

Evento: CONGRESO INTERNACIONAL DE AGRIMENSURA

:

Forma de Presentación: Oral X Póster

UN ENFOQUE DE LA SALINIDAD DE LA CUENCA DE LA PRESA BIO Y LOS SUELOS EN SAN GERMÁN POR MEDIO DE LA GEOFÍSICA

Rodolfo Modesto Bordón Roger.

- *Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín, RAUDAL. UEBGP.*
rodolfo.bordon@raudal.hlg.hidro.cu

Resumen.

Entre los principales objetivos a alcanzar están:

Avanzar en la definición del origen de la salinización geológica que afecta la zona y área de los trabajos incrementando el estudio de la Hidrogeología, usando los métodos de interpretación de imágenes remotas, los estudios Geofísicos regionales y locales así como el levantamiento geólogo-hidrogeológico.

Realizar el estudio apoyado en métodos geofísicos de vulnerabilidad de los suelos agrícolas considerando que en el área del barrio La Gloria hay una anomalía de sal de origen geológico con una concentración de 18 g /Litros de SST. Esta se detectó en el punto donde se perforó la cala No 68 de la investigación realizada para fundamentar el Esquema Regional para la utilización de los Recursos Hídricos y Agrícolas de las Provincias Orientales.

Esclarecimiento de los contactos geológicos y litológicos, potencia de las capas e inferencia litológica a partir de la resistividad, localización y pronóstico de la dirección de las fallas y sus zonas de influencia, Presentamos las imágenes de Tomografías Eléctricas hechas durante la ejecución de los trabajos de campo realizados utilizando Geotomo Software RES2DINVy Golden Software Surfer programas especializados para las Geociencias.

Apoyar científicamente las medidas técnicas y ambientales necesarias para el desarrollo sostenible del área investigada y a partir de las experiencias adquiridas sugerir la generalización de este tipo de investigación a otras zonas y regiones del país.

INTRODUCCIÓN.

El trabajo corresponde a las investigaciones geofísicas realizadas en el área de los trabajos, dando respuesta a la solicitud del cliente formulada por el INRH, según contrato

El objetivo de las investigaciones es caracterizar, desde el punto de vista hidrogeológico, el del tramo en los alrededores de la presa Bio de la cuenca Maceo San German.

Entre los principales objetivos a alcanzar están:

Avanzar en la definición del origen de la salinización geológica que afecta la zona y área de los trabajos incrementando el estudio de la tectónica, usando los métodos de interpretación de imágenes remotas, los estudios geofísicos regionales y locales así como el levantamiento geólogo-hidrogeológico.

Realizar el estudio apoyado en métodos geofísicos de vulnerabilidad de los suelos agrícolas considerando que en el área del barrio La Gloria hay una anomalía de sal de origen geológico con una concentración de 18 g /Litros de SST. Esta se detectó en el punto donde se perforó la cala No 68 de la investigación realizada para fundamentar el Esquema Regional para la utilización de los Recursos Hídricos y Agrícolas de las Provincias Orientales.

Apoyar científicamente las medidas técnicas y ambientales necesarias para el desarrollo sostenible del área investigada y a partir de las experiencias adquiridas sugerir la generalización de este tipo de investigación a otras zonas y regiones del país.

Esclarecimiento de los contactos geológicos y litológicos, potencia de las capas e inferencia litológica a partir de la resistividad, localización y pronóstico de la dirección de las fallas y sus zonas de influencia, definición la profundidad de la zona de de afectación química y salina al suelo, determinación a partir de las imágenes obtenidas por el método empleado de, Tomografías Eléctricas de las características geoelectricas y parámetros físico-mecánicos y características de agresividad del medio a las obras de las zona estudiada.

En el trabajo se presentan algunos de los resultados obtenidos durante la utilización de métodos geofísicos aplicados a la Ingeniería geológica. Con este trabajo satisfacemos a nuestro cliente y los dotamos de una herramienta técnica para la ubicación de posibles fuentes de agua subterránea potable, así como del proceso de incorporación al medio subyacente de elementos químicos ácidos y sales altamente agresivos a los materiales.

