48", 437,2m,
2019-02-21 17:02:00

Foto 12 y 13: se observa la línea 4 dentro del edificio en el laboratorio y en la sala médica (a la derecha).



-21°15'45", -63°26'48", 0,0m, 204°
2019-02-21 17:03:14



-21°15'45", -63°26'48", 0,0m, 86°
2019-02-21 17:03:24

Foto 14 y 15: se observa el tendido de la L4 dentro del hall del edificio y pasa por debajo de la escalera.

EXCAVACIONES Y PERFORACIONES PARA MUESTREO DE SUELOS:



Foto 16: se observa el piso dentro del edificio y el sobrecimiento, que fue roto, y se comenzaba a realizar una perforación con una vizcachera. Se observa el enmallado de hierro del piso de hormigón y el sobrecimiento de rocas abajo del mismo.



Foto 17: muestra de suelo o barro denso de limo-areno-arcilloso, con algunos granos de roca, sacado con la vizcachera a 1.0 m de profundidad. El suelo se observaba con más humedad hacia abajo.



Foto 18: Se observa la rotura del pasillo de Hormigón ciclópeo. El suelo obtenido presentaba casi igual humedad que el de la foto 7.



Foto 19: se observa la calicata de 1.0 m de profundidad constituido por limo-arcilla, con más porcentaje que el anterior de arcilla. Se observa una coloración oscura de arcilla con materia orgánica indicado por la flecha negra.