

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES BELLA UNIÓN PARA EL  
ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR  
DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA  
PROCESADORA DE MINERALES”**

Presentado por:

JUAN CARLOS GONZÁLEZ FLORES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

Lima – Perú

2010

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES BELLA UNIÓN PARA EL  
ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR  
DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA  
PROCESADORA DE MINERALES”**

Presentado por:

JUAN CARLOS GONZÁLEZ FLORES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

**Dr. Abel Mejía Marcacuzco**

Presidente

---

**Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta**

Miembro

---

**Ing. Antonio Enciso Gutiérrez**

Miembro

---

**Ing. Teresa Velásquez Bejarano**

Patrocinador

Lima – Perú

2010

## DEDICATORIA

A mi Sra. Madre, Teresa Consuelo Flores Marzal, ya que sin su constante apoyo éste trabajo no hubiera podido ser realizado.

## AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Teresa Velásquez Bejarano, por su total disposición en todo momento a brindar su apoyo y consejos, los que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación del presente Trabajo de Tesis.

A todos mis familiares y amigos por su apoyo, palabras de aliento y consejos brindados gracias a su experiencia.

## RESUMEN

La Planta Procesadora de Minerales Bella Unión, ha proyectado iniciar sus actividades productivas procesando un volumen de mineral (cobre) que generará a su vez una producción de relaves de 300 toneladas métricas secas por día (TMSD). Esta producción de relaves debe ser depositada de manera adecuada, minimizando los posibles impactos ambientales que pudieran generarse y optimizando el tiempo y volumen de almacenamiento, según las condiciones existentes en el lugar y las características del relave a ser depositado.

En el presente trabajo de tesis, se realizó el diseño del depósito de relaves consistente en una presa de tierra del tipo homogénea, dividiéndose en dos etapas: la primera etapa consideró una presa de arranque de 21.50 metros de altura, cuya corona de se ubica en la cota 486 msnm y genera un vaso de almacenamiento con una capacidad de 90,758 m<sup>3</sup> (1.50 años). La segunda etapa consideró el recrecimiento por el método de aguas abajo de la presa hasta llegar a una altura final de 37.50 metros, cuya corona se ubica en la cota 500 msnm y genera un vaso de almacenamiento con una capacidad de 386,639 m<sup>3</sup> (6.2 años).

Además de la presa y vaso de almacenamiento se realizó el diseño de obras complementarias, tales como: un canal de coronación de 640 metros de largo con una capacidad de conducción de 1.25 m<sup>3</sup>/s, una estructura de captación ubicada en la quebrada existente, una estructura de descarga localizada al final de dicho canal, un sistema de drenaje de las aguas de infiltración que en su conjunto será capaz de evacuar un caudal de 53.20 l/s; el cual será conducido hacia una poza colectora de aguas de infiltración, la que contendrá el volumen generado por el caudal del sistema de drenaje por 12 horas, luego de las cuales éste será bombeado hacia el vaso de almacenamiento.

Mediante estas obras en conjunto se logrará un adecuado almacenamiento de los relaves generados por La Planta Procesadora de Minerales Bella Unión, teniéndose una suma de cuatro millones seiscientos doce mil setecientos trece y 80/100 dólares americanos como presupuesto total del proyecto.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	6
I. INTRODUCCION.....	17
1.1. GENERALIDADES.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
II. REVISION LITERARIA.....	19
2.1. RELAVES.....	19
2.1.1. PROCESAMIENTO DE MINERALES.....	19
2.1.1.1. Chancado.....	19
2.1.1.2. Molienda.....	20
2.1.1.3. Concentración.....	20
2.1.1.4. Lixiviación.....	20
2.1.1.5. Deshidratación.....	20
2.1.2. TIPOS DE RELAVES.....	21
2.1.2.1. Según el mineral de procedencia.....	21
2.1.2.2. Según su gradación y plasticidad.....	22
2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS RELAVES PARA SU DISPOSICIÓN.....	23
2.1.3.1. Densidad.....	23
2.1.3.2. Permeabilidad.....	24
2.1.3.3. Resistencia a la Fuerza cortante drenada.....	25
2.1.3.4. Resistencia a la Fuerza cortante no drenada.....	26
2.1.3.5. Resistencia a Fuerzas cíclicas.....	26
2.1.4. MÉTODOS DE DEPOSICIÓN DE RELAVES.....	26
2.1.4.1. Presas de relaves.....	27
2.1.4.2. Embalses de Relaves.....	29
2.1.4.3. Depósitos de Relaves Espesados.....	29
2.1.4.4. Depósitos de Relaves Filtrados.....	30
2.1.4.5. Depósitos de Relaves en Pasta.....	31
2.2. CIMENTACIONES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	32

2.2.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	32
2.2.1.1.	El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	33
2.2.1.2.	Características de los suelos.....	33
2.2.1.3.	Agua en los suelos.....	35
2.2.1.4.	Propiedades de los componentes de los suelos.....	36
2.2.1.5.	Clasificación de las rocas.....	37
2.2.1.6.	Propiedades técnicas de la roca.....	38
2.2.2.	PROYECTO DE LA CIMENTACIÓN.....	39
2.2.2.1.	Cimentaciones de roca.....	39
2.2.2.2.	Cimentaciones de arena y grava.....	40
2.2.2.3.	Cimentaciones de limo y arcilla.....	40
2.3.	MÉTODOS DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA.....	41
2.3.1.	CALICATAS.....	41
2.3.2.	PERFORADORA GIRATORIA.....	41
2.3.3.	MÉTODOS GEOFÍSICOS.....	42
2.3.4.	MUESTREO.....	42
2.3.5.	PRUEBAS DE CAMPO Y DE LABORATORIO.....	43
2.3.5.1.	Pruebas de campo para determinar la permeabilidad.....	43
2.3.5.2.	Prueba para determinar la densidad en el lugar.....	45
2.4.	TERRAPLENES.....	46
2.4.1.	CONDICIONES CRÍTICAS EN LA ESTABILIDAD DE UNA PRESA.....	46
2.4.1.1.	Al final de la construcción.....	46
2.4.1.2.	A largo plazo y con presa llena.....	47
2.4.1.3.	Bajo excitación sísmica.....	47
2.4.2.	ENSAYOS DE RESISTENCIA: TENSIONES.....	47
2.4.3.	ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO.....	48
2.4.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	49
2.4.4.1.	Método sueco.....	49
2.4.4.2.	Método de Bishop.....	51
2.4.4.3.	Método de Janbu.....	52
2.4.5.	COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD FRENTE A SISMOS.....	52
2.4.6.	DETALLES DEL TERRAPLÉN.....	53
2.4.6.1.	Borde libre.....	53
2.4.6.2.	Filtros.....	54

2.5.	GEOSINTETICOS.....	55
2.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA GEOMEMBRANA HDPE.....	55
2.5.2.	PROPIEDADES DE LA GEOMEMBRANA HDPE.....	55
2.5.3.	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA GEOMEMBRANA.....	56
2.5.3.1.	Espesor de la Geomembrana:.....	56
2.6.	HIDROLOGIA.....	59
2.6.1.	CUENCA HIDROGRÁFICA.....	59
2.6.2.	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD USADAS EN HIDROLOGÍA..	60
2.6.2.1.	Distribución Normal.....	60
2.6.2.2.	Distribución Log Normal.....	60
2.6.2.3.	Distribución Pearson Tipo III.....	60
2.6.2.4.	Distribución de valor extremo.....	60
2.6.3.	MAXIMAS AVENIDAS.....	61
2.6.3.1.	Creciente.....	61
2.6.3.2.	Periodo de retorno.....	61
2.6.3.3.	Hidrogramas.....	61
2.6.3.4.	Hidrograma unitario.....	62
2.7.	IMPACTO AMBIENTAL.....	62
2.7.1.	EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.....	62
2.7.2.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	62
2.7.3.	MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	62
2.7.4.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES:.....	63
2.7.4.1.	Signo.....	63
2.7.4.2.	Importancia:.....	63
2.7.4.3.	Magnitud.....	66
III.	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	67
3.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	67
3.1.1.	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	67
3.1.1.1.	Ubicación política:.....	67
3.1.1.2.	Ubicación geográfica:.....	67
3.1.1.3.	Acceso a la zona de estudio.....	67
IV.	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS.....	69
4.1.	CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....	69



4.1.1. CARTOGRAFIA.....	69
4.1.2. TOPOGRAFIA.....	69
4.1.2.1. Fase 1:.....	70
4.1.2.2. Fase 2:.....	70
4.2. ESTUDIO GEOLÓGICO REGIONAL Y LOCAL DEL PROYECTO .....	71
4.2.1. GEOMORFOLOGIA .....	71
4.2.1.1. Planicie (PL).....	72
4.2.1.2. Cono de Deyección (CO).....	72
4.2.1.3. Cauce Abandonado (CA).....	72
4.2.1.4. Laderas (LA) .....	72
4.2.1.5. Lomadas (LO) .....	73
4.2.2. LITOESTRATIGRAFÍA.....	73
4.2.2.1. Depósitos Coluviales ( Q – co).....	73
4.2.2.2. Depósitos Aluviales (Q – a).....	74
4.2.2.3. Depósitos Eluviales (Q – e).....	74
4.2.3. ROCAS INTRUSIVAS .....	75
4.2.3.1. Monzonita Linga .....	75
4.2.3.2. Tonalita Tiabaya.....	75
4.2.4. ROCAS EXTRUSIVAS.....	75
4.2.4.1. Andesita Bella Unión .....	75
4.2.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	76
4.2.6. FISIOGRAFÍA .....	76
4.2.6.1. Unidad de Estribaciones de la Cordillera Occidental (Es Cor).....	76
4.2.6.2. Unidad de Planicie Costanera (Pl Cos) .....	77
4.2.7. GEODINÁMICA .....	77
4.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS .....	78
4.3.1. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS MEDIANTE CALICATAS .....	78
4.3.2. EXPLORACIONES CON PERFORACIONES DIAMANTINAS .....	79
4.3.3. TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS.....	80
4.3.4. ENSAYOS IN SITU .....	80
4.3.4.1. Densidad de campo y humedad natural.....	80
4.3.4.2. Permeabilidad Le Franc.....	82
4.3.5. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	83
4.4. ESTUDIO DE PELIGRO SISMICO .....	83

4.4.1.	EVALUACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS .....	84
4.4.2.	EVALUACIÓN DE LA RECURRENCIA SÍSMICA.....	86
4.4.3.	DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO.....	86
4.5.	ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	87
4.5.1.	HIDROGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	87
	Fuente: Elaboración propia .....	87
4.5.2.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	88
4.5.3.	PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN .....	88
4.5.4.	ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS.....	89
4.5.4.1.	Funciones de Distribución de Probabilidades usadas en Hidrología .....	89
4.5.4.2.	Caudales de Diseño .....	91
4.5.4.3.	Resultados del cálculo.....	97
4.6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	98
4.6.1.	OBJETIVOS.....	99
4.6.2.	DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DEL PROYECTO .....	99
4.6.2.1.	Fases y Actividades del Proyecto.....	99
4.6.2.2.	Lista de Acciones Impactantes del Proyecto.....	100
4.6.3.	LÍNEA BASE AMBIENTAL .....	101
4.6.3.1.	Descripción del Área en Estudio.....	101
4.6.3.2.	Lista de Parámetros Ambientales Relevantes .....	101
4.6.4.	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	
	103	
4.6.4.1.	Matriz de Impactos Ambientales.....	103
4.6.4.2.	Descripción de los Impactos Ambientales Potenciales .....	104
4.6.5.	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE CONTROL	
	AMBIENTAL .....	107
4.6.5.1.	Fase de Construcción.....	107
4.6.5.2.	Fase de Operación y Mantenimiento.....	109
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	111
5.1.1.	EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS .....	111
5.1.1.1.	Perfiles de los suelos de cimentación del depósito de relaves .....	111
5.1.1.2.	Evaluación de las condiciones geotécnicas de los suelos de cimentación	
	114	

5.1.1.3.	Condiciones de permeabilidad del Vaso del Depósito.....	117
5.2.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN.....	118
5.2.1.	ALTERNATIVA 1: NIVEL DE CORONA 483.0 msnm.....	118
5.2.1.1.	Características de la presa.....	118
5.2.2.	ALTERNATIVA 2: NIVEL DE CORONA 486.0 msnm.....	119
5.2.2.1.	Características de la presa.....	119
5.2.3.	ALTERNATIVA 3: NIVEL DE CORONA 492.0 msnm.....	120
5.2.3.1.	Características de la presa.....	120
5.2.4.	ALTERNATIVA 4: NIVEL DE CORONA 500.0 msnm.....	120
5.2.4.1.	Características de la presa.....	120
5.2.5.	RESULTADOS DE LAS ALTERNATIVAS.....	121
5.2.6.	ELECCION DE ALTERNATIVAS.....	122
5.3.	DISEÑO DE LAS OBRAS PROYECTADAS.....	123
5.3.1.	DISEÑO DE LA PRESA DE ARRANQUE Y PRESA FINAL.....	123
5.3.2.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA.....	126
5.3.3.	DISEÑO DEL VASO DE ALMACENAMIENTO.....	127
5.3.4.	SISTEMA DE DRENAJE DE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN.....	130
5.3.4.1.	Dren Chimenea.....	132
5.3.4.2.	Sistema de Tuberías.....	132
5.3.4.3.	Blanket Filtrante y Dren Talón.....	132
5.3.4.4.	Caja de Concreto.....	133
5.3.5.	POZA COLECTORA DE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN.....	133
5.3.6.	OBRAS HIDRÁULICAS AUXILIARES DEL DEPÓSITO DE RELAVES	
	134	
5.3.6.1.	Canal de Coronación.....	134
5.3.6.2.	Entrega de quebrada intermedia al canal de coronación.....	136
5.3.6.3.	Estructura de Descarga a la Quebrada Mastuerzo Chico.....	137
5.4.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PROYECTADAS.....	141
VI.	CONCLUSIONES.....	143
VII.	RECOMENDACIONES.....	144
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	145

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio .....	67
Cuadro 02: Acceso a la Zona de Estudio .....	68
Cuadro 03: Coordenadas de los puntos replanteados – Datum WGS - 84.....	70
Cuadro 04: Relación de Calicatas Ejecutadas .....	79
Cuadro 05: Relación de Perforaciones Diamantinas Ejecutadas.....	80
Cuadro 06: Densidad de Campo y Humedad Natural .....	81
Cuadro 07: Permeabilidad Le Franc en Perforaciones Diamantinas.....	82
Cuadro 11: Aceleraciones Máximas Esperadas .....	86
Cuadro 12: Características fisiográficas de la Cuenca en Estudio .....	87
Cuadro 13: Estación Meteorológica Acarí.....	88
Cuadro 14: Parámetros Meteorológicos y Períodos de Registro Disponibles.....	88
Cuadro 15: Valores Promedio Mensuales de la Precipitación y Evaporación.....	89
Cuadro 16: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes Períodos de Retorno.....	90
Cuadro 17: Valores del Tiempo de Concentración (Tc) según las diferentes fórmulas aplicadas .....	92
Cuadro 18: Tabla para determinar indistintamente caudales punta por el método racional y para dimensionar zanjas de infiltración.....	93
Cuadro 19: Tabla para determinar caudales punta por el método racional en el diseño de canales de desviación .....	93
Cuadro 20: Caudales de Diseño para diferentes períodos de retorno según el Método Racional.....	95
Cuadro 21: Valores de CN para condiciones de humedad promedio.....	96
Cuadro 22: Caudales de Diseño para diferentes períodos de retorno según el Método del SCS.....	97
Cuadro 23: Caudales de Diseño Promedio para diferentes períodos de retorno .....	98
Cuadro 24: Propiedades Índice del Sector Central.....	114
Cuadro 25: Propiedades de Resistencia de la Grava Limosa de cimentación.....	115
Cuadro 26: Propiedades Índice del Estribo Derecho.....	116
Cuadro 27: Resultados de las alternativas .....	121
Cuadro 28: Características de la Presa de Arranque .....	123
Cuadro 29: Características de la Presa Final .....	124

Cuadro 30: Parámetros Geotécnicos de los Materiales de la Presa y su Cimentación.....	126
Cuadro 31: Resultados de los Análisis de Estabilidad .....	127
Cuadro 32: Características del Vaso de Almacenamiento de la Presa de Arranque .....	128
Cuadro 33: Características del Vaso de Almacenamiento de la Presa Final.....	128
Cuadro 34: Caudales de Infiltración de la Presa y su Cimentación .....	130
Cuadro 35: Caudal de Infiltración Total.....	131
Cuadro 36: Características de la Poza Colectora de las Aguas de Infiltración .....	133
Cuadro 37: Características Geométricas del Canal de Coronación.....	135
Cuadro 38: Características Geométricas de la Entrega de Quebrada.....	137
Cuadro 39: Resumen del Presupuesto del Depósito de Relaves Bella Unión.....	142

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Ensayo de permeabilidad Le Franc.....	44
Figura 02: Equipo de Densidad de Campo.....	45
Figura 03: Superficies de Deslizamiento en una Presa .....	48
Figura 04: Dovelas para el Análisis de Estabilidad de una Presa.....	49
Figura 05: Fuerzas Actuantes en una Dovela – Método Sueco.....	50
Figura 06: Fuerzas Actuantes en una Dovela – Método de Bishop .....	51
Figura 07: Detalle de la Geomembrana HDPE .....	55
Figura 08: Tensión Movilizada en la Geomembrana.....	57
Figura 09: Modelo de Diseño y Fuerzas relacionadas usadas para calcular el espesor .....	58
Figura 10: Unidades Geomorfológicos .....	73
Figura 11: Unidades Litoestratigráficas .....	74
Figura 12: Unidades Fisiográficas.....	77
Figura 13: Geodinámica.....	78
Figura 14: Fuentes Sismogénicas Superficiales .....	84
Figura 15: Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas.....	85
Figura 16: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes Períodos de Retorno .....	91
Figura 16: Resultados del Programa H-Canales.....	135
Figura 17: Dimensionamiento final de la caída vertical y disipación de energía.....	140

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de Calicatas.....	148
Anexo 2: Registro de Perforaciones.....	167
Anexo 3: Ensayos de Densidad de Campo.....	179
Anexo 4: Ensayos de Permeabilidad Le Franc.....	183
Anexo 5: Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.....	203
Anexo 6: Hidrología.....	293
Anexo 7: Estudio de Impacto Ambiental.....	311
Anexo 8: Análisis de Alternativas.....	315
Anexo 9: Cálculo del Borde Libre.....	331
Anexo 10: Análisis de Estabilidad.....	334
Anexo 11: Capacidad de Almacenamiento del Vaso.....	359
Anexo 12: Sistema de Drenaje.....	362
Anexo 13: Planos.....	366
Anexo 14: Presupuesto.....	421

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. GENERALIDADES**

El alza del precio de los metales en estos últimos meses, ha generado una corriente de inversiones nuevas en nuestro país, específicamente en el sector minero, tanto en la extracción como en el procesamiento del mineral. Por este motivo, la Planta Procesadora de Minerales Bella Unión decidió invertir en una nueva línea de procesamiento de cobre, la cual generará a su vez una producción de relaves de 300 TMSD.

El proyecto está ubicado en el distrito de Bella Unión, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Muy cerca de esta zona se encontraba asentada la antigua empresa minera Hierro Acarí. Dicha compañía, que explotaba un yacimiento de inyección magmática de hierro, dejó de operar por problemas ocasionados por el terrorismo en 1968, dejando en abandono el campamento de personal.

El procesamiento de minerales puede convertirse en una actividad que genere impactos negativos en el medio ambiente, cuya intensidad dependerá tanto de las características del producto residual (relave), como de la forma en que éstos sean almacenados. Este es un tema que debe ser solucionado por la Planta Procesadora de Minerales Bella Unión, que comenzará a operar próximamente, por lo cual se requiere dividir la construcción del depósito de relaves en dos etapas: una primera etapa que almacenará los relaves durante 1.5 años y una segunda etapa con una capacidad final de almacenamiento de 6.2 años.

De esta manera surge la necesidad de realizar el estudio definitivo para la construcción de un depósito de relaves y demás obras complementarias, que almacene los desechos producidos por esta planta de forma definitiva, cumpliendo con los estándares y las normativas que el Estado propone para este tipo de estructuras.



## 1.2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo de tesis son los siguientes:

- Realizar los estudios previos al diseño definitivo del depósito de relaves a ser proyectado (topografía, geología local y regional, geotecnia, peligro sísmico, hidrología e impacto ambiental).
- Proponer alternativas de solución para el almacenamiento de los relaves que se adapten a los requerimientos de la Planta Procesadora de Minerales Bella Unión para ambas etapas del proyecto.
- Seleccionar la mejor alternativa a ser implementada, sobre la cual se realizará el estudio definitivo.
- Realizar el diseño definitivo del depósito de relaves.
- Realizar el diseño definitivo de las obras complementarias al depósito de relaves.

## **II. REVISION LITERARIA**

### **2.1. RELAVES**

Según Vick (1983) los relaves se definen como partículas de roca chancada que son producidas y depositadas en forma de lodos.

Durante mucho tiempo el mayor énfasis de los procesos mineros ha recaído en la extracción o separación de los metales del mineral madre, quedando los relaves como simples desechos del proceso. Sin embargo en los últimos años éstos han recibido mayor atención y su disposición ha cobrado importancia debido al impacto que éstos pueden causar sobre el medio ambiente.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 1-2*

#### **2.1.1. PROCESAMIENTO DE MINERALES**

Para comprender la naturaleza de los relaves es necesario tener un conocimiento básico de la forma en que éstos son producidos. Existen gran cantidad de métodos de extracción de minerales (cuyo producto residual son los relaves); sin embargo existen procedimientos básicos que se presentan en todos los casos; los cuales se describen a continuación:

##### **2.1.1.1. Chancado**

El chancado usualmente se lleva a cabo en etapas, con la finalidad de reducir los tamaños de las rocas para que éstas puedan ser procesadas en la etapa de molienda. El chancado primario es ejecutado por chancadoras giratorias o de quijadas, las cuales trabajan con los mayores fragmentos de roca, mientras que el chancado secundario es llevado a cabo principalmente por molinos de martillo y chancadoras cónicas, las que reducen los fragmentos de roca a 10 ó 12 pulgadas.

### **2.1.1.2. Molienda**

Este procedimiento es la última etapa de reducción física del mineral y es realizado principalmente por molinos de bolas y barras dispuestos generalmente en serie, que producen partículas que pasan las mallas número 10 y número 40. La gradación de los relaves dependerá del tamaño de las partículas producto de la descomposición de la roca durante la molienda, así como del contenido de arcilla del mineral original.

### **2.1.1.3. Concentración**

Las partículas producto de la molienda, varían en cuanto al contenido de mineral, motivo por el cual éstas deben ser separadas: las que poseen altos valores (concentrado) y las que poseen valores bajos (relaves). Existen tres principales métodos:

- Separación por gravedad: Requiere que existan diferentes gravedades específicas entre la roca y el mineral.
- Separación magnética: Usada principalmente en la extracción de acero.
- Flotación: Es el método más utilizado y hace uso de procesos físico-químicos, logrando que las partículas de mineral repelan el agua y se adhieran al aire. De esta manera las partículas con alto contenido de mineral se elevan a la superficie mediante una espuma producida en el proceso, la que es retirada junto con el mineral. Sin embargo el uso de químicos puede generar problemas posteriores en la calidad del efluente y en el almacenamiento de los relaves.

### **2.1.1.4. Lixiviación**

Es la separación del mineral de las partículas de roca con altas concentraciones a través del contacto de éstas últimas con un solvente; usualmente un ácido fuerte o una solución alcalina.

### **2.1.1.5. Deshidratación**

Consistente en la remoción de un porcentaje del contenido de agua de los relaves. El agua recuperada es recirculada al proceso si sus características lo permiten.

Para este procedimiento se utilizan tanques espesadores que disponen de brazos rotativos que conducen los relaves sólidos asentados hacia el centro, desde donde son bombeados para su disposición final.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 2-9*

## **2.1.2. TIPOS DE RELAVES**

La naturaleza de los relaves varía según el mineral que es extraído así como de los procesos llevados a cabo en dicha extracción. A continuación se describen dos tipos de clasificación:

### **2.1.2.1. Según el mineral de procedencia**

#### **a Relaves de carbón**

Como producto de la extracción y procesamiento del carbón son generados desperdicios finos o lodos (Backer, 1977) que consisten principalmente de partículas de carbón, limo y arcilla. Esta composición produce dos características importantes: bajo peso específico y cierto grado de plasticidad.

#### **b Relaves de plomo – zinc**

Son ásperos y angulares y usualmente se separan en arenas y limos durante la etapa de molienda. Se caracterizan por su baja plasticidad, contenido de arcillas y alto peso específico debido a la presencia de pirita.

#### **c Relaves de oro – plata**

En la extracción de estos minerales suele utilizarse un lixiviado de cianuro de sodio, el cual requiere condiciones ligeramente alcalinas; lo que se logra mediante la adición de cal. Estos relaves contienen poca arcilla y su peso específico varía de 2.6 a 3.1 pudiendo ser más elevados bajo la presencia de pirita.

**d Relaves de cobre**

Los relaves producto de la extracción de cobre son relativamente gruesos teniendo un 45 por ciento del material que pasa la malla número 200, no presentan plasticidad y tienen un peso específico que varía desde 2.6 a 3.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 15-21*

**2.1.2.2. Según su gradación y plasticidad**

**a Relaves de Roca suave**

Incluyen a los relaves de carbón y potasio. Contienen partículas gruesas y finas, siendo éstas últimas predominantes en el comportamiento de los relaves debido a la presencia de arcillas.

**b Relaves de Roca dura**

Pertencen a este grupo los desechos de la extracción de plomo, zinc, cobre, oro, plata molibdeno y níquel. Contienen partículas gruesas y finas, estas últimas generalmente de baja plasticidad o no la presentan. Las arenas predominan y sus características se deben tener en cuenta para su uso en el campo de la ingeniería.

**c Relaves finos**

Incluyen arcillas fosfatadas y relaves finos de alquitrán. La fracción gruesa es muy pequeña e incluso inexistente. La sedimentación y consolidación de estos relaves está sujeta principalmente a la presencia de limos y arcillas.

**d Relaves gruesos**

Se presentan dentro de este grupo los relaves de uranio, fosfatos, yeso y alquitrán. Contienen tanto arenas como limos sin plasticidad, los cuales presentan un comportamiento similar al de las arenas.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 30-31*

**2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS RELAVES PARA SU DISPOSICIÓN**

Para lograr una adecuada disposición de los relaves en un vaso de almacenamiento se deben tener en consideración numerosas características que éstos presentan, de las cuales dependerá la distribución de las partículas dentro del vaso, la capacidad del vaso requerida para el almacenamiento de un volumen dado, etc.

**2.1.3.1. Densidad**

**a Densidad in situ**

La determinación de la densidad de campo es de suma importancia ya que de éste parámetro dependerá el volumen requerido para el almacenamiento de los relaves. Está dada por la siguiente relación:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

- $\gamma_d$  = Densidad seca
- $W_s$  = Peso de sólidos
- $V$  = Volumen total

Esta densidad puede variar dentro de un mismo depósito de relaves, siendo su valor, mayor al ir aumentando la profundidad e ir localizándose en las zonas altas, los

relaves menos densos. La densidad depende principalmente del peso específico, tipo de relaves (gruesos o finos) y del contenido de arcilla.

**b Densidad relativa**

El grado de compactación que se requiere para una arena de relave o relave grueso, con el fin de minimizar el riesgo de licuefacción, es expresado en términos de la llamada densidad relativa  $D_r$ , la que se define según la siguiente expresión:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- $D_r$  = Densidad relativa
- $e_{\min}$  = Relación de vacíos de la arena en la condición más suelta.
- $e_{\max}$  = Relación de vacíos de la arena en la condición más densa.

Otra forma de calcular la densidad relativa es mediante la expresión:

$$D_r = \frac{\rho_{\max} (\rho_d - \rho_{\min})}{\rho_d (\rho_{\max} - \rho_{\min})} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Donde:

- $\rho_{\max}$  = Densidad máxima de las arenas.
- $\rho_{\min}$  = Densidad mínima de las arenas.
- $\rho_d$  = Densidad seca.

***Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 44-48***

**2.1.3.2. Permeabilidad**

Se dice que un material es permeable cuando tiene huecos continuos e interconectados de modo tal que el agua pueda escurrir a través de ellos. La permeabilidad de los relaves arenosos varía aproximadamente de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s, mientras que las lamas

oscilan en el rango de  $10^{-5}$  a  $10^{-6}$  cm/s, dependiendo de la presión total efectiva a que estén sometidos; una relación muy útil está dada por la fórmula de Hazen's:

$$k = (d_{10})^2 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde:

- $k$  = Permeabilidad en centímetros por segundo
- $d_{10}$  = Tamaño de abertura en milímetros por el que pasa el 10% del material.

Esta relación ha probado ser muy exacta para relaves de metales básicos y metales preciosos de todos los tipos. Proporciona la permeabilidad de los estratos individuales mas no, necesariamente, del relave como un todo pues este depende de la interestratificación. La permeabilidad de los depósitos interestratificados de arenas y lodos es gobernada por aquella de las arenas, debido a la interconexión de los estratos más permeables

Cabe resaltar que los relaves arenosos o gruesos drenan por gravedad después que el agua empozada es extraída de la superficie y si están sobre un material razonablemente permeable; mientras que los relaves finos o lamas no responden al drenaje por gravedad debido a las altas fuerzas de capilaridad asociadas con el pequeño tamaño de las partículas.

*Resumen de: MINEM. Guía Ambiental para el manejo de Relaves Mineros. Página 12*

### **2.1.3.3. Resistencia a la Fuerza cortante drenada**

Los relaves presentan una alta resistencia a la fuerza cortante drenada debido a la forma angular de sus partículas, mostrando valores entre  $3^\circ$  a  $5^\circ$  más elevados que suelos similares. Cabe resaltar que la fuerza cortante drenada se refiere a los esfuerzos efectivos, que están representados principalmente por el ángulo de fricción interna efectivo; debido a la usual ausencia de cohesión en la mayoría de relaves. En la determinación de este parámetro, el valor de la densidad tiene efectos mínimos, mientras que los rangos de los esfuerzos a los que la muestra es sometida sí presentan efectos importantes.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 56-57*



#### **2.1.3.4. Resistencia a la Fuerza cortante no drenada**

La fuerza cortante no drenada incluye el valor de la presión de poros generada por la rápida aplicación de la fuerza cortante sobre el relave. De esta manera se obtienen los valores de esfuerzos totales, representados por el ángulo de fricción y cohesión totales. A diferencia de la cohesión efectiva, la que usualmente es nula en relaves. La cohesión total sí se presenta como un fenómeno real.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Páginas 58-59*

#### **2.1.3.5. Resistencia a Fuerzas cíclicas**

La resistencia a fuerzas cíclicas como los sismos, está dada por varios factores, tales como la densidad, tamaño de las partículas del suelo, método de deposición, antigüedad y eventos sísmicos ocurridos con anterioridad. Los relaves presentan partículas angulosas, que han sido depositados por mecanismos hidráulicos muy específicos y en un período de tiempo muy corto, por lo que no presentan una historia sísmica previa.

En el caso de relaves la resistencia a fuerzas cíclicas está definida por la densidad relativa (al igual que para suelos no cohesivos). La resistencia a fuerzas cíclicas es menor en relaves que en los suelos naturales, lo que trae como consecuencia grandes deformaciones al aplicar fuerzas cíclicas. De esta manera se considera como punto de falla al 10% de la deformación cíclica; la que a su vez coincide con el inicio de la licuefacción de los relaves.

*Resumen de: Vick, SG. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. Página 66*

#### **2.1.4. MÉTODOS DE DEPOSICIÓN DE RELAVES**

Dentro de la disposición de relaves existen diferentes y variadas formas de deposición, cuya selección dependerá de diversos factores como son las cercanías a la planta concentradora, capacidad de almacenamiento del vaso, topografía del lugar y producción del yacimiento.

Los distintos tipos de Depósitos de Relaves que se consideran en la actualidad son los siguientes:

#### **2.1.4.1. Presas de relaves**

A continuación se describen brevemente las alternativas de construcción del muro de arenas de las presas de relaves:

##### **a Construcción de la Presa Método Aguas Arriba**

Consiste en un dique inicial, construido con material de préstamo compactado sobre el cual se inicia la deposición de los relaves.

Utilizando clasificadores denominados hidrociclones, la fracción más gruesa o arena, se descarga por el flujo inferior del hidrociclón (Underflow) y se deposita junto al dique inicial, mientras que la fracción más fina que sale por el flujo superior del hidrociclón (Overflow) se deposita hacia el centro del depósito en un punto más alejado del dique. De este modo se va formando una especie de playa al sedimentar las partículas más pesadas separándolas de los finos y gran parte del agua escurre, formando el pozo de sedimentación o laguna de sedimentación. Una vez que el depósito se encuentra próximo a llenarse, se procede a la elevación del dique, desplazando la fracción más gruesa separa por los hidrociclones a una mayor elevación en la dirección hacia aguas arriba y comenzando una nueva etapa de descarga de arenas. Se continúa sucesivamente la construcción en la forma indicada.

Este método es el más sencillo desde el punto de vista constructivo y el menos costoso, pero presenta una serie de deficiencias. En cuanto al control del nivel freático se cuenta con muy pocas herramientas; como por ejemplo el uso de drenes que incrementen la permeabilidad de la cimentación, mientras que para la etapa de operación sólo se puede controlar mediante la localización del agua de la poza de sedimentación (mientras más alejada del dique se encuentre la poza será mejor). Con respecto a la licuefacción se presenta mucha susceptibilidad debido al bajo valor de la densidad relativa que suele presentarse, y al alto grado de saturación en el que se encuentra el material dentro del depósito de relaves.

## **b Construcción de la Presa Método Aguas Abajo**

La construcción se inicia también con un dique de partida de material de préstamo compactado, desde el cual se vacía la arena cicloneada hacia el lado del talud aguas abajo de este muro, mientras que los relaves finos se depositan hacia el talud aguas arriba.

Este método permite construir estructuras dentro del cuerpo de la presa que permitan un mejor control del nivel freático, tales como filtros o núcleos impermeables. Así mismo, la totalidad del cuerpo de la presa puede ser compactado adecuadamente por lo que éste método se presta para construcciones en zonas sísmicas (se obtiene mayor resistencia a la licuefacción de las arenas).

Cabe resaltar que al utilizar éste método se debe realizar un adecuado planeamiento de la producción de relaves durante el período de vida de la estructura, debido a que conforme se eleva la altura de la presa, se requiere de un mayor volumen de relaves gruesos para su conformación. De igual manera se debe prever que el derrame de la presa no interfiera con estructuras existentes importantes o no coincida con accidentes topográficos que limiten su crecimiento.

## **c Método de la Línea Central**

Se inicia, al igual que los métodos anteriores, con un dique de partida de material de préstamo compactado, sobre el cual se depositan las arenas cicloneadas hacia el lado de aguas abajo y los relaves finos hacia el lado de aguas arriba. Una vez completado el vaciado de arenas y finos correspondiente al muro inicial, se eleva la línea de alimentación de arenas, siguiendo el mismo plano vertical inicial de la berma de coronamiento del dique de partida.

Al ser una combinación de los métodos anteriores, la línea central presenta los beneficios y desventajas de ambos. Se pueden construir estructuras de drenaje internas en el cuerpo de la presa, controlando el nivel freático, sin embargo se debe tener cuidado con la deposición de los relaves para asegurar una playa lo suficientemente ancha para la elevación del dique. En cuanto a la resistencia a licuefacción y fuerzas sísmicas, ésta es elevada debido a la posibilidad de compactar el cuerpo de presa; que requiere de

volúmenes intermedios entre el método de aguas arriba y de aguas abajo para su construcción y elevación.

*Resumen de: Ramírez, NA. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Páginas 8-11*

#### **2.1.4.2. Embalses de Relaves**

Este tipo de depósito de relaves consiste en construir una presa resistente hecha totalmente de material de préstamo, compactando e impermeabilizando el talud aguas arriba. Los relaves se depositan completos en la cubeta sin necesidad de clasificación, pero también deben disponer, de un sistema de evacuación de las aguas claras de la laguna que se forma. Los embalses de relaves no se diferencian esencialmente de las presas de embalse de aguas, cuya técnica ampliamente desarrollada en todo el mundo.

La diferencia fundamental entre un embalse destinado a la acumulación de agua y uno destinado a relaves es que mientras el embalse para agua se construye de una vez con su capacidad definitiva, el embalse para relaves se puede ejecutar por etapas a medida que se avanza con el depósito de los relaves, a fin de no anticipar inversiones y reducir a un mínimo su valor presente. La construcción por etapas obliga a que la zona impermeable de la presa se diseñe como una membrana inclinada sobre el talud aguas arriba

Desde el punto de vista sísmico, los Embalses de Relaves son más resistentes que cualquiera de los métodos indicados para las Presas de relaves.

*Resumen de: Ramírez, NA. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Página 12*

#### **2.1.4.3. Depósitos de Relaves Espesados**

Este procedimiento se basa en la mayor viscosidad que alcanza la pulpa del relave al aumentar la concentración de sólidos. El ingeniero canadiense Eli I. Robinsky propone una curva, en la que relaciona el ángulo de reposo del relave con el contenido de sólidos de la pulpa. Para una concentración del orden del 53% en peso, la pendiente de reposo es del

2% y ésta aumenta hasta un 6% si la concentración sube al 65%. De esta manera pueden disponerse los relaves en forma de un cono cuya pendiente será la que corresponde a la respectiva concentración de sólidos.

A pesar de que este tipo de depósito no requiere la construcción de un dique para limitar el área comprometida, se recomienda la construcción de un pequeño terraplén algo alejado del borde exterior del depósito, el cual servirá para contener el volumen del agua desalojada por el relave, la que será captada por un vertedero u otro dispositivo para ser bombeada y recirculada. Este pequeño terraplén servirá a la vez para coleccionar las aguas de lluvias y conducir las hacia cauces naturales.

Otro principio básico de este tipo de depósito se deriva de la diferencia en lo que a segregación del material se refiere, entre una pulpa diluida y otra concentrada. En efecto, si la concentración de sólidos es baja, el escurrimiento de la pulpa produce una segregación de materiales, depositándose en primer lugar los granos mayores y a continuación y separadamente, los más finos. Si por el contrario, la pulpa es concentrada (del orden del 50% o más), ésta escurre como un todo sin ocasionar segregación.

El procedimiento propuesto por Robinsky presenta, sin embargo, algunas interrogantes que no están claramente especificadas por su autor. Estas son por ejemplo la obtención de concentraciones de pulpa tan alta como el 65% de sólidos, así como el hecho de que si las pulpas así concentradas tienen un ángulo de reposo del 6%, su escurrimiento por tubería, desde el concentrador hasta el vértice del cono, implica una pérdida de carga hidráulica superior a dicho 6%; de manera que una conducción, por ejemplo, a 2 Km., significaría una pérdida de energía del orden de 120 m.

*Resumen de: Ramírez, NA. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Páginas 12-14*

#### **2.1.4.4. Depósitos de Relaves Filtrados**

Este tipo de depósitos de relaves es muy similar al de los relaves espesados, con la diferencia de que el material contiene menos agua, debido al proceso de filtrado utilizando

equipos similares a los que se emplean para filtrar concentrados, tales como los filtros de prensa o de vacío.

El relave una vez filtrado se transporta al lugar de depósito mediante cintas transportadoras o equipos de movimiento de tierras y/o camiones. En el primer caso, se logra un como de material similar al de método de relaves espesados; mientras que en el segundo caso se utiliza el equipo de movimiento de tierras para ir construyendo módulos de material compactado, los cuales permiten conformar un depósito aterrazado de gran volumen.

Es importante señalar que en este método, aunque el contenido de humedad que se logra (20% a 30%) permite su manejo con equipos de movimiento de tierras, la humedad es suficientemente alta como para tener un relleno prácticamente saturado, por lo que es posible que se produzcan infiltraciones importantes de las aguas contenidas en estos relaves, si el suelo de fundación es relativamente permeable. También es necesario señalar que la presencia de algunas arcillas, yeso, etc. en los materiales de relaves pueden reducir significativamente la eficiencia de filtrado.

*Resumen de: Ramírez, NA. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Página 15*

#### **2.1.4.5. Depósitos de Relaves en Pasta**

Los relaves en pasta corresponden a una mezcla de agua con sólidos, que contiene abundantes partículas finas y un bajo contenido de agua, de modo que esta mezcla tiene una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.

Una buena pasta de relaves requiere tener al menos un 15% de concentración en peso de partículas de tamaño menor a 20 micrones. La mejor propiedad de las pastas de relaves es que pueden ser eficientemente transportadas en tuberías sin los problemas de segregación o sedimentación que ocurren normalmente en las pulpas de relaves y permiten una gran flexibilidad en el desarrollo del concepto del sitio de emplazamiento; una vez depositados los relaves, se dejan secar, luego se acopiaan, permitiendo así minimizar la

superficie de suelo cubierto con relaves, realizar un cierre progresivo y al cese de operaciones, el depósito puede ser dejado sin requerir medidas adicionales de cierre.

