

PROYECTO DE INGENIERÍA DE PERFIL CELDA N°1 Y SOBRE-CELDA

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y ASIMILABLES RELLENO SANITARIO SANTA MARTA



JULIO DE 2016

PROYECTO DE INGENIERÍA DE PERFIL CELDA N°1 Y SOBRE-CELDA
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y ASIMILABLES
RELLENO SANITARIO SANTA MARTA

PROYECTO DE INGENIERÍA DE PERFIL CELDA N°1 Y SOBRE-CELDA

El presente documento denominado *“Proyecto de Ingeniería de Perfil Celda N°1 y Sobre-Celda”*, ha sido elaborado por la empresa consultora externa Geotecnia Ambiental y somete a consideración de la Seremi de Salud Región Metropolitana para obtener su aprobación, en el marco de las medidas provisionales dictadas por la Superintendencia del Medio Ambiente, que dentro de sus aspectos más relevantes establece que la disposición final de residuos durante la vigencia de estas medidas provisionales debe efectuarse en una zona que se encuentre validada desde el punto de vista de seguridad estructural, hasta contar con el diseño geométrico definitivo que defina la vida útil del relleno sanitario.

Para tal efecto se han sostenido diversas reuniones con la Autoridad, de manera de establecer los criterios mínimos que debe contemplar este proyecto de Ingeniería de Perfil, el cual como se detallará a continuación, se encuentra orientado a continuar con la disposición de residuos en el mismo lugar, con todos los resguardos necesarios para mantener condiciones adecuadas de estabilidad, dentro de los cuales es posible mencionar un agotamiento permanente de lixiviados desde distintos puntos de captación que se encontrarán ubicados en la Celda N°1 y en la Sobrecota, piezómetros de observación, sistemas de drenaje, y otros mecanismos mediante los cuales se logre la mayor eficiencia en la extracción de lixiviados y de biogás.

El contenido de este Proyecto de Ingeniería de Perfil corresponde al siguiente:

1. Nota Técnica – Ingeniería de Perfil Celdas N°1 y Sobre-Celda, elaborada por el consultor externo Geotecnia Ambiental, referida a un análisis de estabilidad de la Zona Celda N°1 y Sobre-Celda.
2. Anexo Nota Técnica (894-GM-1208-Rev 0), que presenta los resultados de estabilidad de la ingeniería de perfil Celdas N°1 y Sobre-celda.
3. Condiciones Operacionales y de Seguimiento Celda N°1 y Sobre-Celda.
4. Plano de planta y cortes del sector de disposición final de residuos Celda N°1 y Sobre-Celda.

Figura 1 – Vista General Celda N°1 y Sobre-Celda



1.- NOTA TÉCNICA – INGENIERÍA DE PERFIL CELDAS N°1 Y SOBRECELDA

NOTA TÉCNICA

Valparaíso, 12 de julio de 2016

PROYECTO	ASESORÍA GEOTÉCNICA PARA REHABILITACIÓN DEL RELLENO SANTA MARTA	CLIENTE	CONSORCIO SANTA MARTA
----------	---	---------	-----------------------

UBICACIÓN	COMUNA TALAGANTE, SANTIAGO	REGIÓN	Metropolitana
-----------	----------------------------	--------	---------------

TEMARIO	<ul style="list-style-type: none"> INGENIERÍA DE PERFIL CELDAS N° 1 Y SOBRE-CELDA.
---------	---

1. INTRODUCCIÓN.

El Relleno Sanitario Santa Marta (RSSM) se ubica en la comuna de Talagante, en la Región Metropolitana de Chile, a 30 km al suroeste de Santiago. Como es sabido, el 15 de enero pasado, el depósito sufrió un deslizamiento caracterizado por la formación de una falla de tipo rotacional, que comenzó con la generación paulatina de grietas, asentamientos y flujos de lixiviados en los diferentes taludes afectados (Ver Figura 1.1), situación que derivó inmediatamente después en un cierre temporal parcial.



Figura 1.1. Vista general RSSM de Google del 9 de enero 2016.

Este cierre parcial, ha quedado bajo la condición de que la empresa responsable (Consortio Santa Marta, en adelante CSM), garantice permanentemente la estabilidad local del relleno.

El siguiente documento presenta el análisis de estabilidad local preliminar de las zonas operativas y proyectadas del RSSM para el corto plazo, es decir, los sectores Celda N° 1 y su respectiva Sobre-Celda, tal como indica la Figura 1.2. Esto, a partir de los antecedentes hasta ahora recabados por Geotecnia Ambiental (en adelante GA), y aquellos entregados por el Consortio Santa Marta (CSM) desde el inicio del monitoreo (enero de 2016).

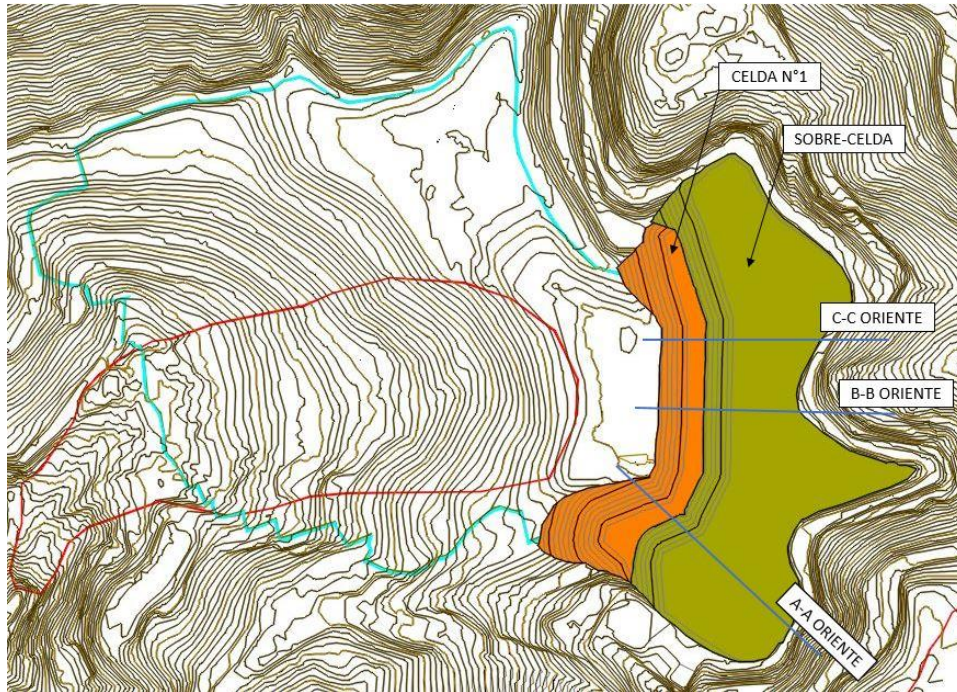


Figura 1.2. Zonas de disposición operativas y proyectadas RSSM, con ubicación de perfiles descriptivos C, B y A.

2. OBJETIVOS.

El objetivo principal de este documento es entregar recomendaciones generales, basadas en el diagnóstico geotécnico preliminar, referentes a alcanzar y garantizar una condición de estabilidad local en los sectores Celda N° 1 y Sobre-Celda, ubicados en la zona este del Relleno Sanitario Santa Marta, con la información existente a la fecha.

3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA ZONA CELDA N° 1 Y SOBRE-CELDA.

3.1. Diseño Celda N° 1.

Los criterios de diseño presentados para la construcción de la Celda N° 1 y Sobre-Celda en la Nota Técnica: "Informe Técnico Experto – Habilitación de Zona de Seguridad Relleno Sanitario Santa Marta", desarrollado a juicio de experto y entregado el 01 de febrero del presente, son los siguientes:

- Se contempla una altura máxima de celdas de 12 m.
- La longitud de las bermas no será menor a 18 m.
- La pendiente de cada celda es de 1:3 (V:H).
- Las celdas se construirán hasta llegar al límite con el relleno natural.

A continuación, en la Figura 3.1 se muestran las características de ambas celdas (N° 1 y Sobre-Celda):

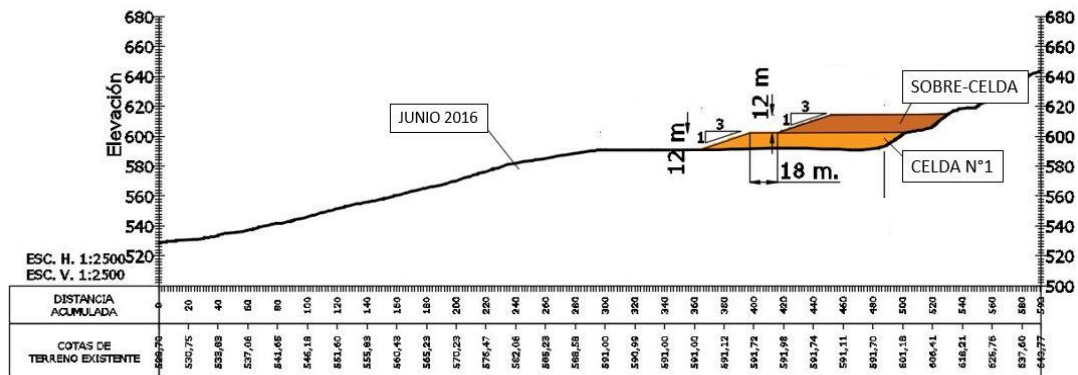


Figura 3.1. Perfil tipo y características de ambas celdas (N° 1 y Sobre-Celda).

3.2. Hipótesis de cálculo.

A continuación, se presentan las hipótesis consideradas para el análisis de estabilidad realizado en los sectores Celda N° 1 y Sobre-Celda, aplicables sólo al sector de fundación de ambas celdas. Estas hipótesis adoptadas para analizar la estabilidad del RSSM fueron:

- Para efectos de los modelos a emplear, se considera una condición de homogeneidad e isotropía estratificada de los materiales presentes en el relleno, es decir, los parámetros resistentes de los residuos se mantienen constantes en determinados sectores en profundidad. Esta hipótesis se emplea sólo para efectos de la modelación local ya que se analizarán áreas de características diferentes.
- El comportamiento de los residuos y suelos presentes en el relleno puede ser descrito por el modelo constitutivo de Mohr - Coulomb, utilizado comúnmente para materiales de agregados de partículas, pero incorporando las especiales características de los residuos sólidos.

- Las superficies de falla de menor seguridad, están definidas por los planos que presentan una menor resistencia al corte y fueron seleccionados por esta Consultora de acuerdo a la información recogida.

Estas hipótesis están basadas en la práctica actual de diseño aplicada a estas estructuras, aunque una revisión de la bibliografía actual plantea una serie de importantes factores que deben ser estudiados con mayor profundidad, recogiendo las experiencias de las principales fallas de rellenos sanitarios estudiadas a nivel mundial.

A ello se suma, la experiencia de esta consultora que plantea como hipótesis principal, que actualmente los rellenos sanitarios no responden a una condición de homogeneidad entre ellos, ni tampoco al interior del propio relleno. Algunos de estos factores, que deben ser estudiados por la disciplina con mayor profundidad y podrían estar afectando el real diagnóstico de la situación estructural del relleno sanitario Santa Marta son:

- La existencia de un sistema de multicapas en los rellenos sanitarios, con capas más débiles causadas por factores estacionales, entre ellos: presencia de otros tipos de residuos, bajo nivel de compactación sectoriales o existencia de capas de recubrimiento con suelos de diversas características geotécnicas.
- Las densidades de los rellenos, está directamente relacionado tanto con el tipo de residuo dispuesto, como con la efectividad en el proceso de compactación, el cual debe ser constante y uniforme. Además, contribuye a generar presencia de capas de material potencialmente licuables en los rellenos sanitarios.
- Grandes alturas de los rellenos, que llevan a riesgos de nuevos fenómenos geotécnicos como la licuefacción o licuación estática. En este caso se observó una movilidad indicativa de la aparición de licuefacción estática. Este fenómeno ha sido identificado en la literatura actual como la clave de causa de fallas de flujo en una serie de depósitos de residuos (por ejemplo, Tizón 2000, Fourie et al. 2001 Jefferies & Bean 2006). Se explican los mecanismos de licuefacción estática y dinámica en un material cohesivo saturado arenoso o suelo limoso con una relación de vacíos alta que lleva a un comportamiento contractivo cuando se somete a esfuerzos cortantes, sin adecuada compactación.
- El efecto real en la pérdida de resistencia de la masa, de la co-disposición de residuos sólidos con lodos, su porcentaje de humedad y porcentaje efectivo con respecto a los residuos sólidos.
- Debilidades en los balances de agua de los rellenos, por falta de contrastación con parámetros e hipótesis empleadas. En este análisis es importante considerar que la permeabilidad para el flujo vertical de agua a través de los residuos es menor que la horizontal flujo (Tizón 1996) y la resistencia al corte puede verse afectada por estas condiciones hidráulicas, así como la resistencia al corte de numerosas interfaces de plástico a plástico en los residuos.
- Debilidades en los instrumentos geotécnicos clásicos de auscultación, que permitirían determinar zonas de residuos saturadas, sueltas o mal compactadas en profundidad.

La mayoría de los artículos revisados sobre fallas recientes de rellenos sanitarios en el mundo, sobre todo "Slope failures in municipal solid waste dumps and landfills: a review" de Geoffrey Blight de la University of the Witwatersrand, Johannesburg, South África, que resume una serie de fallas en el mundo, concluyen adicionalmente que muchas de ellas se explican por la ausencia de ingeniería de control, y por la distancia

que ella ha presentado respecto del diseño inicial del relleno, es decir, en aspectos como los parámetros geotécnicos, geométricos, hídricos y de presión. Otro factor atribuible a la generación de fallas, consiste en la carencia de rellenos sanitarios diseñados por personal técnicamente capacitado, operados por personas competentes, o inspeccionados por representantes de autoridades reguladoras o de control, también adecuadamente capacitadas.

El presente trabajo, ha recogido los avances que a la fecha, se han podido obtener del Relleno Sanitario Santa Marta, es decir, se presentan los resultados preliminares de las prospecciones de diagnóstico, la información entregada por los técnicos del CSM, y los criterios de diseño clásicos empleados.

Dada la complejidad del trabajo realizado, se espera que en diagnósticos próximos, se puedan incorporar tanto avances en el diseño, como recomendaciones geotécnicas a la normativa vigente, de manera de garantizar una mayor seguridad en rellenos sanitarios. Este último aspecto aún no está disponible en Chile, pero actualmente se está trabajando para su incorporación.

3.3. Coeficiente Sísmico

En la actualidad, la validez del análisis que representa el efecto de la actividad sísmica en los rellenos sanitarios, está en plena discusión en el campo de la geotecnia, debido principalmente a que estas estructuras presentan un comportamiento más bien flexible.

Sin embargo, el método empleado en este análisis es el que se emplea habitualmente en Chile y su coeficiente sísmico fue respaldado preliminarmente al analizar el buen comportamiento del Relleno Sanitario Santa Marta, con posterioridad al terremoto de febrero del año 2010. Los antecedentes recogidos de este evento, serán empleados en capítulos posteriores.

De esta manera, el coeficiente sísmico utilizado para el análisis pseudo estático, fue obtenido a partir del informe del año 2010 (Informe Final Etapa II, 328-MA-1010), en un retro análisis realizados con posterioridad, y se basa en las relaciones propuestas por Saragoni, R (1993). Como conclusión de esto, el valor del coeficiente sísmico adoptado es equivalente a **0,15**.

3.4. Método de Análisis.

El análisis de estabilidad fue determinado en base a los Métodos de Equilibrio Límite (MEL) recomendados habitualmente para depósitos industriales de altura inferior a 40m (Referencial). En depósitos de altura superior a 40 m e inferior a 75 m, se recomienda diseñar preliminarmente MEL y verificar deformaciones con métodos por ejemplo de Makdisi & Seed o Newmark. Ellos para el caso de rellenos sanitarios, plantea la gran dificultad de la determinación de los parámetros representativos.

En este caso, se empleó el MEL de Morgenstern-Price, que es un modelo que se fundamenta en satisfacer tanto el equilibrio de fuerzas, como el de momentos actuantes en dovelas individuales generadas sobre la superficie de falla.

Este método es considerado uno de los más completos, ya que además de lo mencionado anteriormente, es aplicable a cualquier tipo o forma de superficie de falla involucrada.

El movimiento o deslizamiento ocurre cuando la resistencia al esfuerzo cortante del material es excedida por los esfuerzos cortantes que se producen en una superficie relativamente continua. Por lo tanto, las fallas localizadas en un solo punto de la masa de tierra no indican necesariamente que la masa sea inestable. La inestabilidad se produce como resultado de la falla de esfuerzo de corte en una serie de puntos que definen una superficie, a lo largo de la cual se produce el movimiento.

