



## Investigación Geotécnica de Sitio

---

Caracterización del Subsuelo para la instalación de plantas de Osmosis y excavabilidad para el tendido de ramales (varias localidades)

---

---

Informe IGE23/0216

---

Rev.:00

Cliente

**ISTEC**  
I N G E N I E R I A

Fecha	Hito	Autor
2023.07.26	Generación de documento.	V.U.

## Introducción

El presente informe contiene la descripción de trabajos de campo y laboratorio, análisis de resultados y recomendaciones geotécnicas de la investigación realizada en varias localidades para la instalación de plantas de Osmosis y tendido de ramales en curso por parte de OSE. Las localidades implicadas son: Piedras Coloradas, Villa Soriano, Campana, Pueblo Gil, Conchillas, Puerto Ingleses, Risso, Arroyo Llano y Puntas del Maciel (figura 1).

El estudio se realiza para **ISTEC Ingeniería**.

Para las instalaciones de plantas de Osmosis, se investigaron las características del subsuelo mediante sondeos hasta 1,5 m, en campo con realización de ensayos SPT y, en su defecto (caso Pueblo Gil) caracterización mediante penetrómetro de mano, y clasificación de muestras obtenidas de los mismos mediante ensayos de laboratorio, sobre la base de lo acordado oportunamente.

Para el caso de la exploración de la excavabilidad asociada al tendido de los ramales de interconexión correspondientes, los trabajos de campo consistieron en la realización de recorridas por la traza del ramal y, asociado al conocimiento geológico previo, se verificó la existencia de zonas de dificultad para la excavación normal entre 0,75 y 1,50 m, realizándose, en casos de duda, sondeos exploratorios descriptivos, hasta dicha profundidad o donde se volvió impenetrable.

Todos los sondeos se realizaron con pala rotativa manual (Pala Americana). Ensayos SPT también con equipamiento manual.

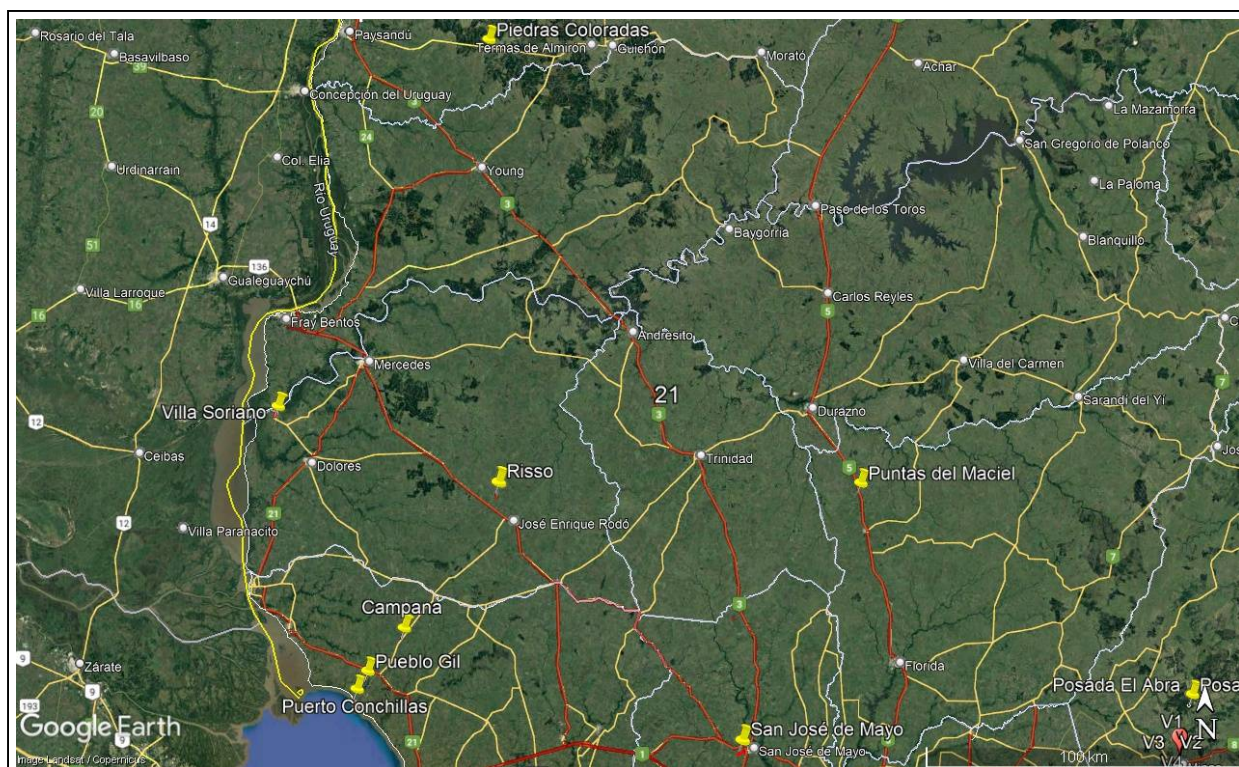


Figura 1. Vista Satelital de la ubicación de los sitios de estudio.

El alcance y nivel de detalle de este estudio está pautado por la zona de influencia de dichos sondeos, y las posibilidades de análisis y recomendaciones estarán condicionadas por lo encontrado en sitio. Serán por lo tanto de carácter particular y tendientes a la formulación del proyecto de cimentaciones.

Los sondeos se ejecutaron mediante la utilización de herramientas manuales (Pala Americana), realizándose además, en aquellos así pautados, determinaciones de resistencia a la penetración mediante el Ensayo SPT (Standard Penetration Test, ASTM 1586-11) luego de pasar el suelo negro (vegetal/orgánico) entre 0,5 y 1,5 m de profundidad, para evaluar las características geomecánicas del perfil de subsuelo en las ubicaciones donde se localizarán las plantas de osmosis a instalar.

A los efectos de la correcta interpretación de los ensayos SPT, se tomaron muestras del suelo encontrado en el perfil de cada sondeo para su caracterización mediante ensayos simples de laboratorio, incluyendo distribución granulométrica sobre tamiz de 74 $\mu$ , determinación de humedad natural y límites de consistencia (Atterberg).

El estudio realizado, incluyendo las conclusiones y recomendaciones de este informe, pueden considerarse para una escala de trabajo a nivel proyecto.

Cabe aclarar que los resultados de los trabajos de campo, reflejan las condiciones del terreno al momento de la observación, pudiendo variar de acuerdo a circunstancias inherentes a la influencia del medio, y fundamentalmente en su interacción con los agentes climáticos, y otros de similar naturaleza.

Los trabajos de campo fueron realizados los días 13 y 17 de julio de 2023. Los correspondientes ensayos de laboratorio se concluyeron el día 24 de julio.

En el Anexo 1 se presenta un reporte fotográfico de los trabajos realizados.

Los procedimientos y ensayos, tanto de campo como de laboratorio fueron realizados con referencia a las respectivas normativas consignadas por la ASTM. Se presenta un índice en el Anexo 2.



### Resultados de Laboratorio. Descripción y análisis.

Durante la ejecución de los sondeos, se extrajeron muestras de suelo de los perfiles auscultados en las ubicaciones de las nuevas plantas de osmosis a instalar, que se procesaron en laboratorio para la realización de ensayos simples de identificación, realizando su clasificación según los sistemas internacionales usuales.

En base a los resultados obtenidos en laboratorio (Tabla 1), se verifica un perfil variable, que alterna entre finos de plasticidad media/baja, algo a muy arenosos, y arenas con alta proporción de finos de plasticidad media hacia alta.

Los suelos finos, presentan en general mezclas de limos y arcillas, y en el caso de Puerto Ingleses, un suelo arenogravilloso.

Entre los suelos finos, en algunos casos son más arenosos, y en todos, la plasticidad medida por su índice plástico (IP) varía entre 13% y 20%, con límites líquidos variando entre 47% y 35%.

Estos suelos se comportan, en general, como suelos finos cohesivos, poco friccionales.

Por las características de plasticidad media-baja, no resulta necesario preocuparse por la posibilidad de potenciales problemas desde el punto de vista de la expansividad. En efecto, de acuerdo al criterio de evaluación primaria del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, según se aprecia en el gráfico de la figura 2, las muestras se encuentran en una zona de riesgo nulo o marginal de expansión.

Se analiza en lo que sigue el comportamiento geomecánico en relación con el proyecto.