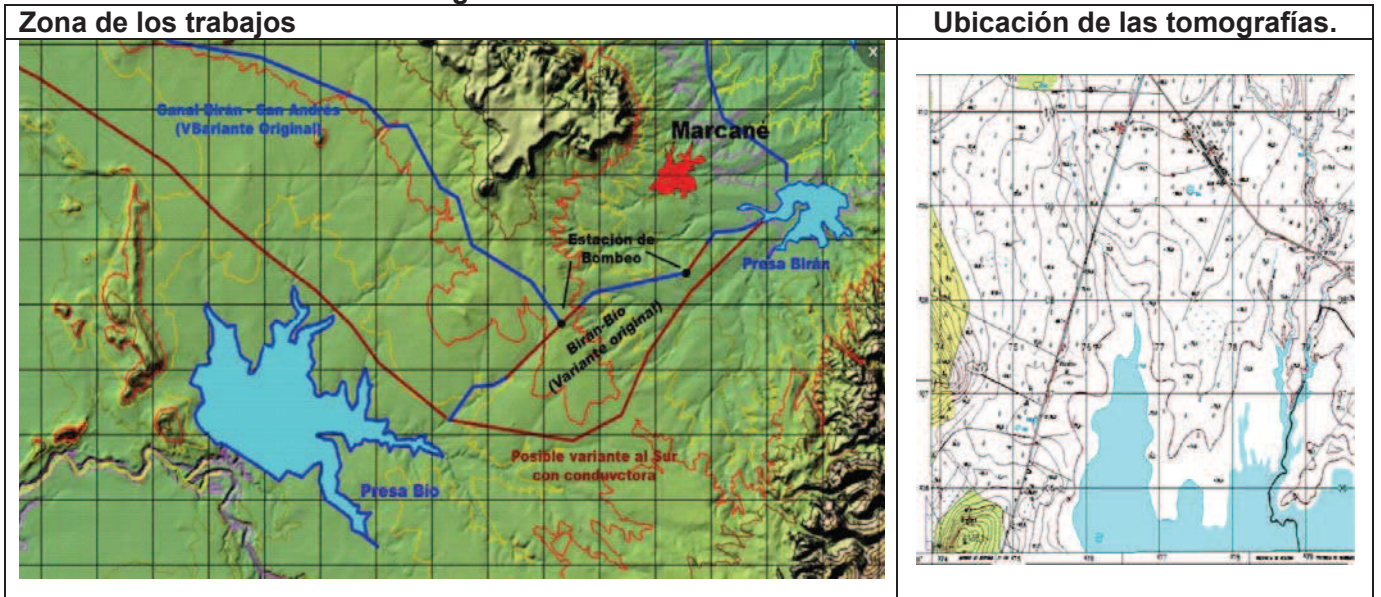
Para responder a la interrogante geológica se programó un complejo de métodos geofísicos consistente en 40 Tomografías Eléctricas las cuales constituyen el volumen total de los trabajos contratados, el cual se ha ido cumpliendo según las fechas del contrato, por lo que este informe responde a los resultados del volumen de trabajo de campo realizado hasta la fecha.

Los trabajos de campo fueron ejecutados por la comisión de Geofísica de la UEBGP, al frente de la cual estuvo el compañero Ing. Rodolfo Bordón Roger "Especialista A" en Proyectos e Investigaciones, en el mes de diciembre del 2011.

El servicio se ejecutó en conformidad con los Procedimientos del Sistema de Gestión de la Calidad para este fin.

El área objeto de estudio, se encuentra ubicada en el municipio San Germán de la provincia de Holguín, en las Hojas Cartográficas

Ubicación de las líneas de tomografía.



CAPÍTULO I.- GENERALIDADES.

1.1.- Poblaciones y red de comunicaciones.

Las principales comunidades y poblados que se encuentran en las cercanías del área de los trabajos son: san German Los Indios y La Gloria.

La red de comunicación está formada por la carretera Holguín – San Germán – Alto Cedro, así como una gran cantidad de terraplenes y caminos vecinales, los cuales enlazan a los principales poblados y asentamientos poblacionales, facilitando las comunicaciones.

1.2.- Desarrollo industrial y agrícola.

La economía de la zona está representada por áreas dedicadas a cultivos varios, cañeros y a la ganadería, fundamentalmente.