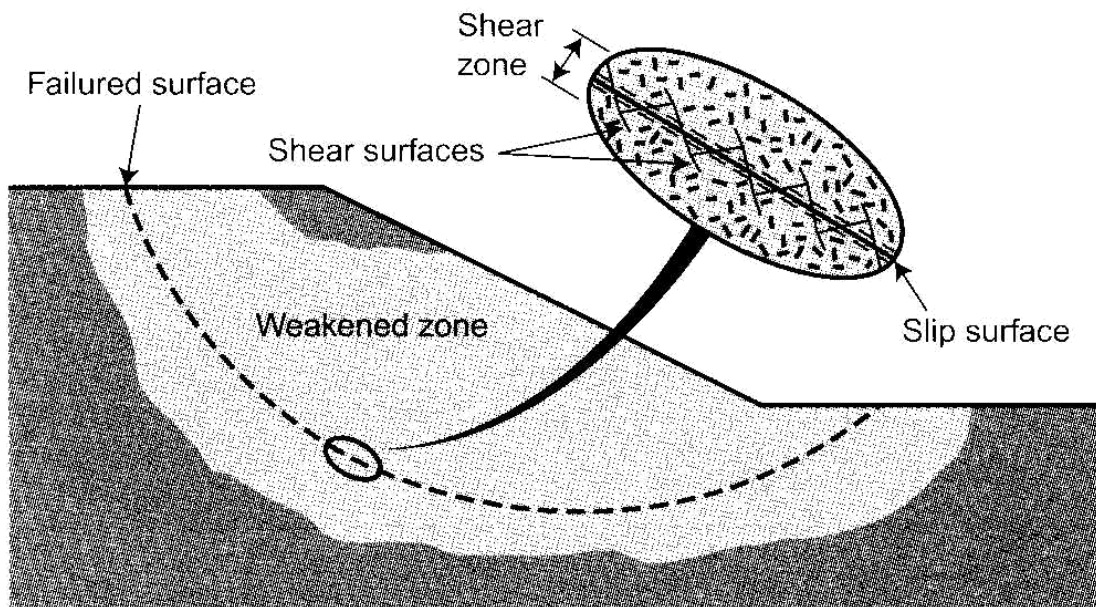


Figura 3.2. El deslizamiento en taludes finitos.

Cualquier condición que produzca una disminución de la resistencia del material o un aumento de los esfuerzos éste, contribuye a la inestabilidad y deben tomarse en consideración, tanto en el proyecto como en la corrección de fallas (por ejemplo saturación de la masa; baja en los parámetros mecánicos; acción sísmica; incremento en carga aplicada; etc).

Este análisis requiere de la determinación de un coeficiente sísmico de aceleración horizontal (k_h), el cual permite simular una fuerza sísmica (pseudo-estática) en el talud. La determinación del coeficiente sísmico (k_h y k_v) debe ajustarse a las características sísmicas del área. Para Chile se recomienda aplicar las expresiones propuestas por Saragoni. La aceleración máxima ($a_{máx}$) de campo libre se obtiene de un estudio de Riesgo Sísmico.

Específicamente el diseño completo debe buscar evitar las fallas asociadas al fenómeno de licuefacción, inestabilidad de taludes, y deformaciones sísmicas principalmente.

3.5. Geometría y perfiles utilizados.

La geometría actual considerada corresponde a la topografía del 16 de junio del presente, obtenida y entregada por personal de CSM.

Debido a las características de la zona en estudio, en primera instancia, se han considerado diferentes perfiles de análisis (Ver Figura 3.3), utilizando para su elección, aspectos como la profundidad máxima y mínima de cada perfil, el nivel de inclinación que presentan los taludes y quebradas del sector, y la representatividad de las condiciones geomorfológicas de cada quebrada.

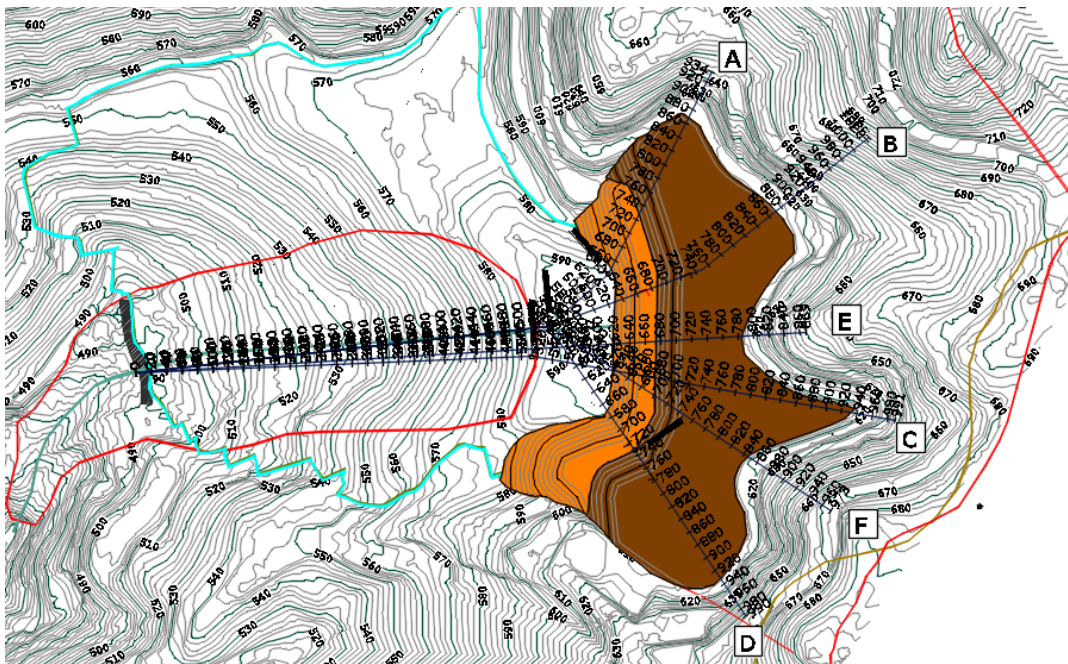


Figura 3.3. Ubicación de perfiles considerados RSSM.

Debido a que la geometría de cada perfil representa las características de la zona estudiada, se compararon los 6 perfiles (A, B, C, D, E y F) descritos en la Figura 3.3, de acuerdo al espesor de residuos al pie de ambas celdas (Celda N° 1 y Sobre-Celda).

Consecuentemente con lo anterior, se cuantificaron los espesores H1 y H2, tal como indica a continuación la Figura 3.4.

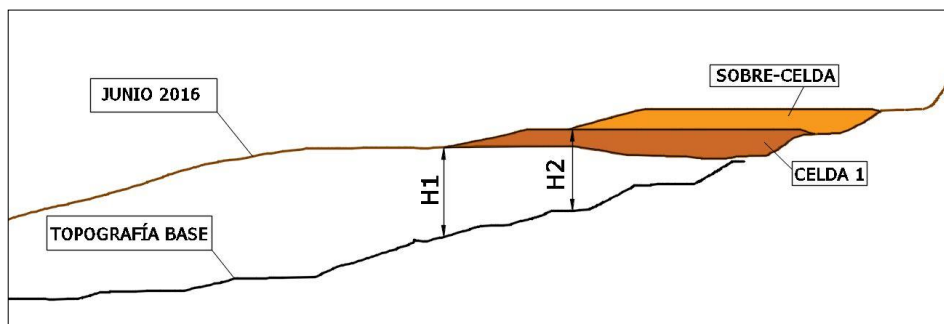


Figura 3.4. Perfil tipo sector Celdas N° 1 y Sobre-Celda.

Los espesores H_1 y H_2 son mostrados a continuación en la Figura 3.5.

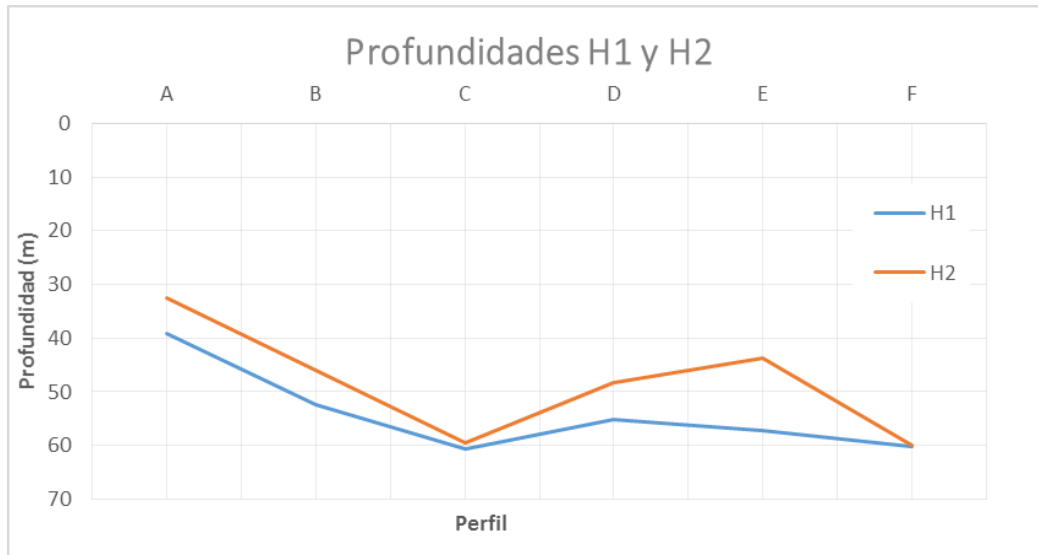


Figura 3.5. Profundidad de los residuos al pie de ambas Celdas (N° 1 y Sobre-Celda) para cada perfil.

A partir de la Figura 3.5, es posible establecer que los perfiles C y F presentan las mayores profundidades de residuos, correspondiendo así, a los perfiles más desfavorables en términos estabilidad por su altura. Esto se justifica debido a que al presentar mayores alturas de residuos, aumenta la carga del empuje al deslizamiento, y mayor es la cantidad de material involucrado en caso de deslizamiento.

Ambos perfiles, C y F, alcanzan para el sector del pie de la Celda N° 1 (H_1) alturas de residuos cercanos a los 60 m., que corresponden íntegramente a residuos antiguos. Para las alturas medidas en el pie de la Sobre-Celda (H_2), se alcanzan igualmente 60 m, que corresponden a 48 m de residuos antiguos y a 12 m de residuos nuevos (Celda N° 1).

Se debe tener en cuenta que para la elección de los perfiles más desfavorables, se ha realizado en primera instancia, un análisis de dos dimensiones, lo que no permite incorporar el efecto de encajonamiento topográfico de las quebradas existentes. Por lo tanto, la estabilidad obtenida en el presente análisis, corresponde a un análisis conservador en este aspecto. En la Figura 3.6 se presentan las quebradas existentes en la zona de la Celda N° 1 y Sobre-Celda. Además con líneas de color más tenue, se muestra la zona deslizada.

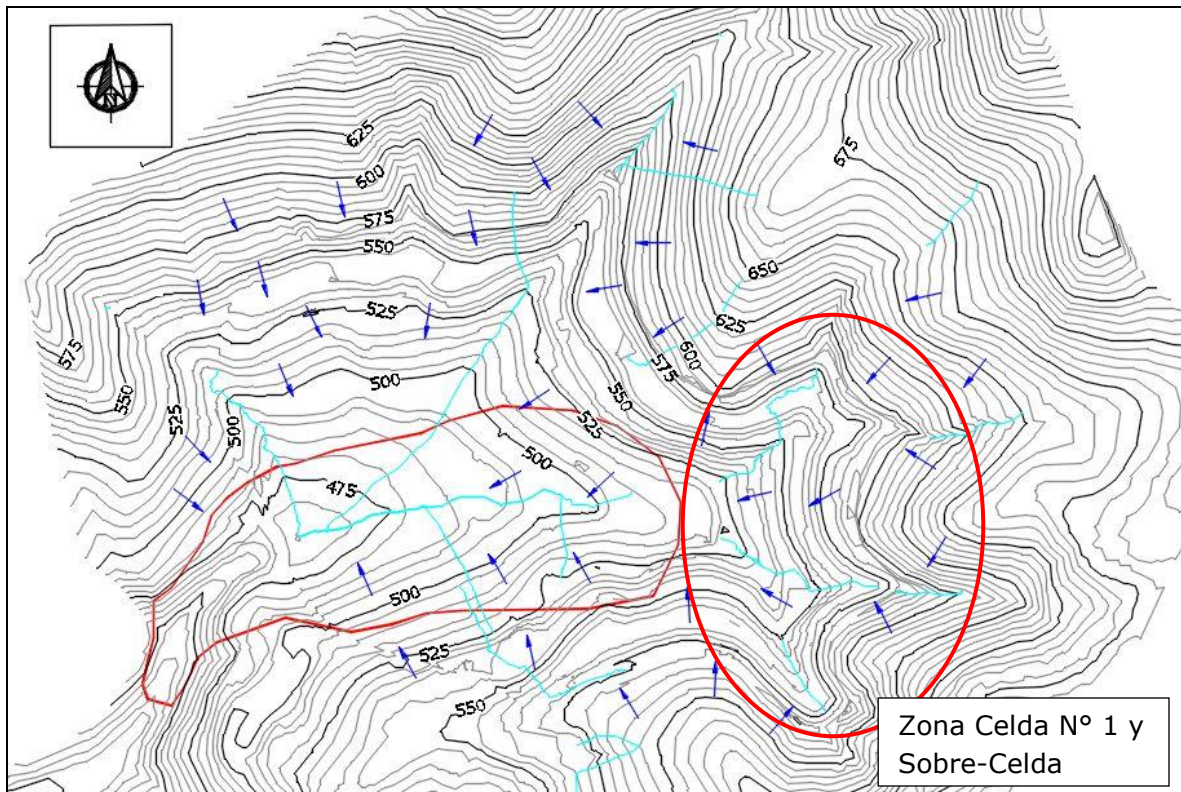


Figura 3.6. Quebradas existentes en el relleno sanitario.

Por lo tanto, debido a lo mencionado anteriormente, el perfil seleccionado como más desfavorable para el análisis de estabilidad, corresponde al perfil F (Figura 3.7).

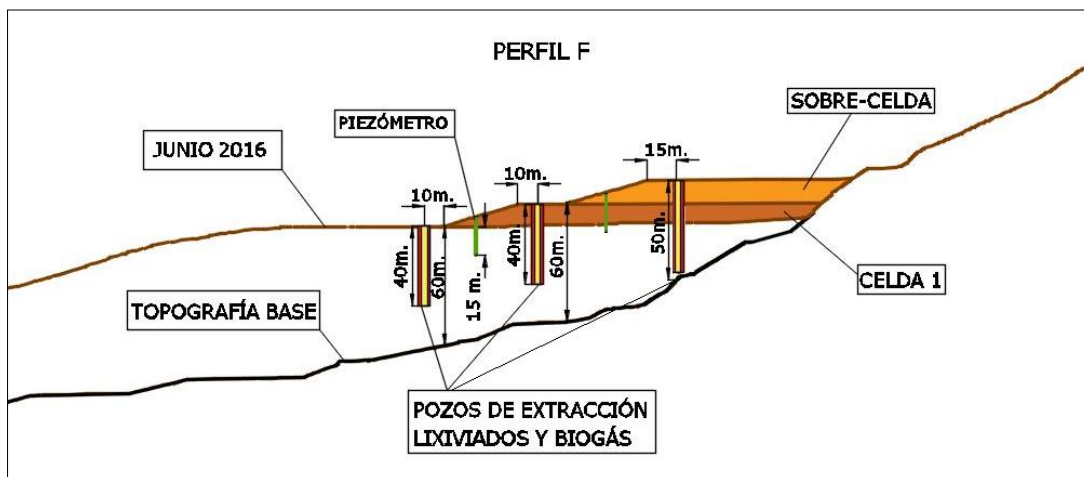


Figura 3.7. Geometría del perfil F.

3.6. Nivel de lixiviados

Se ha considerado que en la Celda N° 1 y Sobre-Celda no existe nivel de lixiviados, producto de la existencia de un sistema de drenaje que se encontraría operativo. Sin embargo, se ha considerado una condición de saturación parcial generado por la biodegradación. Esta condición debe ser chequeada permanentemente.

Para los residuos donde se funda la Celda N° 1 y Sobre-Celda, se ha considerado un nivel de lixiviados a una profundidad del orden de 15 m, que corresponde a una profundidad referencial. Esto implica que al momento de alcanzar este umbral, se reforzarán las acciones de agotamiento y/o depresión del nivel. En caso de que las lecturas registren profundidades menores a 15 m, se analizarán estos registros de manera de incorporar pozos intermedios en caso que sea necesario o cualquier otro sistema de drenaje de aquellos que se encuentra implementando el CSM.

Una de las alternativas analizadas por el CSM, considera la construcción de seis pozos profundos duales de 40 m de profundidad (con extracción de gas y lixiviados), que permitirán reducir el nivel de lixiviados en la zona bajo la Celda N° 1.

De implementarse esta alternativa, el programa de implementación de estos pozos será el siguiente:

- Se considera la construcción de 6 pozos en un plazo máximo de 60 días, una vez finalizado el volumen de ocupación de la Celda N° 1.
- Se considera la construcción de 3 pozos en un plazo máximo de 60 días, una vez finalizado el volumen de ocupación de la Sobre-Celda.

A continuación, la Figura 3.8 presenta la ubicación de dichos pozos (de color amarillo), que como se observa, se ubican al menos tres al pie de la Celda N° 1, tres en el sector medio de la terraza de la Celda N° 1 y tres a 5 m de la corona de la Sobre-Celda.

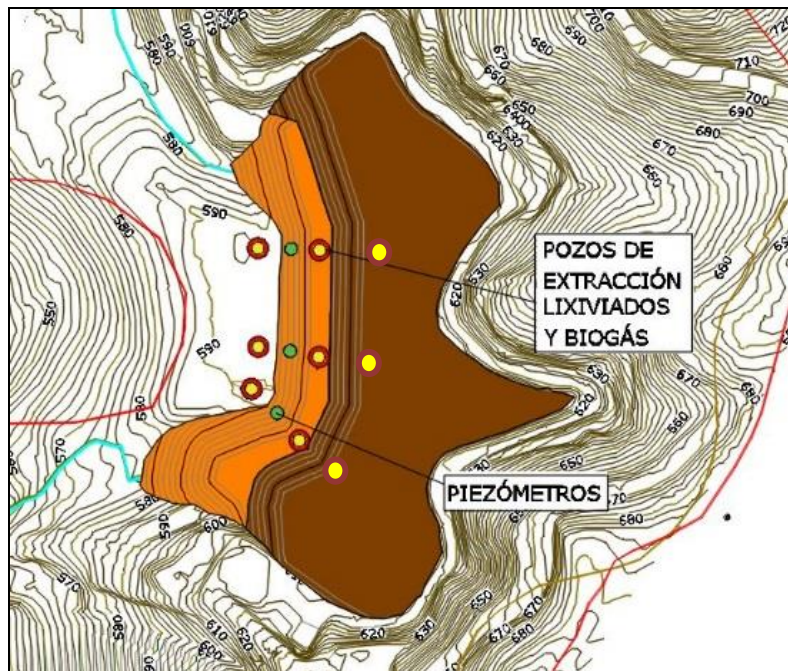


Figura 3.8. Ubicación de pozos de extracción.