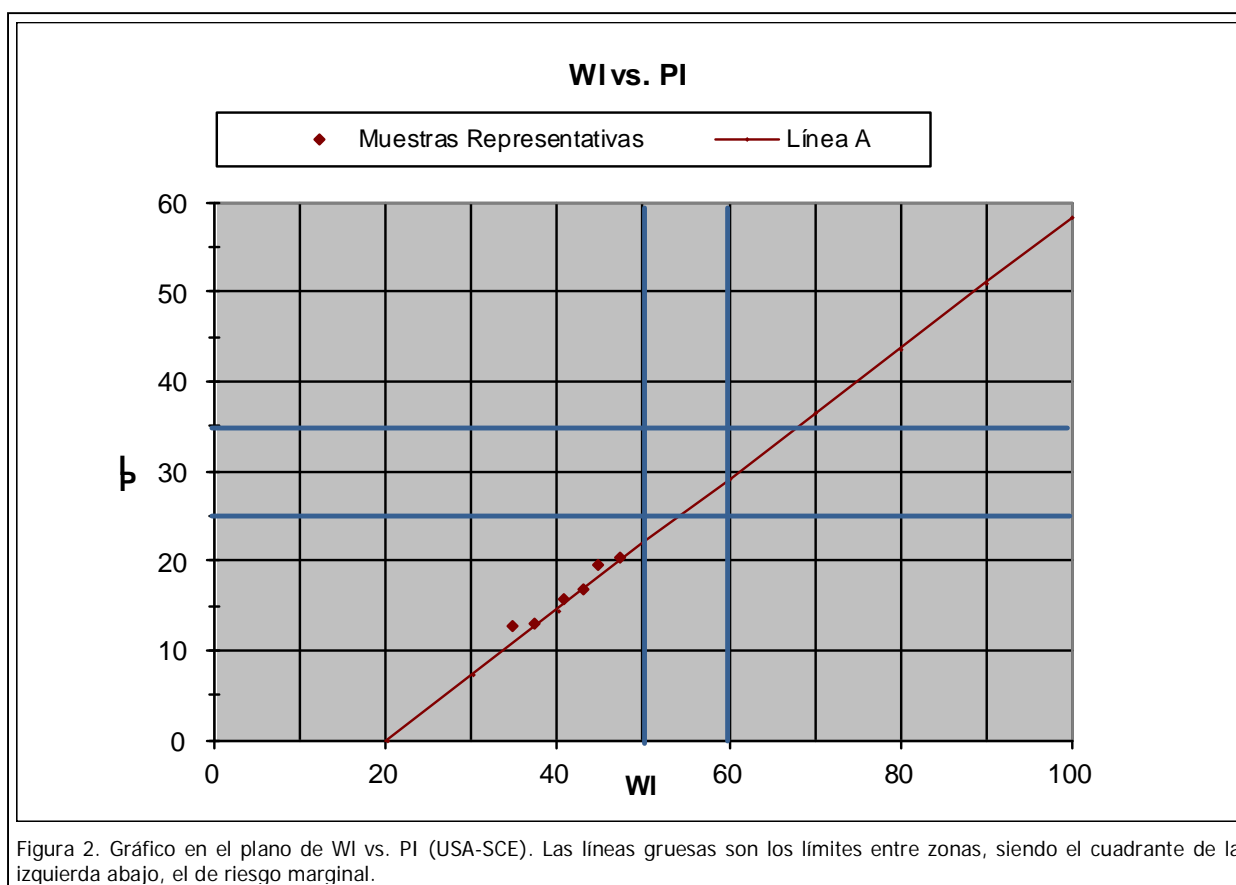
Tabla 1. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados para Clasificación.

Sondeo Muestra	W <sub>n</sub> %	Horizonte	% pasa # n°								W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	IP	If	Clasific. AASHTO	I.G.	Clasificación Sistema Unificado ASTM	
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200								
Puerto Ingleses	7,4%	arenoso	100,0	100,0	100,0	100,0	95,8	89,0	46,5	5,3	NF	NP	---	---	A - 1 - b	0	SW-SM	arena
Campana - M1	30,5%	extraído a 1m	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,5	47	27	20	0,17	A - 7 - 6	14	ML	limo
Campana - M2	28,4%	extraído a 2m	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,5	97,4	93,4	43	26	17	-1,55	A - 7 - 6	11	ML	limo
Pueblo Gil	23,9%	-	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,4	96,3	76,6	37	25	13	-1,89	A - 6	9	ML	limo
Villa Soriano	24,1%	-	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	98,0	90,8	72,4	35	22	13	0,16	A - 6	9	CL	arcilla
Puntas de Maciel - M1	5,5%	extraído a 1m	100,0	100,0	100,0	100,0	97,3	93,7	85,8	70,7	45	25	20	-0,99	A - 7 - 6	12	CL	arcilla
Puntas de Maciel - M2	22,6%	extraído a 1m50	100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	94,6	89,5	80,1	41	25	16	-0,15	A - 7 - 6	10	CL	arcilla

W<sub>nat</sub> : Humedad natural

# n° : tamiz de malla n°

W<sub>L</sub>, W<sub>P</sub>, IP, If, I.G.: límites líquido, plástico, índices plástico, de fluidez y de grupo



## Descripción General, Geología del Area y Resultados de Sondeos

### Consideraciones Generales

El trabajo se realizó mediante recorridas sobre la traza y la ejecución de sondeos descriptivos en caso donde surgiera duda de excavabilidad a los antecedentes y la observación, así como sondeos con la ejecución de 1 ensayo SPT, en la ubicación de las plantas de Osmosis previstas.

El estudio se separará por tramo/localidad de estudio.

En todos los casos, los puntos de sondeo se ubicaron según la indicación del cliente (como se ve en cada figura correspondiente al tramo/localidad), que aportó las coordenadas de éstos, y fueron replanteados en sitio con GPS de mano, con una precisión del orden de 1,5 m.

La profundidad máxima planteada para los sondeos fue de 1,5 m para todos los sondeos a realizar, o bien hasta la aparición de firme impenetrable, según el criterio de rechazo en el ensayo SPT o impenetrabilidad de las herramientas de perforación para suelo.

En el sondeo en Pueblo Gil, por imposibilidad de acceder con el vehículo, el ensayo SPT fue sustituido por la realización de un ensayo con penetrómetro de mano sobre muestra representativa extraída de la perforación.

## Ramal Risso

Respecto al tramo para el tendido del ramal Risso se trata esencialmente de campos agrícolas con pasturas o gramilla superficial no se prevén ni se constatan en la zona 200mts alrededor afloramiento alguno, por lo que todo el ramal es fácilmente excavable con medios manuales y mecánicos.



Figura 3. Vista Satelital del tendido en la zona, en rojo.

El terreno discurre sobre suelos de la Fm. Asencio, constituida por una sucesión silicoclástica roja, se destaca la ocurrencia de trazas fósiles de insectos. Arenicas finas, bien seleccionadas, arcillosas, masivas, de colores blanco y rosado. Presenta procesos secundarios de ferrificación y silicificación, de color rojo herrumbre, con intercalaciones de calizas. Duricostras ferruginosas y estratos nodulares macizos clima subtropical húmedo a tropical seco (generación de Ultisoles).

La Fm. Asencio, en la zona por donde transcurrirá el ramal correspondiente genera suelos limo arcillosos, arcillosos, con más o menos contenido de arenas.

No se prevé en las profundidades a realizar el tendido, entre 0,75 y 1,5 m, la ocurrencia de zonas tenaces que dificulten la excavación con medios usuales.



Figura 4. Vista parcial de la carta geológica en el área predio y próxima (desde el punto de vista geológico). Imagen tomada del visualizador geológico minero (DINAMIGE, 2018).



## Ramal Esc. 32 - Arroyo Llano

Respecto al tramo para el tendido del ramal San José se trata esencialmente de campos agrícolas con pasturas o gramilla superficial no se prevén ni se constatan en la zona 200mts alrededor afloramiento alguno, por lo que todo el ramal es fácilmente excavable con medios manuales y mecánicos.

