

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**



## **DISEÑO DE PLATAFORMAS DE LIXIVIACION**

### **INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

### **INGENIERO DE MINAS**

**JAVIER FELIPE TORO ESPINOZA**

**LIMA – PERU**

**2001**

**El presente trabajo esta dedicado  
a mis Padres: Andrea y Felipe.**

## DISEÑO DE PLATAFORMAS DE LIXIVIACION

### Tabla de Contenido

LISTA DE TABLAS.....	III
LISTA DE FIGURAS .....	III
LISTA DE PLANOS.....	V
1.0 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	1
1.2. EL MINERAL .....	2
1.3. ALCANCE Y DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO .....	3
2.0 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA .....	5
2.1. ALCANCE DEL TRABAJO.....	5
2.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....	6
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	7
2.4. OBSERVACIONES GEOLÓGICAS .....	9
2.5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES .....	9
3.0 ESTUDIO DE SISMICIDAD .....	11
4.0 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA.....	13
4.1. UBICACIÓN .....	13
4.2. INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	13
4.3. METEOROLOGÍA.....	14
4.3.1 <i>Evaporación</i> .....	14
4.3.2 <i>Precipitación</i> .....	14
4.4. HIDROLOGÍA DE CANALES DE DERIVACIÓN .....	15
4.5. BALANCE DE AGUA .....	15
4.6. TUBERÍAS Y CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE SOLUCIÓN.....	17
5.0 CRITERIOS DE DISEÑO .....	18
6.0 DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN .....	19
6.1. GENERAL .....	19
6.2. PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN.....	19
6.2.1 <i>Configuración de la Plataforma</i> .....	20
6.2.2 <i>Movimiento de Tierras Masivo</i> .....	20
6.2.3 <i>Sub-Drenes</i> .....	21
6.2.4 <i>Revestimiento de la Plataforma</i> .....	21

6.2.5	<i>Capa de Protección</i> .....	22
6.2.6	<i>Sistema de Drenaje de Solución</i> .....	22
6.2.7	<i>Cajas de Distribución, Canal de Solución y Pozas de Sedimentación</i> .....	23
6.2.8	<i>Plan de Cargado de Mineral</i> .....	24
7.0	<b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES</b> .....	25
7.1.	<b>MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD</b> .....	25
7.2.	<b>GEOMETRÍA DEL TALUD</b> .....	26
7.3.	<b>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES</b> .....	26
7.4.	<b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	27
7.5.	<b>ELEMENTOS EMPLEADOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD</b> .....	29
8.0	<b>COSTOS DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	31
9.0	<b>REFERENCIAS</b> .....	33

## **Lista de Tablas**

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>
Tabla 2.1	Ensayos SPT para Suelos No Cohesivos
Tabla 2.2	Resumen de los Resultados del Ensayo de Veleta de Corte
Tabla 2.3	Resumen de los Resultados de Ensayos de Clasificación
Tabla 2.4	Resumen de los Resultados de Ensayos Triaxiales y de Corte Directo
Tabla 2.5	Resumen de los Resultados de Ensayos de Clasificación Knight Piésold
Tabla 2.6	Resumen de los Resultados de Ensayos de Permeabilidad y de Interfase Knight Piésold
Tabla 2.7	Rango de Valores Medidos en Ensayos de Laboratorio Valores Recomendados para el Diseño
Tabla 4.1	Características de las Estaciones Meteorológicas
Tabla 4.2	Evaporación Mensual en la C.M.
Tabla 4.3	Estimación de la Precipitación Media Anual en la C.M.
Tabla 4.4	Precipitación Máxima en 24 horas
Tabla 4.5	Cálculo de la Intensidad Máxima para un T=100 años
Tabla 4.6	Cálculo de la Intensidad Máxima para un T=100 años
Tabla 4.7	Información Base para el Balance de Aguas
Tabla 4.8	Estimación de Caudales de Diseño para Tuberías y Canales de Transporte de Solución
Tabla 4.9	Geometría de las Tuberías y Canal de Transporte de Solución
Tabla 5.1	Criterio de Diseño – General
Tabla 5.2	Criterio de Diseño – Plataforma de Lixiviación
Tabla 5.3	Criterio de Diseño – Propiedades de la Operación
Tabla 5.4	Criterio de Diseño – Colección y Distribución de Solución
Tabla 8.1	Estimación de Cantidades y Costos de Construcción – Plataforma de Lixiviación
Tabla 8.2	Estimación de Cantidades y Costos de Construcción – Canal de Solución
Tabla 8.3	Estimación de Cantidades y Costos de Construcción – Poza de Solución

## **Lista de Figuras**

<b>Figura</b>	<b>Título</b>
Figura 4.1	Relación Precipitación Promedio Anual vs. Elevación

Figura 4.2 Curva Intensidad vs. Tiempo

Figura 7.1 Secciones de Análisis de Estabilidad

Figura 7.2 Sección A – Falla Circular

Figura 7.3 Sección A – Falla en Bloque

Figura 7.4 Sección C – Falla Circular

Figura 7.5 Sección C – Falla en Bloque

Figura 7.6 Sección E – Falla Circular

Figura 7.7 Sección E – Falla en Bloque

## ***Lista de Planos***

<b><i>Plano</i></b>	<b><i>Título</i></b>
3703-100	Arreglo General: Plataforma de Lixiviación, Poza y Canal de Solución
3703-110	Plano Geotécnico
3703-120	Secciones Geotécnicas
3703-130	Plataforma de Lixiviación: Plano de Nivelación
3703-140	Plataforma de Lixiviación: Perfil y Control Horizontal
3703-150	Plataforma de Lixiviación: Plano de Sub-Drenes
3703-160	Configuración de Geosintéticos
3703-170	Plataforma de Lixiviación: Sistema de Tuberías de Colección de Solución
3703-180	Plataforma de Lixiviación: Secciones y Detalles – Hoja 1 de 2
3703-190	Plataforma de Lixiviación: Secciones y Detalles – Hoja 2 de 2
3703-200	Plataforma de Lixiviación: Sistema de Tuberías de Colección de Solución: Secciones y Detalles
3703-290	Plataforma de Lixiviación: Plan de Capas de Mineral

## DISEÑO DE PLATAFORMAS DE LIXIVIACION

### 1.0 INTRODUCCIÓN

#### 1.1. *Descripción General*

El uso de Plataformas de Lixiviación para la extracción de metales diseminados o en bajas concentraciones se ha convertido en uno de los métodos más populares en los últimos tiempos y mucho de los proyectos de este tipo han sido desarrollados en minas del Perú. Los proyectos más grandes incluyen a Cerro Verde, Southern Perú y Yanacocha, y esta tecnología puede ser aplicable para el tratamiento de minerales de otras minas en el país.

El presente trabajo se enfoca como una discusión técnica de los aspectos geotécnicos e ingenieriles del diseño de Plataformas de Lixiviación para la extracción de minerales diseminados, desarrollados en el Perú.

El diseño de una Plataforma de Lixiviación depende enormemente del tipo de mineral a ser lixiviado, la ubicación de la mina, el clima y el terreno. Estos factores están completamente fuera del control del planificador o de los que desarrollan el proyecto minero, sin embargo, tienen que ser considerados si el proyecto ha de operar de manera satisfactoria. Esto es común en el caso de minerales de cobre, donde la ganga o minerales arcillosos son alterados por el ácido empleado al lixiviar el cobre, reduciendo el mineral a un suelo arcilloso de baja permeabilidad. Generalmente la altura de la pila de lixiviación no será lo suficientemente alta como para fragmentar mecánicamente el mineral, pero en rocas suaves esto debe ser considerado. La composición del mineral y el tipo del lixivante determina la permeabilidad del mineral en la pila. La permeabilidad es importante, ya que la presencia de un nivel freático dentro de la pila puede afectar la estabilidad de la pila, el proceso químico de la lixiviación y el inventario de solución rica almacenada en la pila.



La ubicación de la mina puede impactar grandemente en los costos de construcción de la Plataforma de Lixiviación. En algunos casos es favorable transportar el mineral largas distancias para el procesamiento a un lugar donde los costos de construcción de la planta de tratamiento son más bajos. Típicamente, la lixiviación en pilas es favorable en operaciones con alto volumen y bajas leyes de mineral y en donde el costo del transporte del mineral no resultarían económicos. En la mayoría de los casos, entonces, la Plataforma de Lixiviación será construida cerca de la mina, en un terreno que requiera algún movimiento de tierra y serias consideraciones de estabilidad de la Plataforma.

El clima afecta grandemente a la operación de una Plataforma de Lixiviación, ya que el principal constituyente del lixivante es el agua. Una escasez de agua previene la lixiviación del mineral. Un exceso de agua diluye la solución lixivante, reduciendo la eficiencia del proceso de extracción. La contención de la solución es importante por razones económicas, pero también por razones ambientales. Grandes precipitaciones ocasionan una acumulación de agua de lluvia en el sistema que reducen la ley de cabeza de la solución e incrementan el riesgo de que el sistema sobrepase sus límites. En el caso que la capacidad del sistema sea excedido, el ambiente podría ser contaminado. Además, el contenido metálico extraído se perdería. Un diseño pobre ó un manejo deficiente del sistema puede afectar potencialmente tanto a la economía del proyecto como a la contaminación del ambiente.

## **1.2. *El Mineral***

Para el diseño de una Plataforma de Lixiviación es importante considerar tanto la resistencia del mineral como su permeabilidad. Estas propiedades son gobernadas por la mineralogía del mineral y la cantidad de chancado que es empleado para preparar el mineral para la lixiviación.

Un mineral fino tendrá baja permeabilidad, algunos otros son suelos suaves y no roca dura, estos se consolidarán bajo la carga. Cada cuerpo mineralizado es distinto y debe ser evaluado separadamente. Esto puede ser ilustrado con el hecho que en algunas minas el mineral es lixiviado tal como sale del tajo, después de la voladura, sin emplear chancado, mientras que en otras, el mineral debe ser chancado a partículas menores de 9 mm. Además, la composición del mineral puede ser alterada durante la lixiviación. Esto es muy común en operaciones de lixiviación de cobre donde la ganga puede ser descompuesta para formar minerales arcillosos bajo la influencia del ácido. El diseñador debe entonces predecir las propiedades del mineral durante y después de la lixiviación, cuando el mineral ha sido consolidado y posiblemente alterado químicamente.

La permeabilidad es generalmente determinada empleando un ensayo de permeabilidad de cabeza constante mientras se simula la carga que deberá soportar debido a la altura de la pila. La permeabilidad de minerales finos decrecerá con el incremento de la carga. Minerales más gruesos son menos sensibles. La permeabilidad del mineral limita la velocidad de percolación del lixivante. La ubicación de la superficie freática en la pila es importante cuando se considera la estabilidad de la Plataforma y, en el caso de operaciones de lixiviación de minerales de cobre, la recuperación se reduce grandemente si el mineral está saturado. Un buen sistema de drenaje ayudará en el control del nivel freático.

Medir la resistencia al corte del mineral puede ser difícil para mineral grueso o aquel que proviene directo de la mina. Cuando los ensayos de corte directo no pueden ser realizados en el laboratorio, ensayos y observaciones de campo pueden proveer valiosa información. El ángulo natural de reposo de una pila de mineral es un indicador razonablemente preciso de la resistencia interna al corte. Ensayos a menor escala pueden ser realizados rápidamente empleando la cuchara de un cargador frontal o la tolva de un volquete, volteando el material hasta que empiece a deslizarse sobre sí mismo.

### ***1.3. Alcance y Descripción del Trabajo***

El presente reporte presenta las actividades más importantes que se realizan para el diseño de Plataformas de Lixiviación de Proyectos de explotación de Oro. La primera parte de este trabajo incluye trabajos de investigación y estudios del área donde se puede ubicar la

Plataforma de Lixiviación. Estos trabajos consisten en investigaciones geotécnicas, estudios de sismicidad y estudios hidrológicos. El resumen de estos trabajos se presenta en las Secciones 2, 3 y 4 respectivamente.

El diseño de la estructura se realiza en función a criterios de diseño requeridos por la operación minera, las condiciones de la mina y requerimientos del operador. El listado del criterio de diseño se presenta en la Sección 5 y se detalla en las Tablas 5.1 a 5.4 tomando como ejemplo el diseño de una Plataforma de Lixiviación en una compañía minera en el Perú. La información que se presenta en dicha sección incluye datos obtenidos durante los trabajos de investigación, datos y requerimientos que se obtuvieron de la compañía minera y datos que se han asumido para el diseño a falta de información disponible (datos que se han estimado sobre la base de valores asumidos con experiencia en otros proyectos). Asimismo, se ha asumido que las características hidrológicas de la mina son similares a zonas aledañas a esta, de donde se posee información hidrológica. Esto debido a falta de información hidrológica consistente dentro del área de la mina.

El diseño de Plataformas de Lixiviación se describen en detalle en la sección 6, incluyendo una descripción detallada de cada uno de los componentes de dichas estructuras.

La Sección 7 presenta una descripción del análisis de estabilidad que se realiza como parte del diseño de Plataformas de Lixiviación. En la Sección 8 se presenta un resumen de las cantidades y costos relacionados a la construcción de Plataformas de Lixiviación.

## **2.0 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA**

Con el propósito de evaluar las características geotécnicas de la zona en la posiblemente se construya la Plataforma de Lixiviación, se realizan trabajos de investigación geotécnica. El trabajo consiste en la revisión de información geotécnica disponible, investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de resultados obtenidos.

En algunos casos sólo existirá un solo lugar adecuado para una Plataforma de Lixiviación, pero normalmente habrá que seleccionar entre varias opciones. El costo de construcción debe ser evaluado contra el costo de transporte y el riesgo ambiental cuando se seleccione el lugar.

Una Plataforma de Lixiviación requerirá de un área razonablemente grande. De emplearse para el apilamiento métodos mecánicos, las pendientes de la plataforma son muy importantes y deberán mantenerse en el orden del 5%. Cuando se utilice camiones para el apilamiento, las tolerancias son menos exigentes y generalmente se usa la topografía existente y se construyen bermas de estabilidad para asegurar el pie de la pila. La topografía en el Perú es pocas veces plana y por ende el costo de movimiento de tierras es considerable sin importar que configuración se seleccione.

El riesgo ambiental puede limitarse reduciendo la exposición de superficie a la escorrentía y evitando las cuencas que estén habitadas aguas abajo. Generalmente es una buena idea mantener todas las instalaciones en una sola cuenca e identificar áreas potenciales para la expansión desde un inicio.

La Plataforma de Lixiviación requerirá de una poza para la colección de la solución rica, y posiblemente otras que colecten y almacenen el agua de tormentas durante la época de lluvia. La ubicación de estas pozas también tiene que ser considerada.

### **2.1. Alcance del Trabajo**

Para el desarrollo de esta investigación se trazan los siguientes objetivos:

- Determinar las características geotécnicas del lugar para evaluar las condiciones de fundación de la Plataforma de Lixiviación.

- Delimitar zonas adecuadas e inadecuadas para la ubicación de la Plataforma.
- Asignar valores a los parámetros geotécnicos requeridos tanto para el diseño conceptual como para el diseño final.
- Determinar la disponibilidad de materiales de construcción, especialmente la existencia de material para la cobertura secundaria (soil liner).

Los trabajos de investigación geotécnica se inician con la revisión de toda documentación disponible de la zona entregada por la compañía minera. La información que se revisa incluye el informe del programa geotécnico realizado por otras empresas consultoras y los datos de sondajes diamantinos efectuados por la misma compañía minera en la zona.

## **2.2. Investigación de Campo**

Para evaluar las condiciones del área propuesta para la Plataforma de Lixiviación, se efectúa un programa de investigación geotécnica. El programa de trabajo es preparado tomando en cuenta aquellas zonas en las cuales no se dispone de información y las zonas donde se requiere confirmar las propiedades del suelo y subsuelo.

La mayor parte de la investigación de campo se realiza con la finalidad de verificar las condiciones de fundación, ya sea zonas de material arcilloso ó áreas con afloramientos de roca. Los resultados obtenidos de la investigación geotécnica son comparados con los datos entregados por la compañía minera inicialmente.

La investigación de campo consiste en la perforación de taladros y excavación de calicatas para la obtención de muestras de suelos y rocas, ensayos in-situ incluyendo Ensayos de Penetración Estándar (SPT's) y Veleta de Corte (VST); y de la excavación de calicatas y recolección de muestras de los posibles materiales de préstamo que podrían ser utilizados para construcción.

Durante los trabajos de perforación de taladros y excavación de calicatas se prepara una descripción detallada de cada una de las perforaciones y calicatas (logeo) realizadas. Las muestras que se seleccionan para realizar ensayos adicionales son enviadas a laboratorios de

mecánica de suelos. Las siguientes secciones presentan una descripción detallada de los trabajos que se realizan durante la investigación de campo.

Durante la investigación de campo se efectúan perforaciones dentro de los límites de la Plataforma de Lixiviación propuesta. Durante dicho trabajo se efectúan ensayos de penetración estándar (SPT) a diferentes profundidades y diferentes materiales encontrados. Estos ensayos permiten evaluar la densidad in-situ del material. También se efectúan ensayos de veleta con al finalidad de evaluar la resistencia al corte in-situ de los suelos. Finalmente, se extraen muestras inalteradas en tubos Shelby de arcillas en el subsuelo. El Plano 3703-110 muestra las ubicaciones de las perforaciones que se realizan para un Proyecto. El Plano 3702-120 presenta tres secciones geotécnicas preparadas sobre la base de la información obtenida durante la investigación de campo. En las Tablas 2.1 y 2.2 se muestran ejemplos de ensayos SPT y VST respectivamente, realizados para un determinado proyecto.

Durante los trabajos de perforación se requiere instalar pozos de monitoreo aguas abajo de la ubicación propuesta para la Plataforma de Lixiviación. Este pozo será utilizado para monitorear el nivel del agua subterránea y cualquier filtración de la Plataforma de Lixiviación.

### **2.3. Ensayos de Laboratorio**

Los materiales de cimentación y el mineral deben ser ensayados para determinar la resistencia y la permeabilidad del material. Materiales de grano fino pueden ser ensayados empleando una máquina triaxial y materiales más gruesos con un permeámetro uniaxial y corte directo.

Los ensayos de laboratorio se realizan en muestras seleccionadas de suelo obtenidas durante la investigación de campo. Estos ensayos se realizan para definir las características geotécnicas del subsuelo en el lugar.

En el laboratorio de mecánica de suelos se realizan los siguientes ensayos: Clasificación de las muestras mediante análisis granulométrico, límites de Atterberg (en las muestras plásticas), y clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). Estos ensayos se realizan para confirmar las observaciones realizadas en el campo durante la etapa de investigación geotécnica. Se realizan ensayos de corte directo en una

muestra remoldeada y en muestras de tubo Shelby. Estos ensayos se realizan para obtener información respecto a la resistencia al corte de los materiales ensayados. También se efectúan ensayos de corte triaxial en muestras de tubo Shelby para obtener información respecto a la resistencia al corte de los materiales. Finalmente, se efectúan ensayos de compactación (Método Harvard) para conocer las características relacionadas a la densidad del material. En las Tablas 2.3 y 2.4 se muestran ejemplos de ensayos de laboratorio de clasificación, corte directo y triaxial, realizados para un determinado proyecto.

En Laboratorios Geotécnicos del extranjero se efectúan ensayos especiales que no se pueden realizar en el Perú. Estos ensayos incluyen ensayos de permeabilidad de muestras de suelo y ensayos con geomembranas. Dichos ensayos se detallan a continuación.

Se realizan ensayos de permeabilidad en una muestra del mineral del tajo de la mina determinando las características de permeabilidad de dicho material para su uso en la capa de drenaje de la Plataforma de Lixiviación. El ensayo se puede realizar por ejemplo, para simular una pila de 80 metros de altura y se ensaya bajo carga constante.

Otro ensayo de permeabilidad se realiza en una muestra mixta de material con materiales arcillosos. Este material se ensaya para determinar si es adecuado para ser utilizado como cobertura secundaria (soil liner). Ambos materiales son ensayados para determinar clasificación, permeabilidad (Ensayo de Carga Variable) y características de densidad del material (Proctor Modificado).

Finalmente, se realizan ensayos de corte directo y de integridad de la geomembrana en contacto con materiales que se emplearán en la construcción de la capa de cobertura secundaria y la capa de protección. Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar el comportamiento de la geomembrana y su interfase con los otros materiales bajo condiciones de carga. Para dichos ensayos, se utilizan muestras de geomembrana similares a las que se especifican en el diseño de la plataforma.

El ensayo de corte directo de la interfase se realiza para determinar el ángulo de fricción de la cobertura secundaria (soil liner) en contacto con la geomembrana o del material de protección en contacto con la geomembrana. El material de protección (sobre la geomembrana) se satura

para simular el efecto de la solución de lixiviación encima de la geomembrana. El ensayo se realiza con muestras de geomembrana VFPE texturada y VFPE lisa.

El ensayo de integridad de la geomembrana (Ensayo de Punzonamiento) se realiza para determinar la integridad de la geomembrana bajo una carga completa, por ejemplo, para una pila de 80 metros de altura. El ensayo se puede realizar con muestras de geomembrana VFPE texturada por ejemplo.

En las Tablas 2.5 y 2.6 se muestran ejemplos de ensayos de laboratorio realizados en el extranjero para un determinado proyecto.

#### **2.4. Observaciones Geológicas**

Durante la inspección en campo se realizan observaciones de índole geológica para determinar, hasta cierto nivel, las características geológicas del área. Se observan fallas las cuales se muestran por ejemplo en el plano 3703-110. La ubicación de la Plataforma de Lixiviación debe evitar la zona con mayor cantidad de fallas. Especial atención se debe prestar a las fallas que se encuentran dentro de los límites de la Plataforma y asegurar que se coloque la cantidad de cobertura secundaria (soil liner) adecuada durante la construcción para garantizar la integridad de la geomembrana.

#### **2.5. Análisis y Conclusiones**

Sobre la base de los resultados obtenidos en la investigación de campo y ensayos de laboratorio, se determina los límites de la Plataforma de Lixiviación, tal como se muestra por ejemplo en el plano 3703-100. Los límites de la plataforma se determinan con la finalidad de brindar condiciones de fundación aceptables y evitar grandes cantidades de excavación para eliminar material inadecuado como cimentación. En general, se evita que la Plataforma se construya sobre arcillas blandas para evitar asentamientos y deformaciones importantes bajo la estructura que afectan directamente el comportamiento de esta.

Un ejemplo de valores asignados a los parámetros geotécnicos que se utilizan en el diseño final se muestran en la tabla 2.7. Algunos de estos valores se asumen sobre la base de criterio



técnico y basándose en experiencias anteriores con materiales similares, incluyendo los del material de relleno y roca meteorizada.

Se analizan fuentes potenciales de material para ser usadas como cobertura secundaria (soil liner).

Los materiales potenciales para el relleno de la base de la plataforma (relleno estructural) pueden importarse del desmonte de mina o pueden ser encontrados en áreas cercanas a la ubicación de la Plataforma de Lixiviación.

Finalmente se debe de mencionar que la información que se presenta se basa en un número limitado de calicatas, perforaciones e inspecciones visuales realizadas en campo que intentan representar lo mejor posible las características del lugar, pudiéndose encontrar condiciones distintas en campo.

### **3.0 ESTUDIO DE SISMICIDAD**

Las cargas sísmicas deben ser consideradas seriamente en toda estructura que se construye en el Perú. Las aceleraciones del terreno anticipadas están bien documentadas para la mayoría de las regiones y localmente se colecta información que permita efectuar un análisis de riesgo sísmico. Se acostumbra considerar el sismo de diseño para cierto período de retorno, generalmente 1:500 años, que es ligeramente menor que el máximo terremoto esperado. Se espera que las instalaciones diseñadas puedan seguir operando aún después de la ocurrencia de un sismo de diseño.

Para el estudio sísmico se puede llevar a cabo un análisis probabilístico y determinístico del riesgo sísmico para desarrollar un criterio sísmico apropiado para el diseño de las diversas instalaciones de la mina y particularmente de la Plataforma de Lixiviación. En general, se recomienda un 10% de probabilidad de excedencia durante la vida operativa de las estructuras, como un nivel razonable de riesgo.

El desplazamiento de la Plataforma durante un evento sísmico máximo esperado deberá ser estimado y tendrá que tomarse en cuenta en el diseño. La intención aquí será la de mantener contenida a la solución y a la pila en todo momento, a pesar que existan daños al sistema.

A continuación se presenta un resumen de resultados importantes de un estudio de sismicidad de un determinado Proyecto así como las recomendaciones de diseño sísmico:

1. Se establece el historial sísmico dentro de un radio de 150 Km. de la obra utilizando por ejemplo el programa de software de base de datos sísmicos USGS (EPIC). La base de datos comprende el periodo desde una determinada fecha anterior hasta la fecha del diseño.
2. Relaciones de recurrencia se establecen para el área estudiada utilizando el historial sísmico registrado y criterio de ingeniería. Sobre la base de estas relaciones, el diseño de eventos para vidas del proyecto de 10 y 20 años con un 10% de probabilidad de excedencia tienen un periodo de retorno de 85 y 190 años respectivamente.
3. La Aceleración Pico Horizontal de terreno (APH) para el evento de diseño se estima basada en relaciones de atenuación de aceleración establecida para sismos en la zona de

subducción. Sobre la base de estos resultados, se recomienda que los eventos de diseño utilizados en el Proyecto sean un sismo de magnitud (Ms) 7.2 con una aceleración de 0.20g. y un evento de Ms 7.5 con una aceleración de 0.25g, correspondiente a la vida del proyecto de 10 y 20 años respectivamente.

## **4.0 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA**

### **4.1. Ubicación**

La ubicación de la Plataforma de Lixiviación y su disposición determinan las condiciones climáticas y la necesidad de una desviación del agua superficial u otras opciones para el manejo del agua.

### **4.2. Información Disponible**

Si la mina no cuenta con estaciones meteorológicas e hidrológicas propias, es necesario emplear un análisis regional para la obtención de los parámetros meteorológicos e hidrológicos de interés para el Proyecto. Un ejemplo de las características de las estaciones utilizadas en el análisis regional de un determinado Proyecto, tales como parámetros registrados, ubicación y período de registros se muestran en la Tabla 4.1.

Adicionalmente se pueden emplear estudios regionales para la caracterización evaporimétrica y pluviométrica del área del proyecto. Estos estudios pueden ser del Estudio de la Hidrología del Perú (EHP) y el Atlas de Evaporación en el Perú.

El Atlas de Evaporación en el Perú es un estudio que se basa sobre la información de registros de 64 estaciones con tanque evaporimétrico tipo A y 85 estaciones climatológicas ordinarias ubicadas en todo el Perú. Estas estaciones permitieron estimar la evaporación (mediante isolíneas de evaporación) a lo largo de todo el territorio peruano.

El EHP es un estudio que sobre la base de información pluviométrica operada por el SENAMHI y otras instituciones (más de 700 estaciones después de comprobar la validez de las mismas) presenta una metodología para el cálculo de valores de precipitación atendiendo a una zonificación pluviométrica. Esta zonificación pluviométrica se basa en la variación del clima (especialmente la precipitación) de una a otra parte del territorio peruano.

### **4.3. Meteorología**

#### **4.3.1 Evaporación**

Sobre la base de la información existente en el Atlas de Evaporación en el Perú se estima la evaporación anual en el área del proyecto en mm. Un ejemplo de valores promedio mensuales de evaporación para un área de un Proyecto de acuerdo a las isolíneas que contienen los mapas del Atlas de Evaporación en el Perú se indican en la Tabla 4.2.

#### **4.3.2 Precipitación**

Normalmente no se encuentra información pluviométrica local por lo que se analiza la información pluviométrica regional disponible a fin de encontrar los valores aproximados de precipitación diaria y mensual en el área del proyecto.

Los datos recolectados en las estaciones meteorológicas provienen de observaciones que se realizan 1 ó 2 veces al día. Este tipo de información rara vez permite determinar el valor real de la precipitación diaria y mensual. Según estudios de la Organización Meteorológica Mundial (1973), si multiplicamos los valores registrados por un factor de 1.13, obtendremos valores que se ajustan más a las condiciones reales.

La precipitación mensual en el área de la mina se puede estimar sobre la base del análisis realizado para estaciones cercanas a la mina y la regionalización en zonas pluviométricas propuesta en el EHP. De acuerdo al EHP se agrupan en una misma zona pluviométrica el área del Proyecto y estaciones meteorológicas cercanas para obtener condiciones pluviométricas similares. Con estos registros, se puede establecer una relación precipitación media anual vs. elevación (Figura 4.1), que permite estimar un valor de precipitación (mm) media anual en el área del proyecto (Tabla 4.3).

Mediante un análisis regional de los valores de precipitación de las estaciones registradas se obtienen valores de precipitación de diseño para períodos de 24 horas tomando intervalos de recurrencia de 50, 100, 200 y 500 años. Las series pluviométricas son sometidas a un análisis estadístico utilizando la Distribución Probabilística de Gumbel, a partir del ajuste de las series a esta distribución se estiman las precipitaciones máximas en 24 horas para los períodos de

retorno indicados anteriormente. Un ejemplo de valores de precipitación encontrados para un determinado Proyecto se presenta en la Tabla 4.4. Debido a la poca variabilidad que existe entre los valores de diseño de una a otra estación se asume que el valor de diseño para la mina sea el promedio de los valores encontrados para las estaciones registradas.

#### **4.4. Hidrología de Canales de Derivación**

Para determinar el caudal de diseño de los canales de derivación se acostumbra considerar la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 100 años.

Cuando no se tiene ó se tiene poca información de distribución de lluvia, y se necesita realizar el cálculo de intensidades máximas para el diseño de los canales de derivación, se puede optar por asumir curvas de distribución del Soil Conservation Service (SCS) que pueden reflejar las características de las tormentas típicas del área del Proyecto. Las tablas 4.5 y 4.6 y la figura 4.2 nos muestra un ejemplo del cálculo de intensidades máximas para el diseño de los canales de derivación de un determinado Proyecto.

La intensidad neta de lluvia, fuente de la escorrentía superficial, se puede calcular utilizando la metodología que relaciona la precipitación y la escorrentía en función al tipo y uso de suelo de la cobertura de la cuenca y las condiciones antecedentes de humedad a la tormenta de análisis.

#### **4.5. Balance de Agua**

Estimar las necesidades de agua en las instalaciones, de almacenamiento o de tratamiento y descarga de agua es esencial para el planeamiento de instalaciones de descarga cero. Esto requiere de información meteorológica de lluvias y evaporación, así como información acerca del tamaño de la plataforma de lixiviación y de la cantidad de mineral a ser lixiviado.

Los siguientes elementos constituyen los parámetros para el balance de agua:

Cuenca de la Plataforma de Lixiviación y de las pozas,

Area de la superficie de lixiviación donde puede ocurrir evaporación,

- Área de la superficie de las pozas donde puede ocurrir evaporación,
- Contenido de humedad inicial del mineral,
- Contenido de humedad del mineral después de lixiviado,
- Cantidad de mineral colocado en la Plataforma,
- Precipitación,
- Ratio de evaporación.

Es común calcular la ganancia o pérdida neta de agua mensualmente y de esta manera determinar:

- si el abastecimiento de agua esta creciendo o decreciendo,
- el volumen de almacenamiento requerido,
- el volumen de agua para completar las necesidades,
- si se acumulará un exceso de agua a lo largo de la vida del proyecto. Si este fuera el caso, el agua excedente deberá ser tratada para cumplir con los límites permisibles y luego descargada al ambiente.

Datos meteorológicos confiables son necesarios para efectuar el balance de agua, siendo 20 años de registro considerados como razonable cantidad de información. Donde no existen registros, se puede estimar un valor empleando información de lugares cercanos. Debe considerarse un factor adicional debido a la inexactitud de este estimado y la recolección de información en el lugar deberá iniciarse cuanto antes con el fin de comprobar el estimado elaborado.