Es posible producir materiales con la consistencia de pasta a partir de un amplio rango de concentración de sólidos en peso y sobre la base de la variación de la distribución de tamaño de las partículas. Es decir, la producción de pasta es específica para cada tipo de material.

Cuando se dispone pasta de relaves en superficie, una muy pequeña fracción de agua podrá drenar o infiltrarse, ya que la mayor parte de la humedad es retenida en la pasta debido a la tensión superficial de la matriz de suelo fino.

*Resumen de: Ramírez, NA. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Páginas 15-16*

## **2.2. CIMENTACIONES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

La adquisición de datos sobre las condiciones de cimentación y de los materiales de construcción (agregados para concreto, suelos y rocas para los terraplenes) para el proyecto de una presa es esencial y éstos pueden conseguirse a través de investigaciones en campo, gabinete y laboratorio.

*Resumen de: United States Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 107*

### **2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

La mayor parte de los suelos son acumulaciones heterogéneas de granos minerales que no están cementados. El término “suelo” incluye virtualmente todos los tipos de material orgánico e inorgánico, cementado parcial o totalmente; excluyéndose sólo la roca dura que permanece firme después de quedar expuesta.

Para los proyectos presas son de principal importancia las propiedades físicas de los suelos, como por ejemplo el peso unitario, permeabilidad, resistencia al corte, compresibilidad, comportamiento con el agua, etc.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 125*

#### **2.2.1.1. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

*Los suelos en la naturaleza rara vez existen separadamente como grava, arena, limo, arcilla o materia orgánica, sino que generalmente se encuentran como mezclas con diferentes proporciones de estos elementos. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos se basa en la identificación del tipo y el predominio de sus elementos, considerando el tamaño de sus granos, granulometría, plasticidad y compresibilidad. Clasifica los suelos en tres grandes divisiones: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos con proporción elevada de materia orgánica (turbosos).*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 131*

#### **2.2.1.2. Características de los suelos**

##### **a Tamaño**

*Las partículas mayores de 3 pulgadas se excluyen del Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos, sin embargo puede ser de gran importancia la proporción de cada uno de los materiales de tamaño excedente, en la selección de bancos para materiales para terraplenes; ...*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 126*



Dentro de la variación de tamaños del SUCS existen dos divisiones: los granos finos (retenidos por la malla N° 200 ó 0.074mm) y los granos finos (que pasan por la malla N° 200). Los granos finos se dividen en limos y arcillas, los cuales no se clasifican por su tamaño, sino por su comportamiento, de manera similar el material orgánico, el que se distingue por la composición de sus partículas.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 126*

**b Granulometría**

Las granulometrías típicas de los suelos son: bien graduados (contienen cantidades apreciables de partículas de todos los tamaños, de los mayores a los menores) y mal graduados (la mayor parte de las partículas que los conforman tienen el mismo tamaño o faltan partículas de uno o varios tamaños intermedios). El tipo de granulometría se puede determinar utilizando los siguientes criterios:

- El coeficiente de uniformidad determinado por:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Donde:

- $C_u$  = Coeficiente de uniformidad
- $D_{60}$  = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso
- $D_{10}$  = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso

- El coeficiente de curvatura determinado por:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Donde:

$C_c$  = Coeficiente de curvatura

$D_{60}$  = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso

$D_{10}$  = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso

$D_{30}$  = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 30% del suelo, en peso

Un suelo bien graduado tiene un  $C_u$  mayor a 4 para gravas y mayor a 6 para arenas, y un  $C_c$  entre 1 y 3.

### **c Forma**

La forma de las partículas tiene una importante influencia en las propiedades físicas de un suelo. Se pueden presentar granos equidimensionales que usualmente son componentes de los suelos gruesos, granos laminares presentes en suelos finos y granos alargados encontrados en el mineral arcilloso halloysita y algunos suelos orgánicos.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 126-128*

#### **2.2.1.3. Agua en los suelos**

La cantidad de agua presente en un suelo tiene un efecto pronunciado en sus propiedades, especialmente en suelos de granos finos (que pasan la mallan N° 40); los cuales pueden presentar tres grados de consistencia: estado líquido (el suelo se comporta como un fluido viscoso), estado plástico (el suelo se puede moldear sin que cambie de volumen se agriete o desmorone) y estado sólido (el suelo se agrieta si se deforma).

La proporción de agua, en porcentaje de peso seco, al que la masa de suelo pasa del estado líquido al plástico se le llama límite líquido (LL) y se determina con la Cuchara de Casagrande. Similarmente, la proporción de agua del suelo en los linderos entre el estado plástico y el sólido se llama límite plástico (LP). La diferencia entre ambos se

conoce como índice de plasticidad (IP), cuyo valor es elevado en suelos plásticos (arcillas) y cero en suelos no plásticos (limos).

*Resumen de: United States Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 128-129*

#### **2.2.1.4. Propiedades de los componentes de los suelos**

##### **a Grava y arena**

Ambas tienen las mismas propiedades técnicas variando solamente en grado. La división entre grava y arena está señalada por la malla N° 4. Ambos son materiales estables, cuando están desprovistos de finos son permeables, fáciles de compactar, les afecta poco la humedad y no sufren efectos por la helada (en mayor grado las gravas que las arenas).

##### **b Limo y arcilla**

Estos materiales manifiestan cambios marcados en sus propiedades físicas, con la variación de la proporción de agua. Muchos de los suelos finos se contraen al secarse y se dilatan al mojarse; y aún cuando la proporción de agua no cambie, las propiedades de éstos suelos pueden variar considerablemente entre su condición natural en el terreno y cuando ya se han removido, debido a la destrucción de su estructura.

Los limos son finos que no son plásticos, son inherentemente inestables en la presencia de agua y tienen la tendencia a licuarse cuando se saturan. Son bastante impermeables, difíciles de compactar y tienen mucha tendencia a hincharse cuando se congelan. Las masas de limo cambian de volumen al cambiar de forma (dilatancia). Cuanto más elevado es el límite líquido de un limo, es tanto más compresible.

Las arcillas son finos plásticos. Cuando están mojadas tienen poca resistencia a la deformación y difíciles de compactar. Se secan formando masas duras coherentes. Son casi impermeables y presentan dilataciones y contracciones grandes con los cambios de humedad. Cuanto más elevado es el límite líquido de una arcilla, tanto más compresible

será cuando se compara en condiciones iguales de cargas geológicas anteriores. Así mismo cuanto más elevado es el índice de plasticidad, tanto más cohesiva es la arcilla.

**c      Materia orgánica**

En forma de vegetación parcialmente descompuesta es el principal constituyente de los suelos turbosos, sus propiedades afectan a menudo lo suficiente como para influir en su clasificación. Aún pequeñas proporciones de materia orgánica, en forma coloidal en la arcilla producirán un aumento apreciable en el límite líquido del material sin aumentar el índice de plasticidad.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 129-131*

**2.2.1.5. Clasificación de las rocas**

*En un sentido amplio, las rocas son agregados de minerales. (...) Para el ingeniero, el término roca significa firme y coherente, o sustancias consolidadas que normalmente no se pueden excavar, valiéndose únicamente de métodos manuales. Con relación a su origen, las rocas se agrupan en tres grandes clases:*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 136*

**a      Rocas ígneas**

Se les llama rocas primarias. Son rocas que se han solidificado de una masa fundida llamada magma dentro de la tierra (intrusivas) o de lava cuando ha sido expulsadas sobre la superficie (extrusivas)

**b      Rocas sedimentarias**

Formadas por masas en forma de capas de sedimento que se han endurecido por cementación, compactación o recristalización incipiente. El material del cual están

compuestas proviene de la desintegración y descomposición de rocas preexistentes ígneas, sedimentarias y metamórficas; el cual es acarreado de su posición original por el agua, viento o glaciares. Éstas a su vez se pueden clasificar como clásticas, químicas u orgánicas.

### **c Rocas metamórficas**

Se forman de rocas ígneas o sedimentarias preexistentes, como resultado de un ajuste forzoso de estas rocas a medios diferentes de aquellos en que originalmente se formaron. Este ajuste puede consistir en la formación, dentro de la roca, de nuevas estructuras, texturas o minerales. La temperatura, presión, líquidos y gases químicamente activos son los principales factores involucrados en el metamorfismo.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 137-144*

#### **2.2.1.6. Propiedades técnicas de la roca**

Las propiedades físicas de una roca dependen en gran parte del grado de intemperismo y cada depósito tiene que valorizarse individualmente. Algunas de las propiedades importantes de las rocas que tienen significación en la ingeniería son el peso, porosidad, resistencia y dureza, durabilidad y tenacidad.

Las propiedades físicas son las menos variables en las rocas ígneas, excluyendo los efectos de la fracturación. Las rocas sedimentarias, por otra parte, son tan variables, que es difícil definir las propiedades físicas que pueden variar entre límites amplios.

Las rocas más pesadas son las ígneas oscuras y las metamórficas como el basalto, gabro y algunos esquistos. Las más ligeras son las sedimentarias y las volcánicas como la tiza, toba y pómez.

En general las rocas más fuertes son las más densas y las más débiles son las más porosas. La porosidad del granito, rocas ígneas semejantes, y la mayor parte de las rocas metamórficas es baja, generalmente menor del 1%.

Entre las rocas más fuertes y más duras están las cuarcitas, granito y el basalto; mientras que entre las más débiles están las tobas, pizarra, tiza, arenisca blanda, las sales y el yeso.

Finalmente las rocas más durables son las ígneas y las cuarcitas, pero o resisten e fuego, el cual las agrieta y desconcha.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 144-145*

## **2.2.2. PROYECTO DE LA CIMENTACIÓN**

*Los requisitos esenciales de una cimentación para una presa de tierra son: que debe proporcionar un apoyo estable para el terraplén en todas las condiciones de saturación y carga, debiendo tener al mismo tiempo una resistencia elevada a la filtración, (...)*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 196*

### **2.2.2.1. Cimentaciones de roca**

Las cimentaciones de roca incluyendo las arcillas laminares duras, no presentan ningún problema de resistencia para las presas de tierra pequeñas; sin embargo se deben considerar las filtraciones erosivas por fisuras, hendiduras, estratos permeables y a lo largo de los planos de falla. Esto se puede controlar mediante inyecciones de lechada a presión; generalmente cemento puro y agua con relaciones que varían desde 1:5 hasta 1:1.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 197-198*

### **2.2.2.2. Cimentaciones de arena y grava**

*Con frecuencia las cimentaciones de las presas consisten en depósitos aluviales recientes, compuestos de arenas y gravas relativamente permeables, que cubren formaciones geológicas impermeables. (...) Los problemas básicos que se encuentran en las cimentaciones permeables son dos: uno se refiere a la magnitud de las filtraciones subterráneas y el otro a las presiones producidas por las filtraciones.*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 198*

Para solucionar estos problemas pueden usarse dentellones de tierra con paredes inclinadas o verticales hechas de material compactado de manera similar al corazón impermeable de la presa, que mantengan su línea central paralela a la de la presa.

Otros métodos son el uso de inyecciones de cemento, asfalto, arcillas y varias sustancias químicas; y de filtros y colchones horizontales de drenaje (los cuales aplican peso sobre la porción de la cimentación donde existen fuerzas de filtración hacia arriba elevadas, son permeables y evitan el movimiento de las partículas de la cimentación o terraplén por la descarga de las filtraciones).

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 202-205*

### **2.2.2.3. Cimentaciones de limo y arcilla**

Las cimentaciones formadas por suelos de grano fino son lo suficientemente impermeables como para evitar utilizar dispositivos especiales contra filtraciones y tubificaciones. En este tipo de cimentación el problema principal es la estabilidad. Esto se puede solucionar utilizando terraplenes estabilizadores (en caso de cimentaciones saturadas).

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 216-221*

## **2.3. MÉTODOS DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA**

### **2.3.1. CALICATAS**

Es una de las técnicas de prospección empleada para facilitar el reconocimiento geotécnico de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora o a mano.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa, siendo un medio muy efectivo para la exploración y el muestreo a un costo relativamente bajo.

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada y separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Se dejarán escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite tener una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remoldeada y contaminada posible, de modo que represente fielmente el perfil estratigráfico del pozo. En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida.

*Resumen de: <http://es.wikipedia.org/wiki/calicata>*

### **2.3.2. PERFORADORA GIRATORIA**

Es uno de los equipos más importantes de exploración subterránea para las presas. Está compuesta de una perforadora giratoria con un cilindro para extraer corazones, una broca de diamante y un sistema de alimentación hidráulico o de tornillo.

Los corazones proporcionan datos sobre la composición y carácter de las diferentes formaciones, poniendo en evidencia la separación e impermeabilidad de las juntas, mantos, fisuras y otros detalles estructurales. Cuando se perforan materiales



blandos, la circulación del agua debe reducirse o suprimirse totalmente y el corazón debe extraerse seco.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 156-160*

### **2.3.3. MÉTODOS GEOFÍSICOS**

Los sondeos sísmicos se han usado con éxito para determinar aproximadamente la profundidad a la que se encuentra la roca; mientras que los sondeos empleando la medida de la resistencia eléctrica, se han usado para determinar la profundidad aproximada de la alteración de la roca y para determinar la extensión de los depósitos subterráneos de grava.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 162*

### **2.3.4. MUESTREO**

El muestreo es necesario para identificar y clasificar los suelos y las rocas, determinar la humedad, densidad, caracterizar agregados para concreto y enrocamiento y para realizar ensayos de laboratorio. Se pueden obtener muestras alteradas y relativamente inalteradas.

Las muestras alteradas son aquellas en las que no se hace ningún esfuerzo para conservar la estructura del suelo y suelen utilizarse para la clasificación de los suelos, determinación de la humedad o para determinar sus características de compactación.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Páginas 162-163*

## 2.3.5. PRUEBAS DE CAMPO Y DE LABORATORIO

### 2.3.5.1. Pruebas de campo para determinar la permeabilidad

En las formaciones naturales, generalmente compuestas por mantos distintos, con variaciones importantes tanto en la disposición de los mismos como en las características de los materiales, es difícil estudiar el escurrimiento a partir de un número limitado de ensayos sobre muestras inalteradas. En mantos de arena y grava es casi imposible obtener especímenes inalterados. En estos casos es necesario recurrir a las pruebas de campo.

El tipo de prueba de permeabilidad útil en cada caso particular depende de numerosos factores, tales como tipo de material, localización del nivel freático y homogeneidad o heterogeneidad de los distintos estratos del suelo.

#### a Ensayo Le Franc con nivel constante

Se introduce un caudal  $Q$  para mantener el nivel del agua dentro del sondeo estabilizado a una altura  $h_m$ . La conductividad hidráulica se obtiene por la siguiente expresión:

$$K = \frac{Q}{C x h_m} \dots\dots\dots (2.7)$$

Donde:

- $K$  = Conductividad hidráulica
- $Q$  = Caudal inyectado
- $h_m$  = Altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo
- $C$  = Factor de forma

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)} \dots\dots\dots (2.8)$$

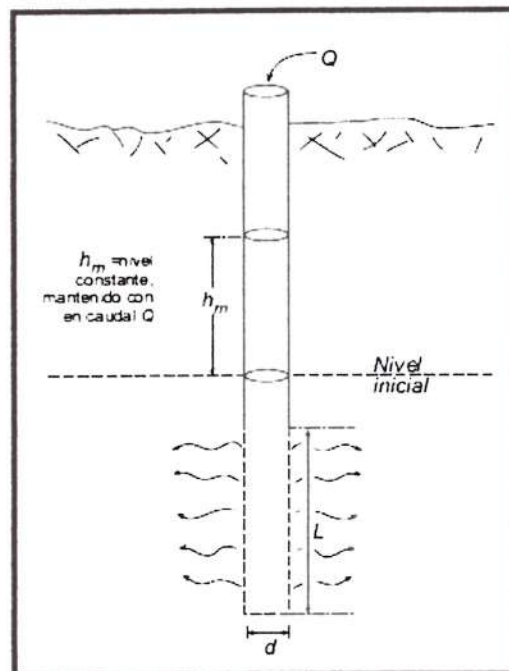
Donde:

$L$  = Longitud de la zona filtrante

$d$  = Diámetro del sondeo

*Fuente: Sánchez, F.J. Medidas Puntuales de Permeabilidad*

Figura 01: Ensayo de permeabilidad Le Franc



Fuente: Sánchez, F. J. (2004).- Medidas puntuales de permeabilidad. Universidad de Salamanca.

## **b Ensayo Lugeon**

Consiste en inyectar agua a presiones crecientes, en un tramo limitado por dos obturadores. Se define la "unidad Lugeon" como la permeabilidad que permite la admisión de 1 litro de agua por minuto y por metro lineal de sondeo, a una presión de 1 Kpa (10 kp/cm<sup>2</sup>). Este ensayo se emplea en macizos rocosos, para definir la inyectabilidad de cimientos de presas.

*Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_Permeabilidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_Permeabilidad)*



## **2.4. TERRAPLENES**

El problema esencial de proyectar un terraplén, es determinar la sección transversal, que cuando se construya con los materiales disponibles, cumpla con las funciones para las cuales se proyecta, con la debida seguridad y al costo mínimo.

*Resumen de: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 223*

*La estabilidad de un terraplén se determina por su capacidad para resistir esfuerzos cortantes, porque la falla se produce por deslizamiento a lo largo de una superficie de corte. Los esfuerzos cortantes provienen de las cargas externas aplicadas, como son las del vaso y las producidas por los terremotos, y de las fuerzas internas producidas por el peso del suelo y de los taludes del terraplén.*

*Fuente: United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. Diseño de Pequeñas Presas. Página 225*

### **2.4.1. CONDICIONES CRÍTICAS EN LA ESTABILIDAD DE UNA PRESA**

Se presentan tres estados críticos en los que debe verificarse que el diseño contra deslizamientos es el adecuado:

#### **2.4.1.1. Al final de la construcción**

Las porciones poco permeables de la cimentación y del terraplén sufren aumentos sostenidos de esfuerzo cortante e incrementos de resistencia debido a que se presentan esfuerzos efectivos y las presiones de poros se disipan progresivamente. Se recomienda analizar la estabilidad en términos de esfuerzos totales, suponiendo disipación nula de presiones de poros; o esfuerzos efectivos con las presiones de poros resultantes de la red de flujo.

#### **2.4.1.2. A largo plazo y con presa llena**

Al llenarse el vaso, los esfuerzos actuantes en la cortina aumentan y el desarrollo del flujo de agua (en el caso de un vaso no impermeabilizado), hace incrementar paulatinamente las presiones de poros en zonas próximas a la base de la cortina, hasta hacerlas máximas cuando se alcanza la condición de flujo establecido. El factor de seguridad llega a un mínimo en esta condición.

El análisis de estabilidad, debe hacerse con esfuerzos efectivos, a partir de la resistencia consolidada – drenada de especímenes representativos.

#### **2.4.1.3. Bajo excitación sísmica**

Durante un sismo, a las fuerzas actuantes permanentes, se suman fuerzas de inercia alternantes, debidas a la respuesta dinámica de la presa; lo que a su vez induce cambios de presión de poros y de resistencia en los suelos. Como resultado final, se tienen variaciones transitorias del factor de seguridad en uno y otro sentido.

*Resumen de: Marsal, RJ; Resendiz, D. Presas de Tierra y Enrocamiento. Página 95*

#### **2.4.2. ENSAYOS DE RESISTENCIA: TENSIONES**

*Las tensiones tangenciales tienen un efecto directo y negativo en la estabilidad; mientras que las normales contribuyen positivamente a ella, a través de la componente tangencial que producen por rozamiento, a la que se añade la resistencia por cohesión, también estabilizadora.*

*Por ello, la medición de la resistencia al esfuerzo cortante es fundamental para el cálculo de la estabilidad, (...) Las muestras ensayadas son de dos tipos: las de los materiales de la presa, que han de prepararse con las condiciones que se prevé tengan en obra (compactación, humedad, etc.) y las del cimiento, que son naturales y obtenidas en sondeos, calicatas, etc; (...)*

Como es sabido, las tensiones normales tienen dos componentes: las tensiones efectivas, que son los que actúan entre los granos del material, y las presiones intersticiales ( $\mu$ ) debidas a la presión interna del agua en cada punto, obtenida de la red de corriente en el proyecto, o de piezómetros, si se trata de una comprobación sobre una obra hecha. La suma de ambas es la tensión total.

**Fuente: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Páginas 451-452**

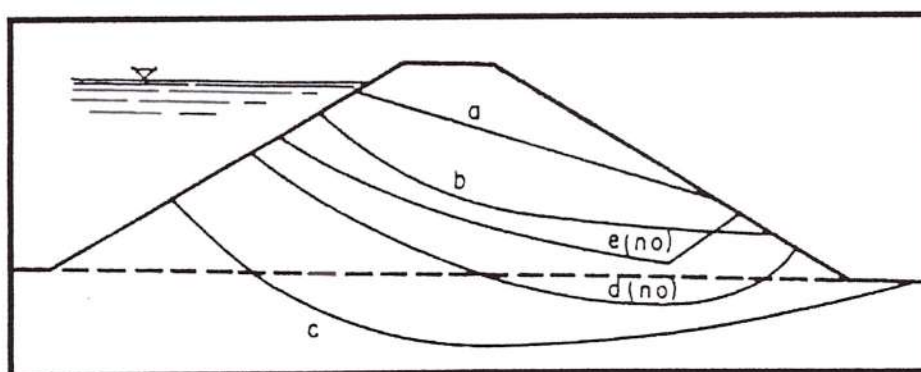
### 2.4.3. ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO

La única condición que debe cumplir una superficie deslizante es que sea viable como tal, es decir que su geometría haga posible el deslizamiento. (...)

Los deslizamientos pueden ser de tres tipos: superficiales o de talud (a), de pie (b) o profundos (c). En general los dos últimos suelen ser los más peligrosos. El primero puede serlo si al debilitar la sección provoca otro deslizamiento de mayor profundidad.

**Fuente: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Páginas 455-456**

Figura 03: Superficies de Deslizamiento en una Presa



Fuente: Tratado Básico de Presas. Vallarino, Eugenio

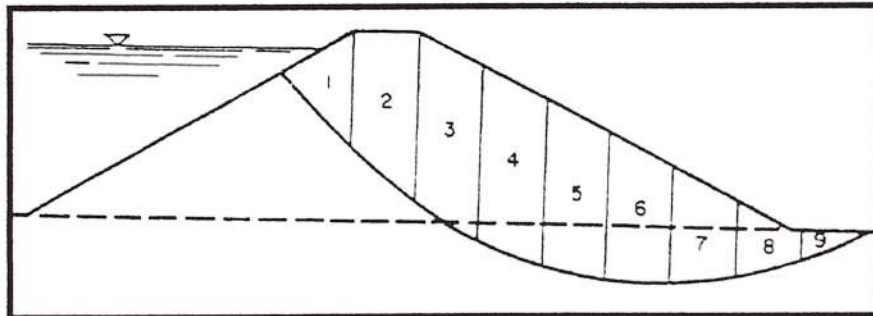
## 2.4.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

### 2.4.4.1. Método sueco

Es estrictamente aplicable a una superficie circular. La supuesta masa deslizante se subdivide en franjas verticales trapezoidales y triangulares en los extremos. Los lados curvos se sustituyen por segmentos rectos. Para que todo sea admisible y la subdivisión responda a la estructura interna de la presa se debe cumplir:

- Procurar que el ancho de las rebanadas sea uniforme y de forma que la rectificación de la curva sea aceptable.
- Que cada rebanada tenga un solo material, por lo menos en su borde deslizante, para que las características resistentes sean uniformes e ella.

*Figura 04: Dovelas para el Análisis de Estabilidad de una Presa*



Fuente: Tratado Básico de Presas. Vallarino, Eugenio

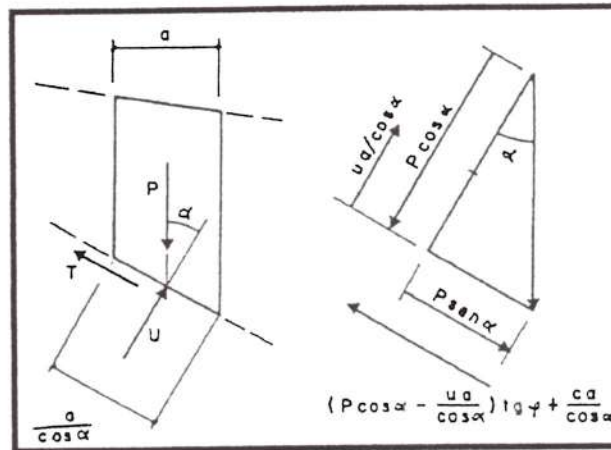
En cada rebanada de un metro de ancho normal al plano, se supone que actúan las siguientes fuerzas:

- El peso “P” de la rebandada, igual a su área por el peso específico (suelo mas agua embebida), que se descompone en una componente normal a la base ( $N = P \cos \alpha$ ) y otra tangencial ( $T = P \sin \alpha$ ).
- La fuerza hidrostática interna “U” que actúa sobre la base, igual a longitud por la presión intersticial “u”. Si “a” es el ancho de la rebandada, entonces  $U = ua / \cos \alpha$ .
- La fuerza resistente debida a la cohesión,  $C = ca / \cos \alpha$ , donde “c” es la cohesión.



- La fuerza total que puede resistir la base debida al rozamiento:  $(N - U) \tan \phi$ .
- Se prescinde del efecto de las fuerzas que actúan en los planos de contacto entre rebanadas.

Figura 05: Fuerzas Actuantes en una Dovela – Método Sueco



Fuente: Tratado Básico de Presas. Vallarino, Eugenio

La suma de las fuerzas activas sobre la superficie deslizante es:

$$\Sigma T = \Sigma P \text{sen} \alpha \dots\dots\dots (2.9)$$

Y la de las fuerzas resistentes:

$$\Sigma (C + (N - U) \tan \phi) \dots\dots\dots (2.10)$$

Luego el coeficiente de seguridad será:

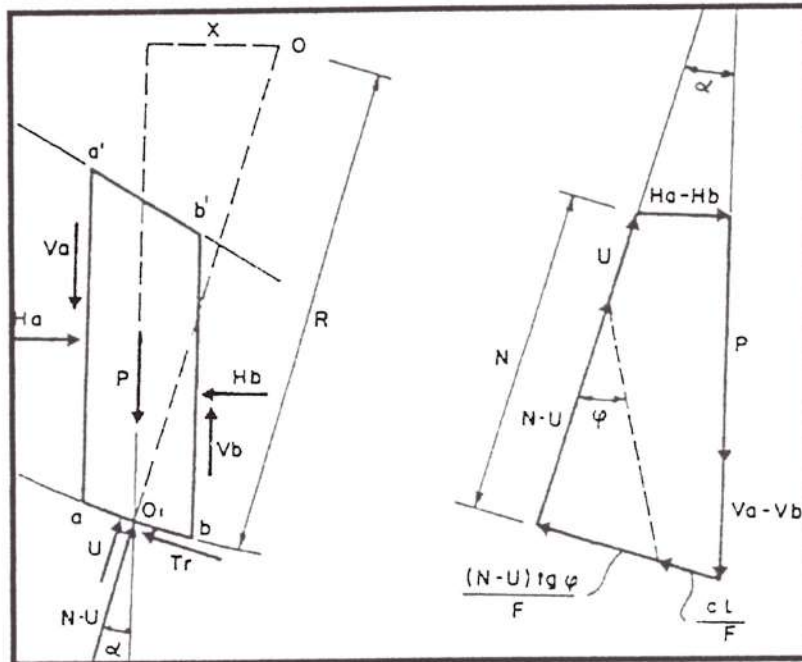
$$F = \frac{\Sigma [C + (N - U) \tan \phi]}{\Sigma T} = \frac{\Sigma \left( \frac{ca}{\cos \alpha} + \left( P \cos \alpha - \frac{ua}{\cos \alpha} \right) \tan \alpha \right)}{\Sigma P \text{sen} \alpha} \dots\dots\dots (2.11)$$

**Resumen de: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Páginas 458-459**

### 2.4.4.2. Método de Bishop

En 1955 Bishop desarrolló otro método de rebanadas verticales en el que se tienen en cuenta las fuerzas interfajas, sin prejuizar su dirección ni posición. El método presupone una superficie deslizante circular.

Figura 06: Fuerzas Actuantes en una Dovela – Método de Bishop



Fuente: Tratado Básico de Presas. Vallarino, Eugenio

En la Figura 06 se dibujan las fuerzas actuantes sobre una rebanada, y su composición para que den equilibrio (derecha). Las fuerzas sobre las caras verticales (subíndice a izquierda, b derecha) se descomponen en sus dos componentes, vertical (V) y horizontal (H), siendo irrelevantes las posiciones de sus puntos de aplicación, (...)

Si “c” es la cohesión en rotura, “φ” el ángulo de rozamiento y F el factor de seguridad, la fuerza tangencial resistente “T” en la base deslizante de la rebanada, de longitud  $ab = l$  es:

$$T = \frac{cl}{F} + \frac{(N-U) \tan \phi}{F} \quad \dots \quad (2.12)$$

Para plantear las ecuaciones de equilibrio se proyecta sobre dos ejes: el radio  $OO_1$  al centro de la base  $ab$  de la faja y la vertical; y se toman momentos respecto al centro  $O$ , con lo que se anulan los de las fuerzas normales radiales  $N$ . estableciendo esas tres condiciones de equilibrio en la totalidad de la masa deslizante, la suma de los momentos de  $H_a H_b V_a V_b$  es cero, puesto que cada una de esas fuerzas, al ser interna, es igual y opuesta a otra de la misma cara en el elemento adyacente. (...)

**Fuente: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Páginas 464-465**

De esta forma, la ecuación del factor de seguridad será:

$$F = \frac{1}{\sum P \operatorname{sen} \alpha} \times \sum \frac{\left( \frac{P + V_a - V_b}{\cos \alpha} - U \right) \times \tan \phi + cl}{1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F}} \dots \dots \dots (2.13)$$

**Resumen de: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Páginas 465-467**

#### 2.4.4.3. Método de Janbu

Es también un método de rebanadas verticales para comprobar una superficie de deslizamiento de una forma cualquiera, pero se diferencia de los anteriores, en que el estado tensional de cada faja se plantea con toda generalidad, sin limitaciones ni hipótesis simplificadoras para las fuerzas interfajas, (...)

Por tanto es más exacto y completo que los anteriores, pero también más complejo de planteamiento y resolución, por reiteraciones sucesivas, (...)

**Fuente: Vallarino, E. Tratado Básico de Presas. Tomo I. Página 470**

#### 2.4.5. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD FRENTE A SISMOS

Los primeros diseños sísmicos de presas se hicieron asimilando los temblores a una aceleración horizontal uniforme aplicada estáticamente a la cortina. Como resultado de

análisis aproximados y mediciones en modelos y prototipos; se extendió la práctica de suponer que esta aceleración es creciente con la elevación medida desde el nivel de desplante de la cortina. Finalmente se ha dejado implícito que e debe escoger un temblor de diseño, o una intensidad o aceleración también de diseño y verificarse que la presa no falla ante esta perturbación o familia de perturbaciones.

***Resumen de: Marsal, RJ; Resendiz, D. Presas de Tierra y Enrocamiento. Página 395***

Existen diversos métodos para analizar la estabilidad de taludes ante un sismo, los cuales se pueden clasificar en dos grupos:

Grupo 1: Se evalúan las fuerzas de inercia máximas que actúan sobre la presa durante un sismo, suponiendo que actúan permanentemente como fuerzas estáticas, las que se agregan a las fuerzas consideradas en el análisis convencional de estabilidad. El factor de seguridad debe ser mayor a 1.

Grupo 2: Se permite que el factor de seguridad sea menor que uno durante la corta duración de algunos pulsos sísmicos del temblor de diseño. Se calcula el desplazamiento acumulado, producido por deslizamiento a lo largo de la superficie potencial de falla. Si para el sismo de diseño el desplazamiento total no excede cierto valor, el talud se considera adecuado.

***Resumen de: Marsal, RJ; Resendiz, D. Presas de Tierra y Enrocamiento. Página 406***

## **2.4.6. DETALLES DEL TERRAPLÉN**

### **2.4.6.1. Borde libre**

En este concepto se incluyen la amplitud del oleaje generado por viento, la altura de rodamiento de las olas sobre el talud, el asentamiento máximo de la corona y un margen de seguridad, teniéndose de esta forma la siguiente ecuación:

$$H_{BL} = H_V + H_R + \Delta H + H_{MS} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Donde:

- $H_{BL}$  = Altura del borde libre
- $H_V$  = Sobre elevación de la presa por arrastre del agua por el viento
- $H_R$  = Altura de rodamiento de la ola
- $\Delta H$  = Asentamiento máximo de la corona
- $H_{MS}$  = Altura por margen de seguridad

El valor de  $H_V$  se calcula con la fórmula empírica de Stevenson modificada por Molitor en función de la distancia  $F$  de la cortina al punto más remoto del vaso o embalse, medida sobre agua libre, y la velocidad  $V$  del viento en la dirección de  $F$ :

$$H_V = 3.22 \times \sqrt{(V \times F)} + 0.76 - 26.9 \times \sqrt[4]{F} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Donde:

- $F$  = Distancia del eje al punto más remoto del depósito en Km.
- $V$  = Velocidad del viento en Km/hora.

La altura de rodamiento de la ola  $H_R$  para taludes comprendidos entre 1.5H:1V y 4H:1V varía desde  $0.33 H_V$  hasta  $H_V$ , según que la protección del talud sea de enrocamiento a volteo o losas de concreto, respectivamente.

Finalmente el margen de seguridad  $H_{MS}$  debe cubrir los posibles errores en la evaluación de la creciente o avenida máxima probable, que pueda generarse en la cuenca de estudio, teniendo en cuenta además la extensión de los registros pluviométricos utilizados.

#### 2.4.6.2. Filtros

Las funciones principales de los filtros son el imponer condiciones de frontera al flujo a través del terraplén y la cimentación, así como retener partículas del suelo que confina, previniendo de esta manera la erosión interna.

El filtro debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La permeabilidad del material filtrante debe ser de 50 a 100 veces mayor que la del suelo por proteger.
- El tamaño  $d_{15}(\text{filtro}) > 5d_{15}(\text{suelo})$ , donde  $d_{15}$  es el diámetro nominal tal que el 15 por ciento en peso de las partículas son menores que él.
- Para evitar la erosión interna o tubificación del suelo debe satisfacerse que  $d_{15}(\text{filtro}) < 5d_{85}(\text{suelo})$ .
- Por facilidad de construcción y para reducir los efectos de contaminación, no es recomendable construir filtros de espesor menor a 1.00 m.

## **2.5. GEOSINTETICOS**

### **2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMEMBRANA HDPE**

Las geomembranas HDPE son fabricadas con polietileno de alta densidad (PEAD) y producidas con resinas de alto peso molecular resultando geomembranas flexibles. Su composición está formulada para obtener una alta resistencia a los agentes químicos, lixiviados y a la degradación por rayos ultravioleta.

*Figura 07: Detalle de la Geomembrana HDPE*



Fuente: Elaboración propia

### **2.5.2. PROPIEDADES DE LA GEOMEMBRANA HDPE**

Se denomina polietileno a cada uno de los polímeros del etileno. La fabricación de polímeros consume el 60% del etileno que se produce. El polietileno es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria, es el plástico más popular del mundo. Existen,

básicamente, dos tipos de polietileno, el polietileno de baja densidad (Low Density PolyEthylene LDPE) y el polietileno de alta densidad (High Density PolyEthylene HDPE).

Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atm), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina. Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad.

Las propiedades de este material, dependen de su estructura macromolecular, la cual está condicionada a su vez, por el método de polimerización empleado en su fabricación, ya que los obtenidos a alta presión (baja densidad) P.E.B.D., presentan un estructura más ramificada; mientras que los obtenidos a presiones medias y bajas (media P.E.M.D., y de alta densidad P.E.A.D.) son casi completamente lineales y más cristalinos (moléculas más ordenadas).

En general el polietileno, es un sólido incoloro de aspecto céreo y flexible. La temperatura de fusión de los polímeros de alta densidad es de 138 °C, mientras que en los de baja densidad es de 115 °C.

Debido a su estructura parafínica, presenta una gran inercia química, no siendo atacado por la mayoría de ácidos y álcalis.

Se puede decir, por tanto que el polietileno de alta densidad (P.E.A.D.), tiene una buena resistencia a los siguientes elementos: agua, ácidos, bases, sales inorgánicas, ácidos orgánicos, alcoholes, aldehidos, éteres, hidrocarburos (excepto al dicloruro de etileno y al percloroetileno), cetonas, grasas y aceites.

### **2.5.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA GEOMEMBRANA**

#### **2.5.3.1. Espesor de la Geomembrana:**

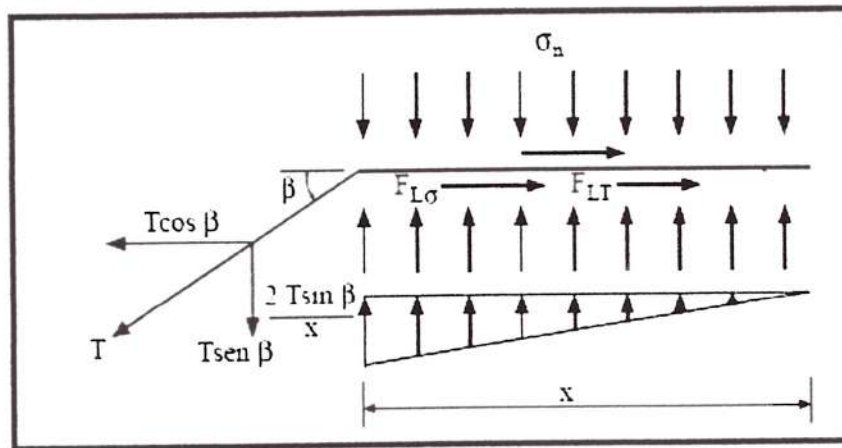
Este diseño está basado en las deformaciones bajo la superficie que el revestimiento puede experimentar durante su vida en servicio. Tales deformaciones pueden darse por distintos motivos:

- Asentamiento diferencial aleatorio del suelo.





*Figura 09: Modelo de Diseño y Fuerzas relacionadas usadas para calcular el espesor*



Fuente: Elaboración propia

La tensión es entonces resuelta para su componente horizontal, que debe ser resistida por las fuerzas de corte mostradas en la Figura 09. Nótese que la componente vertical (que se asume es disipada en la distancia de movilización  $x$ ) debe ser añadida al esfuerzo normal, impuesto por el líquido suprayacente (y el suelo si es que hubiese). Así:

$$\sum F_x = 0 \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$T \cos \beta = F_{u\sigma} + F_{L\sigma} + F_{LT} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$T \cos \beta = \sigma_n \tan \delta_u(X) + \sigma_n \tan \delta_L(X) + 0.5(2T \text{sen} \beta / X)(X) \tan \delta_L \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Donde:

$F_{u\sigma}$  = Fuerza de corte, por encima de la geomembrana, debido a la presión del líquido.

$F_{L\sigma}$  = Fuerza de corte, por debajo de la geomembrana, debido a la presión del líquido.

$F_{LT}$  = Fuerza de corte, por debajo de la geomembrana, debido a la componente vertical de T.

Luego:

$$T = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L} \dots\dots\dots (2.20)$$

Pero  $T = \sigma_{perm} t$ , luego

$$t_{calculado} = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\sigma_{perm} (\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L)} \dots\dots\dots (2.21)$$

Donde:

- t = Espesor de la geomembrana.
- B = Ángulo de asentamiento que moviliza la tensión en la geomembrana.
- $\sigma_n$  = Esfuerzo aplicado por el contenido del reservorio.
- $\delta_L$  = Ángulo de resistencia al corte entre la geomembrana y el material adyacente (por ejemplo geotextil).
- $\delta_U$  = Ángulo de resistencia al corte entre la geomembrana y el material sobre ella.
- x = Distancia de deformación movilizada de la geomembrana.

Luego se procede a calcular el Factor de Seguridad:

$$FS = \frac{t_{calculado}}{t_{considerado}} \dots\dots\dots (2.22)$$

## 2.6. HIDROLOGIA

### 2.6.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

*(...) espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas.*

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_Hidrográfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_Hidrográfica)

## **2.6.2. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD USADAS EN HIDROLOGÍA**

### **2.6.2.1. Distribución Normal**

Establece que si una secuencia de variables aleatorias son independientes y están idénticamente distribuidas, entonces la distribución de la suma de  $n$  de éstas variables tiende hacia la distribución normal a medida que  $n$  aumenta. La precipitación anual, que es calculada como la suma de muchos eventos independientes, tiende a seguir la a esta distribución. Su principal limitante es que tiende a ser simétrica alrededor de la media, mientras que la información hidrológica tiende a ser asimétrica.