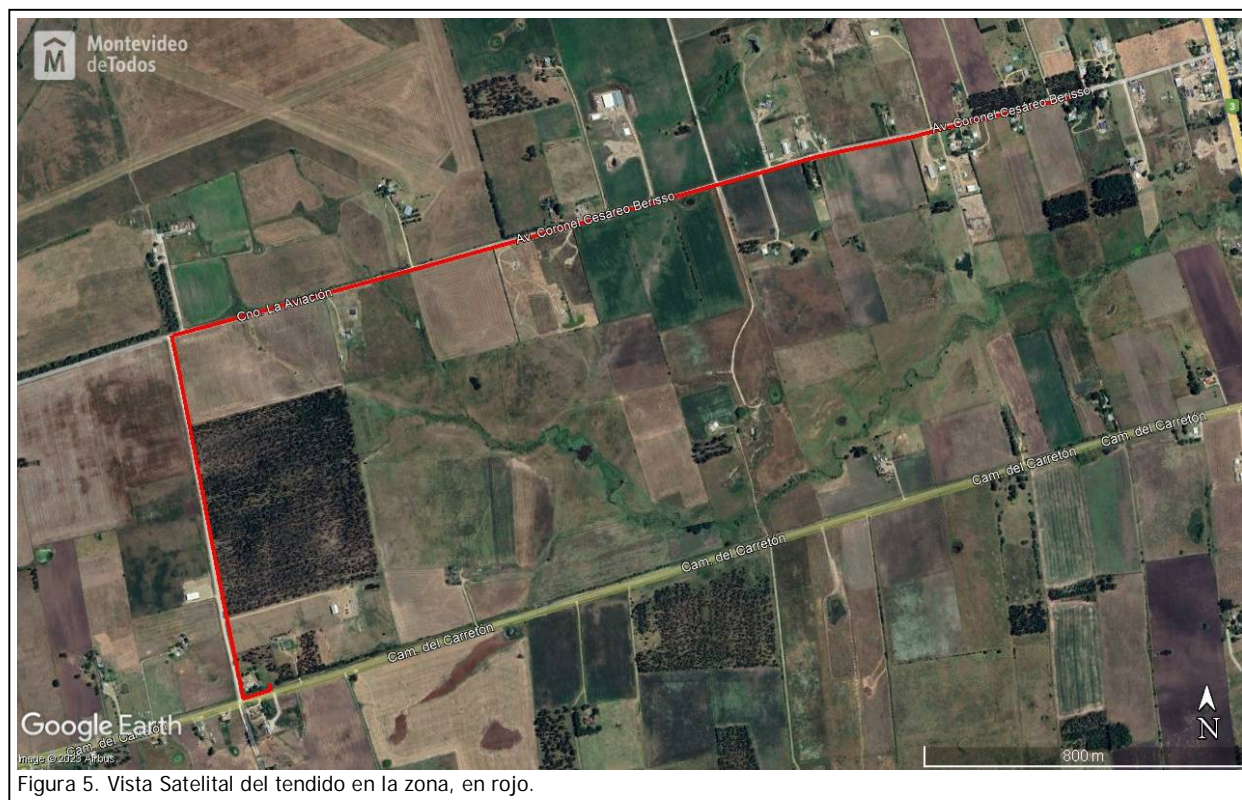


Figura 5. Vista Satelital del tendido en la zona, en rojo.

El terreno discurre sobre suelos residuales de las Ffmm. Asencio y el Grupo granítico Transamasónico.

La Fm. Raigón, está constituida por areniscas finas a conglomeradas, mal seleccionadas, con estratificación cruzada y paralela, de color blanco amarillento. Presenta intercalaciones de arcillas verdes. Sedimentación fluvial a fluvio-deltaica.

La unidad de granitos se presenta como granitos calcoalcalinos de grano medio a porfiroide, generalmente hornblendo-biotíticos; leucogranitos de grano medio a grueso; granodioritas hornblendo-biotíticas; granitos anatecticos y granitos orientados.

Las Fms. Raigón y la unidad cristalina, en la zona por donde transcurrirá el ramal correspondiente genera suelos francos arcillosos y limo arcillosos.

No se prevé en las profundidades a realizar el tendido, entre 0,75 y 1,5 m, la ocurrencia de zonas tenaces que dificulten la excavación con medios usuales.



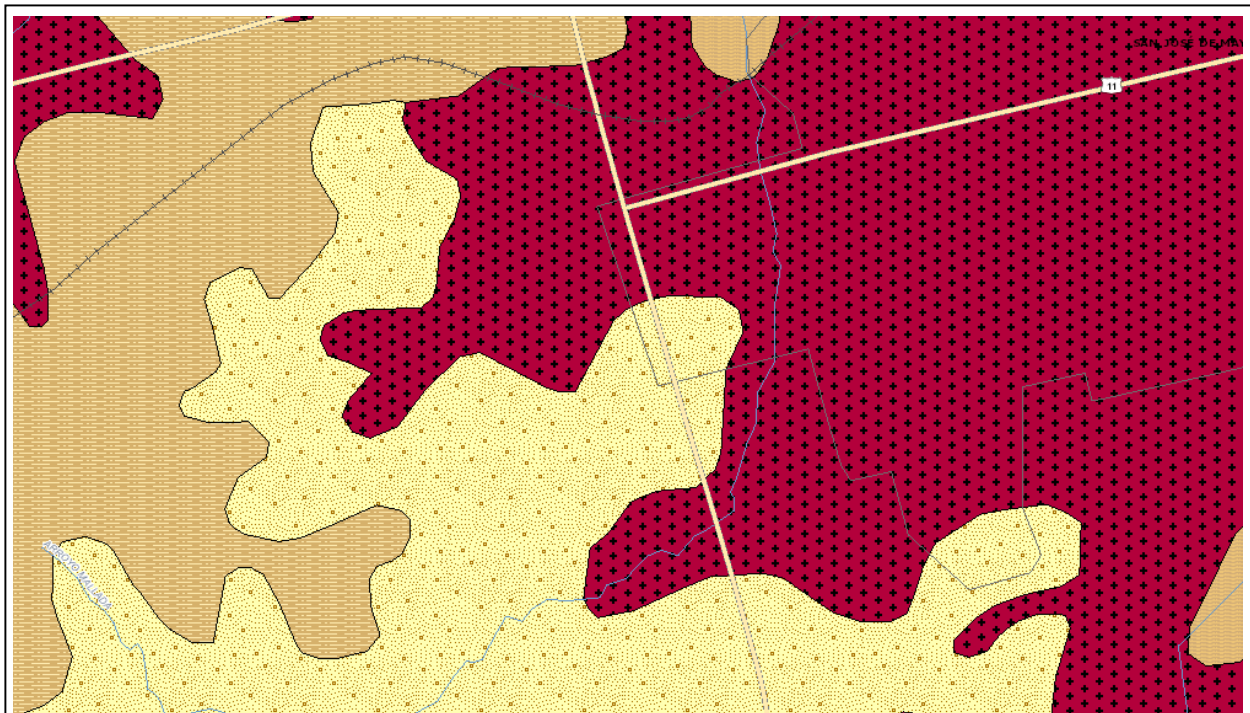


Figura 6. Vista parcial de la carta geológica en el área predio y próxima (desde el punto de vista geológico). Imagen tomada del visualizador geológico minero (DINAMIGE, 2018).