Un balance de aguas se puede basar en un modelaje utilizando por ejemplo la siguiente ecuación:

$$P \pm S - E + I_{sol} - Q_{req} = V_{def} \text{ ó } V_{alm}$$

Donde:

- ✓  $P$  es la precipitación mensual proyectada
- ✓  $S$  es el cambio de almacenamiento de agua que se produce en el mineral
- ✓  $E$  es la evaporación mensual proyectada
- ✓  $I_{sol}$  es el volumen de solución aplicado para riego
- ✓  $Q_{req}$  es el volumen de salida requerido para abastecer el riego del siguiente mes
- ✓  $V_{def}$  es el volumen de agua de reposición necesario para satisfacer el  $Q_{req}$
- ✓  $V_{alm}$  es el volumen que excede al  $Q_{req}$  y puede utilizarse para almacenamiento

En la Tabla 4.7 se resume las magnitudes y tasas de aplicación de cada componente involucrado en el balance de agua de las pozas de lixiviación.

#### **4.6. Tuberías y Canales de Distribución de Solución**

Sobre la base de los resultados del Balance de Agua se determina la capacidad hidráulica de diseño para la tubería de transporte de solución hacia las pozas en condiciones normales de operación y del canal de transporte de solución hacia la Poza de solución en condiciones extremas con una tormenta de 24 horas y un período de retorno de 1:500 años. Los resultados de este estudio se presentan en la Tabla 4.8 y las dimensiones del canal de solución se muestran en la Tabla 4.9 para un determinado Proyecto.



## **5.0 CRITERIOS DE DISEÑO**

El diseño de las Plataformas de Lixiviación se desarrolla sobre la base de criterios que se establecen al inicio del proyecto y que se van complementando durante el desarrollo del mismo. Los criterios utilizados en el diseño de las estructuras para un determinado Proyecto de diseño de una Plataforma de Lixiviación realizado en el Perú, se listan en las Tablas 5.1 a 5.4.

La Tabla 5.1 presenta los criterios generales de diseño, incluyendo producción, sismo de diseño y datos hidrológicos. Los criterios de diseño específicos para la Plataforma de Lixiviación se presentan en la Tabla 5.2. Se debe indicar que el criterio más importante en el diseño de esta estructura es preparar una plataforma que reciba la solución lixiviada del mineral y la transporte hacia pozas de solución con un sistema de contención adecuado y que la capacidad de la plataforma permita el almacenamiento acorde con la operación de la mina. También se considera que los costos de construcción de la plataforma sean mínimos, teniendo en cuenta recomendaciones de la compañía minera con respecto al movimiento de tierras y de materiales que se pueden utilizar en la construcción de la estructura. Asimismo, se considera la posibilidad de expansión de la plataforma en el futuro.

En la Tabla 5.3 se presentan datos de la operación minera utilizados en el diseño, incluyendo tasa de producción y propiedades del mineral en sus diferentes etapas. La Tabla 5.4 presenta propiedades del sistema de transporte y distribución de solución en la Plataforma de Lixiviación y del sistema de colección de solución.

Es necesario indicar que el diseño de las estructuras se realiza basándose en los criterios que se describen en los reportes de diseño y en la información que se presenta a lo largo de dicho reporte. Por lo tanto, cualquier cambio que puede haber en la información que se utiliza en el diseño podría variar los resultados que se presentan en el reporte original. Por ejemplo, el caso del balance de aguas y el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas se basan en información relacionada a la operación de la mina, incluyendo flujo de regado, ciclo de lixiviación, mes de inicio de operaciones, entre otros. Cualquier variación en alguna de estas variables hará que los resultados del balance de agua no sean válidos y que el requerimiento de dimensiones de las estructuras diseñadas varíe.

## **6.0 DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

### **6.1. General**

La localización y límites de la Plataforma de Lixiviación se analizan en detalle durante la etapa de diseño conceptual entre la compañía minera y la empresa que se encargará del diseño de la Plataforma de Lixiviación y la alternativa para el Diseño en la etapa de diseño final es seleccionada por ambas empresas.

La etapa de diseño final se enfoca en el diseño en detalle de las estructuras que pondrán en funcionamiento la Plataforma de Lixiviación. Estas estructuras se muestran en el Plano 3703-100. Esta sección presenta una descripción del diseño de cada una de estas estructuras.

### **6.2. Plataforma de Lixiviación**

La capacidad requerida para una Plataforma de Lixiviación se calcula para permitir la acumulación de mineral a lixiviar durante un período de tiempo (por ejemplo 18 meses) de producción a un ritmo determinado de toneladas por día (por ejemplo 12,000 ton/día). Esto corresponde a una capacidad de toneladas de mineral. También se debe considerar el ancho mínimo de la cresta final de la pila para permitir el tráfico de camiones en forma segura.

Para permitir ciclos de lixiviación se considera áreas mínimas de regado, carguío y descanso. Las áreas requeridas se determinan de tal forma que permitan ciclos de lixiviación de un determinado número de días (por ejemplo 90 días). Sin embargo, esto no se puede lograr en todas las capas a menos que se incurra en gastos excesivos en la construcción de la plataforma. El diseño de la Plataforma se realiza tratando de maximizar las áreas de carguío y riego que se puede obtener en cada capa.

El diseño de la Plataforma de Lixiviación incluye la configuración de la plataforma y de cada una de las partes de la que consta la estructura. El propósito principal es minimizar el costo de construcción de la estructura manteniendo requerimientos de contención y derivación de solución, y teniendo en cuenta variables de diseño tales como estabilidad, hidrología y condiciones de operación de la estructura. A continuación se presenta una descripción de cada uno de los elementos y trabajos de los que consta la Plataforma de Lixiviación.

### **6.2.1 Configuración de la Plataforma**

La configuración de la plataforma se diseña para lograr una estructura con la mejor relación de costo/eficiencia, es decir, maximizar el volumen y área de capa de mineral manteniendo el costo de construcción controlado. En general, la configuración de una plataforma de lixiviación se diseña para balancear volúmenes de relleno con volúmenes de corte de material adecuado para relleno. La configuración de la Plataforma de Lixiviación se muestra en el plano 3703-130. Este plano muestra curvas de nivel del terreno terminado y representan el nivel de la superficie antes de colocar la cobertura secundaria (soil liner). Asimismo, el plano 3703-140 presenta el perfil y control horizontal de todo el perímetro de la plataforma para facilitar los trabajos de construcción.

Para facilitar el trabajo de compactación de capas en la plataforma (especialmente la capa de cobertura secundaria o soil liner), la pendiente máxima de la plataforma se limita a 3H (horizontal):1V (vertical). La base de la plataforma puede tener una pendiente variable que no sea muy significativa (por ejemplo máxima de 8 por ciento y mínima de 2 por ciento). Toda la plataforma mantiene pendiente positiva para permitir el flujo de solución por gravedad.

La configuración de la Plataforma también se diseña para limitar la cantidad de excavación en roca tomando en cuenta las restricciones de pendiente y reducción de volúmenes de relleno.

Para lograr la contención de solución lixiviada en el perímetro de la plataforma se considera el empleo de bermas perimetrales de (por ejemplo 1m de altura alrededor de la Plataforma) y bermas de contención (por ejemplo de 2m de altura) al pie de la Plataforma.

### **6.2.2 Movimiento de Tierras Masivo**

Durante la etapa inicial de construcción de la plataforma se debe tener en cuenta que existe una gran cantidad de material orgánico. Es importante mencionar que este material debe de ser acumulado en áreas designadas por la compañía minera para que este pueda ser utilizado posteriormente durante la etapa de rehabilitación de la mina como material de re-vegetación.

Una vez eliminado el material orgánico del área de la plataforma, se debe eliminar el material que es inadecuado para la cimentación de la estructura. El material producto de la excavación debe ser eliminado en zonas asignadas por la compañía minera en un lugar diferente a donde se acumula el material orgánico.

Finalmente, puede haber áreas donde se tenga que utilizar limitadamente explosivos en zonas de roca dura.

### **6.2.3 Sub-Drenes**

Debido a la presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie donde se ha diseñado la Plataforma que harían posible la presencia de flujos de agua debajo de esta, se considera la colocación de sub-drenes en la base de la plataforma, especialmente en las partes mas bajas. La localización y detalles de estos sub-drenes se presenta en el Plano 3703-150. Debe de tenerse en cuenta que los sub-drenes que se muestran en los planos de diseño son conceptuales y por lo tanto su localización y el número de ellos puede variar. De acuerdo a la experiencia que se tiene en este tipo de terreno, se espera que el número de drenes requeridos se triplique una vez que se haya removido todo el material de excavación de la plataforma. Estas cantidades son consideradas en los cálculos que se realizan para las cantidades y costos.

### **6.2.4 Revestimiento de la Plataforma**

El revestimiento de la Plataforma consiste en una geomembrana colocada sobre una capa de revestimiento secundario llamado cobertura secundaria (“soil liner”) compactada sobre la superficie nivelada. La capa de cobertura secundaria cumple con dos propósitos, brindar una capa secundaria de contención de solución y actuar como una cama de protección de la geomembrana. Para que esta capa actúe como capa de contención secundaria, el material compactado deberá presentar un coeficiente máximo de permeabilidad de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s.

La geomembrana de revestimiento consiste en polietileno altamente flexible VFPE (“Very Flexible Polyethylene”) que puede ser de 1.5 mm (60 mil) de espesor ó de 2.0 mm (80 mil) de espesor. Para aumentar el coeficiente de fricción entre la geomembrana y los materiales adyacentes se puede considerar la colocación de geomembrana doble texturada en un área inferior de la Plataforma. Estas áreas se seleccionan basadas en el análisis de estabilidad que

se realiza y sus límites se determinan para lograr coeficientes de seguridad aceptables de la estructura. El plano 3703-160 presenta los límites de cada tipo de geomembrana. Los Planos 3703-180 y 3703-190 muestra secciones y detalles típicos de la plataforma.

El espesor de la geomembrana se determina sobre la base de ensayos de integridad de geomembrana (ensayo de punzonamiento) bajo una carga simulada de material (por ejemplo 80 m de altura). Este tipo de pruebas consiste en preparar una muestra de la sección del revestimiento y aplicar sobre ella una carga normal equivalente a la que sería impuesta por la pila. Esta carga puede ser considerable. Por ejemplo, una pila de 80 m de altura resultaría en una carga de compresión bajo la pila de aproximadamente 1.5 Mpa. El objetivo es mostrar que el revestimiento no será dañado bajo la carga de diseño.

Las bermas perimetrales y la berma de contención, por estar permanentemente expuestas, son revestidas con una geomembrana de polietileno de alta densidad HDPE (“High Density Polyethylene”) de 1.5 mm (60 mil) de espesor ó de 2.0 mm (80 mil) de espesor, la cual ofrece mayor resistencia a los rayos ultravioleta.

### **6.2.5 Capa de Protección**

Para proteger la geomembrana antes de colocar mineral sobre la plataforma se coloca una capa de protección de 350 mm de espesor. Este material consiste en material de granulometría fina que protege la geomembrana contra el tráfico y reduce el efecto de punzonamiento contra la geomembrana. Este material debe ser colocado sobre la geomembrana de tal forma de no perforar ni deformar la misma.

### **6.2.6 Sistema de Drenaje de Solución**

El sistema de drenaje de solución de la Plataforma de Lixiviación consiste de un sistema de tuberías, grava y una capa de mineral seleccionado de permeabilidad relativamente alta. El sistema de tuberías de colección consiste de tuberías secundarias de colección y tuberías principales. La distribución de estas tuberías se muestra en el Plano 3703-170. Las tuberías secundarias consisten en tuberías corrugadas de polietileno (CPT) lisas interiormente y perforadas (tipo SP). Estas tuberías son generalmente de 100 mm de diámetro espaciadas cada 10m y con un ángulo de inclinación de 30° a 60 ° respecto a las curvas de nivel para

lograr una captación más eficiente. Las tuberías principales son CPT sólidas con superficie interior lisa (tipo S) que generalmente son de 600 mm. El espacio entre tuberías es una función de la pendiente de la plataforma y de la permeabilidad del mineral

Todas las tuberías se encuentran embebidas en grava de drenaje que sirven tanto para facilitar el flujo de solución hacia las tuberías, como para proteger las tuberías de cargas importantes. La grava de drenaje tiene un espesor mínimo de 350 mm sobre la tubería de solución como protección de la misma. Para reducir costos de construcción, este material se concentra únicamente alrededor de las tuberías. Este material debe presentar un coeficiente de permeabilidad mínimo de  $1 \times 10^{-4}$  cm/s para lograr la conductividad de solución requerida. El detalle de tuberías y grava de drenaje se presenta en el Plano 3703-200.

El sistema de drenaje se distribuye para separar la solución de la plataforma en áreas de colección solución. Cada una de estas áreas reporta la solución a una tubería principal que transporta solución hacia fuera de la plataforma donde se encuentra la poza de solución. Asimismo, se colocan tuberías sólidas adicionales para permitir la expansión de la plataforma en el futuro.

Sobre las tuberías y grava de drenaje se cuenta con una capa de mineral seleccionado de permeabilidad relativamente alta. Esta capa permite el flujo de solución hacia el sistema de drenaje y al mismo tiempo protege la geomembrana y tuberías del tráfico pesado.

### **6.2.7 Cajas de Distribución, Canal de Solución y Pozas de Sedimentación**

La solución que se colecta en el sistema de drenaje de la plataforma fluye por gravedad a través de las tuberías principales hacia un sistema de cajas de distribución de solución que se encuentran aguas abajo de la plataforma. Este sistema consiste en cajas de acero inoxidable a las cuales se conectan cada una de las tuberías principales de solución. En cada caja se cuenta con un sistema de tapones los cuales permiten controlar la dirección del flujo que puede derivarse a las tuberías que atraviesan estas cajas para coleccionar solución. Cada una de estas tuberías puede ser derivada a las pozas de solución.

El transporte de solución hacia las pozas de solución puede ser por medio de tuberías de HDPE u otro material que la compañía minera seleccione. Las cajas de distribución de

solución y las tuberías de solución se encuentran sobre un canal de solución entre la Plataforma de Lixiviación y la Poza de Solución.

Para el control de sedimentos de la solución que fluye hacia las Pozas, se diseñan pozas de sedimentación. Estas pozas deben colocarse en algún punto antes de llegar a las Pozas. Su ubicación deberá ser determinada por la compañía minera de acuerdo a los requerimientos operativos de las tuberías y las pozas de sedimentación y operación.

### **6.2.8 Plan de Cargado de Mineral**

El mineral de la Plataforma de Lixiviación puede ser cargado por ejemplo en capas de 8 metros de altura. El talud natural del mineral (en su ángulo de reposo) puede ser de 1.6(H):1(V). Para mantener la estabilidad de la plataforma, de acuerdo a la configuración diseñada, el talud general de la pila puede ser de 2.2(H):1(V). Para lograr este talud, cada capa de mineral deberá contar con una berma de retiro de 4.8 metros de ancho. Las capas de mineral y el detalle del talud de la pila se muestran en el Plano 3703-290. Es importante notar que si el talud natural del mineral fuera diferente, el ancho de la berma de retiro deberá modificarse para mantener el talud general de la pila de 2.2(H):1(V).

## **7.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

Para determinar el nivel de estabilidad y proveer factores de seguridad aceptables de la Plataforma de Lixiviación, se realizan análisis de estabilidad de taludes en secciones que se consideran críticas para la integridad de la estructura. El análisis se realiza tomando en cuenta tanto condiciones estáticas como pseudo estáticas (sismo). Cada una de estas secciones se analiza para fallas circulares profundas a través del mineral y para fallas en bloque a través de la interfase soil liner/geomembrana (capa crítica).

Para un mejor análisis se va a considerar 3 secciones críticas de una Plataforma de Lixiviación diseñada en el Perú. Las secciones son: A, B y C.

La estabilidad de los taludes dependerá de las propiedades de resistencia del material, la aceleración sísmica y la geometría. Siendo difícil modificar las propiedades de resistencia del material o la sismicidad en la región, la geometría debe ser diseñada de tal manera que provea una adecuada estabilidad.

Generalmente, se consideran dos tipos de falla: una con superficie circular o casi circular y la otra en bloque. Análisis de falla tipo bloque arrojan generalmente valores menores de factor de seguridad, ya que el revestimiento debajo de la pila tiene una menor resistencia que el mineral o la cimentación.

### **7.1. Métodos de Análisis de Estabilidad**

Uno de los métodos que se usa para el análisis de estabilidad de taludes es utilizando el programa de computadora XSTABL Versión 5.2. El programa permite utilizar una variedad de métodos de análisis de equilibrio límite para el cálculo del factor de seguridad, incluyendo métodos para la búsqueda de la superficie crítica de falla, que es la superficie con el menor factor de seguridad para la geometría y propiedades de material dados.

Para el análisis de estabilidad se emplean 2 métodos diferentes, el método simplificado de Bishop para la búsqueda de fallas circulares críticas, y el método simplificado de Janbu para la búsqueda de fallas en bloque críticas, que son las que se producen en la interfase soil liner/geomembrana debido a la menor resistencia al corte que se presenta en la interfase entre los dos materiales. Se consideran diversos escenarios para el análisis, incluyendo el uso de



bermas de contención y el uso de geomembrana texturada para obtener un factor de seguridad aceptable.

Luego del análisis estático se realiza un análisis pseudo estático para cada una de las secciones, considerando un evento de diseño dado (por ejemplo  $M=7.5$ ) con una aceleración sísmica máxima (por ejemplo  $0.25g$  ( $K_h$ )). Las deformaciones esperadas inducidas por el sismo son estimadas utilizando el método gráfico desarrollado por Makdisi y Seed (1978), calculando primero la aceleración necesaria para obtener un factor de seguridad igual a uno ( $K_y$ ), obteniendo luego el factor con el que se ingresa a las curvas dadas por Makdisi y Seed para determinar los desplazamientos esperados en la estructura.

## **7.2. Geometría del Talud**

La construcción de bancos en la pila permite obtener ángulos de talud general más echados y se pueden lograr fácilmente donde las pilas se construyen por capas. La geometría de las pilas puede ser por lo tanto manipulada de tal manera que el factor de seguridad de la pila pueda ser alcanzado. Típicamente taludes de 2 horizontal a 1 vertical son considerados razonables, con taludes más echados en zonas críticas.

Para la Plataforma de lixiviación dada, se ha diseñado considerando un talud general de 2.2H:1V, colocando capas de mineral de 8 m de altura con banquetas de 5 m de ancho.

## **7.3. Propiedades de los Materiales**

Para el análisis de estabilidad de taludes de las secciones críticas se consideran tipos de material como: el mineral, la interfase soil liner/geomembrana (lisa y texturada), roca meteorizada, material de relleno y arcilla blanda. De estos, la resistencia del mineral y de la interfase soil liner/geomembrana son los más importantes por la localización y el tipo de falla más crítica esperada, que es una falla en bloque a través de la interfase soil liner geomembrana.

Los parámetros de resistencia de los materiales empleados en el análisis de estabilidad son obtenidos sobre la base de ensayos de Laboratorio, criterio técnico y experiencias con materiales similares en otros proyectos. Información más detallada sobre los ensayos puede

ser encontrada en la sección de Investigación Geotécnica de este reporte. A continuación se muestra una tabla con valores empleados en el análisis de estabilidad para la Plataforma de lixiviación donde se han considerado las tres secciones críticas:

Tipo de Material	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (Tn/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\phi$ (grados)
Mineral	16.7	18.6	1.70	1.90	0	30
Roca Meteorizada	21.0	23.1	2.14	2.36	0	35
Arcilla Blanda	14.7	16.7	1.50	1.7	59	5.5
Relleno	19.7	22.7	2.01	2.31	0	33
Interfase soil liner/geomembrana Geomembrana 60 mil VFPE lisa	17.1	22.2	1.74	2.26	0	14
Interfase soil liner/geomembrana Geomembrana 60 mil VFPE texturada	17.1	22.2	1.74	2.26	0	24

Donde:

- $\gamma_d$ : Densidad seca del material
- $\gamma_s$ : Densidad húmeda del material
- C: Cohesión del material
- $\phi$ : Angulo de fricción interno del material

Los parámetros de resistencia de la interfase soil liner geomembrana son obtenidos de resultados de pruebas de corte directo realizadas en los ensayos de laboratorio para diferentes tipos de material contra geomembrana lisa y texturada. Los resultados que se obtienen en estas pruebas normalmente son consistentes con resultados obtenidos en anteriores proyectos.

#### 7.4. Resultados y Conclusiones

Bajo condiciones estáticas se considera obtener un factor de seguridad mínimo de 1.5, por ejemplo para la sección A (ver Figura 7.1), que es la sección que produciría un mayor impacto de producirse una falla (riesgo a personas, estructuras y daño al medio ambiente), y se considera un factor de seguridad de 1.3 como mínimo, por ejemplo para las secciones C y E (ver Figura 7.1) donde el impacto de una sería limitado por la topografía y otros factores existentes. Estos valores son considerados típicos y aceptados para Plataformas de Lixiviación.

Los resultados para condición estática de las 3 secciones estudiadas de la Plataforma de Lixiviación son mostrados en la siguiente tabla:

<b>Sección</b>	<b>Tipo de Falla</b>	<b>Factor de seguridad</b>	<b>Figura</b>
A	Circular	1.53	7-2
A	Bloque	1.56	7-3
C	Circular	1.41	7-4
C	Bloque	1.36	7-5
E	Circular	1.48	7-6
E	Bloque	1.44	7-7

Bajo condiciones seudo estáticas, se considera obtener un factor de seguridad mínimo de 1 para todas las secciones críticas. Si los resultados muestran que bajo eventos extremos de movimiento sísmico, los factores de seguridad son menores que 1, se procede a determinar deformaciones esperadas en dichos casos.

Los resultados para condición seudo estática de las 3 secciones estudiadas son mostrados en la siguiente tabla:

<b>Sección</b>	<b>Tipo de Falla</b>	<b>Factor de seguridad</b>
A	Bloque (sismo)	0.88
C	Bloque (sismo)	0.77
E	Bloque (sismo)	0.82

Las deformaciones esperadas inducidas por el sismo son estimadas utilizando el método gráfico desarrollado por Makdisi y Seed (1978). En la siguiente tabla se muestra las deformaciones obtenidas para las 3 secciones:

<b>Sección</b>	<b>Tipo de Falla</b>	<b>Aceleración para FOS=1 (<math>K_y</math>)</b>	<b>Aceleración máx. (<math>K_{max}</math>)</b>	<b>Deformación (cm)</b>
A	Bloque	0.185	0.250	4
C	Bloque	0.120	0.250	30
E	Bloque	0.150	0.250	12

Para este estudio particular, las deformaciones que se producirían por el evento de diseño considerado no tendrían mayor influencia en la estructura, especialmente en la integridad de la geomembrana y el soil liner. Por lo tanto la Plataforma de Lixiviación se comportaría adecuadamente tanto en condiciones estáticas como frente a un evento sísmico, asumiendo que las condiciones en campo no varían significativamente respecto a las condiciones consideradas en este análisis.

### **7.5. Elementos Empleados para Mejorar la Estabilidad**

Generalmente el modo de falla es tipo bloque a lo largo de la línea de interfaces en la base de la Plataforma. Esta es una función del bajo ángulo de fricción entre el revestimiento sintético y el suelo fino colocado debajo de él.

Comúnmente se utiliza una membrana sintética como el revestimiento impermeable bajo la Plataforma y requiere una capa de protección de suelo fino debajo de ella. Este suelo fino es generalmente diseñado para actuar como una segunda capa impermeable de existir material inadecuado.

Típicamente la membrana sintética es suave y presenta una zona de baja resistencia. Ángulos de fricción típicos varían de  $10^\circ$  y  $20^\circ$ , dependiendo de este material y la naturaleza del suelo empleado como capa de protección. El ángulo de fricción puede ser mejorado si se emplea un revestimiento sintético texturado. La textura es generada rociando material sintético sobre la lámina en un lado de la membrana o en ambos y puede mejorar la resistencia al corte de las interfaces suelo/membrana.

Cuando no es posible cambiar el talud de la Plataforma, el uso de bermas de estabilidad en el pie puede producir resultados aceptables. La construcción de las bermas puede ser difícil si no se hace con cuidado y los taludes no deben ser muy empinados.

El talud seguro de la Plataforma dependerá de la resistencia del mineral y será algo menor que el ángulo natural de reposo. Es por lo tanto normal emplear retiros para mantener un talud general de 2H:1V o menor. La falla de taludes de banco debido a saturación local o lavado serán depositadas en estos retiros o banco de seguridad. Estos bancos limitan la cantidad de material que llega hasta la base de la Plataforma y posiblemente dañe el revestimiento y las instalaciones abajo.

## **8.0 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como parte del diseño de la Plataforma de Lixiviación, se realiza un estimado de las cantidades y costos de construcción de esta estructura. Estas cantidades y costos se presentan en las Tablas 8.1, 8.2 y 8.3. Las cantidades que se muestran son estimadas sobre la base de los planos de diseño que se realizan. Los costos unitarios que se utilizan para calcular el costo de construcción de cada partida se determina basado en datos obtenidos de la compañía minera y en la experiencia que la empresa que realiza el diseño de La Plataforma de Lixiviación tiene en trabajos similares realizados en el Perú. Estos costos unitarios pueden variar, especialmente aquellos que no han sido obtenidos a través de la compañía minera, mas aun si se tiene en cuenta que los trabajos pueden ser realizados con equipo y/o personal de la mina, ya sea en forma parcial o total.

Para estimar las cantidades de cada partida para la construcción de una Plataforma de Lixiviación, que se muestran en la Tabla 8.1, se pueden considerar por ejemplo los siguientes trabajos:

- Remoción de material orgánico,
- Excavación de material inadecuado y/o arcilla blanda y reemplazo compactado,
- Excavación de fundación en suelo común,
- Excavación de fundación en roca incluyendo voladura,
- Instalación del sistema de sub-drenes,
- Relleno compactado en el fondo del valle,
- Construcción de bermas (perimetrales y de contención),
- Colocación de la capa de cobertura secundaria (soil liner),
- Suministro e Instalación de material geosintético (VFPE liso y doble texturado y HDPE liso),
- Colocación de la capa de protección,
- Suministro e Instalación de las Tuberías de Colección de solución, y
- Colocación del material de drenaje.

El cálculo que se realiza no incluye el costo de la capa de drenaje con mineral colocado por la mina sobre el sistema de drenaje de solución y de la capa de protección. Este costo se considera como un costo de operación de la plataforma.

Las cantidades y costos que se muestran son referenciales y pueden variar de acuerdo a las condiciones que se encuentren en el terreno y al método constructivo que realice el constructor.

## **9.0 REFERENCIAS**

Bureau, G., Inel, S., Davis, C., and Roth, W., 1996, Seismic Response of Los Angeles Dam, CA, During the 1994 Northridge Earthquake: Sixteenth Annual USCOLD Lecture Series, Seismic Design and Performance of Dams, USCOLD, Los Angeles, California, pp. 281-295.

Fraser, William, 1996, Seismic Source Characterization for Dam Site Analysis in California: Proceedings of the 1996 Western Regional Technical Seminar, Earthquake Engineering for Dams, Sacramento, California, April, pp. 3-17.

Frankel, A., Mueller, C., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E., Dickman, N., Hanson, S., and Hopper, M., 1996, National Seismic Hazards Maps, June 1996: Documentation, U. S. Geological Survey, Denver, Colorado, July.

Gutenberg, B, and C. Richter, 1956, Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration, Bull. Seismological Society of America, Vol. 46, No. 2 (April), pp. 105 -145.

Harder, L. F., Jr., 1991, Performance of Earth Dams During the Loma Prieta Earthquake; Proceedings, 2<sup>nd</sup> International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, Vol. 2, Paper No. LP05, pp. 1613-1629.

Makdisi, F. I. and H. B. Seed, 1977, A Simplified Procedure for Computing Maximum Crest Acceleration and Natural Period for Embankments, Report No. UBC/EERC-77/19, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Calif.

Makdisi, F. I. and H. B. Seed, 1978, Simplified Procedure for Estimating Dam and Embankment Earthquake-Induced Deformations, ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 104, No. GT7, July.

Muñoz, A. V., 1988, Seismicity of the Panama Block, I. Magnitudes and Spatial Distribution of Epicenters, Tectonophysics, 145, Elsevier Science Publishers, p. 213 - 224.



Newmark, N.M, 1965, Effects of Earthquakes on Dams and Embankments; Fifth Rankine Lecture, Geotechnique, June, pp. 139-160.

Saragoni, G.R., Crempien, J., and Araya, R., 1980, Medidas Experimentales de Movimientos Sísmicos Fuertes en Chile, (In Spanish), Procs. 3as Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile.

Youngs, R., Day, S., and Stevens, J., 1988, Near Field Ground Motions on Rock for Large Subduction Earthquakes: Earthquake Engineering and Soil Dynamics II - Recent Advances in Ground Motion Evaluation, ASCE Geotechnical Special Publication 20, p. 445-462.

IILA-UNI SENAMHI, Marzo 1983, “Estudio de la Hidrología del Perú”.

SENAMHI, 1994, “Atlas de la Evaporación en el Perú”.

Ministerio de Energía y Minas, Mayo 1995, “Guía Ambiental para Proyectos de Lixiviación en Pilas”.

Sharma Sunil, Febrero 1997, XSTABL Reference Manual Version 5, Interactive Software Designs, Inc., Moscow.

East, D.R. et al. 1986, “Optimization Technology for Leach Pad Liner Selection , in Geotechnical Aspects of Heap Leach Design” Society of Mining engineers, 86 pp., 1987.

Koerner, Robert M., 1994, “Designing with Geosynthetics”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 3rd Edition.

Knight Piésold Consultores S.A., Abril 2000, “Diseño de la Plataforma de Lixiviación N° 8A y Poza de Solución N° 10”, COMARSA.

Knight Piésold Consultores S.A., Setiembre 2000, “Diseño de la Plataforma de Lixiviación, Carachugo Etapa 8”, MYSRL.

Knight Piésold Consultores S.A., Diciembre 2000, “Diseño de la Plataforma de Lixiviación, Yanacocha Etapa 3”, MYSRL.

Knight Piésold Consultores S.A., Julio 2001, “Diseño de la Plataforma de Lixiviación, Yanacocha Etapa 4/4A”, MYSRL.

WD Liam Finn, ICOLD, 1996, Seismic Design and Evaluation of Tailing Dams: State of the Art Symposium on Seismic and Environmental Aspects of Dams Design, Volume 1, Santiago de Chile, pp.2-34

ICOLD, 1995, Tailings Dams and Seismicity Review and Recommendations., Bulletin 98, Paris.

# TABLAS

TABLA 2.1

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

<b><i>Knight Piésold</i></b> CONSULTING		<b>ENSAYOS SPT PARA SUELOS NO COHESIVOS</b>					Sondaje No. KP99-1 Hoja 1 de 1	
Proyecto	Plataforma de Lixiviación	Ubicación	Aguas Abajo					
Número	2000	Coordenadas	Norte	9103961.06				
Fecha Inicio	24/08/99		Este	828534.04				
Fecha Término	26/08/99	Elevación Terreno		3500.515m				
Registrado Por	O.A.	Profundidad Nivel Freático (m)		2.75m				
Contratista		Fecha Medición Nivel Freático		26/08/99				
<b><u>PARAMETROS</u></b>			<b><u>CALCULOS DEL SPT CORREGIDO</u></b>			<b>SPT vs. Profundidad</b>		
Densidad Húmeda =	2132 kg/m <sup>3</sup>	1. Factor de Energía por el Método de Levantar del Martillo =			100%			
Densidad Seca =	2132 kg/m <sup>3</sup>	Martillo de Seguridad (100%) o Donut (75%)						
Profundidad Nivel Freático =	2.75 m	2. Razón del Muestradora Martillo, Rc =			7.67E-06			
Peso del Martillo =	140 lbs	Razón del Muestradora Martillo Estándar, Rc* =			8.95E-06			
Altura de Caída del Martillo =	760 mm							
Diámetro Exterior del Muestrador Split Spoon =	50.8 mm							
Diámetro Interior del Muestrador Split Spoon =	38.1 mm							
NUMERO CORRECCION		1	2	COEFICIENTE	GOLPES CORREGIDOS	DENSIDAD RELETIVA	DESCRIPCION	DENSIDAD
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	GOLPES MEDIDOS EN TERRENO	METODO CORRECCION	EQUIPO NO ESTANDAR	CORRECCION DE PRESION EFECTIVA	ESTANDAR TERZAGHI	QUE CORRESPONDE AL	DEL SUELO Y COMENTARIOS	RELATIVA DEL SULEO
(pie)	N	N <sub>1(60)</sub>	N <sub>1(60)S</sub>	C N	N <sub>1(60)S</sub>	N <sub>1(60)S</sub>		
(m)	(golpes/pie)	(golpes/pie)	(golpes/pie)		(@ 100 kPa)	(kPa)		
	7	7	8	1.19	9	33	Arena	Pobre
3.15	8	8	9	0.83	7	36	Arcilla	Media Densa
13.10	11	11	12	0.73	9	40	Arcilla	Media Densa
18.00	36	36	40	0.66	26	83	Arcilla/Arena	Densa
22.55	76	76	84	0.66	56	90	Arenisca	Muy Densa
24.55								

TABLA 2.1 (Cont.)