### **2.6.2.2. Distribución Log Normal**

Se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables, como por ejemplo la conductividad hidráulica en un medio poroso, el tamaño de gotas de lluvia en una tormenta, etc. Tiene la ventaja de que la transformación log tiende a reducir la asimetría positiva comúnmente encontrada en información hidrológica, debido a que al tomar logaritmos se reducen en una proporción mayor los números grandes que los pequeños. Algunas limitaciones son que requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos alrededor de su media.

### **2.6.2.3. Distribución Pearson Tipo III**

Es una distribución muy flexible, que puede asumir diferentes formas a medida que sus tres parámetros (media, desviación estándar y coeficiente de asimetría) varían. Fue aplicada por primera vez en hidrología por Foster en 1924 para describir la distribución de probabilidad de picos de crecientes máximos anuales. Cuando la información es muy asimétrica positivamente, se utiliza una transformación log para reducir la asimetría.

### **2.6.2.4. Distribución de valor extremo**

Fisher y Tippett (1928) demostraron que las distribuciones de valores extremos seleccionados de conjuntos de muestras de cualquier distribución de probabilidad

convergen en una de las tres formas de distribuciones de valor extremo, siempre y cuando el número de valores extremos sea grande.

*Resumen de: Chow, V; Maidment, D; Mays, L. Hidrología Aplicada. Páginas 382-387*

### **2.6.3. MAXIMAS AVENIDAS**

#### **2.6.3.1. Creciente**

*(...) es cualquier caudal alto que desborde los terraplenes ya sean artificiales o naturales a lo largo de la corriente. Las magnitudes de las crecientes están descritas por sus caudales, sus elevaciones y sus volúmenes. Cada uno de estos factores es importante en el diseño hidrológico de diferentes tipos de estructuras para el control de flujo.*

*Fuente: Chow, V; Maidment, D; Mays, L. Hidrología Aplicada. Página 506*

#### **2.6.3.2. Periodo de retorno**

Es el tiempo medido en años en donde el mayor caudal medido, en una serie de valores observados, tiene la probabilidad de ser igualado o superado al menos una vez. Su determinación está en función a la vida útil de la obra, tipo de estructura, facilidad de reparación y el peligro de pérdida de vidas humanas en caso de falla.

*Resumen de: Vegas, F. Represamiento a Nivel de Prefactibilidad de las Lagunas Shallap y Rajucolta para afianzar la Generación de Energía y Potencia de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato. Página 16*

#### **2.6.3.3. Hidrogramas**

Es la representación gráfica de las variaciones del caudal con respecto al tiempo, en orden cronológico y en un punto de aforo específico. El área bajo la curva del hidrograma representa el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo específico, durante el tiempo expresado en el hidrograma.

*Resumen de: Villón, M. Hidrología. Página 197*

#### **2.6.3.4. Hidrograma unitario**

*El hidrograma unitario (HU) de una cuenca, se define como el hidrograma de escurrimiento debido a una precipitación con altura en exceso ( $hdp_e$ ) unitaria (un mm, un cm, una pulg, etc.), repartida uniformemente sobre la cuenca, con una intensidad constante durante un período específico de tiempo (duración e exceso de).*

*Fuente: Villón, M. Hidrología. Página 210*

### **2.7. IMPACTO AMBIENTAL**

*Se entiende como la alteración, cambio, o modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza.*

#### **2.7.1. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

*Es un procedimiento jurídico – administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la previsión, corrección, valoración de los mismos, (...)*

#### **2.7.2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

*Es un estudio técnico e interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la evaluación de impacto ambiental se realiza sobre un plan, proyecto o actividad a fin de predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que pueden derivarse de su ejecución sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.*

*Fuente: Miyashiro, V. Impacto Ambiental en Proyectos de Desarrollo Rural. Página 2*

#### **2.7.3. MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES**

*Las matrices pueden ser consideradas como listas de control bidimensionales; en una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades*

*propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en la otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto. De esta manera los efectos o impactos potenciales son individualizados confrontando las dos listas de control. Las diferencias entre los diversos tipos de matrices deben considerar la variedad, número y especificidad de las listas de control, así como el sistema de evaluación de impacto individualizado.*

***Fuente: Miyashiro, V. Impacto Ambiental en Proyectos de Desarrollo Rural. Página 7***

Con respecto a la evaluación, esta varía desde una simple individualización del impacto marcada con una X hasta una evaluación cualitativa y cuantitativa.

***Resumen de: Miyashiro, V. Impacto Ambiental en Proyectos de Desarrollo Rural.  
Páginas 7-8***

#### **2.7.4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES:**

##### **2.7.4.1. Signo**

*El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.*

##### **2.7.4.2. Importancia:**

*La importancia del impacto es el ratio mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, (...):*

***Fuente: Conesa, V. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.  
Páginas 88-89***

**a Intensidad:**

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. Un alto grado de incidencia significaría una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto.

**b Extensión:**

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual. Si por el contrario el efecto no admite una ubicación precisa dentro de entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total.

**c Momento:**

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, si es inferior a un año será corto plazo, si va de 1 a 5 años será medio plazo, y si es mayor será largo plazo.

**d Persistencia:**

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

**e Reversibilidad:**

Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Puede ser a corto plazo, medio plazo o irreversible.

**f      Recuperabilidad:**

Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introduciendo medidas correctoras). El efecto puede ser totalmente recuperable, mitigable e irrecuperable.

**g      Sinergia:**

Contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples que actúan simultáneamente, siendo sus efectos superiores a los que cabría de esperar cuando las acciones que los provocan actúan de manera independiente no simultánea.

**h      Acumulación:**

Da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

**i      Efecto:**

Este atributo se refiere a la relación causa – efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, indirecto o secundario. En este último caso su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden.

**j      Periodicidad:**

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo o constante en el tiempo.

*Resumen de: Conesa, V. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.*

*Páginas 90-94*



### **2.7.4.3. Magnitud**

La predicción cuantificada de la magnitud de cada efecto es una tarea que debe ser desarrollada por especialistas en el factor ambiental que lo soporta. Predecir la magnitud del impacto equivale a medir la cantidad de factor alterado.

*Resumen de: Conesa, V. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.*

*Página 108*

### **III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

##### **3.1.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

###### **3.1.1.1. Ubicación política:**

- Departamento: Arequipa
- Provincia: Caravelí
- Distrito: Bella Unión

###### **3.1.1.2. Ubicación geográfica:**

Se ubica dentro de las siguientes coordenadas UTM (sistema de coordenadas PSAD – 56) que se pueden apreciar en el Cuadro 01:

*Cuadro 01: Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio*

<b>Este</b>	<b>Norte</b>
524,000	8'302,000
525,000	8'302,000
525,000	8'301,000
524,000	8'301,000

Fuente: Elaboración propia

###### **3.1.1.3. Acceso a la zona de estudio**

El acceso a la zona de estudio se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima a través de la Carretera Panamericana. El itinerario a seguir se muestra en el Cuadro 02:

Cuadro 02: Acceso a la Zona de Estudio

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tipo de Vía</b>
Lima – Nazca	450	Asfaltado
Nazca – Bella Unión	95	Asfaltado
Bella Unión – Proyecto	15	Afirmado
Total	560	

Fuente: Elaboración propia

## **IV. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS**

### **4.1. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**

#### **4.1.1. CARTOGRAFIA**

Se hizo uso de la Carta Nacional para la elaboración de los siguientes planos (Ver Anexo 13: Planos):

- Plano 01: Plano de Ubicación del Proyecto
- Plano 03: Plano Geológico Regional – Unidades Litoestratigráficas

#### **4.1.2. TOPOGRAFIA**

Se realizó el replanteo de 10 puntos geodésicos y levantamiento topográfico de 178.50 Has con curvas de nivel cada 1 m; para lo cual se hizo uso de los siguientes materiales:

- 03 Posicionadores Geodésicos de doble frecuencia (L1 y L2).
- 01 Radio Modem.
- 02 Trípodes de Aluminio.
- 01 Bases Nivelantes.
- 02 Jalones graduados de fibra de carbono.
- 01 Flexo metros de 5 m.
- 01 Laptop.
- 01 Cámara Fotográfica Digital
- 01 Camioneta 4x4.

Las actividades llevadas a cabo en esta etapa del estudio se dividieron en dos fases principales:

#### 4.1.2.1. Fase 1:

Consistió en colocar dos puntos de control geodésico con equipos GPS, para lo cual se realizó enlaces simultáneos con equipos GPS, asumiendo como base la Estación de Rastreo Permanente Arequipa, ubicada en el Distrito de Characato, provincia y departamento de Arequipa y, como móviles se consideraron 02 puntos, GPS-1 y GPS-2, ubicados en el área de estudio de Bella Unión, los mismos que sirvieron de base, para la realización de los trabajos de replanteo y levantamiento topográfico.

#### 4.1.2.2. Fase 2:

Se realizó el replanteo y monumentado de 10 puntos geodésicos, correspondientes a: cuatro vértices de la zona de estudio de Bella Unión, cuatro puntos en la intersección de la carretera principal y límites de la zona de estudio y dos puntos en la mitad de cada uno de los lados Este y Oeste. Asimismo se realizó el levantamiento topográfico de 178.50 Has de terreno con la finalidad de generar curvas de nivel cada 1 metro.

Los resultados de los trabajos mencionados pueden observarse tanto en el Plano 02: Plano Topográfico – Planta (Ver Anexo 11: Planos), como en el Cuadro 03. En dicho plano se puede apreciar la quebrada que será utilizada como depósito de relaves, las dos cumbres que serán utilizadas para el empotramiento de la relavera y las ruinas de la antigua empresa minera Hierro Acarí. Estos resultados son la base sobre la cual se realizará el planteamiento de alternativas y el diseño definitivo de las obras propuestas más adelante.

Cuadro 03: Coordenadas de los puntos replanteados – Datum WGS - 84

<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Elevación (msnm)</b>
GPS-01	524,224.854	8'301,672.857	554.000
GPS-02	524,563.696	8'301,369.159	460.905
V-01	524,000.000	8'302,000.000	577.550
V-02	525,000.000	8'302,000.000	495.870
V-03	525,000.000	8'301,000.000	454.990
V-04	524,000.000	8'301,000.000	424.180

<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Elevación (msnm)</b>
V-05	524,000.000	8'301,500.000	455.390
V-06	525,000.000	8'301,500.000	476.000
7	523,000.000	8'301,101.290	430.913
8	523,000.000	8'301,090.616	430.707
9	525,000.000	8'301,454.265	474.500
10	525,000.000	8'301,442.290	474.510

Fuente: Elaboración propia

## **4.2. ESTUDIO GEOLÓGICO REGIONAL Y LOCAL DEL PROYECTO**

El área del presente estudio esta ubicada en la costa sur del Perú, su relieve es llano en algunos sectores y accidentado en otros, alcanzando una altura aproximada de 680 msnm. Se han observado hasta cinco unidades geomorfológicas a saber: Planicies, Cono de Deyección, Cauce Abandonado, Laderas y Lomadas.

Con respecto a la litoestratigrafía en el área, se observan depósitos cuaternarios y rocas ígneas pertenecientes al cretáceo y terciario. En el cuaternario se observan depósitos aluviales, coluviales y eluviales. Las rocas intrusivas están representadas por las rocas del Batolito de la Costa con las Superunidades Linga y Tiabaya. Las rocas extrusivas están representadas por las andesitas Bella Unión.

Con respecto a la geodinámica externa, se han observado numerosas cárcavas, localizadas principalmente en las quebradas y cauces abandonados de fluvioaluviones.

### **4.2.1. GEOMORFOLOGIA**

En el área de estudio se puede observar un relieve variado, que corresponde a las estribaciones andinas y a la planicie costanera. Sus cotas varían desde los 240 msnm hasta los 680 msnm. Destacan cinco unidades geomorfológicas dispuestas en formas adyacentes y superpuestas parcialmente; las cuales son descritas a continuación:

#### **4.2.1.1. Planicie (PL)**

La Planicie representa la forma fisiográfica más extensa en el entorno del área estudiada. Es testigo de la acción combinada de la erosión con el levantamiento andino, cuya actividad continua aun en la actualidad. Presenta una topografía plana y plano-cóncava. Esta geoforma sobresale en forma de repisa y una característica sobresaliente es su ligera inclinación hacia el Oeste. Su constitución está formada por conglomerados con cantos de diferente composición, con matriz areno-limosa.

#### **4.2.1.2. Cono de Deyección (CO)**

Esta geoforma, se encuentra representada por las quebradas con pendientes moderadas a fuertes, están constituidas con material de escombros de composición variada entre los que tenemos rocas volcánicas e intrusivas. Esta unidad está siendo labrada sobre rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

#### **4.2.1.3. Cauce Abandonado (CA)**

Cortando a la planicie se encuentra un cauce abandonado. Esta unidad está compuesta de conglomerados polimícticos con cantos heterométricos de tamaños que varían desde 2 hasta 80 cm de diámetro. En su mayoría son subredondeados y subangulosos. Se observan dos terrazas escalonadas con una diferencia de altura de 1m.

Este cauce permanece seco, pero por la cantidad de material que se encuentra depositado se puede deducir que en temporadas de lluvias el caudal podría ser abundante, y este se elevaría aún más durante los años en que se presenta el Fenómeno del Niño.

#### **4.2.1.4. Laderas (LA)**

Estas geoformas están ubicadas en las vertientes de los cerros formando los taludes. Están desarrolladas en la mayor parte del área de estudio. Presentan pendientes que varían de 30° a 45° según sea el caso.

#### 4.2.1.5. Lomadas (LO)

Son geoformas que tienen formas alargadas; en el área de estudio están ubicadas adyacentes a las laderas. Sus altitudes se encuentran entre los 500 y 550 msnm. Sus pendientes son menos fuertes que en las unidades de laderas y están modeladas sobre material de naturaleza volcánica.

*Figura 10: Unidades Geomorfológicas*



**Lomada (LO), Ladera (LA), Cauce Abandonado (CA), Planicie (PL) y Cono de Deyección (CO)**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. LITOESTRATIGRAFÍA

En el área de estudio no afloran rocas sedimentarias, sólo se han podido definir sedimentos recientes que corresponden al Cuaternario Holocénico, los cuales incluyen a depósitos coluviales, aluviales y eluviales.

##### 4.2.2.1. Depósitos Coluviales ( Q – co)

Son depósitos de escombros que se acumulan en las quebradas y se han originado por acción de la gravedad.



Están constituidos por materiales que se han desprendido de las partes altas, se han precipitado quebrada abajo y son mayormente de rocas intrusivas de formas angulosas debido al poco transporte que han sufrido. Presentan además clastos de tamaños variables que van desde 0.05 m, hasta más de un metro y materiales finos como arenas limosas. En el área estudiada se encuentran formando abanicos.

#### 4.2.2.2. Depósitos Aluviales (Q – a)

Estos depósitos son los más extensos en el área y están emplazados en forma de amplias planicies de inundación. Están constituidos por conglomerados y fanglomerados con cantos subangulosos a subredondeados de composición heterogénea. La matriz es de naturaleza areno- limosa, con lentes de arenas compactas.

#### 4.2.2.3. Depósitos Eluviales (Q – e)

Son depósitos de materiales detríticos, producto de la descomposición de las rocas que afloran. Se les ubica en algunas laderas y tienen un grosor aproximados 0.50 m

*Figura 11: Unidades Litoestratigráficas*



**Depósito Eólico (Q-e), Depósito Coluvial (Q-co), Depósito Aluvial (Q-a)**

Fuente: Elaboración propia

### **4.2.3. ROCAS INTRUSIVAS**

En el área de estudio afloran rocas intrusivas que pertenecen al Batolito de la Costa, particularmente dioritas y tonalitas de la Superunidad Tiabaya.

#### **4.2.3.1. Monzonita Linga**

Se denomina así a un cuerpo intrusivo, que pertenece a la superunidad Linga del batolito de la Costa, este cuerpo está cortado por la tonalita Tiabaya y a su vez corta a las rocas volcánicas del intrusivo subvolcánico Bella Unión. Consiste de monzonitas de grano fino con textura fanerítica equigranular, contiene cuarzo ortosa rosada, plagioclasa blanca en cristales euhedrales.

Sus afloramientos se presentan compactos y duros, con meteorización incipiente, fracturados por la misma, no se puede observar el patrón de fracturamiento.

#### **4.2.3.2. Tonalita Tiabaya**

Con esta denominación se reconoce al cuerpo intrusivo que corta a la diorita Tiabaya y aflora en el sector noroeste del área de estudio. Al igual que la Diorita Tiabaya esta unidad también forma parte del Batolito de la Costa. Petrográficamente esta tonalita es de color claro, grano medio y esta compuesta por plagioclasas, poco cuarzo, hornablenda y algo de biotita alterada

La roca presenta fracturas debido a la meteorización química, estas fracturas se presentan muy irregulares lo que permite determinar bien su patrón de fracturamiento.

### **4.2.4. ROCAS EXTRUSIVAS**

#### **4.2.4.1. Andesita Bella Unión**

Es un cuerpo sub-volcánico constituido por andesitas grises oscuras a verde oscuro, de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa subhedral, hornablenda,

anfíboles en una matriz afanítica, algunas veces se encuentran alterados a cloritas, son rocas compactas masivas y duras.

La roca se presenta algo meteorizada y se observan fracturas irregulares por meteorización térmica. También es posible observar en algunos lugares tres sistemas de fracturamiento:

- N 290° 80° NO
- N 230° 85° NE
- N 345° 70° NE

Esta unidad está siendo intruida por las rocas del batolito por lo que se le podría asignar una edad Pre- Batolito, esto es Cretáceo Superior. Se observa un sill de naturaleza riolítica que esta en forma concordante a la andesita Bella Unión.

#### **4.2.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

En el área estudiada solo se han podido observar unas cuantas fracturas, no se observan estructuras mayores debido a que el ámbito del proyecto es restringido.

#### **4.2.6. FISIOGRAFÍA**

La fisiografía de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de dos unidades:

##### **4.2.6.1. Unidad de Estribaciones de la Cordillera Occidental (Es Cor)**

Presenta relieve accidentado con presencia de cerros, colinas, lomadas, quebradas y depresiones con laderas de pendiente moderada a fuerte. La litología de esta unidad está constituida principalmente por rocas ígneas.

#### 4.2.6.2. Unidad de Planicie Costanera (PI Cos)

Presenta relieve llano a pendiente suave. La litología está compuesta por depósitos cuaternarios, aluviales, fluvioaluviales y eólicos.

*Figura 12: Unidades Fisiográficas*



**Estribaciones de la Cordillera Occidental (Es Cor), Planicie Costanera (PI Cos)**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.7. GEODINÁMICA

Con respecto a la geodinámica externa, en el área se desarrolla erosión en cárcavas que se ubican en las quebradas. Presentan zanjas que varían de 1 a más de 4 metros de profundidad.

Para mitigar el proceso de la formación de las cárcavas se construirá un canal de coronación, cuyas dimensiones serán dadas en el diseño hidráulico. También se observa el cauce abandonado de una corriente fluvioaluvional al Sur de la presa.

*Figura 13: Geodinámica*



**Cárcava (Cv) y Cauce Fluvioaluvional (Q - f/al)**

Fuente: Elaboración propia

### **4.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

Las investigaciones geotécnicas comprendieron una serie de actividades llevadas a cabo, tanto en campo como en laboratorio, las cuales se mencionan a continuación:

#### **4.3.1. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS MEDIANTE CALICATAS**

Para investigar las condiciones geotécnicas del subsuelo del sector en estudio, se efectuaron 18 calicatas a cielo abierto, de 1.00 por 0.80 m de sección, con profundidades variables entre 1.00 y 3.00 m.

Las calicatas se distribuyeron en el área de implementación del depósito de relaves proyectado, tanto en la zona de la cimentación de la futura presa como en la zona del vaso de almacenamiento. Los ensayos de campo efectuados permitieron medir la densidad de campo y contenido de humedad natural; así como correlacionar los resultados obtenidos en las perforaciones diamantinas ejecutadas, las cuales se mencionan más adelante.

En el siguiente cuadro se presentan las características de las calicatas efectuadas, mientras que en el Anexo 1: Registro de Calicatas, se adjuntan los registros de los perfiles estratigráficos.

*Cuadro 04: Relación de Calicatas Ejecutadas*

Calicatas	Coordenadas		Cota (msnm)	Profundidad (m)
	Este	Norte		
C - 1	524,365.208	8'301519.630	483.671	1.00
C - 2	524,427.528	8'301,496.798	465.808	1.80
C - 3	525,500.732	8'301,498.238	468.864	1.60
C - 4	524,548.596	8'301,538.535	479.709	1.60
C - 5	524,425.254	8'301,525.742	468.954	1.30
C - 6	524,488.399	8'301,528.884	465.480	2.40
C - 7	524,429.128	8'301,450.166	460.691	2.60
C - 8	524,465.732	8'301,462.238	461.864	2.60
C - 9	524,502.737	8'301,473.972	460.736	3.00
C - 10	524,419.720	8'301,554.848	472.101	2.60
C - 11	524,451.055	8'301,555.740	468.813	2.30
C - 12	524,417.897	8'301,416.104	457.500	2.00
C - 13	524,410.165	8'301,608.802	477.101	1.30
C - 14	524,437.885	8'301,615.324	474.886	1.60
C - 15	524,463.732	8'301,621.238	477.330	1.50
C - 16	524,517.004	8'301,557.961	474.500	1.50
C - 17	524,455.000	8'301,639.000	481.500	1.20
C - 18	524,411.999	8'301,633.000	478.810	2.10

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2. EXPLORACIONES CON PERFORACIONES DIAMANTINAS**

Se ejecutaron cinco perforaciones diamantinas en el depósito de relaves proyectado, todas de diámetro HQ, con recuperación continua de testigos y ensayos de permeabilidad. El objeto de las exploraciones es evaluar las condiciones geotécnicas e hidráulicas del subsuelo del sector donde quedarán implantadas las obras del depósito de relaves. En el siguiente cuadro se presentan las características de las perforaciones ejecutadas en el subsuelo y en el Anexo 2: Registro de Perforaciones, los registros de los perfiles estratigráficos.

*Cuadro 05: Relación de Perforaciones Diamantinas Ejecutadas*

Sondeo	Coordenadas		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Ubicación
	Este	Norte			
SA-1	524,532.154	8'301,595.637	484.947	20.00	Estribo Izquierdo cimentación de presa
SA-2	524,477.448	8'301,554.738	468.00	20.00	Eje Central Cimentación de presa
SA-3	524,368.720	8'301,563.837	484.248	23.00	Estribo Derecho Cimentación de presa
SA-4	524,456.164	8'301,594.543	473.000	17.00	Aguas Arriba Presa Permeabilidad vaso
SA-5	524,498.715	8'301,489.098	462.000	20.00	Aguas Abajo Presa Cimentación de presa

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.3. TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS**

Se tomaron muestras alteradas de las calicatas de los suelos representativos, las cuales, debidamente identificadas, fueron remitidas al laboratorio de mecánica de suelos para efectuar los ensayos respectivos.

En cada una de las exploraciones, se registraron, detalladamente, los perfiles estratigráficos y se clasificaron visualmente los suelos, de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

#### **4.3.4. ENSAYOS IN SITU**

Durante la ejecución de las exploraciones con calicatas se realizaron ensayos de densidad de campo y humedad natural; mientras que durante la ejecución de las perforaciones diamantinas se llevaron a cabo ensayos de permeabilidad.

##### **4.3.4.1. Densidad de campo y humedad natural**

El ensayo de densidad de campo se realizó mediante la metodología del cono de arena y se utilizaron los siguientes materiales:

- Cono de densidad de 6" de acero zincado.
- Plato de densidad de campo de 6" de acero zincado.
- Envase plástico.
- Cuchara de densidad.
- Wincha metálica de 5 m.
- Comba y cincel.
- Bolsas de muestra.
- Balanza electrónica de 30 Kg.

El ensayo de humedad natural se llevó a cabo recolectando muestras del suelo en las calicatas ejecutadas, las cuales fueron embaladas utilizando bolsas de muestra plásticas y cinta de embalaje. De esta manera se evitó la pérdida de humedad hasta poder ingresar dichas muestras al laboratorio de mecánica de suelos, donde utilizando un horno normado se determinó el contenido de humedad de cada una.

Los resultados de las mediciones de densidad de campo y humedad natural tomados en calicatas ubicadas en el área donde se implantará el depósito de relaves proyectado, se presentan en el Cuadro 06, así como en el Anexo 3: Ensayos de Densidad de Campo.

*Cuadro 06: Densidad de Campo y Humedad Natural*

<b>Calicatas</b>	<b>Profundidad ( m )</b>	<b>Densidad natural (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Profundidad ( m )</b>	<b>Humedad natural (%)</b>
C - 1	0.25 - 0.35	1.527	0.50 - 1.00	4.47
C - 2	0.40 - 0.50	1.588	0.00 - 0.80	2.50
C - 3	0.30 - 0.40	1.501	1.00 - 1.50	3.83
C - 4	0.50 - 0.60	1.593	-	-
C - 5	0.25 - 0.35	1.902	1.00 - 1.30	3.39
C - 6	-	-	1.50 - 2.40	2.66
C - 7	0.40 - 0.50	1.469	1.60 - 2.40	3.97
C - 8	0.30 - 0.40	1.595	-	-
C - 9	-	-	1.60 - 3.00	1.95
C - 10	-	-	0.30 - 2.20	3.45
C - 11	0.50 - 0.60	1.598	0.50 - 2.30	3.58
C - 12	0.25 - 0.35	1.137	0.60 - 1.50	3.52
C - 13	0.40 - 0.50	1.777	0.50 - 1.30	1.59
C - 14	-	-	1.20 - 1.60	4.11



Calicatas	Profundidad ( m )	Densidad natural (gr/cm <sup>3</sup> )	Profundidad ( m )	Humedad natural (%)
C – 15	0.30 – 0.40	1.694	0.50 – 1.50	3.57
C – 16	-	-	1.00 – 1.30	4.14
C – 17	-	-	0.50 – 1.20	6.23
C – 18	-	-	1.00 – 2.10	4.52

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4.2. Permeabilidad Le Franc

Los ensayos de permeabilidad llevados a cabo en los diferentes sondeos fueron realizados mediante el método de Le Franc de carga constante. Mediante estos ensayos se logró conocer la permeabilidad del terreno de cimentación de la presa y del vaso de almacenamiento a diferentes niveles (teniendo en cuenta la heterogeneidad de los estratos presentes en el terreno). Estos datos serán necesarios para el cálculo de los caudales de filtración a través de la cimentación, así como para determinar la necesidad de impermeabilizar el vaso de almacenamiento. Los resultados de los ensayos de permeabilidad, ejecutados en las perforaciones diamantinas por el método Le Franc se pueden observar en el Anexo 4: Ensayos de Permeabilidad Le Franc, así como en el siguiente cuadro:

*Cuadro 07: Permeabilidad Le Franc en Perforaciones Diamantinas*

Sondeo	Tramo ( m )	Permeabilidad (cm/seg)	Tipo de material
SA – 1	4.0 – 5.0	4.34x10 <sup>-3</sup>	Roca fracturada
	9.50 – 10.50	1.72x10 <sup>-3</sup>	Roca fracturada
	14.5 – 15.5	2.02x10 <sup>-3</sup>	Roca fracturada
	19.0 – 20.0	5.15x10 <sup>-4</sup>	Roca fracturada
SA – 2	4.80 – 5.00	5.23x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
	8.00 – 9.00	8.38x10 <sup>-5</sup>	Grava arenosa
	14.00 – 15.00	2.09x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
	19.00 – 20.00	7.82x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
SA – 3	4.00 – 5.00	1.11x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
	9.00 – 10.00	3.47x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
	14.00 – 15.00	9.60x10 <sup>-4</sup>	Roca fracturada
	19.00 – 20.00	1.06x10 <sup>-3</sup>	Roca Fracturada

Sondeo	Tramo ( m )	Permeabilidad (cm/seg)	Tipo de material
SA – 4	4.00 – 5.00	1.58x10 <sup>-3</sup>	Grava arenosa
	9.00 – 10.00	1.88x10 <sup>-3</sup>	Grava arenosa
	14.00 – 15.00	4.30x10 <sup>-3</sup>	Grava arenosa
SA – 5	4.00 – 5.00	3.76x10 <sup>-4</sup>	Grava arenosa
	9.00 – 10.00	1.21x10 <sup>-4</sup>	Grava limosa
	14.00 – 15.00	6.97x10 <sup>-5</sup>	Grava limosa
	19.00 – 20.00	8.37x10 <sup>-5</sup>	Grava arenosa

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.5. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

En las muestras alteradas extraídas de las diferentes calicatas se realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría por Tamizado                      ASTM D 422
- Granulometría por Sedimentación              ASTM D 422
- Limite Líquido                                        ASTM D 423
- Limite Plástico                                        ASTM D 423
- Permeabilidad                                        ASTM D 084
- Gravedad Específica en Sólidos                ASTM D 854
- Corte Triaxial Cu                                    ASTM D 4767

En el Anexo 5: Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos, se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

#### 4.4. ESTUDIO DE PELIGRO SISMICO

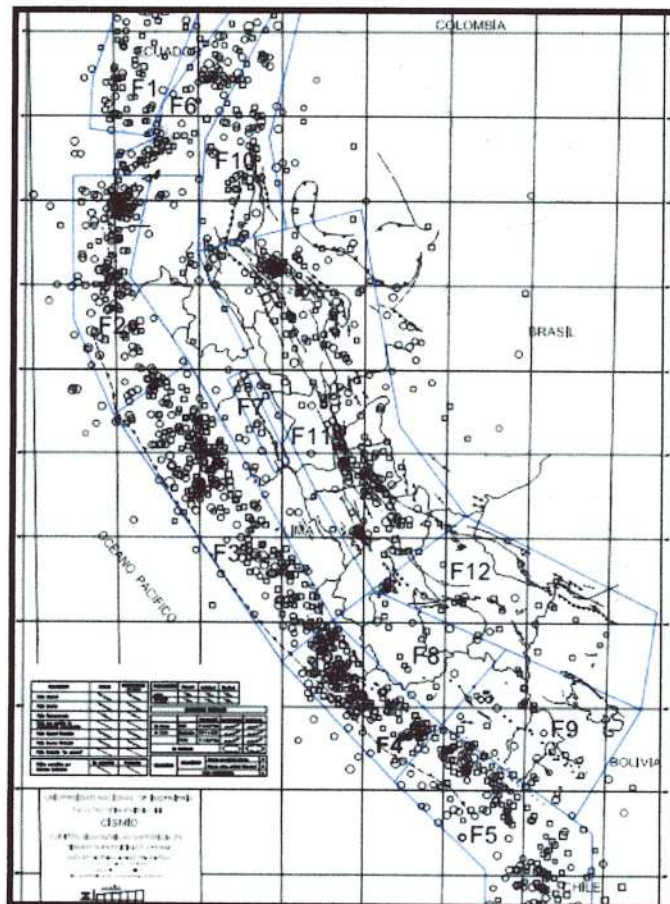
El peligro sísmico se evaluó con el método desarrollado por Cornell (1968). El método probabilístico incorpora los efectos de todos los sismos, de las fuentes sismogénicas en el entorno del sitio, definidas por los valores de magnitud máxima y relación frecuencia-magnitud. En esta forma, se logra considerar la probabilidad de ocurrencia de diferentes sismos. El resultado final entrega la aceleración máxima que tiene

una probabilidad dada, de ser superada en un periodo determinado de tiempo. La aceleración así obtenida no proviene de ningún sismo específico sino del efecto combinado de todos los sismos ubicados en las fuentes sismogénicas.

#### 4.4.1. EVALUACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS

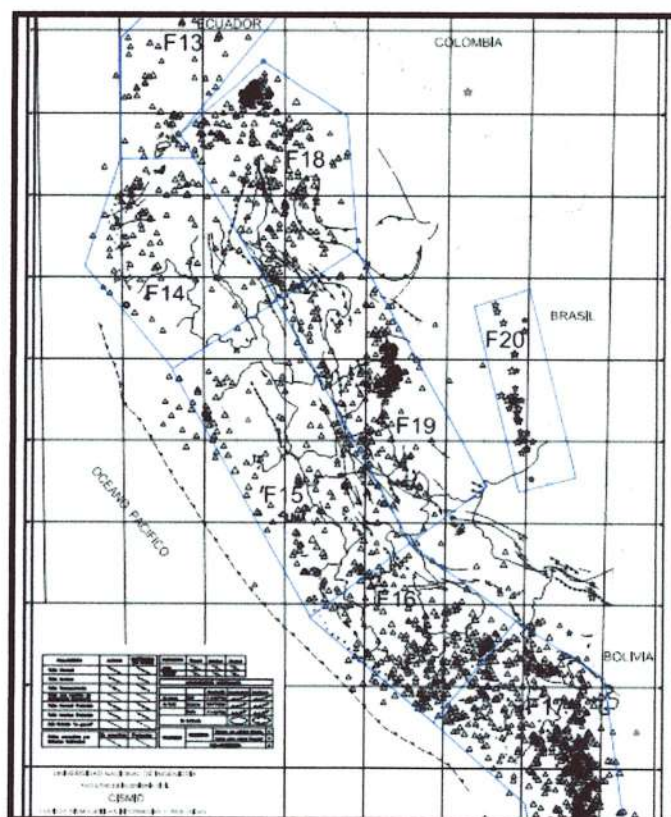
La primera parte del método consiste en una revisión de la actividad sísmica del pasado, para definir las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas de la región, donde la probabilidad de ocurrencia de sismos de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente. Las Figuras 14 y 15 presentan las fuentes sismogénicas aplicables al área en estudio.

*Figura 14: Fuentes Sismogénicas Superficiales*



Fuente: CISMID

*Figura 15: Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas*



Fuente: CISMID

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada son producto de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. La Placa de Nazca se profundiza a medida que avanza hacia el Continente, por lo que se pueden distinguir Fuentes de Subducción Superficial (F3, F4 y F5), Fuentes de Subducción Intermedia (F15, F16 y F17) y una Fuente de Subducción Profunda (F20). Las Fuentes de Subducción Superficial, Intermedia y Profunda tienen profundidades focales promedio de 40, 120 y 600 km respectivamente.

Las Fuentes F8, F9 y F12 están asociadas a la sismicidad regional andina con profundidades focales superficiales, sin estar asociadas a fallas activas. La Fuente F7 está asociada a la falla del Santa.

#### 4.4.2. EVALUACIÓN DE LA RECURRENCIA SÍSMICA

El segundo paso es caracterizar cada fuente sismogénica por su magnitud máxima y su relación frecuencia-magnitud ( $\text{Log } N = a - bM$ ). Debido a que los sismos pueden provenir de cualquier punto de la fuente, deben considerarse las distancias más cortas al sitio, medidas desde todos los puntos dentro de cada una de las fuentes. Las aceleraciones máximas en el sitio para cada sismo de cada una de las fuentes, se calculan mediante la relación de atenuación adecuada.

#### 4.4.3. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y los patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, incluyendo los efectos de la geología local, puede calcularse el peligro sísmico considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentra el proyecto.

Se ha determinado el peligro sísmico de la localidad en estudio utilizando el programa de cómputo CRISIS2007v1.1, desarrollado y actualizado por Ordaz et al (2007), considerando la ley de atenuación de Youngs et al (1997) para los sismos de subducción y la ley de atenuación de Sadigh et al (1997) para sismos continentales.

El programa CRISIS2007v1.1 se utilizó para evaluar las probabilidades de excedencia correspondientes a determinados niveles de aceleración pico. El período de retorno de la aceleración pico es simplemente el inverso de la probabilidad anual de excedencia.

*Cuadro 11: Aceleraciones Máximas Esperadas*

<b>Periodo de retorno en años</b>	<b>Aceleración Máxima Esperada (%g)</b>	<b>Probabilidad Anual de Excedencia</b>
100	0.27	$1 \times 10^{-2}$
500	0.47	$2 \times 10^{-3}$
1000	0.57	$1 \times 10^{-3}$
5000	0.89	$2 \times 10^{-4}$
10000	1.03	$1 \times 10^{-4}$

Fuente: Elaboración propia

En el caso de utilizar el método pseudo-estático para el diseño de taludes y muros, es usual considerar un coeficiente lateral sísmico entre 1/3 a 1/2 del valor de la aceleración horizontal máxima considerada. Para el caso del presente proyecto se utilizará 1/2 de la aceleración máxima esperada, para un período de retorno de 500 años según lo estipulado en la normatividad vigente (0.23g).

#### 4.5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo del presente estudio hidrológico es determinar las avenidas extraordinarias que pudieran ocurrir en la cuenca donde se ubicará el Depósito de Relaves, cuyo valor será empleado en el diseño de las obras hidráulicas complementarias.

##### 4.5.1. HIDROGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

A nivel regional el área de estudio se encuentra emplazada en una zona de intercuencas al norte de la cuenca del río Acarí. La red de drenaje pertenece a la cuenca del Pacífico. La cuenca estudiada se muestra en el Plano 16 del Anexo 13: Planos.

Esta cuenca puede ser considerada según su tamaño como muy pequeña y su flujo principal se clasifica como una corriente efímera (sólo conduce agua durante las lluvias o inmediatamente después de éstas). Se ha elaborado la curva hipsométrica de la cuenca y se calculó la pendiente partiendo del criterio de J.W. Alvord. Estos cálculos pueden apreciarse en el Anexo 6: Hidrología. En el siguiente cuadro se presentan las principales características fisiográficas de la cuenca en estudio:

*Cuadro 12: Características fisiográficas de la Cuenca en Estudio*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Área de cuenca (Km <sup>2</sup> )	0.14
Elevación máxima (msnm)	688
Elevación mínima (msnm)	467
Elevación media (msnm)	537.78
Longitud de la quebrada (Km.)	0.72
Pendiente de la cuenca (m/m)	0.39

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Para éste estudio sólo se pudo considerar una estación meteorológica, por su cercanía al proyecto (17.3 Km de distancia), sobre todo desde el punto de vista pluviométrico, y es la que se muestra a continuación:

*Cuadro 13: Estación Meteorológica Acarí*

<b>Estación</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Entidad Operadora</b>
Acarí	200	15° 24' 00''	74° 37' 00''	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

La estación de Acarí cuenta con información sobre diversos parámetros meteorológicos de interés para el presente estudio, los que se presentan a continuación con su respectivo período de registro disponible:

*Cuadro 14: Parámetros Meteorológicos y Períodos de Registro Disponibles*

<b>Parámetro</b>	<b>Período de Registro Disponible</b>
Precipitación media mensual (mm)	1964 – 1984
Evaporación media mensual (mm)	2001
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	1964 - 1984

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3. PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN

Los registros de precipitación media mensual, precipitación máxima en 24 horas y evaporación media mensual son los correspondientes a la estación Acarí. Para el caso de la precipitación y evaporación media mensual no se tuvo que realizar tratamiento de la información, debido a que ésta se encontraba completa (no habían registros faltantes), mientras que para la precipitación máxima en 24 horas, sus registros tuvieron que ser

completados. Esto se llevó a cabo mediante el método Racional Deductivo, debido a que no se disponía de estaciones cercanas o circundantes (en éste caso se podría haber usado el método del US Nacional Weather Service).

Los registros históricos y completados de los tres parámetros mencionados se pueden observar en el Anexo 6: Hidrología, mientras que el Cuadro 15 se muestran los valores promedio mensuales de los mismos:

*Cuadro 15: Valores Promedio Mensuales de la Precipitación y Evaporación*

Mes	Parámetro (mm)		
	Precipitación Media Mensual	Precipitación Máxima en 24 horas	Evaporación Media Mensual
Enero	0.7	0.5	4.6
Febrero	0.9	0.8	4.4
Marzo	0.0	0.0	4.3
Abril	0.0	0.0	3.3
Mayo	0.0	0.0	2.8
Junio	0.0	0.0	2.5
Julio	0.0	0.0	2.2
Agosto	0.0	0.0	2.5
Septiembre	0.0	0.0	2.8
Octubre	0.0	0.0	3.3
Noviembre	0.0	0.1	3.8
Diciembre	0.2	0.2	4.2

Fuente: Elaboración propia

#### **4.5.4. ANALISIS DE MAXIMAS AVENIDAS**

##### **4.5.4.1. Funciones de Distribución de Probabilidades usadas en Hidrología**

Una vez que se asigna el periodo de retorno al gasto de diseño de la obra proyectada, generalmente es necesario, para conocer dicho gasto de diseño, hacer extrapolaciones a partir de los gastos máximos anuales registrados, pues rara vez este periodo es menor al periodo de datos.



Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología se estudiaron las siguientes:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal 2 Parámetros.
- Distribución Log Normal 3 Parámetros.
- Distribución Pearson Tipo III.
- Distribución Gumbel Extrema Tipo I.

En el Cuadro 16 y Figura 16 se presentan los valores de la precipitación máxima en 24 horas, para diferentes periodos de retorno, con cada una de las distribuciones de probabilidad estudiadas.