## Ramal Piedras Coloradas

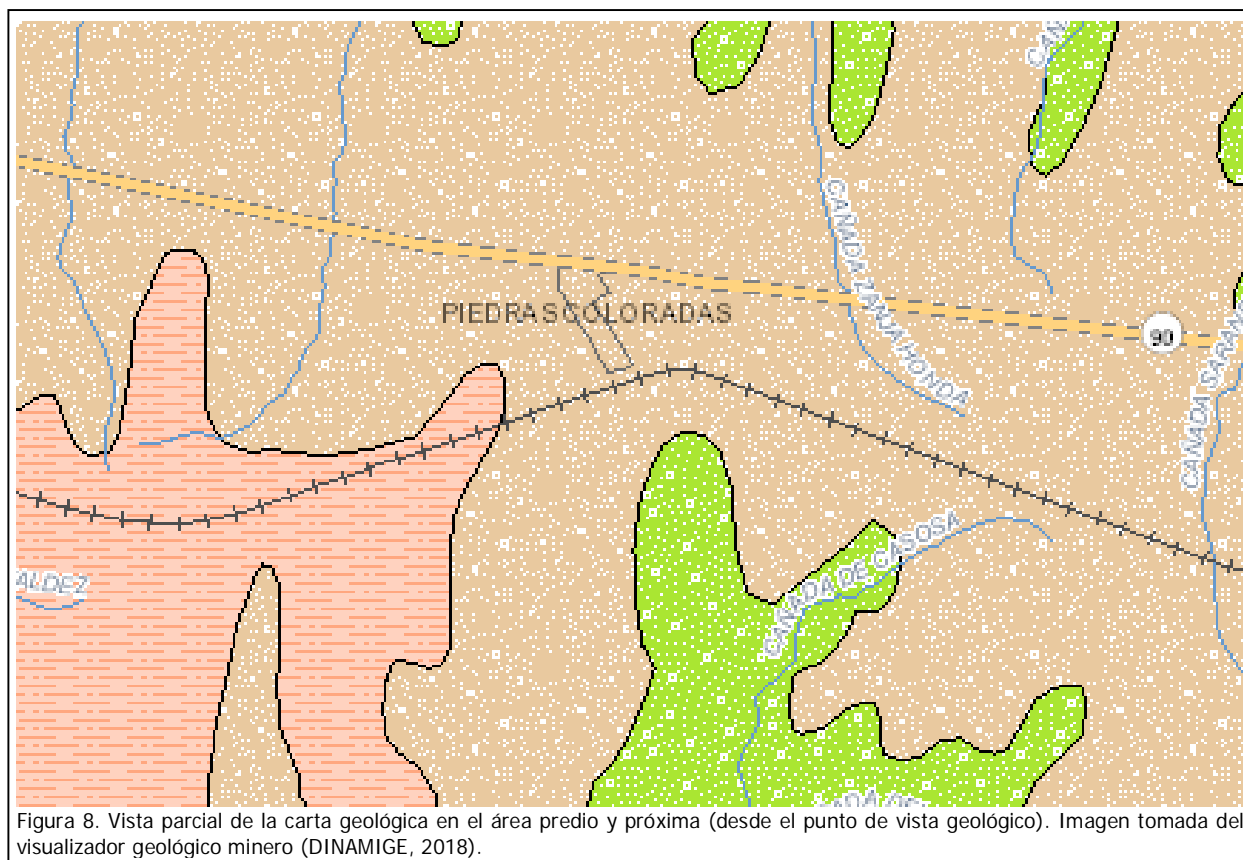


El terreno discurre sobre suelos de la Fm. Asencio, constituida por una sucesión silicoclástica roja, se destaca la ocurrencia de trazas fósiles de insectos. Arenicas finas, bien seleccionadas, arcillosas, masivas, de colores blanco y rosado. Presenta procesos secundarios de ferrificación y silicificación, de color rojo herrumbre, con intercalaciones de calizas. Duricostras ferruginosas y estratos nodulares macizos clima subtropical húmedo a tropical seco (generación de Ultisoles).

La Fm. Asencio, en el área por donde transcurrirá el ramal correspondiente genera escasas potencias de suelo limo arcillosos, arcillosos, con más o menos contenido de arenas, según el tramo:

- En el tramo que discurren conjuntamente las tuberías de rechazo, de agua bruta y aductora proyectada, son esperables espesores máximos de 0,80 m, existiendo zonas con afloramiento de la roca silicificada, como es el caso específico de la ubicación donde se instalará la planta de Osmosis.
- En el tramo de la tubería de rechazo, se podrán esperar excavaciones con necesidad de apoyo neumático más allá de los 0,40 m.
- En el caso del tramo de la tubería de agua bruta, son esperables espesores de suelo fácilmente excavable del orden de los 0,80 m. De hecho se estaban realizando zanjeados para instalación de algún tipo de conducción al momento de realizar la recorrida.





### **Cimentaciones de la planta de Osmosis**

En el caso del sondeo a realizarse en la ubicación prevista, como puede verse en la figura, se encontraron afloramientos de la roca silicificada, por lo que pueden generarse cimentaciones corridas en un pequeño entalle en la misma, considerando tensiones admisibles hasta  $5,0 \text{ kg/cm}^2$ .



## **Ramal Villa Soriano**

El terreno discurre sobre suelos de la Fm. Villa Soriano y de la Fm. Dolores.

La Fm. Villa Soriano, en la zona por donde transcurrirá el ramal correspondiente son sedimentos arenosos a gravillosos, con lechos intercalados de cantos, arcillas y limos de color gris. Sedimentación mixta.

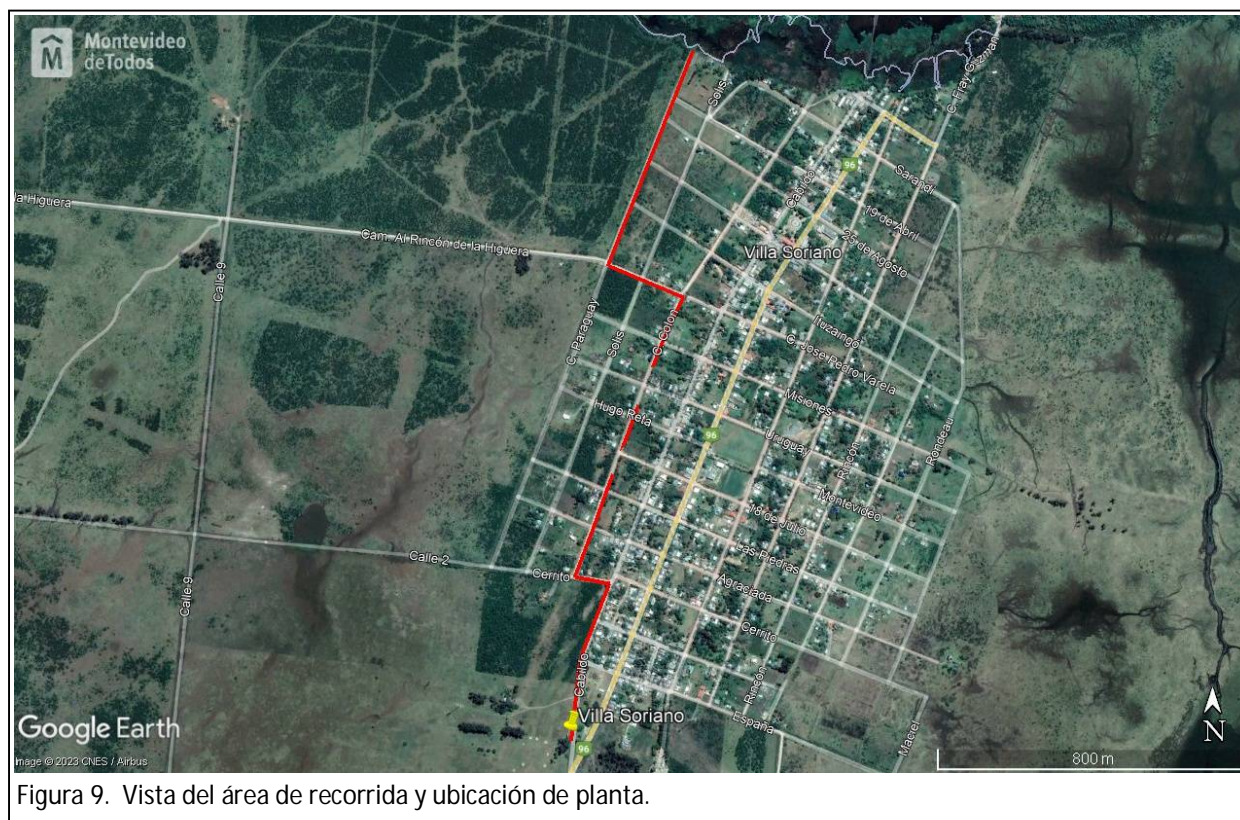
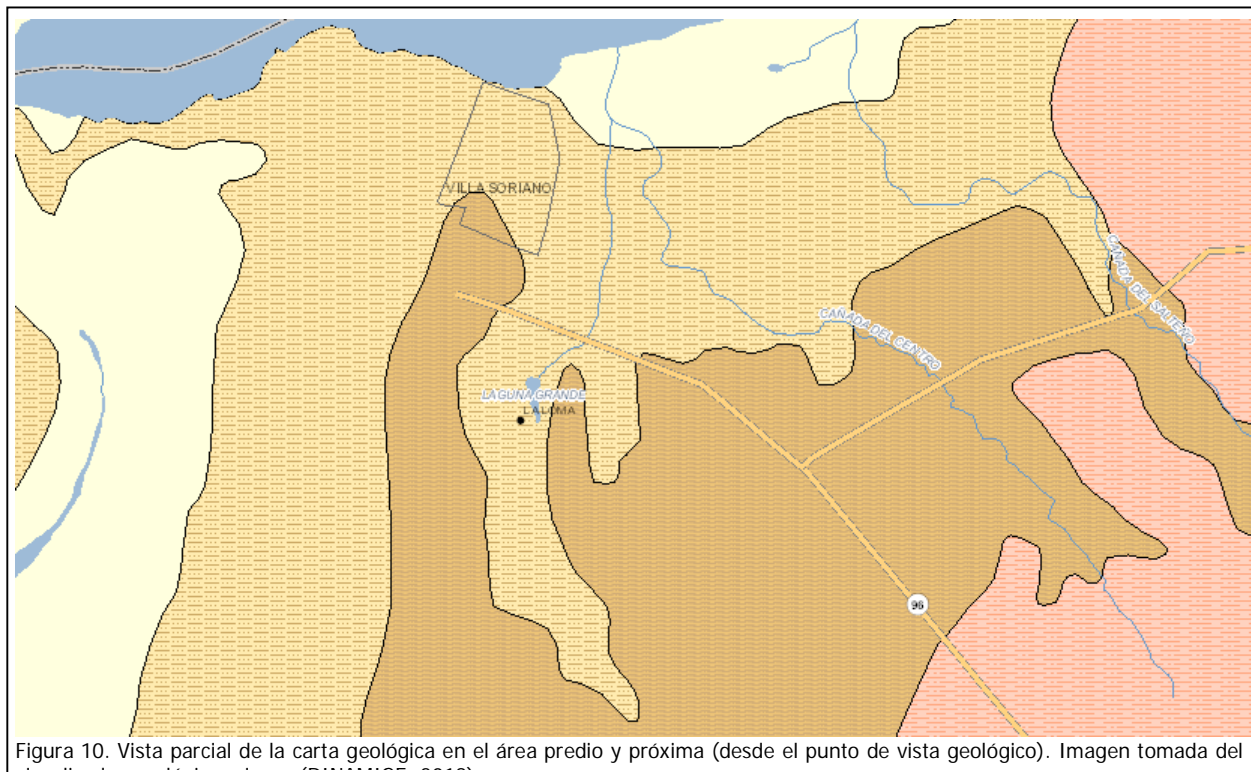