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

<b><i>Knight Piésold</i></b> CONSULTING		<b>ENSAYOS SPT PARA SUELOS NO COHESIVOS</b>						Sondaje No. Hoja	KP99-2 1 de 1
Proyecto	Plataforma de Lixiviación			Ubicación	Aguas Abajo				
Número	2000			Coordenadas	Norte	9103782.6			
Fecha Inicio	27/08/99				Este	828514.94			
Fecha Término	27/08/99			Elevación Terreno	3502.091m				
Registrado Por	O.A.			Profundidad Nivel Freático (m)	-				
Contratista				Fecha Medición Nivel Freático	-				
<b><u>PARAMETROS</u></b>				<b><u>CALCULOS DEL SPT CORREGIDO</u></b>				<b>SPT vs. Profundidad</b>	
Densidad Húmeda =		2132 kg/m3		1. Factor de Energía por el Método de Leventar del Martillo =		100%			
Densidad Seca =		2132 kg/m3		Martillo de Seguridad (100%) o Donut (75%)					
Profundidad Nivel Freático =		- m		2. Razón del Muestradora Martillo, Rc =		7.67E-06			
Peso del Martillo =		140 lbs		Razón del Muestradora Martillo Estándar, Rc* =		8.95E-06			
Altura de Caída del Martillo =		760 mm							
Diámetro Exterior del Muestrador Split Spoon =		50.8 mm							
Diámetro Interior del Muestrador Split Spoon =		38.1 mm							
NUMERO CORRECCION		1	2	COEFICIENTE CORRECCION DE PRESION EFECTIVA C N	GOLPES CORREGIDOS ESTANDAR TERZAGHI N <sub>1(60)S</sub> (@ 100 kPa) (golpes/pie)	DENSIDAD RELETIVA QUE CORRESPONDE AL N <sub>1(60)S</sub> (kPa)	DESCRIPCION DEL SUELO Y COMENTARIOS	DENSIDAD RELATIVA DEL SULEO	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (pie)	GOLPES MEDIDOS EN TERRENO N (golpes/pie)	METODO CORRECCION N <sub>1(60)S</sub> (golpes/pie)	EQUIPO NO ESTANDAR N <sub>1(60)S</sub> (golpes/pie)						
	2.25	9	9	1.32	13	40	Limo/Arenisca	Media Densa	
	4.15	67	67	1.07	80	90	Arenisca	Muy Densa	
	5.65	43	43	0.98	47	86	Arenisca	Muy Densa	
Pen 12cm	7.60	60	60	0.87	58	90	Arenisca	Muy Densa	

TABLA 2.1 (Cont.)

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

<b><i>Knight Piésold</i></b> CONSULTING		<b>ENSAYOS SPT PARA SUELOS NO COHESIVOS</b>						Sondaje No. KP99-3 Hoja 1 de 1
Proyecto	Plataforma de Lixiviación			Ubicación	Eje			
Número	2000			Coordenadas	Norte	9103604.47		
Fecha Inicio	27/08/99				Este	828508.62		
Fecha Término	27/08/99			Elevación Terreno	3509.106			
Registrado Por	O.A.			Profundidad Nivel Freático (m)	-			
Contratista				Fecha Medición Nivel Freático	-			
<b><u>PARAMETROS</u></b>				<b><u>CALCULOS DEL SPT CORREGIDO</u></b>				<b>SPT vs. Profundidad</b>
Densidad Húmeda =		2132 kg/m3		1. Factor de Energía por el Método de Levantar del Martillo =		100%		
Densidad Seca =		2132 kg/m3		Martillo de Seguridad (100%) o Donut (75%)				
Profundidad Nivel Freático =		- m		2. Razón del Muestradora Martillo, Rc =		7.67E-06		
Peso del Martillo =		140 lbs		Razón del Muestradora Martillo Estándar, Rc* =		8.95E-06		
Altura de Caída del Martillo =		760 mm						
Diámetro Exterior del Muestrador Split Spoon =		50.8 mm						
Diámetro Interior del Muestrador Split Spoon =		38.1 mm						
NUMERO CORRECCION		1	2	COEFICIENTE CORRECCION DE PRESION EFECTIVA C N	GOLPES CORREGIDOS ESTANDAR TERZAGHI N <sub>1(60)S</sub> (@ 100 kPa) (golpes/pie)	DENSIDAD RELETIVA QUE CORRESPONDE AL N <sub>1(60)S</sub> (kPa)	DESCRIPCION DEL SUELO Y COMENTARIOS	DENSIDAD RELATIVA DEL SULEO
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (pie)	GOLPES MEDIDOS EN TERRENO N (golpes/pie)	METODO CORRECCION N <sub>1(60)</sub> (golpes/pie)	EQUIPO NO ESTANDAR N <sub>1(60)S</sub> (golpes/pie)					
	4.30	11	11	1.07	13	40	Arenisca	Media Densa
	5.15	41	41	1.00	46	86	Arenisca	Muy Densa
	6.15	45	45	0.95	48	90	Arenisca	Muy Densa
	7.65	20	20	0.87	19	57	Arenisca	Media Densa

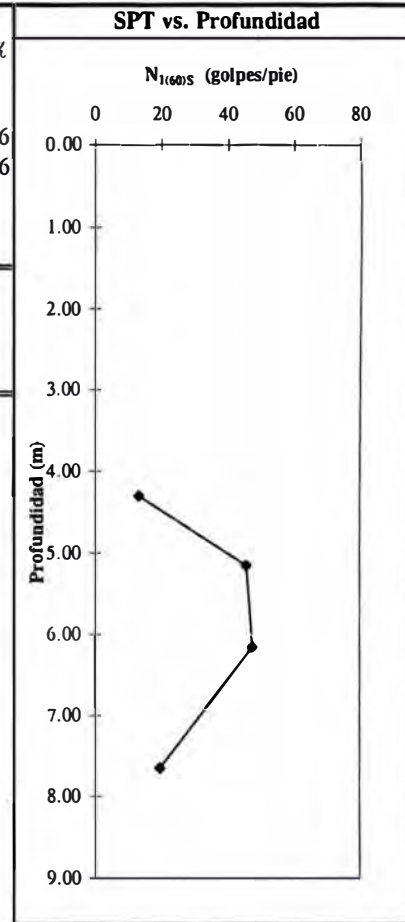


TABLA 2.1 (Cont.)

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

<b><i>Knight Piésold</i></b> CONSULTING		<b>ENSAYOS SPT PARA SUELOS NO COHESIVOS</b>					Sondaje No. KP99-4 Hoja 1 de 1	
Proyecto	Plataforma de Lixiviación			Ubicación	Aguas Arriba			
Número	2000			Coordenadas	Norte	9103395.59		
Fecha Inicio	20/08/99				Este	828512.00		
Fecha Término	21/08/99			Elevación Terreno	3514.828			
Registrado Por	O.A.			Profundidad Nivel Freático (m)	-			
Contratista				Fecha Medición Nivel Freático	-			
<b><u>PARAMETROS</u></b>				<b><u>CALCULOS DEL SPT CORREGIDO</u></b>			<b>SPT vs. Profundidad</b>	
Densidad Húmeda =		2132 kg/m3		1. Factor de Energía por el Método de Levantar del Martillo =		100%		
Densidad Seca =		2132 kg/m3		Martillo de Seguridad (100%) o Donut (75%)				
Profundidad Nivel Freático =		- m		2. Razón del Muestradora Martillo, Rc =		7.67E-06		
Peso del Martillo =		140 lbs		Razón del Muestradora Martillo Estándar, Rc* =		8.95E-06		
Altura de Caída del Martillo =		760 mm						
Diámetro Exterior del Muestrador Split Spoon =		50.8 mm						
Diámetro Interior del Muestrador Split Spoon =		38.1 mm						
NUMERO CORRECCION		1	2	COEFICIENTE	GOLPES CORREGIDOS	DENSIDAD RELETIVA	DESCRIPCION	DENSIDAD
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	GOLPES MEDIDOS EN TERRENO	METODO CORRECCION	EQUIPO NO ESTANDAR	CORRECCION DE PRESION EFECTIVA	ESTANDAR TERZAGHI	QUE CORRESPONDE AL	DEL SUELO Y COMENTARIOS	RELATIVA DEL SULEO
(pie)	(m)	N (golpes/pie)	N <sub>1(60)</sub> (golpes/pie)	N <sub>1(60)S</sub> (golpes/pie)	C N	N <sub>1(60)S</sub> (@ 100 kPa) (golpes/pie)	N <sub>1(60)S</sub> (kPa)	
	3.30	49	49	54	1.19	65	90	Arquilla Muy Densa

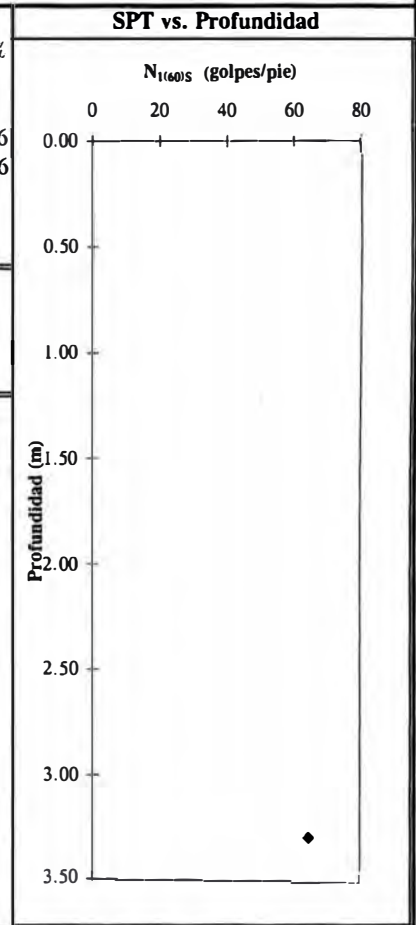
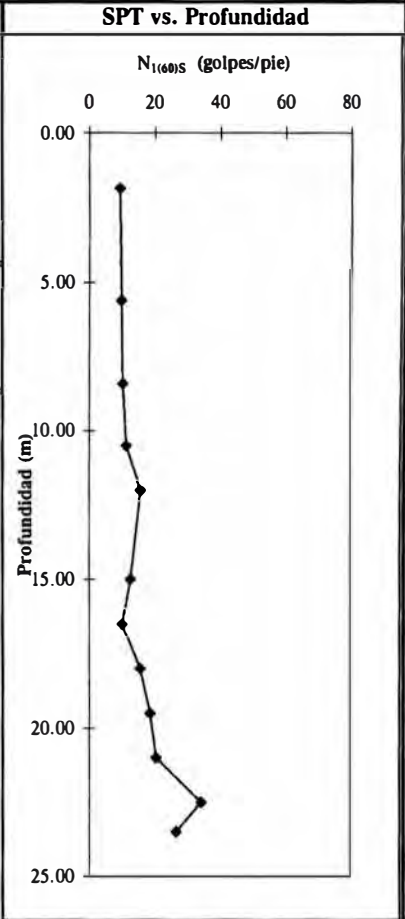


TABLA 2.1 (Cont.)

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

<b><i>Knight Piésold</i></b> CONSULTING		<b>ENSAYOS SPT PARA SUELOS NO COHESIVOS</b>						Sondaje No. KP99-5 Hoja 1 de 1
Proyecto	Plataforma de Lixiviación	Ubicación	Aguas Arriba					
Número	2000	Coordenadas	Norte	9103775.53				
Fecha Inicio	28/08/99		Este	828364.458				
Fecha Término	29/08/99	Elevación Terreno	3516.411					
Registrado Por	O.A.	Profundidad Nivel Freático (m)	-					
Contratista		Fecha Medición Nivel Freático	-					
<b><u>PARAMETROS</u></b>				<b><u>CALCULOS DEL SPT CORREGIDO</u></b>				<b>SPT vs. Profundidad</b>
Densidad Húmeda =		2132 kg/m3		1. Factor de Energía por el Método de Levantar del Martillo =		100%		
Densidad Seca =		2132 kg/m3		Martillo de Seguridad (100%) o Donut (75%)				
Profundidad Nivel Freático =		- m		2. Razón del Muestradora Martillo, Rc =		7.67E-06		
Peso del Martillo =		140 lbs		Razón del Muestradora Martillo Estándar, Rc* =		8.95E-06		
Altura de Caída del Martillo =		760 mm						
Diámetro Exterior del Muestrador Split Spoon =		50.8 mm						
Diámetro Interior del Muestrador Split Spoon =		38.1 mm						
NUMERO CORRECCION		1	2	COEFICIENTE CORRECCION DE PRESION EFECTIVA C N	GOLPES CORREGIDOS ESTANDAR TERZAGHI N <sub>1(60)S</sub> (@ 100 kPa) (golpes/pie)	DENSIDAD RELETIVA QUE CORRESPONDE AL N <sub>1(60)S</sub> (kPa)	DESCRIPCION DEL SUELO Y COMENTARIOS	DENSIDAD RELATIVA DEL SULEO
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	GOLPES MEDIDOS EN TERRENO N (golpes/pie)	METODO CORRECCION N <sub>1(60)</sub> (golpes/pie)	EQUIPO NO ESTANDAR N <sub>1(60)S</sub> (golpes/pie)					
(pie)	(m)							
	1.85	6	6	1.39	9	30	Arcilla	Pobre
	5.60	9	9	0.98	10	40	Arcilla	Media Densa
	8.40	11	11	0.83	10	40	Arcilla	Media Densa
	10.50	13	13	0.78	11	40	Limo	Media Densa
	12.00	20	20	0.71	16	57	Arcilla	Media Densa
	15.00	18	18	0.63	13	57	Arcilla/Turba	Media Densa
	16.50	15	15	0.61	10	47	Turba/Arcilla	Media Densa
	18.00	25	25	0.56	16	63	Arcilla	Media Densa
	19.50	31	31	0.54	19	76	Arena	Densa
	21.00	36	36	0.51	20	83	Arena	Densa
Pen 21 cm	22.50	63	63	0.49	34	90	Grava	Muy Densa
Pen 12cm	23.50	50	50	0.48	27	90	Arenisca	Muy Densa





**TABLA 2.2**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE VELETA DE CORTE**

**Assumpciones:**

	<u>Grande</u>	<u>Chica</u>
Diámetro de la veleta (cm) =	8.5	6.7
Altura total de la veleta (cm) =	22.0	16.0
Altura del lado de la veleta (cm) =	16.0	11.5
Larga de la inclinación de la veleta (cm)=	5.0	3.0
Area Superficial de la veleta (cm2) =	2339	924
Tamaño de la veleta =	Hexagonal	Hexagonal
Diámetro de la barra (cm) =	2.1	2.1

No. del Sondaje	No. del Ensayo	Profundidad			Tamaño de la Veleta	Area Superficial de la Veleta (cm <sup>3</sup> )	Torque Medido						Fuerza de Corte		
		del Pozo (m)	de la Veleta (m)	de la Barra (m)			Máximo		Residual		Remoldado		Máximo (kPa)	Residual (kPa)	Remoldado (kPa)
							(lbs pie)	(kg cm)	(lbs pie)	(kg cm)	(lbs pie)	(kg cm)			
KP99-1	1	2.00	2.60	0.38	Grande	2603	200	2765	8	111	0	0	104	4	---
	2	4.15	4.75	0.44	Chica	1229	14	194	11	152	1	14	15	12	1
	3	7.65	8.40	0.59	Chica	1333	84	1161	49	677	34	470	85	50	35
	4	8.60	9.35	0.59	Chica	1333	127	1749	124	1714	70	968	129	126	71
	5	11.65	12.40	0.59	Chica	1333	23	318	1	14	1	14	23	1	1
	6	16.05	16.80	0.59	Chica	1333	33	456	9	124	1	14	34	9	1
	7	19.45	20.20	0.59	Chica	1333	145	2005	---	---	47	650	148	---	48
	8	21.15	21.75	0.44	Chica	1229	80	1106	---	---	2	28	88	---	2
KP99-2	1	1.15	1.90	0.59	Chica	1333	18	249	---	---	0	0	18	---	0
	2	2.15	2.75	0.44	Chica	1229	4	55	---	---	1	14	4	---	1
KP99-3	1	1.20	1.95	0.59	Chica	1333	6	83	---	---	0	0	6	---	0
KP99-5	1	1.05	1.80	0.59	Chica	1333	0	0	0	0	0	0	0	0	---
	2	2.65	3.40	0.59	Chica	1333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	4.50	5.25	0.59	Chica	1333	4	55	---	---	3	41	4	---	3
	4	7.05	7.70	0.49	Chica	1263	11	152	---	---	0	0	12	---	0
	5	9.00	9.55	0.39	Chica	1194	12	166	---	---	1	7	14	---	1
	6	13.45	14.00	0.39	Chica	1194	17	235	---	---	0	0	19	---	0

**Notas:**

1. Los ensayos que no pudieron ser medido están indicado por "---".
2. No había ensayos hechos en sondaje KP99-4 por qué había solamente 3 metros de arcilla sobre la roca.

TABLA 2.3

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

Muestra	Profundidad	Análisis Granulométrico					Límites de Atterberg		Contenido Natural Humedad (%)	Compactación de Laboratorio		Gravedad Específica Gs		Clasificación (SUCS)	Descripción del suelo
		Bolones > 3" (%)	Grava < 3" (%)	Arena #4 (%)	Limo #200 (%)	Arcilla (%)	LL (%)	IP (%)		Peso Específico seco (Kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Gravas > #4	Finos < #4		
Identificación	(m)														
KP99-1 M-2	14.60 - 15.30	0.0	0.6	2.8	96.6	55	21	35.6			2.81		MH		
KP99-3	2.85 - 3.55	0.0	23.4	54.7	21.9	NP	-						SM		
C99-1 M-1	1.50 - 2.00	0.0	0.0	48.1	51.9	24	9						CL		
C99-1 M-2	3.00 - 3.50	0.0	0.0	54.8	45.2	28	11						SC		
C99-4 M-1	2.00 - 3.00	0.0	0.0	48.1	51.9	25	10		1900 (1)	14.1 (1)			CL		
C99-4 M-2	2.50	0.0	0.0	50.6	49.4	25	10	17.5			2.67		SC		
C99-13 M-1	1.00 - 2.00	0.0	0.1	27.3	72.6	31	13						CL		
C99-13 M-2	3.00 - 4.00	0.0	0.0	9.6	90.4	46	13						ML		
C99-21	2.00 - 3.00	0.0	40.9	39.6	19.5	27	10						GC		
C99-22	2.80 - 3.00	0.0	0.5	38.2	61.3	29	12						CL		
C99-23	3.00	0.0	9.3	39.2	51.5	32	16	12.5			2.65		CL		
COM-1 M-1	2.50 - 4.60	0.0	0.0	65.2	34.8	20	4						SC-SM		
COM-1 M-2	4.60 - 5.80	0.0	0.0	2.1	97.9	80	45						CH		
COM-2	3.60 - 5.00	0.0	6.2	63.4	30.4	17	2						SM		
COM-3 M-1	1.50	0.0	0.0	36.2	63.8	31	12						CL		
COM-3 M-2	3.50	0.0	0.0	44.2	55.8	25	10						CL		
COM-5 M-1	4.00	0.0	2.3	72.5	25.2	19	5						SC-SM		
COM-5A	2.00 - 4.30	0.0	0.0	41.6	58.4	25	6						ML-CL		
COM-6	1.70 - 3.80	0.0	39.5	34.5	26.0	28	10						GC		
COM-10	3.25 - 5.80	0.0	15.5	43.2	41.3	23	7						SC-SM		
COM-11	1.00 - 2.00	0.0	0.0	68.5	31.5	14	2						SM		
C99-5	3.00	0.0	26.8	42.6	30.6	29	15				2.80		SC	Weathered Sandstone from west side of valley	
KP99-5	3.80-4.50	0.0	0.0	39.4	60.6	27	10				2.68		CL	Red Silt from west side of valley	
KP99-1	5.46-6.15	0.0	1.6	66.7	31.7	24	9				2.77		SC	Lauustrine clay/silt lago antiguo	

Notas:

1. Ensayo de compactacion Typo Harvard

**TABLA 2.4**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS TRIAXIALES Y DE CORTE DIRECTO**

**TRIAxIAL**

Muestra	Datos Iniciales		Datos Consolidados		Densidad Seca (kg/m3)	Stress				Notas
	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)		Total		Efectivo		
						Angulo $\phi$ (deg)	C kPa	Angulo $\phi$ (deg)	C kPa	
C99-5 (3.00m)	2180	13.62	2230	16.15	1920	21	50	33	10	Weathered sandstone from west side of valley
KP99-5 (3.80m-4.50m)	2080	19.86	2080	19.22	1740	11	107	29	35	Red silt from west side of valley
KP99-1 (5.45-6.15m)	1840	22.05	1820	20.97	1551	12	80	20	59	Laucustrine clay/silt lago antiguo

**CORTE DIRECTO**

Muestra	Datos Iniciales		Datos Consolidados		Densidad Seca (kg/m3)	Stress				Notas
	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)		Total		Efectivo		
						Angulo $\phi$ (deg)	C kPa	Angulo $\phi$ (deg)	C kPa	
KP99-1 M-2 (14.60-15.30m)	1910	35.6	1890	34.7	1400			5.5	75.6	
C99-4 M-2 (2.50m)	2130	17.5	2110	16.3	1810			37.5	41.2	
C99-23 (3.0m)	2000	12.5	2000	12.3	1800			30.5	94.1	

TABLA 2.5

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

Muestra	Profundidad	Análisis Granulométrico					Límites de Atterberg		Contenido Natural Humedad	Compactación de Laboratorio		Gravedad Específica		Clasificación (SUCS)	Descripción del suelo
		Bolones > 3"	Grava < 3"	Arena #4	Limo #200	Arcilla	LL (%)	IP (%)		Peso Específico seco (kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Gravas > #4	Finos < #4		
Identificación	(m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg/m3)	(%)	> #4	< #4		
Curva del Diablo Spent Leach Ore Overliner	-	0.0	46.3	46.3	6.7	0.7	NP	-	2.0	2132	6.20	2.70	2.71	GP-GM	GRAVA pobremente graduada con arena y limo
Spent Leach Ore	-	3.4	68.2	24.2	3.8	0.4	NP	-	5.1	-	-	2.70	-	GP	GRAVA pobremente graduada con arena y limo
Overliner	-	0.0	64.9	32.3	2.4	0.4	NP	-	0.2	-	-	2.66	-	GP	GRAVA pobremente graduada con arena
Weathered Sandstone	-	0.0	16.4	54.5	29.1		NP	-	4.8	2130	7.50	2.72	-	SM	ARENA con limo y grava
Mixed Sample	-	0.0	0.3	50.2	49.5		24	12	14.4	2037	11.60	2.72	-	SC	ARENA con arcilla
Tajo	-	9.1	68.8	17.0	5.1		NP	-	0.4	-	-	-	-	GP-GM	GRAVA pobremente graduada con arena y limo

**TABLA 2.6**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN  
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD  
Y DE INTERFASE**

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**

Muestra	Datos Iniciales		Datos Consolidados		Densidad Seca (kg/m3)	Coeficiente de Permeabilidad k(cm/s)	Notas
	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)			
Tajo (1)	1443	8				1.1 x10-1	Drainage Layer
Mixed Subgrade (2)	2159	11.8	2239	14.4	1930	1.2 X10-7	Red Clay
Weathered Sandstone (2)	2186	8.8	2285	11.8	2010	2.3 x10-5	Sample from C99-7

**ENSAYOS DE INTERFASE**

Muestra	Datos Iniciales		Datos Consolidados		Densidad Seca (kg/m3)	Angulo de Corte $\phi$	Notas
	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)	Densidad Seca (kg/m3)	Contenido de humedad (%)			
Mixed Subgrade vs 60 mil Smooth VFPE vs Screened Tajo Tentadora	1443	8				15	Para desplazamientos de 40mm and 50mm
Mixed Subgrade vs 60 mil Textured VFPE vs Screened Tajo Tentadora	2159	11.8	2239	14.4	1930	24	Para desplazamiento de 30mm
Weathered Sandstone vs 60 mil Smooth VFPE vs Screened Tajo Tentadora	2186	8.8	2285	11.8	2010	29	Para desplazamiento de 25mm

Notas:

1. Constant Head Permeability Test
2. Flexible Wall Permeability Test

**TABLA 4.1****PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN****CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>		<b>Elevación</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Período</b>
	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>			
Mollepata	08° 11'	77° 58'	2758	Precipitación mensual Precipitación máxima en 24 horas	1964-1998
Santiago de Chuco	08° 08'	78° 10'	3129	Precipitación mensual Precipitación máxima en 24 horas Evaporación mensual	1964-1981
Mina Quiruvilca	08° 02'	78° 18'	3950	Precipitación mensual Precipitación máxima en 24 horas	1954-1996

**TABLA 4.2**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**  
**EVAPORACIÓN MENSUAL DE LA COMPAÑÍA MINERA**

<b>Mes</b>	<b>Evaporación Estimada en Quiruvilca (KC-SVS)</b>	<b>Evaporación en Santiago de Chuco</b>	<b>Evaporación (Atlas de la Evap del Perú)</b>
	(mm)	(mm)	(mm)
Enero	56.14	82	100
Febrero	51.54	58	75
Marzo	55.54	39	75
Abril		76	75
Mayo	69.54	119	100
Junio	78.52	134	100
Julio	86.48	178	100
Agosto	97.74	155	125
Setiembre	80.71	135	125
Octubre	66.28	109	125
Noviembre	64.33	117	100
Diciembre	66.22	94	100
<b>Total Anual</b>	<b>773</b>	<b>1295</b>	<b>1200</b>

Nota:

Estos valores no han sido ajustados por ningun factor de conversión

**TABLA 4.3**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DE LA COMPAÑÍA MINERA**

<b>Estación</b>	<b>Elevación</b>	<b>Precipitación Promedio Anual</b>	<b>Precipitación Corregida (X1.13)</b>
Mollepata	2758	467.7	529
Stgo. Chuco	3129	569.4	643
Quiruvilca	3950	1412.0	1596
Com. Minera (*)	3500	1000.0	1130

Nota:

(\*) Se utilizó la relación Precipitación Media Anual vs. Elevación para la obtención de estos resultados



**TABLA 4.4****PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN****PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS**

<b>Estación</b>	<b>Elevación</b>	<b>Período de Retorno</b>			
		<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
Mollepata	2758	60	66	71	79
Stgo. Chuco	3129	58	64	69	76
Quiruvilca	3950	62	66	71	76
Com. Minera (*)	3500	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>77</b>

Nota:

(\*) Se utilizó un promedio simple de las estaciones regionales para la obtención de estos resultados

TABLA 4.5

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA PARA UN T=100 AÑOS

T (Período de Retorno) = 100 años

DISTRIBUCION ADOPTADA : SCS TIPO II

CN (Número de Curva)

79 [Suelo tipo B con pastos pequeños y ralos]

Precipitación Máxima Diaria (mm)

65.43 mm

S = 25400/CN -254

$E = (P-0.2*S)^2 / (P+0.8*S)$

Tiempo (horas)	Tiempo Adimensional	Precip.Acum. Adimensional	Precip. Acum. (mm)	Precip. Parcial (mm)	Intensidad (mm/h)	S (mm)	E (mm)	Escoorrentía Parcial mm	I <sub>max</sub> (mm/hr)
0	0.000	0.000	0.000						
1	0.042	0.011	0.720	0.720	0.720	67.5	2.986		
2	0.083	0.023	1.505	0.785	0.785	67.5	2.593	-0.393	
3	0.125	0.035	2.290	0.785	0.785	67.5	2.233	-0.360	
4	0.167	0.048	3.141	0.851	0.851	67.5	1.879	-0.354	
5	0.208	0.064	4.188	1.047	1.047	67.5	1.491	-0.388	
6	0.250	0.080	5.234	1.047	1.047	67.5	1.154	-0.337	
7	0.292	0.100	6.543	1.309	1.309	67.5	0.800	-0.354	
8	0.333	0.120	7.852	1.309	1.309	67.5	0.516	-0.284	
9	0.375	0.147	9.618	1.767	1.767	67.5	0.237	-0.279	
10	0.417	0.181	11.843	2.225	2.225	67.5	0.042	-0.195	
11	0.458	0.236	15.441	3.599	3.599	67.5	0.054	<b>0.012</b>	
12	0.500	0.663	43.380	27.939	<b>27.939</b>	67.5	9.165	<b>9.111</b>	<b>9.111</b>
13	0.542	0.776	50.774	7.394	7.394	67.5	13.256	<b>4.091</b>	
14	0.583	0.825	53.980	3.206	3.206	67.5	15.170	<b>1.915</b>	
15	0.625	0.856	56.008	2.028	2.028	67.5	16.420	<b>1.250</b>	
16	0.667	0.881	57.644	1.636	1.636	67.5	17.449	<b>1.029</b>	
17	0.708	0.903	59.083	1.439	1.439	67.5	18.369	<b>0.920</b>	
18	0.750	0.921	60.228	1.145	1.145	67.5	19.110	<b>0.741</b>	
19	0.792	0.938	61.373	1.145	1.145	67.5	19.859	<b>0.749</b>	
20	0.833	0.953	62.355	0.981	0.981	67.5	20.507	<b>0.648</b>	
21	0.875	0.965	63.140	0.785	0.785	67.5	21.030	<b>0.523</b>	
22	0.917	0.977	63.925	0.785	0.785	67.5	21.556	<b>0.526</b>	
23	0.958	0.989	64.710	0.785	0.785	67.5	22.085	<b>0.530</b>	
24	1.000	1.000	65.430	0.720	-0.030	67.5	22.574	<b>0.488</b>	

TABLA 4.6

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA PARA UN T=100 AÑOS

T (Período de Retorno) = 100 años

DISTRIBUCION ADOPTADA : SCS TIPO II

CN (Cond.extremas de humedad en los 5 días anteriores)

Precipitación Máxima Diaria (mm)

S = 25400/CN -254

$E = (P-0.2*S)^2 / (P+0.8*S)$

91 [Suelo tipo B con pastos pequeños y ralos]