1.3.- Orografía y red hidrográfica.

El área de los trabajos se encuentra en la llanura Cauto – Nipe, presenta un relieve ondulado con cotas entre 50 y menos de 100m, ubicadas las mayores alturas hacia el Este, en la Sierra de Nipe.

La principal red hidrográfica está representada por el río Bio, con La presa del mismo nombre. Esta red de drenaje es poco densa y fuera de estas corrientes no se reportan otras, sólo arroyos y cañadas que escurren el agua en tiempo de lluvia hacia la cuenca

1.4.- Clima.

El clima de la zona de estudio es tropical de sabana con dos estaciones definidas normalmente: de lluvia en los meses de mayo a octubre y de seca entre noviembre y abril. La precipitación media anual es entre 400 y 600 mm. La temperatura media anual del aire oscila entre 24 y 26°C. La humedad relativa media anual a las 7:00 a.m. está entre 85 y 90% aproximadamente y a la 1:00 p.m. está entre 60 y 65%. La evaporación media anual oscila entre 2 000 y 2 200 mm, medida en evaporímetros de clase A, todos los datos antes referidos fueron tomados del Nuevo Atlas Nacional de Cuba).

CAPÍTULO II.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

2.1.- Estratigrafía.

En la región encontramos las rocas de las formaciones Camazán, Bitirí, las que aparecen descritas a continuación, desde la más joven hasta la más vieja.

- Formación Camazán (cz)

Calizas coralino – algáceas (biotitas), calizas biodetríticas a veces arcillosas, calcarenitas, calciruditas, aleurolitas calcáreas con intercalaciones de margas y arcillas, ocasionalmente yesíferas. Coloración variable: amarillo, crema, carmelita y gris. Yace discordantemente sobre las formaciones Charco Redondo, Mucaral, San Luis y Vijía, el olistostroma Haticos y las rocas magmáticas. Es cubierta concordantemente por la formación Río Jagüeyes y discordantemente por las formaciones Bayazo y Cauto. Edad: Mioceno Inferior parte alta – Mioceno Superior parte baja. Espesor: 150 m.

- Formación Bitirí (bit)

Calizas organodetríticas de color blanco, crema, amarillento y castaño; compactas o brechosas, de grano medio o fino o muy fino, bien estratificadas, con alternancia de estratos medios (10 a 20 cm) y estratos gruesos (hasta más de 1m). Las calizas se encuentran muy calcificadas en la parte superior y pueden contener inclusiones de granos tobáceos. Sus capas están intercaladas con margas de color crema que contienen fragmentos de calizas. Yace sobre la formación Sagua de Tánamo, está cubierta por la formación Jagüeyes y se interdigita localmente con la formación Camazán. Edad: Oligoceno Superior – Mioceno Inferior. Espesor: excede los 500 m.

2.2.- Tectónica.

La región de estudio se encuentra entre los terrenos tectonoestratigráficos Cauto – Nipe y Maniabón, la dirección de las principales morfoalineaciones es noreste, correspondiente con la dirección de la falla Cauto Norte.

2.3.- Sismicidad.

Según la Norma sísmica (NC 46:1999), la zona de estudio se encuentra ubicada en la zona 1, subzona 1 B. La zona 1 se clasifica de riesgo sísmico bajo, que puede ocasionar daños en las construcciones, por lo que se deben tomar medidas sismorresistentes en los edificios y obras en función de la importancia de las mismas, para el cálculo con fines de ingeniería el valor de la aceleración horizontal máxima del terreno es de 0.10cm/seg² para la subzona 1 B.

2.4.- Hidrogeología.

Está presente la región hidrogeológica Nipe, cuenca Mayarí, en la que los conjuntos acuosos que están en las grietas y poros de las capas de sedimentos oligocénicos y miocénicos, tienen gran distribución. La mineralización predominante es mayor de 3 g/l.

CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA Y VOLÚMENES DE LOS TRABAJOS

Para comenzar la investigación se realizó una recopilación de la información existente en la empresa RAUDAL de Holguín y de los trabajos previos realizados en la zona, con vista a obtener a priori un conocimiento general de la misma y encontrar aquellas características Ingeniero Geológicas e Hidrogeológicas que pudieran tener una influencia notable en el comportamiento del campo geoelectrico medido en los litotipos presentes en el área de los trabajos.