Figura 9. Vista del área de recorrida y ubicación de planta.

Asimismo, sobre el inicio del tramo, desde donde se instalará la planta correspondiente, se presentan suelos de la Fm. Dolores, conformada por lodolitas y areniscas arcillosas muy finas, de colores pardos. Sedimentación continental, relacionada a fenómenos eólicos y de coluvación, con formación de flujos de barro, que se redepositan en las zonas topográficamente más bajas.

No se prevé en las profundidades a realizar el tendido, entre 0,75 y 1,5 m, la ocurrencia de zonas tenaces que dificulten la excavación con medios usuales.





### **Cimentaciones de la planta de Osmosis**

En el caso del sondeo a realizarse en la ubicación prevista, se presentó el siguiente perfil:

- 0,0 a 0,30 m, arcilla marrón clara
- 0,30 a 1,20 m, arcilla negra
- 1,20 a 1,50 m, suelo arcilloso marrón oscuro que endurece.
- SPT a 1,0 m: 2, 10, 15. N=25 golpes.

Considerando la tipología y estado de consistencia/compacidad del suelo, para la consideración de las tensiones admisibles para el diseño de cimentación tipo base corrida, puede aplicarse el criterio de Terzaghi-Peck, para suelos finos, donde  $\sigma_{adm} = 0,125 \times N_{SPT}$ .

Para una profundidad de cimentación de 1,0 m, puede considerarse una tensión admisible máxima,  $\sigma_{adm} = 312,5 \text{ kPa}$  (3,125 kg/cm<sup>2</sup>).



## ***Ramal Campana***

El terreno discurre sobre suelos de la Fm. Libertad.

La Fm. Libertad, en la zona por donde transcurrirá el ramal correspondiente son lodolitas, loes y fangolitas con porcentaje variable de arenas y arcillas, de color pardo a pardo rojizo. Sedimentación continental peridesértica. Presencia ocasional de carbonato de calcio en diversas formas.

Los terrenos son fácilmente excavables al menos hasta 1,5 m, la ocurrencia de zonas tenaces que dificulten la excavación con medios usuales.

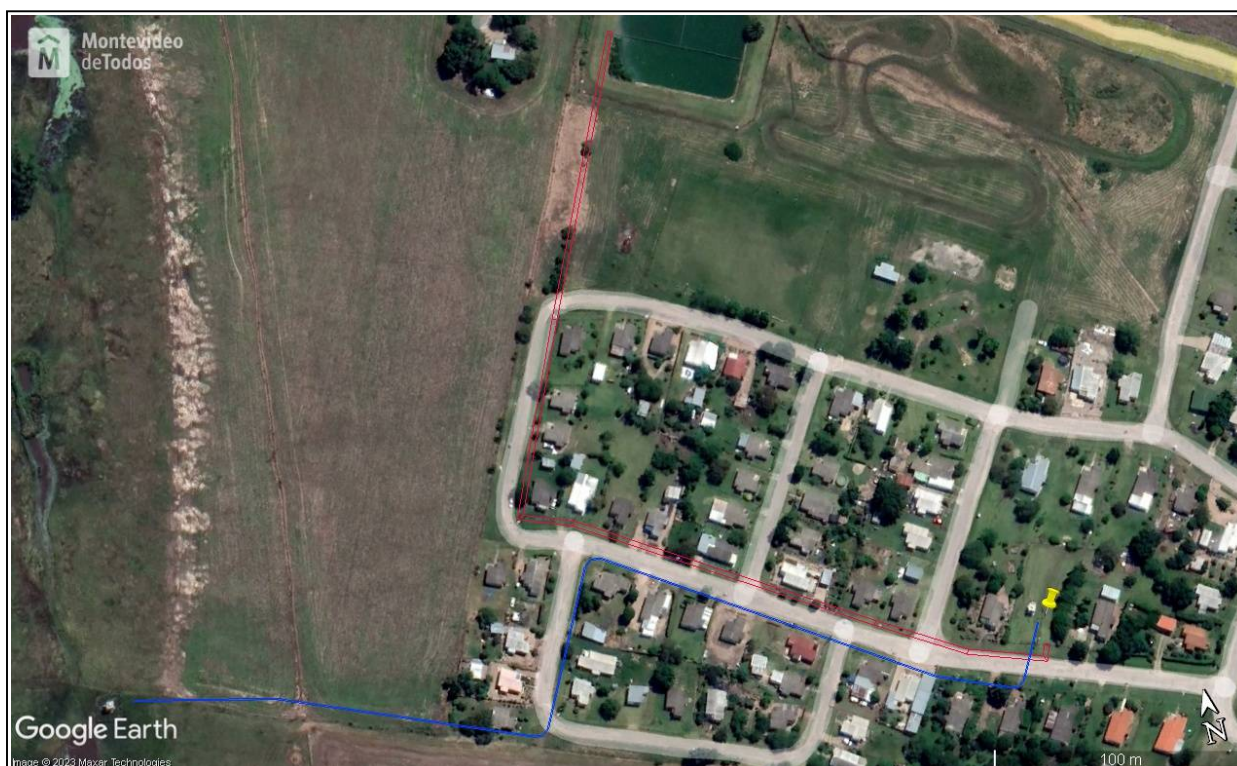


Figura 11. Vista del área de recorrida y ubicación de planta.