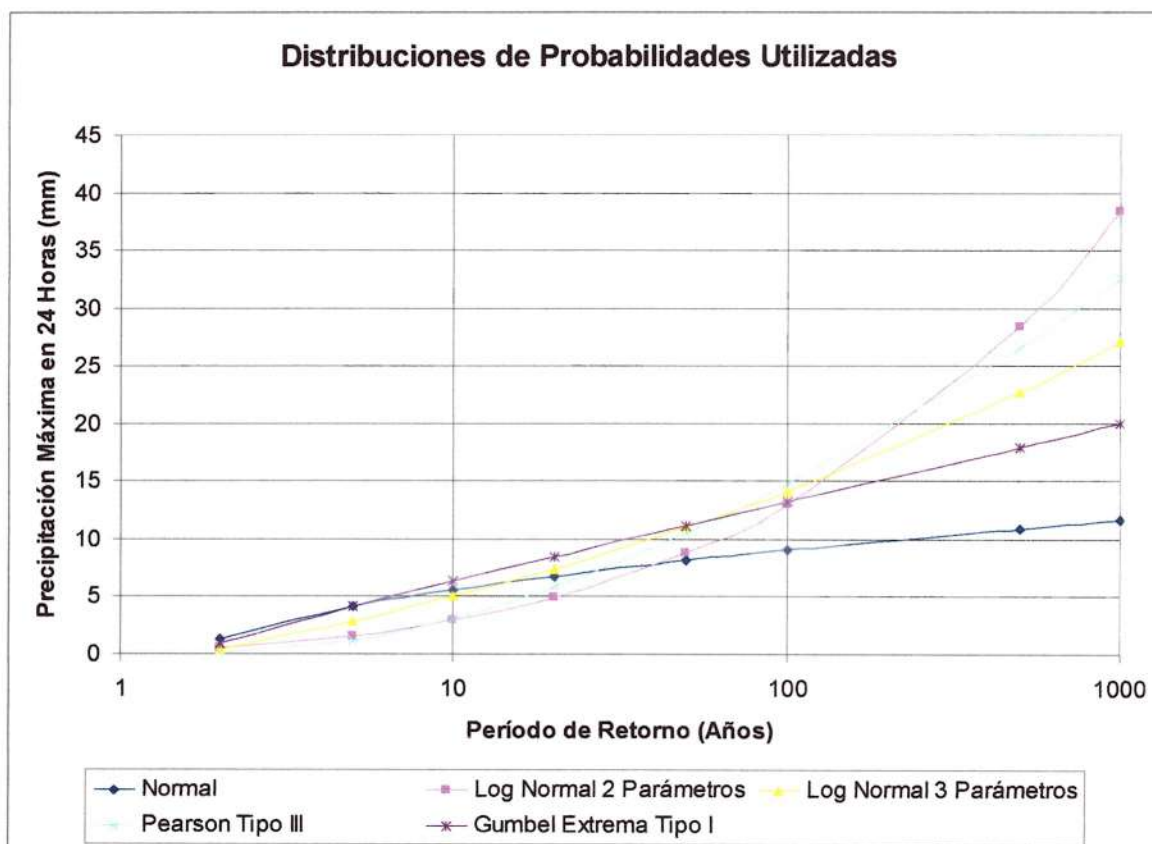
*Cuadro 16: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes Períodos de Retorno*

Período de Retorno (Años)	Funciones de Probabilidad				
	Normal	Log Normal 2 Parámetros	Log Normal 3 Parámetros	Pearson Tipo III	Gumbel Extrema Tipo I
2	1.31	0.48	0.37	0.08	0.85
5	4.12	1.58	2.90	1.12	4.15
10	5.58	2.95	5.03	3.07	6.34
20	6.80	4.94	7.41	5.84	8.44
50	8.16	8.83	11.00	10.54	11.16
100	9.07	12.99	14.09	14.80	13.20
500	10.91	28.43	22.67	26.64	17.90
1000	11.62	38.41	27.04	32.49	19.92

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la precipitación máxima en 24 horas, para cada uno de los períodos de retorno, fue efectuado con el programa SMADA 6.0, con el cual también se realizaron los gráficos de ajuste de los datos reales, a cada una de las distribuciones trabajadas. Mediante la observación de dichos gráficos se concluyó que la distribución que mejor se ajusta a los datos es la Pearson Tipo III, cuyos resultados serán utilizados en el cálculo de máximas avenidas (Ver Anexo 6: Hidrología).

*Figura 16: Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes Períodos de Retorno*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.4.2. Caudales de Diseño

Para el cálculo de las máximas avenidas se aplicaron los métodos Racional e Hidrograma Unitario Sintético (SCS); los que para poder ser utilizados requieren como dato de entrada el Tiempo de Concentración para la cuenca en estudio.

El Tiempo de Concentración ( $T_c$ ) ha sido calculado por diferentes fórmulas a través del programa SMADA 6.0 (Kerby, Kirpich, Bransby Williams y Agencia Federal de Aviación) y también según la fórmula del IC – Ministerio de Obras Públicas de forma manual (Ver Anexo 6: Hidrología). Los diferentes resultados se pueden observar en el Cuadro 17:

*Cuadro 17: Valores del Tiempo de Concentración (Tc) según las diferentes fórmulas aplicadas*

Formula	Tc (min)	Tc (horas)
Kerby	22.20	0.37
Kirpich	4.50	0.08
Bransby Williams	15.50	0.26
Agencia Federal de Aviación	19.60	0.33
IC - Ministerio de Obras Públicas	16.85	0.28

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, los resultados que brindan las diferentes fórmulas son bastante similares, con la excepción de la fórmula de Kirpich, que da como resultado un valor muy bajo. De esta manera el valor de Tc que se empleará en los cálculos siguientes es el promedio de los cuatro métodos restantes, que da como resultado 0.31 horas o 18.54 minutos.

#### **a Método Racional**

El método racional permite hacer estimaciones de los caudales máximos de escorrentía usando las intensidades máximas de precipitación. Básicamente, se formula que el caudal máximo de escorrentía es directamente proporcional a la intensidad máxima de precipitación de la lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración y al área de la cuenca.

La fórmula racional establece que:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Donde:

- Q = Caudal, en m<sup>3</sup>/s.
- C = Coeficiente de escorrentía.
- I = Intensidad de la lluvia, en mm/h
- A = Área de la cuenca, en Km<sup>2</sup>.

El coeficiente de escorrentía C es la variable menos precisa del método racional y depende de las características y las condiciones del suelo como la humedad antecedente, el grado de compactación, la porosidad, vegetación y pendiente, así como también de la intensidad de lluvia y proximidad del nivel freático. El valor utilizado en el presente cálculo fue de 0.45 según los siguientes cuadros:

*Cuadro 18: Tabla para determinar indistintamente caudales punta por el método racional y para dimensionar zanjas de infiltración*

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0.30	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.30	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.35	0.80	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.80	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Benitez et al (1980), citado por Lemus & Navarro (2003)

*Cuadro 19: Tabla para determinar caudales punta por el método racional en el diseño de canales de desviación*

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronun- ciada	Alta	Media	Suave	Despre- ciable
		50%	20%	5%	1%	
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.55	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques Vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota: Para zonas que se espera puedan ser quemadas se deben aumentar los coeficientes así:  
 • Cultivos: multiplicar por 1.10  
 • Pastos y vegetación ligera, hierba y grama, bosques y vegetación densa: multiplicar por 1.20

Fuente: Rázuri (1984)

Debido a que la información disponible es la precipitación máxima en 24 horas, se empleó la fórmula de Dick y Peshcke, la cual se presenta a continuación:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{D}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (4.2)$$

Donde:

- $P_d$  = Precipitación total para la duración D, en milímetros.
- $P_{24h}$  = Precipitación máxima en 24 horas para el período de retorno, en milímetros.
- $D$  = Duración de la lluvia o duración en exceso, en minutos.

Cabe resaltar que la precipitación máxima en 24 horas utilizada en la fórmula ha sido afectada por tres factores de corrección (por lectura, por elevación y por área), obteniéndose de ésta manera la precipitación máxima de diseño para cada período de retorno. Por otra parte, para la duración D, se consideró un valor igual al tiempo de concentración, asunción válida para cuencas pequeñas según Villón (2002). La intensidad se obtuvo dividiendo la precipitación Pd entre la duración D:

$$I = \frac{Pd}{D} \dots\dots\dots (4.3)$$

Donde:

- $P_d$  = Precipitación total para la duración D, en milímetros.
- $I$  = Intensidad de la precipitación, en mm/hora.
- $D$  = Duración de la lluvia o duración en exceso, en horas.

El cálculo a mayor detalle de los caudales de diseño según el método racional se puede observar en el Anexo 6: Hidrología y los resultados en el Cuadro 20:

Cuadro 20: Caudales de Diseño para diferentes periodos de retorno según el Método Racional

Período de Retorno (Años)	Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s)
2	0.00
5	0.07
10	0.18
20	0.34
50	0.62
100	0.87
500	1.57
1000	1.92

Fuente: Elaboración propia

**b Hidrograma Unitario Sintético (SCS)**

El método adoptado por el U.S. Conservation Service consiste en representar el hidrograma de la avenida como un triángulo de tal manera que:

$$Q_{\max} = \frac{0.208 \times A \times P_e}{t_p} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (4.6)$$

Donde:

- A = Área de la cuenca, en Km<sup>2</sup>.
- Pe = Precipitación efectiva, en milímetros.
- t<sub>p</sub> = Tiempo al pico, en horas.
- P<sub>e</sub> = Precipitación efectiva, en milímetros
- CN = Número hidrológico.
- S = Retención potencial máxima.

Para estimar el valor de CN se debe tomar en cuenta el grupo de suelo, las condiciones de humedad antecedente y la cobertura vegetal. En cuanto al grupo de suelo existen 4, los que se describen a continuación.

- Grupo A: Arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje.
- Grupo B: Suelos arenosos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para el presente proyecto se clasificó la cuenca en dos grupos: Grupo A para el cauce de la quebrada y Grupo B para las laderas de ambas márgenes.

En cuanto al tipo de cobertura, la descripción que más se asemeja a la zona en estudio es la de pastizales en condiciones pobres, obteniéndose un valor de 68 para el Grupo A y 79 para el Grupo B.

*Cuadro 21: Valores de CN para condiciones de humedad promedio*

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos . Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
505.8 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92
1011.6 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
1348.9 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
2023.5 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
4046.9 m <sup>2</sup>	20%	51	68	73	84
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calle y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow, Maidment, Mays. Hidrología Aplicada.

Estos valores de CN deben modificarse para tener en cuenta el estado previo de humedad en el suelo. El SCS define tres condiciones: Tipo I (seco), Tipo II (promedio), y Tipo III (húmedo). Las fórmulas de corrección son las siguientes:

$$CN(I) = \frac{4.2 \times CN(II)}{10 - 0.058 \times CN(II)} \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

$$CN(III) = \frac{23 \times CN(II)}{10 + 0.13 \times CN(II)} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

Finalmente el valor de CN ponderado y corregido corresponde a 60. Con este valor, el tiempo de concentración y demás parámetros de la cuenca calculados previamente, se calcularon los caudales de diseño para diferentes períodos de retorno, obteniéndose los siguientes resultados (Ver el Anexo 6: Hidrología para el cálculo detallado):

*Cuadro 22: Caudales de Diseño para diferentes períodos de retorno según el Método del SCS*

Período de Retorno (Años)	Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s)
2	0.00
5	0.00
10	0.00
20	0.00
50	0.00
100	0.07
500	0.93
1000	1.61

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.4.3. Resultados del cálculo

Los dos métodos aplicados dan resultados diferentes. El método Racional da valores mayores, mientras que el método del SCS presenta valores promedios hasta un periodo de retorno de 500 años, para luego acercarse a la curva racional para periodos de



retorno mayores. En conclusión se indica que, los métodos expuestos tienen una convergencia a los 500 años de retorno, por lo tanto, se tomó el promedio de los mismos, obteniéndose los siguientes valores:

*Cuadro 23: Caudales de Diseño Promedio para diferentes períodos de retorno*

<b>Período de Retorno (Años)</b>	<b>Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
2	0.00
5	0.03
10	0.09
20	0.17
50	0.31
100	0.47
500	1.25
1000	1.76

Fuente: Elaboración propia

Las avenidas extraordinarias pueden afectar la estabilidad de la presa, al ingresar un volumen suficiente de agua al depósito, como para originar el desbordamiento de la presa.

De acuerdo con las Normas de Diseño de los Depósitos de Relaves en operación y abandono, correspondientes a la Dirección General de Asuntos Ambientales, y de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, las avenidas extraordinarias de un curso de agua serán obtenidas para períodos de retorno de 500 años, es decir que, el caudal de diseño será de 1.25 m<sup>3</sup>/s.

#### **4.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

El presente estudio de Impacto Ambiental tiene por finalidad lograr que la construcción y operación del Depósito de Relaves Bella Unión sean ambientalmente sostenibles, integrándose adecuadamente, dentro de los procesos para el desarrollo socioeconómico local y regional y cumpliendo con las normas y leyes propuestas para esta actividad.

#### **4.6.1. OBJETIVOS**

- Determinar el área de influencia del Proyecto, las áreas en las que se puede realizar el trabajo y las restricciones para el mismo.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales que causaría la construcción y la permanencia de las estructuras, sobre el ambiente biofísico, socio-económico y cultural.
- Dentro del marco del desarrollo sostenible, preparar un Plan de Manejo Ambiental.

#### **4.6.2. DESCRIPCION PRELIMINAR DEL PROYECTO**

##### **4.6.2.1. Fases y Actividades del Proyecto**

Las fases por las que pasará el proyecto del Depósito de Relaves Bella Unión son las siguientes:

##### **a Fase de Formulación o Preliminar**

En esta fase del estudio (fase actual) se están considerando todos los estudios básicos efectuados como hidrología, topografía, geología, geotecnia y sismicidad. Sobre éstos se llevará a cabo el diseño final de las obras a ser proyectadas.

##### **b Fase de Construcción**

Esta fase está referida al proceso de ejecución y construcción de la alternativa óptima, para el proyecto del depósito de relaves, considerando para ello: el marco administrativo legal, obras preliminares, movimiento de tierras, remoción de materiales excavaciones en canteras, obras hidráulicas auxiliares, etc.

##### **c Fase de Operación y Mantenimiento**

La operación del Depósito de Relaves consistirá básicamente en el vertimiento de los mismos de la manera más adecuada, teniendo en consideración la producción para la

cual ha sido proyectado el depósito. Las estructuras que deberán tener un mantenimiento periódico serán las obras hidráulicas auxiliares y demás obras y sistemas proyectados en el vaso y presa.

#### **4.6.2.2. Lista de Acciones Impactantes del Proyecto**

Dentro de las muchas acciones que se llevarán a cabo dentro de las fases ya descritas del proyecto, mencionamos a continuación aquellas que pueden producir impactos, relacionándolas con la fase en la que se llevarán a cabo:

##### **a Fase de Formulación o Preliminar**

- Adquisición o compra de terrenos en la zona del proyecto.
- Ejecución de investigaciones y estudios básicos.

##### **b Fase de Construcción**

- Construcción de caminos de acceso.
- Construcción de campamento y patio de máquinas.
- Extracción de material de canteras con maquinaria pesada.
- Tránsito de vehículos y personal.
- Voladura, perforación y excavaciones.
- Preparación de materiales para construcción (concreto, encofrados, acero, etc.)
- Compactación de terraplenes, taludes y zonas excavadas.
- Desmonte, rellenos y residuos de campamento.

##### **c Fase de Operación y Mantenimiento**

- Derivación permanente de las aguas de una quebrada intermitente
- Disposición de los relaves en el depósito.

### **4.6.3. LÍNEA BASE AMBIENTAL**

#### **4.6.3.1. Descripción del Área en Estudio**

El área donde se ubica el proyecto se encuentra dentro de la Zona de Vida Desierto Perarido – Templado Cálido, de acuerdo con el Mapa Ecológico del Perú elaborado por la ONERN. A continuación se describen sus principales características:

##### **a Clima**

En esta zona se presenta una biotemperatura media anual de 18.3 °C y un promedio de precipitación total por año de 74.4 mm. La evapotranspiración potencial total por año varía entre 8 y 16 veces la precipitación.

##### **b Relieve y suelos**

La configuración topográfica es predominantemente accidentada, con pendientes pronunciadas que sobrepasan el 70%, alternando con algunas áreas de topografía más suave. Los suelos son generalmente superficiales (Litosoles) y donde mejora la topografía aparecen los Xerosoles de textura media. También se presentan Andosoles Vitrícos dominados por materiales volcánicos.

##### **c Vegetación**

Es muy escasa y se limita a hierbas anuales de vida efímera, dominando las gramíneas, así como arbustos, subarbustos y cactáceas. Se puede puntualizar al *Cereus candelaria*, que presenta una forma de candelabro gigante, *Opuntia subulata* y la *Fraseria fructicosa*, que crece en forma dispersa o entremezclada con otras plantas.

#### **4.6.3.2. Lista de Parámetros Ambientales Relevantes**

##### **a Medio Físico**

- Aire

- Nivel de ruido.
- Humos y gases.
- Nivel de polvo.
- Agua
  - Variación del flujo de agua en la quebrada intermitente.
  - Calidad del agua subterránea.
- Suelo
  - Compactación
  - Erosión
  - Modificación del relieve

**b Medio Biológico**

- Flora
  - Reducción de la cobertura vegetal
  - Afectación a especies endémicas

**c Medio Socioeconómico**

- Social
  - Afectación a la salud humana
- Económico
  - Generación de empleo permanente
  - Generación de empleo temporal
  - Ingresos económicos locales

- Medio Cultural
  - Alteración del paisaje

#### **4.6.4. IDENTIFICACION Y ANALISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

##### **4.6.4.1. Matriz de Impactos Ambientales**

En base a la lista de acciones impactantes del proyecto y a la lista de parámetros ambientales relevantes se ha construido tres matrices que permitirán realizar un correcto análisis de los posibles impactos ambientales. Ver Anexo 7: Estudio de Impacto Ambiental.

##### **a Matriz de Identificación de Impactos**

Esta matriz tiene una utilidad similar a una lista de chequeo, con la que se logra identificar cuáles son las acciones que impactan sobre cada factor ambiental, dándonos como resultado que los factores ambientales más impactados son: alteración del paisaje, generación de empleo temporal y nivel de ruido; mientras que las acciones que más impactos causan son: construcción de caminos de acceso, extracción de material de canteras con maquinaria pesada, voladura, perforación y excavaciones, desmonte, rellenos y residuos de campamento.

##### **b Matriz de Leopold Valorizada**

En esta matriz se presenta la evaluación de los impactos ambientales en función de su magnitud, importancia y tipo de impacto (positivo o negativo). Se puede observar que el factor más impactado positivamente es la generación de empleo temporal, mientras que negativamente es la compactación del suelo.

##### **c Matriz de Jerarquización de Impactos Negativos**

Debido a que los impactos negativos son los que se deberán prevenir, mitigar y corregir, en esta matriz se identifican los principales, en función de su magnitud. Se tiene

de esta manera que el mayor impacto ocurrirá en el factor de nivel de ruido, siendo éste de carácter temporal; seguido del factor alteración del paisaje, siendo éste último de carácter permanente.

#### **4.6.4.2. Descripción de los Impactos Ambientales Potenciales**

Los impactos ambientales descritos a continuación están analizados según la relación entre los diferentes parámetros ambientales y las acciones impactantes del proyecto, en función de las matrices antes mencionadas. Conociendo las características de los impactos ambientales, será posible determinar un conjunto de medidas orientadas a mitigarlos, para no comprometer la integridad del medio ambiente en la zona.

##### **a Fase de Formulación o Preliminar:**

- Mejoramiento de la economía local:

Se generará puestos de trabajo de carácter temporal debido a los requerimientos de las investigaciones (toma de muestras, recolección de información de campo, levantamientos topográficos, etc.), lo cual generará mayores ingresos a la población (centros poblados de Bella Unión y Acarí).

##### **b Fase de Construcción:**

- Incremento de los niveles de ruido:

Los niveles de ruido serán incrementados principalmente por las actividades de extracción de materiales, movimiento de tierras, voladuras, perforaciones y excavaciones; para las cuales se hará uso de maquinaria pesada. Los ruidos generados pasarán los límites máximos permisibles (75 decibeles) lo que afectará negativamente a quienes se encuentren trabajando en la obra, alterando el rendimiento de trabajo.

- Emisión de humos y gases:

El uso de maquinaria pesada generará humos y gases producto de la quema de combustible. Debido a que la obra se encuentra al aire libre, los humos y gases emitidos se disiparán con mayor facilidad, afectando sólo a los trabajadores expuestos a dichas emisiones (operadores de maquinaria).

- Incremento de los niveles de polvo:

La generación de polvos emitidos por el movimiento de tierra, transporte de materiales y explotación de las canteras, produce un mayor impacto, debido a la presencia de vientos en la zona, trasladando dichas partículas a distancias significativas. De esta forma no solo se afecta a los trabajadores en obra sino también a las especies de flora aledañas a la obra.

- Deterioro de los suelos (erosión y compactación):

La exposición de los suelos debido a la explotación de canteras y movimiento de tierras, sumada al tránsito de vehículos y personal, producirá la erosión y compactación de los suelos, impidiéndose así el resurgimiento de la vegetación endémica.

- Modificación del relieve y entorno paisajístico :

La variación del relieve, presencia de estructuras, maquinarias, campamento, personas, carreteras, caminos, y excavación de canteras causan la alteración del paisaje. Esta alteración no tiene una importancia significativa para la zona.

- Incremento de daños sobre la vegetación :

Se da debido a las diversas actividades de la construcción que requieren remoción y/o a la degradación de la cobertura vegetal.



- Mejoramiento de la economía local:

Se generarán puestos de trabajo de carácter temporal debido a los requerimientos de la construcción e instalación de campamento (requerimiento de obreros, transporte, y para cubrir necesidades básicas). Esto producirá mayores ingresos a la población (centros poblados de Bella Unión y Acarí).

**c Fase de Operación y Mantenimiento:**

- Incremento de los niveles de ruidos:

Será provocado por el funcionamiento de la maquinaria necesaria para llevar a cabo la disposición de los relaves en el depósito, tales como bombas y sistemas de tuberías. Este impacto sólo afecta a los trabajadores permanentes en el depósito de relaves, ya que no existen poblaciones cercanas a la zona.

- Derivación permanente de quebrada intermitente:

Para proteger el depósito de relaves, de las máximas avenidas que pudieran ocurrir en la quebrada intermitente donde éste se ubicará, ésta última debe ser desviada permanentemente, derivando las aguas que surgen esporádicamente hacia una quebrada contigua de mayor tamaño.

- Deterioro de la calidad del agua subterránea:

La derivación del flujo de la quebrada intermitente y sobre todo, la disposición de los relaves en el vaso de almacenamiento, pueden ocasionar que la calidad del agua subterránea de la zona se vea afectada negativamente, debido a que la recarga se verá disminuida y el agua contenida en los relaves puede filtrar a través de la cimentación del vaso, llegando hasta el acuífero existente en dicha zona.

- Modificación del relieve y entorno paisajístico:

Este impacto es originado por la permanencia de la presa de contención de relaves, así como por la disposición de los mismos dentro del vaso de almacenamiento; siendo ambas estructuras de carácter permanente.

- Afectación a la salud humana:

Este impacto afectará a los trabajadores que permanecerán en las instalaciones del depósito de relaves, debido al contacto directo que tendrán con dicho material, ya sea durante el proceso de su disposición, así como una vez dispuestos de manera permanente.

- Mejoramiento de la economía local:

La operación del depósito de relaves requerirá la presencia de un número determinado de trabajadores permanentes, para la operación de las máquinas, mantenimiento del sistema, actividades administrativas, seguridad y vigilancia, etc; generando así empleo permanente para cierto número de personas.

#### **4.6.5. IDENTIFICACION Y ANALISIS DE LAS MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL**

##### **4.6.5.1. Fase de Construcción**

###### **a Medidas para disminuir el nivel de ruido**

La generación de ruido será casi permanente durante la etapa de construcción. Debido a esto se ha previsto las siguientes acciones:

- Todas las unidades vehiculares contarán con sus respectivos silenciadores para reducir la generación de ruidos, en la zona donde se ejecutará el proyecto.
- Uso de filtros para maquinarias.

- El personal deberá contar con accesorios como orejeras, para la protección de su sistema auditivo.

**b Medidas para eliminar la emisión de humos y gases**

El aire, uno de los más importantes componentes ambientales podría verse afectado por las emisiones de gases durante las operaciones del proceso constructivo de la obra, por esto es de suma importancia tomar medidas que mitiguen este impacto:

- Los vehículos y equipos autorizados deberán someterse a una revisión antes del inicio de la obra. El vehículo que no controle sus emisiones, y que exceda los límites permisibles, deberá ser separado de sus funciones, revisado, reparado y ajustado, antes de entrar a servicio nuevamente.
- Mantenimiento rutinario de los motores de combustión interna para su correcto funcionamiento.

**c Medidas para reducir el nivel de polvo**

El nivel de polvo se incrementa principalmente durante el proceso de construcción a causa de actividades como voladuras, perforaciones y excavaciones, o la construcción de las obras hidráulicas. Considerando todo esto se plantean las siguientes medidas:

- Humedecer periódicamente los caminos por donde se transportará materiales o circularán vehículos.
- Humedecer la superficie de los materiales transportados como producto de las excavaciones.
- Verificar que las vías para el transporte de materiales estén correctamente compactadas.
- Utilizar cobertores en volquetes de transporte.
- Limitar la velocidad de camiones en caminos no pavimentados.

**d Medidas para controlar el deterioro de los suelos (erosión y compactación)**

Terminada la acción de explotación de canteras y movimiento de tierras, el suelo quedará erosionado y compactado. Para controlar estos procesos se estableció lo siguiente:

- Señalización de un mismo trayecto vehicular para reducir la compactación.
- Procesos de descompactación de los caminos.
- Para disminuir la erosión se hará un relleno con el material sobrante del movimiento de tierra.

**e Medidas para la disminución de daños sobre la vegetación**

Para controlar este impacto se realizará una adecuada zonificación del campamento y de la obra, así como su correspondiente delimitación de espacios y restricción de los mismos. Es decir se establecerán zonas específicas para tránsito y estadia de personal, así como de trabajo en la obra, las cuales deben ser respetadas.

**f Medidas para asegurar la seguridad del personal y controlar los impactos relacionados a ellos:**

Para poder llevar a cabo esta medida, se requiere la capacitación adecuada del personal que trabaje durante la fase de construcción, dotándolos del equipo necesario según la labor que desempeñen e imponiendo el uso obligatorio de los mismos. Se deberá crear conciencia ecológica para reducir la contaminación generada principalmente durante el manejo de campamento.

**4.6.5.2. Fase de Operación y Mantenimiento**

**a Medidas para disminuir la emisión de ruidos:**

Los ruidos son causados por los equipos y máquinas utilizados para la disposición definitiva de los relaves en el vaso. Este efecto no puede evitarse pero si mitigarse proveyendo, al personal que trabaje en el depósito, de orejeras para protección auditiva.

**b Medidas para el control de la calidad del agua subterránea:**

Para evitar que se llegue a contaminar el acuífero en la zona, el vaso y talud aguas arriba de la presa, serán impermeabilizados por completo, utilizando geomembrana HDPE de un espesor adecuado. Además de esto se proyectará un sistema de drenaje que capte las aguas de infiltración en el vaso, el cual será un sistema doble, ubicado por encima y debajo de la impermeabilización con geomembrana.

**c Medidas para asegurar la salud del personal:**

Para poder llevar a cabo esta medida se requiere la capacitación adecuada del personal que trabaje durante la fase de operación y mantenimiento, dotándolos del equipo necesario según la labor que desempeñen e imponiendo el uso obligatorio de los mismos. Se deberá crear conciencia de seguridad y salud ocupacional para reducir los índices de afectación a la salud causados por un manejo inadecuado de los relaves.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **5.1.1. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS**

#### **5.1.1.1. Perfiles de los suelos de cimentación del depósito de relaves**

Con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas de la cimentación del depósito de relaves proyectado, se han realizados los perfiles estratigráficos respectivos a partir de los sondeos SA-1 , SA-2 , SA-3 , SA-4 y SA-5, así como con las calicatas C-1 ,C-2 , C-3 , C-4 , C-5 , C-6 , C-7, C-8 , C-9 , C-10 , C-11, C-12, C-13 , C-14, C-15, C-16, C-17 y C-18.

#### **a Perfil Estratigráfico del Tramo Central de la Presa Proyectada**

La exploración efectuada con la perforación SA-2 hasta la profundidad investigada de 20.0 m, ha identificado al depósito coluvial compuesto por arena limosa con gravas y fragmentos subangulosos de roca, de buen peso específico. Esta estratificación se presenta hasta los 5.00 m de profundidad, siendo su permeabilidad igual a  $10^{-4}$  cm/s.

Seguidamente, se encuentra la grava limosa con arena, intercaladas con grava mediana a gruesa con fragmentos de roca, gris claro, húmedas y sueltas, características que se presentan hasta la profundidad investigada. Se ha observado en la superficie presencia de bloques subangulosos.

No se encontró basamento rocoso. El porcentaje de recuperación de las muestras, varían entre 60 a 100 %.

Las densidades del depósito coluvial ensayadas en las calicatas C-5 y C-11 varían de 1.59 a 1.90  $\text{gr/cm}^3$ . Los granos finos son de forma subredondeadas a subangulosas de bajo peso específico; mientras que en los granos gruesos predominan las formas subredondeadas.

## **b Perfil Estratigráfico del Estribo Izquierdo de la Presa Proyectada**

El perfil de suelo en el estribo izquierdo investigado con la perforación SA-1 hasta la profundidad de 20 m, presenta un estrato superior de 2 m de arena limosa con gravas intercaladas con limo.

Por debajo del estrato anterior se encuentra la grava limosa, combinada con fragmentos de roca volcánica de color gris claro, media suelta, características que se mantienen hasta la roca que se encuentra a 3.50 m de profundidad.

La roca es volcánica, muy fracturada y de ligera alteración. El RQD varía de 0 a 60%, rango que la califica como rocas de mala a muy mala calidad, existiendo en mayor porcentaje las rocas de mala calidad.

Las rocas de mala calidad corresponden a los tramos de 7 a 8 m y de 11 a 18 m de profundidad donde se encuentran altamente meteorizadas y fracturadas. En general la permeabilidad de la roca es igual a  $10^{-3}$  cm/s.

La densidad del material de cobertura ensayado en la calicata C-4 es igual a 1.59 gr/cm<sup>3</sup> con 15.2 % de humedad.

## **c Perfil Estratigráfico del Vaso del Depósito de Relaves Proyectado**

Las investigaciones realizadas en la perforación SA-4 hasta la profundidad explorada de 17 m y en las calicatas exploradas C-13, C-14 y C-15, definen una capa superficial de 1.50 m de limo inorgánico con grava arenosa, que se encuentra en estado medio compacto. La densidad natural varía entre 1.69 a 1.77 gr/cm<sup>3</sup> y su permeabilidad es de  $10^{-3}$  cm/s.

Subyace al estrato superior la grava limosa con arena, ligeramente plástica de buen peso específico. Presenta las mismas características hasta los 6 m de profundidad. La permeabilidad de este estrato es de  $10^{-3}$  cm/s.

Por debajo de la capa anterior se encuentra la grava arenosa, de color plomo claro, subangulosa, con presencia de fragmentos angulosos de rocas intrusivas, características que se mantienen hasta la profundidad investigada. La permeabilidad es igual a  $10^{-3}$  cm/s.

**d Perfil Estratigráfico del Espaldón aguas abajo de la presa proyectada**

Las investigaciones realizadas en la perforación SA-5 y en las calicatas C-2, C-3 y C-9 hasta la profundidad explorada de 20 m., definen una capa superficial de 1.00 m de limo inorgánico, intercalado con arena limosa y grava subangulosa, suelta. Se presentan densidades alrededor de 1.58 gr/cm<sup>3</sup>, su permeabilidad es igual a  $10^{-4}$  cm/s.

Subyace la grava limosa con presencia de bloques de roca volcánica intrusiva que llega hasta los 15 m de profundidad. La densidad de campo varía entre 1.50 a 1.60 gr/cm<sup>3</sup>, y la permeabilidad de este estrato es del orden de  $10^{-5}$  cm/s.

Por debajo se encuentra la grava arenosa, color gris claro, subangulosa, con presencia de bloques de roca triturada en fragmentos subangulosos.

**e Perfil Estratigráfico del Estribo Derecho de la Presa Proyectada**

Las investigaciones efectuadas con el sondeo SA-3 y la calicata C-1 hasta la profundidad explorada de 23 m., definen una capa superficial de 2.00 m de limo arenoso intercalado con grava limosa que se encuentra en estado suelto. La densidad es de 1.52 gr/cm<sup>3</sup> y su permeabilidad igual a  $10^{-4}$  cm/s.

Subyace al estrato anterior el coluvial compuesto por grava arenosa con fragmentos subangulosos de roca volcánica. La permeabilidad es igual a  $10^{-4}$  cm/s. No se encontró nivel freático. Dichas características se mantienen hasta la profundidad de 13 m.

Por debajo de la capa anterior se encuentra la roca volcánica andesita de color gris, fracturada y rellena por carbonatos y óxidos. La permeabilidad se encuentra entre  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm./s, con RQD nulo.



### 5.1.1.2. Evaluación de las condiciones geotécnicas de los suelos de cimentación

#### a Tramo Central de la Presa

Como se indica en la descripción litológica, el sector central donde se ubicará la presa proyectada, presenta un perfil compuesto por arena limosa con gravas y rocas fracturadas, características que superan los 20 m de profundidad. Sus valores de permeabilidad varían entre  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  cm/s, rango que los califican como suelos de buen a mal drenaje.

En el siguiente cuadro se presentan las propiedades índice de la matriz del suelo del tramo central de la presa:

*Cuadro 24: Propiedades Índice del Sector Central*

Calicata	Prof. (m)	% que pasa		Gravedad Especifica	$\gamma_h$ (gr/cm <sup>3</sup> )	W (%)	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	e	SUCS
		Nº 4	Nº 200						
C-5	1.30	76.10	21.71	2.72	1.90	3.39	1.84	0.48	SM
C-6	1.30	46.22	10.34	-	-	2.66	-	-	GP-GM
C-10	2.00	49.86	12.21	-	-	3.45	-	-	GM
C-11	2.10	67.69	22.33	2.71	1.59	3.58	1.54	0.76	SM

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de campo y laboratorio analizados, muestran que la matriz del suelo es ligeramente plástica, de baja compresibilidad y se encuentra seca. La compacidad determinada en condición natural y compacta en el de laboratorio indica suelos sueltos a medio sueltos. La permeabilidad en laboratorio del material al 95 % de compactación es igual a  $10^{-5}$  cm/s, rango que los identifican como suelos de mal drenaje.

Según las características de la arena limosa, se califica como suelos sueltos a medianamente sueltos hasta los 4.50 m, por debajo se encuentra la grava limosa, en mejores condiciones de soporte.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las propiedades de resistencia y permeabilidad de la matriz grava limosa que se encuentra por debajo de los 4.50 m.

*Cuadro 25: Propiedades de Resistencia de la Grava Limosa de cimentación*

Material	Corte Triaxial y/o Corte Directo				Permeabilidad (cm/seg)
	No Drenado		Drenado		
Grava Limosa	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Phi$	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Phi'$	5.6x10 <sup>-5</sup>
	0.10	33.82	0.0	35.37	

Fuente: Elaboración propia

La densidad seca considerada en los ensayos de laboratorio es igual a 1.7 gr/cm<sup>3</sup>.

Para la construcción de la presa se tendrá que remover y eliminar en el sector del cauce de la quebrada los 4.50 m. de material inadecuado, excavar en banquetas hacia los estribos, reduciendo progresivamente su profundidad; además será necesario compactar el nivel de corte verificando que la cimentación quede en la grava limosa

#### **b Estribo Izquierdo**

En el área del estribo izquierdo hasta los 3.50 m. se localizan depósitos cuaternarios representados por arena limosa con gravas y arena mal graduada. La densidad de este depósito es 1.59 gr/cm<sup>3</sup> que en condiciones de campo corresponde a un suelo suelto, su permeabilidad ensayada es igual a 10<sup>-3</sup> cm/s, rango que los califica como suelos de buen drenaje; no se ubicó nivel freático.

Subyace al estrato superior la grava limosa combinada con fragmentos de roca volcánica, característica que se mantiene hasta la zona de contacto. Este estrato presenta las mismas características que la grava limosa de la parte central (Ver Cuadro 09).

El basamento rocoso volcánico se encuentra a 4.0 m de profundidad, siendo una roca alterada y fracturada. De acuerdo a la clasificación mecánica corresponde a una roca de mala calidad. El rango de resistencia que se le asigna es:  $C = 1 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\Phi = 25^\circ$ .

En campo se ensayó la permeabilidad con un valor igual a  $10^{-3} \text{ cm/s}$ , valor que las identifica como rocas de buen drenaje. Teniendo en cuenta los resultados de las densidades y permeabilidades, se puede afirmar que los depósitos de cobertura superficial son suelos de poca densidad, sueltos y de buen drenaje.

Para la construcción de la presa se tendrá que eliminar la cobertura superficial de 2 m de espesor y será necesario realizar un tratamiento de densificación por compactación debajo de los 2 m.

### c Estribo Derecho

La estratigrafía que presenta el área del estribo derecho hasta la profundidad investigada está compuesta por arena limosa intercalada con grava limosa suelta, de densidad igual a  $1.52 \text{ gr/cm}^3$  con una permeabilidad ensayada de  $10^{-4} \text{ cm/s}$ , valor que la identifica como suelo de mal drenaje. La grava arenosa llega hasta los 13.0 m. de profundidad, por debajo se encuentra el basamento rocoso volcánico. En el siguiente cuadro observamos los valores índices obtenidos de los ensayos de campo y laboratorio:

*Cuadro 26: Propiedades Índice del Estribo Derecho*

Calicata	Prof. (m)	% que pasa		Gravedad Específica	$\gamma_h$ ( $\text{gr/cm}^3$ )	W (%)	$\gamma_d$ ( $\text{gr/cm}^3$ )	e	SUCS
		Nº 4	Nº 200						
C-1	1.00	67.35	14.92	2.73	1.52	4.47	1.45	0.88	SM

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los ensayos de campo y laboratorio la matriz del depósito coluvial es ligeramente plástica y suelta. La permeabilidad es igual a  $10^{-4} \text{ cm/s}$  valor que lo califica como suelo de mal drenaje. No se ubicó nivel freático.

Subyace al estrato superior la grava arenosa, con fragmentos de roca volcánica, fragmentada en gravas angulosas, densa. Su permeabilidad ensayada es igual a  $10^{-4}$  cm/s rango que le identifica como suelo de mal drenaje. La resistencia para la grava arenosa en condición drenada y no drenado es igual:  $C = 0$  Kg/cm<sup>2</sup> y  $\Phi = 32$  grados.

El basamento rocoso se encuentra a 13 m de profundidad; siendo la roca alterada y fracturada con RQD cero, por lo que se le califica como rocas de muy mala calidad. Los valores de resistencia al corte que según clasificación geomecánica le corresponden son:  $C = 1$  Kg/cm<sup>2</sup> y  $\Phi = 30^\circ$ .

Teniendo en cuenta las características señaladas de la arena limosa, el material de cobertura en este estrato no es adecuado para la fundación de la presa. En consecuencia para la construcción se tendrá que eliminar la cobertura de 2 m de espesor y cimentar en la grava arenosa; siendo necesario para la cimentación un tratamiento de densificación por compactación debajo del corte que se ejecute.

### **5.1.1.3. Condiciones de permeabilidad del Vaso del Depósito**

Los resultados de las investigaciones efectuadas determinan que el depósito coluvial que se encuentra en el cauce de la quebrada y en sus taludes, está compuesto por limo inorgánico intercalado con grava limosa y grava arenosa, con fragmentos y bloques de roca que alcanzan tamaños hasta de un metro.

Ensayos de densidad realizados en la matriz del depósito en campo y laboratorio identifican suelos de compacidad media a suelta y permeabilidad del orden de  $10^{-3}$  cm/s; lo que los califica como suelos de buen drenaje. No se encontró nivel freático.

Estos suelos en la condición actual son susceptibles a la erosión y percolación; por lo tanto, para la construcción del vaso de almacenamiento será necesario remover y eliminar la capa superficial de un metro de limo inorgánico y luego, impermeabilizar las paredes y taludes finales.

## 5.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

En el presente estudio se han considerado cuatro alternativas para diferentes niveles de corona de la presa, para un requerimiento aproximado de almacenamiento de relaves de 62,400 m<sup>3</sup> por año. A continuación se presentan los requerimientos de la compañía minera, para el depósito de relaves proyectado:

- Producción de relaves : 300 TMSD
- Densidad de relaves : 1.5 TM/m<sup>3</sup>
- Volumen de relaves a depositar : 62,400 m<sup>3</sup>/año
- Tiempo de vida proyectado : 5.5 años

El estudio de alternativas considera el máximo aprovechamiento del vaso para la disposición final de los relaves. Para efectuar este análisis se empleó la razón de eficiencia de relleno (Re), que se define como la relación del volumen de almacenamiento al volumen de la presa proyectada. Dicha premisa permite seleccionar la altura óptima de la presa, considerando que el vaso debe tener el mayor volumen de almacenamiento, con el menor volumen de presa.