65.43 mm

Tiempo (horas)	Tiempo Adimensional	Precip.Acum. Adimensional	Precip. Acum. (mm)	Precip. Parcial (mm)	Intensidad (mm/h)	S (mm)	E (mm)	Escorrentía Parcial mm	I <sub>max</sub> (mm/hr)
0	0.000	0.000	0.000						
1	0.042	0.011	0.720	0.720	0.720	25.1	0.890		
2	0.083	0.023	1.505	0.785	0.785	25.1	0.573	-0.317	
3	0.125	0.035	2.290	0.785	0.785	25.1	0.334	-0.239	
4	0.167	0.048	3.141	0.851	0.851	25.1	0.153	-0.181	
5	0.208	0.064	4.188	1.047	1.047	25.1	0.029	-0.124	
6	0.250	0.080	5.234	1.047	1.047	25.1	0.002	-0.027	
7	0.292	0.100	6.543	1.309	1.309	25.1	0.087	0.085	
8	0.333	0.120	7.852	1.309	1.309	25.1	0.286	0.199	
9	0.375	0.147	9.618	1.767	1.767	25.1	0.710	0.424	
10	0.417	0.181	11.843	2.225	2.225	25.1	1.456	0.745	
11	0.458	0.236	15.441	3.599	3.599	25.1	3.054	<b>1.598</b>	
12	0.500	0.663	43.380	27.939	<b>27.939</b>	25.1	23.177	<b>20.123</b>	<b>20.1</b>
13	0.542	0.776	50.774	7.394	7.394	25.1	29.533	<b>6.356</b>	
14	0.583	0.825	53.980	3.206	3.206	25.1	32.354	<b>2.821</b>	
15	0.625	0.856	56.008	2.028	2.028	25.1	34.155	<b>1.801</b>	
16	0.667	0.881	57.644	1.636	1.636	25.1	35.616	<b>1.461</b>	
17	0.708	0.903	59.083	1.439	1.439	25.1	36.908	<b>1.292</b>	
18	0.750	0.921	60.228	1.145	1.145	25.1	37.940	<b>1.031</b>	
19	0.792	0.938	61.373	1.145	1.145	25.1	38.974	<b>1.035</b>	
20	0.833	0.953	62.355	0.981	0.981	25.1	39.863	<b>0.889</b>	
21	0.875	0.965	63.140	0.785	0.785	25.1	40.576	<b>0.713</b>	
22	0.917	0.977	63.925	0.785	0.785	25.1	41.291	<b>0.714</b>	
23	0.958	0.989	64.710	0.785	0.785	25.1	42.006	<b>0.716</b>	
24	1.000	1.000	65.430	0.720	0.720	25.1	42.663	<b>0.657</b>	

**TABLA 4.7**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**  
**INFORMACIÓN BASE PARA EL BALANCE DE AGUAS**

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>
Area superficial total (m <sup>2</sup> )	220,000
Tasa de aplicación de solución del mineral (lt/hr/m <sup>2</sup> )	6
Area Max a regar (m <sup>2</sup> )	90,000
Humedad inicial (%)	3.8
Humedad durante la lixiviación (%)	8.0
Humedad durante el "draindown" (%)	5.0
Producción del mineral (tpd)	12,000

**TABLA 4.8**

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO PARA TUBERÍAS Y CANALES DE TRANSPORTE DE SOLUCIÓN**

	<b>Vol (mensual)</b>	<b>Vol (diario)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
Volumen requerido para regar 90000 m <sup>2</sup>	401,760	13,392	0.155
Volumen máximo de salida	456,184	15,206	<b>0.176</b>
Volumen de una de tormenta de 24 horas de 1:500 años ( 77 mm)		16,940	0.196
* Volumen Máximo de la tormenta en 1 hora (32.9 mm)		7,238	2.011
* Volumen Máximo de la tormenta en 6 horas (54.6 mm)		12,012	<b>0.556</b>
* Volumen Máximo de la tormenta en 12 horas (64.7 mm)		14,234	0.329

<b>Condición</b>	<b>Estructura</b>	<b>Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
Tormenta	Canal de Salida de la Poza de Distribución de Solución hacia la Poza A	0.556
Normal	Tuberías de Salida de la Poza de Distribución a las pozas B y C	0.176

**TABLA 4.9****PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN****GEOMETRÍA DE LAS TUBERÍAS Y CANAL DE TRANSPORTE DE SOLUCIÓN**

<b>Estructura</b>	<b>Base</b>	<b>Altura</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Talud</b>	<b>Cantidad</b>
Canal de Salida de la Poza de Distribución de Solución hacia la Poza A	2.5	0.5		2:1=H:V	1
Tuberías de Salida de la Poza de Distribución a las pozas B y C			10"		4

**TABLA 5.1**

**PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**CRITERIO DE DISEÑO - GENERAL**

<b>1.0 GENERAL</b>		
<b>Item</b>	<b>Criterio del Diseño</b>	<b>Referencia</b>
Coordenadas del Sitio	9,103,100 N a 9,104,300 N y 828,200 E a 829,100 E	Compañía minera
Elevación del Sitio	3500 a 3615m	KP
Clima	Precipitación media anual =1130mm; Evaporación media anual = 1200mm	KP
Levantamiento Topográfico	Información topográfica proporcionada por subcontrata de Topografía	Sub-Contrata
Vida Operacional de Diseño	Mínimo de 6,6 millones de toneladas para la primera Fase	Compañía minera
Información de Producción de Mineral	12.000 toneladas métricas por día (tasa 1999)	Compañía minera
<i>Area Aportante</i> Área Rango de Elevación	5.5km <sup>2</sup> 3500 a 3615m	KP
Precipitación de Diseño	Capacidad suficiente para desviar la precipitación de 1 en 500-Años (después operaciones).	KP
<i>Sismos de Diseño</i> Durante las Operaciones y después del Cierre	10% de probabilidad de excedencia en 10 y 20 años de vida de diseño. Aceleración de diseño horizontal, de campo libre, del terreno = 0.20g (Evento de Ms=7.2 en 10 años) Aceleración de diseño horizontal, de campo libre, del terreno = 0.25g (Evento de Ms=7.5. en 20 años)	KP
Análisis de Estabilidad	Estático (normal) y deformación sísmico (pseudostático)	KP
Datos Hidrológicos	Precipitación de diseño asociada a la crecida de 24-Horas y 1:100 Años = 65 mm Precipitación de diseño asociada a la crecida de 24-Horas y 1:500 Años = 77 mm 1 Hora de precipitación máxima (periodo 1en 100 años) = 27-9 mm 1 Hora de precipitación máxima (periodo 1en 500 años) = 32-9 mm	KP

**TABLA 5.2**

**PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**CRITERIO DE DISEÑO – PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

<b>2.0 PROPIEDADES DE LA PLATAFORMA</b>		
<b>Item</b>	<b>Criterio del Diseño</b>	<b>Referencia</b>
Función	Colocación de mineral sobre la vida del diseño; drenaje controlado de solución	KP
Tipo de Plataforma	Plataforma de cargado permanente; relleno de valle	KP
Métodos de Construcción de la Plataforma	Relleno importado y compactado; geomembrana capa de protección; capa de drenaje; sistema de tuberías de colección de solución	KP
Método de Colocación de Mineral	Colocado por camiones de 23 y 32 toneladas y empujado por tractor en capas de 8m de altura máxima.	Compañía minera
Area de la Plataforma	230400 m2 (área plana)	KP
<i>Control de Filtración</i>		KP
Primario	Lámina de Geomembrana VFPE o HDPE	
Secundario	Cobertura secundaria (soil liner)	
<i>Bermas</i>		KP
Berma de Contención (pie)	2.0m de alto; 1m de ancho en la corona; pendiente 2H:1V (aguas arriba) y 2.5H:1V (aguas abajo)	
Bermas Perimetrales	1.0m de alto; pendiente 1.5H:1V (aguas arriba y abajo)	
Tipo de Material	Relleno Estructural	
<i>Cobertura Secundaria</i>		KP
Tipo	Arcilla importada o in situ; colocada directamente sobre la roca o el Relleno Estructural	
Espesor	300mm espesor compactado máximo	
Requerimientos de Compactación	95% densidad Proctor (mínimo)	
Angulo de Fricción	29 grados	
Cohesión	0-35 kPa	
Densidad Seca In-situ	1.74 toneladas/m3	
Permeabilidad	1 x 10 <sup>-6</sup> Compañía minera/seg. (máximo)	
<i>Relleno Estructural</i>		KP
Tipo	Material producto de la voladura, desecho de mina y material de la zona de acuerdo a especificaciones.	
Espesor	Variable	
Requerimientos de Compactación	95% densidad Proctor Modificado (mínimo)	
Angulo de Fricción	33 grados (estimado)	
Cohesión	0 kPa (estimado)	
Densidad Seca In-situ	2.0 toneladas/m3 (estimado)	
Permeabilidad	No requerido	
<i>Propiedades de la Geomembrana</i>		KP
Tipo	VFPE (sobre el piso); HDPE (sobre las bermas)	
Espesor	1.5mm (60mil)	
Angulo de Fricción entre la Geomembrana/Soil Liner	Interfase lisa 14° Interfase texturada 24°	
Tasa de Lixiviación	6 litros/hora/m2	Compañía minera
Tasa de Aplicación de Solución al Mineral	540m <sup>3</sup> /hora	Compañía minera
Area Máxima de Lixiviación	90,000m2	Compañía minera
Rotación del Ciclo de Lixiviación	90 días	Compañía minera



**TABLA 5.3**

**PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**CRITERIO DE DISEÑO – PROPIEDADES DE LA OPERACIÓN**

<b>3.0 PROPIEDADES DE LA OPERACIÓN</b>		
<b>Item</b>	<b>Criterio del Diseño</b>	<b>Referencia</b>
<i>Tasa de Producción</i> Tasa de Producción Diaria Promedio Tasa de Producción Diaria de Diseño	12,000 toneladas métricas (tasa de 1999) 12,000 toneladas métricas (tasa de 1999)	Compañía minera
<i>Granulometría del Mineral</i> <i>Tajo A</i> Bolones (12" a 8") Piedras (8" a 3") Grava (3" a No. 4) Arena (No. 4 a No. 200) Finos (<No. 200) <i>Tajo B</i> Bolones (12" a 8") Piedras (8" a 3") Grava (3" a No. 4) Arena (No. 4 a No. 200) Finos (<No. 200)	9% 17% 47% 20% 7% 0% 8% 72% 13% 7%	Compañía minera
<i>Propiedades del Mineral</i> Densidad Seca del Mineral  Conductividad Hidráulica Gravedad Específica de los Sólidos Angulo de Fricción Efectivo Cohesión Efectivo	1.7 toneladas/m <sup>3</sup> (inicial); 1.8 toneladas/m <sup>3</sup> (consolidado)  No disponible No disponible 30 grados (estimado) No-plástico	Compañía minera
<i>Contenido de Humedad</i> Inicial (antes de la aplicación de solución) Bajo Lixiviación (durante aplicación) Residual (después aplicación)	3.8% 8.0% 5.0%	Compañía minera

**TABLA 5.4**

**PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**

**CRITERIO DE DISEÑO – COLECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SOLUCIÓN**

<b>4.0 COLECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SOLUCIÓN</b>		
<b>Item</b>	<b>Criterio del Diseño</b>	<b>Referencia</b>
Método de Aplicación de Solución Pobre	La solución se bombea a la plataforma por líneas principales de tuberías de fierro y polietileno HDPE de 8" de diam., pasando luego a líneas de tubería de HDPE y Yelomine y/o Aquamine de 3" de diam., que conectan a los ramales de tuberías Yelomine y/o Aquamine de 2" de diám, donde se ubican los aspersores wobler cada 6m para riego por aspersión.	Compañía minera
<i>Tuberías de Colección de Solución</i> Sistema Principal de Colección  Sistema Secundario de Colección  Poza de Contención Canales	Tuberías perforadas CPT (Tipo SP) de 300mm y 450 mm de diámetro. Tuberías sólidas CPT (Tipo S) de 450 mm de diámetro.  Tuberías perforadas CPT (Tipo SP) de 100mm de diámetro espaciadas cada 10m  Revestida con geomembrana ubicada al pie de la plataforma  Tubería sobre canal de solución de la plataforma a la Poza.	KP
<i>Destino de la Solución</i> Condiciones de Operaciones Normales Condiciones de Tormentas	Solución rica llega a las Pozas A y B Agua de Tormenta y solución van a la Poza C	Compañía minera

TABLA 8.1

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**  
**ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**  
**PLATAFORMA DE LIXIVIACION**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>A</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>1-A</b>	<b>Conformación de la Plataforma de Lixiviación</b>				
	Remoción y eliminación de suelo orgánico (se asume 0.40 m de espesor en zonas rocosas, 0.70 m de espesor en zonas no rocosas y 1Km de acarreo)	m <sup>3</sup>	156,100	\$0.98	\$152,978
	Excavación y eliminación de material inadecuado y reemplazo por relleno común compactado (hasta 2.5 Km de acarreo)	m <sup>3</sup>	74,900	\$2.91	\$217,959
	Excavación de material común a relleno o a zona de acopio	m <sup>3</sup>	179,700	\$0.57	\$102,429
	Excavar roca a relleno o zona de acopio (15% incremento en la excavación, 30% de desecho por sobretamaño)	m <sup>3</sup>	223,500	\$3.40	\$759,900
	Colocar y compactar relleno común en la Plataforma de excavación o zona de préstamo dentro de la Plataforma (ver nota 7)	m <sup>3</sup>	217,000	\$1.30	\$282,100
	Transporte y colocación de cobertura secundaria (soil liner) importada de zona de préstamo (hasta 2.5 Km)	m <sup>3</sup>	70,200	\$0.69	\$48,438
	Nivelación y compactación de cobertura secundaria (soil liner)	m <sup>3</sup>	70,200	\$0.64	\$44,928
	Carguío, acarreo y colocación de capa de protección (incrementado en 20% por compactación y accesos, acarreo 1.5 Km)	m <sup>3</sup>	97,909	\$1.08	\$105,742
	Carguío, acarreo y colocación de capa de drenaje (acarreo 2 Km)	m <sup>3</sup>	28,570	\$1.08	\$30,856
	Transporte y colocación de capa de rodadura de zona de préstamo (acarreo 2 Km) (incremento de 20%)	m <sup>3</sup>	1,525	\$4.00	\$6,100
	Excavar, transportar y colocar material de cobertura secundaria (soil liner) para berma perimetral y berma de contención de zona de préstamo (acarreo 2.5 Km)	m <sup>3</sup>	4,425	\$1.40	\$6,194
	Excavar, transportar y colocar relleno común suelto para bermas de seguridad de zona de préstamo	m <sup>3</sup>	947	\$1.46	\$1,383
	Instalar tubería perforada CPT de 100 mm de diámetro (tipo SP) para sistema de tuberías de colección	m	25,615	\$0.65	\$16,650
	Instalar tubería perforada CPT de 300 mm de diámetro (tipo SP) para sistema de tuberías de colección	m	2,370	\$1.85	\$4,385
	Instalar tubería sólida CPT de 300 mm de diámetro (tipo S) para sistema de tuberías de colección	m	201	\$1.85	\$371
	Instalar tubería perforada CPT de 450 mm de diámetro (tipo SP) para sistema de tuberías de colección	m	145	\$2.95	\$428
	Instalar tubería sólida CPT de 450 mm de diámetro (tipo S) para sistema de tuberías de colección	m	1,144	\$2.95	\$3,375
	Excavar y rellenar zanja de anclaje de geomembrana en la Plataforma	m	2,158	\$9.00	\$19,422
	Colocar geonet alrededor de perímetro de la Plataforma	m <sup>2</sup>	9,280	\$0.28	\$2,598
	<b>Subtotal</b>				<b>\$1,806,236</b>
<b>2-A</b>	<b>Sub-drenes de la Plataforma de Lixiviación (ver nota 1)</b>				
	Instalar sub-dren principal (150 mm de diámetro, tubería perforada y sólida, incrementada en 200% por modificaciones de campo)	m	2,710	\$32.00	\$86,720
	Instalar sub-dren lateral (100 mm de diámetro, incrementado en 200 % por modificaciones de campo)	m	7,402	\$32.00	\$236,864
	<b>Subtotal</b>				<b>\$323,584</b>
	<b>Subtotal de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$2,129,820</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	2.00%	<b>\$42,596</b>
	<b>Costo Total de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$2,172,416</b>
<b>B</b>	<b>GEOSINTÉTICOS (ver nota 3)</b>				
<b>1-B</b>	<b>Cobertura de la Plataforma de Lixiviación</b>				
	Proveer geonet para perímetro de la Plataforma (incremento de 10%)	m <sup>2</sup>	10,230	\$1.30	\$13,299
	Proveer gemembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil) (incremento de 15% por desperdicio, traslape,etc)	m <sup>2</sup>	20,873	\$2.10	\$43,833
	Proveer gemembrana VFPE lisa de 1.5 mm (60 mil) (incremento de 10% por desperdicio, traslape,etc)	m <sup>2</sup>	117,260	\$2.70	\$316,602
	Proveer gemembrana VFPE doble texturada de 1.5 mm (60 mil) (incremento de 10% por desperdicio, traslape,etc)	m <sup>2</sup>	133,727	\$2.70	\$361,063
	Instalar geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil)	m <sup>2</sup>	18,150	\$0.75	\$13,613
	Instalar geomembrana VFPE lisa de 1.5 mm (60 mil)	m <sup>2</sup>	106,600	\$0.75	\$79,950
	Instalar geomembrana VFPE doblemente texturada de 1.5 mm (60 mil)	m <sup>2</sup>	121,570	\$0.75	\$91,178
	Proveer rollos de soldadura para geomembrana HDPE (caja de 15 lb)	caja	7	\$43.00	\$301
	Proveer rollos de soldadura para geomembrana VFPE	caja	46	\$43.00	\$1,978
	<b>Subtotal</b>				<b>\$921,816</b>
<b>2-B</b>	<b>Sub-drenes de la Plataforma de Lixiviación</b>				
	Proveer geotextil no tejido de 270 g/m2 (8OZYD2) (incremento 200% por modificaciones en campo)	m <sup>2</sup>	25,000	\$0.69	\$17,250
	<b>Subtotal</b>				<b>\$17,250</b>
	<b>Subtotal de Geosintéticos</b>				<b>\$939,066</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	1.00%	<b>\$9,391</b>
	<b>Costo Total de Geosintéticos</b>				<b>\$948,457</b>
<b>C</b>	<b>VOLADURA</b>				
<b>1-C</b>	<b>Plataforma de Lixiviación</b>				
	Perforación y voladura	m <sup>3</sup>	55,800	\$3.14	\$175,212
	<b>Subtotal</b>				<b>\$175,212</b>
	<b>Costo Total de Voladura</b>				<b>\$175,212</b>

**PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN**  
**ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**  
**PLATAFORMA DE LIXIVIACION**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>D</b>	<b>CHANCADO Y TAMIZADO</b>				
1-D	Plataforma de Lixiviación				
	Material de capa de Protección (incremento en 50% por desperdicio, compactación y accesos)	m <sup>3</sup>	122,386	\$2.80	\$342,681
	Material de capa de drenaje (incremento en 20% por desperdicio)	m <sup>3</sup>	34,283	\$2.80	\$95,992
	<b>Subtotal</b>				<b>\$438,674</b>
<b>2-D</b>	<b>Subdrenes de Plataforma de Lixiviación</b>				
	Agregado de drenaje (incremento de 20% por desperdicio)	m <sup>3</sup>	3,540	\$2.80	\$9,912
	<b>Subtotal</b>				<b>\$9,912</b>
	<b>Subtotal de Chancado y Tamizado</b>				<b>\$448,586</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	1	1	5.00%	<b>\$22,429</b>
	<b>Costo Total de Chancado y Tamizado</b>				<b>\$471,015</b>
<b>E</b>	<b>MATERIALES DE TUBERÍAS (SÓLO PROVISIÓN, ver notas 4 y 5)</b>				
1-E	Plataforma de Lixiviación				
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 450 mm de diámetro	m	160	\$18.61	\$2,978
	Tubería sólida CPT ( tipo S ), 450 mm de diámetro	m	1,259	\$18.61	\$23,430
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 300 mm de diámetro	m	2,607	\$8.59	\$22,394
	Tubería sólida CPT ( tipo S ), 300 mm de diámetro	m	221	\$8.59	\$1,898
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 100 mm de diámetro	m	29,457	\$0.93	\$27,395
	"Y" CPT de 450mm x 450mm x 300mm	u	3	\$140.00	\$420
	"Y" CPT de 300mm x 300mm x 300mm	u	5	\$24.50	\$123
	"Y" CPT de 300mm x 300mm x 100mm	u	265	\$60.00	\$15,900
	Codo CPT de 450mm a 45°	u	5	\$82.00	\$410
	Codo CPT de 300mm a 45°	u	6	\$19.00	\$114
	Reductor CPT de 450mm a 300mm	u	3	\$150.00	\$450
	Coplas CPT de 450mm	u	224	\$11.00	\$2,464
	Coplas CPT de 300mm	u	468	\$3.50	\$1,638
	Coplas CPT de 100mm	u	4,910	\$0.50	\$2,455
	Tapa CPT de 450mm	u	4	\$17.50	\$70
	Tapa CPT de 300mm	u	11	\$3.50	\$39
	Tapa CPT de 100mm	u	273	\$0.75	\$205
	<b>Subtotal</b>				<b>\$102,382</b>
<b>2-E</b>	<b>Sub-drenes de Plataforma de Lixiviación</b>				
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 150 mm de diámetro	m	1,980	\$2.50	\$4,950
	Tubería sólida HDPE ( SDR 17 ), 150 mm de diámetro	m	730	\$15.00	\$10,950
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 100 mm de diámetro	m	7,402	\$0.93	\$6,884
	"Y" CPT de 150mm x 150mm x 100mm	u	18	\$14.50	\$261
	"Y" CPT de 100mm x 100mm x 100mm	u	24	\$12.50	\$300
	Coplas CPT de 150mm	u	330	\$1.00	\$330
	Coplas CPT de 100mm	u	1,233	\$0.50	\$617
	Tapa CPT de 150mm	u	6	\$0.75	\$5
	Tapa CPT de 100mm	u	42	\$1.60	\$67
	<b>Subtotal</b>				<b>\$24,363</b>
	<b>Costo Total de Materiales de Tuberías</b>				<b>\$126,745</b>
	<b>Costo Total de Construcción</b>				<b>\$3,893,845</b>

**NOTAS:**

1. Las cantidades de instalación de sub-drenes incluyen la excavación de las zanjas, instalación de geotextil, instalación de tuberías y colocación de agregado de drenaje.
2. Se asume que material de la capa de rodadura proviene de áreas naturales de préstamo.
3. Las cantidades para provisión de geosintéticos incluyen un factor de incremento entre el 10% y 15%, por desperdicios, traslapes y anclaje en zanjas.
4. Las cantidades para provisión de tuberías, incluyen un factor de incremento de 5% por desperdicios.
5. Todas las tuberías y accesorios CPT deberán ser corrugados esteriormente y lisos en el interior.
6. El movimiento de tierras asociado con el canal de derivación adyacente a la Plataforma, está incluido en el movimiento de tierras de la Plataforma de Lixiviación 8-A.
7. Se asume que el material de relleno que se excava dentro de los límites de la Plataforma, es el suficiente para completar los trabajos de relleno.

TABLA 8.2

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN  
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN  
CANAL DE SOLUCIÓN

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>A</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>1-A</b>	<b>Canal de Solución</b>				
	Remoción y eliminación de suelo orgánico (se asume 0.70 m de espesor y 1Km de acarreo)	m³	3,400	\$0.98	\$3,332
	Excavación y eliminación de material inadecuado y reemplazo por relleno común compactado (hasta 2.5 Km de acarreo)	m³	580	\$2.91	\$1,688
	Excavar material común a relleno o a zona de acopio (0% esponjamiento, 20% de encogimiento)	m³	490	\$0.57	\$279
	Material común de zona de acopio o área de préstamo a relleno del Canal (distancia de acarreo 3 Km)	m³	1,900	\$1.08	\$2,052
	Colocar y compactar relleno común en el Canal	m³	1,900	\$1.30	\$2,470
	Instalar tuberías de HDPE (SDR 32.5) de 300/450 mm de diámetro	m	840	\$8.59	\$7,216
	<b>Subtotal</b>				<b>\$17,037</b>
	<b>Subtotal de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$17,037</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	2.00%	<b>\$341</b>
	<b>Costo Total de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$17,377</b>
<b>B</b>	<b>GEOSINTÉTICOS (ver nota 4)</b>				
<b>1-B</b>	<b>Canal de Solución</b>				
	Proveer geonet (se incluye 10% por desperdicios y traslape)	m²	1,100	\$1.30	\$1,430
	Proveer geotextil no tejido de 270 g/m2 (8OZYD2) (incremento 15% )	m²	1,122	\$1.30	\$1,459
	Proveer gemembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil) (incremento de 10% por desperdicio, traslape,etc)	m²	7,844	\$2.10	\$16,472
	Instalar geonet	m²	990	\$0.35	\$347
	Instalar geotextil no tejido de 270 g/m2 (8OZYD2)	m²	1,020	\$0.30	\$306
	Instalar geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil)	m²	6,820	\$0.75	\$5,115
	Proveer rollos de soldadura para geomembrana HDPE (caja de 15 lb)	caja	3	\$43.00	\$129
	<b>Subtotal</b>				<b>\$25,258</b>
	<b>Subtotal de Geosintéticos</b>				<b>\$25,258</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	1.00%	<b>\$253</b>
	<b>Costo Total de Geosintéticos</b>				<b>\$25,510</b>
<b>C</b>	<b>MATERIALES DE TUBERÍAS(SOLO PROVISIÓN, ver notas 4 y 5)</b>				
<b>1-C</b>	<b>Canal de Solución (incluye tuberías y accesorios de la salida de la Plataforma)</b>				
	Tubería Sólida HDPE (SDR 32.5) de 300 mm de diámetro	m	740	\$12.20	\$9,028
	Tubería Sólida HDPE (SDR 32.5) de 450 mm de diámetro	m	100	\$16.80	\$1,680
	Coplee CPT/HDPE de 300 mm DIAM	u	1	\$400.00	\$400
	Coplee CPT/HDPE de 450 mm DIAM	u	5	\$500.00	\$2,500
	Tee HDPE (SDR 32.5) de 300 mm DIAM	u	10	\$200.00	\$2,000
	Codo a 90° HDPE (SDR 32.5) de 300 mm DIAM	u	2	\$200.00	\$400
	<b>Subtotal</b>				<b>\$16,008</b>
	<b>Costo Total de Materiales de Tuberías</b>				<b>\$16,008</b>
<b>D</b>	<b>CAJAS DE DISTRIBUCION (suministro e instalación)</b>				
<b>1-D</b>	<b>Canal de Solución</b>				
	Batería de cajas metálicas (6) con parrilla y rampas (2) (incluye base de concreto)	u	1	\$45,000.00	\$45,000
	<b>Subtotal</b>				<b>\$45,000</b>
	<b>Costo Total del Suministro e Instalación de Cajas de Distribución</b>				<b>\$45,000</b>
	<b>Costo Total de Construcción</b>				<b>\$103,896</b>

NOTAS:

- Las cantidades de instalación de sub-drenes incluyen la excavación de las zanjas, instalación de geotextil, instalación de tuberías y colocación de agregado de drenaje.
- Se asume que material de la capa de rodadura proviene de áreas naturales de préstamo.
- Las cantidades para provisión de geosintéticos incluyen un factor de incremento entre el 10% y 15%, por desperdicios, traslapes y anclaje en zanjas.
- Las cantidades para provisión de tuberías, incluyen un factor de incremento de 5% por desperdicios.
- Todas las tuberías y accesorios CPT deberán ser corrugados exteriormente y lisos en el interior.
- El movimiento de tierras asociado con el canal de derivación adyacente a la Plataforma, está incluido en el movimiento de tierras de la Plataforma de Lixiviación 8-A.
- Se asume que el material de relleno que se excava dentro de los límites de la Plataforma, es el suficiente para completar los trabajos de relleno.

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN  
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN  
POZA DE SOLUCION

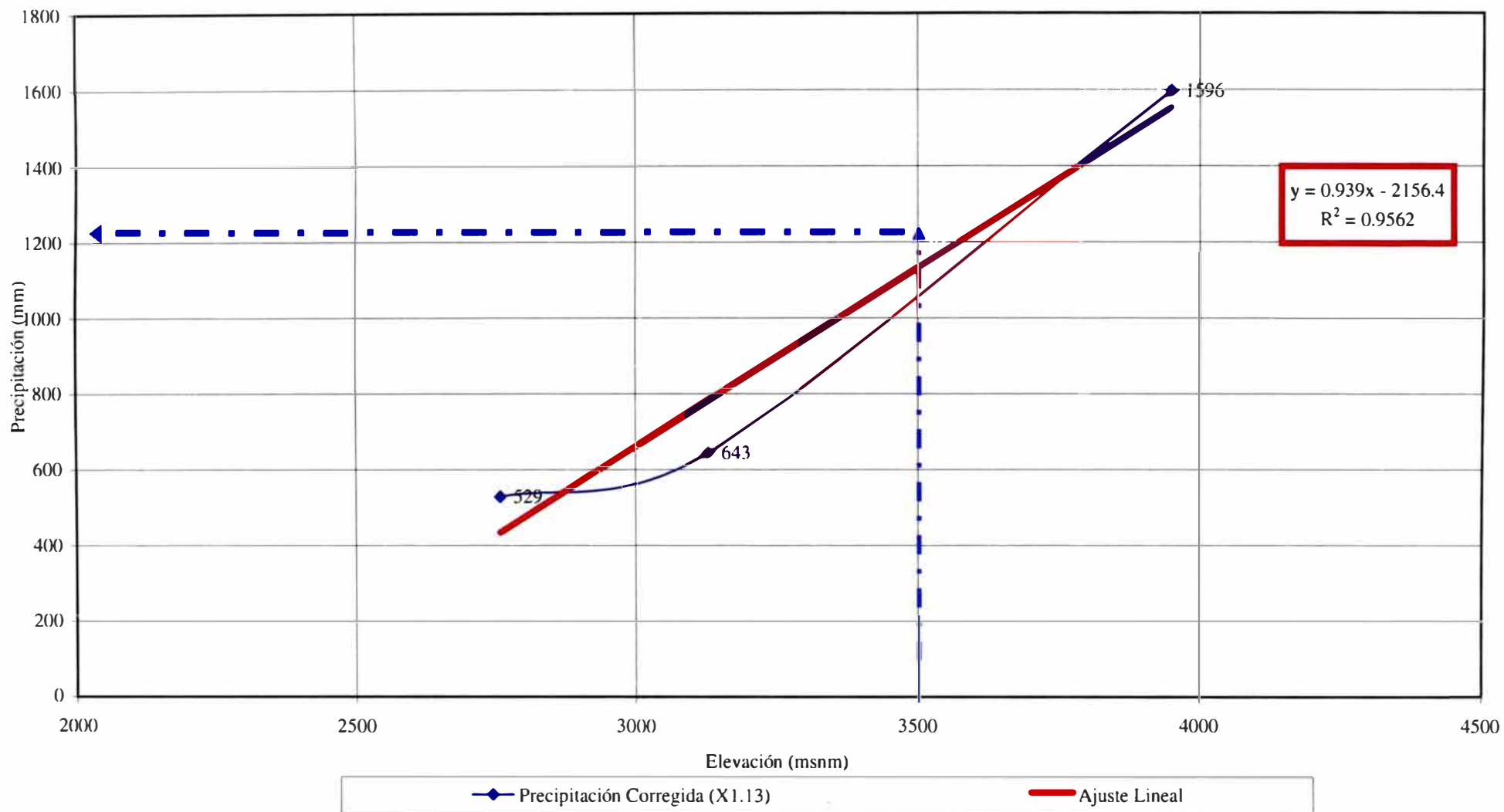
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>A MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>1-A Poza (incluyendo acceso perimetral)</b>					
	Remoción y eliminación de suelo orgánico (se asume 0.70 m de espesor y 1Km de acarreo)	m³	23,500	\$0.98	\$23,030
	Excavación y eliminación de arcilla blanda (acarreo 2.5 Km)	m³	93,600	\$2.91	\$272,376
	Carguío, transporte y colocación de arena/grava de drenaje (acarreo 2 Km)	m³	8,700	\$3.50	\$30,450
	Transporte y colocación de capa de rodadura de zona de préstamo (acarreo 2 Km) (incremento de 20%)	m³	743	\$4.00	\$2,971
	Excavación, transporte y colocación de relleno para bermas perimetrales	m³	325	\$1.40	\$455
	Excavar y rellenar zanjas de anclaje para la Poza	m	723	\$9.00	\$6,507
	Instalar tuberías de SCRF y caja colectora de sub-drenes	m	100	\$8.59	\$859
	<b>Subtotal</b>				<b>\$336,648</b>
<b>2-A Sub-drenes de la Poza (ver nota 1)</b>					
	Instalar sub-dren lateral (100 m de diámetro, incrementado en 50 % por modificaciones de campo)	m	1,440	\$32.00	\$46,080
	<b>Subtotal</b>				<b>\$46,080</b>
	<b>Subtotal de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$382,728</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	2.00%	\$7,655
	<b>Costo Total de Movimiento de Tierras</b>				<b>\$390,383</b>
<b>B GEOSINTÉTICOS (ver nota 3)</b>					
<b>1-B Poza</b>					
	Proveer geonet (se incluye 10% por desperdicios y traslape)	m²	37,250	\$1.30	\$48,425
	Proveer geotextil no tejido de 270 g/m2 (8OZ/YD2) (incremento 10% )	m²	69,025	\$0.69	\$47,627
	Proveer gemembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil) (incremento de 10% por desperdicio, traslape,etc)	m²	69,025	\$2.10	\$144,953
	Instalar geonet	m²	33,850	\$0.35	\$11,848
	Instalar geotextil no tejido de 270 g/m2 (8OZ/YD2)	m²	62,750	\$0.30	\$18,825
	Instalar geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm (60 mil)	m²	62,750	\$0.75	\$47,063
	Proveer rollos de soldadura para geomembrana HDPE (caja de 15 lb)	caja	21	\$43.00	\$903
	<b>Subtotal</b>				<b>\$319,643</b>
	<b>Subtotal de Geosintéticos</b>				<b>\$319,643</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	u	1	1.00%	\$3,196
	<b>Costo Total de Geosintéticos</b>				<b>\$322,839</b>
<b>C CHANCADO Y TAMIZADO</b>					
<b>1-C Poza</b>					
	Material arena/grava de drenaje (incremento de 20% por desperdicio)	m³	10,500	\$3.95	\$41,475
	<b>Subtotal</b>				<b>\$41,475</b>
	<b>Subtotal de Chancado y Tamizado</b>				<b>\$41,475</b>
	<b>Movilización / Desmovilización como % del costo directo</b>	1	1	5.00%	\$2,074
	<b>Costo Total de Chancado y Tamizado</b>				<b>\$43,549</b>
<b>D MATERIALES DE TUBERÍAS(SÓLO PROVISIÓN, ver notas 4 y 5 )</b>					
<b>1-D Poza</b>					
	Tubería perforada CPT ( tipo SP ), 100 mm de diámetro	m	1,440	\$0.93	\$1,339
	"Y" CPT de 100mm x 100mm x 100mm	u	12	\$12.50	\$150
	Coplas CPT de 100mm	u	240	\$0.50	\$120
	Tapa CPT de 100mm	u	15	\$1.60	\$24
	<b>Subtotal</b>				<b>\$1,633</b>
<b>2-D SCRF y caja colectora de subdrenes</b>					
	Tubería sólida HDPE ( SDR 17 ), 300 mm de diámetro	m	110	\$8.59	\$945
	<b>Subtotal</b>				<b>\$945</b>
	<b>Costo Total de Materiales de Tuberías</b>				<b>\$2,578</b>
	<b>Costo Total de Construcción</b>				<b>\$759,349</b>

NOTAS:

- Las cantidades de instalación de sub-drenes incluyen la excavación de las zanjas, instalación de geotextil, instalación de tuberías y colocación de agregado de drenaje.
- Se asume que material de la capa de rodadura proviene de áreas naturales de préstamo.
- Las cantidades para provisión de geosintéticos incluyen un factor de incremento entre el 10% y 15%, por desperdicios, traslapes y anclaje en zanjas.
- Las cantidades para provisión de tuberías, incluyen un factor de incremento de 5% por desperdicios.
- Todas las tuberías y accesorios CPT deberán ser corrugados exteriormente y lisos en el interior.
- El movimiento de tierras asociado con el canal de derivación adyacente a la Plataforma, está incluido en el movimiento de tierras de la Plataforma de Lixiviación 8-A.
- Se asume que el material de relleno que se excava dentro de los límites de la Plataforma, es el suficiente para completar los trabajos de relleno.