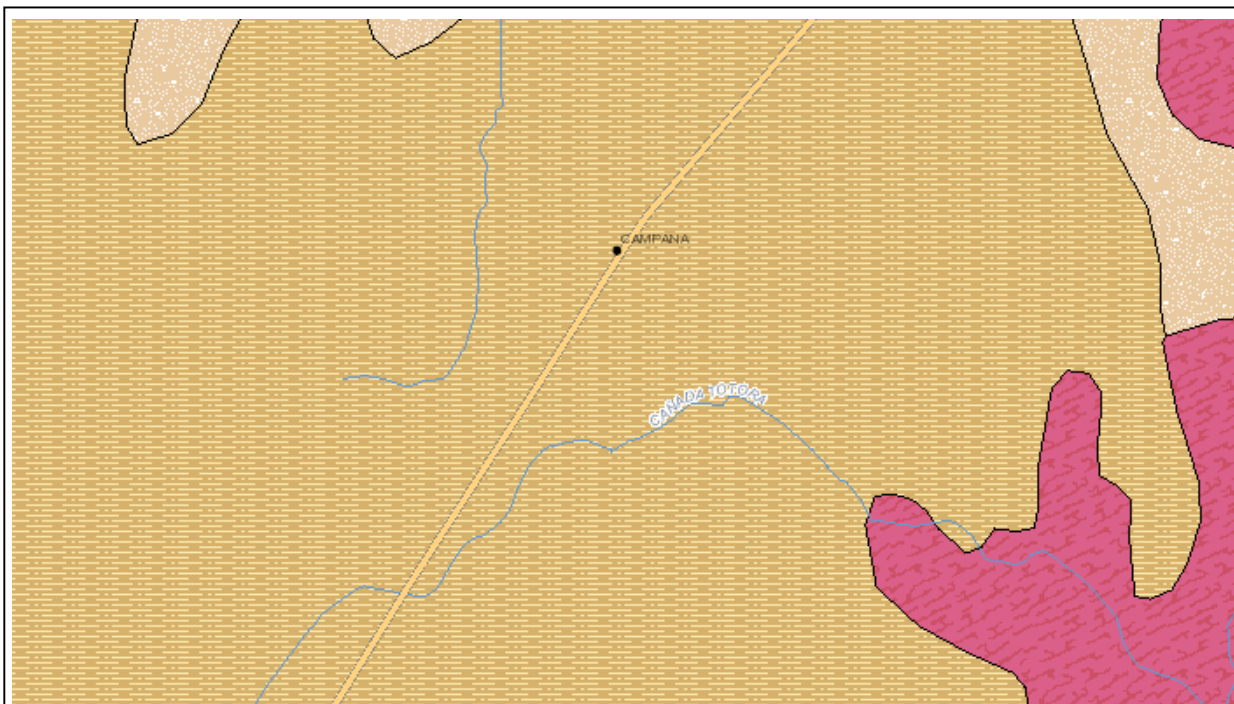


Figura 12. Vista parcial de la carta geológica en el área predio y próxima (desde el punto de vista geológico). Imagen tomada del visualizador geológico minero (DINAMIGE, 2018).

### **Cimentaciones de la planta de Osmosis**

En el caso del sondeo a realizarse en la ubicación prevista, se presentó el siguiente perfil:

- 0,0 a 1,0 m, suelo vegetal y arcilla negra
- 1,0 a 1,50 m, suelo arcilloso marrón claro con presencia de carbonato de calcio.
- SPT a 1,0 m: 2, 4, 5. N=9 golpes.

Considerando la tipología y estado de consistencia/compacidad del suelo, para la consideración de las tensiones admisibles para el diseño de cimentación tipo base corrida, puede aplicarse el criterio de Terzaghi-Peck, para suelos finos, donde  $\sigma_{adm} = 0,125 \times N_{SPT}$ .

Para una profundidad de cimentación de 1,0 m, puede considerarse una tensión admisible máxima,  $\sigma_{adm} = 112,5 \text{ kPa}$  ( $1,125 \text{ kg/cm}^2$ ).

## ***Ramal Pueblo Gil, Conchillas, Puerto Ingleses***

Los ramales discurren sobre suelos de las Ffmm. Camacho y Fray Bentos (Pueblo Gil), Fm. Actual (Puerto Ingleses) y sobre suelos residuales del Complejo Basal del área en partes de la aductora Conchillas.

La Fm. Camacho, en la zona por donde transcurrirá el ramal correspondiente son areniscas (y arenas) finas a gruesas, mal seleccionadas, masivas y de estructura lenticular, de colores rosados a gris verdosos con arcillas verdes y lumaquelas grises intercaladas. Sedimentación marina.

El complejo basal en el área son gneises muscovíticos y/o biotíticos, gneises anfibólicos y anfibolitas. Ortogneises ácidos y básicos, cuarcitas, granulitas y esquistos. Migmatitas de texturas variadas predominando las ofalmiticas y granudas. Frecuente intercalación de rocas graníticas.

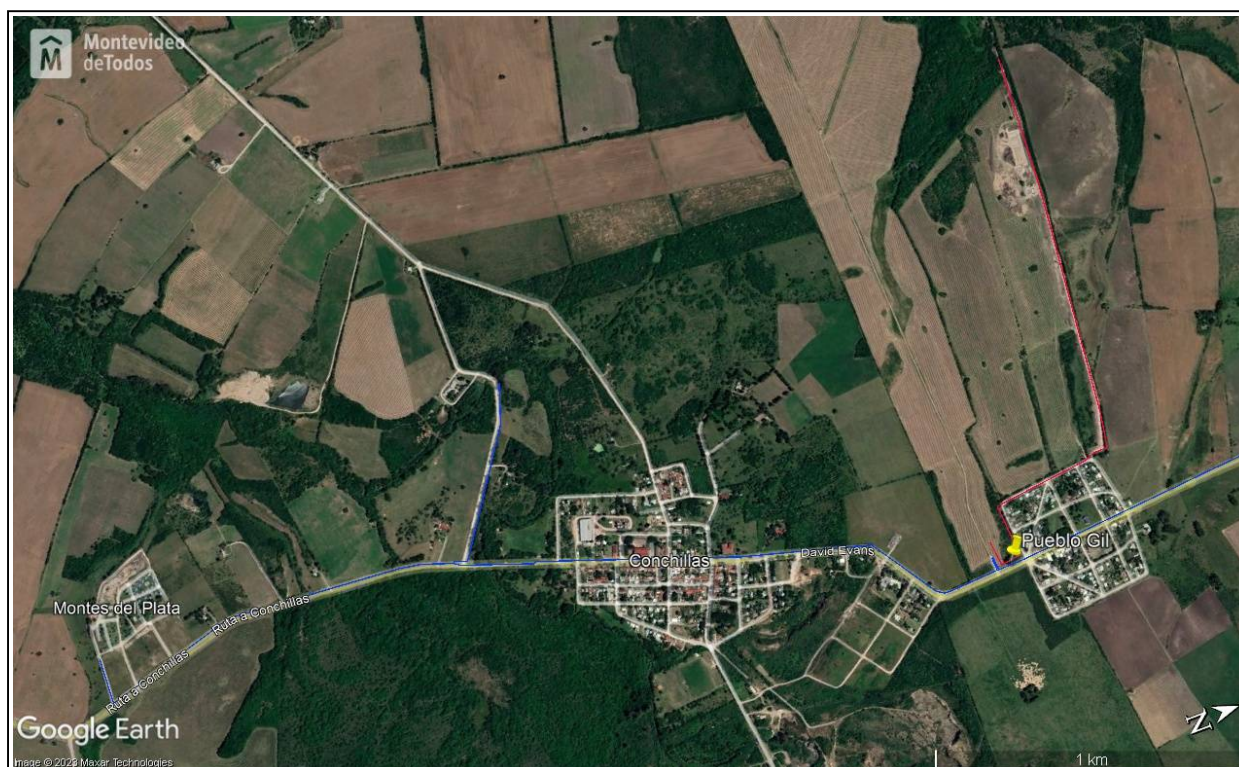


Figura 13. Vista del área de recorrida y ubicación de planta.

En Puerto Ingleses, en la ubicación donde se instalará la planta, se desarrollan Sedimentos limo-arcillosos, arenosos a veces conglomerádicos (aluviones y coluviones), depósitos de turbas, sobreyaciendo a la Fm. Camacho.

De los antecedentes y la recorrida, puede decirse que, en las profundidades a realizar el tendido, hasta 1,5 m, la excavación será fácil con medios usuales entre suelos limo-arcillosos, con ocasional o abundante presencia de gravillas y gravas, y eventual pedregosidad (fundamentalmente en el tramo conchillas).