Considerando el volumen de relaves a depositar, cuya información fue proporcionada por la compañía minera, se han considerado 4 alternativas, cuyas características se muestran a continuación:

### 5.2.1. ALTERNATIVA 1: NIVEL DE CORONA 483.0 msnm

#### 5.2.1.1. Características de la presa

La presa para la alternativa 1 fue analizada con las siguientes características:

- Nivel de corona : 483.0 msnm.
- Ancho de la corona : 4.0 m.
- Altura del Borde Libre : 2.0 m.
- Talud aguas arriba : 1H:1V
- Talud aguas abajo : 2H:1V

- Altura del vaso : 10 m.
- Altura de presa : 12 m.
- Longitud de presa : 166.5 m.
- Nivel máximo de almacenamiento : 481.0 msnm.
- Volumen de Almacenamiento : 38,798 m<sup>3</sup>
- Volumen de presa : 39,350 m<sup>3</sup>
- Razón de Eficiencia (Re) : 0.99
- Tiempo de operación : 0.6 años (07 meses)

Las características del depósito de relaves propuesto se muestran en el Anexo 8: Análisis de Alternativas; tanto en las Láminas 1 y 2 como en los Planos 01 y 02.

## **5.2.2. ALTERNATIVA 2: NIVEL DE CORONA 486.0 msnm**

### **5.2.2.1. Características de la presa**

La presa para la alternativa 2 fue analizada con las siguientes características:

- Nivel de corona : 486.0 msnm.
- Ancho de la corona : 4.0 m.
- Altura del Borde Libre : 2.0 m.
- Talud aguas arriba : 1H:1V
- Talud aguas abajo : 2H:1V
- Altura del vaso : 13 m.
- Altura de presa : 15 m.
- Longitud de presa : 188.3 m.
- Nivel máximo de almacenamiento : 484.0 msnm.
- Volumen de Almacenamiento : 68,579 m<sup>3</sup>
- Volumen de presa : 64,295 m<sup>3</sup>
- Razón de Eficiencia (Re) : 1.07
- Tiempo de operación : 1.1 años (13 meses)

Las características del depósito de relaves propuesto se muestran en el Anexo 8: Análisis de Alternativas; tanto en las Láminas 3 y 4 como en los Planos 01 y 03.

### **5.2.3. ALTERNATIVA 3: NIVEL DE CORONA 492.0 msnm**

#### **5.2.3.1. Características de la presa**

La presa para la alternativa 3 fue analizada con las siguientes características:

- Nivel de corona : 492.0 msnm.
- Ancho de la corona : 4.0 m.
- Altura del Borde Libre : 2.0 m.
- Talud aguas arriba : 1H:1V
- Talud aguas abajo : 2H:1V
- Altura del vaso : 19 m.
- Altura de presa : 21 m.
- Longitud de presa : 230.7 m.
- Nivel máximo de almacenamiento : 490.0 msnm.
- Volumen de Almacenamiento : 158,658 m<sup>3</sup>
- Volumen de presa : 144,604 m<sup>3</sup>
- Razón de Eficiencia (Re) : 1.10
- Tiempo de operación : 2.5 años

Las características del depósito de relaves propuesto se muestran en el Anexo 8: Análisis de Alternativas; tanto en las Láminas 5 y 6 como en los Planos 01 y 04.

### **5.2.4. ALTERNATIVA 4: NIVEL DE CORONA 500.0 msnm**

#### **5.2.4.1. Características de la presa**

La presa para la alternativa 4 fue analizada con las siguientes características:

- Nivel de corona : 500.0 msnm.
- Ancho de la corona : 4.0 m.

- Altura del Borde Libre : 2.0 m.
- Talud aguas arriba : 1H:1V
- Talud aguas abajo : 2H:1V
- Altura del vaso : 27 m.
- Altura de presa : 29 m.
- Longitud de presa : 282.8 m.
- Nivel máximo de almacenamiento : 498.0 msnm.
- Volumen de Almacenamiento : 349,170 m<sup>3</sup>
- Volumen de presa : 299,758 m<sup>3</sup>
- Razón de Eficiencia (Re) : 1.20
- Tiempo de operación : 5.6 años

Las características del depósito de relaves propuesto se muestran en el Anexo 8: Análisis de Alternativas; tanto en las Láminas 7 y 8 como en los Planos 01 y 05.

### 5.2.5. RESULTADOS DE LAS ALTERNATIVAS

Los resultados de las 4 alternativas se presentan en el siguiente cuadro:

*Cuadro 27: Resultados de las alternativas*

Alternativas	Nivel de Corona (msnm)	(*)Volumen Almacenamiento (m <sup>3</sup> )	Volumen de presa (m <sup>3</sup> )	Tiempo de operación (años)	Razón de Eficiencia (Re)	(**) Costo Promedio Presa (\$)
Alternativa 1	483	38,798	39,350	0.6	0.99	196,750
Alternativa 2	486	68,579	64,295	1.1	1.07	321,475
Alternativa 3	492	158,658	144,604	2.5	1.10	723,020
Alternativa 4	500	349,170	299,758	5.6	1.20	1'498,790

Fuente: Elaboración propia

(\*) El volumen de almacenamiento ha sido calculado tomando en cuenta el volumen que el talud aguas arriba de la presa proyectada, ocuparía dentro del vaso y sin considerar el volumen de excavación de las paredes del propio vaso; con el cual se incrementará el volumen de almacenamiento y es necesario para colocar la impermeabilización con geomembrana propuesta en los capítulos siguientes.



(\*\*) El valor indicado corresponde únicamente a un costo promedio paramétrico de la presa, equivalente a \$5.00 por m<sup>3</sup> de terraplén compactado. No incluye las obras hidráulicas perimetrales, impermeabilización del vaso, ni los sistemas de drenaje del vaso y presa del depósito.

Como se observa en el Cuadro 12, de las 4 alternativas mostradas, la 4 cumple con el volumen de almacenamiento solicitado.

La alternativa 1 presenta una razón de eficiencia igual a 0.99 y un costo paramétrico de presa igual a US \$ 196,750 siendo la de menor costo. Sin embargo no cumple con el volumen de almacenamiento deseado para 5.5 años y su relación de eficiencia es la menor de todas.

La alternativa 2 que considera 3 m adicionales de presa, presenta una razón de eficiencia igual a 1.07, pero con un costo paramétrico de presa mayor equivalente a US \$ 321,475. El tiempo de operación de esta alternativa es de 1.1 años (13 meses), lo que no cumple con los requerimientos expuestos anteriormente.

La alternativa 3 considera 6.00 m. adicionales de presa con respecto a la alternativa 2 y presenta una razón de eficiencia igual a 1.10 (mayor a 1 lo que la hace viable técnica y económicamente), pero con un costo paramétrico de presa mayor equivalente a US \$ 723,020. El tiempo de operación de esta alternativa es de 2.5 años.

La alternativa 4 considera 8.00 m. adicionales de presa con respecto a la alternativa 3, y presenta una razón de eficiencia igual a 1.20, pero con un costo paramétrico de presa mayor equivalente a US \$ 1'498,790. El tiempo de operación de esta alternativa es de 5.6 años, cumpliendo con los requerimientos de la compañía minera.

#### **5.2.6. ELECCION DE ALTERNATIVAS**

Según los requerimientos planteados por la compañía minera y de acuerdo a su disponibilidad económica, la obra será ejecutada en dos etapas; es decir se considerará una presa de arranque cuya corona estará ubicada en la cota 486 msnm (correspondiente a la Alternativa 2) para un período de operación de 13 meses. Esta presa de arranque será

sobreelevada mediante el método de construcción aguas abajo hasta alcanzar la cota de corona de 500 msnm (correspondiente a la Alternativa 4).

### 5.3. DISEÑO DE LAS OBRAS PROYECTADAS

#### 5.3.1. DISEÑO DE LA PRESA DE ARRANQUE Y PRESA FINAL

El diseño de la presa se realizó tomando como base una presa de arranque, la cual será sobreelevada progresivamente en varias etapas de crecimiento. Las etapas de crecimiento se desarrollan siguiendo el método de construcción aguas abajo.

La presa de arranque será construida con material propio del lugar, es decir, con gravas limosas existentes en la Cantera N° 2 (Pública), considerando taludes de 1H:1V en la cara aguas arriba y 2H:1V en la cara aguas abajo. El eje de la presa de arranque tiene una longitud de 187.7 m y 4.0 m de ancho de corona.

Las características geométricas de la presa de arranque se pueden observar en los Planos 19 al 24 del Anexo 13: Planos, y se describen a continuación:

*Cuadro 28: Características de la Presa de Arranque*

Longitud de la Presa	187.7 m.
Tipo de Presa	Homogénea
Altura de Presa	21.50 m.
Nivel de Corona	486 msnm
Ancho de Corona	4.0 m.
Talud aguas arriba	1H:1V
Talud aguas abajo	2H:1V
Volumen de Presa	83,795 m <sup>3</sup>
Tiempo de Operación	1.5 años

Fuente: Elaboración propia

La Presa Final será construida con material propio del lugar, es decir, con gravas limosas existentes en la Cantera N° 2 (Pública), considerando taludes de 1H:1V en la cara aguas arriba y 2H:1V en la cara aguas abajo. El eje de la presa final tiene una longitud de 282.7 m. El cálculo del ancho de corona final fue realizado tomando en cuenta un 10% de la altura de la presa final, obteniéndose un valor redondeado de 4.00 m. Para la determinación del borde libre de 2.00 m. se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Sobreelevación del embalse por el arrastre del agua por el viento
- Altura de rodamiento de la ola
- Asentamiento máximo de la corona
- Altura por margen de seguridad

El cálculo detallado puede apreciarse en el Anexo 9: Cálculo del Borde Libre.

Las características geométricas de la presa final se pueden observar en los Planos 28 al 34 del Anexo 13: Planos, y se describen a continuación:

*Cuadro 29: Características de la Presa Final*

Longitud de la Presa	282.7 m.
Tipo de Presa	Homogénea
Altura de Presa	37.50 m.
Nivel de Corona	500 msnm
Ancho de Corona	4.0 m.
Talud aguas arriba	1H:1V
Talud aguas abajo	2H:1V
Volumen de Presa	328,677 m <sup>3</sup>
Tiempo de Operación	6.2 años

Fuente: Elaboración propia

El talud aguas arriba, tanto de la presa de arranque como de la presa final será impermeabilizado con geomembrana HDPE de 1.50 mm de espesor calculado según la siguiente metodología:

Datos Considerados:

Taludes	=	1:1
B	=	45°
h	=	17.5 m
$\sigma_n$	=	257.5 kPa (17.50m x $\gamma_{relave}$ )
x	=	100 mm
$\sigma_{perm}$	=	15000 kPa
$\delta_u$	=	0° (contención de líquidos)
$\delta_L$	=	20° (geotextil no tejido)

Reemplazando los datos en la ecuación tenemos:

$$t_{calculado} = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\sigma_{perm} (\cos \beta - \text{sen} \beta \tan \delta_L)} \dots\dots\dots (5.1)$$

Reemplazando los valores:

$$t_{calculado} = \frac{257.5x (\tan 0 + \tan 20)}{15000 (\cos 45 - \text{sen} 45 \tan 20)} \dots\dots\dots (5.2)$$

Obtenemos el siguiente valor:

$$t_{calculado} \approx 1.39mm$$

Adoptamos el siguiente valor:

$$t_{considerada} = 1.50mm$$

Calculamos el Factor de Seguridad con la ecuación:

$$FS = \frac{1.50}{1.39} \approx 1.08 \rightarrow OK \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

### 5.3.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA

Los análisis de estabilidad estático y sísmico han sido desarrollados para la sección central 0+120, tanto para la presa de arranque como para la presa final, considerando un material para conformación de presa consistente en gravas limosas. Los parámetros geotécnicos considerados en los análisis de estabilidad de la Presa son:

*Cuadro 30: Parámetros Geotécnicos de los Materiales de la Presa y su Cimentación*

Nº	Descripción	$\gamma_{nat}$ (Tn/m <sup>3</sup> )	Resistencia Drenada		Resistencia no Drenada	
			C' (Tn/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	Cu (Tn/m <sup>2</sup> )	$\phi_u$ (°)
1	Relaves	1.5	0	20	1	0
2	Terraplén	2	0	40	1	38
3	Filtro	1.8	0	35	0	35
4	Gravas limosas	1.7	0	35	1	33
5	Gravas mal graduadas	1.9	0	32	0	32
6	Roca	2.1	10	30	10	30

Fuente: Elaboración propia

La estabilidad de la Presa fue analizada bajo las condiciones estática y sísmica. En el análisis estático se han empleado parámetros de resistencia drenados (esfuerzos efectivos) y se tomó en cuenta la ubicación que el nivel freático tendría si existiera alguna falla en la geomembrana impermeabilizadora. Para el análisis sísmico se han empleado parámetros de resistencia no drenados (esfuerzos totales), no se tomó en cuenta la existencia del nivel freático y se consideró un factor sísmico de 0.23g tal y como se mencionó en el Estudio de Peligro Sísmico.

En general, las superficies de deslizamiento circulares han sido utilizadas para evaluar el factor de seguridad usando el método de Bishop mediante el programa Slide 5.0,

analizando más de 400 superficies potenciales de falla a ser evaluadas para cada configuración de la presa. En el siguiente cuadro se presentan los Factores de Seguridad de los análisis de estabilidad efectuados; los que pueden apreciarse en el Anexo 8: Análisis de Estabilidad:

*Cuadro 31: Resultados de los Análisis de Estabilidad*

Sección	Factor de Seguridad			
	Presa de Arranque		Presa Final	
0+120	Análisis Estático	Análisis Sísmico	Análisis Estático	Análisis Sísmico
	1.459	1.142	1.626	1.111

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la American Society of Civil Engineers y The International Comition on large dams, el factor de seguridad mínimo en condiciones pseudo estáticas es igual a 1.

Los resultados determinan que la presa es estable en ambas etapas de construcción (presa de arranque y presa final). Cabe resaltar que la presa de arranque debe cumplir con los factores de seguridad mínimos, sólo para la etapa de operación, ya que el cierre definitivo del depósito de relaves se llevará a cabo bajo las características de la presa final; motivo por el cual esta última etapa es la que debe cumplir con los factores de seguridad mínimos para el cierre con un sismo correspondiente a un período de retorno de 500 años.

### **5.3.3. DISEÑO DEL VASO DE ALMACENAMIENTO**

El vaso de almacenamiento está proyectado, al igual que la presa, en dos etapas: una primera etapa diseñada hasta el nivel de la presa de arranque y una segunda etapa hasta el nivel de la presa final.

Para el nivel de corona 486 msnm, el vaso tiene un volumen de almacenamiento de 90,758 m<sup>3</sup>, en el cual se han considerado dos banquetas: una ubicada en la cota 486 msnm para el anclaje de la geomembrana y otra en la cota 479 msnm para estabilidad de las paredes del vaso.

Las características geométricas del vaso de almacenamiento de la presa de arranque se pueden apreciar en los Planos 25 al 27, y se describen a continuación:

*Cuadro 32: Características del Vaso de Almacenamiento de la Presa de Arranque*

Cota base del Vaso	472 msnm
Altura del Vaso	14.0 m.
Nivel Máximo de Almacenamiento	484 msnm
Taludes de las paredes del vaso	2H:1V
Volumen de Almacenamiento	90,758 m <sup>3</sup>
Tiempo de Operación	1.5 años

Fuente: Elaboración propia

Para el nivel de corona 500 msnm, el vaso tiene un volumen de almacenamiento de 386,639 m<sup>3</sup>, en el cual se han considerado cuatro banquetas: dos para anclaje de geomembrana y dos para estabilidad de las paredes del vaso. La geomembrana será anclada en la banqueta ubicada en la cota 500 msnm así como en la ubicada en la cota 486 msnm, aprovechando que, dicha banqueta fue proyectada para el vaso correspondiente a la presa de arranque. Una de las banquetas de estabilidad está ubicada en la cota 493 msnm mientras que la segunda es la correspondiente al vaso de la presa de arranque, ubicada en la cota 479 msnm. Las características geométricas del vaso de almacenamiento de la presa final se pueden apreciar en los Planos 35 al 38, y se describen a continuación:

*Cuadro 33: Características del Vaso de Almacenamiento de la Presa Final*

Cota base del Vaso	472 msnm
Altura del Vaso	26.0 m.
Nivel Máximo de Almacenamiento	498 msnm
Taludes de las paredes del vaso	2H:1V
Volumen de Almacenamiento	386,639 m <sup>3</sup>
Tiempo de Operación	6.2 años

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que los volúmenes de almacenamiento y tiempo de operación presentados en los dos cuadros anteriores corresponden al vaso de almacenamiento incluyendo la correspondiente excavación que se llevará a cabo para la construcción de las banquetas estabilizadoras y de anclaje de geomembrana; motivo por el cual estos valores no coinciden con los mostrados en el Análisis de Alternativas. La correspondiente curva Volumen del Vaso vs Elevación puede ser apreciada en el Anexo 11: Capacidad de Almacenamiento del Vaso.

La totalidad del vaso de almacenamiento será impermeabilizado con geomembrana HDPE de 1.50 mm de espesor; es decir se impermeabilizarán tanto las paredes como el fondo del vaso, sobre el cual además se colocará una cama de arena de 30 cm de espesor como protección del geosintético. El espesor de la geomembrana ha sido calculado mediante la siguiente metodología:

Datos Considerados:

Taludes	=	2:1
B	=	26.56°
H	=	14 m
$\sigma_n$	=	206 kPa (14.00m x $\gamma_{relave}$ )
x	=	100 mm
$\sigma_{perm}$	=	15000 kPa
$\delta_u$	=	0° (contención de líquidos)
$\delta_L$	=	20° (geotextil no tejido)

Diseño:

Reemplazando los datos en la ecuación tenemos:

$$t_{calculado} = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\sigma_{perm} (\cos \beta - \text{sen} \beta \tan \delta_L)} \dots\dots\dots (5.4)$$



Reemplazando los valores:

$$t_{\text{calculado}} = \frac{206x(\tan 0 + \tan 20)}{15000(\cos 26.56 - \text{sen}26.56 \tan 20)} \dots\dots\dots (5.5)$$

Obtenemos el siguiente valor:

$$t_{\text{calculado}} \approx 0.68mm$$

Adoptamos el siguiente valor:

$$t_{\text{considerad}} = 1.50mm$$

Calculamos el Factor de Seguridad con la ecuación:

$$FS = \frac{1.50}{0.68} \approx 2.19 \rightarrow OK \dots\dots\dots (5.6)$$

#### 5.3.4. SISTEMA DE DRENAJE DE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN

El sistema de drenaje propuesto tiene por finalidad captar y evacuar las aguas de infiltración de los relaves almacenados en el depósito de relaves. El caudal infiltrado ha sido calculado para la presa, la cimentación y el vaso de almacenamiento de relaves (Ver Anexo 10: Sistema de Drenaje) obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 34: Caudales de Infiltración de la Presa y su Cimentación

Estructura	Caudal de Infiltración (m <sup>3</sup> /s por metro lineal de presa)
<b>Cuerpo de presa</b>	
Eje	7.76 x 10 <sup>-5</sup>
Margen derecha	2.87 x 10 <sup>-5</sup>
Margen izquierda	3.19 x 10 <sup>-5</sup>

<b>Estructura</b>	<b>Caudal de Infiltración (m<sup>3</sup>/s por metro lineal de presa)</b>
<b>Cimentación</b>	
Eje	2.98 x 10 <sup>-6</sup>
Margen derecha	3.30 x 10 <sup>-6</sup>
Margen izquierda	4.10 x 10 <sup>-6</sup>

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del sistema de drenaje se considerarán los mayores caudales, tanto del cuerpo de presa como de la cimentación; así como la longitud de la presa final. De esta forma se tienen los siguientes resultados:

*Cuadro 35: Caudal de Infiltración Total*

<b>Estructura</b>	<b>Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s por metro lineal de presa)</b>	<b>Longitud de la presa final</b>	<b>Caudal de Infiltración</b>
Cuerpo de presa	7.76 x 10 <sup>-5</sup>	282.7 m.	0.0219
Cimentación	4.10 x 10 <sup>-6</sup>	282.7 m.	0.0012
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>/s)</b>			<b>0.0231</b>
<b>TOTAL (l/s)</b>			<b>23.10</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del vaso de almacenamiento se ha calculado un caudal de filtración de 30.10 l/s en función de la permeabilidad teórica de los relaves y del área de almacenamiento final correspondiente a la cota 498 msnm.

Para evacuar los caudales previamente determinados, el sistema de drenaje contará con las siguientes estructuras:

#### **5.3.4.1. Dren Chimenea**

Este dren será de 1 m de espesor. Se ubicará desde la base de la presa; elevándose verticalmente a lo largo de la presa, hasta 1 m por debajo del nivel de corona, y extendiéndose en toda la longitud de la misma. Este dren será capaz de conducir un caudal de 1 l/s por metro de presa (Ver Anexo 12: Sistema de Drenaje) caudal mucho mayor al de infiltración total debido a motivos de seguridad.

#### **5.3.4.2. Sistema de Tuberías**

Este sistema estará conformado por una tubería colectora principal de 8 pulgadas de diámetro del tipo HDPE perforada, diseñada para conducir un caudal de 30.50 l/s. A esta tubería estarán conectadas 6 tuberías secundarias que serán del tipo HDPE perforadas, con diámetros de 6 pulgadas y diseñadas para conducir un caudal de 10.72 l/s cada una, teniendo de esta manera una capacidad de conducción de dos veces la requerida (por motivos de seguridad). Todas estas tuberías son apropiadas para recibir las cargas que la altura total del vaso impondrá en la cimentación (Ver Anexo 12: Sistema de Drenaje).

Cabe resaltar que se ha proyectado un sistema de tuberías doble; es decir uno localizado sobre la impermeabilización de geomembrana, y un segundo sistema localizado por debajo (en forma paralela). La finalidad de este doble sistema es detectar alguna posible falla en la geomembrana, así como captar y evacuar el flujo que pudiera ocurrir.

#### **5.3.4.3. Blanket Filtrante y Dren Talón**

Para el caso de la presa, además del sistema de drenes chimenea, también se ha proyectado un blanket filtrante con la finalidad de captar y evacuar las aguas de infiltración en el vaso y cuerpo de la presa. El blanket filtrante está dispuesto sobre la cimentación de la presa, extendiéndose a lo largo de toda la base de la presa, con un espesor de 1.50 m y una capacidad de conducción de por lo menos 10 veces el caudal de filtración; lo que nos lleva a requerir un material con una permeabilidad de por lo menos 3.09 cm/s (correspondiente a una grava limpia). El blanket estará conectado a un dren de talón el cual descargará las aguas de infiltración colectadas, a una caja de concreto.

#### 5.3.4.4. Caja de Concreto

Esta estructura tiene por finalidad recibir los caudales conducidos tanto por el sistema de tuberías como por el dren talón y evacuarlos hacia la poza colectora de aguas de infiltración. Ha sido proyectada con las siguientes dimensiones (Ver Plano 53 en el Anexo 13: Planos):

- Largo = 2.50 m
- Ancho = 1.60 m
- Altura = 3.00 m
- Espesor de muros = 0.40 m

#### 5.3.5. POZA COLECTORA DE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN

Las aguas procedentes del sistema de drenaje de las aguas infiltración, ubicado a lo largo del vaso, así como las aguas captadas por los drenes chimenea y blanket filtrante de la Presa, serán conducidas hacia una poza colectora excavada en terreno natural e impermeabilizada con una geomembrana HDPE de 1.5 mm de espesor. Esta poza está diseñada para contener el volumen producido por el caudal de infiltración calculado (53.20 l/s) por un período de 12 horas; luego de lo cual estas aguas serán bombeadas hacia el vaso de almacenamiento.

Esta estructura tendrá las siguientes características:

*Cuadro 36: Características de la Poza Colectora de las Aguas de Infiltración*

1. Volumen de agua que ingresará a la poza colectora:	2294.78 m <sup>3</sup>
2. Longitud de la Poza en la Base:	18.5 m.
3. Ancho de la poza en la base:	5.5 m.
4. Área de la poza colectora en la base:	230 m <sup>2</sup>
5. Longitud de la poza hasta el nivel del agua:	35 m.
6. Ancho de la poza hasta el nivel de agua:	22 m.
7. Área de la poza colectora hasta el nivel de agua:	770 m <sup>2</sup>

8. Longitud de la poza en el nivel superior:	40.70 m.
9. Ancho de la poza en el nivel superior:	27.70 m.
10. Área de la poza colectora en el nivel superior:	1127.39 m <sup>2</sup>
<b>11. Volumen de la poza colectora hasta el nivel de agua:</b>	<b>2397 m<sup>3</sup></b>
12. Profundidad máxima:	5.90 m.
13. Profundidad útil:	5.50 m.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6. OBRAS HIDRÁULICAS AUXILIARES DEL DEPÓSITO DE RELAVES

El proyecto comprende el diseño de una canal de coronación que intercepte y evacue las aguas producto de las escorrentías extraordinarias que ingresarán al depósito de relaves Bella Unión para un periodo de retorno igual a 500 años.

#### 5.3.6.1. Canal de Coronación

El canal de coronación se inicia en la margen izquierda de la presa, con nivel de plataforma 510 msnm y con un desarrollo total de 640 m.

La sección típica es trapezoidal, con ancho de plantilla  $b = 0.50$  m, altura de canal  $h = 1.0$  m, taludes de muros 0.5H:1.0V, gradiente del piso  $s = 0.01$  m/m y revestimiento con mampostería de piedra de espesor  $e = 0.15$  m.

#### a Criterios de Diseño

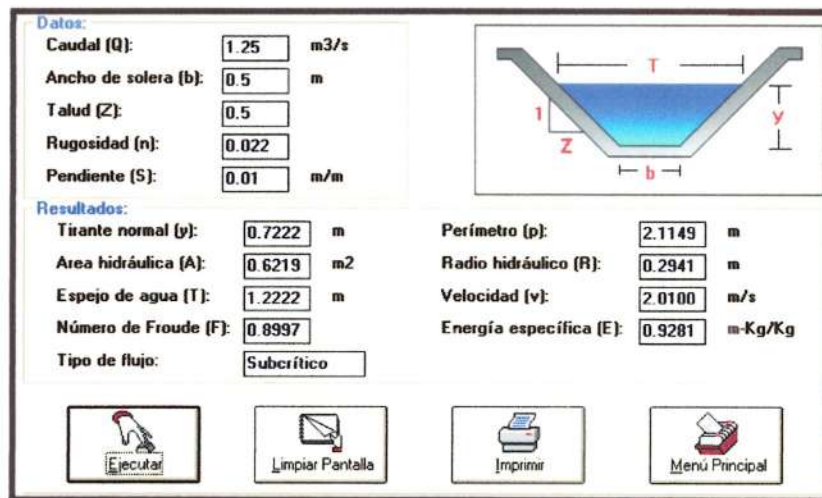
- Esta estructura permitirá interceptar y derivar las aguas provenientes de las precipitaciones en el área de las laderas aledañas al depósito de relaves.
- Flujo subcrítico y velocidad de flujo mayor a 1.9 m/s, para evitar la colmatación de los sedimentos que pudieran ingresar al canal.
- Se adoptará la sección trapezoidal de máxima eficiencia, a fin de minimizar el movimiento de tierras para la excavación de la plataforma y un ancho de berma de 2.00 m para labores de mantenimiento y operación.

- El canal será revestido a fin de optimizar la sección hidráulica. El material empleado será mampostería de piedra, teniendo en consideración su abundancia en la zona del proyecto.

## b Dimensionamiento

Para el cálculo de las dimensiones de la sección del canal de coronación correspondiente a las progresivas Km. 0+000 al Km. 0+640 se hizo uso del programa H-Canales, las cuales se pueden apreciar en la Figura 16 y en el Cuadro 22:

*Figura 16: Resultados del Programa H-Canales*



Fuente: Elaboración propia

*Cuadro 37: Características Geométricas del Canal de Coronación*

Símbolo	Parámetro	Dimensión
B	Ancho de plantilla	0.5 m
H	Altura del canal	1.0 m
Z	Talud de paredes laterales	0.5H:1.0V
S	Gradiente del piso	0.01 m/m
E	Espesor de mampostería de piedra	0.15 m
V	Velocidad de flujo	2.01 m/s
F	Número de Froude	0.90

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6.2. Entrega de quebrada intermedia al canal de coronación

La estructura de encauzamiento tendrá un longitud total de 39.92 m., y estará conformada por los siguientes tramos, cuyas dimensiones están acorde a las características topográficas de su emplazamiento:

- Longitud  $L = 10$  m, ancho de plantilla,  $b = 1.0$  m, altura variable  $H = 0$  a  $1.0$  m., talud de muros  $0.5H:1.0V$ , pendiente  $s = 0.495$  m/m.
- Longitud  $L = 25$  m, ancho de plantilla,  $b =$  variable de  $1.0$  m a  $3.5$  m, altura variable  $H = 1.0$  m., talud de muros  $0.5H:1.0V$ , pendiente  $s = 0.14$  m/m, revestimiento de mampostería de espesor  $e = 0.20$  m.
- Longitud  $L = 4.92$  m, correspondiente al empalme final entre la estructura de entrega y el canal de coronación; en el que el ancho de la estructura se adecua al canal de coronación mediante dos radios de empalme de  $3.00$  y  $3.50$  m cada uno.
- Longitud  $L = 8.87$  m correspondiente al canal de coronación con un ancho de plantilla  $b = 0.5$  m, altura  $H = 1.0$  m, talud de muros  $0.5H:1.0V$ , pendiente  $s = 0.01$  m/m, revestimiento de mampostería de espesor  $e = 0.20$  m para reforzar la estructura.

#### a Criterios de Diseño

- Esta obra permitirá entregar al canal de coronación, un caudal aproximado de  $0.30$  m<sup>3</sup>/s proveniente de la quebrada existente que cruza el trazo del referido canal.
- Contará con un encauzamiento revestido con mampostería de piedra, cuya sección se adecuará a las características geométricas de la quebrada.

#### b Dimensionamiento

Sus dimensiones han quedado definidas de la siguiente manera:

*Cuadro 38: Características Geométricas de la Entrega de Quebrada*

<b>Símbolo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Dimensión</b>
B	Ancho de plantilla	1.0 – 3.5 m
H	Altura del encauzamiento	1.0 m
Z	Talud de paredes laterales	0.5H:1.0V
S	Gradiente del piso	0.495 y 0.42 m/m
E	Espesor de mampostería de piedra	0.20 m

Fuente: Elaboración propia

### **5.3.6.3. Estructura de Descarga a la Quebrada Mastuerzo Chico**

Comprende una poza de disipación de energía conformada por una caja rectangular de ancho de plantilla  $b = 1.50$  m., altura  $H = 2.50$ , longitud  $9.10$  m, un aliviadero lateral de longitud  $L = 10.0$  m. y un canal de desagüe de longitud  $L = 5.05$  m. y altura  $h = 0.85$  m., el cual termina en un enrocado de protección.

Cabe resaltar que estas estructuras se encuentran diseñadas para funcionar en conjunto y se observan como una sola unidad (Ver Plano 48 en el Anexo 11: Planos). Las losas y muros son de concreto armado  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, de espesor  $0.20$  m. y refuerzo con cuantía mínima de acero  $Fy = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **a Criterios de Diseño**

Esta estructura permitirá disipar la energía con que llega el agua del canal de coronación y entregar este flujo de agua en forma controlada por reboce hacia la quebrada Mastuerzo Chico.

#### **b Dimensionamiento**

- Poza de Disipación de energía

Para el cálculo de las dimensiones de la poza de disipación de energía se emplearon las fórmulas de Moore, Bakhmeteff y Rand (1955), las cuales brindan



resultados con errores inferiores al 5%. Previamente se calculó el valor de H (energía) de acuerdo a las características del canal aguas arriba:

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.7222 \text{ m} \\
 h &= 1.50 \text{ m} \\
 S &= 0.01 \\
 n &= 0.022 \\
 Z &= 0.5 \\
 B &= 0.50 \text{ m} \\
 A &= 0.6219 \text{ m}^2 \\
 V &= 2.01 \text{ m/s} \\
 H &= 0.9281
 \end{aligned}$$

Ancho de la caída (B):

$$q = 1.48H^{3/2} \dots\dots\dots (5.7)$$

$$q = 1.48(0.9281)^{3/2} = 1.3233 \text{ m}^2 / \text{s} \dots\dots\dots (5.8)$$

$$B = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots (5.9)$$

$$B = \frac{1.25 \text{ m}^3 / \text{s}}{1.3233 \text{ m}^2 / \text{s}} = 0.9446 \approx 1.00 \text{ m} \dots\dots\dots (5.10)$$

Sin embargo se asumió un B=1.50 m para que empalme exactamente con las dimensiones del canal de coronación.

Determinación del número de salto (D):

$$D = \frac{q^2}{gh^3} \dots\dots\dots (5.11)$$

$$D = \frac{1.3233^2}{9.81 \times 1.50^3} = 0.0529 \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

Determinación de la longitud del pie de la caída al inicio del salto (Ld):

$$Ld = h \times 4.30 \times D^{0.27} \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

$$Ld = 1.50 \times 4.30 \times 0.0529^{0.27} = 2.9166m \quad \dots\dots\dots (5.14)$$

Determinación de la altura de agua pegada a la caída (Yp):

$$Yd = h \times D^{0.22} \quad \dots\dots\dots (5.15)$$

$$Yd = 1.50 \times 0.0529^{0.22} = 0.7857m \quad \dots\dots\dots (5.16)$$

Determinación de la profundidad de la secunte menor (Y1):

$$Y_1 = h \times 0.54 \times D^{0.425} \quad \dots\dots\dots (5.17)$$

$$Y_1 = 1.50 \times 0.54 \times 0.0529^{0.425} = 0.2322m \quad \dots\dots\dots (5.18)$$

Determinación de la profundidad de la secunte mayor (Y2):

$$Y_2 = h \times 1.66 \times D^{0.27} \quad \dots\dots\dots (5.19)$$

$$Y_2 = 1.50 \times 1.66 \times 0.0529^{0.27} = 1.1259m \quad \dots\dots\dots (5.20)$$

Determinación de la longitud del salto hidráulico (L):

$$L = 6.9(Y_2 - Y_1) \quad \dots\dots\dots (5.21)$$

$$L = 6.9(1.1259 - 0.2322) = 6.1665m \quad \dots\dots\dots (5.22)$$

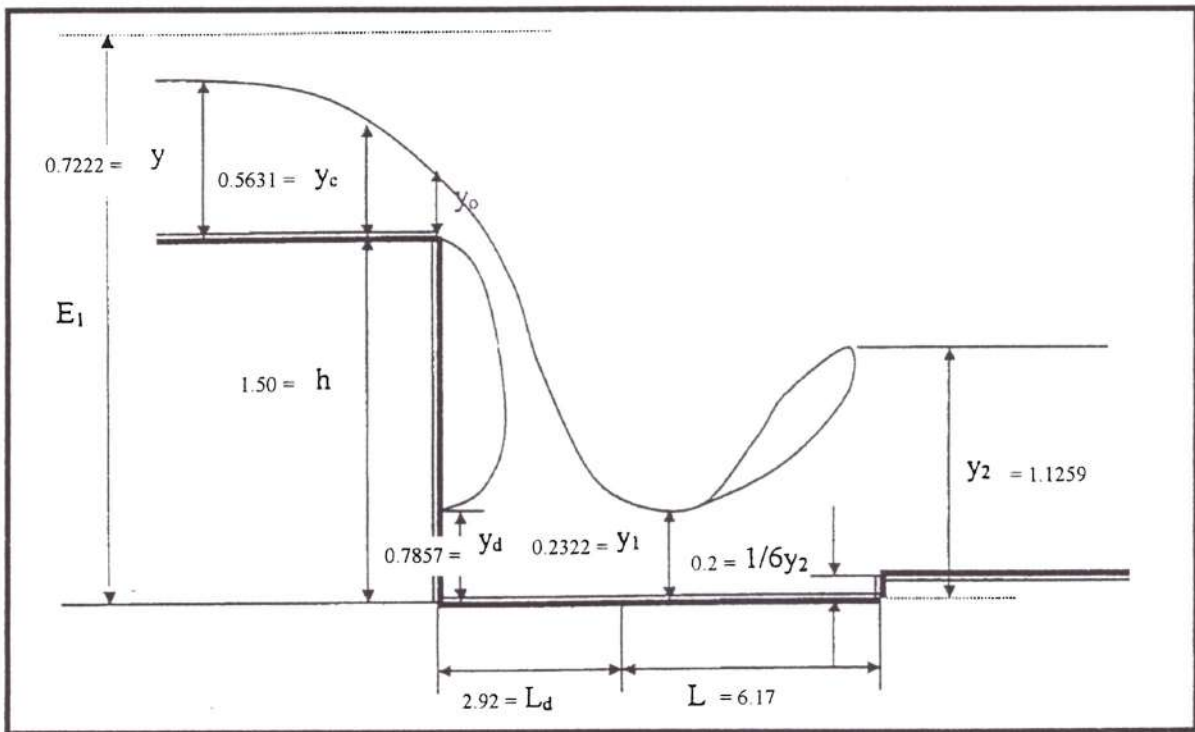
Determinación del tirante crítico ( $Y_c$ ):

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots (5.23)$$

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1.3233^2}{9.81}} = 0.5631m \dots\dots\dots (5.24)$$

Las dimensiones finales de la poza de disipación de energía pueden observarse en la Figura 17:

*Figura 17: Dimensionamiento final de la caída vertical y disipación de energía*



Fuente: Elaboración propia

- Aliviadero

El aliviadero ha sido diseñado en función de la siguiente ecuación:

$$Q = C \times L \times H^{1.5} \dots\dots\dots (5.25)$$

Donde:

Q	=	Caudal de diseño	=	1.25 m <sup>3</sup> /s
L	=	Ancho de la cresta	=	10.0 m
C	=	Coefficiente de descarga	=	2.0

Reemplazando:

$$H = \sqrt[1.5]{\frac{Q}{C \times L}} = \sqrt[1.5]{\frac{1.1}{2 \times 10}} = 0.1575 \approx 0.15m \dots\dots\dots (5.26)$$

#### 5.4. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PROYECTADAS

Una vez realizados los diseños de todas las obras proyectadas, se procedió a elaborar el presupuesto de las mismas. Para este fin se llevó a cabo los metrados correspondientes a cada una de las estructuras, así como las especificaciones técnicas y análisis de costos unitarios, de cada una de las partidas consideradas necesarias para la ejecución del presente proyecto.

Cabe resaltar, que tanto las especificaciones técnicas como el análisis de costos unitarios, consideran las medidas de control ambiental propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental realizado en el presente trabajo. Además de esto se tuvo en consideración la ubicación del proyecto, que presenta un acceso muy cercano, por lo que se tendrá la facilidad de contar con equipo pesado para la ejecución del movimiento de tierras.

Finalmente, para el monto total del presupuesto, se ha considerado un 10% de imprevistos y un 10% de utilidades sobre el costo directo; así como el 19% del IGV sobre el sub total del presupuesto. El presupuesto ha sido realizado en dólares americanos, a solicitud del cliente. En el siguiente cuadro se puede observar un resumen del presupuesto del proyecto, en el que se mencionan las principales estructuras y los porcentajes líneas arriba mencionados:

*Cuadro 39: Resumen del Presupuesto del Depósito de Relaves Bella Unión*

Ítem	Descripción	Sub Total (US \$)	Total (US \$)
1.0	Obras Preliminares		186,111.29
2.0	Sistema de Drenaje		76,237.61
2.1	Sistema de Tuberías Superior	16,650.97	
2.2	Sistema de Tuberías Inferior	31,382.49	
2.3	Poza Colectora de Aguas de Infiltración	28,204.15	
3.0	Vaso de Almacenamiento		425,827.27
3.1	Etapas Inicial	206,962.62	
3.2	Etapas Final	218,864.65	
4.0	Construcción de la Presa		2,473,408.98
4.1	Presa de Arranque	543,437.08	
4.2	Presa Final	1,929,971.89	
5.0	Obras Hidráulicas		68,606.59
5.1	Estructura de Descarga	13,257.85	
5.2	Canal de Coronación	52,813.53	
5.3	Estructura de Entrega	2,535.21	
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>3,230,191.74</b>
IMPREVISTOS 10% C.D.			323,019.17
UTILIDAD 10% C.D.			323,019.17
<b>SUB TOTAL PRESUPUESTO US \$</b>			<b>3,876,230.08</b>
IGV 19% S.T.			736,483.72
<b>TOTAL PRESUPUESTO US \$</b>			<b>4,612,713.80</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro resumen se puede observar que la estructura con mayor importancia dentro del presupuesto es la Construcción de la Presa (siendo la Presa Final la de mayor incidencia), seguida del Vaso de Almacenamiento, obteniéndose un presupuesto final de cuatro millones seiscientos doce mil setecientos trece y 80/100 dólares americanos.