A partir de la información obtenida y para responder a las exigencias contenidas en la Tarea Técnica se definió el complejo de métodos a emplear y sus variantes.

El complejo de métodos geofísicos está compuesto por:

- Tomografías Eléctricas 2D.

3.1.- Trabajos de campo.

Se han realizado tomografías eléctricas con 24 electrodos y distancias de separación entre ellos de 5.0 m, con el objetivo de garantizar una alta resolución y detectar pequeñas anomalías provocadas por restos de capa de suelo o materia orgánica, así como por contactos de diferentes litologías. Como se pueden esperar estructuras tanto verticales como horizontales, se decidió emplear el dispositivo Schlumberguer – Wenner con distintos niveles de superposición.

La tabla resumen de los trabajos realizados es la siguiente:

No		Plan	Real	Obs.
1	Schlumberguer – Wenner	40	39	
	total	40	39	

La nomenclatura de los puntos o líneas medidas se tomo en función de las localidades o lugares donde estas se midieron, en orden de aparición por el camino hacia la presa Bio.

3.2.- Trabajos de gabinete.

El proceso de inversión de las tomografías eléctricas se realizó mediante el software RES2DINV de la GEOTOMOSOFT R ver. 2.15. En todos los casos el error obtenido luego del proceso de inversión fluctuó alrededor del 5 % o inferior.

3.3.- Dimensión Ambiental.

En la proyección y ejecución de las investigaciones se tuvo en cuenta la Dimensión Ambiental D (11)-1.01-53 y los impactos potenciales de la actividad, que son mínimos, tomando en cuenta que los trabajos geofísicos se han desarrollado, precisamente, en los hombros y fondo de los canales, sobre un material compactado anteriormente, sin vegetación y generalmente alejados de vecinos y otros.

Fueron empleados en armonía con el entorno, se utilizaron los caminos, trillos o senderos existentes en el área a investigar, por lo tanto la afectación a la flora y fauna fue mínima.

No se produjeron modificaciones ni transformaciones u otro tipo de acción nociva, durante los trabajos de campo en el área de estudio ni en sus alrededores.

3.4.- Seguridad y Salud en el Trabajo.

Para la realización de los trabajos geofísicos, los especialistas utilizaron la Instrucción de trabajo seguro para las actividades de investigaciones geofísicas I(11)-6.03-05-12, contemplada en el Manual del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo D(11)-6.03-01.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta sobre la seguridad de salud de los trabajadores antes de iniciar los trabajos a ejecutar fueron los siguientes:

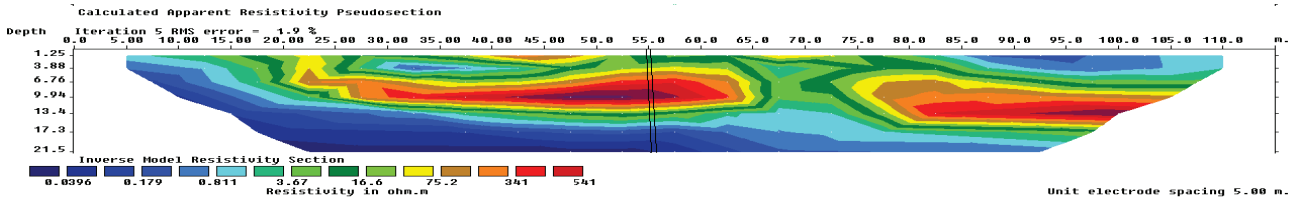
- Se revisó que cada trabajador contara con los medios de protección personal establecidos, (botas, cascos, guantes) y además que presentara una salud física y mental adecuada para el trabajo.
- Se revisó el estado técnico de equipos y herramientas de trabajo.
- Se garantizó que el vehículo de trabajo estuviera inspeccionado por el FICAV y con las condiciones de confort mínimas.
- Se le proporcionó a los trabajadores la dieta establecida para garantizar su permanencia en el área investigada, mientras duraron los trabajos.

