Informe Geotécnico y Fisicoquímico:
Estabilidad del Sistema Tecnosuelo
Relave en Tranque Clavelina - Andacollo

1. Introducción

El presente informe tiene como objetivo analizar y documentar el comportamiento mecánico y la estabilidad del sistema compuesto por una capa de Tecnosuelo sobre el depósito de relaves "Clavelina", ubicado en la ciudad de Andacollo, Región de Coquimbo, Chile. Este sistema fue diseñado con el propósito de rehabilitar el relave e introducir especies arbóreas y arbustivas nativas (tales como espinos, pimientos y Baccharis sp.).

El diseño consistió en la aplicación de una capa superficial de 40 cm de espesor promedio de Tecnosuelo. Recientemente, la zona fue sometida a un evento meteorológico extremo, registrando precipitaciones de 254 mm en un periodo de 5 días. Notablemente, el sistema resistió este evento sin presentar ningún problema geotécnico o fenómeno de remoción en masa. A continuación, se detallan las características fisicoquímicas y geotécnicas que explican este excepcional comportamiento.

2. Características Fisicoquímicas del Tecnosuelo

Los análisis de las muestras de Tecnosuelo (Clavelinas Zona 1, 2 y 3) revelan una textura que varía entre Franco Arcillo Arenosa y Franco Arenosa, con densidades aparentes entre 1,54 y 1,58 g/cc. Destaca significativamente su estructura porosa:

- **Porosidad Total:** 42%, lo que otorga una alta capacidad de infiltración y almacenamiento de agua.
- **Retención de Humedad:** Presenta una humedad aprovechable de hasta 7.4% a 8.3%.
- **Materia Orgánica y pH:** Presenta niveles adecuados de materia orgánica (~1%) y un pH ligeramente alcalino (7.5 - 8.0).

La macroporosidad (16-22%) permite el drenaje rápido del exceso de agua, mientras que la microporosidad (20-26%) retiene agua vital para las especies vegetales. Mecánicamente, esta capa de 40 cm actuó como una "esponja", disipando la energía cinética de las precipitaciones y controlando la tasa de infiltración hacia el relave subyacente.

3. Características Fisicoquímicas del Relave

Por otro lado, el relave subyacente (Relave Clavelina 2) presenta características extremas típicas de pasivos ambientales mineros: un pH fuertemente ácido (2.8 a 3.6), una alta salinidad (Conductividad Eléctrica de 16.8 a 34.0 dS/m), muy bajos niveles de materia

orgánica (0.25 - 0.38%), y concentraciones excesivas de metales (Cobre, Hierro, Manganeso). Su textura es predominantemente Franca a Franco Arenosa. Sin la cobertura de Tecnosuelo, la lluvia directa habría generado alta escorrentía, arrastre de sedimentos (erosión) y un aumento drástico en la presión de poros, desencadenando fallas.

4. Estabilidad Geotécnica del Relave

Los ensayos de Corte Directo (ASTM D3080) realizados en múltiples probetas del relave indican que este material compactado (densidades de 1.359 a 1.469 g/cm^3) posee parámetros de resistencia al corte suficientes para mantenerse estable bajo cargas normales de 0.5 a 3.0 kgf/cm^2.

La clave de la estabilidad ante los 254 mm de lluvia radica en el comportamiento conjunto del sistema:

1. **Amortiguación Hidráulica:** El Tecnosuelo absorbió el choque inicial del agua y la almacenó en sus microporos, liberando el excedente de forma controlada hacia el estrato inferior.
2. **Prevención de Presión de Poros:** Al regularse la infiltración, el relave nunca alcanzó un estado de saturación total abrupta, evitando el aumento crítico de la presión de poros (que disminuye la resistencia al corte y causa licuación o deslizamientos).
3. **Consolidación y Peso:** La sobrecarga aportada por los 40 cm de Tecnosuelo incrementa el esfuerzo normal efectivo sobre el relave superficial, lo que, de acuerdo al criterio de Mohr-Coulomb, incrementa la resistencia al corte del estrato subyacente.

5. Conclusiones

La aplicación de 40 cm de Tecnosuelo sobre el depósito de relaves de Andacollo demostró ser una solución ingenieril y ecológica altamente efectiva. Al modificar la dinámica de infiltración y aportar peso estabilizador, se previnieron fenómenos de remoción en masa frente a un evento hidrometeorológico severo (254 mm en 5 días), garantizando al mismo tiempo el sustrato necesario para la fitoremediación con flora nativa.