Se espera que estos pozos, u otro de los sistemas que se estarían cotizando en este momento, extraerán lixiviado y biogás, logrando deprimir la napa de lixiviados existente en el relleno, formando así, conos de depresión, que en las zonas intermedias entre pozos deberán registrar una profundidad del orden de 15 m o mayo. En la Figura 3.9 se presenta un cono de depresión generado por un pozo de extracción típico.

Respecto a la formación del cono de depresión de la Figura 3.9, se estima que la configuración propuesta logrará los mencionados 15 m, tal como se presenta más adelante en la Figura 3.10, con la colaboración además de los pozos intermedios que han estado incorporándose al sistema de drenaje del relleno.

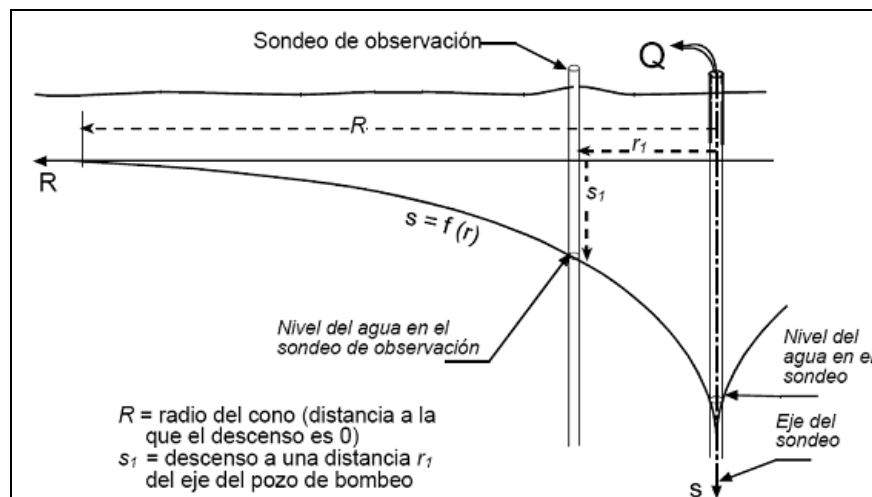


Figura 3.9. Cono de depresión para la extracción de aguas.

Cabe destacar, que la Figura 3.9 corresponde a una imagen de carácter referencial, y que en definitiva, es utilizada como apoyo para representar la depresión y/o agotamiento que se espera lograr en el relleno.

Para la zona superior de la Sobre-Celda, se han definido sistemas de drenajes o pozos de alrededor de 50 m para mantener los niveles piezométricos en una posición tal que generen estabilidad estructural.

Con la finalidad de aclarar incertidumbres respecto del nivel piezométrico, se recomienda contar con pozos de observación (piezómetros), los cuales se presentan de color verde en la Figura 3.8. Originalmente se proyectan 3 pozos, sin embargo, a medida que avance la operación, se evaluará la necesidad de implementar nuevos pozos de observación en lugares con mayor potencial de extracción de lixiviados.

Se recomienda continuar con la extracción de pozos superficiales (profundidades entre 10 y 15 m), que ayudarán a garantizar el nivel de 15 m, propuesto como referencia.

Con la finalidad de realizar las modelaciones, se ha supuesto que el nivel de lixiviados se rige por el cono de depresión presentado en la Figura 3.9. Esta situación se puede apreciar en la Figura 3.10. Este supuesto se irá verificando en terreno, dado la incertidumbre el efecto del lixigas sobre la estabilidad y la separación de ambas presiones (lixiviados y gas).

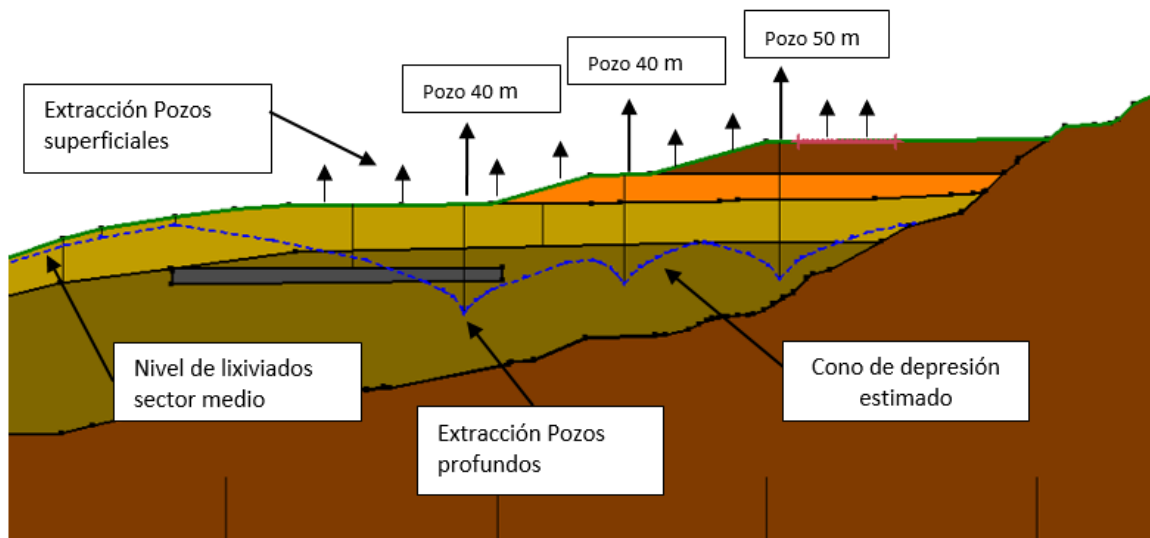


Figura 3.10. Niveles de lixiviados asumidos en el análisis. Considerando pozos profundos operativos.

Según antecedentes entregados por CSM, existen pozos duales de extracción (PZ) distribuidos en diferentes zonas del relleno (Ver Figura 3.11), los cuales, además de permitir la extracción de gas, son utilizados para medir el nivel de lixiviados.

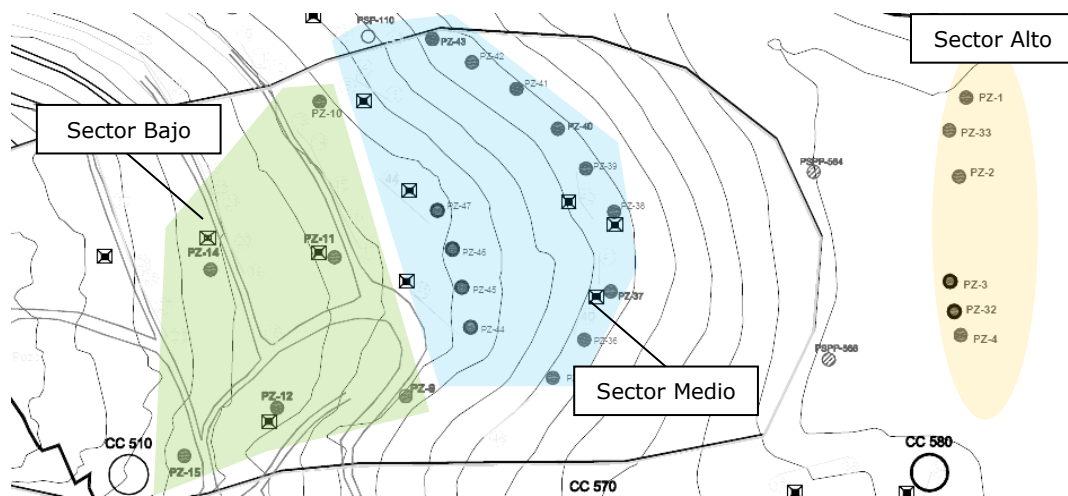


Figura 3.11. Ubicación de los pozos de medición.

A partir de los niveles enviados por CSM, y con el objeto de caracterizar el comportamiento de la Celda N° 1, se estudió el nivel de lixiviados registrado (periodo comprendido desde el 26-02-2016 hasta el 20-06-2016) en cada sector del talud (bajo, medio y alto, Figura 3.11). De esta manera, los pozos fueron agrupados de acuerdo a su nivel de cota representativa (520, 540 y 590 msnm).

Para el nivel de lixiviados en el talud (Cota 520 y 540 msnm), se consideran los valores promedios de las mediciones realizadas por personal de CSM en los sectores definidos como medio y bajo, presentados en la Tabla 3.1. Estos valores son sin agotamiento de los pozos y con las condiciones del momento de la medición, es decir

su posición puede estar influenciada por factores como: existencia real de sub presiones; efectos de aguas lluvias; efectos de la sobre carga de las zonas superiores u otros.

Tabla 3.1. Niveles registrados en sector Celda N° 1 y en taludes zona de falla (Fuente: datos entregados por CSM).

Nivel alcanzado bajo rasante[m]	Cota 520 (sector bajo)	Cota 540 (sector medio)	Cota 590 (sector alto)
Máximo	1	0,2	3,3
Promedio	3,7	4	6,1
Mínimo	8,4	10,8	8,9
Perfil tipo.	<p>El diagrama muestra un perfil de terreno con tres pozos etiquetados como POZOS COTA 520, POZOS COTA 540 y POZOS COTA 590. Se traza una línea de nivel que varía con la elevación del terreno. Una leyenda indica que la línea azul representa el NIVEL MÍN, la línea verde el NIVEL PROMEDIO y la línea roja el NIVEL MÁX. Las líneas de nivel están más bajas en las zonas de menor elevación y más altas en las zonas de mayor elevación.</p>		

Es importante para la estabilidad global del depósito, mantener deprimidos los niveles de lixiviados, en lo posible, a profundidades similares a las alcanzadas en las zonas superiores (6 m). A modo de ejemplo, el nivel de lixiviados en el talud de la zona inferior del relleno (presentado en la Figura 3.11) considerado para este análisis, corresponde a los valores promedios de las mediciones realizadas por personal de CSM en los sectores definidos como medio y bajo, presentados en la Tabla 3.1. , aguas debajo de la plataforma superior (Cota 520 y 540 msnm). Un buen control de estas cotas, que no afectarían a la estabilidad local de la celda 1 y sobre celda, pueden tener algún efecto sobre la estabilidad global y puede ser importante su control para futuros proyectos de adecuación del relleno sanitario en las zonas bajas cercanas a la cota 520.

3.7. Parámetros Geotécnicos

Con la finalidad de obtener los parámetros representativos de los materiales presentes en el relleno, de manera previa y paralela a los resultados de los análisis que se realizan para el diagnóstico definitivo, se disponen a la fecha de nuevos y diversos antecedentes, los cuales presentamos a continuación:

3.7.1. Información obtenida en ensayos In-situ.

Durante los meses de abril y mayo se realizó una campaña de ensayos, entre los cuales, destacan los ensayos DCPT y SPT, y las tomografías geo-eléctricas. En las

Figura 3.12, Figura 3.13 y Figura 3.14 se presentan la ubicación y resultados de los ensayos realizados en la zona de fundación de la Celda N° 1 y Sobre-Celda.

En general, los resultados de los ensayos de penetración (DCPT y SPT), entregaron valores de resistencia a la penetración constantes en profundidad, esto, principalmente en los ensayos SPT. Por otro lado, con respecto a los ensayos DCPT, si bien existe la constancia de un leve aumento del número de golpes en profundidad, es conocido que los valores alcanzados están muy influenciados por la resistencia de fuste, lo cual se comprobó con el cierre inmediato de la perforación en los sondajes, producto de las tensiones internas de la masa de residuos.

Los resultados de los ensayos SPT mostraron como se dijo tendencias uniformes de los valores de resistencia media a la penetración, con poca obtención de muestras por características del material o debilidades en su consistencia; no se registró presencia de lixiviados por la incorporación de agua propia de la metodología y durante la perforación se registraron zonas con débil resistencia a la hinca y rotación de cabeza de perforación y la camisa de protección, probablemente por representar zonas puntuales con mayor presencia de lodos o muy bajas densidades.

Con respecto a los resultados parciales recogidos a partir de los ensayos geo-eléctricos, ya que a la fecha no se cuenta con el informe final, éstos fueron realizados en el sector (Figura 3.13 y Figura 3.14). En conjunto con la interpretación entregada por SEASA, es posible establecer que:

- Existiría constancia de altos niveles de lixiviados a nivel superficial y hasta profundidades variables del orden de 15 m.
- Existe heterogeneidad de materiales y su estado en diversos sectores del relleno, sin considerar el efecto temperatura.
- En profundidad existe un incremento de la resistencia y muy posiblemente de la densidad de los residuos.
- El factor temperatura en profundidad del relleno puede alterar considerablemente los resultados.
- No se detecta con exactitud la presencia de lodos ni de bolsones de gas con la tecnología implementada.
- El estudio no entrega una escala de resistividades adecuada que permita identificar, al menos, la presencia de lixiviados. Cabe destacar además, que según información enviada por el CSM, el sector presenta un nivel promedio de 6,1 m en relación con la superficie.

Los resultados alcanzados por las tres tecnologías serían en parte consistentes entre ellos, y los resultados del estudio geo-eléctrico, indicaría que existen, de manera simplificada, dos sectores de residuos. El primero corresponde a una capa de residuos del orden de 15 m de espesor, que se encuentra con un grado de saturación medio o alto, mientras que el segundo consiste en una capa de residuos más compactados, con una profundidad mayor a los 15 m, que sería más estable y tendría parámetros resistentes más altos que los residuos de las capas superiores.

Todo lo anterior, sin considerar el efecto de las presiones de gas, las posibles napas colgadas y el efecto multicapas intermedias.

Esta generalización se ha usado en la modelación, no teniendo presente el factor de heterogeneidad espacial, temporal y en profundidad de los residuos, y otros factores como la presencia de lodos y la variabilidad de propiedades que se han mencionado en las hipótesis.

A modo de ejemplo de diferencias locales en los ensayos, existe la constancia que durante la ejecución del sondaje SPT 1, se detectó una zona de debilidad, mediante el avance rápido de la perforación, entre los 24,5 a 28 m. Esto se considerará en el modelo, como una zona de residuos con bajo porcentaje de sólidos y eventual porcentaje de lodos, que en el análisis será representada como zona con bajos parámetros resistentes.



Figura 3.12. Ubicación de Tomografías N° 3 y 4, ensayos de penetración DCPT N° 1 y sondeos SPT N° 1. (sector Celda N° 1)

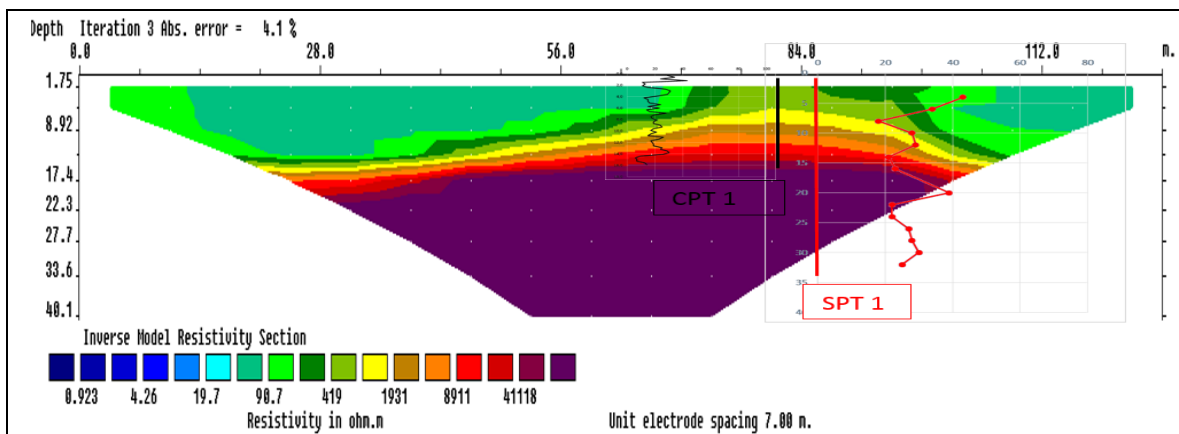


Figura 3.13. Resultados de Tomografía N° 3, relacionada con los ensayos DCPT N° 1 y sondeos SPT N° 1. (sector Celda N° 1).