Es necesario e imprescindible el uso de la sombrilla protectora para la explotación y conservación de las nuevas tecnologías geofísicas. El plástico de la Laptop y del display de las estaciones es altamente sensible a la acción del sol, la lluvia y el medio ambiente.

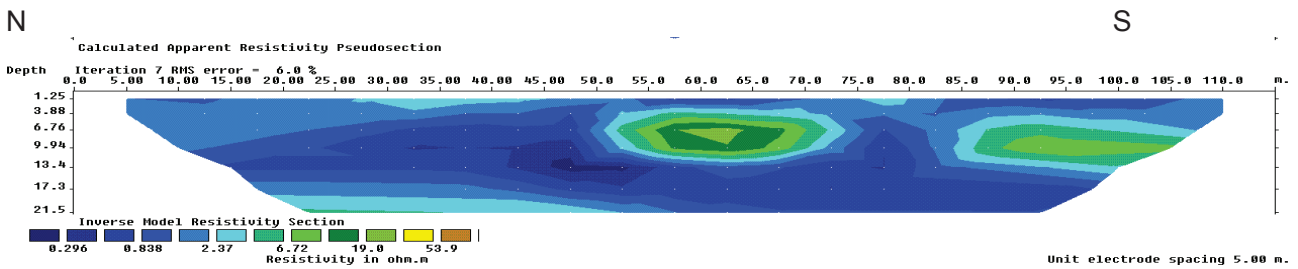
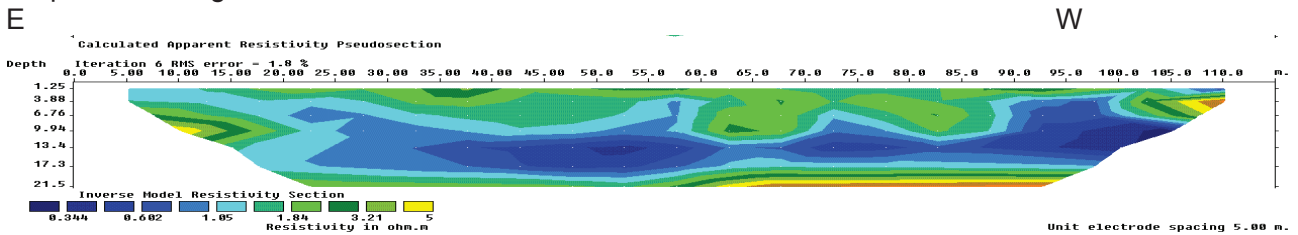
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS.

Se presentan algunas de las imágenes más significativas de las tomografías realizadas en el área de las investigaciones.