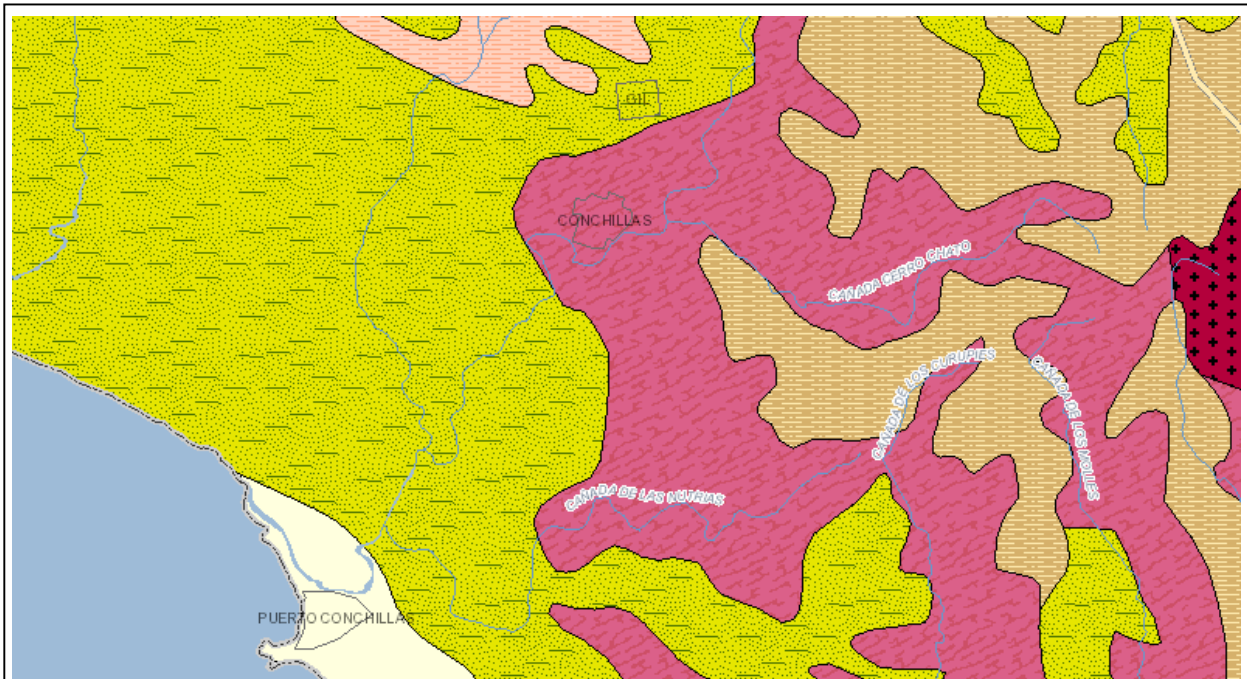


Figura 14. Vista parcial de la carta geológica en el área predio y próxima (desde el punto de vista geológico). Imagen tomada del visualizador geológico minero (DINAMIGE, 2018).

## **Cimentaciones de la planta de Osmosis**

### **PUEBLO GIL**

En el caso del sondeo a realizarse en la ubicación prevista, se presentó el siguiente perfil:

- 0,0 a 1,0 m, Suelo negro con desarrollo de raíces.
- 1,0 a 1,5 m, suelo arcilloso marrón claro.
- Ensayo penetrométrico suelo entre 1,0 y 1,5 m:  $q=3,5 \text{ kg/cm}^2$ .

En base a los resultados el ensayo, puede estimarse una tensión admisible mínima, a 1,0 m,  $\sigma_{adm} = 167 \text{ kPa}$  ( $1,67 \text{ kg/cm}^2$ ).

### PUERTO INGLESES

En el caso del sondeo de la ubicación prevista, se presentó el siguiente perfil:

- 0,0 a 1,50 m, arena arcillosa
- SPT a 1,0 m: 2, 1, 2. N=3 golpes.

A los efectos de la estimación de la tensión admisible, considerando que se trata de un suelo granular, se utilizará el método propuesto por Terzaghi-Peck:

Para  $B < 1.20\text{m}$ :

$$P_{adm} = 12N_{SPT} \left( 1 + \frac{D}{3B} \right) \left( \frac{S_t}{25} \right)$$

donde:

B es el lado de bases cuadradas o lado menor en bases rectangulares o corridas,

D es la profundidad de desplante, y

$S_t$  es el asentamiento máximo admisible (para este caso, como recomiendan dichos autores, se toma como tal 25 mm).

Para una profundidad de cimentación de 1,0 m, dependiendo del ancho de bases, pueden considerarse las siguientes tensiones admisibles:

- $B=0,5\text{ m}$ ,  $\sigma_{adm} = 60\text{ kPa}$  ( $0,6\text{ kg/cm}^2$ ).
- $B=0,6\text{ m}$ ,  $\sigma_{adm} = 56\text{ kPa}$  ( $0,56\text{ kg/cm}^2$ ).
- $B=0,7\text{ m}$ ,  $\sigma_{adm} = 53\text{ kPa}$  ( $0,53\text{ kg/cm}^2$ ).
- $B=0,8\text{ m}$ ,  $\sigma_{adm} = 51\text{ kPa}$  ( $0,51\text{ kg/cm}^2$ ).



## ***Planta Puntas de Maciel***

El emplazamiento se encuentra sobre suelos de la Fm. Asencio.

El terreno discurre sobre suelos de la Fm. Asencio, constituida por una sucesión silicoclástica roja, se destaca la ocurrencia de trazas fósiles de insectos. Arenicas finas, bien seleccionadas, arcillosas, masivas, de colores blanco y rosado. Presenta procesos secundarios de ferrificación y silicificación, de color rojo herrumbre, con intercalaciones de calizas. Duricostras ferruginosas y estratos nodulares macizos clima subtropical húmedo a tropical seco (generación de Ultisoles).

La Fm. Asencio, en la zona genera suelos limo arcillosos, con algo de arena.

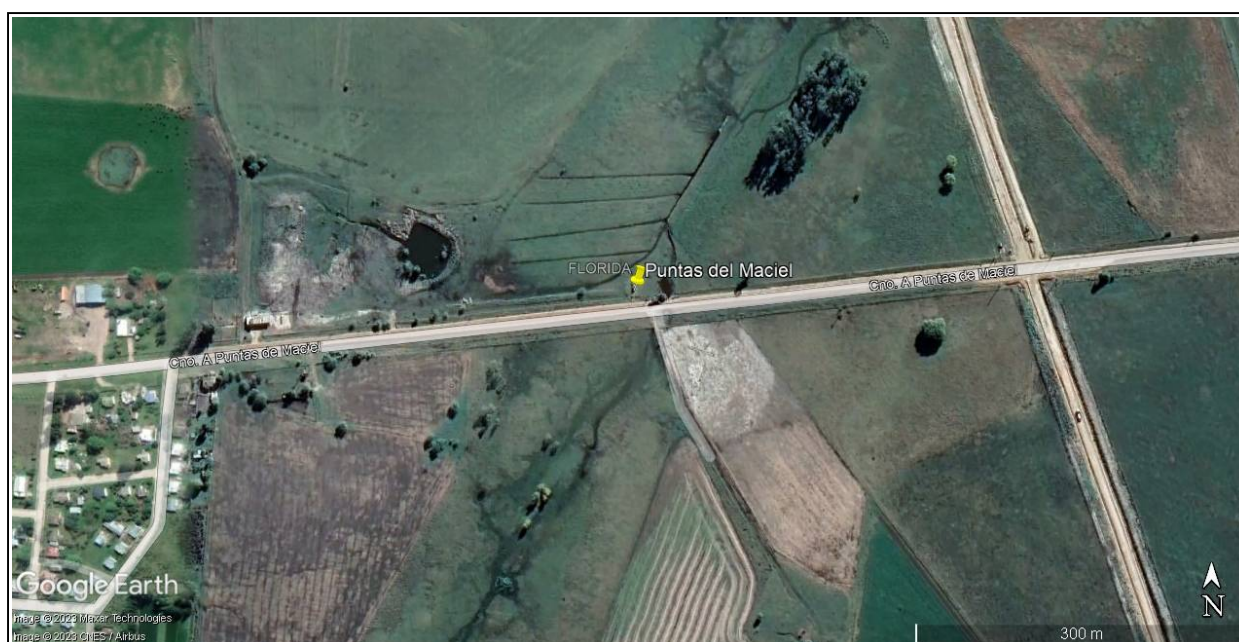


Figura 15. Vista del área de ubicación de planta.

## **Cimentaciones de la planta de Osmosis**

En el caso del sondeo a realizarse en la ubicación prevista, se presentó el siguiente perfil:

- 0,0 a 1,2 m, suelo limoso negro
- 1,20 a 1,50 m, suelo arcilloso marrón claro.
- SPT a 1,2 m: 1, 1, 1. N=2 golpes.

Considerando la tipología y estado de consistencia/compacidad del suelo, para la consideración de las tensiones admisibles para el diseño de cimentación tipo base corrida, puede aplicarse el criterio de Terzaghi-Peck, para suelos finos, donde  $\sigma_{adm} = 0,125 \times N_{SPT}$ .

Para una profundidad de cimentación de 1,2 m, puede considerarse una tensión admisible máxima,  $\sigma_{adm} = 25 \text{ kPa}$  ( $0,25 \text{ kg/cm}^2$ ).