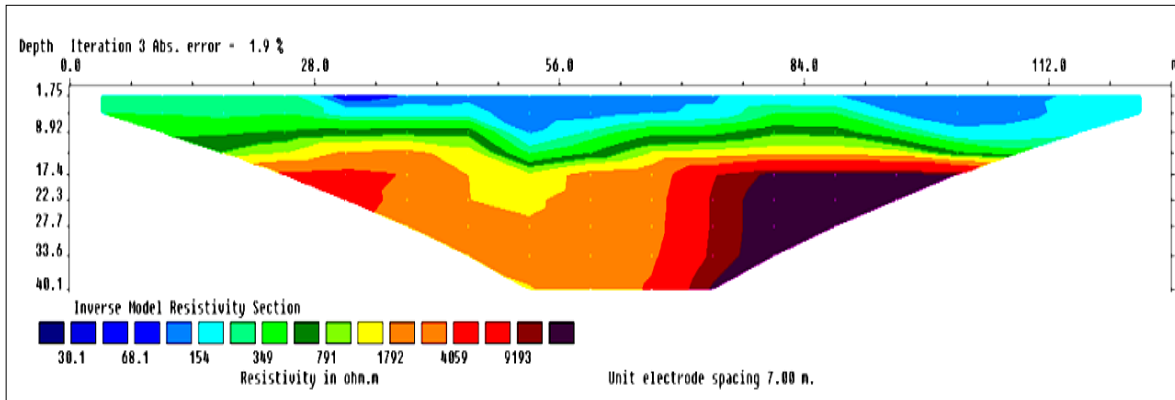


Figura 3.14. Resultados de Tomografía N° 4, relacionada con los ensayos DCPT N° 1 y sondeos SPT N° 1. (sector Celda N° 1).

En definitiva, respecto a los resultados del estudio geo-eléctrico, se concluye que éstos fueron concluyentes en cuanto a identificar estratos de mayor resistencia (asociado a densidades), sin embargo, no permitieron reconocer zonas con presencia de lodos o niveles de saturación debido a la influencia de factores como la temperatura, la presión existentes en profundidad o la calibración de la tecnología.

Por otro lado, se han considerado para el análisis, los resultados de los movimientos del relleno observados en la zona instrumentada con prismas.

Del total de desplazamientos verticales medidos por el CSM en el sector Celda N° 1 desde el 18 de enero presente año (Figura 3.15), se seleccionaron los casos más desfavorables y se compararon los asentamientos registrados con modelos de comportamiento en el tiempo existentes y con mediciones reales de rellenos sanitarios similares, obteniéndose los resultados que se muestran en la Figura 3.16.

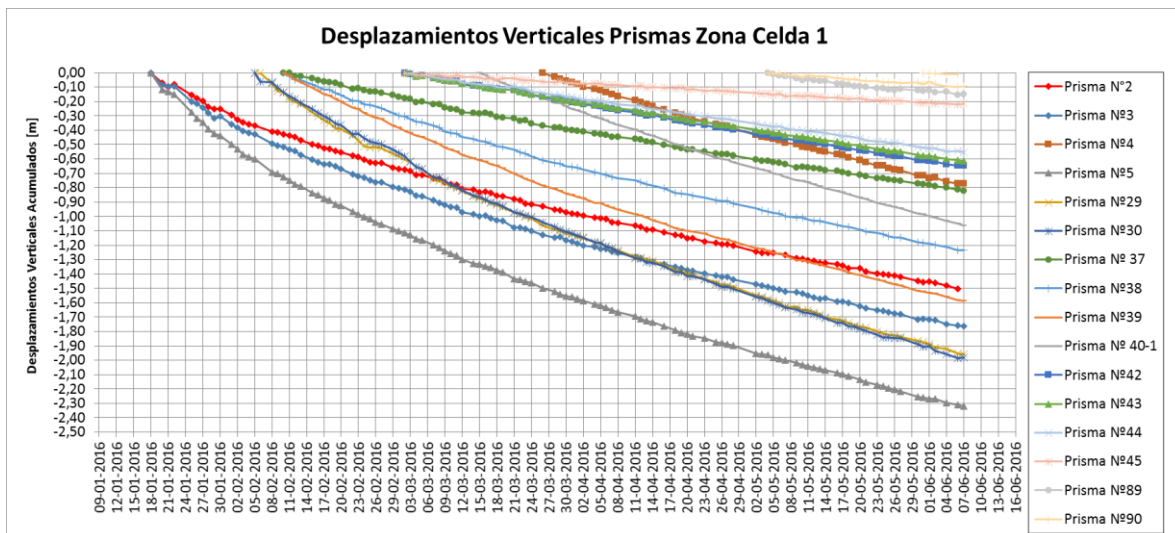


Figura 3.15. Desplazamientos verticales de prismas ubicados en zona Celda N° 1

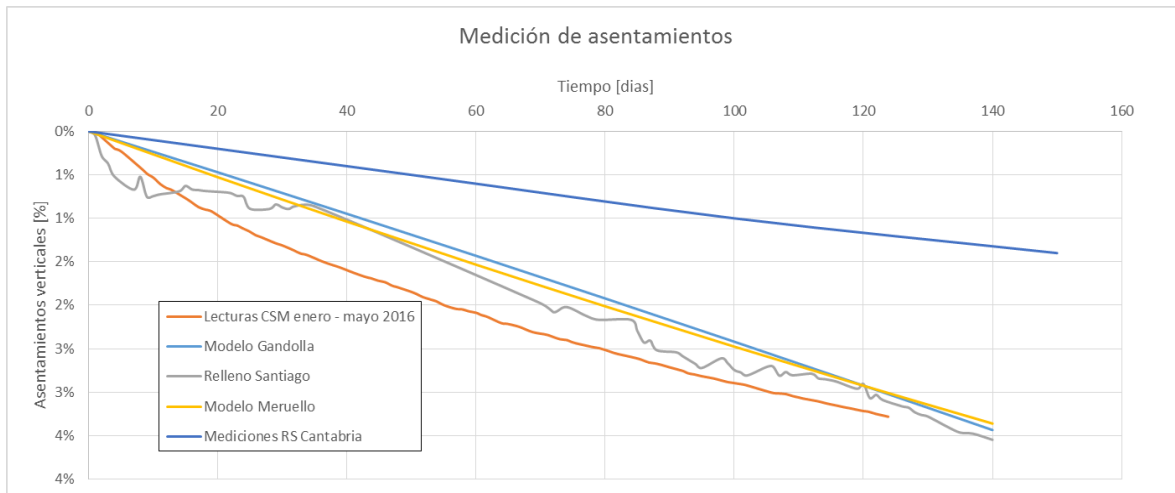


Figura 3.16. Asentamientos importantes generados en zonas cercanas.

Se desprende de este último análisis, que las magnitudes medidas están en el rango superior, pero normal, de los casos con lo que fue comparado.

3.7.2. Parámetros obtenidos en estudios previos.

En el "Estudio de Estabilidad del Relleno Sanitario Santa Marta en Zonas de Disposición Futura de Residuos" (Informe Final Etapa II, 328-MA-1010), elaborado por esta consultora durante el año 2011, se dedujeron parámetros de resistencia de los residuos. Dichos parámetros fueron obtenidos mediante un back-análisis, considerando la geometría del año 2010 y el sismo de gran magnitud 8,8 ocurrido durante el mismo año.

Los parámetros deducidos se presentan a continuación en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Parámetros resistentes considerados en estudio de 2010.

Material	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]
Residuos Sólidos	12	19	80
Geo-membrana	18	16	0
Suelo de Fundación	21	40	100

Cabe mencionar que los parámetros de los residuos sólidos fueron obtenidos para residuos sin la presencia de lodos (sin co-disposición) y con niveles piezométricos predefinidos, por lo tanto los parámetros en estudio podrán ser considerados como valores referenciales a los residuos en profundidad mencionados en el punto anterior.

Por otro lado, se estima que el proceso de envejecimiento y de compactación en los residuos (debido a la sobrecarga de residuos más recientes), se refleja en un aumento de la densidad y el ángulo de fricción, similar a lo que ocurre en otro tipo de materiales.

Para la situación del deslizamiento de enero 2016, se ha desarrollado un back-análisis preliminar del corte vertical registrado en la zona superior de la falla, que se presenta

en la 0, estimando una cohesión para los residuos en valores cercana a los 67 kPa. Se considera además, que estos parámetros son representativos de residuos más recientes, asimilables a la capa superior detectada en los ensayos de geo-eléctrica.

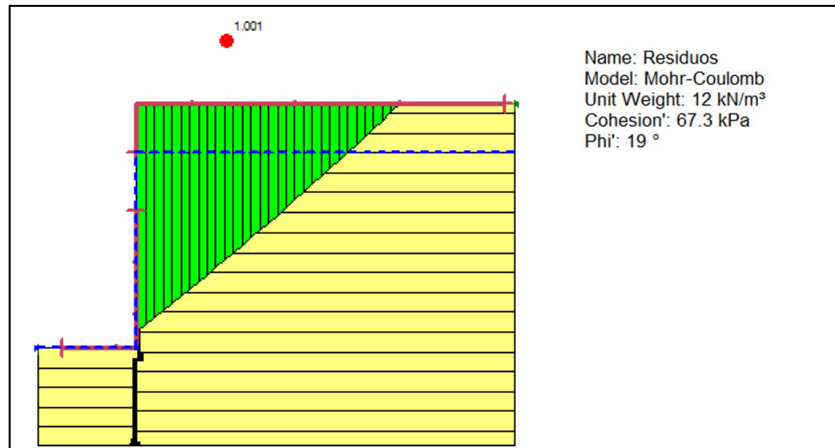


Figura 3.17. Resultados preliminares de back-análisis de falla 2016.

En el documento "Nota técnica N° 5: Estabilidad estática perfil Celda N° 1", se presentaron parámetros a nivel de perfil, para los residuos nuevos (Celda N° 1 y Sobre-Celda), equivalentes a una densidad igual a 10 [kN/m³], un ángulo de fricción de 20° y una cohesión igual a 30 kPa.

3.7.3. Estimación de los parámetros.

Con la experiencia de los casos presentados, se han modificado levemente los parámetros empleados en los análisis anteriores y se ha deducido la información para desarrollar una estimación de los parámetros para los residuos del relleno. Los valores de parámetros para el suelo de fundación y geo-membrana se han mantenido iguales.

Para los residuos se han considerado al menos tres edades y situaciones diferentes: la primera de ellas, corresponde a la caracterización de los residuos más antiguos que se encuentran a mayor profundidad, tal como indican los resultados preliminares del estudio geo-eléctrico (Figura 3.13). La segunda corresponde a residuos más recientes (que se han asimilado con los residuos depositados posterior al 2012), que poseen un grado medio o alto de saturación, y finalmente, la tercera situación que corresponde a las Celda N° 1 y Sobre-Celda, compuestas principalmente de residuos depositados en el corto plazo.

Como se mencionó en el punto 3.7.1, se han detectado zonas de debilidad durante la perforación de los pozos para los sondajes SPT, por este motivo se ha establecido un estrato de residuos debilitados por la presencia de lodos, con dimensiones de 3,5 m de espesor con una longitud estimada conservadoramente en 120 m. Los parámetros resistentes para el material se presentan en la sección 3.7.

En la Figura 3.18 se presenta el esquema de los materiales utilizados en el análisis de estabilidad.

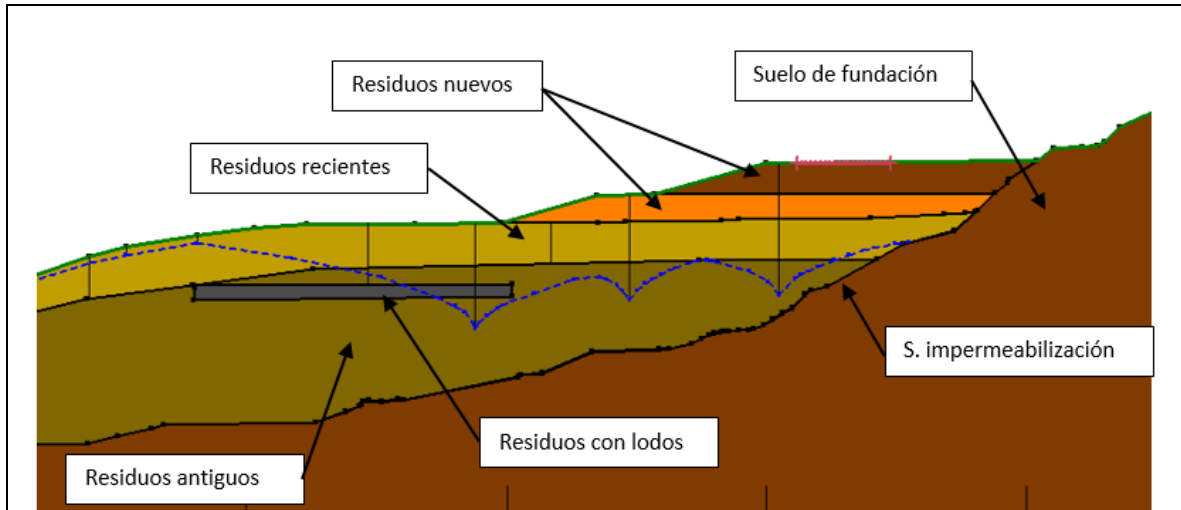


Figura 3.18. Tipos de materiales utilizados en la modelación de estabilidad.

A continuación en la Tabla 3.3. se entregan los parámetros utilizados en las modelaciones.

Tabla 3.3. Parámetros propuestos para el presente análisis.

Material	Parámetros a nivel de perfil		
	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]
Suelo de Fundación	21	40	100
Sistema de impermeabilización	12,6	16	0
Residuos con alto porcentaje de lodos	8	8,3	8,14
Residuos Antiguos (depositados antes del 2012)	13	22	80
Residuos recientes (depositados posterior al año 2012)	12	19	67
Residuos Nuevos (Celda N° 1 y Sobre-Celda)	10	18	30

3.8. Co-disposición de lodos

Para las Celdas N° 1 y Sobre-Celda se considera que no se está realizando co-disposición, por lo tanto, no existirán zonas con lodos en estos sectores ni tampoco infiltración de líquidos lixiviados.

Respecto a los residuos que sirven como fundación para la Celda N° 1, se dispone de los antecedentes entregados por CSM, que indican que la co-disposición de lodos se efectuó entre los años 2012 y 2015. No obstante, en los sectores prospectados, los resultados de los ensayos In-situ indican que los lodos se han distribuido de forma

homogénea, sin la presencia de bolsones o acumulaciones, a excepción de la zona “blanda” detectada en el ensayo SPT N° 1, que se indica en el punto 3.7.1 y que incluirá en la modelación, tal como se presentó en el punto anterior.

Para la estimación de los valores de los parámetros de resistencia para las zonas de residuos con alto porcentaje de lodos (entre un 50 y 100%), que fueron detectados durante la perforación de los ensayos SPT, serán obtenidos desde valores bibliográficos, reportados por Xiaojuan, Yu (2014), donde se ejecutaron ensayos triaxiales consolidados no drenados a lodos provenientes de plantas de tratamientos de aguas residuales. Los resultados se presentan en la Figura 3.19.

Table 4: Results of Consolidated Undrained Triaxial Test against Sludge and Sludge-MSW Mixture Samples

	100%	Percentage by wet weight of sludge and waste				
	sludge	10%	20%	30%	40%	50%
Cohesion (kPa)	8.14	8.71	10.32	12.65	13.26	10.73
Internal friction angle (°)	8.3	12.04	10.63	10.34	10.24	9.3
γ (KN/m ³)	12.2	13.2	14.3	15.1	15.5	15.9

Figura 3.19. Resultados de ensayos triaxiales a lodos realizados en condiciones similares a la chilena.

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis de estabilidad se empleó, considerando el alcance definido con el mandante, un análisis bidimensional mediante el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb, que se sustenta en representar el comportamiento de los materiales involucrados, como un medio continuo, homogéneo, isotrópico, elástico y lineal. Esto con las limitaciones antes indicadas. Para esta verificación se ha utilizado el perfil más desfavorable que corresponde al perfil F (Figura 3.3), considerando el nivel freático a una profundidad de 15 m (sistemas de extracción profunda operativos según el programa de trabajo descrito anteriormente).

Cabe destacar que se han realizado análisis locales, con pie de falla entre cada una de las celdas y se han tomados todas las consideraciones indicadas en el capítulo 3.

Como información adicional a las mencionadas, se ha establecido, a partir de los antecedentes geométricos de la falla ocurrida en enero del presente año, que las cuñas de fallas no superarán la profundidad de 30 m, que se estima como valor máximo para la cuña registrada en la zona superior del deslizamiento.

Los resultados del análisis de estabilidad se presentan en la Tabla 4.1. , siendo mostrados en detalle en el Anexo de este documento.

Tabla 4.1. Resultados de análisis de estabilidad en Perfil F (detalles en Anexo).

Análisis de estabilidad Perfil F	FS estático	FS sísmico
Falla local Sobre-Celda	3,591	2,204
Falla local Celda N° 1	4,369	2,741
Falla local ambas celdas	3,768	2,004
Falla local celdas y residuos cercanos	2,793	1,310

En las Figura 4.1 y Figura 4.2, se presentan los resultados de la falla local de ambas celdas y los residuos cercanos, en el análisis estático y sísmico (pseudo-estático) respectivamente. En ellos, se ha incluido un estrato de lodos que representa la presencia de este material.