El detalle de los metrados, especificaciones técnicas y análisis de costos unitarios se puede ver en el Anexo 14: Presupuesto.

## VI. CONCLUSIONES

- Los estudios previos de geología, geotecnia, topografía, hidrología e impacto ambiental arrojan resultados positivos con respecto a la ubicación elegida para el depósito de relaves proyectado, habiendo identificado suelos adecuados para la cimentación a aproximadamente 4.50 metros de profundidad, un relieve que permite cumplir con los requerimientos del cliente para la capacidad de almacenamiento y un caudal de máxima avenida manejable.
- De las cuatro alternativas planteadas para el depósito de relaves, se eligió la Alternativa 4 como la más adecuada, por presentar la mayor razón de eficiencia (1.20) y cumplir con el volumen de almacenamiento requerido por el cliente.
- El diseño final del depósito de relaves contempla una presa final de 37.50 metros de altura, la que genera un vaso de almacenamiento con una capacidad de 386,639 m<sup>3</sup> (considerando la excavación de banquetas estabilizadoras y de anclaje) que servirá para almacenar los relaves producidos por 6.1 años.
- La presa final a ser diseñada será de tipo homogéneo, construida con gravas limosas procedentes de la Cantera N° 2 (Pública), la que contará con taludes 1H:1V y 2H:1V aguas arriba y aguas abajo respectivamente y cumple con los análisis de estabilidad estático y sísmico con los siguientes factores de seguridad: 1.626 y 1.111
- El diseño final del depósito de relaves contempla además una serie de obras complementarias, como: un sistema de drenaje de aguas de infiltración, una poza colectora de aguas de infiltración y un canal de coronación con sus respectivas obras hidráulicas auxiliares (captación en quebrada y aliviadero).
- El presupuesto total del proyecto asciende a cuatro millones seiscientos doce mil setecientos trece y 80/100 dólares americanos, el cual contempla todas las estructuras propuestas, así como las recomendaciones de cada uno de los estudios preliminares realizados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Elaborar un Manual de Operación para el depósito de relaves, de manera que se asegure una correcta disposición de los desechos, actividad que será fundamental para el correcto funcionamiento de las obras proyectadas.
- Llevar a cabo el Estudio de Impacto Ambiental Detallado correspondiente para el Depósito de Relaves Bella Unión, para la etapa de operación y cierre del mismo. De esta manera se cumplirá con la normatividad vigente para no afectar el medio ambiente en la zona del proyecto.
- Realizar el estudio correspondiente para el Cierre Definitivo del Depósito de Relaves, teniendo en cuenta los criterios técnicos y ambientales que la normatividad vigente exige.
- Establecer una red de monitoreo ambiental y geotécnico, que permita llevar un adecuado control del comportamiento de los terraplenes de la presa así como de la afectación al medio ambiente durante el tiempo de vida del proyecto.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- United Status Department of the Interior; Bureau of Reclamation. 1972. Diseño de Pequeñas Presas. Trad. JL Lepe. 3 ed. Barcelona, ES. Compañía Editorial Continental S.A.
- Vallarino, E. 1998. Tratado Básico de Presas. 4 ed. España. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Tomo I.
- Marsal, RL; Resendiz Nuñez, D. 1975. Presas de Tierra y Enrocamiento. 1 ed. México. Editorial Limusa S.A.
- Velásquez, T. 1999. Manual Práctico de Diseño de Pequeñas Presas de Tierra. Lima, PE. PUBLIDRAT.
- Vick, SG. 1983. Planning, Design, and Análisis of Tailings Dams. USA. Wiley-Interscience.
- Sánchez, M. 2007. Hidráulica de Canales Abiertos (Teoría y Problemas). Lima, PE. PUBLIDRAT.
- Vegas, F. 2001. Represamiento a Nivel de Prefactibilidad de las Lagunas Shallap y Rajucolta para afianzar la Generación de Energía y Potencia de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato. Tesis Ingeniero Agrícola. Lima, PE.
- Aguilar, LA. 2001. Estudio y Diseño a Nivel de Prefactibilidad del Embalse de Regulación Diaria Yanacocha. Tesis Ingeniero Agrícola. Lima, PE.
- Rodríguez, F. Análisis de Estabilidad de Taludes: Guía de Cálculo de Estabilidad de Taludes. Madrid, ES. Geotecnia 2000. Consultado 10 sep. 2009. Formato PDF. Disponible en <http://www.geotecnia2000.com>



- MINEM. 2004. Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros. Perú. Consultado 27 jul. 2009. Formato PDF. Disponible en <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias>
- Ramírez, NA. 2007. Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves. Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. Consultado 27 jul. 2009. Formato PDF. Disponible en [http://www.sernageomin.cl/pdf/guias\\_manuales\\_formularios](http://www.sernageomin.cl/pdf/guias_manuales_formularios)
- Sánchez, FJ. 2004. Medidas puntuales de permeabilidad. España. Universidad de Salamanca. Consultado 01 sep. 2009. Formato PDF. Disponible en <http://web.usal.es/~javisan/hidro/hidro.htm>
- Fundación Wikimedia. Wikipedia – La Enciclopedia Libre. Consultado 05sep. 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org>
- ONERN. 1976. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Lima, PE.
- Miyashiro, V. 1999. Impacto Ambiental en Proyectos de Desarrollo Rural. Lima, PE. PUBLIDRAT.
- Miyashiro, V; Sarango, D; Barreno, H. 1999. Estudio del Impacto Ambiental del Desagüe de la Laguna Arhuaycocha Cuenca del Río Santa. Lima, PE. PUBLIDRAT.
- Conesa, V. 1993. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3 ed.
- Villón, M. 2002. Hidrología. 2 ed. Lima, PE. Editorial Villón.
- Chow, VT; Maidment, DR; Mays, LW. 1994. Hidrología Aplicada. Trad. JG Saldarriaga. Santa Fé de Bogotá, CO. Mc Graw - Hill Interamericana S.A.

ANEXOS








**ANEXO 1**

**REGISTRO DE CALICATAS**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

**Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión**

**CALICATA C-1**  
**UBICACIÓN** Estribo derecho - Aguas Abajo Eje de Presa  
**NIVEL FREÁTICO** No se encontró  
**PROFUNDIDAD** 1.00 m.

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
	0.00			Dh	Ds			
0.00		M2		1.52			SM	Arena limosa, color marrón amarillento, no presenta humedad. Con presencia de raíces y micas, medianamente compacta.
0.50		M1	4.47	2.73			SM	Arena limosa, color marrón amarillento, presenta baja humedad. Con presencia de raíces y rocas de 2 a 3 pulgadas, además de oxido, fierro y micas, compactas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 32.65, % de Arenas = 52.43, % de Finos = 14.92 y P.E. masa = 2.41 gr/cm <sup>3</sup>
1.00								
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

**Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión**

**CALICATA C-2**  
**UBICACIÓN** Aguas Abajo Eje de Presa  
**NIVEL FREÁTICO** No se encontró  
**PROFUNDIDAD** 1.80 m

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
	0.00			Dh	Ds			
		M1	2.50	1.58			SM	Arena limosa, color marrón amarillento, baja humedad. Presencia de raíces y micas medianamente compactas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 10.40, % de Arenas = 54.80 y % de Finos = 34.80
	0.80							
	1.00	M2					SM	Arena limosa de color marrón oscuro con presencia de rocas de 4 a 5 pulgadas, con micas y compacta.
	1.80							Bolonería y roca fragmentada
	3.00							
	4.00							
	5.00							

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-3</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Abajo Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 1.60 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
	0.00			Dh	Ds			
	0.25	M3						Limo suelto de color beige
	1.00	M2		1.50			SM	Arena limosa, de color beige con presencia de gravas y fragmentos de roca de 1/2 a 1 pulgada, débilmente compactada.
	1.60	M1	3.83				SM	Arena limosa, con presencia de grumos, gravas y fragmentos de roca en menor proporción, ligeramente compactada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 20.70, % de Arenas = 64.54, % de Finos = 14.76 y P.E masa = 2.56 g/cm <sup>3</sup>
	2.00							
	3.00							
	4.00							
	5.00							

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

**Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión**

**CALICATA**                    **C-4**  
**UBICACIÓN**                Estribo izquierdo - Eje de Presa  
**NIVEL FREÁTICO**        No se encontró  
**PROFUNDIDAD**         1.60 m

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00	0.15	M3					ML	Limo suelto de color beige.
0.50		M2					SM	Arena limosa, de color marrón, con aspecto granular. Compactada débilmente.
1.00		M1	15.20	1.59			SM	Arena limosa de color marrón con presencia de gravas de 1/2 pulgada poco compactada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 26.31, % de Arenas = 26.54, % de Finos = 47.15
1.50	1.60							Fragmentos de roca.
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-5</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Abajo Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 1.30 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.30		M3					SM	Arena limosa de color beige, de consistencia suelta y eólica.
1.00		M2					SM	Arena limosa con presencia de gravas.
1.30		M1	3.39	1.90			SM	Arena limosa compactada, con presencia de gravas y material fragmentado de roca. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 23.90, % de Arenas = 54.39, % de Finos = 21.71
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

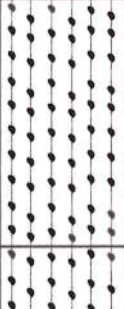

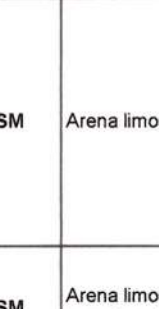

**OBSERVACIONES:**



## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

**Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión**

**CALICATA**                    **C-6**  
**UBICACIÓN**                Aguas Abajo Eje de Presa  
**NIVEL FREÁTICO**        No se encontró  
**PROFUNDIDAD**         2.40 m

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
1.00		M3					SM	Arena limosa de color marrón amarillento con presencia de gravas.
1.50		M2					SM	Arena limosa de color marrón amarillento con presencia de roca fragmentada y angulosa de 3 pulgadas.
2.00		M1	2.66		2.72		SP-SM	Arena Limosa de color marrón amarillento, con mala gradación de sus partículas y presencia de fragmentos de roca angulosa de 3 pulgadas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP, % de Gravas = 53.78, % de Arenas = 35.88, % de Finos = 10.34 y P.E masa = 2.64 g/cm <sup>3</sup>
2.40								
3.00								
4.00								
5.00								

OBSERVACIONES:

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión

**CALICATA**                    **C-7**  
**UBICACIÓN**                Aguas Abajo Eje de Presa  
**NIVEL FREÁTICO**        No se encontró  
**PROFUNDIDAD**          2.60 m

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
	0.00							
	0.60	M3					SP-SM	Limo arenoso fino, de color marrón amarillento. Con presencia de raíces y piedras de 1 y 2 pulgadas con micas, medianamente compacto
	1.00	M2					SP-SM	Limo arenoso, de color marrón amarillento. Con presencia de rocas entre 3 y 4 pulgadas, además de oxido y fierro con micas
	2.00	M1	3.97	1.46	2.71		SP-SM	Limo arenoso, de color marrón amarillento, con mala gradación de sus partículas. Presencia de oxido, fierro con micas y fragmentos de roca fracturada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 53.91, % de Arenas = 34.67, % de Finos = 11.41 y P.E masa = 2.59 g/cm <sup>3</sup>
	2.40							
	2.60							Fragmentos de roca.
	3.00							
	4.00							
	5.00							

OBSERVACIONES:

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-8</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Abajo Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 2.60 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.30		M2					SM	Arena limosa de color marrón amarillento con baja humedad. Con presencia de raíces y micas, medianamente compacta.
1.20		M1	3.99	1.59			GM	Grava limosa de color marrón amarillento con baja humedad. Presencia de rocas entre 1 a 2 pulgadas con micas. Compacta. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: Peso específico = 2.79 gr/cm <sup>3</sup> , % de Gravas = 59, % de Arenas = 16, % de Finos = 25
2.00							SM	Arena limosa de color marrón amarillento con baja humedad. Presencia de rocas entre 10 a 20 pulgadas con micas, de consistencia compacta.
2.60								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión							CALICATA UBICACIÓN NIVEL FREÁTICO PROFUNDIDAD	C-9 Aguas Abajo Eje de Presa No se encontró 3.00 m
(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRÁFICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
	0.00			Dh	Ds			
0.50		M3					SM	Arena limosa de color marrón amarillento con baja humedad. Con presencia de raíces, rocas de 1 y 2 pulgadas y micas. Medianamente compacta.
1.00		M2					SM	Arena limosa de color marrón amarillento con baja humedad. Presencia de óxido, fierro y rocas de 5 y 10 pulgadas con micas. Compacta.
1.60								
2.00		M1	1.95				SP	Arena mal gradada de color marrón amarillento, presenta piedras entre 4, 8 y 12 pulgadas con micas, bastante compactada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 43.00, % de Arenas = 54.63, % de Finos = 2.36
3.00								
4.00								
5.00								

OBSERVACIONES:

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-10</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 2.60 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.30		M2				●●●●●●●●●●	SM	Arena limosa de color beige de consistencia suelta, de tipo eolico.
1.00		M1	3.45		2.71	●●●●●●●●●●	SM	Arena limosa de color beige, de consistencia grumosa con poca presencia de fragmentos angulosos de 2 a 5 pulgadas y gravas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 50.14, % de Arenas = 37.65, % de Finos = 12.21 y P.E masa = 2.83 g/cm <sup>3</sup>
2.00								
2.20								
2.60						●●●●●●●●●●	SM	Arena limosa de color beige. Presencia de material fragmentado y anguloso.
3.00						●●●●●●●●●●		
4.00						●●●●●●●●●●		
5.00						●●●●●●●●●●		

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

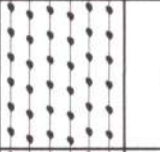
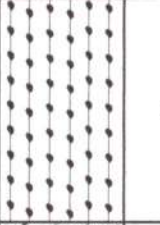
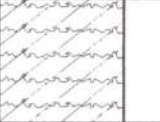
<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-11</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 2.30 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00	0.20	M3				•••••	SM	Arena limosa de color beige de consistencia suelta, eólica.
0.50	0.50	M2				•••••	SM	Arena limosa de color beige con presencia de poca grava fragmentada de 1 pulgada.
1.00	1.00	M1	3.58	1.59		•••••	SM	Arena limosa de color beige de consistencia grumosa con presencia de fragmentos angulosos de 1 a 3 pulgadas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP, % de Gravas = 12.31, % de Arenas = 65.35, % de Finos = 22.33
1.50	1.50					•••••		
2.00	2.00					•••••		
2.30	2.30					•••••		
3.00	3.00					•••••		
4.00	4.00					•••••		
5.00	5.00					•••••		

OBSERVACIONES:

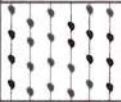


## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-12</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 2.00 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
	0.00			Dh	Ds			
		M2					SM	Arena limosa de color beige de consistencia suelta, eólica.
	0.60							
	1.00	M1	3.52	1.13	2.72		SM	Arena limosa de color beige con baja humedad, presencia de gravas y fragmentos de 1/2 a 1 pulgadas interperizados. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 11.56, % de Arenas = 67.16, % de Finos = 21.28
	1.50							
	2.00							Bolonería de rocas.
	3.00							
	4.00							
	5.00							

**OBSERVACIONES:**








## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión							CALICATA UBICACIÓN NIVEL FREÁTICO PROFUNDIDAD	C-13 Aguas Arriba Eje de Presa No se encontró 1.30 m
(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
	0.00			Dh	Ds			
0.40		M2					SM	Arena limosa de color beige de consistencia suelta, eólica.
1.00		M1	1.59	1.77			GP	Grava mal gradada con presencia de limos y material fragmentado entre 1 a 1 1/2 pulgada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, LC = NP, % de Gravas = 83.50, % de Arenas = 13.51, % de Finos = 2.99
1.30								
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								
OBSERVACIONES:								



## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-14</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 1.60 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
	0.00							
	0.70	M3					SM	Arena limosa, de color beige con presencia de gravas y material fragmentado en menor proporción.
	1.00	M2					GM	Grava limosa, color marrón amarillento, con presencia de material anguloso heterogéneo de 1 a 4 pulgadas de roca.
	1.20							
	1.60	M1	4.11				GW	Grava mal gradada de color marrón amarillento con presencia de material fragmentado anguloso de 1 a 1 1/2 pulgadas. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 86.14, % de Arenas = 12.64, % de Finos = 1.22
	2.00							
	3.00							
	4.00							
	5.00							

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-15</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 1.50 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.50		M2					SM	Arena limosa con presencia de material intemperizado y de consistencia suelta.
1.00		M1	3.57	1.69	2.67		GP	Grava mal gradada, con presencia de partículas de roca fragmentada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = NT, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 79.82, % de Arenas = 17.64, % de Finos = 2.55
1.50								
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>UBICACIÓN</b> <b>NIVEL FREÁTICO</b> <b>PROFUNDIDAD</b>
	<b>C-16</b> Aguas Arriba Eje de Presa No se encontró 1.50 m

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.50		M2					SM	Arena limosa, color marrón claro. Presencia de raíces y micas, medianamente compacto.
1.00		M1	4.14				SM	Arena limosa de color marrón oscuro. Presencia de óxidos de fierro y micas, además de bolonería con tamaños entre 10 y 20 cm, compactada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = 22.44, LP = NT, LC = NP; % de Gravas = 24.83, % de Arenas = 45.93, % de Finos = 29.25
1.30								
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

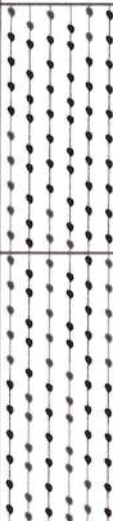

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-17</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 1.20 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
0.50		M2					SM	Arena limosa, color marrón claro. Presencia de raíces y micas, medianamente compacta.
1.00		M1	6.23				SM	Arena limosa de color marrón oscuro. Con presencia de micas y bolonería con tamaños entre 30 y 40 cm. Compactada. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL = 23.86, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 47.81, % de Arenas = 37.19, % de Finos = 15.00
1.20								
2.00								
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

<b>Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión</b>	<b>CALICATA</b> <b>C-18</b> <b>UBICACIÓN</b> Aguas Arriba Eje de Presa <b>NIVEL FREÁTICO</b> No se encontró <b>PROFUNDIDAD</b> 2.10 m
---	--

(m)	PROF.	MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )		GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
				Dh	Ds			
0.00								
1.00		M2					SM	Arena limosa de color marrón claro con presencia de raíces y micas.
2.00 2.10		M1	4.52				SM	Arena limosa de color marrón oscuro con presencia de óxidos de fierro, micas y bolonería con tamaños entre 20,30 y 40 cm. Compacta. Los ensayos de laboratorio muestran los siguientes resultados: LL =20.00, LP = NT, IP = NP; % de Gravas = 25.78, % de Arenas = 46.71, % de Finos = 27.52
3.00								
4.00								
5.00								

**OBSERVACIONES:**

**ANEXO 2**

**REGISTRO DE PERFORACIONES**

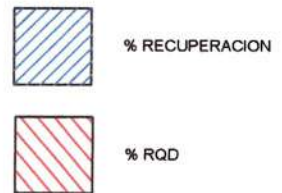
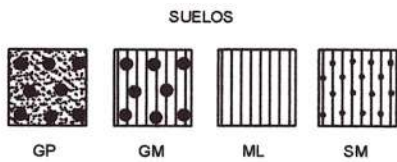
# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 1

UBICACION : <u>ESTRIBO IZQUIERDO</u>	INCLINACION DEL SONDEO : <u>90°</u>
ESTRUCTURA : <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m) : <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS : <u>524.532.154 E</u>	EQUIPO : <u>JKS - 37</u>
: <u>8°30'1.595.637 N</u>	
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : <u>20.00 m</u>	

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA		
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT	METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO		
0.00						SUELO LIMO ARENOSO COLOR GRIS OSCURO A BEIGE OSCURO, LIGERAMENTE HUMEDO, PLASTICIDAD BAJA. PRESENCIA DE GRAVA MEDIA A GRUESA, DE FORMA SUBANGULOSA EN UN 10%. 0.00 - 1.00 m		ML	1.00	20 40 60 80						
1.00						SUELO ARENO LIMOSO COLOR GRIS OSCURO, LIGERAMENTE HUMEDO, PLASTICIDAD BAJA. PRESENCIA DE ARENA FINA A MEDIA. DE 1.50M A 2.0M SE TIENE GRAVA GRUESA MAL GRADADA, DE FORMA SUBANGULOSA EN UN 20%. 1.00 - 2.20 m	•	SM	1.00	20 40 60 80						
2.20						GRAVAS MAL GRADADA, CON ESCASA MATRIZ LIMOSA. SUELO DE COLOR GRIS CLARO, LIGERAMENTE HUMEDO. LA GRAVA ES GRUESA DE FORMA SUBANGULOSA A A SUBREDONDEADA, DE NATURALEZA POLIMITICA DE COLOR GRIS OSCURO. PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ROCA DE HASTA 6 CM. DE 2.30M A 2.60M SE TIENE GRAVA EN MATRIZ LIMOSA. LOS FINOS PRESENTAN PLASTICIDAD ALTA. 2.20 - 3.50 m	•••	GM	0.80 0.40	20 40 60 80						
3.50						ROCA DE ORIGEN VOLCANICO ALTAMENTE FRAGMENTADA, MODERADAMENTE ALTERADA, DE COLOR GRIS OSCURO DE RESISTENCIA ALTA. EN LAS SUPERFICIES DE FRACTURAS SE TIENE ARCILLA. LA ROCA PRESENTA MINERALES DE CU Y FE. 4.00 - 5.00 m	V V V V V	ROCA	1.30	20 40 60 80						4.34 x 10-3
5.00	HQ	5.00														
5.00																
6.00																
7.00																
8.00																
8.50																
9.00																
10.00																
11.00																
12.00																
13.00																
14.00																
15.00																
16.00																
17.00																
18.00																
19.00																
20.00																

### LEYENDA



**SA - 1** COD.


# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"



## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 1

UBICACION	: <u>ESTRIBO IZQUIERDO</u>	INCLINACION DEL SONDEO	: <u>90°</u>
ESTRUCTURA	: <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m)	: <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS	: <u>524.532.154 E</u>	EQUIPO	: <u>JKS - 37</u>
	: <u>8°30'1.595.637 N</u>		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	: <u>20.00 m</u>		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m)	RECUPERACION (%)		PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA		
	PERFORACION	REVESTIMIENTO								ROD (%)	RECUPERACION (%)	SPT			METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO
0																	
1																	
1.17					N° 3	ROCA DE ORIGEN VOLCANICO DE COLOR GRIS OSCURO, ALTAMENTE FRAGMENTADA, MODERADAMENTE ALTERADA, DE RESISTENCIA ALTA. LA SUPERFICIE DE LAS FRACTURAS PRESENTAN ARCILLAS. LA ROCA PRESENTA MINERALES DE CU Y FE.	V V V V		0.80								
1.3							V V V V		0.60								
1.4							V V V V		0.40								
1.55							V V V V		0.55								
1.7							V V V V		0.40								
1.8							V V V V		0.60								
2					N° 4		V V V V		1.20								
3							V V V V		0.45								
4							V V V V		1.20								
5							V V V V		1.30								
6							V V V V		1.00								
7					N° 5		V V V V		0.50								
8							V V V V		1.00								
9							V V V V		1.00								
10							V V V V										
11							V V V V										
12							V V V V										
13							V V V V										
14							V V V V										
15							V V V V										
16							V V V V										
17							V V V V										
18							V V V V										
19							V V V V										
20							V V V V										
21							V V V V										
22							V V V V										
23							V V V V										
24							V V V V										
25							V V V V										
26							V V V V										
27							V V V V										
28							V V V V										
29							V V V V										
30							V V V V										

### LEYENDA

ROCA  
  
 VOLCANICA

 % RECUPERACION  
 % RQD

**SA - 1**      COD.



# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 2

UBICACION : CENTRO EJE DE PRESA	INCLINACION DEL SONDEO : 90°
ESTRUCTURA : DEPOSITO DE RELAVES	NIVEL FREATICO (m) : NO SE ENCONTRO
COORDENADAS : 524.477.448 E	EQUIPO : JKS - 37
8°30'1.554.738 N	
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 20.00 m.	

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA						
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT	METEORIZACION	RESISTENCIA	RACTURAMIENTO						
0 - 1						<p>ARENA LIMOSA DE COLOR GRIS CLARO, HUMEDA, DE PLASTICIDAD MEDIA. PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ARENISCA, DE FORMA SUBANGULOSA DE TEXTURA RUGOSA DE HASTA 5 CM. DE 0.00 A 2.00M LA ARENA ES FINA DE 2.00 A 4.50, LA ARENA ES DE MEDIA A GRUESA.</p>		SM	1.00											
1 - 2											1.00									
2 - 3											0.80									
3 - 4											0.70									
4 - 5											0.50									
5 - 6											0.50									
6 - 7									<p>GRAVAS EN MATRIZ ARENO LIMOSA. SUELO DE COLOR GRIS CLARO, LIGERAMENTE HUMEDO. GRAVA GRUESA DE FORMA SUBANGULOSA A A SUBREDONDEADA, DE NATURALEZA GRANITICA, ALTERADOS (OXIDADOS). PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ROCA DE HASTA 12 CM EN UN 10% DE NATURALEZA GRANITICA.</p>		GM	0.50								
7 - 8													0.50							
8 - 9													0.50							
9 - 10													0.50							
10 - 11						<p>GRAVAS MAL GRADADAS EN ESCASA MATRIZ ARENO LIMOSA, COLOR GRIS CLARO. LA GRAVA ES GRUESA, POLIMICTICA; PRINCIPALMENTE DE GRANITOS Y ARENISCAS ALTERADAS, DE FORMA SUBANGULOSA. PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ROCA HASTA DE 15 CM EN UN 10%. POCO ALTERADOS CON PRESENCIA DE LIMONITAS, HEMATITAS.</p>		GP	1.00											
11 - 12										0.70										
12 - 13										0.30										
13 - 14										0.50										
14 - 15								0.50												
15 - 16						<p>GRAVA MAL GRADADA CON BOLONERIA DE ROCA DE FORMA SUBANGULOSA A ANGULOSA, PREDOMINANTEMENTE DE INTRUSIVOS ALTERADOS. LOS BOLONES DE ROCA TIENE UN TAMAÑO MAXIMO DE 15 CM.</p>		GP	1.00											
16 - 17										1.00										

### LEYENDA



**SA - 2**

COD.

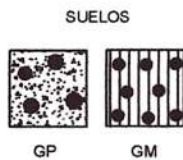
# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

REGISTRO DE PERFORACION : **SONDEO SA - 2**

UBICACION	: <u>EJE DE PRESA</u>	INCLINACION DEL SONDEO	: <u>90°</u>
ESTRUCTURA	: <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m)	: <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS	: <u>524.477.448 E</u>	EQUIPO	: <u>JKS - 37</u>
	: <u>8'301.554.738 N</u>		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	: <u>20.00 m</u>		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUJCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA				
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT	METEORIZACION	RESISTENCIA	FRAGMENTAMIENTO				
0																		
1						9.00 - 11.00 m	GP		1.00									
2						<b>GRAVA DE MATRIZ ARENO LIMOSA, DE COLOR GRIS CLARO A BEIGE, CON CLASTOS SUB ANGULOSOS A SUB REDONDEADOS DE HASTA 20CM. LOS FINOS PRESENTAN PLASTICIDAD MEDIA. EN LA MUESTRA EXTRAIDA SE PRESENTA ALGUNOS SUBTRAMOS SIN MATRIZ DE:</b> 15.00 M HASTA 15.50 M 16.00 M HASTA 16.60 M 17.50 M HASTA 18.10 M 19.00 M HASTA 20.00 M		1.00										
3								0.50										
4								1.50										
5								1.00										2.09 x 10 <sup>-4</sup>
6								GM	0.50									
7								0.50										
8								1.50										
9								0.90										
10								0.60										
11								1.00									7.82 x 10 <sup>-4</sup>	
12						11.00 - 20.00 m												

### LEYENDA



**SA - 2**

COD.

# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 3

UBICACION	ESTRIBO DERECHO	INCLINACION DEL SONDEO	90°
ESTRUCTURA	DEPOSITO DE RELAVES	NIVEL FREATICO (m)	NO SE ENCONTRO
COORDENADAS	524.368.720 E	EQUIPO	JKS - 37
	8°30'1.563.837 N		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	23.00 m		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA			
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT	METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO			
0.00 - 1.00						SUELO LIMO ARENOSO CON GRAVA, DE COLOR BEIGE OSCURO LIGERAMENTE HUMEDO, PLASTICIDAD BAJA. LA GRAVA ES MEDIA A GRUESA, DE FORMA SUBANGULOSA.		ML	1.00	20 40 60 80							
1.00 - 2.00						GRAVAS EN MATRIZ LIMO ARENOSA, SUELO DE COLOR BEIGE OSCURO, LIGERAMENTE HUMEDO, DE PLASTICIDAD BAJA. LA GRAVA GRUESA DE ORIGEN POLIMICTICO, DE FORMA ANGULOSA A SUBANGULOSA. PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ROCA DE HASTA 10 CM.	● ● ● ● ●	GM	1.00	20 40 60 80							
2.00 - 3.00						GRAVA MAL GRADADA CON BOLONERIA DE ROCA DE FORMA SUBANGULOSA A ANGULOSA, PREDOMINANTEMENTE DE INTRUSIVOS ALTERADOS. LA MUESTRA EXTRAIDA PRESENTA ESCAZA A NINGUNA MATRIZ. LOS BOLONES DE ROCA TIENE UN TAMAÑO MAXIMO DE 15 CM.	● ● ● ● ●		1.00	20 40 60 80							
3.00 - 4.00								1.00	20 40 60 80								
4.00 - 5.00									1.00	20 40 60 80							1.11 X 10-4
5.00 - 6.00									1.00	20 40 60 80							
6.00 - 7.00								GP	1.00	20 40 60 80							
7.00 - 8.00									1.00	20 40 60 80							
8.00 - 9.00									0.50	20 40 60 80							
9.00 - 10.00									0.50	20 40 60 80							
10.00 - 11.00									1.00	20 40 60 80						3.47 X 10-4	

### LEYENDA



**SA - 3** COD.

## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

REGISTRO DE PERFORACION : **SONDEO SA - 3**

UBICACION	: <u>ESTRIBO DERECHO</u>	INCLINACION DEL SONDEO	: <u>90°</u>
ESTRUCTURA	: <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m)	: <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS	: <u>524.368.720 E</u>	EQUIPO	: <u>JKS - 37</u>
	: <u>8°30'1.563.837 N</u>		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	: <u>23.00 m</u>		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA			
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT	METEORIZACION	RESISTENCIA	RACTURAMIENTO			
0 - 1.00																	
1.00 - 2.00				PERDIDA 100 %			GP		1.00								
2.00 - 12.00					N° 3	GRAVA MAL GRADADA CON BOLONES DE ROCA DE HASTA 18CM DE COLOR GRIS CLARO DE FORMA SUB ANGULOSA. LA MUESTRA EXTRAIDA PRESENTA ESCAZA MATRIZ ARENOSA. LOS FRAGMENTOS DE ROCA PRESENTAN ALTERACION MODERADA, RESISTENCIA MEDIA.	GP		1.00								
12.00 - 13.65									1.00								
13.65 - 15.25				CREMA OSC. PERD. 90%		ROCA DE ORIGEN VOLCANICO DE TEXTURA AFANITICA, ALTAMENTE FRACTURADA, DE COLOR GRIS OSCURO, RESISTENCIA ALTA. PRESENCIA DE OXIDOS Y ARCILLAS EN LA SUPERFICIE DE LAS FRACTURAS DE LAS ROCAS. EN EL SUB TRAMO DE 18.70 A 19.80 LA ALTERACION ES MAS ALTA.	V V V V	ROCA	1.00							F4	9.60 % 10-4
15.25 - 17.00					N° 4		V V V V		0.40								
17.00 - 18.70							V V V V		1.00							F3	
18.70 - 19.80							V V V V		0.90								
19.80 - 21.00							V V V V		1.10							F4	
21.00 - 22.20							V V V V		0.40								
22.20 - 23.00							V V V V		1.00							F5	

### LEYENDA

ROCA  
  
 VOLCANICA



% RECUPERACION



% RQD

**SA - 3**

COD.



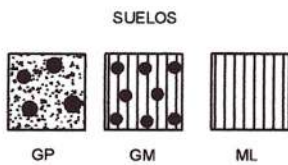
# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 4

UBICACION : <u>TALUD AGUAS ARRIBA</u>	INCLINACION DEL SONDEO : <u>90°</u>
ESTRUCTURA : <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m) : <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS : <u>524,456,184 E</u>	EQUIPO : <u>JKS - 37</u>
: <u>8'301,594,543 N</u>	
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : <u>17.00</u>	

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%)		PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA		
	PERFORACION	REVESTIMIENTO								RECUPERACION (%)	ROD (%)	SPT			METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO
0 - 1						SUELO LIMO ARENOSO. EL SUELO ES COLOR BEIGE OSCURO, LIGERAMENTE HUMEDO. LOS FINOS PRESENTAN PLASTICIDAD MEDIA, PRESENCIA OCASIONAL DE GRAVA MEDIA A FINA.	ML	ML	1.00								
1 - 2						0.00 - 1.50 m			1.00								
2 - 3					N° 1	GRAVAS EN MATRIZ LIMOSA. SUELO DE COLOR GRIS CLARO, LIGERAMENTE HUMEDO. LA GRAVA ES GRUESA DE FORMA SUBANGULOSA A SUBREDONDEADA, DE NATURALEZA GRANITICA MODERADA A ALTAMENTE ALTERADOS (OXIDADOS). PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ROCA DE HASTA 12 CM EN UN 10% DE NATURALEZA GRANITICA.	GM	GM	1.00								
3 - 4									1.00								
4 - 5									1.00								1.58 x 10-3
5 - 6						1.50 - 5.65 m			1.00								
6 - 7					N° 2	GRAVA MAL GRADADA CON ESCAZA MATRIZ LIMOSA, DE COLOR BEIGE A GRIS CLARO. LA GRAVA ES POLIMICTICA, DE FORMA SUBANGULOSA A ANGULOSA. LOS BOLONES DE ROCA TIENE UN TAMAÑO MAXIMO DE 20 CM, RESISTENCIA ALTA. EN EL SUB TRAMO DE 8.40m a 8.55m SE TIENE UN DELGADO HORIZONTE DE ARENA MEDIA, COLOR BEIGE OSCURO Y ALGUNOS FRAGMENTOS DE ROCA.	GP	GP	1.00								
7 - 8									1.00								
8 - 9									1.00								
9 - 10									1.00								
10 - 11									0.70								1.85 y 10-3
11 - 12									0.30								

### LEYENDA



% RECUPERACION

**SA - 4**

COD.

# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 4

UBICACION	: TALUD AGUAS ARRIBA	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°
ESTRUCTURA	: DEPOSITO DE RELAVES	NIVEL FREATICO (m)	: NO SE ENCONTRO
COORDENADAS	: 524.456.164 E	EQUIPO	: JKS - 37
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	: 8'301.594.543 N		
	: 17.00		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%) ROD (%)	PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA				
	PERFORACION	REVESTIMIENTO									SPT			METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO		
1	HO				N° 3	GRAVA MAL GRADADA CON ESCAZA MATRIZ LIMOSA DE COLOR BEIGE A GRIS CLARO. LA GRAVA ES POLIMICTICA, DE FORMA SUBANGULOSA A ANGULOSA. LOS BOLONES DE ROCA TIENE UN TAMAÑO MAXIMO DE 20 CM. Y DE RESISTENCIA ALTA.	GP	1.60	40									
2		1.30	40															
3		0.40	40															
4		1.00	40															
5		1.00	40															
6		0.40	40															
7		0.60	40															
8		1.00	40															
9																		
10								N° 4										
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

### LEYENDA



**SA - 4** COD.

# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 5

UBICACION	<u>TALUD AGUAS ABAJO</u>	INCLINACION DEL SONDEO	<u>90°</u>
ESTRUCTURA	<u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m)	<u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS	<u>524.498 715 E</u>	EQUIPO	<u>JKS - 37</u>
	<u>8°30'14.89" N</u>		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	<u>20.00 m</u>		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUCE (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m)	RECUPERACION (%)		PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA			
	PERFORACION	REVESTIMIENTO								ROD (%)	REC (%)	SPT			METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO	
0.00 - 1.00						SUELO LIMO ARENOSO CON GRAVA GRUESA, COLOR BEIGE OSCURO, LIGERAMENTE HUMEDO PLASTICIDAD MEDIA.	ML		1.00									
1.00 - 2.00						GRAVA MAL GRADADA CON BOLONERIA DE ROCA DE HASTA 16 CM, DE COLOR GRIS DE FORMA SUB ANGULOSA A ANGULOSA. LA MUESTRA EXTRAIDA PRESENTA ESCAZA MATRIZ ARENO LIMOSA. LOS FRAGMENTOS DE ROCA PRESENTAN ALTERACION MODERADA, RESISTENCIA DE MEDIA A ALTA.	GP		1.00									
2.00 - 3.00					0.60													
3.00 - 4.00					1.00													
4.00 - 5.00					0.40													
5.00 - 6.00					1.00													
6.00 - 7.00									1.00									
7.00 - 8.00									1.00									
8.00 - 9.00									0.50									
9.00 - 10.00									1.00									
10.00 - 11.00									0.50									

### LEYENDA



% RECUPERACION

SA - 5

COD.



# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

## REGISTRO DE PERFORACION : SONDEO SA - 5

UBICACION	: <u>TALUD AGUAS ABAJO</u>	INCLINACION DEL SONDEO	: <u>90°</u>
ESTRUCTURA	: <u>DEPOSITO DE RELAVES</u>	NIVEL FREATICO (m)	: <u>NO SE ENCONTRO</u>
COORDENADAS	: <u>524.498.715 E</u>	EQUIPO	: <u>JKS - 37</u>
COORDENADAS	: <u>8'301.489.098 N</u>		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)	: <u>20.00 m</u>		

PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO		NIVEL FREATICO	PERDIDA DE AGUA % COLOR	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	SUJCS (DESCRIPCION BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACION (m.)	RECUPERACION (%)		PARAMETROS DE SUELOS			PARAMETROS DE ROCA			
	PERFORACION	REVESTIMIENTO								ROD (%)	REC (%)	SPT			METEORIZACION	RESISTENCIA	FRACTURAMIENTO	
0 - 12.75	HQ				N° 3	GRAVA EN MATRIZ ARENO LIMOSA, COLOR BEIGE, LIGERA A MEDIANA HUMEDAD. EN LA MUESTRA EXTRAIDA SE PRESENTA FRAGMENTOS DE HASTA 20 CM, DE COMPOSICION INTRUSIVA, DE COLOR GRIS, MODERADAMENTE ALTERADA, RESISTENCIA MEDIA, DE FORMA ANGULOSA.	GM		1.00	1.00								
12.75 - 17.40				CREMA BLANQUESINO, PERDIDA 10 %	N° 4	GRAVA MAL GRADADA CON BOLONES DE ROCA, PRINCIPALMENTE DE ORIGEN INTRUSIVO. FRAGMENTOS DE ROCA DE HASTA 18 CM, DE COLOR GRIS CLARO, DE NATURALEZA INTRUSIVA DE FORMA SUB ANGULOSA. LA MUESTRA EXTRAIDA PRESENTA ESCAZA A NINGUNA MATRIZ, EN EL SUB TRAMO DE 17.60 A 18.00 M. SE OBSERVA FRAGMENTOS DE ROCA MUY ALTERADA.	GP		1.00	1.00							6.97 10-5	
17.40 - 20.00					N° 5				1.00	1.00								8.37 10-5

### LEYENDA



**SA - 5**

COD.