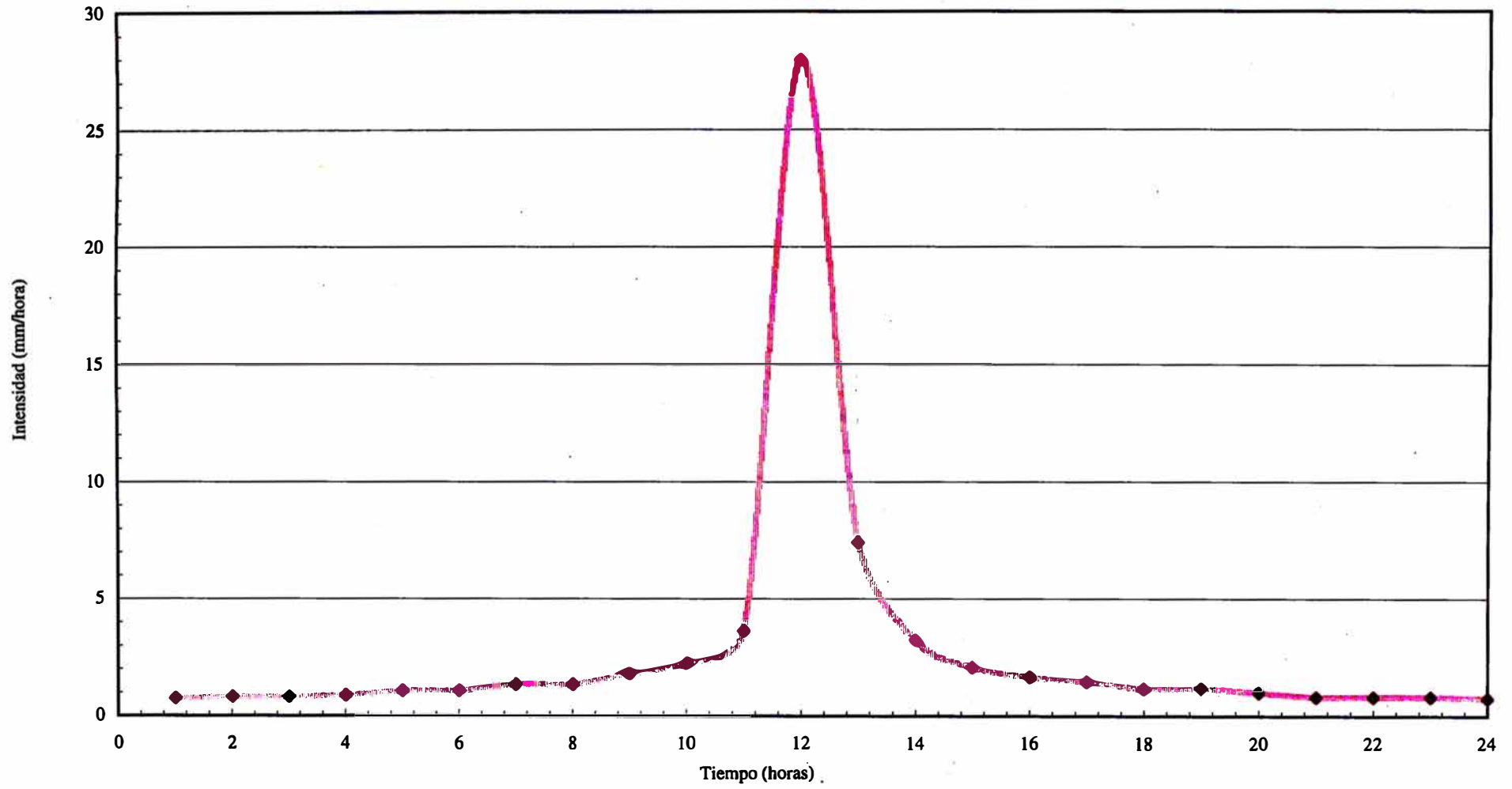
# FIGURAS

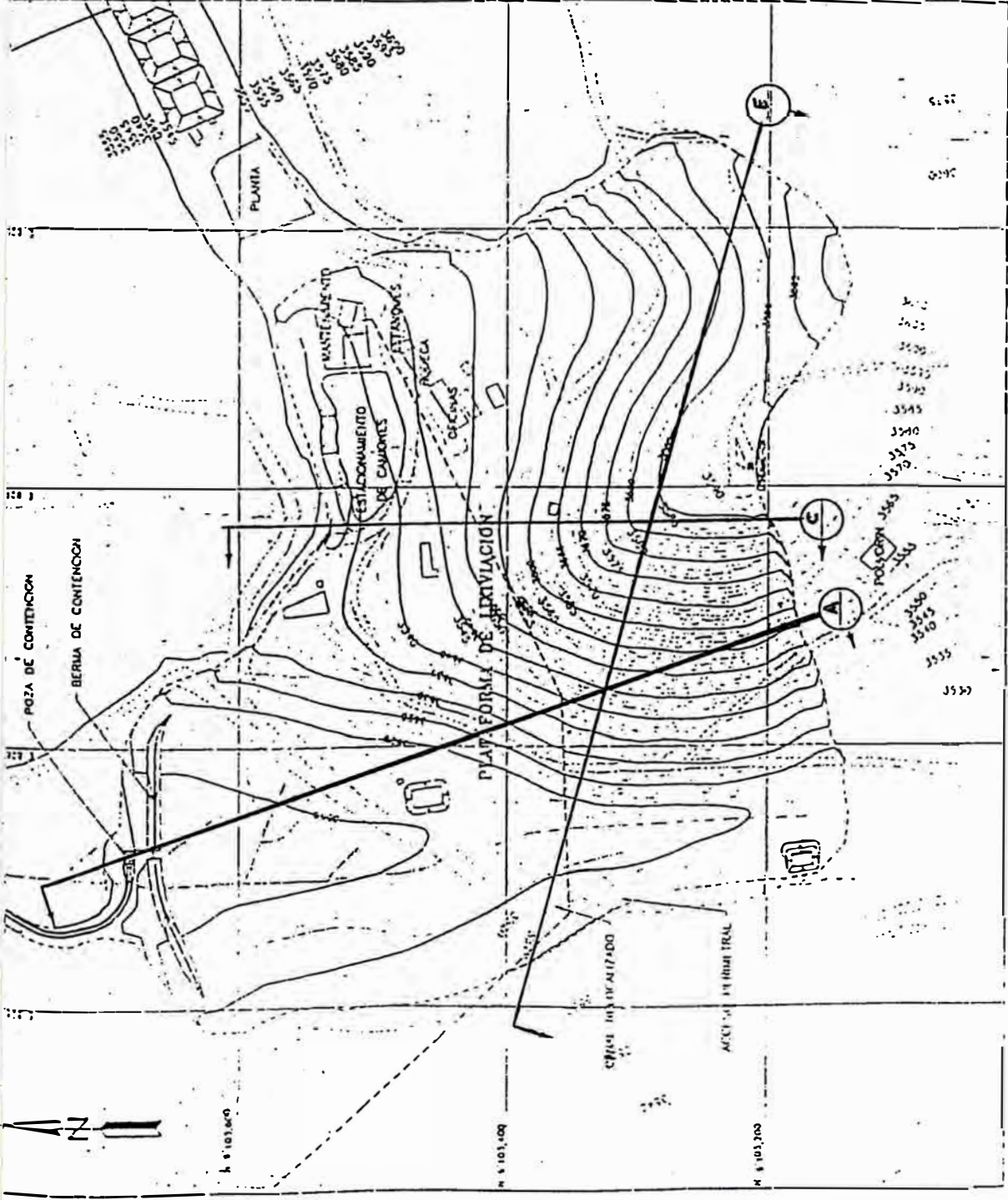
**FIGURA 4.1**  
**RELACIÓN PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL VS ELEVACIÓN**





**FIGURA 4.2**  
**CURVA INTENSIDAD VS TIEMPO - COMPAÑÍA MINERA**  
**(T = 100 años y condición extrema de humedad precedente a la tormenta)**





- LINEA DE MARGEN DE LA SUPERFICIE DEL TIEMPO
- LINEA DE MARGEN DE LA SUPERFICIE ORIGINAL Y DISEÑADA
- LINEA DE CORTE O RELIEVO
- CAMINO EXISTENTE
- DETALLE O CORRE EXISTENTE
- LINDA DE AGUA
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- PLANO DISEÑADO DE IRRIGACION

PLATAFORMA DE IRRIGACION

SECCIONES DE ANALISIS DE ESTABILIDAD

*Knight Piensold*  
CONSULTING

NO. DE PROYECTO	PROYECTO
117-1100	DESARROLLO DE IRRIGACION
FECHA	ESTADO
15/05/2010	CHILE
PROYECTO	PROYECTO
DESARROLLO DE IRRIGACION	DESARROLLO DE IRRIGACION
ESTADO	ESTADO
CHILE	CHILE
PROYECTO	PROYECTO
DESARROLLO DE IRRIGACION	DESARROLLO DE IRRIGACION
ESTADO	ESTADO
CHILE	CHILE

PLANTA



FIGURA 7.2  
PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN  
SECCIÓN A - FALLA CIRCULAR

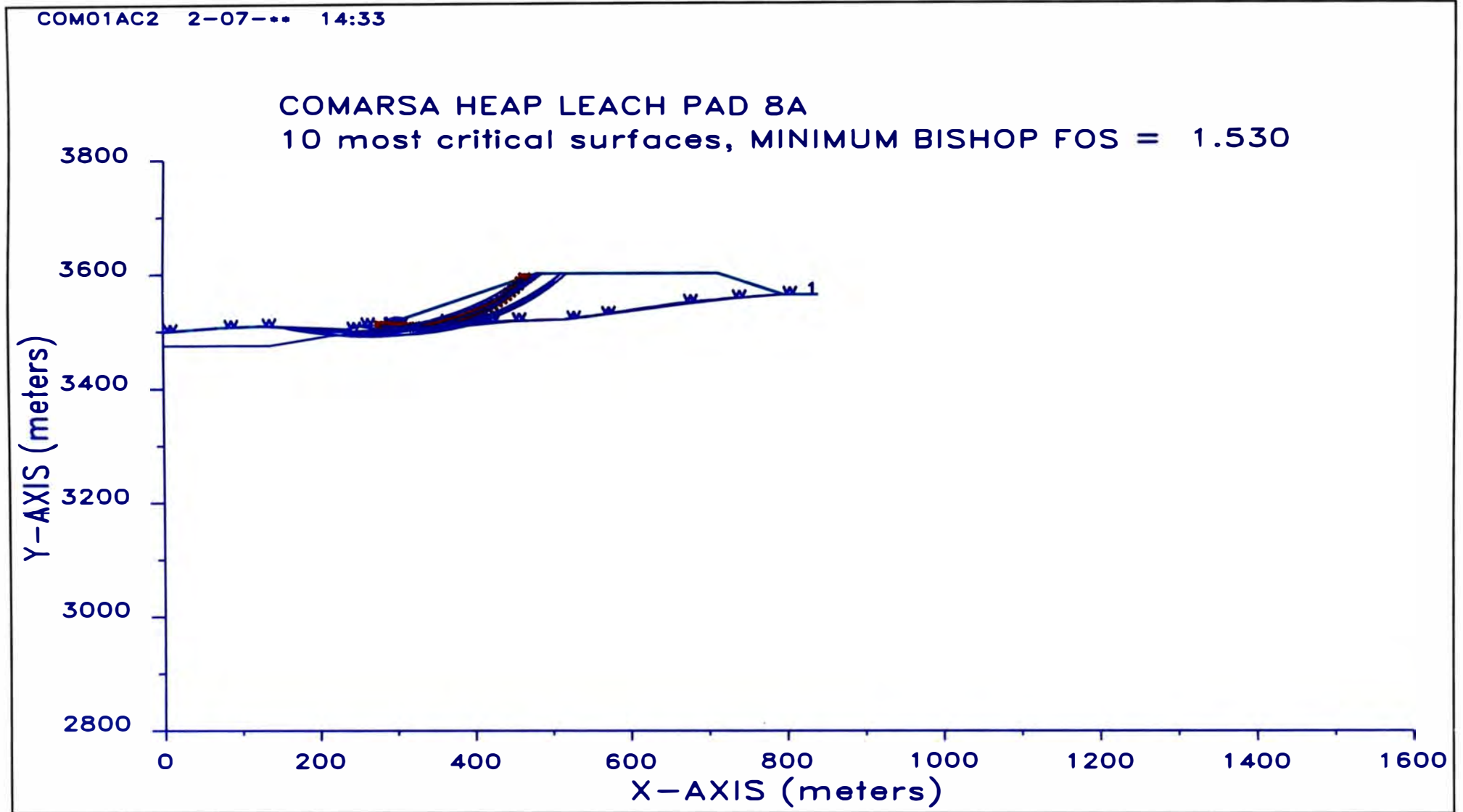


FIGURA 7.3

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

SECCIÓN A - FALLA EN BLOQUE

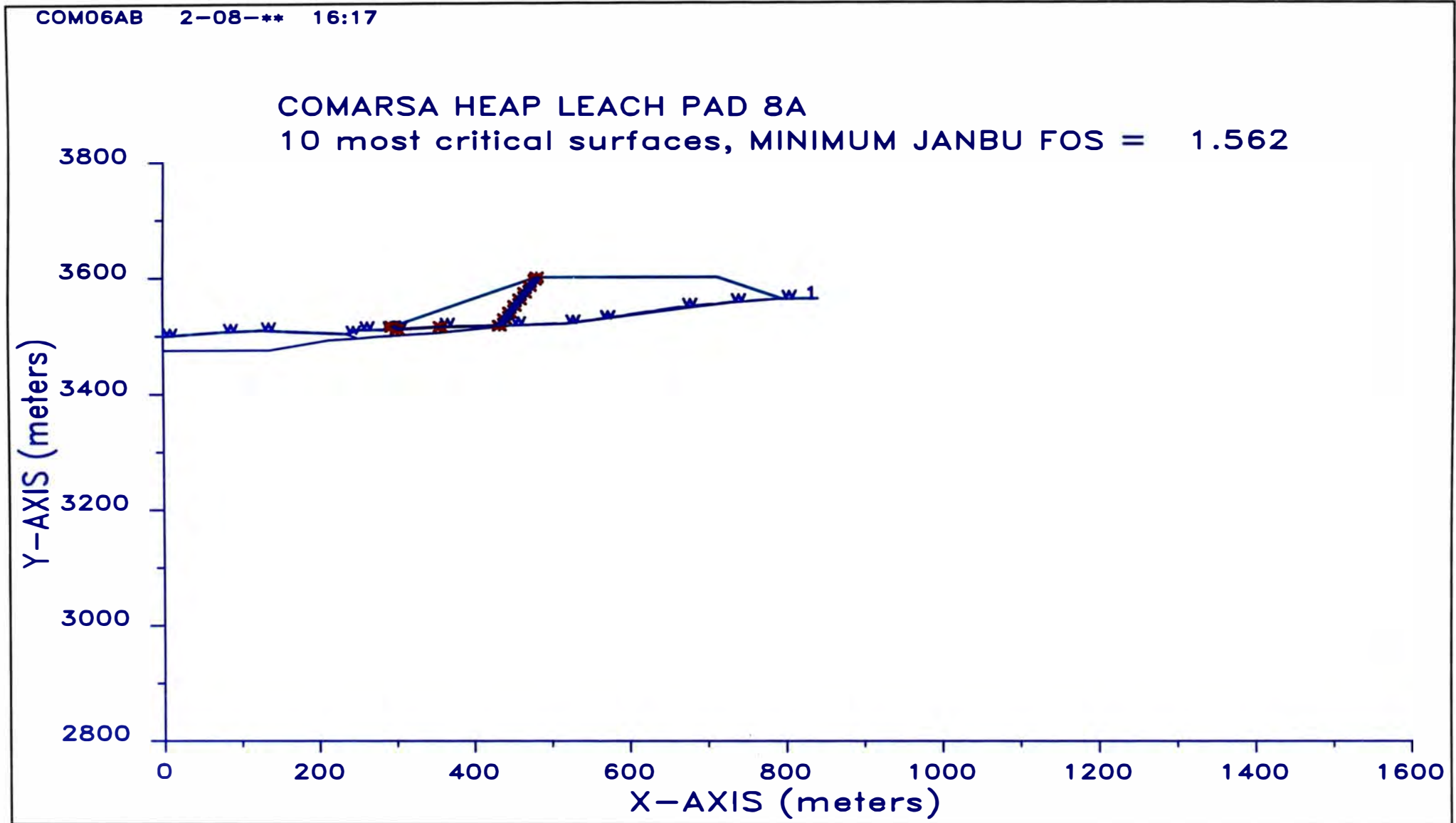


FIGURA 7.4

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

SECCIÓN C – FALLA CIRCULAR

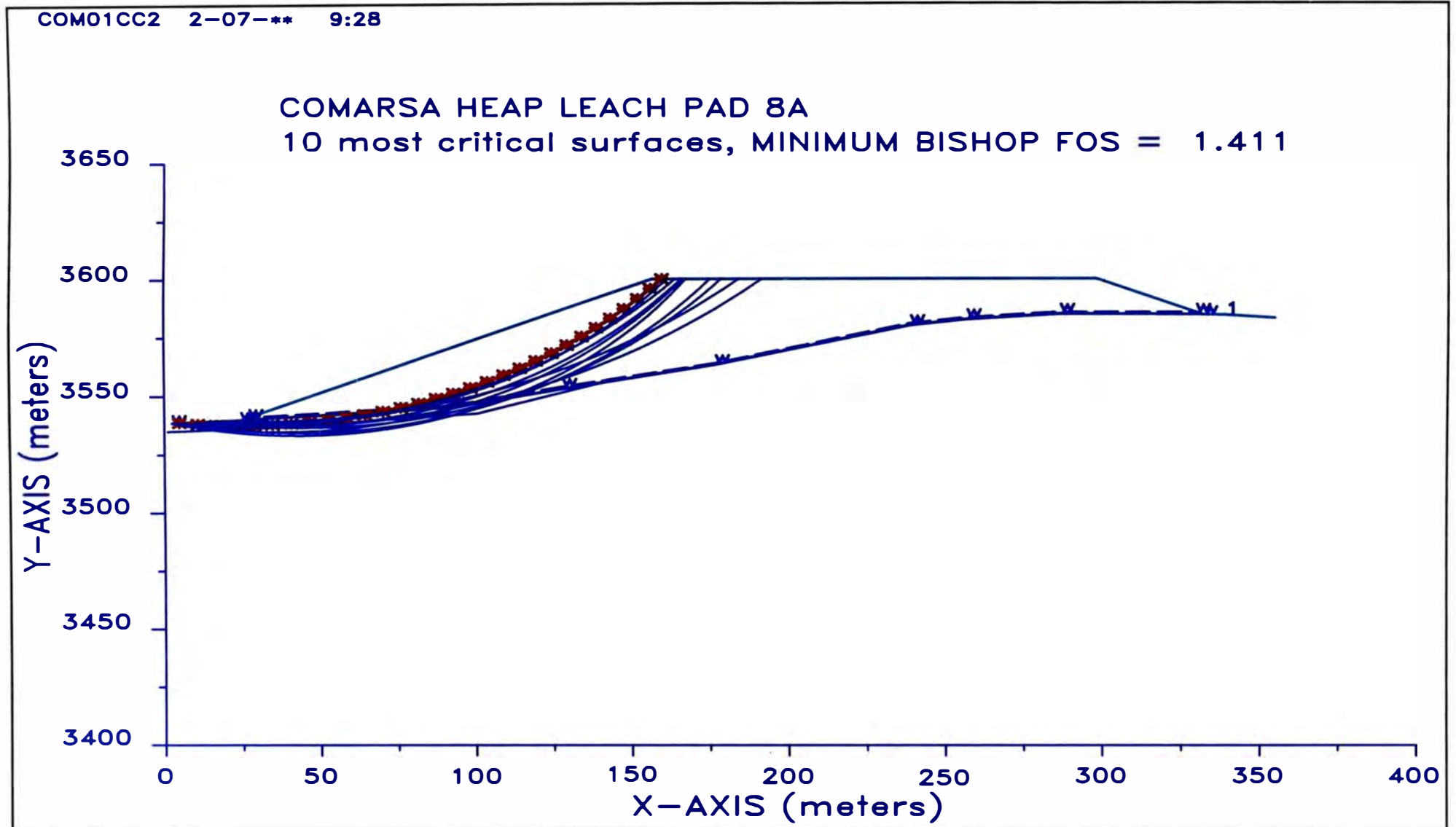


FIGURA 7.5

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

SECCIÓN C - FALLA EN BLOQUE

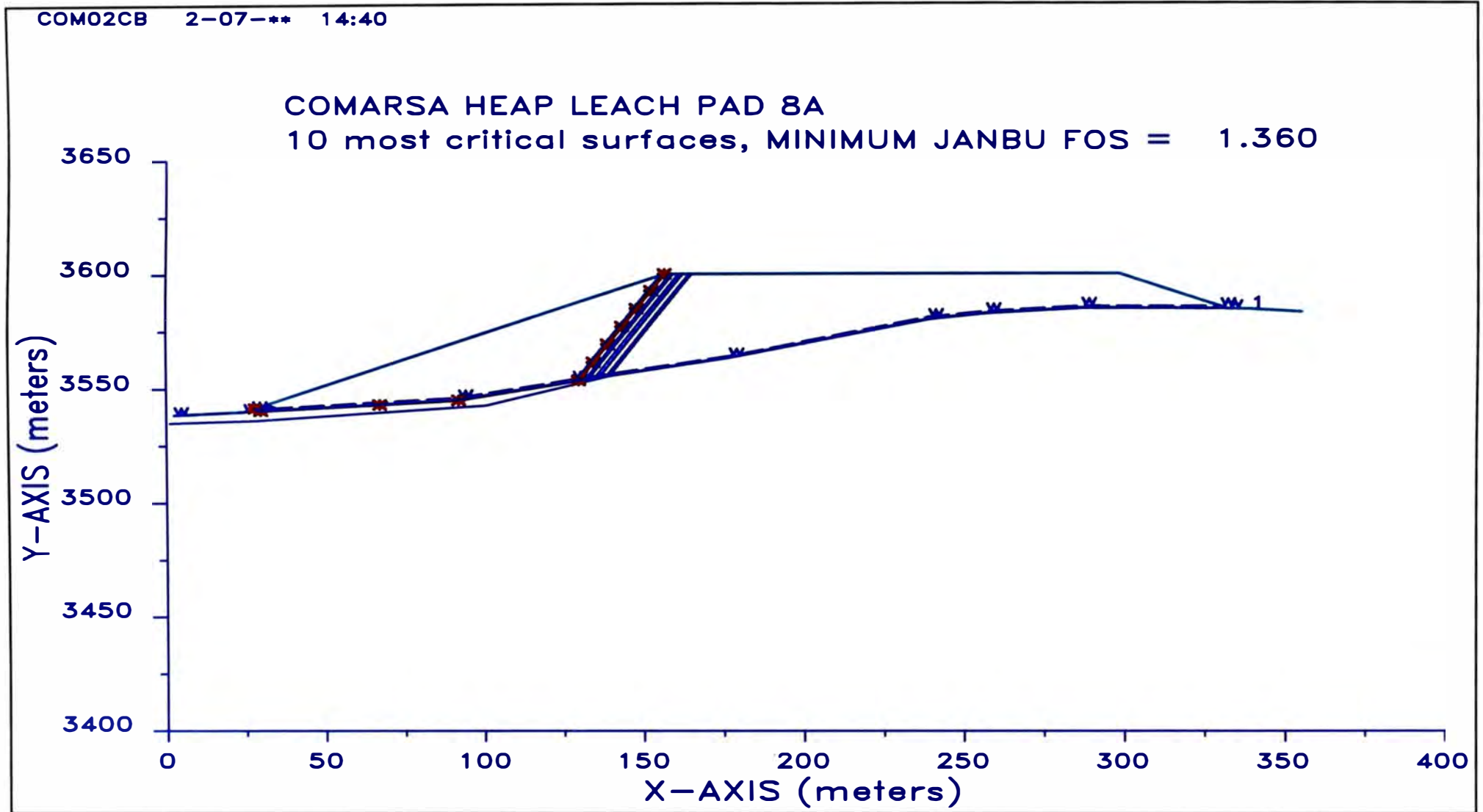


FIGURA 7.6  
COMPAÑÍA MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A.  
PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN 8A Y POZA 10