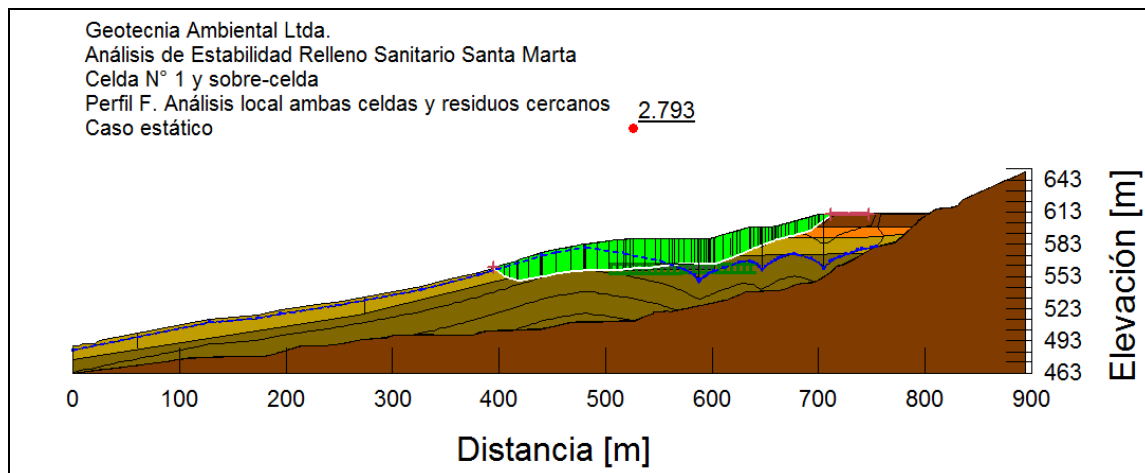


Figura 4.1. Resultados análisis de estabilidad perfil F. Condición estática.

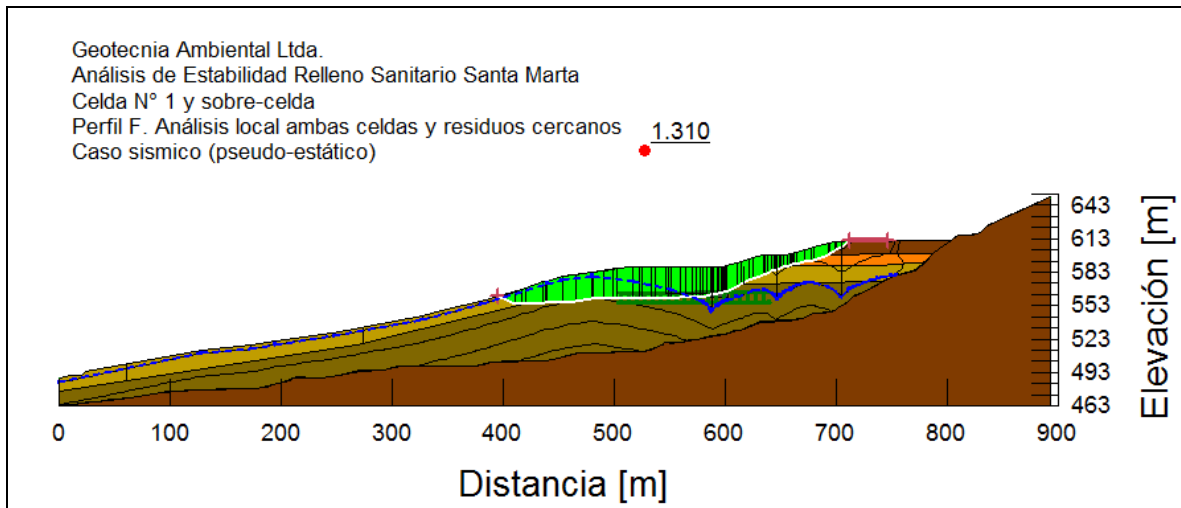


Figura 4.2. Resultados análisis de estabilidad perfil F. Condición sísmica (seudo-estática).

Finalmente se realizó la modelación del mismo perfil, considerando que el nivel de lixiviados se encuentra a 12 m de profundidad, con el propósito de cuantificar el efecto de la variabilidad de la posición de las presiones internas, obteniendo para análisis sísmico (caso seudo estático) el siguiente resultado:

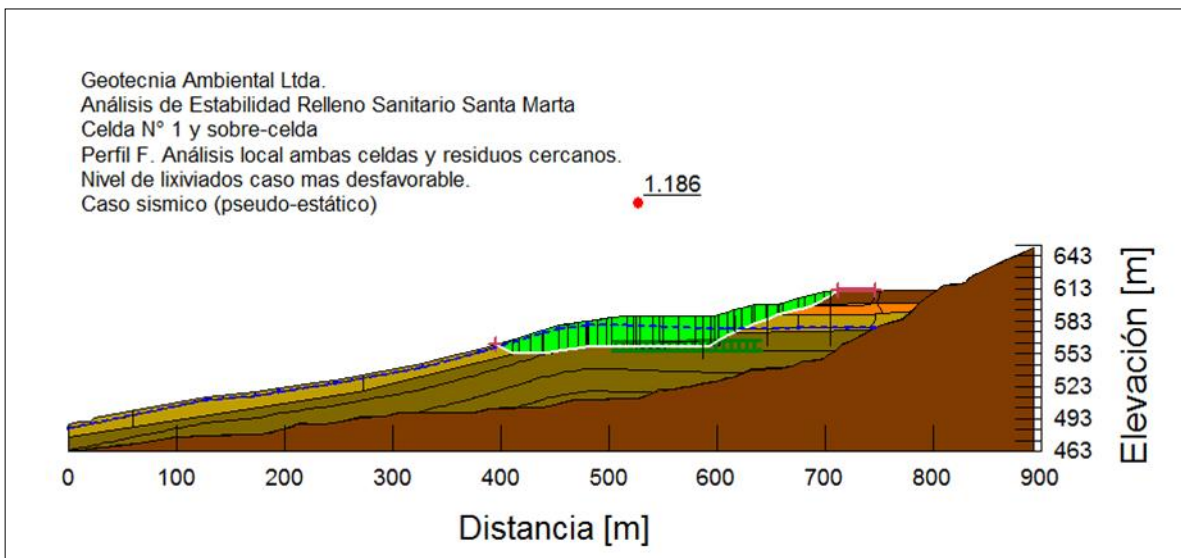


Figura 4.3. Resultados análisis de estabilidad perfil F. Condición sísmica (seudo-estática).

Esto significa que si el nivel de lixiviados se modificara desde los 15 a los 12 m como condición más desfavorable, el FS sería igual a 1,186, lo cual significa que el depósito continúa siendo estable. Ello a pesar que no cumpliría con la normativa vigente de ser mayor a 1,3.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los capítulos iniciales se describen las limitaciones que se presentan en el análisis de estabilidad que se desea realizar en el relleno sanitario Santa Marta. A pesar que la bibliografía especializada hace saber que existen otros fenómenos geotécnicos que podrían haber contribuido a la pérdida de estabilidad que se produjo en enero del 2016 como la licuefacción estática, el tipo y forma de rotura, unido a la presencia de flujos de lixiviados y lodos previos a la falla en las zonas bajas, ha llevado a que el diseño de las nuevas celdas se haya realizado considerando el fenómeno de inestabilidad de taludes.

Para ello se ha asumido que según lo informado por el CSM no fueron depositados lodos en la zona de fundación de la Celda N° 1; que se ha acentuado y se optimizará el drenaje en dicho sector; que con el incendio y posterior movimiento de residuos y tierras para reconstruir la geometría del relleno, se liberaron presiones de gas y lixiviados; y que no existen antecedentes geotécnicos para evaluar otras eventuales pérdidas de resistencia al corte del relleno.

Para la geometría desarrollada por el CSM de la Celda N° 1 y Sobre-Celda que se ha mostrado esquemáticamente en este estudio, se ha realizado un análisis de estabilidad de taludes local a nivel de perfil avanzado, mediante el método de equilibrio límite, obteniéndose como factores de seguridad más desfavorables, valores 2,793 y 1.310, estáticos y sísmicos (pseudo-estático) respectivamente. Estos resultados cumplen con los requisitos establecidos en la normativa vigente (Decreto 198, 2005).

Para lograr la estabilidad requerida, la operación del relleno deberá ajustarse a cumplir con los supuestos e hipótesis realizados en la modelación, destacándose los siguientes:

- Se debe evitar continuar elevando las alturas totales del relleno, factor crítico en las fallas geotécnicas, para lo cual las cargas deben intentar ser transmitidas todas hacia los sectores de los cerros colindantes. En el caso de las celdas en estudio (Celdas N° 1 y Sobre-Celda), éstas no deberán superar los 12 m de altura, de manera de evitar grandes profundidades de residuos, y reducir las probabilidades de falla.
- A partir del análisis preliminar de datos de los ensayos in-situ, principalmente los deducidos de los ensayos geo-eléctricos, se han considerado residuos según su antigüedad, asumiendo valores para cada uno. Estos valores deberán ser validados una vez concluido el análisis de datos de los resultados de los ensayos ejecutados. Se reitera que se considera positivo el estudio geo-eléctrico, en términos de permitir la identificación de zonas con mayores densidades (zonas más profundas), sin embargo, se debe tener en cuenta que el carácter de estos resultados aún es de tipo preliminar, puesto que aún no se descarta la influencia de la temperatura y/o presión en profundidades superiores a los 15 m.
- De la misma fuente anterior, se recomienda mantener en forma constante el régimen de agotamiento mediante la construcción de pozos o drenes profundos, con el objeto de mantener un nivel de lixiviados a una profundidad del orden de 15 m con márgenes menores según el fundamento dado en el acápite anterior.
- Cabe mencionar que los niveles de lixiviados podrían comportarse como sistemas multiniveles (teniendo un nivel superficial que no es permanente hasta el sueldo e fundación), sin embargo este supuesto no ha sido incorporado hasta la fecha y podrían entregar valores más seguros para la estabilidad del relleno sanitario.

- Se deberá verificar que se cumple la condición anterior de posición del nivel de lixiviados, mediante piezómetros o pozos de observación y monitoreo.
- Se considera que en la Celda N° 1 y Sobre-Celda no se generarán niveles de lixiviados, y para efectos del modelo sólo se consideran altos valores de humedad. Esta situación debe ser monitoreada constantemente.

A petición del mandante, este análisis se ha realizado a nivel de perfil avanzado, ya que se ha contado con nueva información de caracterización de la masa del relleno disponible a la fecha, por lo tanto, deberá ser validado por el diagnóstico de la estabilidad de la totalidad del relleno que se encuentra en desarrollo.

Con el propósito de alcanzar la estabilidad global de todo el relleno sanitario, condición fundamental para asegurar la estabilidad local de las celdas 1 y de eventuales crecimientos del relleno sanitario en este sector, se recomienda continuar e implementar todas las mediciones que sean necesarias, para lograr el rebajamiento del nivel de lixiviados y disipar presiones de gas en el sector bajo y medio del relleno, satisfaciendo los requerimientos establecidos en las hipótesis de proyecto y aquellos establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente

José Farfán Maldonado.
Ingeniero de Proyectos
Geotecnia Ambiental Ltda.

Raúl Espinace A
Director Ejecutivo
Geotecnia Ambiental Ltda.

Valparaíso, julio de 2016.

2.- ANEXO NOTA TÉCNICA – RESULTADOS ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

ANEXO NOTA TÉCNICA (894 - GM - 1208- REV 0)

Valparaíso, 12 de julio de 2016

PROYECTO	ASESORÍA GEOTÉCNICA PARA REHABILITACIÓN DEL RELLENO SANTA MARTA	CLIENTE	CONSORCIO SANTA MARTA
----------	---	---------	-----------------------

UBICACIÓN	COMUNA TALAGANTE, SANTIAGO	REGIÓN	Metropolitana
-----------	----------------------------	--------	---------------

TEMARIO	<ul style="list-style-type: none"> RESULTADOS DE ESTABILIDAD INGENIERÍA DE PERFIL CELDAS N° 1 Y SOBRE-CELDA
---------	--

RESULTADOS MODELACIÓN MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE

A continuación se entrega el detalle de los resultados mostrados en la Tabla 4.1. del documento Nota Técnica (894-GM-1208-Rev 0), junto con aquellos obtenidos a partir del caso más desfavorable presentado en el mismo documento (sección 4 en 894-GM-1208-Rev 0).

1. FALLA LOCAL SOBRE-CELDA

Se considera un análisis localizado entre la cota superior y el pie de la Sobre-Celda, obteniéndose los siguientes resultados bajo condición estática (Figura 1.1) y pseudo-estática (Figura 1.2):

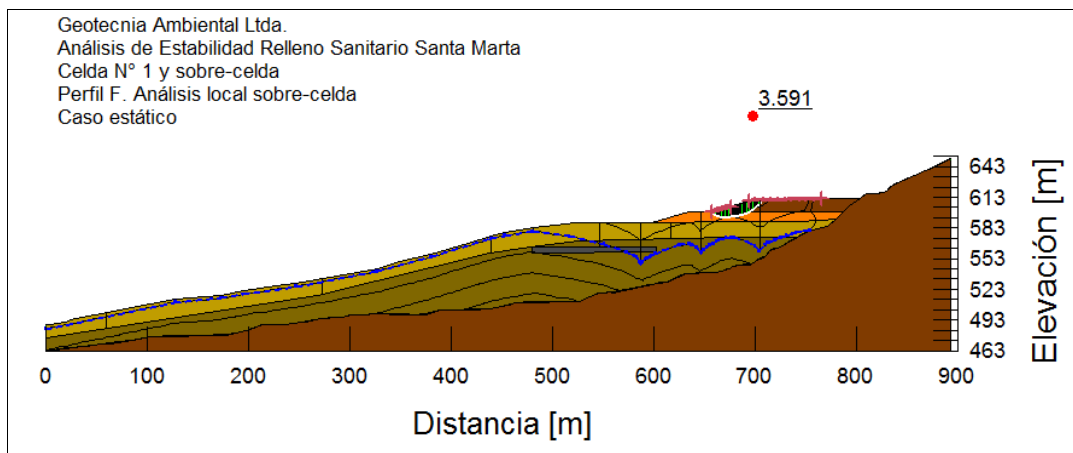


Figura 1.1. Análisis estático de Falla local Sobre-Celda.

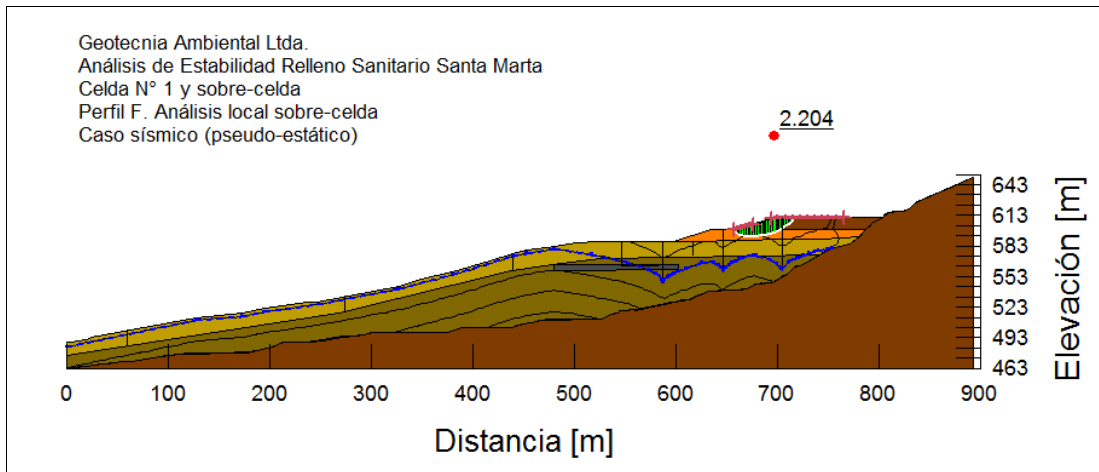


Figura 1.2. Análisis pseudo-estático de Falla local Sobre-Celda.

2. FALLA LOCAL CELDA N° 1

Se considera un análisis localizado entre la cota superior y el pie de la Celda N° 1, obteniéndose los siguientes resultados bajo condición estática (Figura 2.3) y pseudo-estática (Figura 2.4):

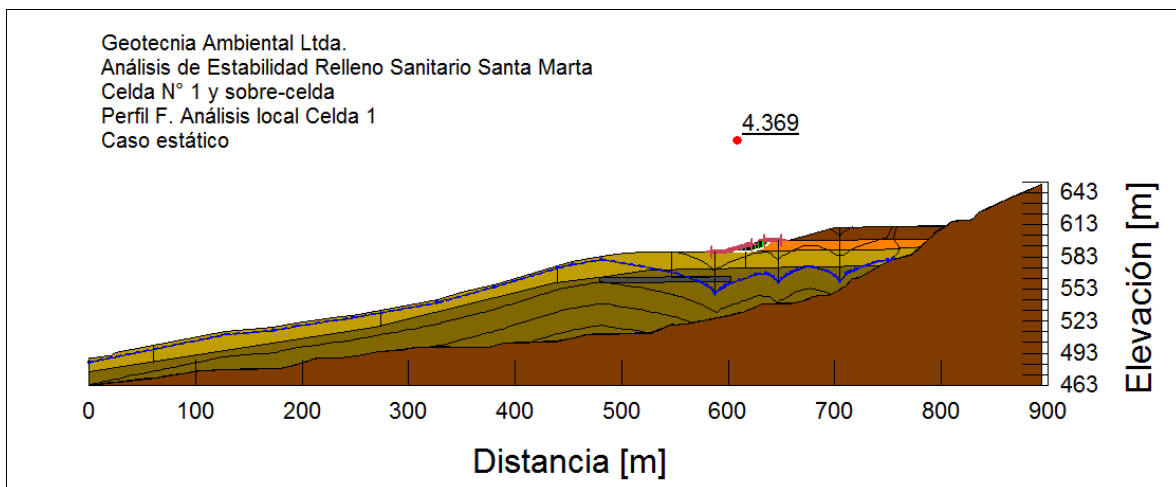


Figura 2.3. Análisis estático de Falla local Celda N° 1.