**ANEXO 3**

**ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO**

**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"**

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

**UBICACIÓN:** BELLA UNIÓN - CARAVELI - AREQUIPA

Punto de Muestreo	C-1	C-2	C-3	C-4
Fecha	39629.00	39629.00	39629.00	39629.00
Profundidad (m)	0.25 - 0.35	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40	0.50 - 0.60
Peso de Material Extraído (gr)	2885.00	2754.00	2555.00	2884.00
Peso Arena + Equipo (gr)	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Peso Arena que queda + Equipo (gr)	738.00	955.00	1000.00	849.00
Peso de Arena - Cono (gr)	1617.00	1617.00	1617.00	1617.00
Peso Arena que queda Final	2355.00	2572.00	2617.00	2466.00
Peso Arena empleada	2645.00	2428.00	2383.00	2534.00
Densidad arena (gr/cm3)	1.40	1.40	1.40	1.40
Volumen hueco (cm3)	1889.29	1734.29	1702.14	1810.00
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm3)	1.53	1.59	1.50	1.59

OBSERVACIONES:

**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"**

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**

**UBICACIÓN:** BELLA UNIÓN - CARAVELI - AREQUIPA

Punto de Muestreo	C-5	C-7	C-8	C-11
Fecha	39627.00	39627.00	39629.00	39628.00
Profundidad (m)	0.25 - 0.35	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40	0.50 - 0.60
Peso de Material Extraído (gr)	3063.00	2455.00	2630.00	2413.00
Peso Arena + Equipo (gr)	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Peso Arena que queda + Equipo (gr)	1128.00	1043.00	1074.00	1269.00
Peso de Arena - Cono (gr)	1617.00	1617.00	1617.00	1617.00
Peso Arena que queda Final	2745.00	2660.00	2691.00	2886.00
Peso Arena empleada	2255.00	2340.00	2309.00	2114.00
Densidad arena (gr/cm3)	1.40	1.40	1.40	1.40
Volumen hueco (cm3)	1610.71	1671.43	1649.29	1510.00
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm3)	1.90	1.47	1.59	1.60

OBSERVACIONES:

**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"**

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

**UBICACIÓN:** BELLA UNIÓN - CARAVELI - AREQUIPA

Punto de Muestreo	C-12	C-13	C-15	
Fecha	39627.00	39627.00	39629.00	
Profundidad (m)	0.25 - 0.35	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40	
Peso de Material Extraído (gr)	1967.00	2504.00	2505.00	
Peso Arena + Equipo (gr)	5000.00	5000.00	5000.00	
Peso Arena que queda + Equipo (gr)	960.00	1410.00	1313.00	
Peso de Arena - Cono (gr)	1617.00	1617.00	1617.00	
Peso Arena que queda Final	2577.00	3027.00	2930.00	
Peso Arena empleada	2423.00	1973.00	2070.00	
Densidad arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1.40	1.40	1.40	
Volumen hueco (cm <sup>3</sup> )	1730.71	1409.29	1478.57	
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.14	1.78	1.69	

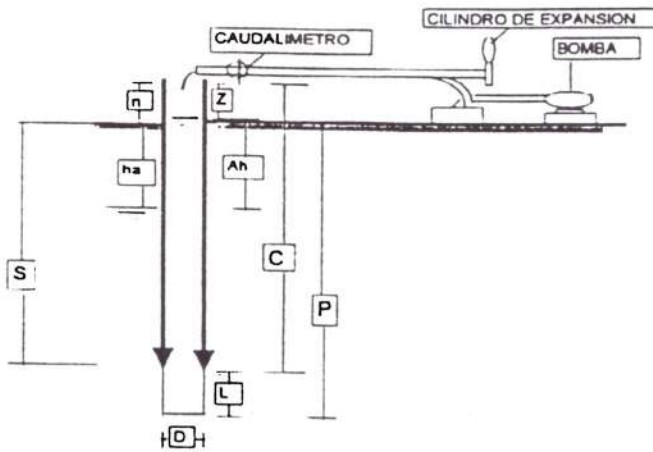
OBSERVACIONES:

**ANEXO 4**

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LE FRANC**

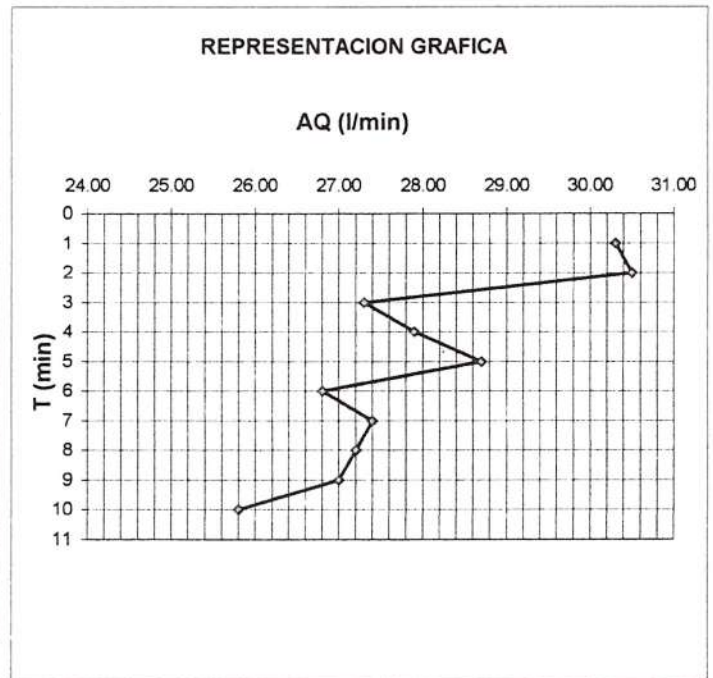
## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N°	SA-1	
UBICACIÓN :	EJE DE PRESA	ENSAYO N°	1
		TRAMO DE ENSAYO (m)	5.00      A      6.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
α : Angulo de inclinación de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.40
S : Prof. del revestimiento (m)	5.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	5.40
P : Profundidad del frente de perforación (m)	6.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.71
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9.50
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	519.00
H' : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)	519.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	991.0		
1	21.3	30.3	
2	51.8	30.5	
3	79.1	27.3	
4	107.0	27.9	
5	135.7	28.7	
6	162.5	26.8	
7	189.9	27.4	
8	217.1	27.2	
9	244.1	27.0	
10	269.9	25.8	

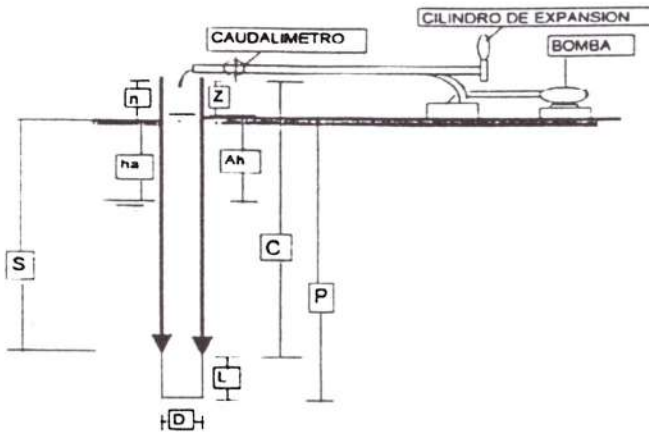


### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 27.89 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 464.83 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D ≤ 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>0.5</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D =	10.5      Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	<b>= 4.34E-03 cm / seg</b>

## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

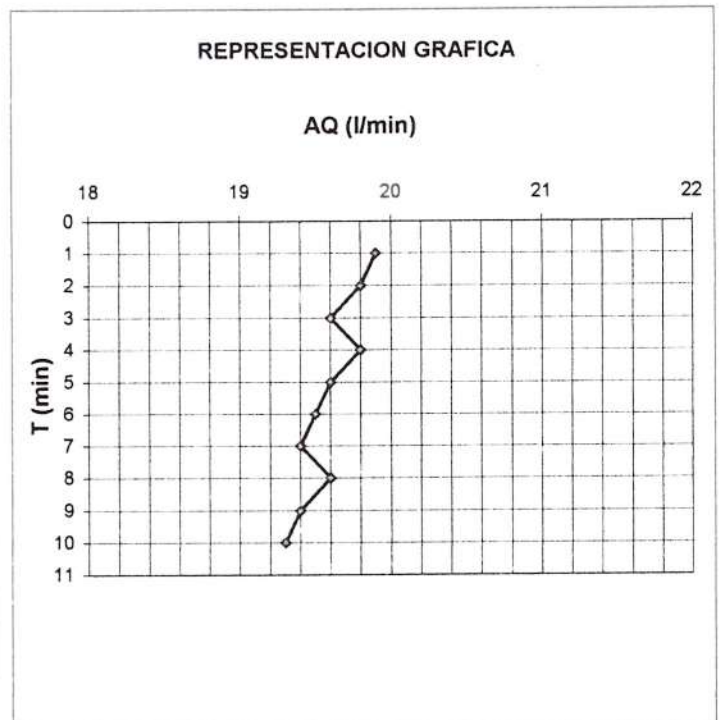
	SONDEO N°	SA - 1		
UBICACIÓN :	EJE DE PRESA	ENSAYO N°	2	
		TRAMO DE ENSAYO(m)	9.00	A 10.00



- ha : Prof. nivel freático (m)
- α : Angulo de inclinación de Sondeo
- n : Sobrante del revestimiento (m)
- S : Prof. del revestimiento (m)
- C : Long. Total del revestimiento (m)
- P : Profundidad del frente de perforación (m)
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m)
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.)
- h : Sobrecarga hidráulica corregida (cm)
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm)
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm

	-
	90
	0.43
	9.00
	9.43
	10.00
	100.00
	0.74
	9.50
	919.00
	919.00
	7.80

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	411.00		
1	430.90	19.90	
2	450.70	19.80	
3	470.30	19.60	
4	490.10	19.80	
5	509.70	19.60	
6	529.20	19.50	
7	548.60	19.40	
8	568.20	19.60	
9	587.60	19.40	
10	606.90	19.30	



### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

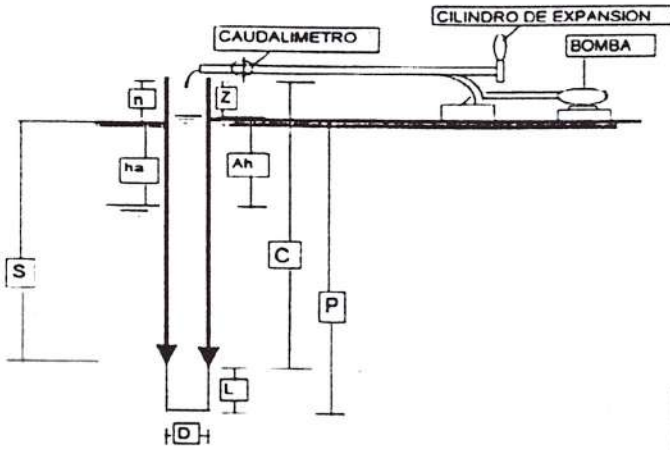
CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 19.59 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 326.50 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D =	10.5 Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= <b>1.72E-03 cm/seg</b>





## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

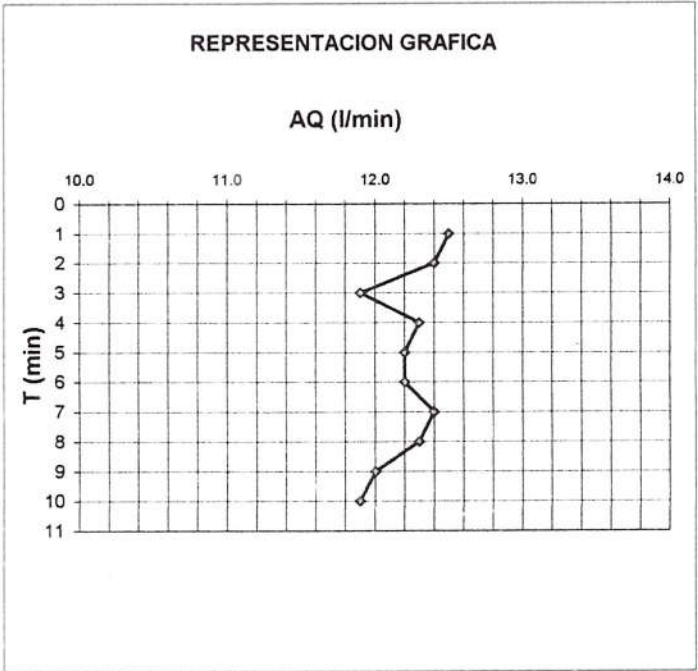
	SONDEO N°	SA - 1		
UBICACIÓN :	EJE DE PRESA	ENSAYO N°	4	
		TRAMO DE ENSAYO (m)	19.00	A 20.00



- ha : Prof. nivel freático (m) —
- α : Angulo de inclinación de Sondeo 90
- n : Sobrante del revestimiento (m) 0.29
- S : Prof. del revestimiento (m) 19.00
- C : Long. Total del revestimiento (m) 19.29
- P : Profundidad del frente de perforación (m) 20.00
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm) 100.00
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m) 0.63
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm) 9.50
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.) 1916.00
- H : Sobrecarga hidraulica corregida (cm) 1916.00
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm) 7.80
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm

ha	—
α	90
n	0.29
S	19.00
C	19.29
P	20.00
L	100.00
Zn	0.63
D	9.50
H	1916.00
H	1916.00
d	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	99.00		
1	111.50	12.50	
2	123.90	12.40	
3	135.80	11.90	
4	148.10	12.30	
5	160.30	12.20	
6	172.50	12.20	
7	184.90	12.40	
8	197.20	12.30	
9	209.20	12.00	
10	221.10	11.90	



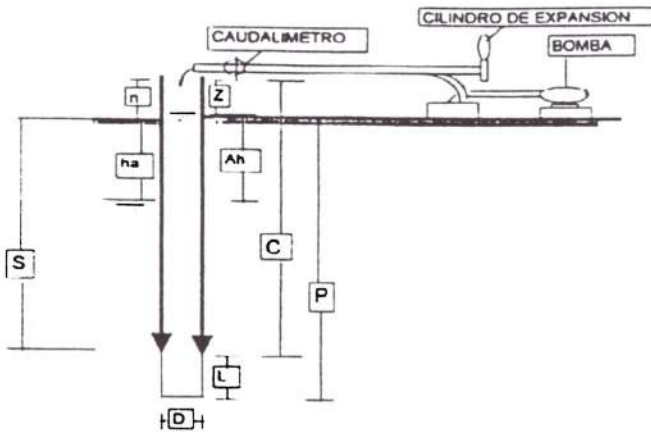
### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 12.21 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 203.50 cm3/seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25)^(0.5))
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D =	10.5 Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= <b>5.15E-04 cm / seg</b>



## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

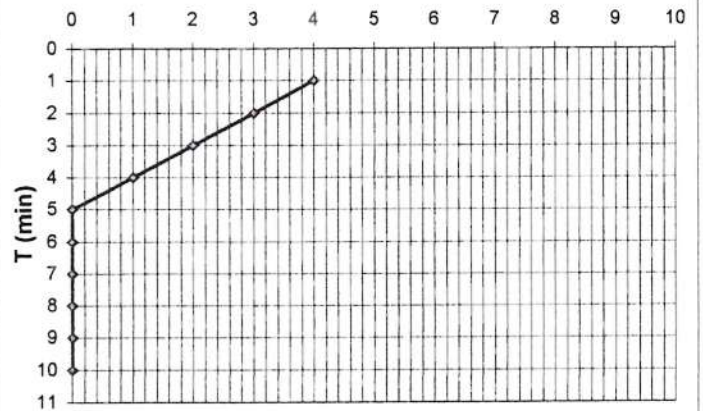
	SONDEO N° SA - 2
UBICACIÓN : EJE DE PRESA	ENSAYO N° 2
	TRAMO DE ENSAYO(m) 9.00 A 10.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
α : Angulo de inclinación de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.15
S : Prof. del revestimiento (m)	9.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	9.15
P : Profundidad del frente de perforación (m)	10.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.00
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9.50
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	965.00
h : Sobrecarga hidráulica corregida (cm)	965.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

### REPRESENTACION GRAFICA

AQ (l/min)



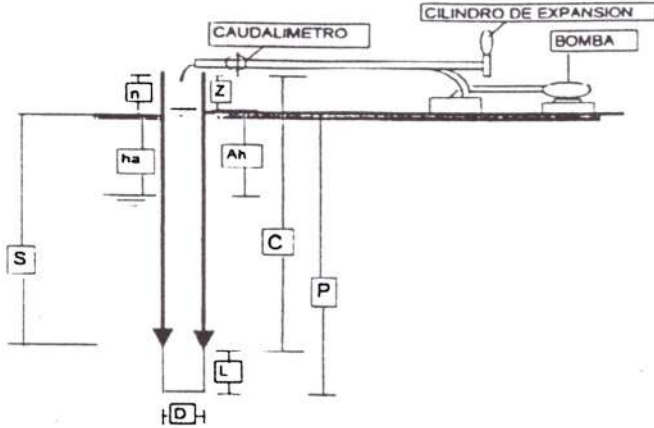
TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	660.00		
1	664.00	4.00	
2	667.00	3.00	
3	669.00	2.00	
4	670.00	1.00	
5	670.00	0.00	
6	670.00	0.00	
7	670.00	0.00	
8	670.00	0.00	
9	670.00	0.00	
10	670.00	0.00	

### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 1.00 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 16.67 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25)^(0.5))
		si: L/D > 2	K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 10.5	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad = 8.38E-05 cm/seg</b>	

## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

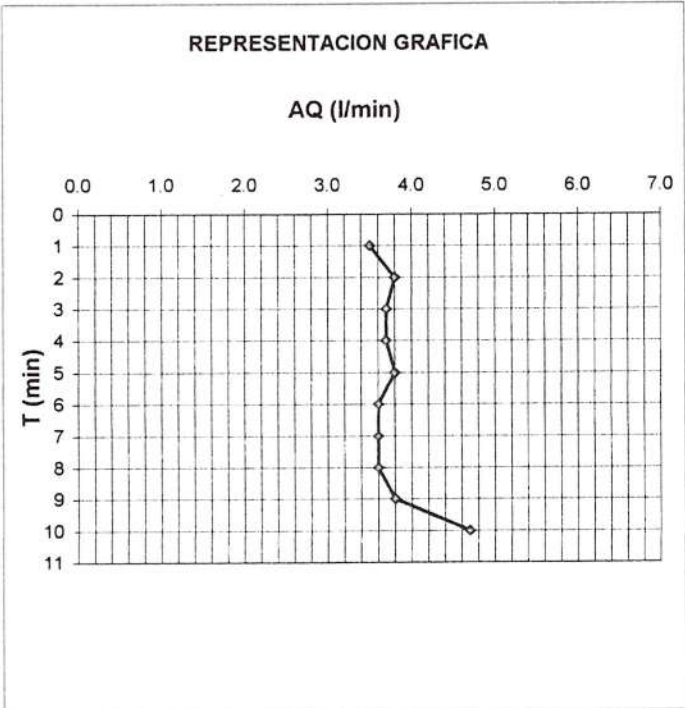
	SONDEO N°	SA - 2		
UBICACIÓN :	EJE DE PRESA	ENSAYO N°	3	
		TRAMO DE ENSAYO(m)	14.00	A 15.00



- ha : Prof. nivel freático (m)
- : Angulo de inclinación de Sondeo
- n : Sobrante del revestimiento (m)
- S : Prof. del revestimiento (m)
- C : Long. Total del revestimiento (m)
- P : Profundidad del frente de perforación (m)
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m)
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.)
- : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm)
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn      cm

	-
	90
	0.15
	14.00
	14.15
	15.00
	100.00
	0.00
	9.50
	1465.00
	1465.00
	7.80

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	814.00		
1	817.50	3.50	
2	821.30	3.80	
3	825.00	3.70	
4	828.70	3.70	
5	832.50	3.80	
6	836.10	3.60	
7	839.70	3.60	
8	843.30	3.60	
9	847.10	3.80	
10	851.80	4.70	



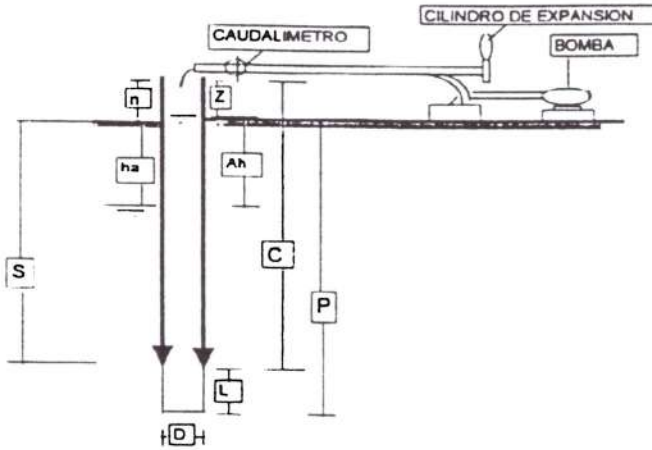
### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
<b>CAUDAL</b>	Q = 3.78 l/min		
<b>CAUDAL</b>	Q = 63.00 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
		si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D =	10.5      Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= <b>2.09E-04 cm / seg</b>



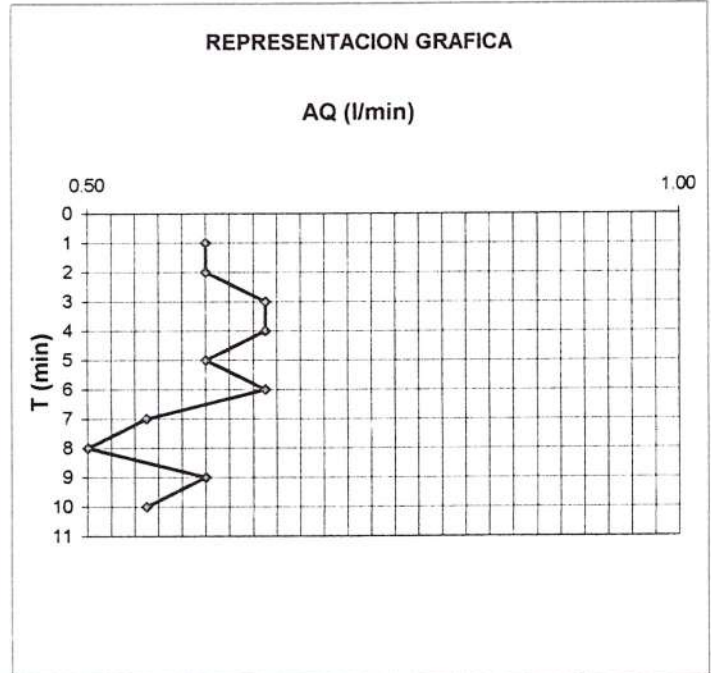
## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA-3	
UBICACIÓN : EJE DE PRESA MARGEN DERECHO	ENSAYO N° 1	
	TRAMO DE ENSAYO (m)	4.00      A      5.00



- ha : Prof. nivel freático (m) -
- α : Angulo de inclinación de Sondeo 90
- n : Sobrante del revestimiento (m) 0.53
- S : Prof. del revestimiento (m) 4.00
- C : Long. Total del revestimiento (m) 4.53
- P : Profundidad del frente de perforación (m) 5.00
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm) 100.00
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m) 0.68
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm) 9.50
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.) 435.00
- Hc : Sobrecarga hidráulica corregida (cm) 435.00
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm) 7.80
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm -

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	891.00		
1	891.60	0.60	
2	892.20	0.60	
3	892.85	0.65	
4	893.50	0.65	
5	894.10	0.60	
6	894.75	0.65	
7	895.30	0.55	
8	895.80	0.50	
9	896.40	0.60	
10	896.95	0.55	

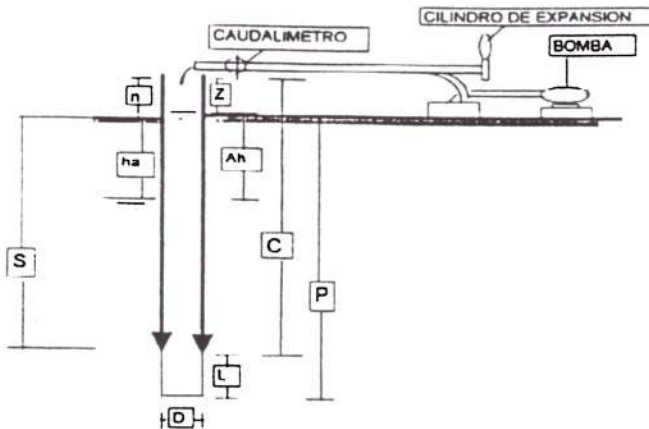


### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 0.60 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 9.92 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>0.5</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 10.5	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad =</b>	<b>1.11E-04 cm / seg</b>

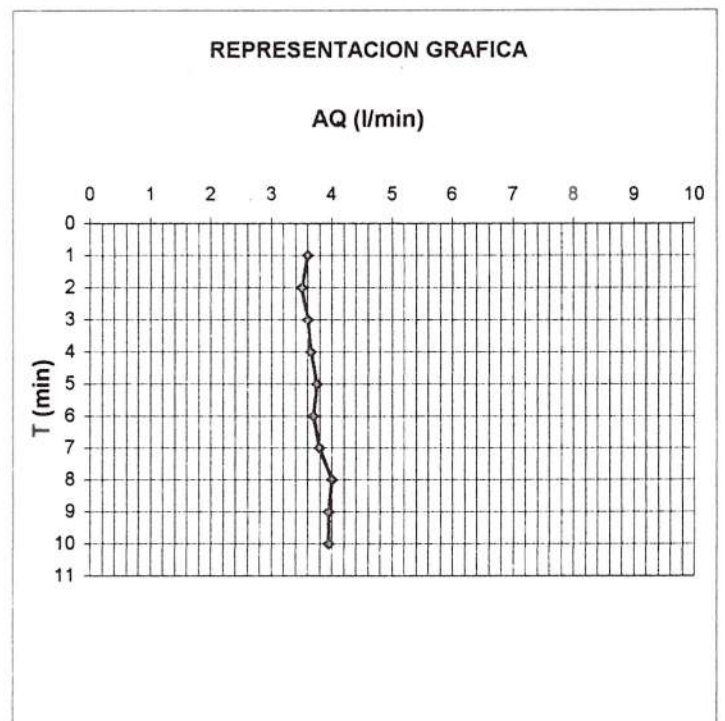
## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA - 3
UBICACIÓN : EJE DE PRESA MARGEN DERECHO	ENSAYO N° 2
	TRAMO DE ENSAYO(m) 9.00 A 10.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
: Ángulo de inclinación de Sondeo	90
n : Sobranete del revestimiento (m)	0.43
S : Prof. del revestimiento (m)	9.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	9.43
P : Profundidad del frente de perforación (m)	10.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.53
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	7.56
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	940.00
: Sobrecarga hidráulica corregida (cm)	940.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	218.00		
1	221.60	3.60	
2	225.10	3.50	
3	228.70	3.60	
4	232.35	3.65	
5	236.10	3.75	
6	239.80	3.70	
7	243.60	3.80	
8	247.60	4.00	
9	251.55	3.95	
10	255.50	3.95	



### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

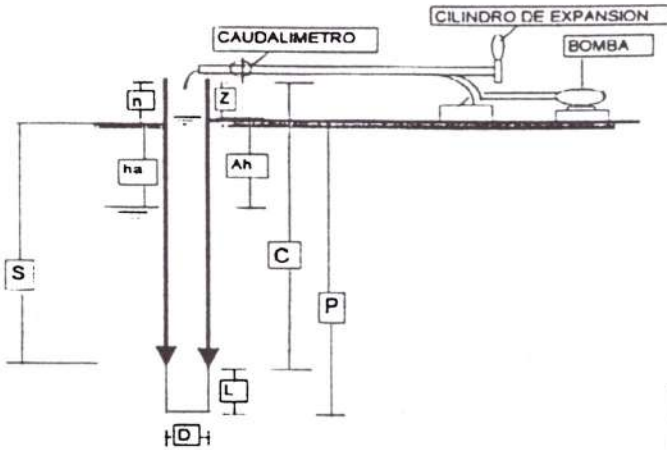
CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
<b>CAUDAL</b>	Q = 3.75 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (Pi x D x H)
<b>CAUDAL</b>	Q = 62.50 cm3/seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x Pi x D x H x (L/D + 0.25)^(0.5))
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x Pi x H x L)
		De la relación L/D = 13.2	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= 3.47E-04 cm/seg





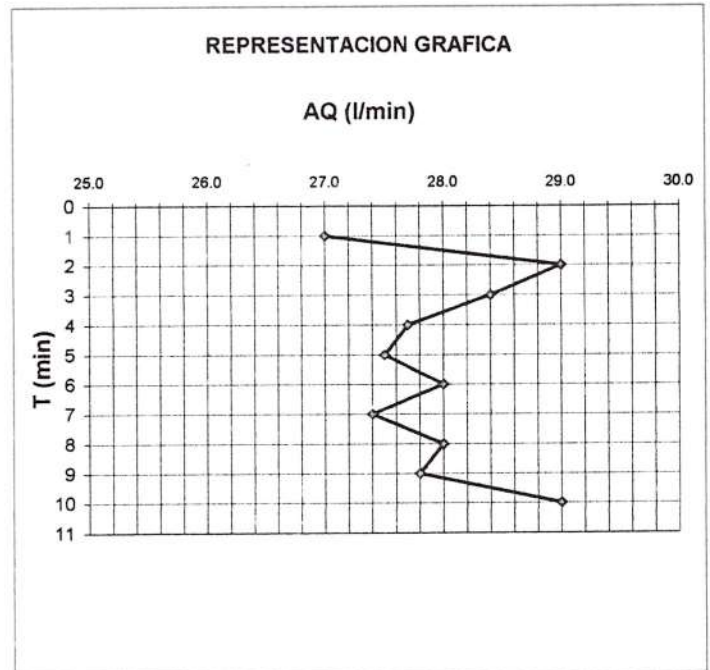
## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA - 3		
UBICACIÓN : EJE DE PRESA MARGEN DERECHO	ENSAYO N° 4		
	TRAMO DE ENSAYO (m)	22.00	A 23.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
α : Angulo de inclinacion de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.46
S : Prof. del revestimiento (m)	22.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	22.46
P : Profundidad del frente de perforación (m)	23.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.00
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	7.56
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	2296.00
Hc : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)	2296.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	473.00		
1	500.00	27.00	
2	529.00	29.00	
3	557.40	28.40	
4	585.10	27.70	
5	612.60	27.50	
6	640.60	28.00	
7	668.00	27.40	
8	696.00	28.00	
9	723.80	27.80	
10	752.80	29.00	



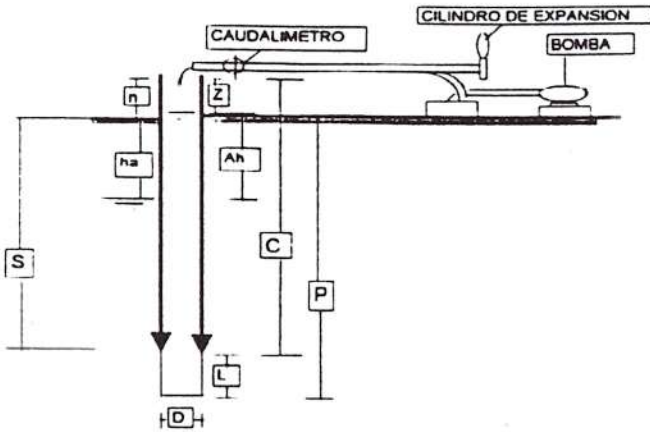
### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 27.98 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 466.33 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 13.2	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= 1.06E-03 cm / seg



## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA - 4		
UBICACIÓN : TALU AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° 2		
	TRAMO DE ENSAYO(m)	8.70	A 9.70

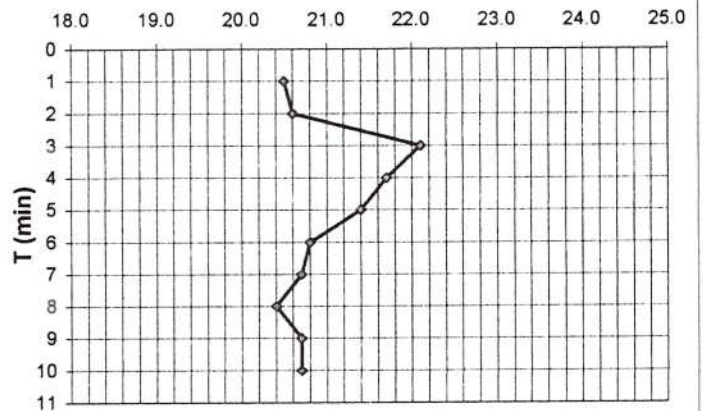


- ha : Prof. nivel freático (m)
- α : Angulo de inclinación de Sondeo
- n : Sobrante del revestimiento (m)
- S : Prof. del revestimiento (m)
- C : Long. Total del revestimiento (m)
- P : Profundidad del frente de perforación (m)
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m)
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.)
- H : Sobrecarga hidráulica corregida (cm)
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm)
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm

	-
α	90
n	0.38
S	8.70
C	9.08
P	9.70
L	100.00
Zn	0.55
D	9.50
H	903.00
H	903.00
d	7.80

### REPRESENTACION GRAFICA

AQ (l/min)



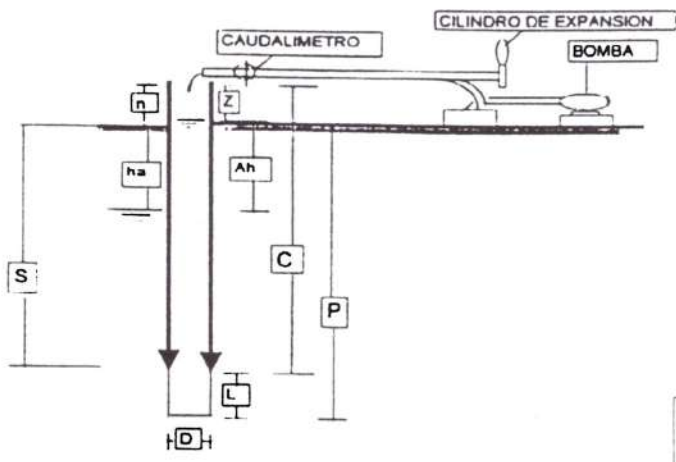
TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE			
t (min)	Q (l)	Q (l/min)			
0	10.00				
1	30.50	20.50			
2	51.10	20.60			
3	73.20	22.10			
4	94.90	21.70			
5	116.30	21.40			
6	137.10	20.80			
7	157.80	20.70			
8	178.20	20.40			
9	198.90	20.70			
10	219.60	20.70			

### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
<b>CAUDAL</b>	Q = 20.96 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
<b>CAUDAL</b>	Q = 349.33 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D =	10.5 Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= 1.88E-03 cm/seg

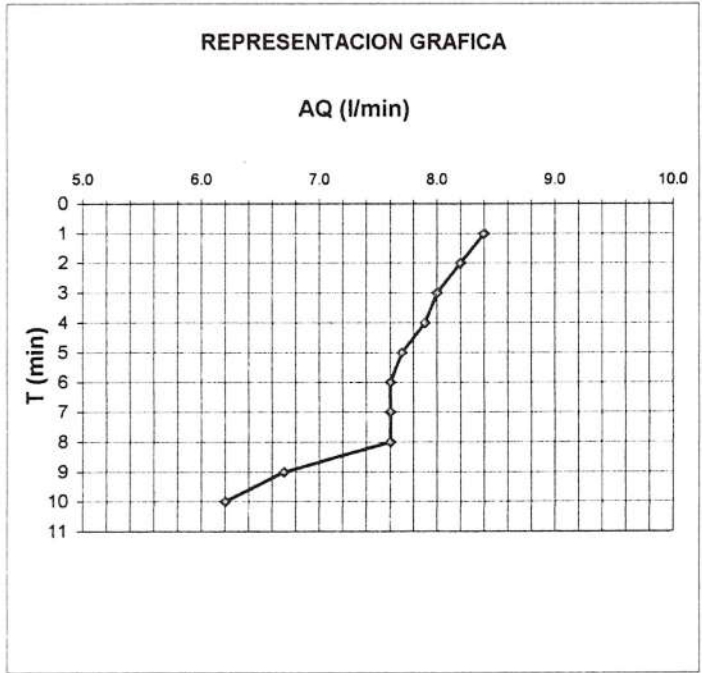
## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N°	SA - 4		
UBICACIÓN : TALUD AGUAS ARRIBA	ENSAYO N°	3		
	TRAMO DE ENSAYO (m)	14.00	A	15.00



ha : Prof. nivel freático (m)	—
α : Angulo de inclinación de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.385
S : Prof. del revestimiento (m)	14.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	14.385
P : Profundidad del frente de perforación (m)	15.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.625
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9.50
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	1426.00
h : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)	1426.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	392.00		
1	400.40	8.40	
2	408.60	8.20	
3	416.60	8.00	
4	424.50	7.90	
5	432.20	7.70	
6	439.80	7.60	
7	447.40	7.60	
8	455.00	7.60	
9	461.70	6.70	
10	467.90	6.20	



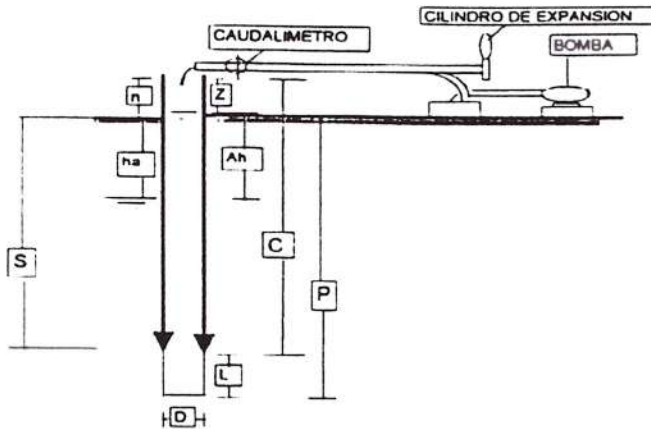
### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 7.59 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 126.50 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D ≤ 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 10.5	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	<b>= 4.30E-04 cm / seg</b>

# "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

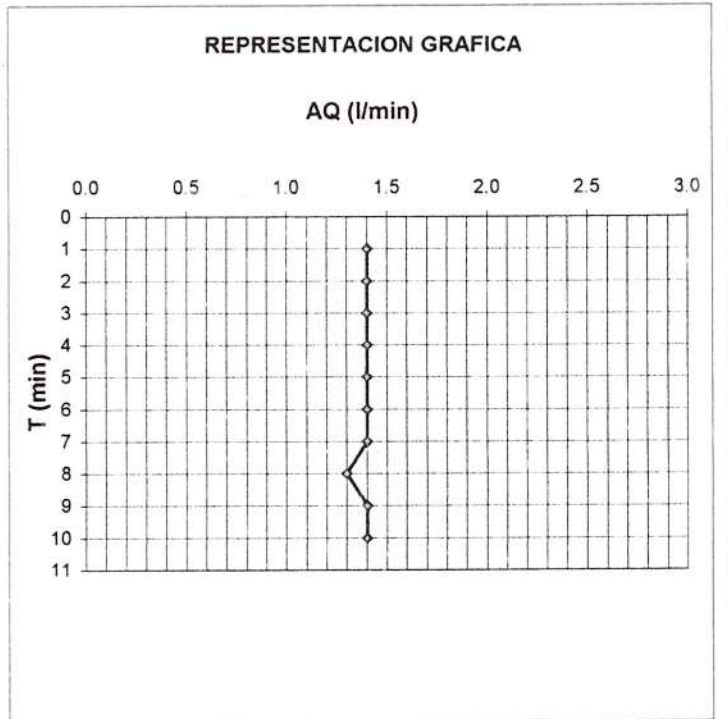
## ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N°	SA - 5		
UBICACIÓN : TALU AGUAS ABAJO	ENSAYO N°	2		
	TRAMO DE ENSAYO(m)	9.00	A	10.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
α : Angulo de inclinacion de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.60
S : Prof. del revestimiento (m)	9.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	9.60
P : Profundidad del frente de perforación (m)	10.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.82
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9.50
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	928.00
H : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)	928.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE			
t (min)	Q (l)	Q (l/min)			
0	148.00				
1	149.40	1.40			
2	150.80	1.40			
3	152.20	1.40			
4	153.60	1.40			
5	155.00	1.40			
6	156.40	1.40			
7	157.80	1.40			
8	159.10	1.30			
9	160.50	1.40			
10	161.90	1.40			

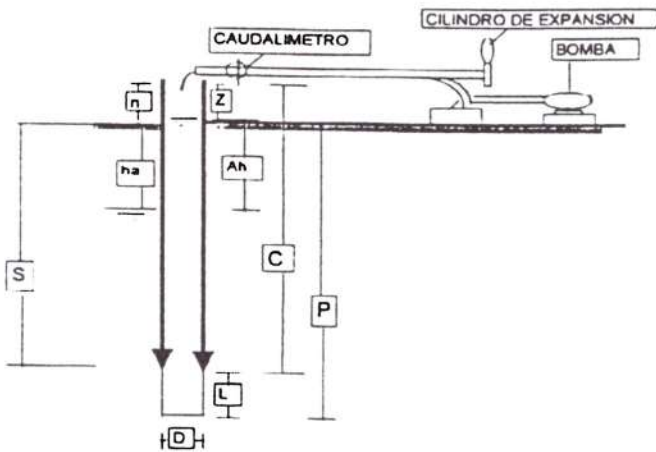


### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

<p style="text-align: center;"><b>CALCULO DEL CAUDAL (Q)</b></p> <p>CAUDAL      Q = 1.39 l/min</p> <p>CAUDAL      Q = 23.17 cm3/seg</p>	<p style="text-align: center;"><b>CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)</b></p> <p>si: L/D = 0                      K = Q / (PI x D x H)</p> <p>si: L / D &lt;= 2                  K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25)^(0.5))</p> <p>si: L/D &gt; 2                      K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)</p> <p>De la relación    L/D = 10.5                      Por lo tanto, K es igual:</p> <p><b>K de Permeabilidad = 1.21E-04 cm/seg</b></p>
---	---

## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N°	SA-5			
UBICACIÓN : TALUD AGUAS ABAJO	ENSAYO N°	1			
	TRAMO DE ENSAYO (m)	4.00	A	5.00	