SECCIÓN E - FALLA CIRCULAR

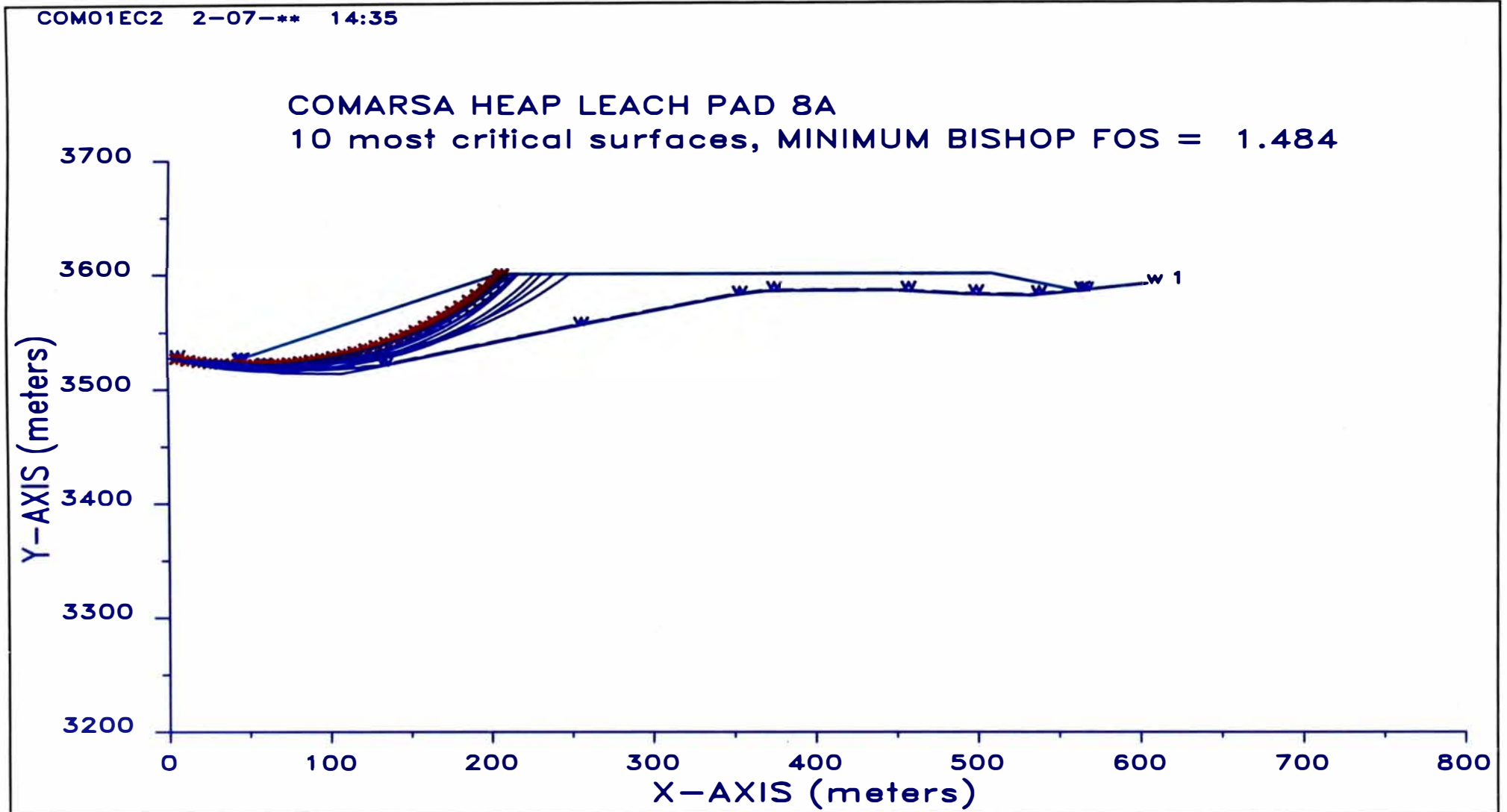
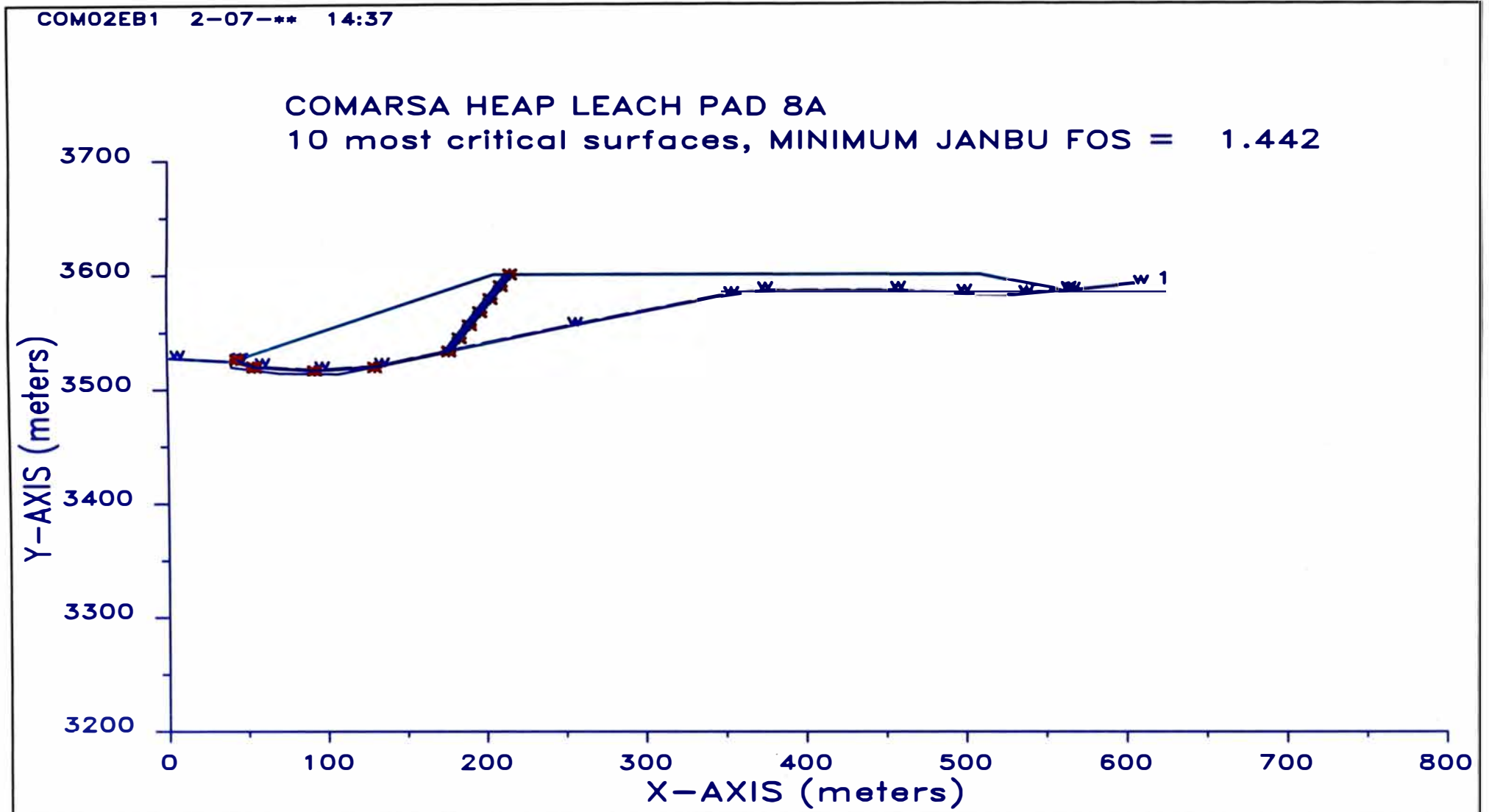


FIGURA 7.7

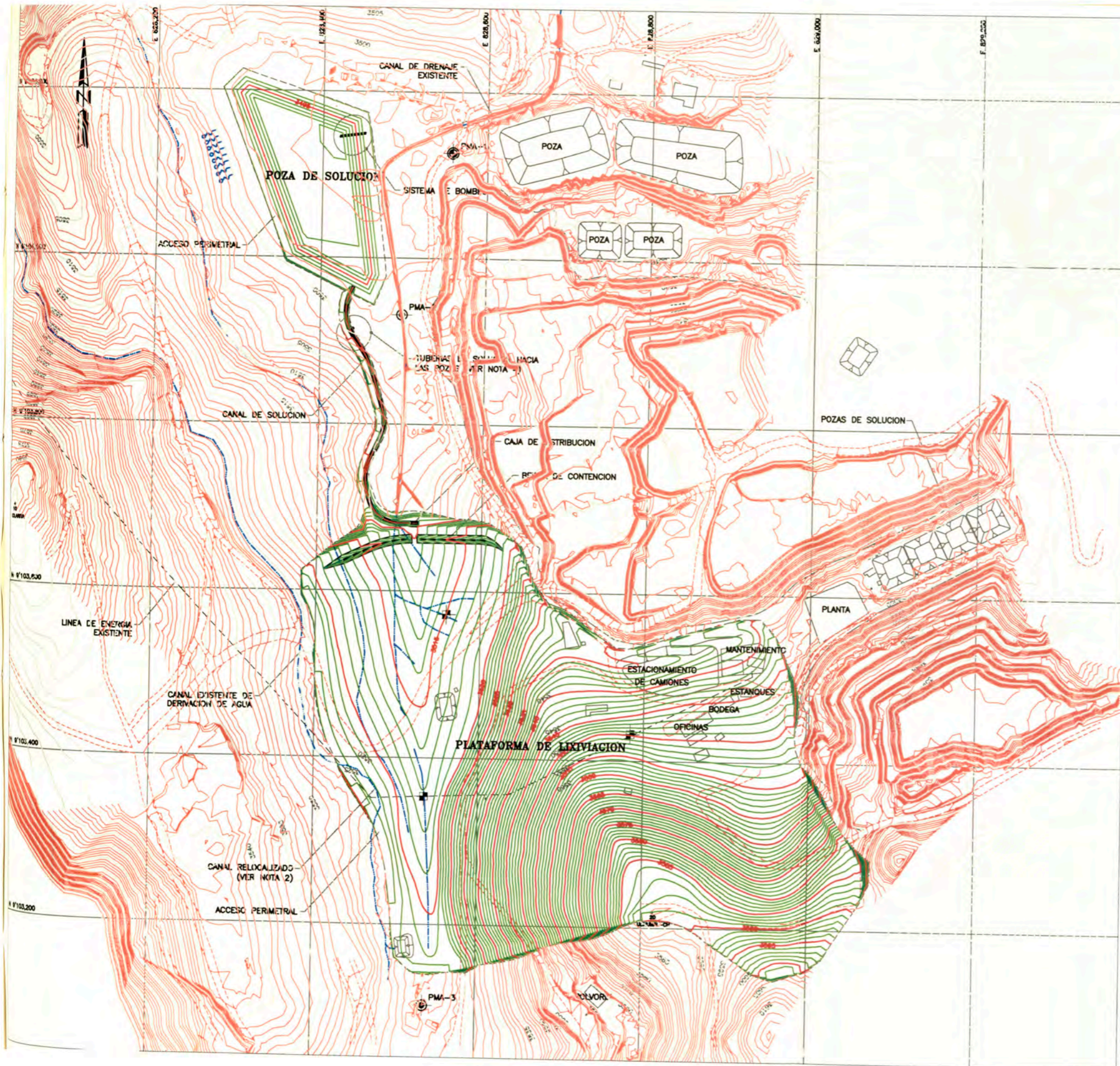
PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN

SECCIÓN E - FALLA EN BLOQUE





# PLANOS



**LEYENDA:**

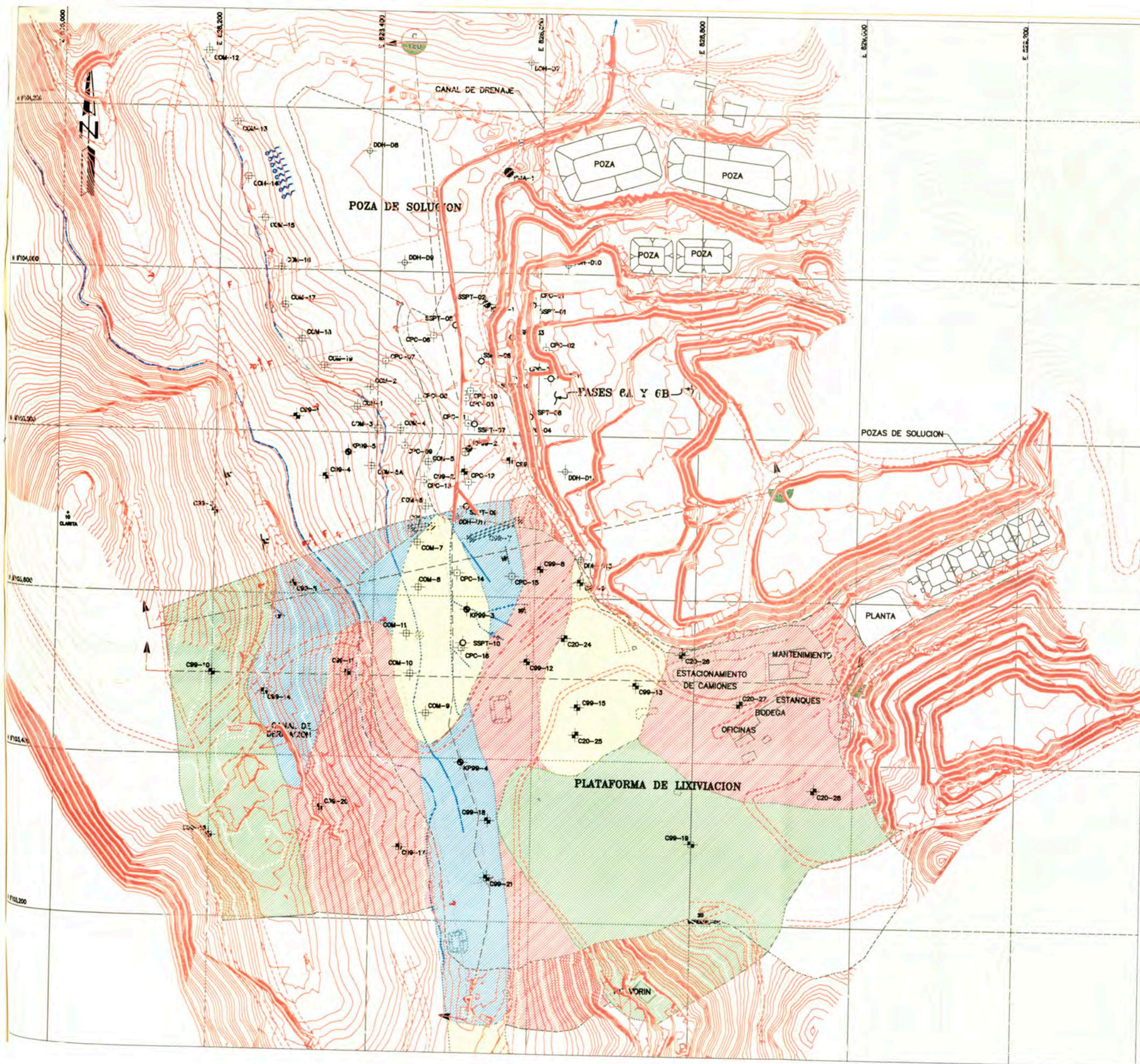
- 3550 CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- 4000 CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA Y ELEVACION EN METROS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- CAMINO EXISTENTE
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- OJO DE AGUA
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA
- PMA-1 POZO DE MONITOREO DE AGUA EXISTENTE (KNIGHT PIESOLD, AGO. 1999)
- PMA-2 POZO DE MONITOREO DE AGUA SUGERIDO
- PIEZOMETRO SUGERIDO

**NOTAS:**

1. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA REPRESENTAN EL FONDO DE LA COBERTURA SECUNDARIA (SOIL LINER) DENTRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION, EL FONDO DE LA CAPA DE RODADURA EN TODOS LOS ACCESOS Y EL FONDO DEL CANAL DE DERIVACION.
2. EL CANAL EXISTENTE DE DERIVACION DE AGUA HA SIDO RELOCALIZADO POR LA COMPAÑIA MINERA FUERA DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION. SU LOCALIZACION DEBERA SER VERIFICADA.
3. TODAS LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN SER REMOVIDAS O RELOCALIZADAS FUERA DE LA PLATAFORMA.
4. LAS TUBERIAS DE SOLUCION HACIAS LAS POZAS SERAN DISEÑADAS POR LA COMPAÑIA MINERA.



PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION			
TITULO	ARREGLO GENERAL PLATAFORMA DE LIXIVIACION POZA Y CANAL DE SOLUCION			
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING				
DISEÑADO POR	MF/EM	REVISADO POR	GD	PLANO No.
DIBUJADO POR	BC	APROBACION CLIENTE		3703 1999
				REV.

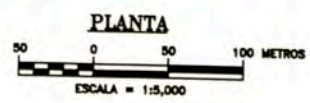


**LEYENDA:**

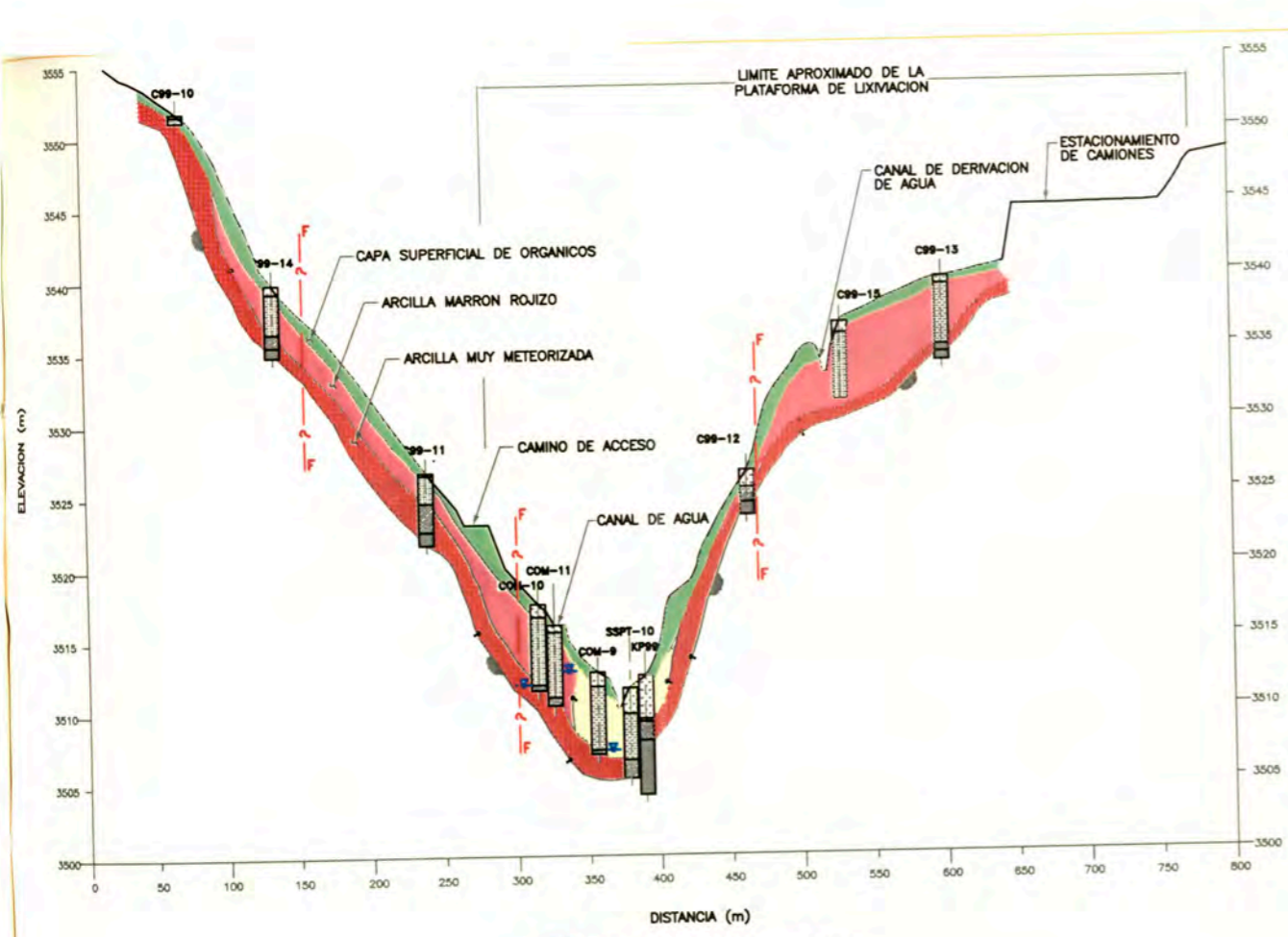
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- CAMINO EXISTENTE
- OJO DE AGUA EXISTENTE
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZO EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA
- FALLA GEOLOGICA (REFERENCIAL)
- SINCLINAL (REFERENCIAL)
- ESTRATIFICACION HORIZONTAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
- POZO DE MONITOREO DE AGUA (KNIGHT PIESOLD AGO. 1999)
- SONDAJES GEOTECNICOS (KNIGHT PIESOLD AGO. 1999)
- CALICATAS GEOTECNICAS (KNIGHT PIESOLD AGO. 1999)
- CALICATAS GEOTECNICAS (KNIGHT PIESOLD ENE. 2000)
- TRINCHERAS GEOTECNICAS (KNIGHT PIESOLD AGO. 2000)
- CALICATAS GEOTECNICAS DE LA C. M. (KNIGHT PIESOLD AGO. 1999)
- SONDAJES GEOTECNICOS DE CONTRATISTA (SET. 1998)
- CALICATAS GEOTECNICAS DE CONTRATISTA (SET. 1998)
- SONDAJES DIAMANTINOS DE C. M. (1998)
- ARCILLA BLANDA O ARCILLA ROJIZA
- FINOS Y ROCA MUY METEORIZADA (3-4 m)
- FINOS Y ROCA MUY METEORIZADA (1-2 m)
- CAPA SUPERFICIAL DE ORGANICOS SOBRE ROCA

**NOTAS:**

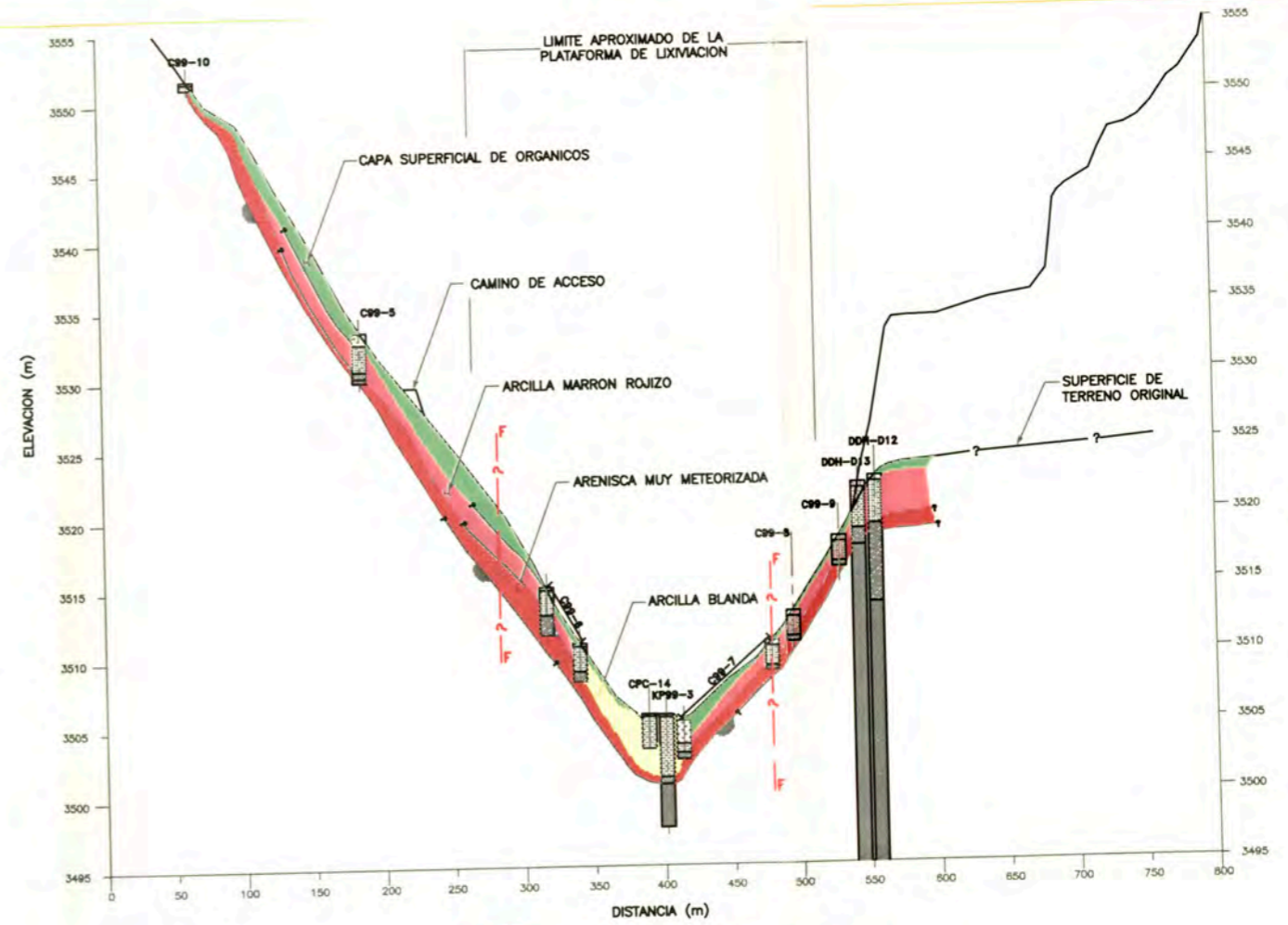
1. LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTE PLANO ESTA BASADA EN INSPECCIONES VISUALES REALIZADAS EN CAMPO Y EN UN NUMERO LIMITADO DE CALICATAS. LAS CONDICIONES QUE SE ENCUENTREN DURANTE LA CONSTRUCCION PUEDEN VARIAR SUSTANCIALMENTE.
2. LAS UBICACIONES DE LOS SONDAJES Y CALICATAS SSPT Y CPC HAN SIDO PROPORCIONADAS POR CONTRATISTAS.
3. LAS UBICACIONES DE LOS SONDAJES DIAMANTINOS (DDH) HAN SIDO PROPORCIONADAS POR LA C. M.
4. LAS UBICACIONES DE LAS CALICATAS DE (COM) HAN SIDO PROPORCIONADAS POR LA C. M.
5. LAS UBICACIONES DE LOS SONDAJES Y CALICATAS GEOTECNICAS (KP99 Y C99) HAN SIDO SELECCIONADAS POR KNIGHT PIESOLD Y LA INFORMACION TOPOGRAFICA PROPORCIONADA POR LA C. M.
6. LAS UBICACIONES DE LAS CALICATAS GEOTECNICAS (C20) HAN SIDO SELECCIONADAS POR KNIGHT PIESOLD Y LA INFORMACION TOPOGRAFICA PROPORCIONADA POR LA C. M.



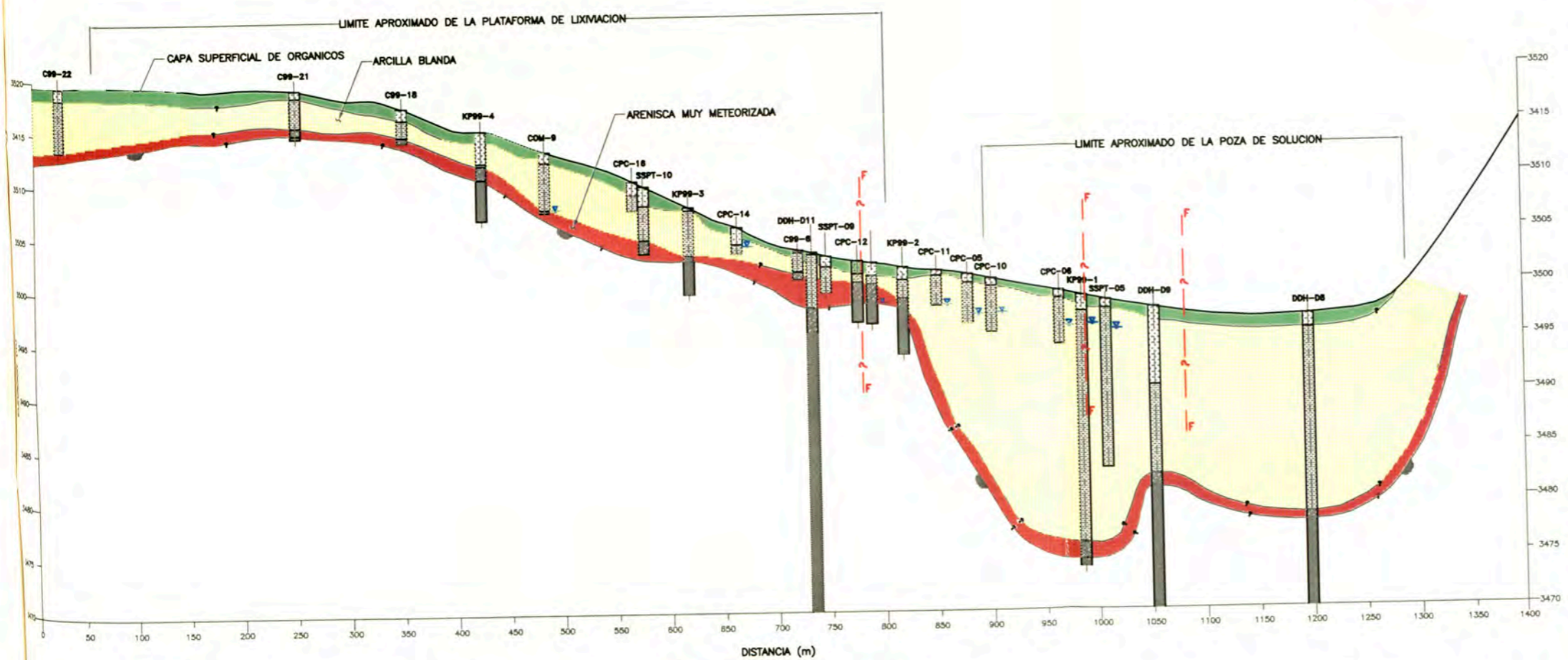
PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION			
TITULO	PLANO GEOTECNICO			
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING				
DISEÑADO POR	OA/KB	REVISADO POR	GD	PLANO No.
DIBUJADO POR	RC	APROBACION CLIENTE		3703 130
				REV. 0



**A CORTE AGUAS ARRIBA**  
110



**B CORTE AGUAS ABAJO**  
110

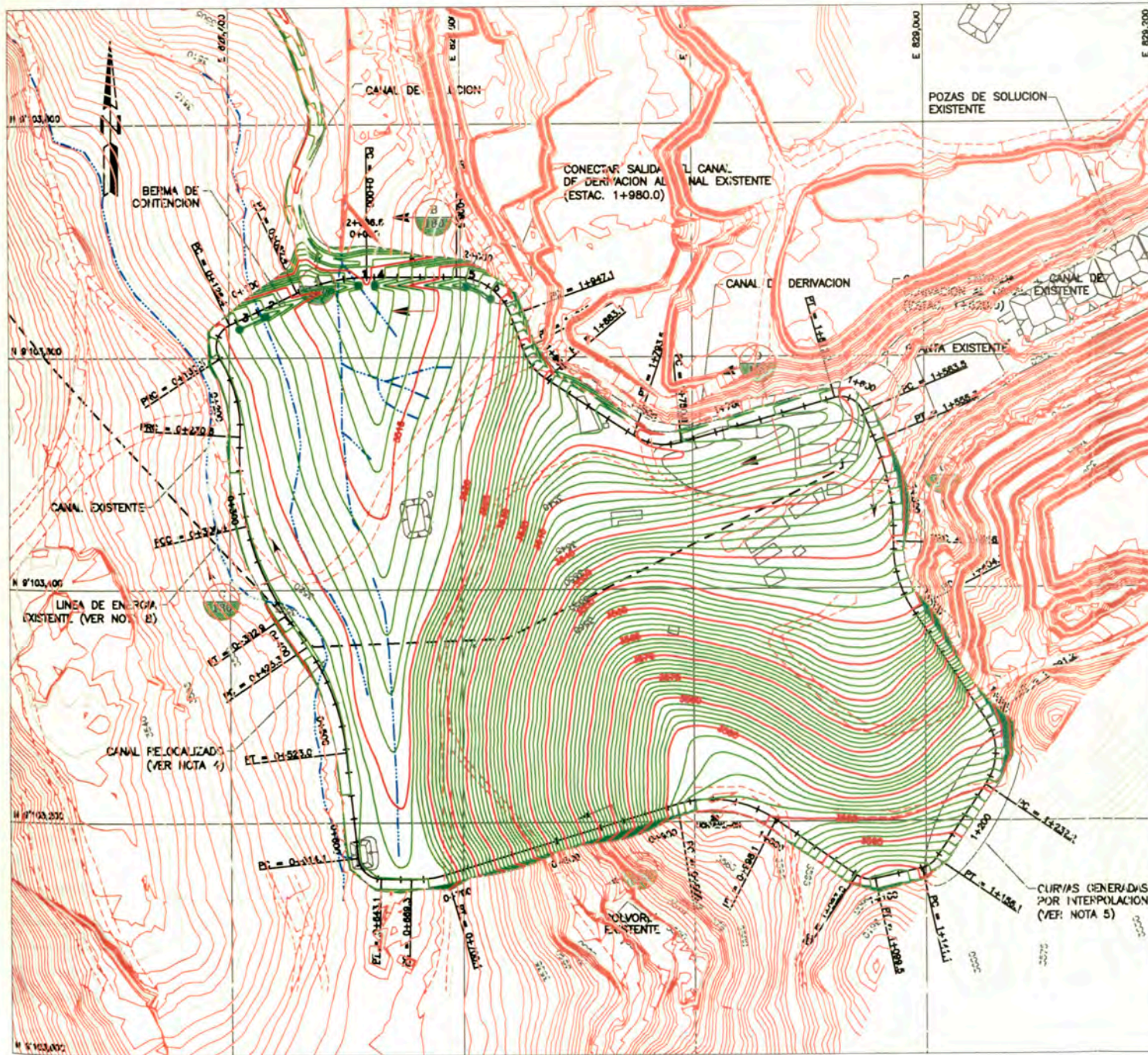


**C PERFIL LONGITUDINAL**  
110

- LEYENDA:**
- CAPA SUPERFICIAL DE ORGANICOS
  - ARCILLA BLANDA
  - ARCILLA MARRON ROJIZO
  - ARENISCA MUY METEORIZADA
  - ORGANICOS, ARCILLA
  - ARCILLA, BLANDA
  - ARCILLA, LIMO ARENOSA
  - ROCA MUY METEORIZADA
  - ROCA METEORIZADA
  - FALLA
  - LOCALIZACION APROXIMADA DEL NIVEL FREATICO
- NOTAS:**
1. LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTE PLANO ESTA BASADA EN INSPECCIONES VISUALES REALIZADAS EN CAMPO Y EN UN NUMERO LIMITADO DE CALICATAS. LAS CONDICIONES QUE SE ENCUENTREN DURANTE LA CONSTRUCCION PUEDEN VARIAR SUSTANCIALMENTE.
  2. PARA MAYORES DETALLES DE LOCALIZACION DE CALICATAS VER PLANO 3703-110



PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION			
TITULO	SECCIONES GEOTECNICAS			
<b>Knight Piésold CONSULTING</b>				
DISEÑADO POR	OA/KB	REVISADO POR	GD	PLANO No.
DIBUJADO POR	RC	APROBACION CLIENTE		3703-110
				REV. 0



**PLANTA**  
 50 0 50 100 METROS  
 ESCALA = 1:5,000

**DATOS DE REPLANTEO DE LA BERMA DE CONTENCION**

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
1	9103661.84	828512.05	3510.45
2	9103635.38	828431.98	3519.00
3	9103624.73	828409.34	3519.00
4	9103662.01	828526.27	3510.48
5	9103661.07	828605.68	3519.00
6	9103650.01	828626.56	3519.00

**LEYENDA:**

- 3550 CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- 3500 CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA Y ELEVACION EN METROS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- CAMINO EXISTENTE
- LINEA DE REFERENCIA DEL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION Y ESTACION
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA
- PC PUNTO DE COMIENZO DE CURVA
- PT PUNTO DE TERMINACION DE CURVA
- PRC PUNTO DE INTERSECCION DE CURVAS

**NOTAS:**

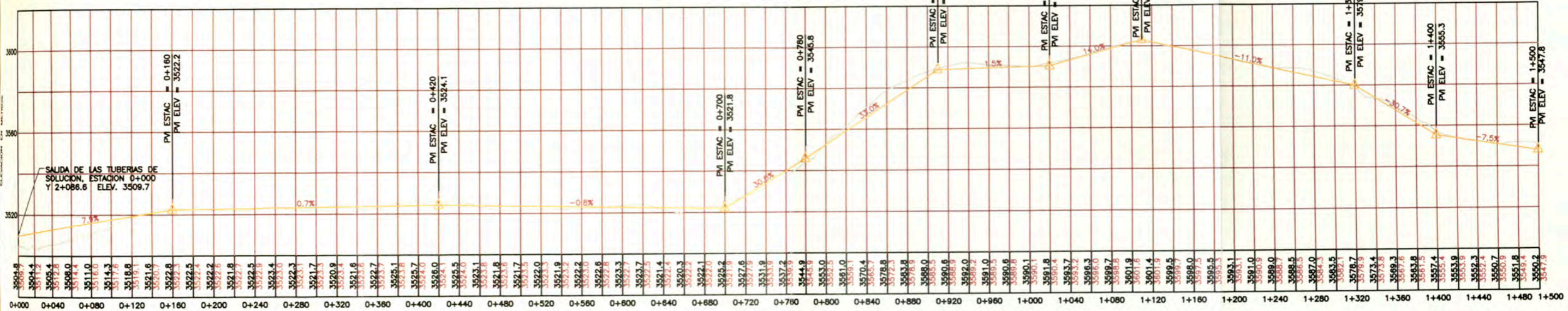
1. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA REPRESENTAN EL FONDO DE LA COBERTURA SECUNDARIA (SOIL LINER) DENTRO DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION, EL FONDO DE LA CAPA DE RODADURA EN TODOS LOS ACCESOS Y EL FONDO DEL CANAL DE DERIVACION.
2. EL TALUD EN CORTE ALREDEDOR DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION DEBERA SER ABATIDO SI DURANTE LA EXCAVACION SE ENCUENTRA ROCA SUELTA O CONDICIONES POBRES DE SUELO. EL TALUD FINAL EN ESTAS ZONAS DEBERA SER DETERMINADO POR EL INGENIERO.
3. TODO MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCION DEBERA SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO CON RELLENO COMUN COMPACTADO COMO SEA REQUERIDO POR EL INGENIERO.
4. EL CANAL EXISTENTE DE DERIVACION DE AGUA HA SIDO RELOCALIZADO POR COMARSA FUERA DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION. SU LOCALIZACION DEBERA SER VERIFICADA.
5. LAS CURVAS DE NIVEL, EN EL AREA QUE SE MUESTRA EN LA ESQUINA SURESTE DE LA PLATAFORMA, HAN SIDO GENERADAS POR INTERPOLACION SOBRE LA BASE DE LA TOPOGRAFIA ENTREGADA POR LA C. M. LA TOPOGRAFIA QUE SE PRESENTA DEBERA VERIFICARSE EN EL CAMPO.
6. REFERIRSE AL PLANO 3703-140 PARA EL CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DEL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION.
7. PARA EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS SE DEBERAN COLOCAR TODAS LAS ESTRUCTURAS QUE EL INGENIERO CONSIDERE NECESARIAS.
8. TODAS LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION DEBERAN SER REMOVIDAS O RELOCALIZADAS FUERA DE LA PLATAFORMA.
9. EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXVIACION INCLUYE UNA BERMA DE CONTENCION Y UN ACCESO DE 4 METROS DE ANCHO. EN ALGUNOS TRAMOS LA PENDIENTE ES MAYOR A 25% Y SE NECESITARAN ACCESOS ADICIONALES.

PROYECTO: PLATAFORMA DE LIXVIACION

TITULO: PLATAFORMA DE LIXVIACION  
 PLANO DE NIVELACION

**Knight Piésold**  
 CONSULTING

DISERADO POR	MF/EM	REVISADO POR	GD	PLANO No.	3703-139	REV.	0
DIBUJADO POR	RV	APROBACION CUENTE					

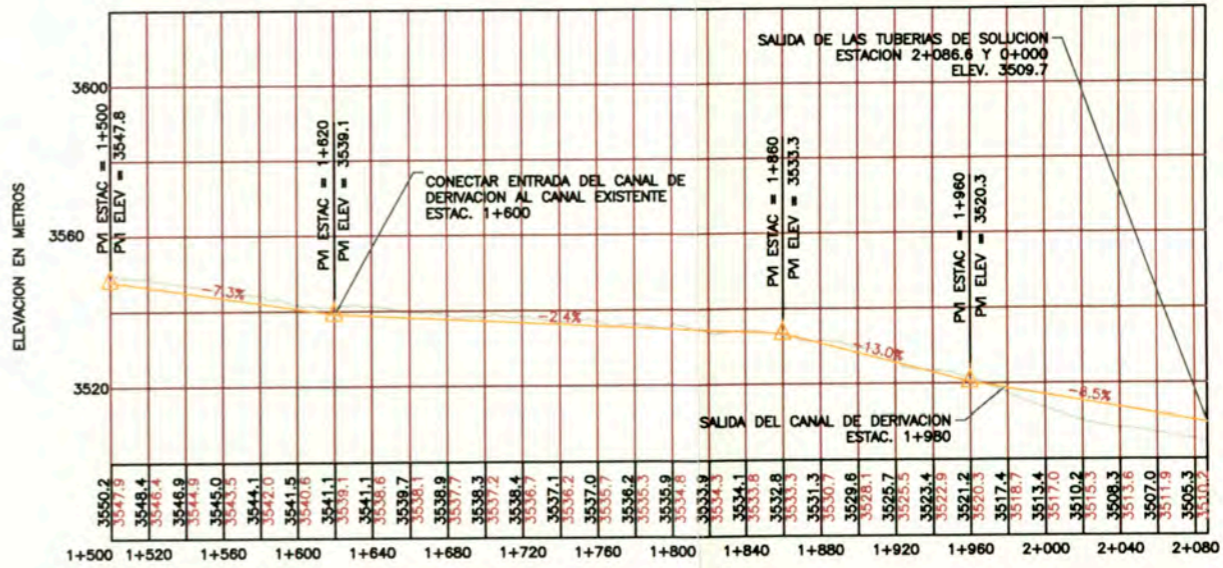


**PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION CONTROL HORIZONTAL**

Desc.	Estación	Datos de Curva	Norte	Este
PI	0+000		9103669.00	828518.77
PI	0+031.72		9103669.00	828487.05
PC	0+000	Datos de Curva Circular	9103669.00	828518.77
CC			9103526.97	828518.77
PT	0+062.42		9103655.50	828458.34
		Angulo: 25-10-58		
		Radio: 142.03		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 40-20-31		
PI	0+149.14		9103618.60	828379.87
PC	0+126.49	Datos de Curva Circular	9103628.24	828400.36
CC			9103610.14	828408.87
PT	0+160.39		9103599.46	828391.97
		Angulo: 97-06-16		
		Radio: 20.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 286-28-44		
PI	0+196.84		9103568.64	828411.44
PC	0+160.39	Datos de Curva Circular	9103599.46	828391.97
CC			9103539.55	828297.17
PT	0+230.87		9103532.27	828409.07
		Angulo: 36-00-39		
		Radio: 112.14		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 51-05-35		
PI	0+269.89		9103493.33	828406.53
PC	0+230.87	Datos de Curva Circular	9103532.27	828409.07
CC			9103514.18	828687.05
PT	0+308.41		9103455.19	828414.80
		Angulo: 15-56-59		
		Radio: 278.56		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 20-34-05		
PI	0+351.22		9103413.36	828423.86
PC	0+308.41	Datos de Curva Circular	9103455.19	828414.80
CC			9103502.11	828631.32
PT	0+392.98		9103377.91	828447.86
		Angulo: 21-52-19		
		Radio: 221.54		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 25-51-43		
PI	0+475.22		9103309.81	828493.96
PC	0+425.37	Datos de Curva Circular	9103351.09	828466.02
CC			9103238.96	828300.41
PT	0+523.07		9103260.25	828499.27
		Angulo: 27-59-17		
		Radio: 200.00		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 28-38-52		
PI	0+631.83		9103152.11	828510.85
PC	0+614.19	Datos de Curva Circular	9103169.65	828508.97
CC			9103171.78	828528.86
PT	0+643.11		9103151.78	828528.49
		Angulo: 82-50-01		
		Radio: 20.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 286-28-44		
PI	0+684.88		9103151.01	828570.25
PC	0+669.38	Datos de Curva Circular	9103151.30	828554.76
CC			9103251.28	828556.60
PT	0+700.13		9103155.43	828585.11
		Angulo: 17-37-07		
		Radio: 100.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 57-17-45		
PI	0+956.69		9103228.57	828831.02
PC	0+908.81	Datos de Curva Circular	9103214.92	828785.13
CC			9103119.06	828813.63
PT	0+998.12		9103201.37	828870.43
		Angulo: 51-10-25		
		Radio: 100.00		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 57-17-45		

**PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION CONTROL HORIZONTAL**

Desc.	Estación	Datos de Curva	Norte	Este
PI	1+091.77		9103148.18	828947.51
PC	1+083.02	Datos de Curva Circular	9103153.15	828940.30
CC			9103169.61	828951.68
PT	1+099.52		9103150.10	828956.05
		Angulo: 47-16-50		
		Radio: 20.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 286-28-44		
PI	1+149.01		9103160.95	829004.34
PC	1+141.10	Datos de Curva Circular	9103159.21	828996.61
CC			9103178.73	828992.23
PT	1+156.17		9103167.50	829008.78
		Angulo: 43-10-39		
		Radio: 20.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 286-28-44		
PI	1+265.69		9103258.13	829070.26
PC	1+232.25	Datos de Curva Circular	9103230.46	829051.49
CC			9103258.53	829010.11
PT	1+291.20		9103286.05	829051.85
		Angulo: 67-33-13		
		Radio: 50.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 114-35-30		
PI	1+436.55		9103407.40	828971.84
PC	1+404.37	Datos de Curva Circular	9103380.53	828989.55
CC			9103435.58	829073.04
PT	1+466.65		9103439.56	828973.12
		Angulo: 35-40-57		
		Radio: 100.00		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 57-17-45		
PI	1+511.67		9103484.55	828974.91
PC	1+466.65	Datos de Curva Circular	9103439.56	828973.12
CC			9103447.81	828766.15
PT	1+555.32		9103526.22	828957.86
		Angulo: 24-31-37		
		Radio: 207.14		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 27-39-39		
PI	1+601.43		9103568.90	828940.41
PC	1+583.53	Datos de Curva Circular	9103552.33	828947.18
CC			9103544.76	828928.67
PT	1+612.73		9103564.00	828923.19
		Angulo: 83-39-56		
		Radio: 20.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 286-28-44		
PI	1+773.64		9103519.89	828768.45
PC	1+750.90	Datos de Curva Circular	9103526.12	828790.32
CC			9103574.20	828776.61
PT	1+793.58		9103532.27	828749.38
		Angulo: 48-54-36		
		Radio: 50.00		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 114-35-30		
PI	1+900.01		9103590.23	828660.12
PC	1+883.10	Datos de Curva Circular	9103581.03	828674.30
CC			9103622.96	828701.53
PT	1+915.71		9103606.15	828654.44
		Angulo: 37-21-27		
		Radio: 50.00		
		Tipo: DERECHA		
		DOC: 114-35-30		
PI	1+982.43		9103669.00	828632.01
PC	1+947.19	Datos de Curva Circular	9103635.81	828643.85
CC			9103619.00	828596.76
PT	2+008.59		9103669.00	828596.76
		Angulo: 70-21-24		
		Radio: 50.00		
		Tipo: IZQUIERDA		
		DOC: 114-35-30		
PI	2+086.58		9103669.00	828518.77



**PERFIL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION**  
 ESCALA HORIZONTAL = 1:4,000  
 ESCALA VERTICAL = 1:2,000  
 EXAGERACION VERTICAL = 2X

**LEYENDA:**

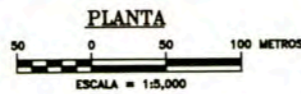
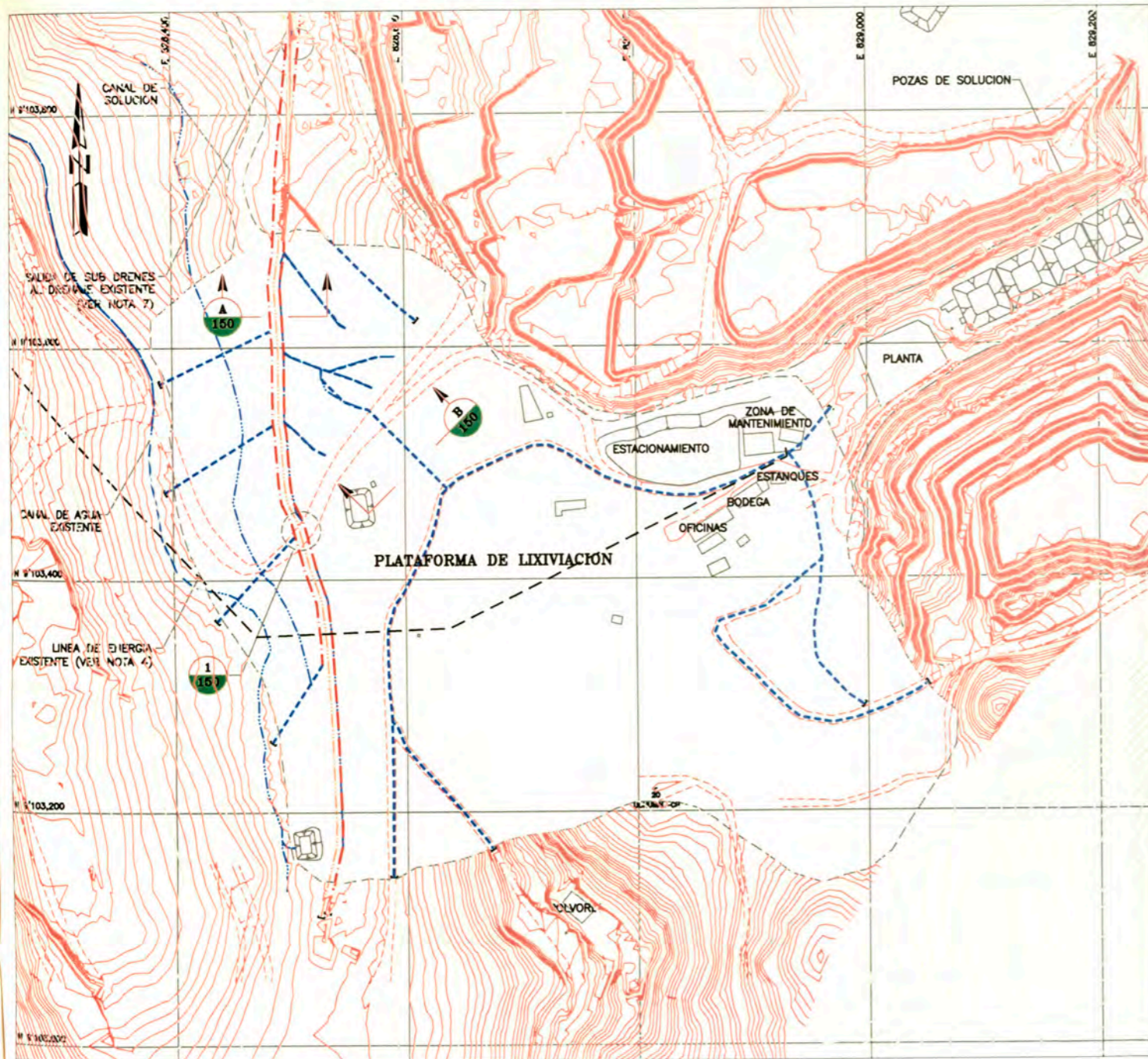
- SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
- SUPERFICIE DEL TERRENO NIVELADO
- ELEVACION DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE, EN METROS
- ELEVACION DE LA LINEA DE REFERENCIA DE LA SUPERFICIE NIVELADA, EN METROS
- PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL, PM

**NOTAS:**

1. LOS PUNTOS DE CONTROL PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEBERAN SER PROPORCIONADOS POR LA COMPANIA MINERA.
2. TODOS LOS DATOS DE CONFIGURACION DE LA PLATAFORMA DEBERAN SER APROBADOS POR EL INGENIERO ANTES DE SU CONSTRUCCION. SI LA TOPOGRAFIA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA QUE SE MUESTRA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DEBERA AJUSTAR EL DISEÑO PARA SALVAR ESTOS IMPREVISTOS.

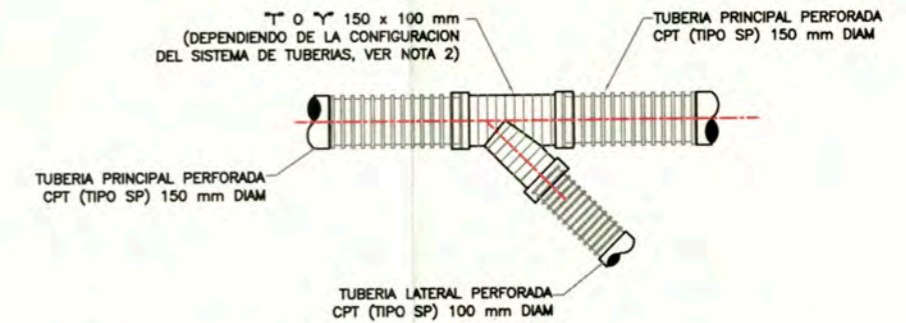
PROYECTO: PLATAFORMA DE LIXIVIACION  
 TITULO: PLATAFORMA DE LIXIVIACION  
 PERFIL Y CONTROL HORIZONTAL





**LEYENDA:**

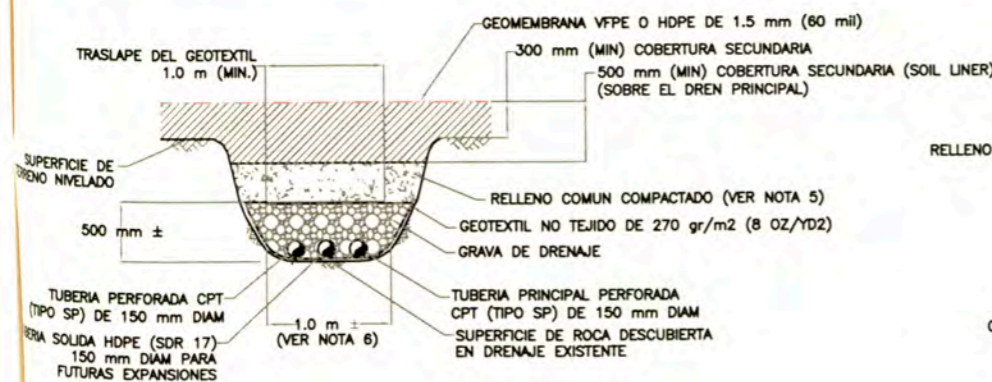
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- CAMINO EXISTENTE
- DRENAJE EXISTENTE
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZO EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- SUB DREN PRINCIPAL, TUBERIA PERFORADA CPT (TIPO SP) DE 150 mm DIAM
- SUB DREN LATERAL, TUBERIA PERFORADA CPT (TIPO SP) DE 100 mm DIAM
- SUB DREN PRINCIPAL, TUBERIA SOLIDA HDPE (SDR 17) DE 150mm DIAM PARA FUTURAS EXPANSIONES
- TAPA DE TUBERIA



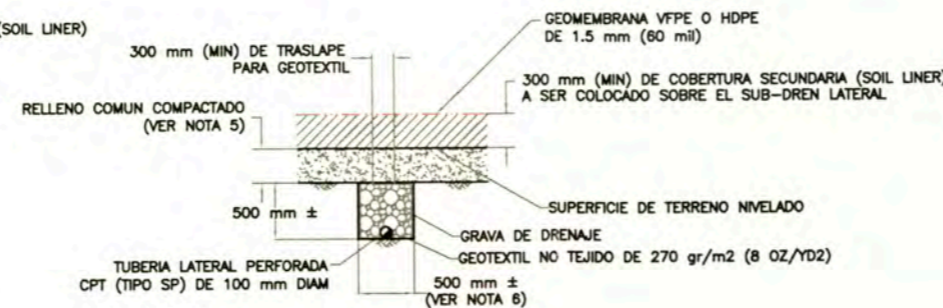
**1 CONEXION TIPICA DE TUBERIA PERFORADA CPT 100 mm DIA A TUBERIA PERFORADA CPT 150mm DIA**  
S/E

**NOTAS:**

1. LA LOCALIZACION DE SUB DRENES DEBERA SER AJUSTADA EN EL CAMPO POR EL INGENIERO PARA INTERCEPTAR CUALQUIER FILTRACION DE AGUA U OJOS DE AGUA NO PREVISTOS. EL INGENIERO DEBERA AUMENTAR EL NUMERO DE SUB DRENES TANTO COMO CONSIDERE NECESARIO.
2. TODAS LAS CONEXIONES DE TUBERIAS DEBERAN SER CONECTADAS CON UNIONES Y ACCESORIOS T o Y PREFABRICADAS POR EL PROVEEDOR DE TUBERIAS. TODAS LAS UNIONES DEBERAN SER ASEGURADAS A LA TUBERIA USANDO AMARRES DE ALAMBRE EN AMBOS LADOS DE LA CONEXION.
3. TODOS LOS TERMINALES DE TUBERIAS DE COLECCION EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DEBERAN SER IDENTIFICADOS TOPOGRAFICAMENTE Y MARCADOS CON ESTACAS O BANDERAS PARA FACILITAR SU UBICACION EN EL FUTURO.
4. TODAS LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES DENTRO DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION DEBERAN SER REMOVIDAS O RELOCALIZADAS FUERA DE LA PLATAFORMA.
5. EL ESPESOR DEL RELLENO COMPACTADO SOBRE EL SUB DREN PRINCIPAL O LATERAL VARIA DE ACUERDO A LA NIVELACION FINAL DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION. VER PLANO 3703-130.
6. EN ZONAS DONDE SE ENCUENTRE SALIDAS DE AGUA, EL ANCHO DE LA ZANJA DEL SUB-DREN DEBERA AUMENTARSE PARA CUBRIR TODA EL AREA DE SALIDA DE AGUA.
7. LAS TUBERIAS DE SUB-DREN PRINCIPAL DEBERAN EXTENDERSE EN DIRECCION NORTE, CON UNA PENDIENTE MINIMA DE 1% QUE PERMITA FLUJO POR GRAVEDAD HACIA EL NORTE, HASTA ENCONTRAR SALIDA AL TERRENO NATURAL.

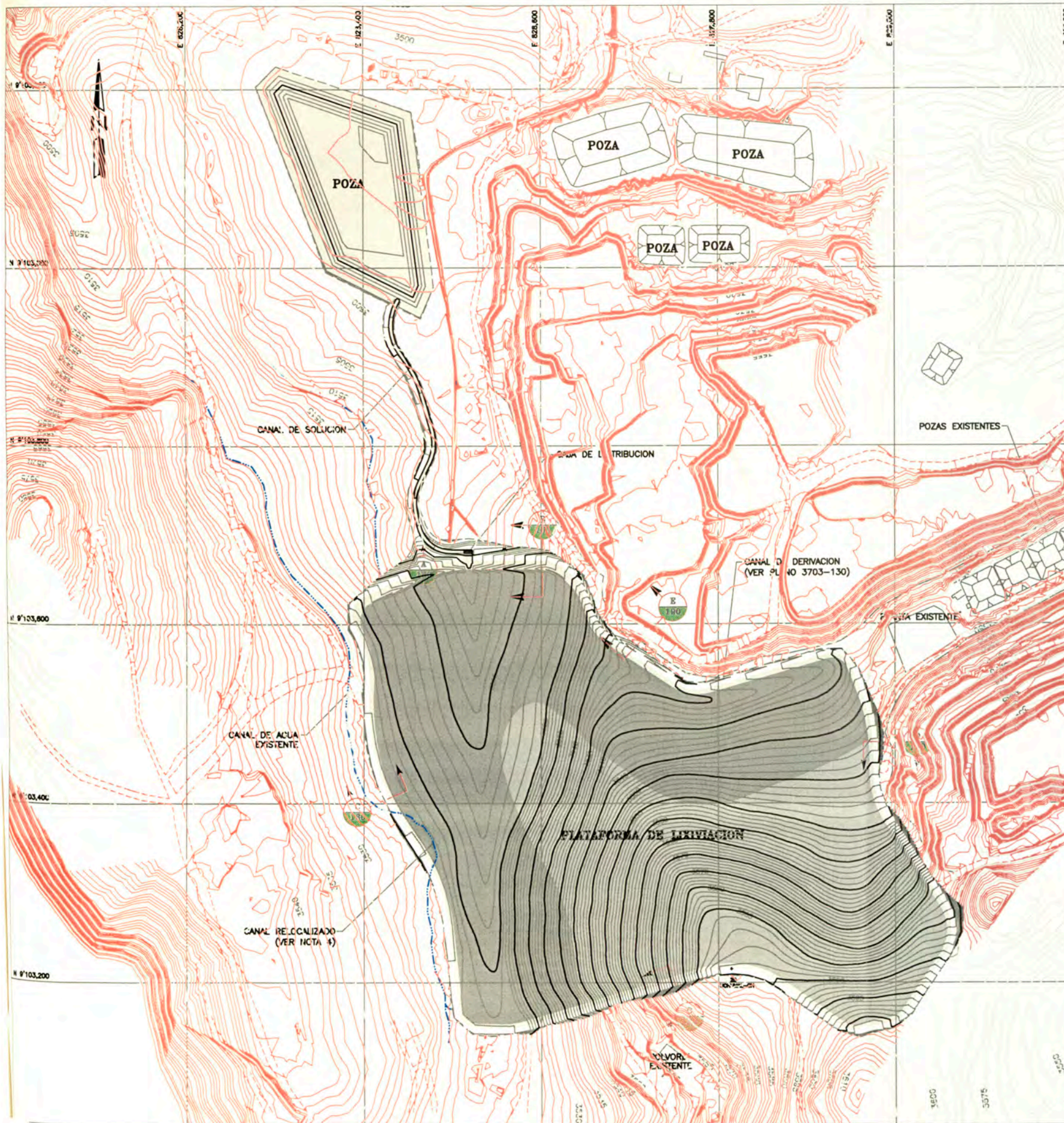


**A BASE SUB DREN PRINCIPAL**  
S/E



**B SUB DREN LATERAL TIPICO**  
S/E

PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVACION			
TITULO	PLATAFORMA DE LIXIVACION PLANO DE SUB-DRENES			
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING				
DISEÑADO POR	EM	REVISADO POR	GD	PLANO No.
DIBUJADO POR	RV	APROBACION CLIENTE		3703 153
				REV. 0



PLANTA  
ESCALA 1:5,000

**LEYENDA:**

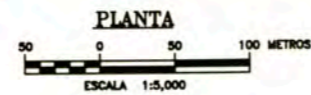
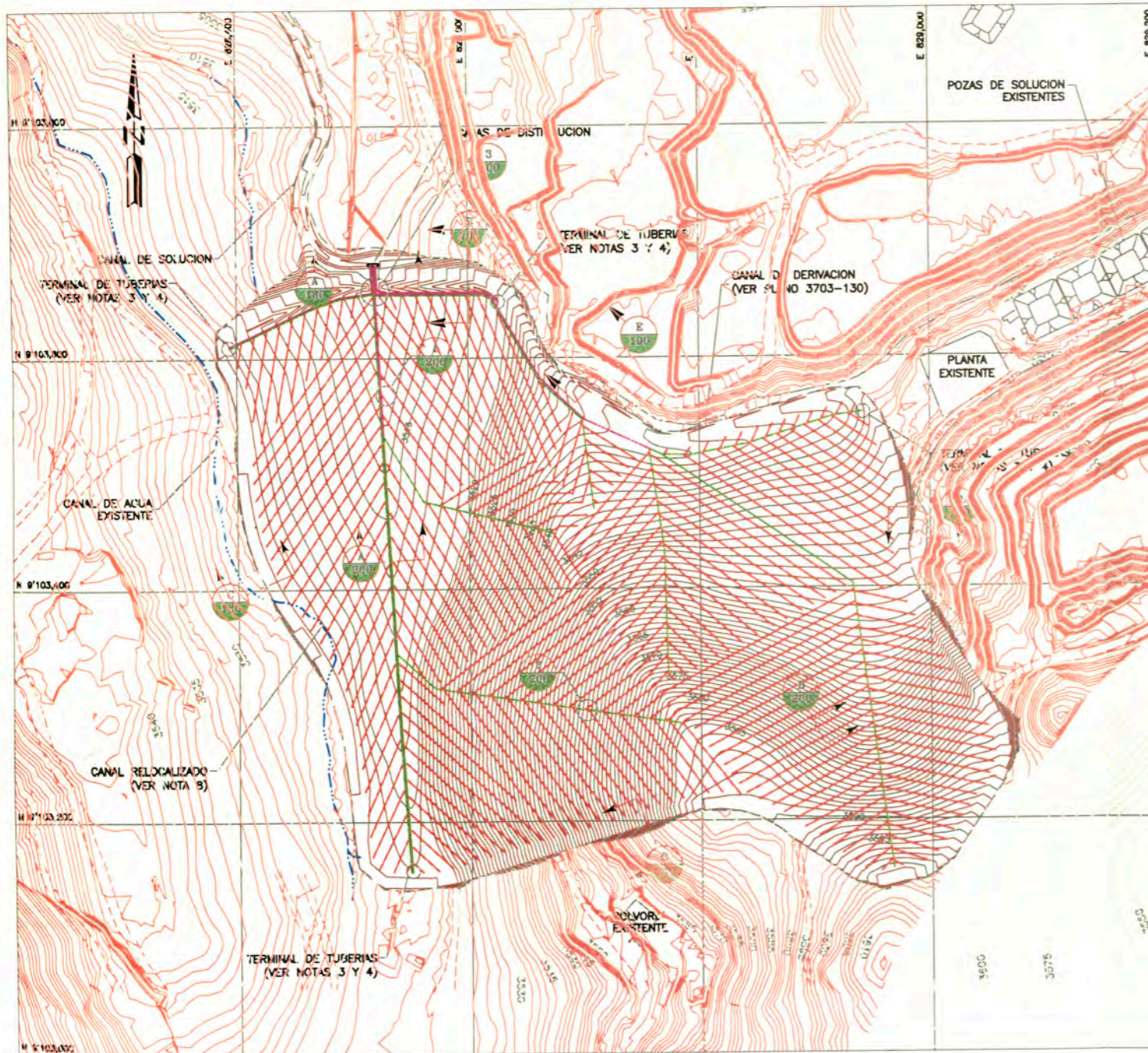
- 3550 CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA Y ELEVACION EN METROS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- CAMINO EXISTENTE
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA
- GEOMEMBRANA HDPE LISA DE 1.5 mm (60 mil)
- GEOMEMBRANA VFPE LISA DE 1.5 mm (60 mil)
- GEOMEMBRANA VFPE DOBLE TEXTURADA DE 1.5 mm (60 mil)

**NOTAS:**

1. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA REPRESENTAN EL FONDO DE LA COBERTURA SECUNDARIA (SOIL LINER) DENTRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION, EL FONDO DE LA CAPA DE RODADURA EN TODOS LOS ACCESOS Y EL FONDO DEL CANAL DE DERNACION.
2. EL TALUD EN CORTE ALREDEDOR DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION DEBERA SER ABATIDO SI DURANTE LA EXCAVACION SE ENCUENTRA ROCA SUELTA O CONDICIONES POBRES DE SUELO. EL TALUD FINAL EN ESTAS ZONAS DEBERA SER DETERMINADO POR EL INGENIERO.
3. TODO MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCION DEBERA SER ELIMINADO Y REEMPLAZADO CON RELLENO COMUN COMPACTADO COMO SEA REQUERIDO POR EL INGENIERO.
4. EL CANAL DE AGUA EXISTENTE HA SIDO RELOCALIZADO POR LA C. M., FUERA DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION. SU LOCALIZACION DEBERA SER VERIFICADA ANTES DE INICIAR LA OPERACION DE DESBROCE.
5. PARA EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS SE DEBERAN COLOCAR TODAS LAS ESTRUCTURAS QUE EL INGENIERO CONSIDERE NECESARIAS.
6. TODAS LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVACION DEBERAN SER REMOVIDAS O RELOCALIZADAS FUERA DE LA PLATAFORMA.

PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVACION			
TITULO	CONFIGURACION DE GEOSINTETICOS			
<b>Knight Piésold CONSULTING</b>				
DISERADO POR	EM/GB	REVISADO POR	GD	PLANO No.
DIBUJADO POR	RV	APROBACION CLIENTE		3703 160
				REV. 0





**LEYENDA:**

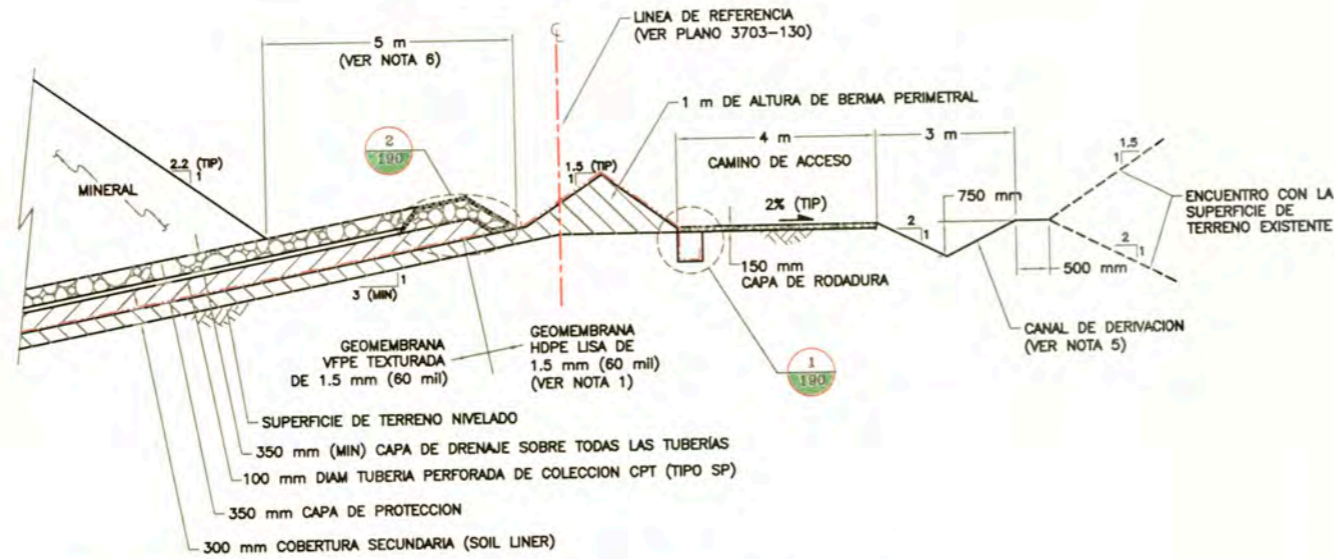
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA Y ELEVACION EN METROS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- CAMINO EXISTENTE
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- TUBERIA COLECTORA PERFORADA CPT DE 100 mm DIAM (TIPO SP)
- TUBERIA COLECTORA PERFORADA CPT DE 300 mm DIAM (TIPO SP)
- TUBERIA COLECTORA SOLIDA CPT DE 300 mm DIAM (TIPO S)
- TUBERIA PRINCIPAL PERFORADA CPT DE 450 mm DIAM (TIPO SP)
- TUBERIA PRINCIPAL SOLIDA CPT DE 450 mm DIAM (TIPO S)

**NOTAS:**

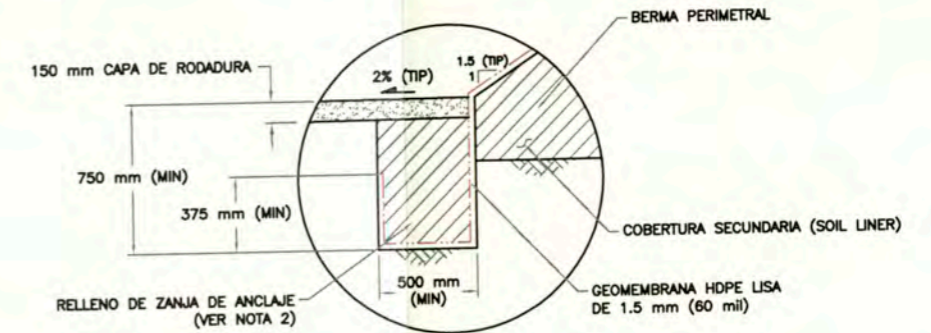
1. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA REPRESENTAN EL FONDO DE LA COBERTURA SECUNDARIA (SOIL LINER) DENTRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION, EL FONDO DE LA CAPA DE RODADURA EN TODOS LOS ACCESOS Y EL FONDO DEL CANAL DE DERIVACION.
2. LA SUPERFICIE FINAL NIVELADA SE MUESTRA EN DETALLE EN EL PLANO 3703-130.
3. TODOS LOS TERMINALES DE TUBERIAS DE COLECCION EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION SERAN CUBIERTOS CON TAPAS FABRICADAS POR EL PROVEEDOR DE TUBERIAS.
4. TODOS LOS TERMINALES DE TUBERIAS DE COLECCION QUE ACABEN EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN SER IDENTIFICADOS TOPOGRAFICAMENTE Y MARCADOS CON ESTACAS O BANDERAS PARA FACILITAR SU UBICACION EN EL FUTURO.
5. LAS SECCIONES Y DETALLES DEL SISTEMA DE TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION SE MUESTRAN EN EL PLANO 3703-200.
6. TODAS LAS CONEXIONES DE TUBERIAS DEBERAN SER FORMADAS UTILIZANDO SUMINISTROS, TEES, IES Y ACOPLER FABRICADOS POR EL PROVEEDOR DE TUBERIAS, EXCEPTO PARA EL ENCUENTRO DE TUBERIAS DE COLECCION DE 100 mm DIAM CON LA TUBERIA PRINCIPAL DE 450 mm DIAM (VER DETALLE EN EL PLANO 3703-200). TODAS LAS UNIONES DEBERAN SER ASEGURADAS A LA TUBERIA USANDO AMARRES DE ALAMBRE EN AMBOS LADOS DE LA CONEXION.
7. TODO EL SISTEMA DE TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION DEBERA TENER UNA COBERTURA MINIMA DE 350 mm DE MATERIAL DE DRENAJE.
8. EL CANAL DE AGUA EXISTENTE HA SIDO RELOCALIZADO POR COMARSA FUERA DE LOS LIMITES DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION. SU LOCALIZACION DEBERA SER VERIFICADA ANTES DE INICIAR TRABAJOS DE CONSTRUCCION.

PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION				
TITULO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION SISTEMA DE TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION				
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING					
DISEÑADO POR	EM/GB	REVISADO POR	GD	PLANO No.	REV.
DIBUJADO POR	RV	APROBACION CLIENTE		3703-170	0

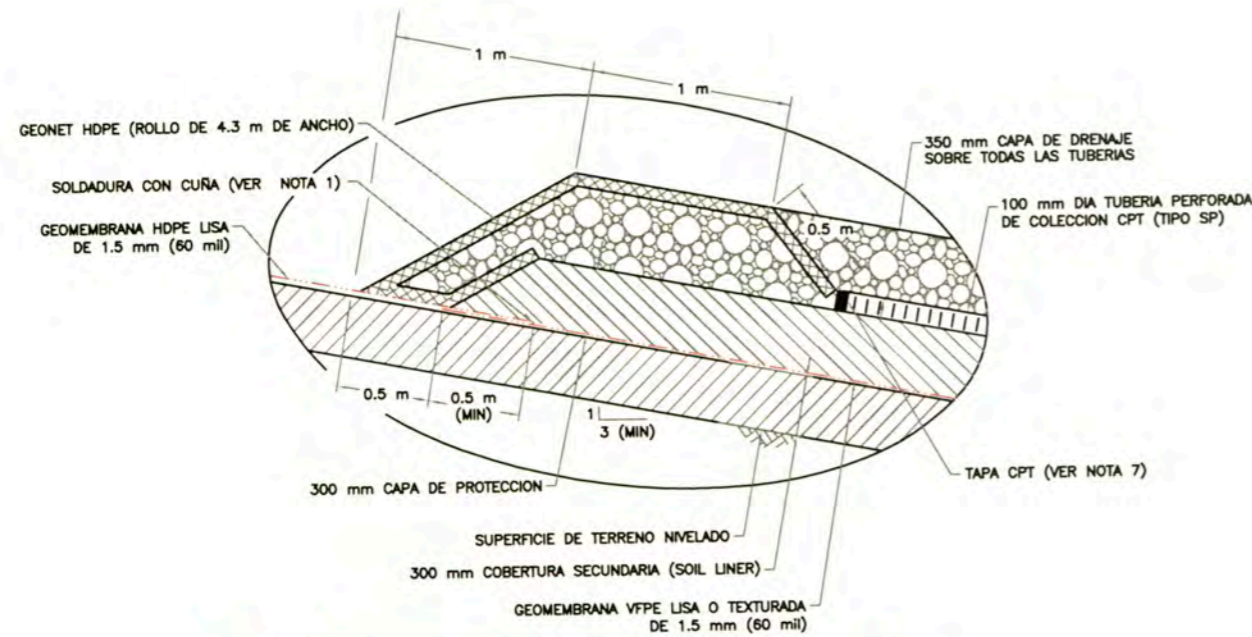




**E 130 E 160 E 170 PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION ESTACION 1+620 A 1+980 S/E**



**1 180 1 190 ANCLAJE TIPICO DE GEOMEMBRANA S/E**

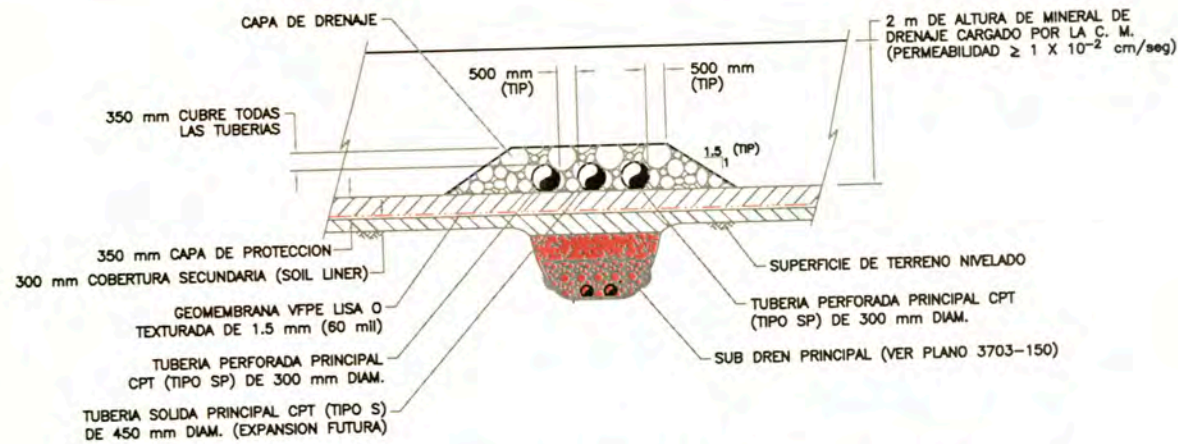


**2 180 2 190 TERMINACION DE LA CAPA DE PROTECCION CONTRA EROSION S/E**

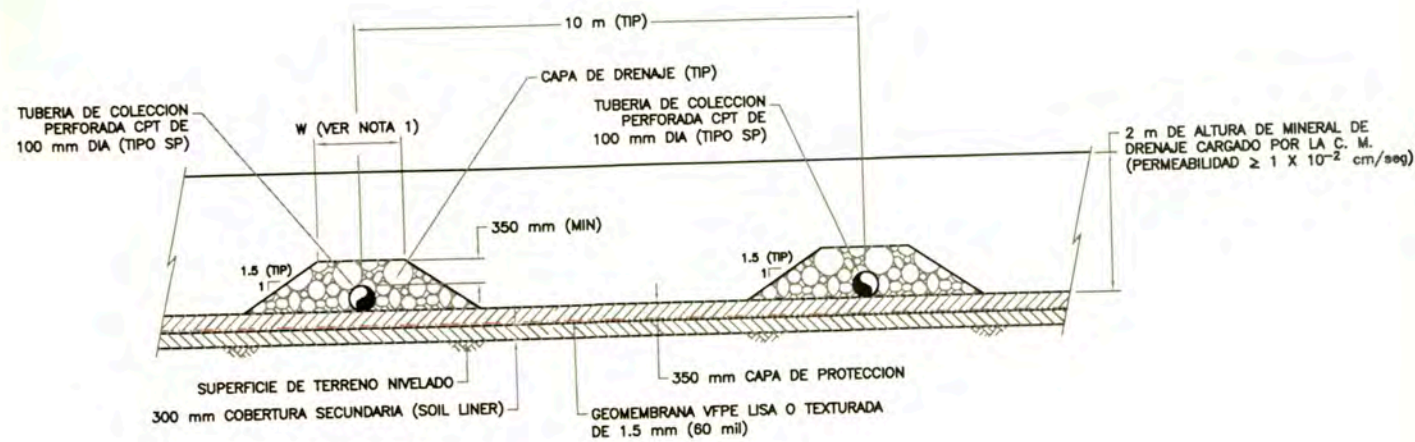
**NOTAS:**

1. LA SOLDADURA CON CUÑA DE LA GEOMEMBRANA HDPE LISA DE 1.5 mm (60 mil) A LA GEOMEMBRANA VFPE TEXTURADA DE 1.5 mm (60 mil) DEBERA HACERSE CON LA GEOMEMBRANA HDPE SOBRE LA GEOMEMBRANA VFPE EN DIRECCION AGUAS ABAJO. LA TERMINACION DE LA CAPA DE PROTECCION CONTRA EROSION SE DEBERA COLOCAR A 1 m (MIN) SOBRE LA GEOMEMBRANA HDPE PARA ASEGURAR QUE LA GEOMEMBRANA VFPE NO QUEDA EXPUESTA SIN PROTECCION.
2. EL RELLENO DE ZANJAS DE ANCLAJE DEBERA SER CON MATERIAL COMPACTADO DE GRADACION FINA LIBRE DE EXCESO DE GRAVAS. EL MATERIAL PARA LA COBERTURA SECUNDARIA (SOIL LINER) O EL MATERIAL DE CAPA DE PROTECCION SON APROPIADOS PARA SU USO COMO RELLENO.
3. TODO RELLENO DEBERA SER COLOCADO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.
4. LA BERMA DE SEGURIDAD SE CONSTRUYE EN ZONAS DE RELLENO DE MAS DE 1 METRO.
5. EL CANAL DE DERIVACION DEBERA SER REVESTIDO CON ALGUN TIPO DE VEGETACION QUE PROTEJA EL SUELO CONTRA EROSION.
6. LA CAPA DE DRENAJE SE DEBERA COLOCAR ALREDEDOR DE TODO EL PERIMETRO EXPUESTO DE LA PLATAFORMA PARA PROTEGER LA CAPA DE PROTECCION CONTRA LA EROSION.
7. TODOS LOS TERMINALES DE TUBERIAS DE COLECCION EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION SERAN CUBIERTOS CON TAPAS FABRICADAS POR EL PROVEEDOR DE TUBERIAS.

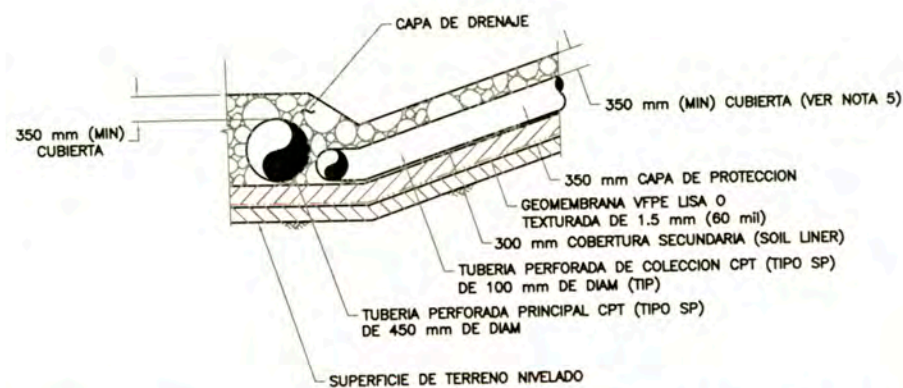
PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION				
TITULO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION SECCIONES Y DETALLES HOJA 2 DE 2				
<b>Knight Piésold CONSULTING</b>					
DISEÑADO POR	JT	REVISADO POR	GD	PLANO No.	3703 190
DIBUJADO POR	JT	APROBACION CLIENTE			REV. 0



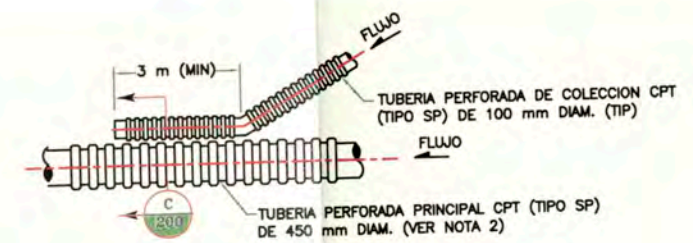
**A** TUBERIAS DE COLECCION A TRAVES DEL DRENAJE PRINCIPAL  
170 S/E



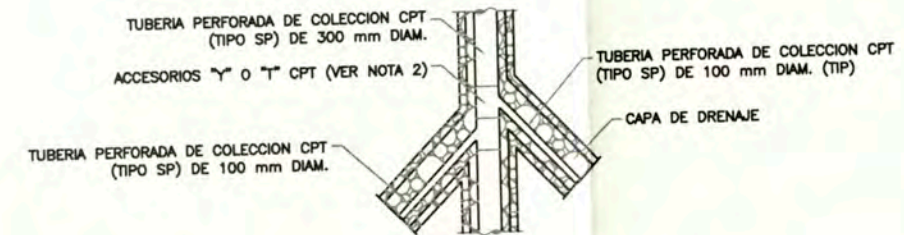
**B** SECCION TIPICA DE LA PLATAFORMA A TRAVES DE TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION  
170 S/E



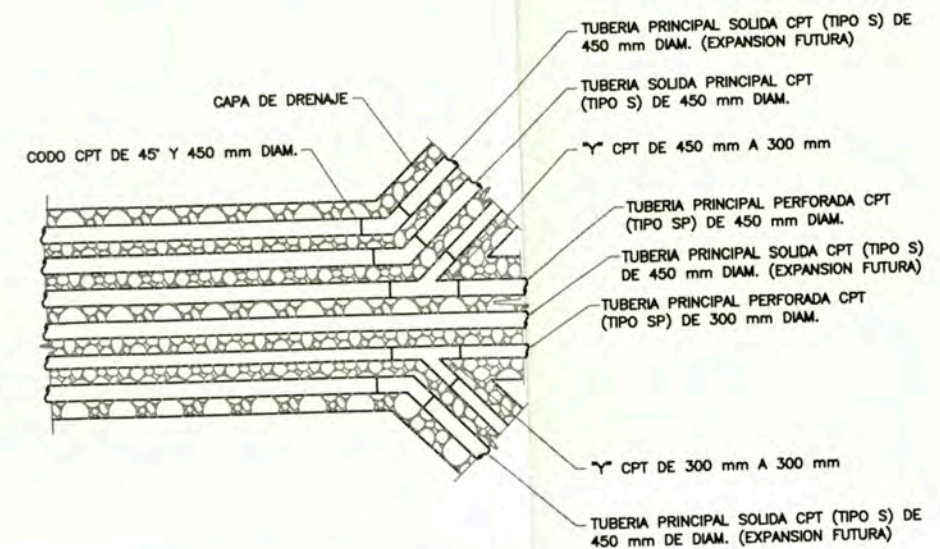
**C** ENCUENTRO DE TUBERIA DE COLECCION CPT DE 100 mm DIAM. CON TUBERIA PRINCIPAL 450 mm DE DIAM.  
200 S/E



**1** ENCUENTRO DE TUBERIA DE COLECCION DE 100 mm DIAM. CON TUBERIA PRINCIPAL DE 450 mm DIAM.  
170 S/E



**2** ENCUENTRO DE TUBERIA DE COLECCION DE 100 mm DIAM. A 300 mm DIAM.  
170 S/E

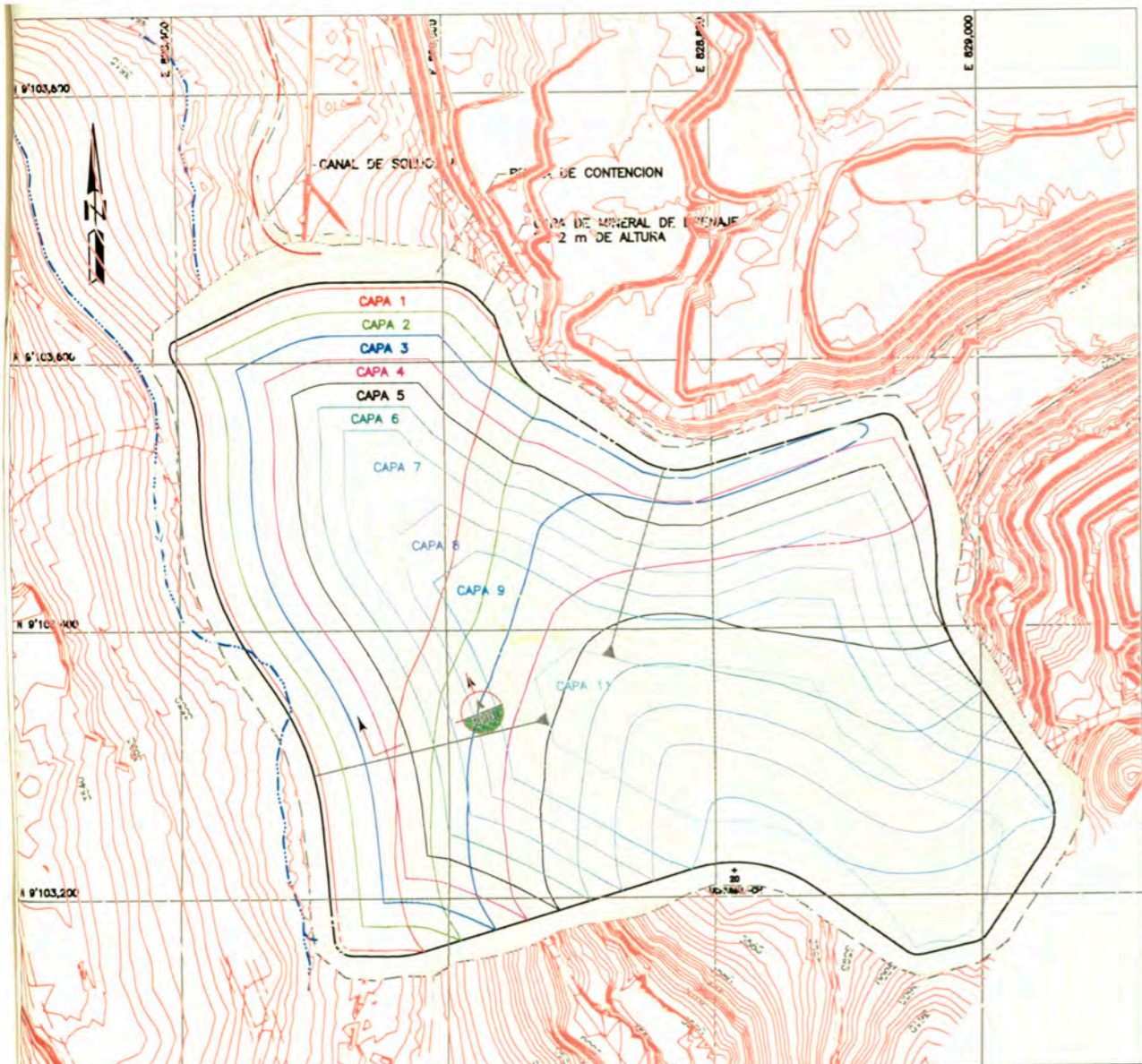


**3** ENCUENTRO DE TUBERIAS PRINCIPALES DE LA PRIMERA ETAPA Y EXPANSIONES FUTURAS  
170 S/E

**NOTAS:**

- LA DIMENSION "W" DE LA SECCION B VARIA DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LAS TUBERIAS DE COLECCION:
  - TUBERIA DE 100 mm DE DIAMETRO REQUIERE 600 mm DE ANCHO DE CAPA DE DRENAJE
  - TUBERIA DE 300 mm DE DIAMETRO REQUIERE 900 mm DE ANCHO DE CAPA DE DRENAJE
  - TUBERIA DE 450 mm DE DIAMETRO REQUIERE 1200 mm DE ANCHO DE CAPA DE DRENAJE.
- TODAS LAS CONEXIONES DE TUBERIAS DEBERAN SER FORMADAS UTILIZANDO SUMINISTROS, TEES, IES Y COPLAS FABRICADOS INDUSTRIALMENTE, EXCEPTO PARA EL ENCUENTRO DE TUBERIAS DE COLECCION DE 100 mm DE DIAMETRO CON TUBERIA PRINCIPAL DE 450 mm DE DIAMETRO (VER DETALLE). TODAS LAS CONEXIONES DE TUBERIAS DEBERAN SER ASEGURADAS A LA TUBERIA USANDO AMARRES ALREDEDOR DE AMBAS TERMINACIONES DE LA CONEXION. DONDE SE UTILIZEN COPLAS, LA COSTURA DE ESTAS DEBERA SER GIRADA HACIA LA TUBERIA.
- TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN TAPARSE CON TAPAS PROVEIDAS POR EL FABRICANTE.
- TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERIAS EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN SER MARCADAS CON ESTACAS O BANDERAS PARA SU FACIL IDENTIFICACION Y FUTURO ENCUENTRO.
- TODAS LAS TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION TENDRAN 350 mm DE CUBIERTA MINIMA DE CAPA DE DRENAJE.

PROYECTO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION		
TITULO	PLATAFORMA DE LIXIVIACION SISTEMA DE TUBERIAS DE COLECCION DE SOLUCION - SECCIONES Y DETALLES		
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING			
DISEÑADO POR	GB	REVISADO POR	GD
DIBUJADO POR	RV	APROBACION CLIENTE	
PLANO No.	3703	REV.	0

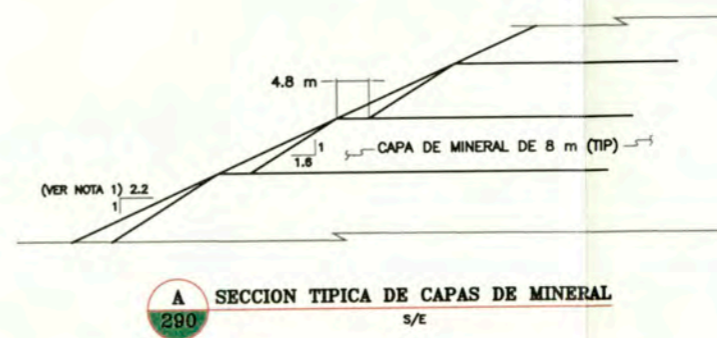


**PLANTA**  
ESCALA 1:5,000

NUMERO DE CAPA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	TONELAJE DE LA CAPA	TONELAJE ACUMULADO
0	59,329				
1	58,873	119,202	119,202	202,643	202,643
2	58,994	475,469	594,671	808,297	1,010,940
3	62,058	484,208	1,078,878	823,153	1,834,093
4	67,446	518,017	1,596,896	880,629	2,714,722
5	70,814	553,041	2,149,936	940,169	3,654,891
6	69,704	562,072	2,712,008	955,522	4,610,413
7	65,022	538,905	3,250,913	916,139	5,526,552
8	56,975	487,988	3,738,901	829,580	6,356,132
9	53,500	441,901	4,180,802	751,231	7,107,363
10	45,329	395,316	4,576,118	672,038	7,779,401
11	31,230	306,235	4,882,353	520,599	8,300,000

**LEYENDA:**

- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE Y ELEVACION EN METROS
- CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA Y ELEVACION EN METROS
- LIMITE DE CORTE O RELLENO
- CAMINO EXISTENTE
- DRENAJE O CANAL EXISTENTE
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- POZA EXISTENTE
- PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA



**NOTAS:**

1. EL TALUD GENERAL DE LA PILA DEBERA SER DE 2.2(H) : 1(V). EL TALUD NATURAL (ANGULO DE REPOSO) DEL MINERAL ES 1.6(H) : 1(V) APROXIMADAMENTE. PARA LOGRAR EL TALUD GENERAL DE 2.2(H) : 1 (V) SE DEBERA COLOCAR BERMAS DE 4.8 m DE ANCHO. SI EL TALUD NATURAL DEL MINERAL ES DIFERENTE, EL ANCHO DE LAS BERMAS SE DEBERA CAMBIAR PARA MANTENER EL TALUD GENERAL REQUERIDO.
2. EL MINERAL DEBERA COLOCARSE EN TODO MOMENTO DE ABAJO HACIA ARRIBA PARA EVITAR QUE LA GEOMEMBRANA SEA SUJETA A ESFUERZOS DE TENSION.
3. LOS LIMITES DE LA CAPA DE MINERAL SON APROXIMADOS. ESTOS PUEDEN VARIAR DE ACUERDO A LA FORMA Y SECUENCIA EN QUE LA C. M. ELIJA CARGAR LA PLATAFORMA (VER NOTA 2).

PROYECTO PLATAFORMA DE LIXIVIACION  
 TITULO PLATAFORMA DE LIXIVIACION  
 PLAN DE CAPAS DE MINERAL

**Knight Piésold**  
CONSULTING

DISEÑADO POR	EM	REVISADO POR	GD	PLANO No.	REV.
DIBUJADO POR	RC	APROBACION CLIENTE		3703 283	0