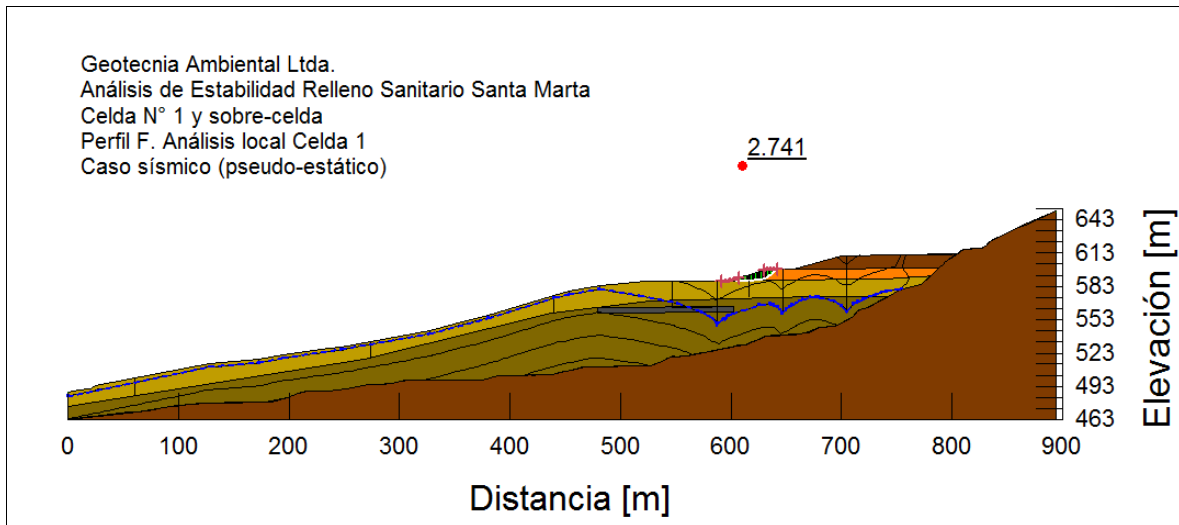


Figura 2.4. Análisis seudo-estático de Falla local Celda N° 1.

3. FALLA LOCAL AMBAS CELDAS

Se considera un análisis localizado entre la cota superior de la Sobre-Celda y el pie de la Celda N° 1, obteniéndose los siguientes resultados bajo condición estática (Figura 3.5) y seudo-estática (Figura 3.6):

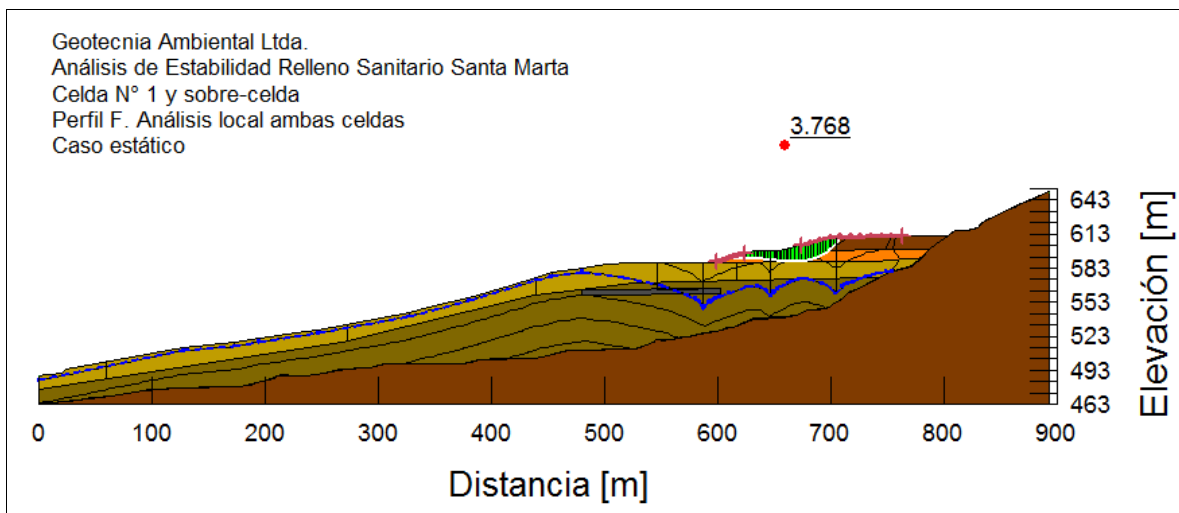


Figura 3.5. Análisis estático de Falla local ambas celdas.

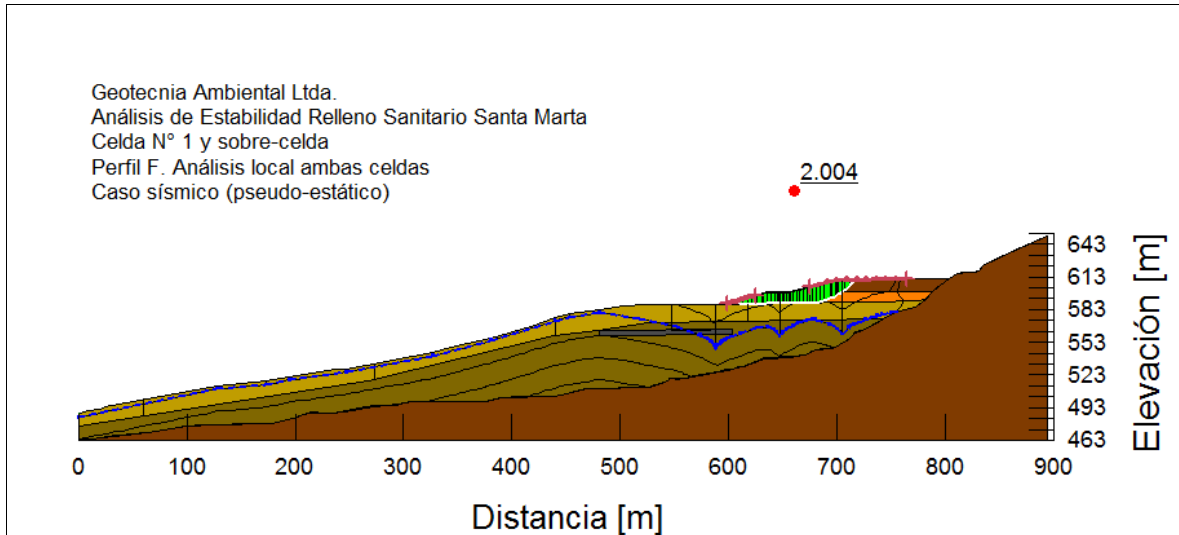


Figura 3.6. Análisis pseudo-estático de Falla local ambas celdas.

4. FALLA LOCAL CELDAS Y RESIDUOS CERCANOS

Se considera un análisis localizado entre la cota superior de la Sobre-Celda y la cota 560 msnm del talud, obteniéndose los siguientes resultados bajo condición estática (Figura 4.7) y pseudo-estática (Figura 4.8):

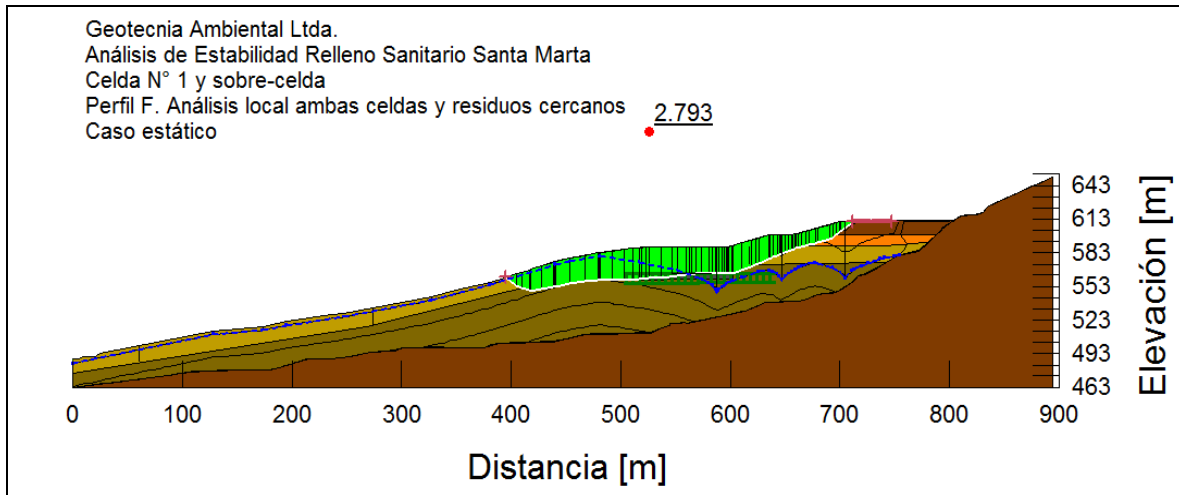


Figura 4.7. Análisis estático de Falla local celdas y residuos cercanos.

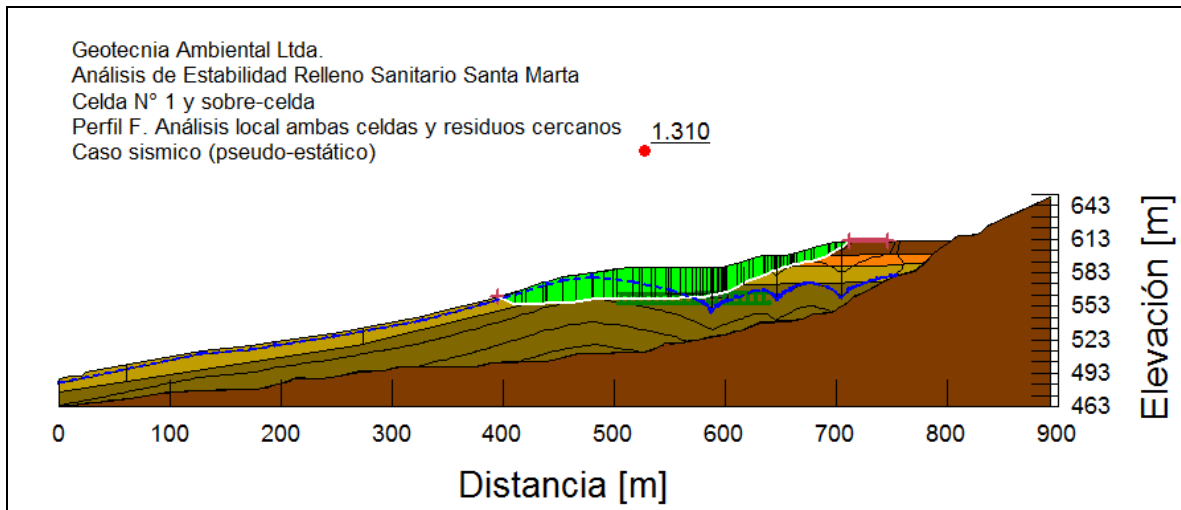


Figura 4.8. Análisis seudo-estático de Falla local celdas y residuos cercanos.

5. CASO MÁS DESFAVORABLE

Se considera un análisis localizado entre la cota superior de la Sobre-Celda y el talud en la cota 560 msnm, obteniéndose los siguientes resultados bajo condición estática (Figura 5.9) y seudo-estática (Figura 5.10):

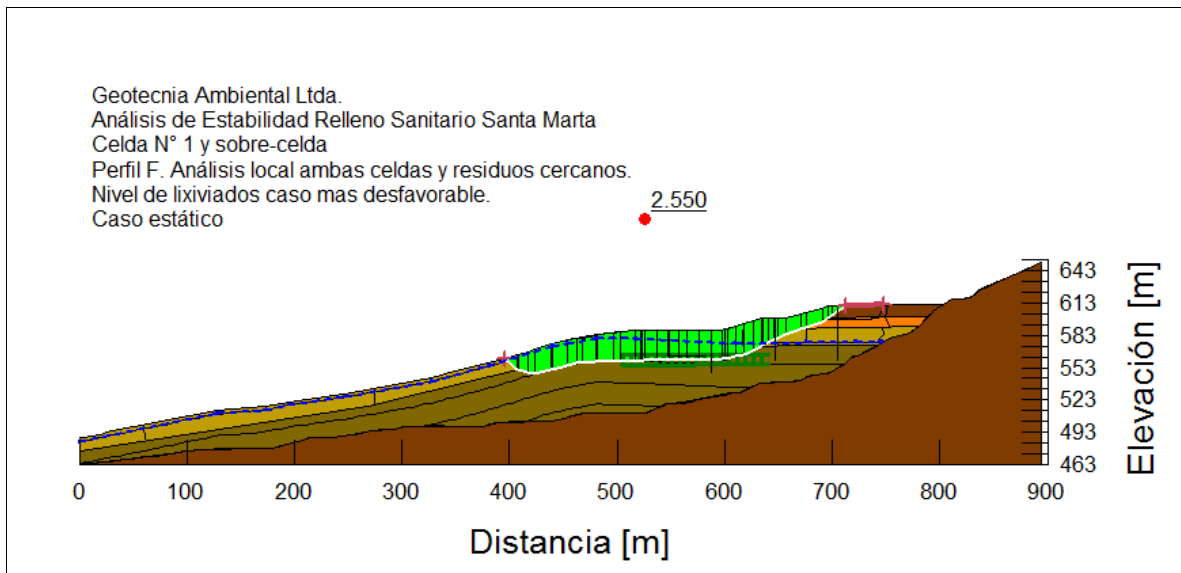


Figura 5.9. Análisis estático de falla caso más desfavorable.

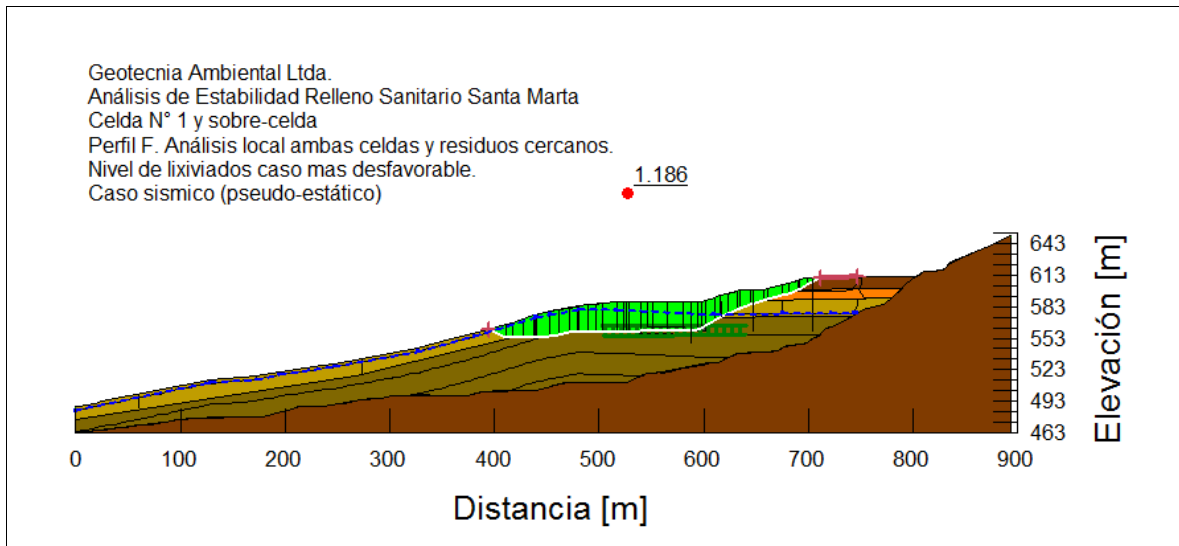


Figura 5.10. Análisis seudo-estático de falla caso más desfavorable.

José Farfán Maldonado.
Ingeniero de Proyectos
Geotecnia Ambiental Ltda.

Raúl Espinace A
Director Ejecutivo
Geotecnia Ambiental Ltda.

Valparaíso, julio de 2016.

3.- CONDICIONES OPERACIONALES Y DE SEGUIMIENTO CELDA N°1 Y SOBRECELDA

3. CONDICIONES OPERACIONALES Y DE SEGUIMIENTO CELDA N°1

La disposición final de residuos actualmente se efectúa en la zona denominada “Celda N°1”, la cual se encuentra validada desde el punto de vista estructural, hasta el término de 810.000 m³ estimados preliminarmente durante el proceso de reanudación de las operaciones del relleno sanitario.

De acuerdo con los antecedentes topográficos actualizados y considerando que la relación de compactación ha sido mayor a la estimada inicialmente, se dispone de un volumen mayor disponible para continuar con la disposición de residuos en este mismo lugar (Celda N°1), garantizando de esta manera condiciones estables desde el punto de vista estructural.

En la Tabla 1 siguiente se presenta un resumen donde se detalla el ingreso de residuos acumulado en la Celda N°1 hasta el 26 de junio de 2016.