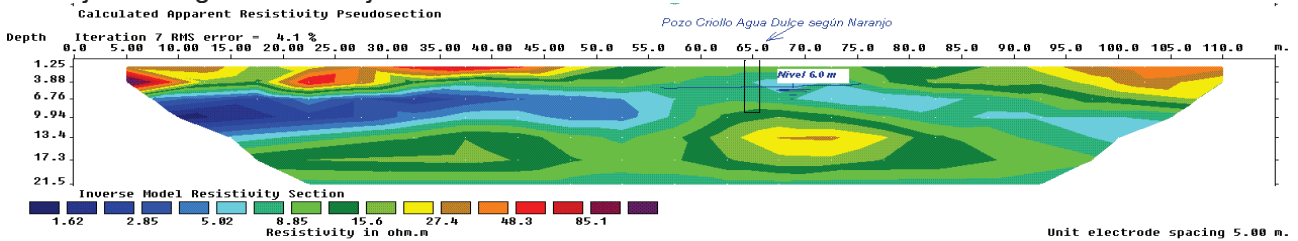
Pozo 1



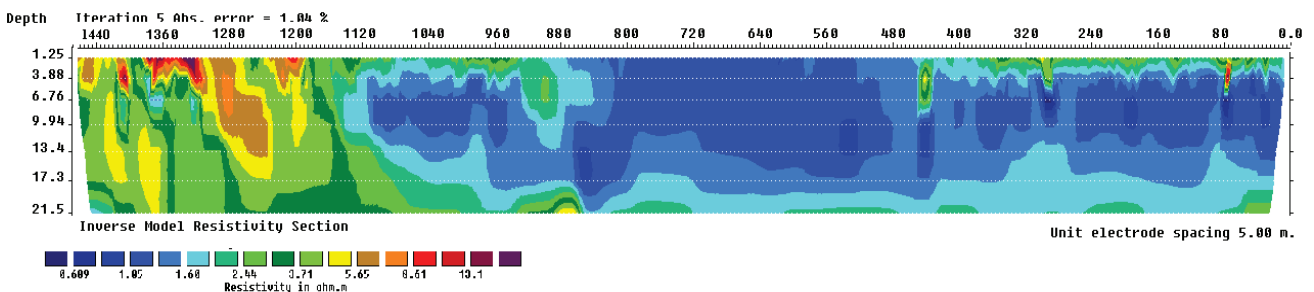
Vaquería: Tomografías



Naranja: Tomografías Naranja 1



Perfil de imágenes concatenadas desde la Felicia hasta la anomalía de NaCl



Variantes de tomografía WS realizada en la inflexión donde predominan los valores bajos de resistividad asociados a aguas altamente salinizadas 0.3 -0.9 ohm.m de y en el extremo de la

tomografía hacia el electrodo 1-5 y a la profundidad de 10 metros aparecen valores de 19 ohms.m y mas que pudiera asociarse a argilitas o margas calcáreas, calcarenitas o calizas carbonatadas carsicas.

La tomografías en sus dos variantes reflejan que se trata de material arcilloso con baja resistividad muy húmedo y de alta salinidad en ocasiones pueden aparecer fragmentos de rocas Margas o Calizas y quizás alguna Argilita o Calcarenitas.

El corte se muestra con secuencias tranquilas de sedimentación y no se reflejan gradientes geoelectricos verticales fuertes denotando transición entre los sedimentos y contactos litológicos.

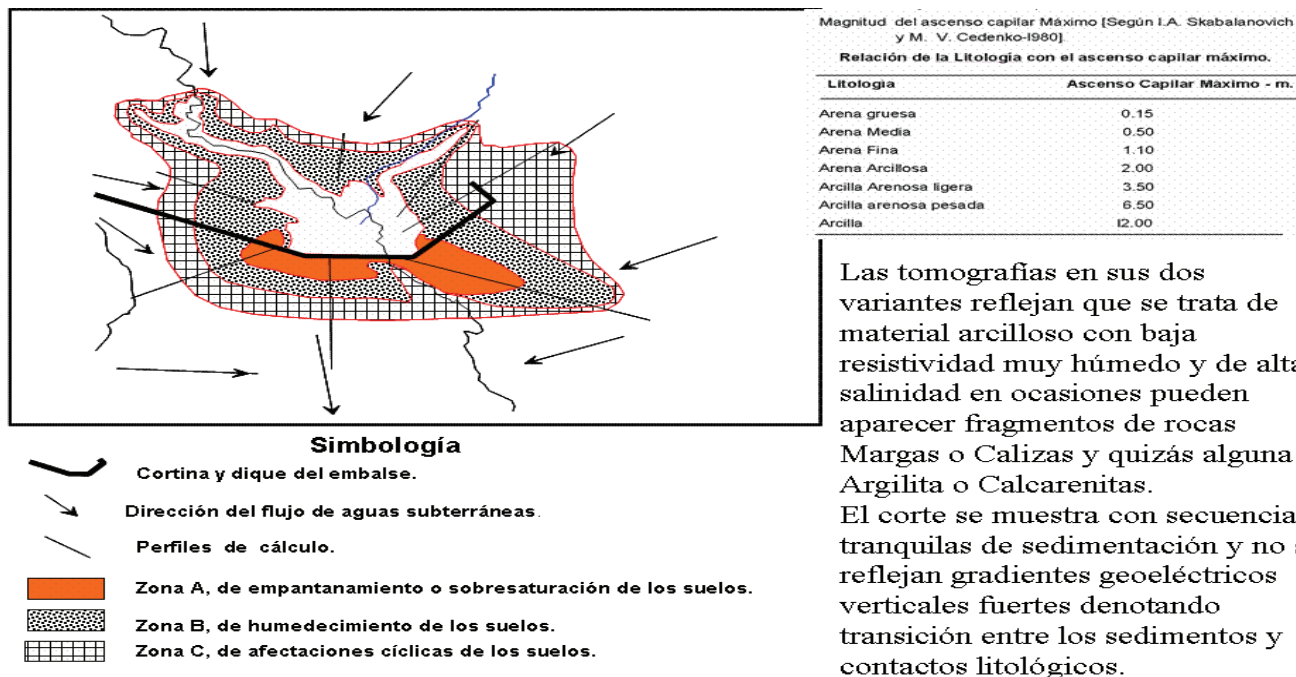
4.1 Evaluación de la agresividad del medio y condiciones de Protección de pararrayos y tomas a tierra