A los efectos de la realización de cimentaciones se sugiere sustituir el suelo hasta 1,2 m en un ancho igual a 2 veces el ancho de las bases y espesor igual al ancho de la base, con un material granular tipo balasto, con un  $\text{CBR} \geq 60\%$  (compactado al 95% PUSM), para compatibilizar las tensiones de servicio.

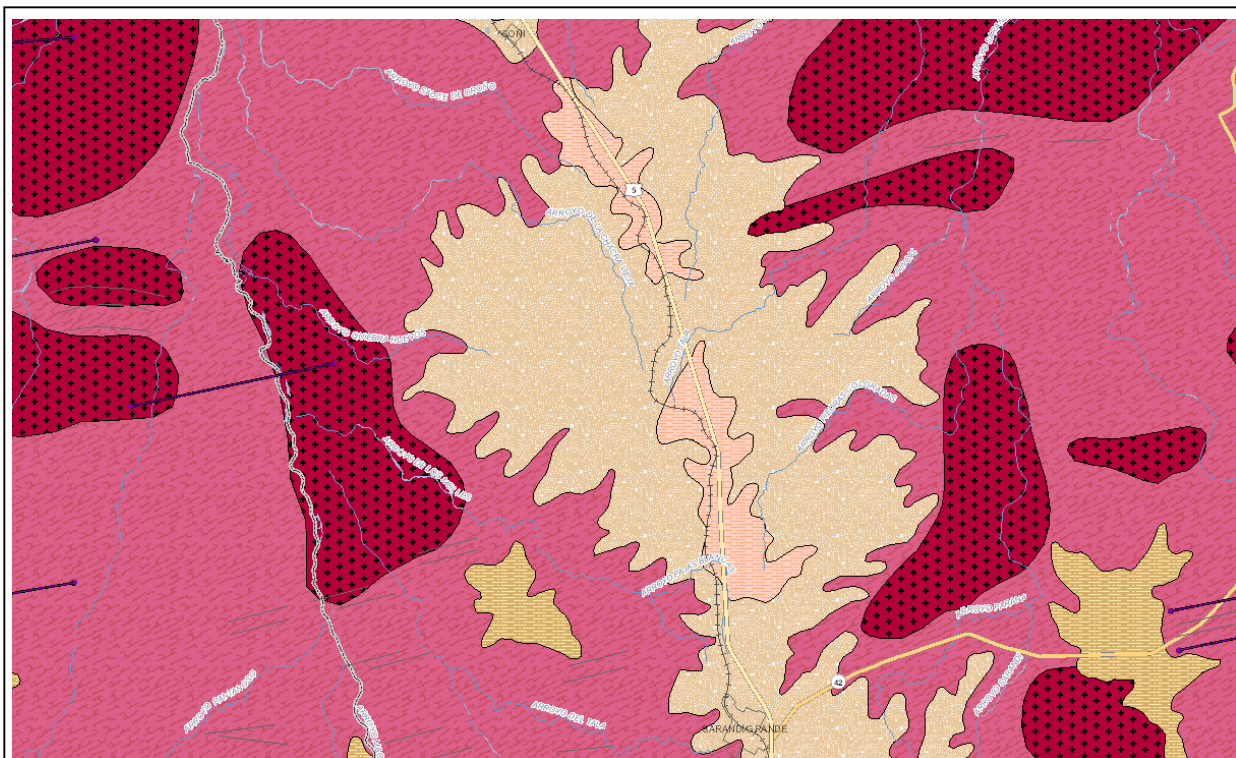
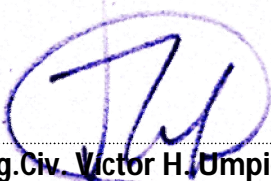


Figura 16. Vista parcial de la carta geológica en el área predio y próxima (desde el punto de vista geológico). Imagen tomada del visualizador geológico minero (DINAMIGE, 2018).

No existiendo mayores elementos para el estudio de cimentaciones y la definición del sistema a elegir, lo cual, junto a los aspectos económicos correspondientes, deberá evaluarse por parte del cliente, en base a las solicitudes analizadas por el proyectista. Dicho análisis, excede el alcance del presente informe.

Sin otro particular, quedando a vuestra disposición para cualquier aclaración, saludamos cordialmente,

p/LEMAC Tecnología

  
**Ing.Civ. Víctor H. Umpiérrez**  
**Técnico Responsable /**  
**Director Asociado**

## **ANEXO 1**

### ***Reporte fotográfico de Campo***

















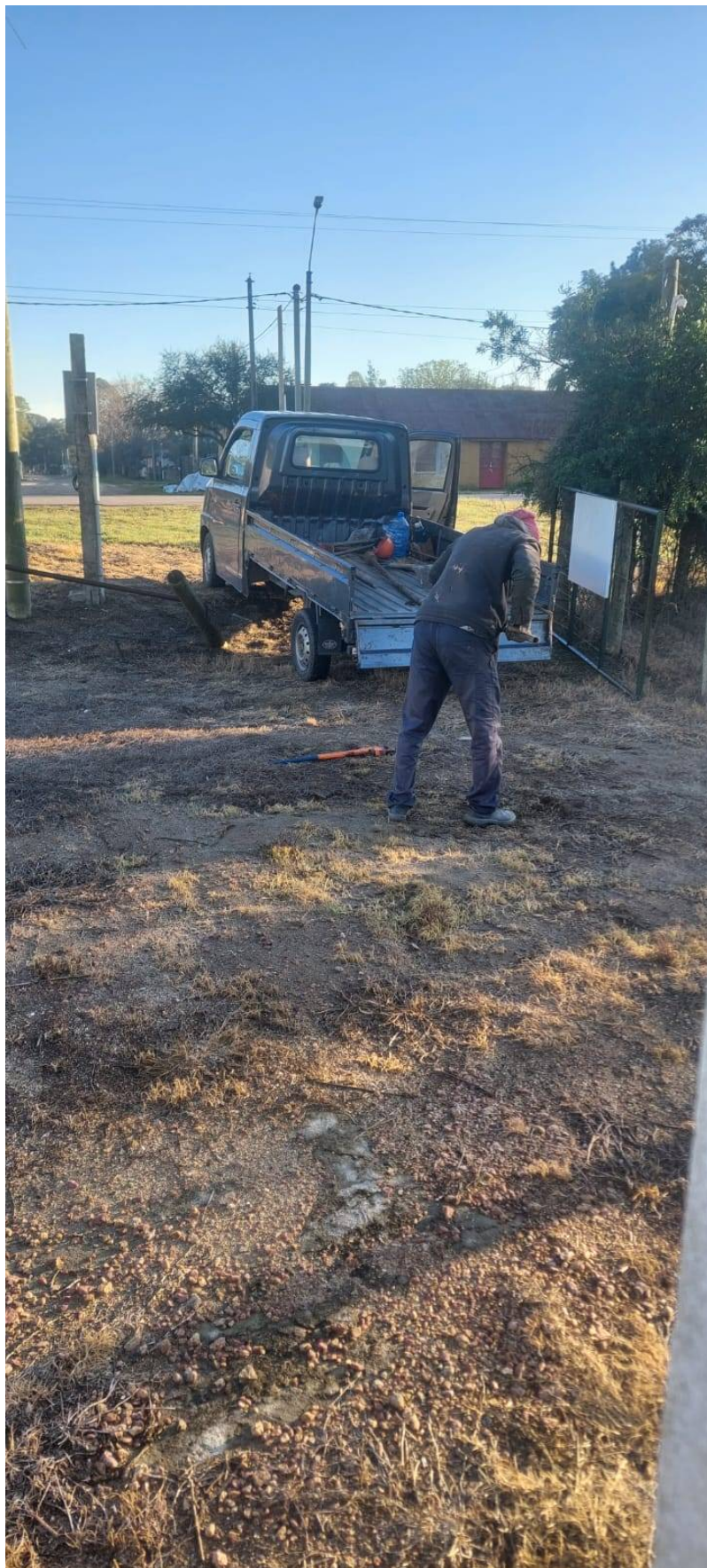












































































## ***ANEXO 2***

### ***Normativa de Referencia***



## **Normas ASTM**

**D420-98(2003)** *Standard Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes*

**D421-85(2002)** *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*

**D422-63(2002)** *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*

**D2216-05** *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*

**D2217-85(1998)** *Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*

**D2487-00** *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*

**D4318-05** *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*

**D1586-11** *Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils*

**AASHTO T-180** *Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54 Kg (10 Lb) Rammer and a 457 mm (18 in.) Drop.*

**AASHTO T-193** *Standard Method of Test for The California Bearing Ratio.*