Tabla 1. Volumen Disponible Estimado Celda N°1

Municipalidad	Ton/mes					Total 2016
	Febrero 2016	Marzo 2016	Abril 2016	Mayo 2016	Junio (1 al 26)	
La Florida	8.496	17.653	15.724	16.898	12.472	71.242
Puente Alto	11.848	21.596	19.625	19.792	15.058	87.918
San Bernardo	8.571	14.878	13.062	13.268	10.463	60.243
Estación Central	3.299	6.694	6.309	6.512	5.026	27.840
La Pintana	3.440	7.893	7.565	7.726	5.879	32.503
Macul	2.280	4.870	4.519	4.675	3.490	19.835
La Granja	2.920	6.125	5.628	5.516	4.302	24.491
El Bosque	3.564	7.952	7.177	7.349	5.217	31.258
San Joaquín	2.364	5.220	4.788	4.838	3.578	20.789
Buín	1.720	3.554	3.300	3.519	2.537	14.630
Lo Espejo	2.593	5.121	5.255	5.328	3.355	21.651
San Ramón	1.937	4.260	3.868	3.927	2.773	16.765
Paine	1.068	2.465	2.243	2.371	2.074	10.222
Pedro Aguirre Cerda	242					242
Talagante	1.246	2.494	2.221	2.238	1.799	9.997
Calera de Tango	560	1.115	1.152	1.172	872	4.871
Peñalolén	949	1.763	2.025	1.669	1.934	8.340
Pirque	416	781	756	725	558	3.236
San José de Maipo	393	728	585	641	498	2.846
Particulares	5.354	17.990	19.986	20.717	16.843	80.890
Total	63.260	133.153	125.788	128.881	98.728	549.810

Densidad estimada (ton/m3) 1,01

Volumen Utilizado Celda 1 544.366

Volumen Aportado desde Quebrada El Boldal 113.390

Volumen Total Utilizado 657.756

Volumen Disponible Celda 1 270.000

Volumen Real Celda 1 927.756

Vida Útil Estimada Celda 1 2,27

Considera una tasa de 120.000 ton/mes

Según se puede apreciar en la tabla precedente, la Celda N°1 cuenta con una capacidad disponible de 2,2 meses a contar de fines de junio de 2016.

Por otra parte, la Sobrecelda de la Celda N°1 cuenta con una capacidad volumétrica disponible de 919.537 m³, con una vida útil proyectada sumando la capacidad disponible de la Celda N°1 que se detalla en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Volumen Estimado Celda N°1 y Sobrecelda

CAPACIDAD DISPONIBLE	
Volumen Estimado SobreCelda	919.537
Volumen Disponible Celda 1	270.000
VOLUMEN TOTAL DISPONIBLE	1.189.537

RETIRO DE RESIDUOS	
Retiro de Residuos Sector 1	610
Retiro de Residuos Sector 2	186.000
Retiro de Residuos Sector 3	44.000
TOTAL RETIRO DE RESIDUOS	230.610

VOLUMEN REMANENTE	958.927
Tasa de Ingreso Mensual (m ³)	118.812
VIDA ÚTIL ESTIMADA	8,07

Según se puede apreciar en la Tabla 2, la zona denominada Celda N°1 y su Sobrecelda, cuentan con una capacidad estimada de 8 meses, considerando la disposición final de los residuos que se encuentran en el sector de la Quebrada El Boldal en este mismo lugar.

En base a ello, considerando una relación de compactación totalmente razonable (1,01 ton/m³), se con una vida útil estimada de al menos 8 meses.

Este período de disposición final de residuos en esta zona de seguridad, concuerda plenamente con la elaboración del estudio de diagnóstico y del diseño definitivo del relleno sanitario, los cuales se encuentran programados para su entrega a la Superintendencia del Medio Ambiente a fines de agosto de 2016 y de octubre de 2016 respectivamente.

Es decir, para fines de octubre de este año ya se dispondrá del diseño definitivo del relleno sanitario, mediante el cual se solicitará en la instancia que corresponda el levantamiento de las medidas provisionales vigentes.

En relación con las acciones de seguimiento que se han ejecutado desde el inicio de la disposición de residuos en la Celda N°1, éstas se detallan a continuación:

3.1 CONTROL DE NIVEL PIEZOMÉTRICO.

El control de nivel piezométrico de la Celda 1, donde actualmente se efectúa la disposición final de residuos, se ha informado periódicamente junto con la entrega del Reporte Quincenal de Medidas Provisionales a la Superintendencia del Medio Ambiente.

La ubicación georreferenciada de estos pozos de monitoreo de nivel piezométrico (4 en total) se presenta en la Figura 2 y Tabla 3 siguientes:

Figura 2 – Ubicación de Piezómetros de Control

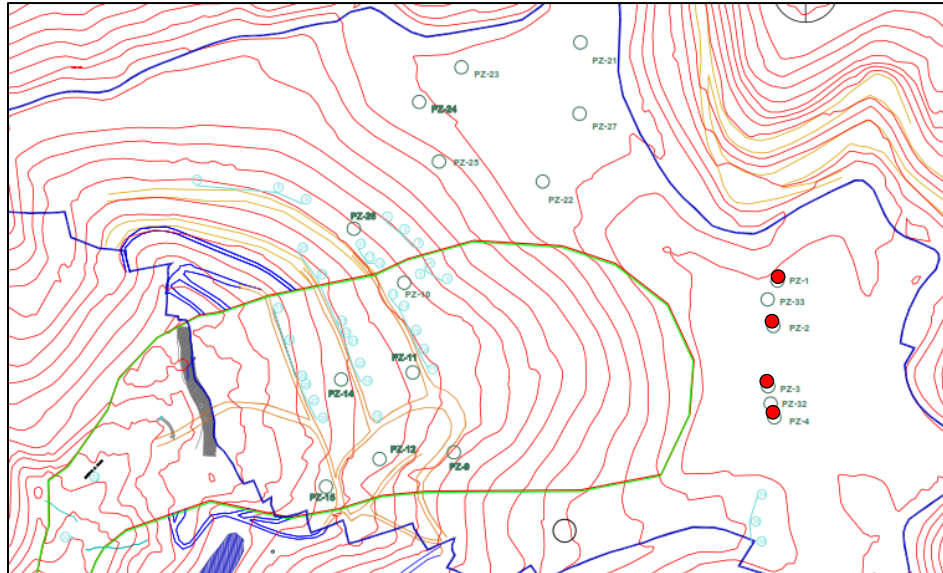


Tabla 3. Coordenadas de Pozos Nivel Piezométrico

N°	Coordenadas		
	x	y	z
PZ-1	333386,186	6270004,699	590,072
PZ-2	333381,888	6269957,164	590,600
PZ-3	333376,441	6269894,121	590,269
PZ-4	333382,912	6269861,703	590,920

En la Tabla 4 siguiente se presenta el registro del nivel piezométrico promedio, medido en los cuatro puntos de control desde el 09 de febrero de 2016 hasta el día 29 de junio de 2016.

Tabla 4. Promedio Semanal de Control Piezométrico

Promedio	N° Pozo			
	PZ-1	PZ-2	PZ-3	PZ-4
09-Feb al 29-Feb	6,9	6,3	5,6	5,5
01-Mar al 06-Mar	7,9	7,0	7,3	5,8
07-Mar al 13-Mar	7,9	7,7	7,1	6,2
14-Mar al 20-Mar	7,7	7,4	7,0	6,2
21-Mar al 27-Mar	7,6	7,1	7,6	6,1
28-Mar al 03-Abr	8,1	7,8	7,5	6,1
04-Abr al 10-Abr	8,1	7,7	7,7	6,1
11-Abr al 17-Abr	7,5	7,3	7,5	6,2
18-Abr al 24-Abr	7,3	7,4	6,8	6,2
25-Abr al 01-May	7,7	7,6	7,0	6,3
02-May al 08-May	7,9	7,5	7,1	6,4
09-May al 15-May	6,8	7,6	6,7	6,1
16-May al 22-May	6,4	6,4	6,5	6,1
23-May al 29-May	6,8	7,1	6,3	6,2
30-May al 05-Jun	6,3	7,5	6,3	6,2
06-Jun al 12-Jun	6,2	6,5	7,1	6,1
13-Jun al 19-Jun	6,2	6,5	6,6	6,1
20-Jun al 26-Jun	6,1	6,5	6,6	6,2

Según se puede apreciar en la Tabla 4, los cuatro piezómetros de control presentan un nivel piezométrico superior a los 6 metros, establecida como la condición básica para mantener la estabilidad estructural del relleno sanitario.

En forma complementaria a esta medición, se han implementado 2 pozos adicionales de 12 metros de profundidad cada uno en un sector adyacente a la ubicación de los cuatro piezómetros de control, los cuales se encuentran sujetos al mismo programa de agotamiento.

3.2 ESTADO DE SELLO DE IMPERMEABILIZACIÓN EN ZONAS DE ANCLAJE

En términos generales desde el inicio de verificación de esta medida, la calidad del sello basal en las zonas de anclaje se encuentra en perfectas condiciones y sin evidencias de que éste se encuentre deslizado y/o desplazado desde su posición original sobre terreno natural.

La revisión de la calidad del anclaje de las etapas de impermeabilización, que se van empalmando con las nuevas etapas que se implementan en los taludes adyacentes a la Celda 1, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5. Inspección de la Calidad del Anclaje en Zonas de Taludes Celda 1

Etapa	Superficie (m2)	Avance a la Fecha	Estado de la Inspección del Anclaje
600 S-E1	3.582,11	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 S-E2	3.932,22	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 S-E3	3.877,46	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.

Etapa	Superficie (m2)	Avance a la Fecha	Estado de la Inspección del Anclaje
600 S-E4	5.610,94	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 S-E5	1.675,4	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje..
600 S-E6	5.295	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
590 S-E4	4.468,4	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 N-E1	3.376	100%	Inspeccionada en forma parcial, sin fallas en el sistema de anclaje.
600 N-E2	3.276	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 N-E3	2.523	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
600 N-E4	2.638	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
620 S-E1	2.734	100%	Inspeccionada en su totalidad sin fallas en el sistema de anclaje.
620 S-E2	4.615 aprox	100%	Inspeccionada en forma parcial, sin fallas en el sistema de anclaje.
620 S-E3	3.000 aprox	80%	Inspeccionada en forma parcial, sin fallas en el sistema de anclaje.
620 N-E1	3.000 aprox	80%	Inspeccionada en forma parcial, sin fallas en el sistema de anclaje.

3.3 ESTADÍSTICA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS Y DE BIOGÁS

3.3.1 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

En la siguiente tabla se presentan los caudales de lixiviados ingresados a la planta de tratamiento, provenientes desde cada uno de los puntos de extracción del relleno sanitario:

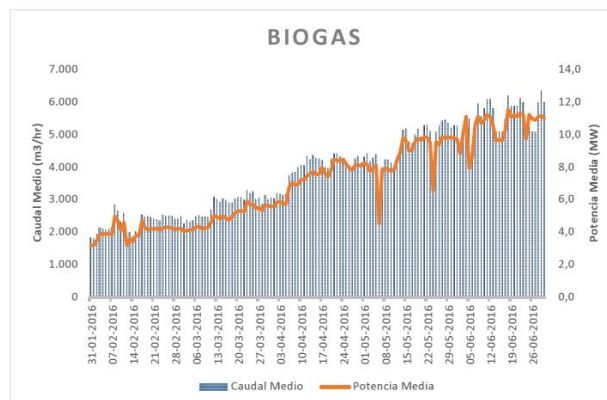
Tabla 6. Estadística de Extracción de Lixiviados Según Punto de Captación (m³/día)

Fecha	Celda 1	Quebrada El Boldal		Otras Líneas	Sale P5	Aljibes	TOTAL
	Q (m ³ /día)	Q gravitacional (m ³ /día)	Q bombeo dren (m ³ /día)	Q (m ³ /día)	Q (m ³ /día)	Q (m ³ /día)	Q (m ³ /día)
10-06-2016	37	173	9	821	86	0	1.126
11-06-2016	94	173	13	1.328	63	0	1.671
12-06-2016	73	173	22	886	17	0	1.170
13-06-2016	83	94	22	1.273	4	0	1.475
14-06-2016	74	230	27	1.022	86	0	1.440
15-06-2016	0	173	27	1.192	75	0	1.466
16-06-2016	55	173	27	1.062	24	0	1.341
17-06-2016	45	173	27	893	0	0	1.138
18-06-2016	130	173	27	900	0	0	1.229
19-06-2016	47	173	27	799	0	0	1.046
20-06-2016	43	173	27	731	0	0	974
21-06-2016	101	173	27	785	36	0	1.121
22-06-2016	133	173	27	851	86	0	1.270
23-06-2016	173	158	27	929	86	0	1.373
Total	1.086	2.383	335	13.471	565	0	17.841

3.3.2 CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE BIOGÁS

En el siguiente gráfico, se presenta el caudal capturado y conducido a la Central de Generación Eléctrica del relleno sanitario.

Gráfico 1 – Captación y Conducción de Biogás a Central de Generación Eléctrica (m³/día)



Del Gráfico 1 se infiere que el Caudal Medido al ingreso de la planta de generación eléctrica se ha incrementado desde la restitución de la puesta en servicio (Enero de 2016) aumentando desde 1.750 m³/hr a 5.555 m³/hr en promedio. Este aumento se ha dado a continuas mejoras de líneas de

captación y a la construcción de nuevos pozos en las zonas aledañas al área afectada por el evento de falla del relleno.

Para efectos de resguardar la seguridad en la operación, la planta de generación eléctrica opera actualmente con restricciones debido a la interacción entre la disposición de residuos y la red de captación de biogás desde el relleno sanitario.

Actualmente la Central de Generación se encuentra operando con 6 unidades a una carga constante promedio del 95%, generando en promedio 10,9 MW, los cuales son inyectados al Sistema Interconectado Central.

Para lograr aumentar la cantidad de combustible que se extrae desde el relleno hasta lograr su máxima potencia, se espera habilitar una mayor cantidad de pozos de extracción en zonas habilitadas donde no exista ocupación por parte del área de disposición de residuos y la zona donde se encuentra en ejecución la restitución de residuos.

3.4 REGISTRO DE GRIETAS Y/O FALLAS INTERSTICIALES

A continuación se presenta el registro de monitoreo diario de fallas intersticiales de la Celda 1, lugar donde actualmente se efectúa la disposición final de residuos:

Figura 3 – Registro Monitoreo y Control de Grietas (14 al 20 de Junio)


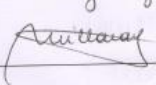

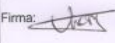
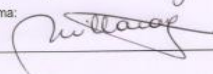
Fecha		Presencia Intersticial			Ubicación		Sector	Longitud m	Ancho cm	Profundidad cm	Dirección	Operador	Labor Realizada
Presencia de Falla SI/NO		Grieta	Depresión	Plataforma	Talud	Norte-Centro-Sur							Inspección / Reparación
14-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
15-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
16-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
17-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
18-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
20-06-16		NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Custobal Ramirez	Inspección
Observaciones: Humectación y compactación de accesos Compactación y cobertura en celda 1													
Ejecutado por: Custobal Ramirez											Visado por: Milenay Heza Claudia.		
Firma: 											Firma: 		

Figura 4 – Registro Monitoreo y Control de Grietas (21 al 27 de Junio)

REGISTRO MONITOREO DIARIO DE FALLAS INTERSTICIALES EN CELDA 1												 Código: R-RS-005 Versión: 0 Página: 1 de 1	
Semana <u>20</u>													
Fecha	Presencia de Falla SINO	Presencia Intersticial		Ubicación		Sector Norte-Centro-Sur	Longitud m	Ancho cm	Profundidad cm	Dirección	Operador	Labor Realizada Inspección / Reparación	
		Grieta	Depresión	Plataforma	Talud								
21-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	
22-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	
23-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	
24-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	
25-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	
27-06-16	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Crystobal Ramirez	Inspección	

Observaciones:
 Se informa y repara zona de cupulme celda 1 en ello basal.
 Humectación de accesos y plataforma de la celda.
 Colectura diaria de talud

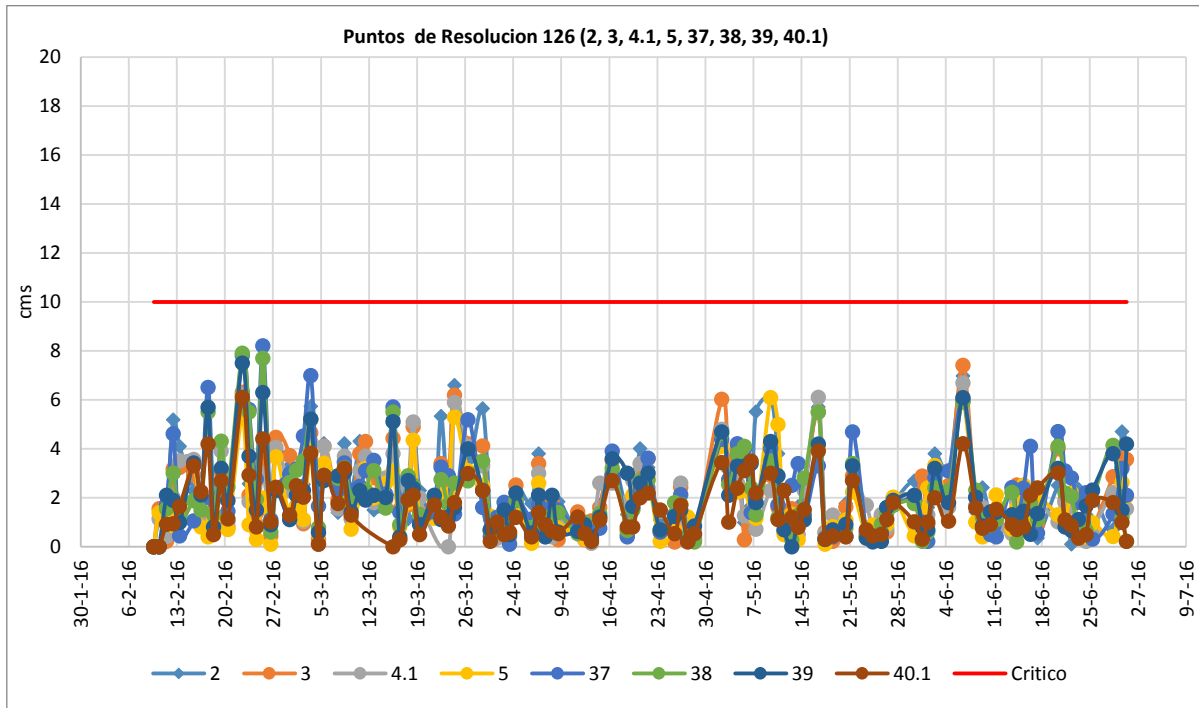
Ejecutado por: CRISTOBAL RAMIREZ
 Firma: 