Atendiendo al parámetro resistividad verdadera en estos litotipos y usando la tabla de agresividad y condiciones de tomas a tierras y pararrayos siguiente:

Resistividad ohm.m		Mineralización del agua g/l	Agresividad			Condiciones de:	
Roca	Agua		Fe	Al	Hormigón en sulfatación	Protección de pararrayos	Tomas a tierra
20-100	33-6.5	0.2-1.0	Media	Media	Para los resistentes al sulfato no son agresivos	Media	Media
10-20	6.5-3.3	1.0-2.0	Elevada	Elevada		Puede haber agresividad sulfatada	Favorable
5-10	3.3-1.6	2.0-4.0	Alta				
<5	<1.6	>4.0	Muy alta				

Inferimos que le medio ejerce una **agresividad elevada** hacia los *hormigones, hierro y aluminio*.

Este dato se evalúa puntualmente a solicitud de la parte interesada y puede ajustarse a todo el trazado del canal.



CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

1. Las investigaciones pretéritas consultadas arrojan que en el área de estudio existen litologías saturadas con un alto grado de salinidad.
2. Los métodos geofísicos (variante de tomografía eléctrica) han demostrado tener valor resolutivo para enfrentar la tarea solicitada.
3. El nivel del manto freático se encuentra a poca profundidad lo que contribuye a la salinización de los suelos cuando el agua tiene un alto grado de mineralización.
4. Los datos de la geofísica demuestran que quizás esta variante de Investigación sea la de mayor posibilidad a aplicar y que arroje resultados en cortos periodos de tiempo, incurriendo en un gasto mínimo de recursos mostrando ahorro, eficiencias y posibilidad de generalización a otras investigaciones relacionadas con el Traspase.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Realizar las medición de los tomografías a escala de detalle para la evaluación puntual de los resultados de la agresividad del medio a las obras.
- 2- En sus condiciones naturales la capa 2 esta impregnada de agua salada con alto contenido de sales se localiza en el subsuelo de toda el area según las tomografías y es una capa alta agresividad no usarla para riego o abasto.
- 4- A partir de las tomografías se evaluaron los gradientes geoeléctricos en los diferentes perfiles y estos fueron asociados a posibles estructuras tectónicas o zonas de intenso agrietamiento.
- 5- En la obra a partir de los resultados de la Tomografía Eléctrica medidas se debe evaluar la posibilidad de otra variante geoeléctricas de medición y alguna Geofísica en pozos

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ACC. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Habana. 1989.
- 2.- Entrenamiento con las Nuevas Tecnologías Geofísicas por parte del GEIPI (Manuales de usuario y Procedimientos para el uso y explotación de los equipos)
- 3.- Geofísica Aplicada a la Obra Civil. Método Geoeléctrico y Sísmica de Refracción. Casos Prácticos. Artículo de Manuel Arlandi Rodríguez, Jefe Área de Proyectos de Geoconsult Ingenieros Consultores, S. A. presentado en el XII Concurso de Geotecnia Aplicada.
- 4.- Instrucción de Trabajo Seguro para las Actividades de Investigaciones Geofísicas. I (11)-6.03-05-12.
- 5.- Leyva R., V. y Morales G., G.: Traspase Este – Oeste. Canales del Tramo Melones – Sabanilla: Canal Juliana – Buena Ventura. 2005.
- 6.- Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo. D(11)-6.03-01.
- 7.- Normas y Procedimientos contemplados por el SIG.