Visado por: WILLACAY RUEZA
 Firma: 

3.5 SEGUIMIENTO DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES

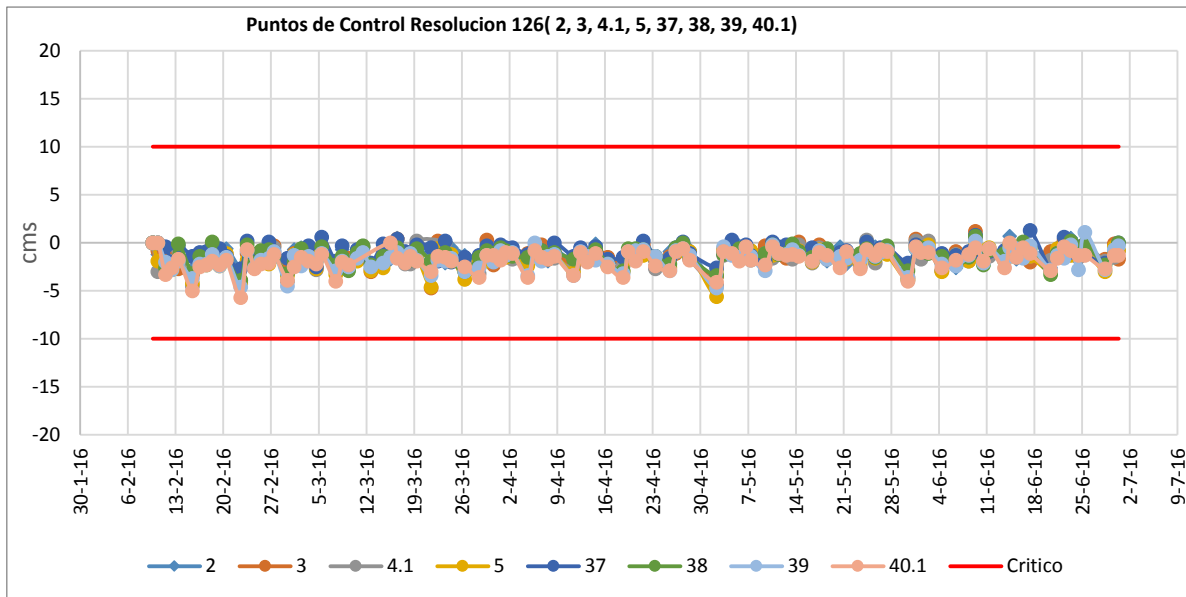
A continuación (Gráficos 2 y 3) se presenta el monitoreo diario de los desplazamientos (vertical y horizontal) de los puntos de control instalados en el relleno sanitario:

Gráfico 2 – Desplazamiento Horizontal Puntos de Control



Según se puede apreciar en Gráfico 2, el desplazamiento horizontal en los puntos de control se mantiene sin variaciones de consideración y bajo el umbral establecido por la SMA.

Gráfico 3 – Desplazamiento Vertical Puntos de Control



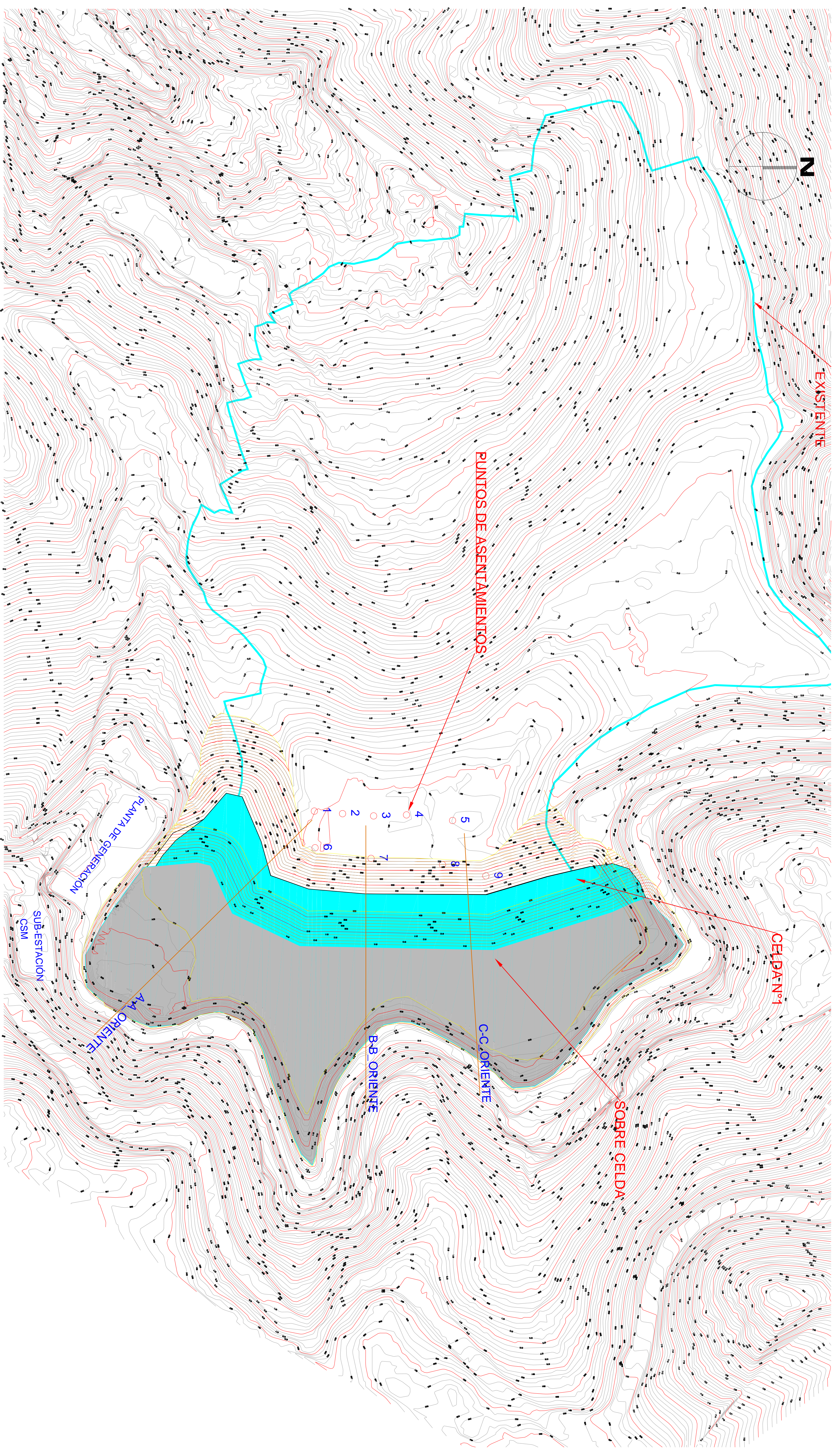
Según se puede apreciar en Gráfico 3, el desplazamiento vertical en los puntos de control se mantiene sin variaciones de consideración y bajo el umbral establecido por la SMA.

En la Tabla 7 siguiente se indican las coordenadas geográficas del punto original y del punto de reemplazo.

Tabla 7. Coordenadas Geográficas (UTM GWS 84) Puntos de Control

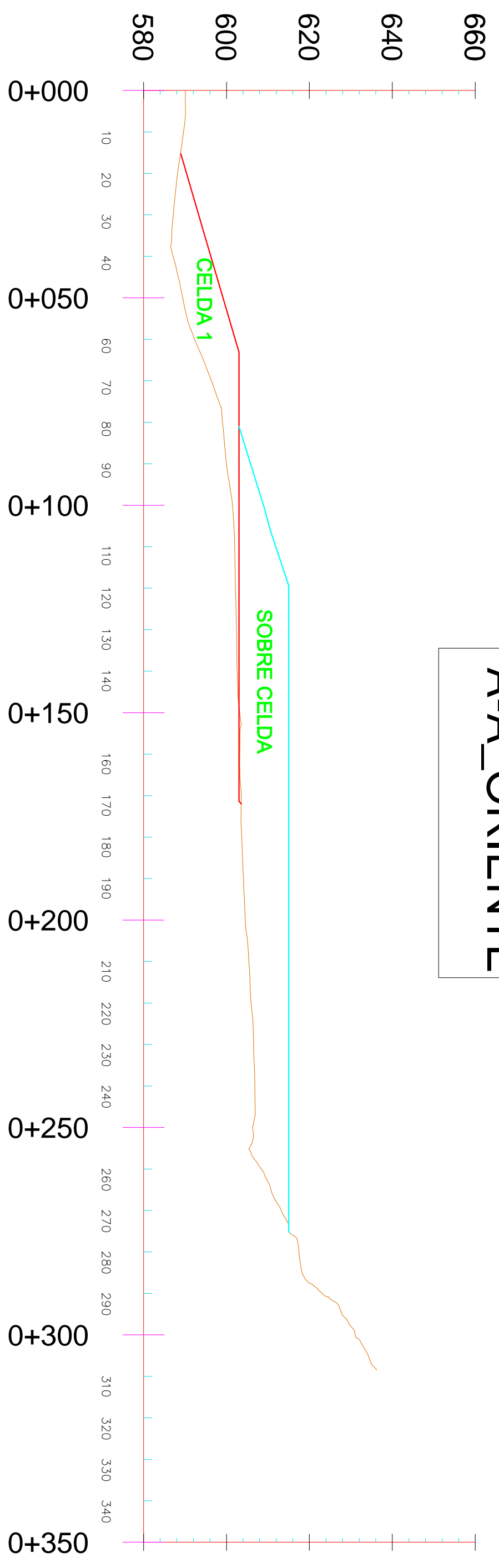
Punto Control	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)
1	333.348,230	6.269.817,565
Reemplazado por 37	333.350,086	6.269.829,86
2	333.350,685	6.269.846,018
3	333.352,795	6.269.877,325
4	333.351,669	6.268.910,523
Reemplazado por 4.1	333.351,165	6.269.910,446
5	333.357,338	6.269.956,924
6	333.385,322	6.269.818,235
Reemplazado por 38	333.349,376	6.269.869,687
7	333.395,96	6.269.874,709
Reemplazado por 39	333.351,834	6.269.923,596
8	333.402,206	6.269.946,867
Reemplazado por 40.1	333.340,936	6.269.978,924

4.- PLANO DE PLANTA Y CORTE CELDA N°1 Y SOBRECELDA

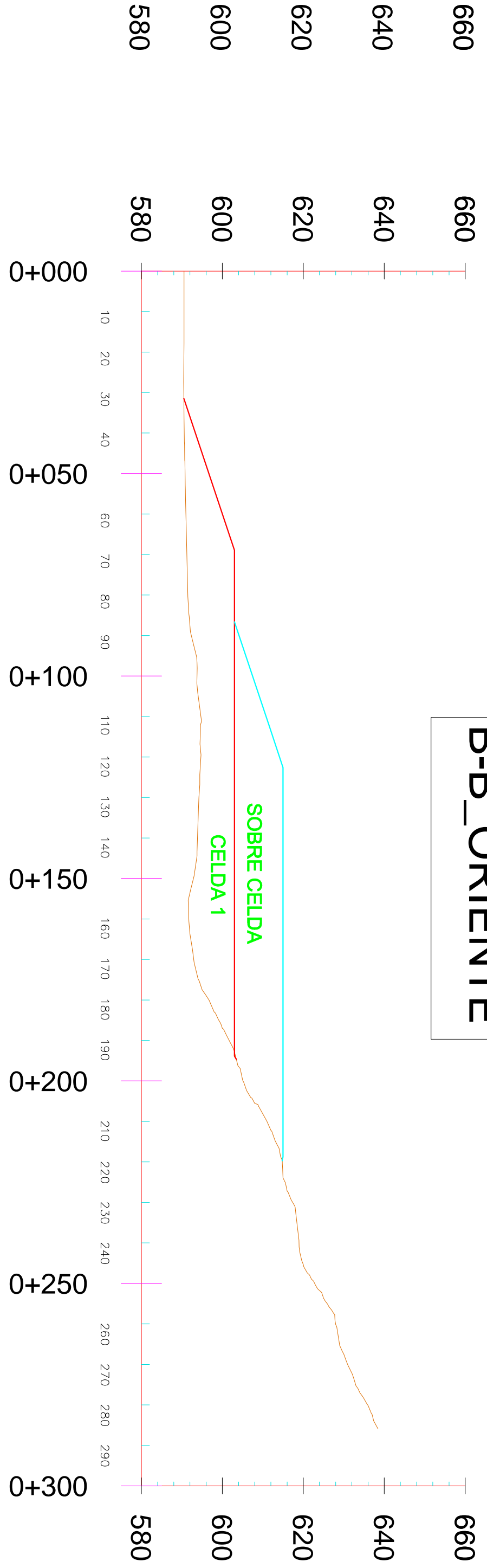


ESCALA 1 : 2 . 000

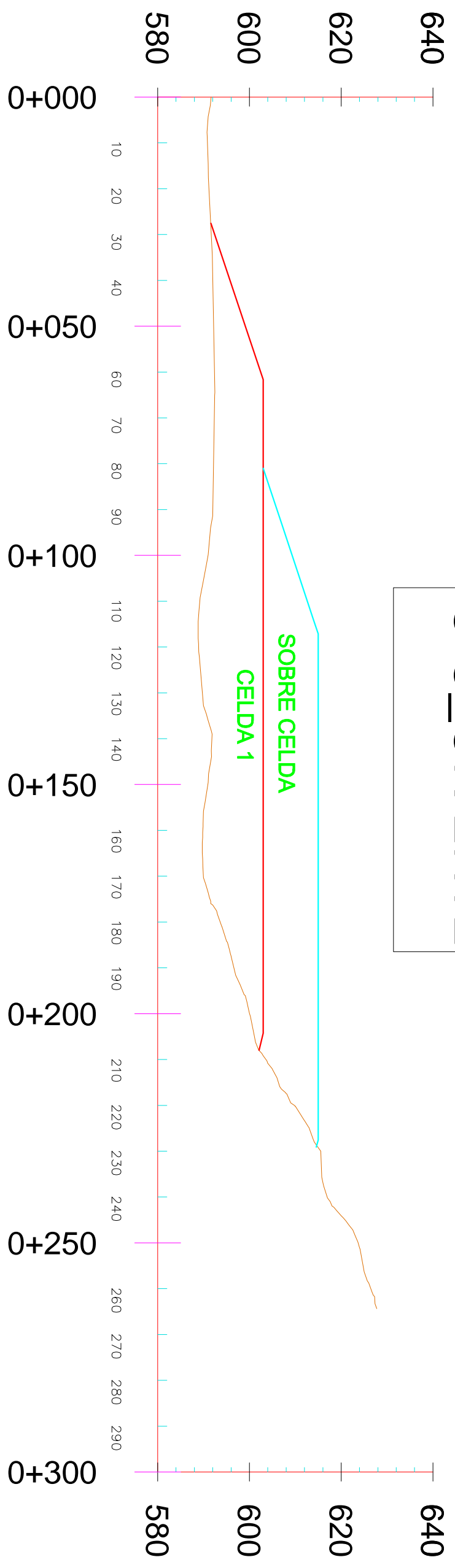
UBICACION		JEFE PROYECTO		PROYECTO	
		RICHARD OYARCE G. <small>APROBADO</small>		RELLENO SANITARIO SANTA MARTA 	
PROFESIONALES ESPECIALIDAD RICHARD OYARCE G. CHRISTIAN TOLEDO O.		REVISOR <small>REVISADO</small>		UBICACION PARTE RINCON RUSTICO SANTA ELISA DE LOBOSIN	
N° MODIFICACIONES B EMITIDO PARA SMA		FECHA JULIO 2016		PROPIETARIO SOC. AGRICOLA SANTA MARTA LTDA.	
ORGANISMO REVISOR CONSORCIO SANTA MARTA		CONTENIDO PROYECTO DE INGENIERIA PLANTA CELDA N°1 Y SOBRE CELDA		MANDANTE CONSORCIO SANTA MARTA S.A.	
URBUCO		ESCALA INDICADA		ARCHIVO	
GRAL. VELASQUEZ N° 8890 SAN BERNARDO TELEFONO 2892 12 94		FECHA JULIO 2016		REVISION B	
FORMATO A1		LAMINA N° 01 de 02			



A-A_ORIENTE



B-B_ORIENTE



C-C_ORIENTE

ESCALA 1 : 1 . 000

UBICACION		PROYECTO	
		RELLENO SANITARIO SANTA MARTA	
JEFE PROYECTO RICHARD OYAROE G.		MANDANTE CONSORCIO SANTA MARTA S.A.	
PROFESIONALES ESPECIALIDAD RICHARD OYAROE G. CHRISTIAN TOLEDO O.		PROPIETARIO SOC. AGRICOLA SANTA MARTA LTDA.	
N° MODIFICACIONES B EMITIDO PARA SMA		CONTENIDO PROYECTO DE INGENIERIA PERFILES CELDA N°1 Y SOBRE CELDA	
FECHA JULIO 2016		ARCHIVO -----	
ORGANISMO REVISOR CONSORCIO SANTA MARTA		FECHA JULIO 2016	
UBICACION PARTE RIEGO RUSTICO SANTA ELENA DE LOBOSIN		ESCALA INDICADA -----	
ROL 2595--139		INDICADA -----	
GRAL. VELASQUEZ N° 9890 SAN BERNARDO TELEFONO 2992 12 94		FORMATO A1	
REVISIONES		LAMINA N° 02 de 02	
REV: B			