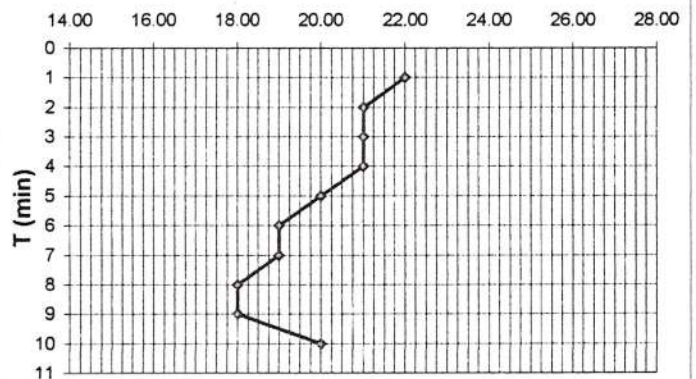


- ha : Prof. nivel freático (m)
- : Ángulo de inclinación de Sondeo
- n : Sobrante del revestimiento (m)
- S : Prof. del revestimiento (m)
- C : Long. Total del revestimiento (m)
- P : Profundidad del frente de perforación (m)
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m)
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.)
- : Sobrecarga hidraulica corregida (cm)
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm)
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm

	-
	90
	0.45
	4.00
	4.45
	5.00
	100.00
	0.67
	9.50
	428.00
	428.00
	7.80
	-

### REPRESENTACION GRAFICA

AQ (l/min)



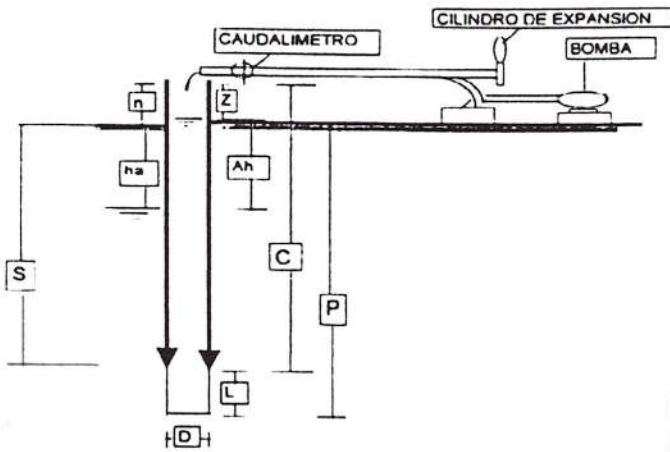
TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	858.0		
1	880.0	22.0	
2	901.0	21.0	
3	922.0	21.0	
4	943.0	21.0	
5	963.0	20.0	
6	982.0	19.0	
7	1001.0	19.0	
8	1019.0	18.0	
9	1037.0	18.0	
10	1057.0	20.0	

### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 19.90 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 331.67 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>(0.5)</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 10.5	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	<b>= 3.76E-03 cm / seg</b>

## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA - 5	
UBICACIÓN : TALUD AGUAS ABAJO	ENSAYO N° 3	
	TRAMO DE ENSAYO (m)	13.60      A      15.00

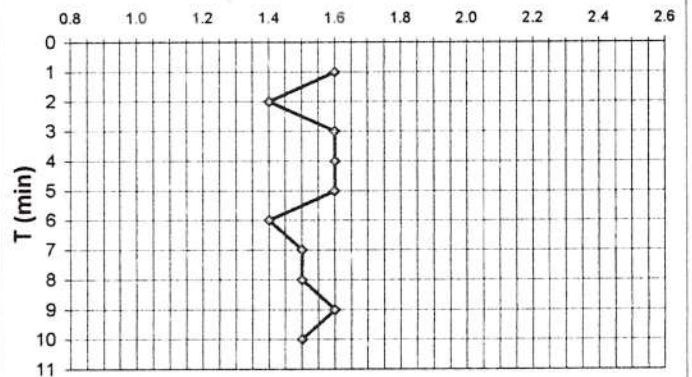


- ha : Prof. nivel freático (m) —
- α : Angulo de inclinación de Sondeo 90
- n : Sobrante del revestimiento (m) 0.40
- S : Prof. del revestimiento (m) 13.60
- C : Long. Total del revestimiento (m) 14.00
- P : Profundidad del frente de perforación (m) 15.00
- L : Longitud del bulbo de ensayo (cm) 140.00
- Zn : Prof. agua a nivel constante (m) 0.62
- D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm) 9.50
- H : Sobrecarga hidráulica (cm.) 1408.00
- h : Sobrecarga hidraulica corregida (cm) 1408.00
- d : Diámetro interno del revestimiento (cm) 7.80
- Con Nivel Freatico
- H = ha + n - Zn cm

—
90
0.40
13.60
14.00
15.00
140.00
0.62
9.50
1408.00
1408.00
7.80
-

### REPRESENTACION GRAFICA

AQ (l/min)



TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	362.00		
1	363.60	1.60	
2	365.00	1.40	
3	366.60	1.60	
4	368.20	1.60	
5	369.80	1.60	
6	371.20	1.40	
7	372.70	1.50	
8	374.20	1.50	
9	375.80	1.60	
10	377.30	1.50	

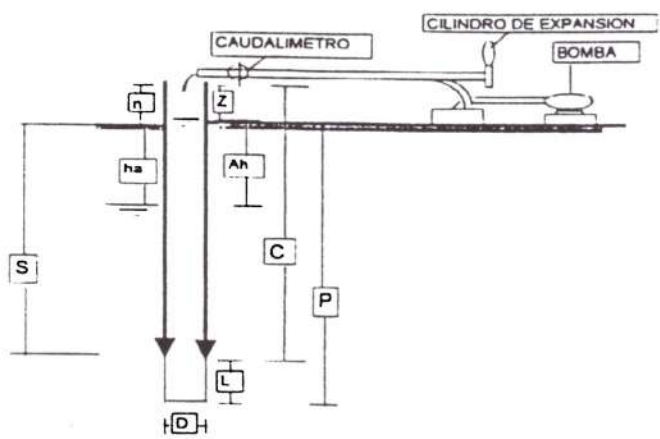
### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)		CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
CAUDAL	Q = 1.53 l/min	si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
CAUDAL	Q = 25.50 cm <sup>3</sup> /seg	si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>0.5</sup> )
		si: L/D > 2	K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = 14.7	Por lo tanto, K es igual:
		<b>K de Permeabilidad</b>	= 6.97E-05 cm / seg



## "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC

	SONDEO N° SA - 5
UBICACIÓN : TALUD AGUAS ABAJO	ENSAYO N° 4
	TRAMO DE ENSAYO(m) 19.00 A 20.00



ha : Prof. nivel freático (m)	-
α : Angulo de inclinacion de Sondeo	90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0.47
S : Prof. del revestimiento (m)	19.00
C : Long. Total del revestimiento (m)	19.47
P : Profundidad del frente de perforación (m)	20.00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Zn : Prof. agua a nivel constante (m)	0.24
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	7.56
H : Sobrecarga hidráulica (cm.)	1973.00
h : Sobrecarga hidráulica corregida (cm)	1973.00
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7.80
Con Nivel Freatico	
H = ha + n - Zn	cm

TIPO DE ENSAYO		NIVEL CONSTANTE	
t (min)	Q (l)	Q (l/min)	
0	706.00		
1	707.80	1.80	
2	709.70	1.90	
3	711.60	1.90	
4	713.50	1.90	
5	715.40	1.90	
6	717.30	1.90	
7	719.30	2.00	
8	721.20	1.90	
9	723.10	1.90	
10	725.00	1.90	



### CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL (Q)	
CAUDAL	Q = 1.90 l/min
CAUDAL	Q = 31.67 cm <sup>3</sup> /seg

CALCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
si: L/D = 0	K = Q / (PI x D x H)
si: L/D <= 2	K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>0.5</sup> )
si: L/D > 2	K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
De la relación L/D =	13.2
Por lo tanto, K es igual:	
<b>K de Permeabilidad</b>	= <b>8.37E-05 cm / seg</b>

**ANEXO 5**

**ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRAS C-1M-1  
PROFUNDIDAD (m) 0.50-1.00  
FECHA 14/07/2008  
OBS MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME LMSGEOSSTRATOS-CL028-001-2008  
PROYECTO "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI- DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	4.47
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	2285.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	1944.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	341.0

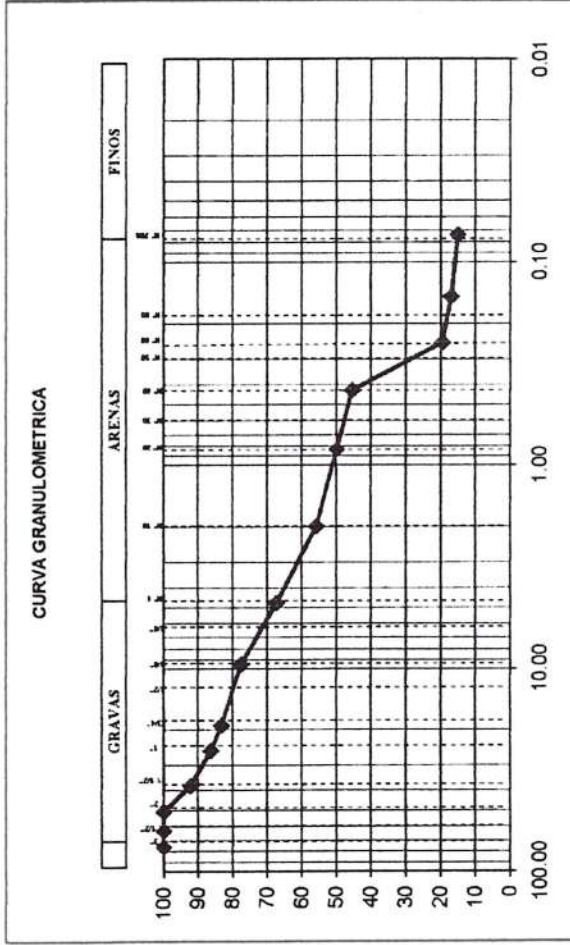
TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASADO (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	180.00	7.88	92.12	100.00
1"	25.400	134.00	5.86	13.74	86.26
3/4"	19.050	89.00	3.02	16.76	83.24
3/8"	9.525	130.00	5.69	22.45	77.55
N° 4	4.760	233.00	10.20	32.65	67.35
N° 10	2.000	293.00	11.51	44.16	55.84
N° 20	0.840	138.00	6.04	50.20	49.80
N° 40	0.426	103.00	4.51	54.70	45.30
N° 80	0.250	591.00	25.86	80.57	19.43
N° 100	0.148	57.00	2.49	83.06	16.94
N° 200	0.074	48.00	2.01	85.08	14.92
FONDO		341.00	14.92	100.00	0.00
Limos 0.075mm-0.005mm					
Arcillas < 0.005mm					
Coboides < 0.001mm					

D60	2.967
D30	0.322
D10	0.060
Cu	80.439
Cc	0.687

Gravillas	32.65
Arenas	52.43
Finos	14.92

Gruesa	16.76
Fina	15.89
Gruesa	11.51
Media	10.55
Fina	30.37

CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A1 b (1)
DESCRIPCION	ARENA LINDA



TECNICO  
**ING. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Mestanza  
Geotecnista - C.º 95703

Telef. (01)4824386 - (01)95527452  
http://geosstratos.googlepages.com

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : " DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-1  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-1.00  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

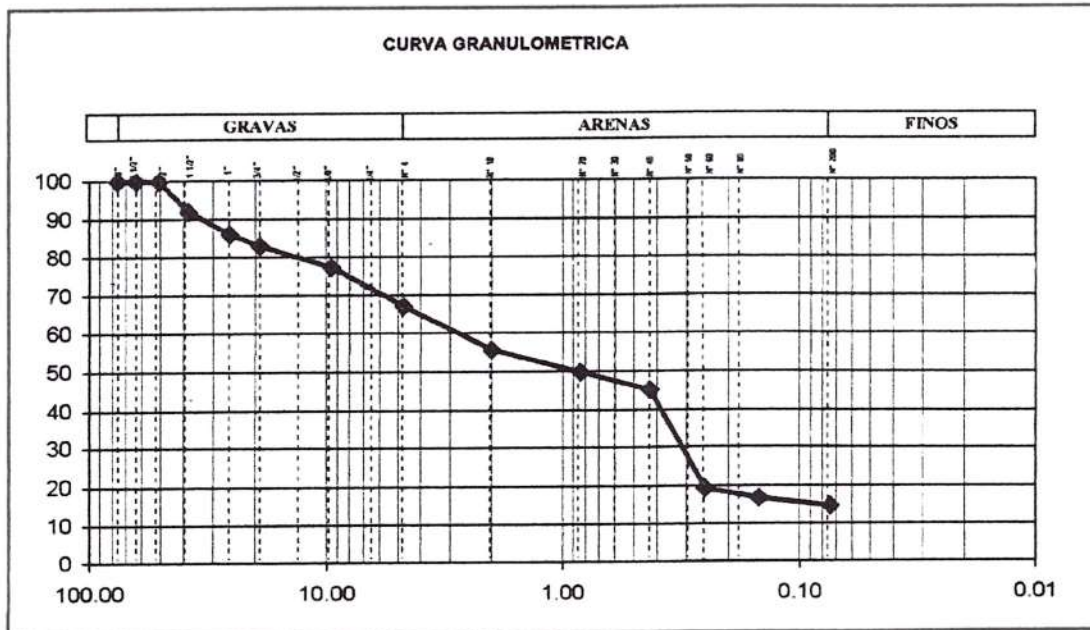
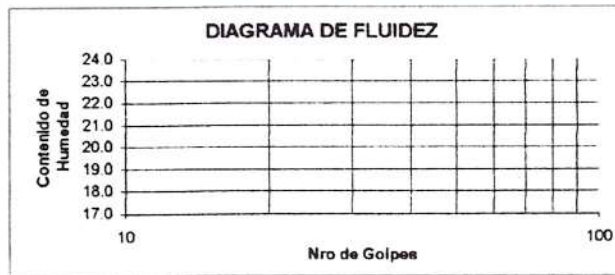
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	92.12
	25.400	1"	86.26
	19.050	3/4"	83.24
	9.525	3/8"	77.55
	4.760	No 004	67.35
	2.000	No 010	55.84
	0.840	No 020	49.80
	0.426	No 040	45.30
	0.250	No 060	19.43
	0.148	No 100	16.94
	0.074	No 200	14.92

HUMEDAD NATURAL (%)	4.47
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A1-b (0)

D10 (mm)	0.050	Cu	60.439
D30 (mm)	0.322	Cc	0.697
D60 (mm)	2.997		



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA      TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL      FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216


#### MUESTRAS

CALICATA	C-1				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.50-1.00				
FRASCO No	9				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	195.90			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	188.85			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	7.05			
4. Peso de recipiente	grs	31.15			
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	157.70			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	4.47			

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

TECNICO  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

REVISADO  
  
**Mr. Fabiolo**  
 Geotecnista - C.º 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACIÓN: DIST. BELLA UNIÓN . PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION: CALICATA  
 MUESTRA: M-1  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS**  
NORMA ASTM D854

**MUESTRAS**

CALICATA		C-1				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		0.50-1.00				
N de frasco						
Peso de frasco con agua (gr)		666.60				
Peso de frasco con agua-suelo (cc)		785.00				
Peso Suelo Seco (gr)		187.00				
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)		2.73				

**MUESTRAS**

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
N de frasco						
Peso de frasco con agua (gr)						
Peso de frasco con agua-suelo (cc)						
Peso Suelo Seco (gr)						
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)						

~~SUPERVISADO~~  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Cruz Mestanza  
 Geotecnista - N° 95703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008	EXPLORACION/	C-1
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"	MUESTRA	M-1
UBICACION:	DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA	PROFUNDIDAD:	0.50-1.00m
FECHA:	14/07/2008	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ CASTAÑEDA
OBS.	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO		

<b>PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION</b> <b>( ASTM C - 127 NTP 400.021 )</b>
---

### METODO DE LA CANASTILLA

ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )		IDENTIFICACION			OBS
		1	2	3	
1	Peso mat. Sat. Superf. Seca g	345.15			
2	Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O g	199.15			
3	Peso muestra seca g	352.00			
4	Peso Especifico de Masa $3 / (1 - 2) \text{ g/cm}^3$	2.41			

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

*Ing. Fabiola Coral Mestanza*  
Geotecnista - 25703

Observaciones:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-2M-1  
 PROFUNDIDAD: 0 00-0 80  
 FECHA: 14/07/2008  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

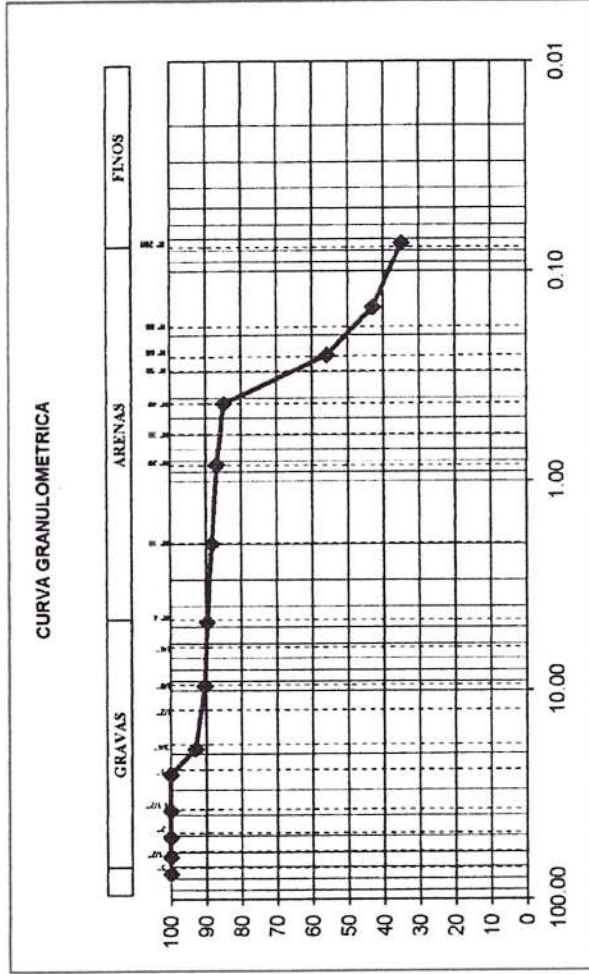
INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	2.50
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	500.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	326.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	174.0

TAMIZES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASADO (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	35.00	7.00	7.00	93.00
3/8"	9.525	13.00	2.60	9.60	90.40
N° 4	4.750	4.00	0.80	10.40	89.60
N° 10	2.000	7.00	1.40	11.80	88.20
N° 20	0.840	7.00	1.40	13.20	86.80
N° 40	0.425	10.00	2.00	15.20	84.80
N° 60	0.250	145.00	29.00	44.20	55.80
N° 100	0.148	65.00	13.00	57.20	42.80
N° 200	0.074	40.00	8.00	65.20	34.80
FONDO		174.00	34.80	100.00	0.00

D80	0.275	Gravas	10.40	Gruesa	7.00
D30	-			Fina	3.40
D10	0.021	Arenas	54.80	Gruesa	1.40
Cu	12.955			Media	3.40
Cc	-	Finos	34.80	Fina	50.00



CLASIF. SUCS	SM	CLASIF. AASHTO	A-2.4 (U)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA		

REVISADO  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**  
 Ing. Fabiola Cruz Merino  
 Geotecnista - C.º 65703



**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-2  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.00-0.80  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

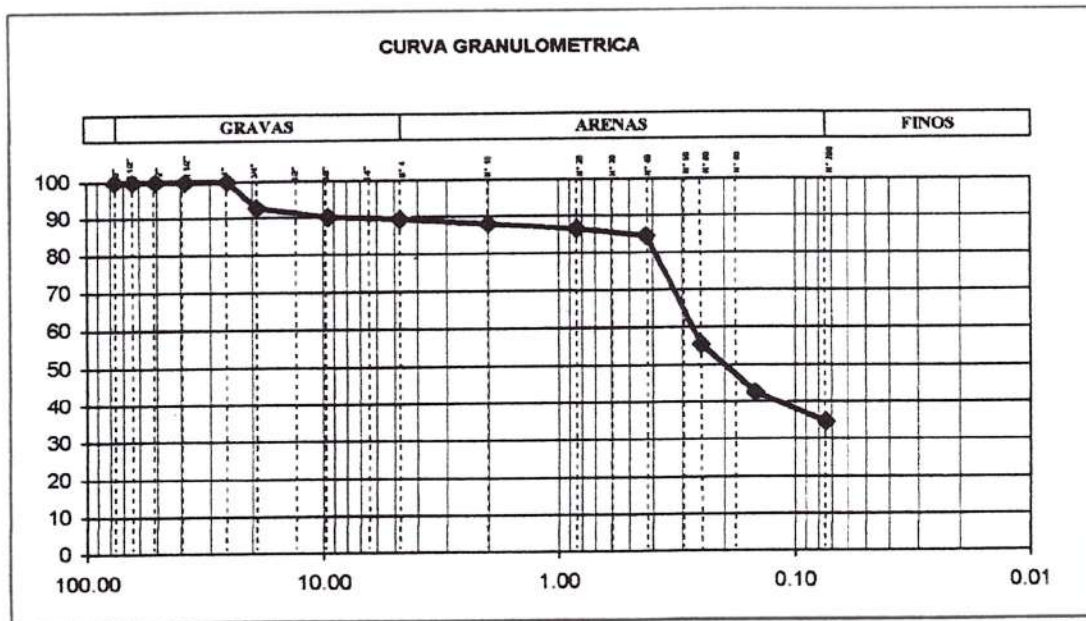
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	%ACUM. PASA	
	ABERTURA	%ACUM. PASA
76.200	3"	100.00
63.500	2 1/2"	100.00
50.800	2"	100.00
38.100	1 1/2"	100.00
25.400	1"	100.00
19.050	3/4"	93.00
9.525	3/8"	90.40
4.760	No 004	89.60
2.000	No 010	88.20
0.840	No 020	86.80
0.426	No 040	84.80
0.250	No 080	55.80
0.148	No 100	42.80
0.074	No 200	34.80

D10 (mm)	0.021	Cu	12.965
D30 (mm)	-	Cc	-
D60 (mm)	0.275		

HUMEDAD NATURAL (%)	2.50
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (g/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A-2-4 (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
<b>NORMA ASTM D2216</b>

MUESTRAS					
PROGRESIVA:KM					
CALICATA		C-2			
MUESTRA N°		M-1			
PROFUNDIDAD (m)		0.00-0.80			
FRASCO No		9			
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	166.40			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	163.10			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	3.30			
4. Peso de recipiente	grs	31.15			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	131.95			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	2.50			

MUESTRAS					
CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

**TECNICO**  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

REVISADO  
 Ing. Fabiola Ceval Mestanza  
 Geotecnista - L. N° 95783

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-3M-1  
 PROFUNDIDAD (m): 1.00-1.50  
 FECHA: 14/07/2008  
 OBS.: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

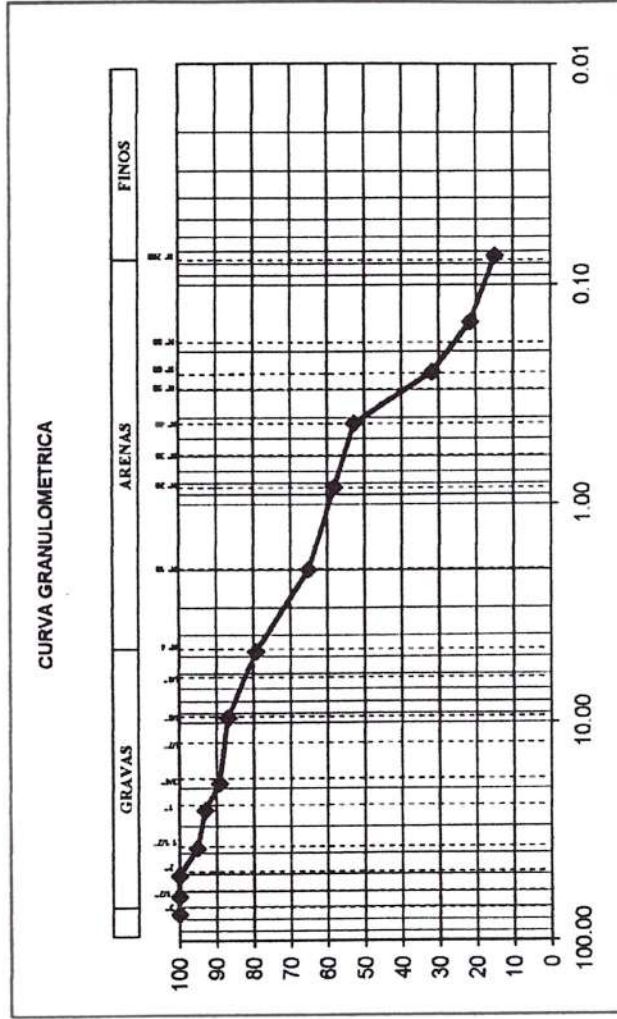
INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL028-001-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.83
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	1802.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	1536.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	286.0

TAMIZES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	86.00	4.88	4.88	95.12
1"	25.400	37.00	2.05	6.94	93.06
3/4"	19.050	70.00	3.88	10.82	89.18
N° 4	4.750	43.00	2.39	13.21	86.79
N° 10	2.000	258.00	14.21	34.81	65.09
N° 20	0.840	128.00	6.98	41.80	58.10
N° 40	0.428	95.00	5.27	47.17	52.83
N° 80	0.250	380.00	21.09	68.26	31.74
N° 100	0.148	188.00	10.32	78.58	21.42
N° 200	0.074	120.00	6.68	85.24	14.76
FONDO		286.00	14.76	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.006mm.					
Arcillas < 0.006mm.					
Cobolitas < 0.001mm.					

D60	1.155	Gravillas	20.70	Gruesa	10.82
D30	0.233			Fina	8.88
D10	0.050	Arenas	64.54	Gruesa	14.21
Cu	23.037			Media	12.26
Cc	0.836	Finos	14.76	Fina	38.07



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A-2-4 (0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA

REVISADO  
**TECNICO**  
**MEQ. DE SUELOS**

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-3  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.00-1.50  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

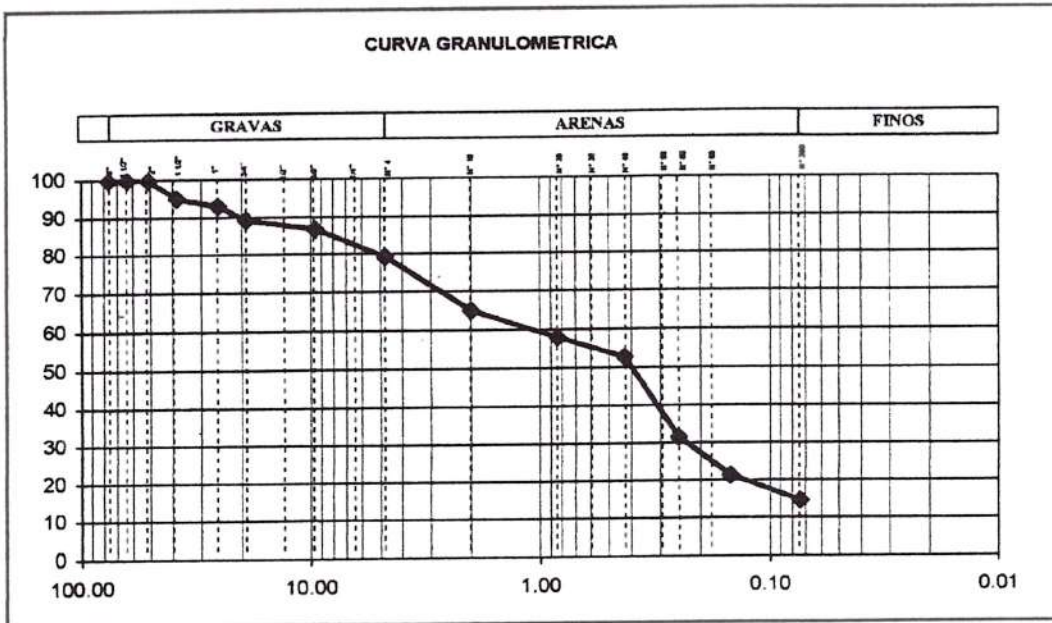
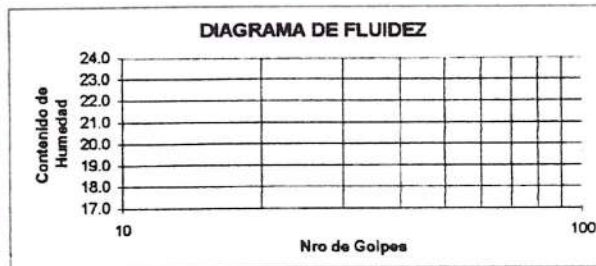
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	mm	in	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	95.12
	25.400	1"	93.06
	19.050	3/4"	89.18
	9.525	3/8"	86.79
	4.760	No 004	79.30
	2.000	No 010	65.09
	0.840	No 020	58.10
	0.426	No 040	52.83
	0.250	No 060	31.74
	0.148	No 100	21.42
	0.074	No 200	14.76

HUMEDAD NATURAL (%)	3.83
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (G <sub>s</sub> )	
PESO ESPECIFICO NATURAL (g/cm <sup>3</sup> )	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A-2-4 (0)

D10 (mm)	0.050	Cu	23.037
D30 (mm)	0.233	Cc	0.936
D60 (mm)	1.155		



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

PROGRESIVA: KM

CALICATA	C-3				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.00-1.50				
FRASCO No	18				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	191.40			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	185.55			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	5.85			
4. Peso de recipiente	grs	32.65			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	152.90			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.83			

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

  
 TECNICO  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

  
 REVISADO  
 Ing. Fabiola Corral Mestanza  
 Geotecnista - C.L<sup>o</sup> 95703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008	EXPLORACION/	C-3
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"	MUESTRA	M-1
UBICACION:	DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA	PROFUNDIDAD:	1.00-1.50m
FECHA:	14/07/2008	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ CASTAÑEDA
OBS.	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO		

<b>PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION</b> ( ASTM C - 127    NTP 400.021 )
---

<b>METODO DE LA CANASTILLA</b>				
--------------------------------	--	--	--	--

ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )		IDENTIFICACION			OBS
		1	2	3	
1	Peso mat. Sat. Superf. Seca	g	345.15		
2	Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O	g	199.15		
3	Peso muestra seca	g	374.00		
4	Peso Especifico de Masa	$3 / (1 - 2) \text{ g/cm}^3$	2.56		

  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

  
**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
 Geotecnista - CIP 95703

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-4M-1  
PROFUNDIDAD: 0.50-1.50  
FECHA: 14/07/2008  
OBS.: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

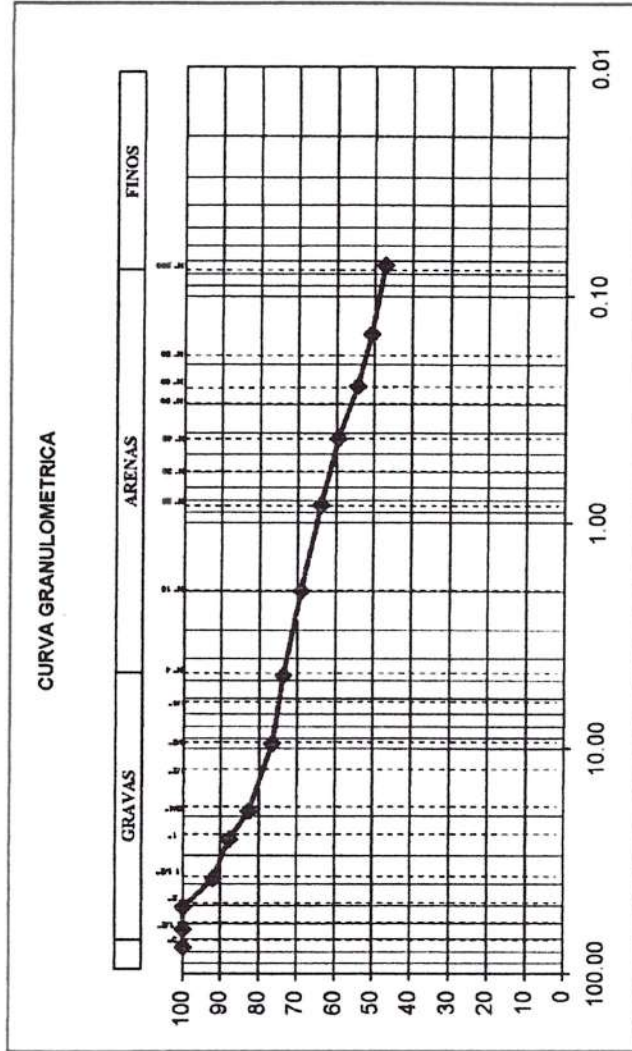
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	15.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	1756.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	928.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	828.0

TAMIZES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAYEN
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	140.00	7.97	7.97	92.03
1"	25.400	76.00	4.33	12.30	87.70
3/4"	19.050	88.00	5.07	17.37	82.63
3/8"	9.525	109.00	6.21	23.58	76.42
N° 4	4.760	48.00	2.73	26.31	73.69
N° 10	2.000	82.00	4.67	30.98	69.02
N° 20	0.840	90.00	5.13	36.10	63.90
N° 40	0.426	78.00	4.44	40.55	59.45
N° 60	0.250	86.00	5.07	45.62	54.38
N° 100	0.148	65.00	3.70	49.32	50.68
N° 200	0.074	62.00	3.53	52.85	47.15
FONDO	.....	828.00	47.15	100.00	0.00

D60	0.477
D30	-
D10	0.016
Cu	30.391
Cc	-

Gravas	26.31
Arenas	26.54
Finos	47.15

Gruesa	17.37
Fina	8.94
Gruesa	4.67
Media	9.57
Fina	12.30



CLASIF. SUCS	SM	CLASIF. AASHTO	A-1 (2)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA		

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Coral Mancana  
Geotecnista - C. - 95723

## ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

NORMAS ASTM D422 - D2218 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-4  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-1.50  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

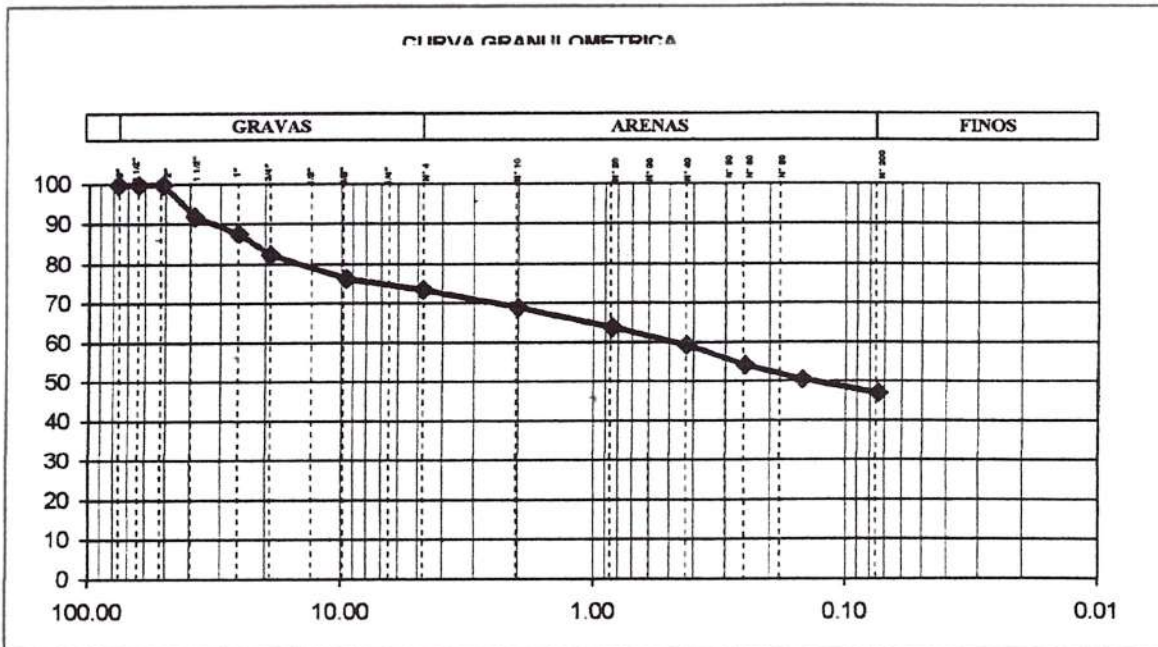
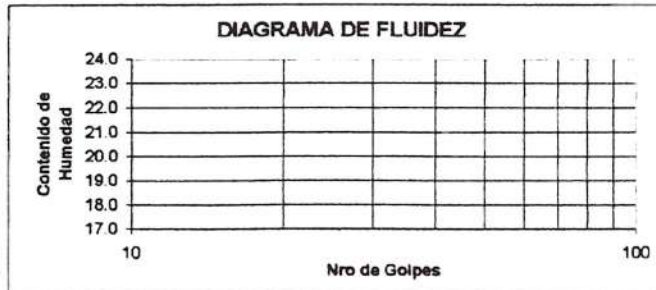
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	92.03
	25.400	1"	87.70
	19.050	3/4"	82.63
	9.525	3/8"	76.42
	4.760	No 004	73.69
	2.000	No 010	69.02
	0.840	No 020	63.90
	0.428	No 040	59.45
	0.250	No 060	54.38
	0.148	No 100	50.68
	0.074	No 200	47.15

D10 (mm)	0.016	Cu	30.391
D30 (mm)	-	Cc	-
D60 (mm)	0.477		

HUMEDAD NATURAL (%)		15.20
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SM
CLASIFICACION AASHTO		A-4 (2)





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EXPLORACION / MUESTRA: C-SM-1  
PROFUNDIDAD: 1.00-1.30

FECHA: 14/07/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

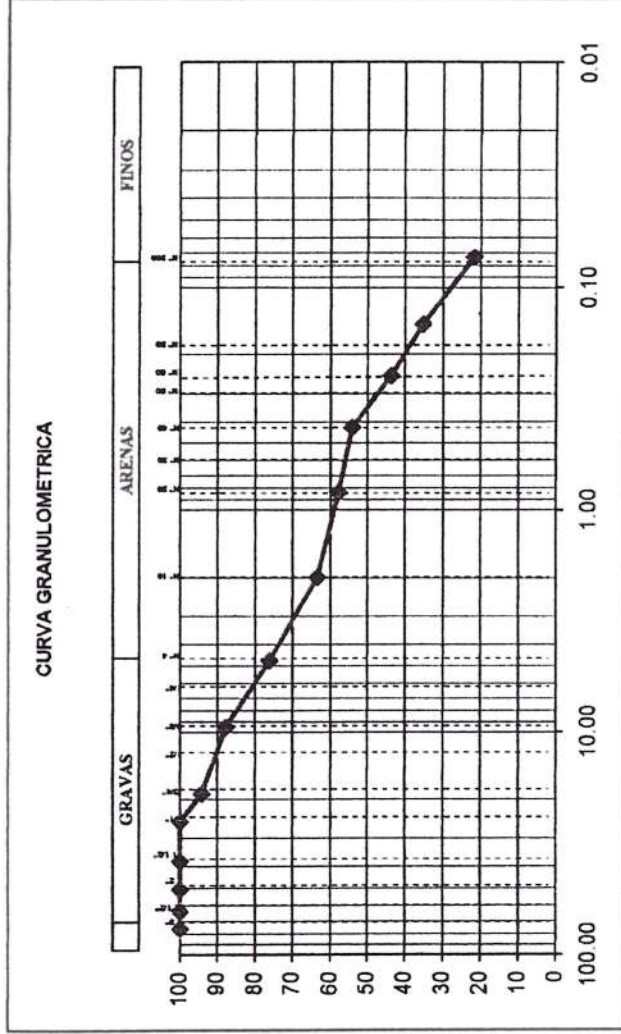
INFORME: LMSGSSSTRATOS-CL026-001-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMA ASTM D422**

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	3.39
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	1184.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	927.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	257.0

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJES (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	68.00	5.74	5.74	94.26
3/8"	9.525	78.00	6.59	12.33	87.67
N° 4	4.760	137.00	11.57	23.90	76.10
N° 10	2.000	150.00	12.67	36.57	63.43
N° 20	0.840	67.00	5.66	42.23	57.77
N° 40	0.425	43.00	3.63	45.86	54.14
N° 60	0.250	123.00	10.39	56.25	43.75
N° 100	0.148	101.00	8.53	64.78	35.22
N° 200	0.074	160.00	13.51	78.29	21.71
FONDO		257.00	21.71	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	1.297	Gravas	23.90	Gruesa	5.74
D30	0.119			Fina	18.18
D10	0.034	Arenas	54.39	Gruesa	12.67
Cu	38.046			Media	9.29
Cc	0.322	Finos	21.71	Fina	32.43



CLASIF. SUCS	SM	CLASIF AASHTO	A-2-4 (0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA		

**TECNICO  
MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola C. M.**  
Geotecnista

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-5  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.00-1.30  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

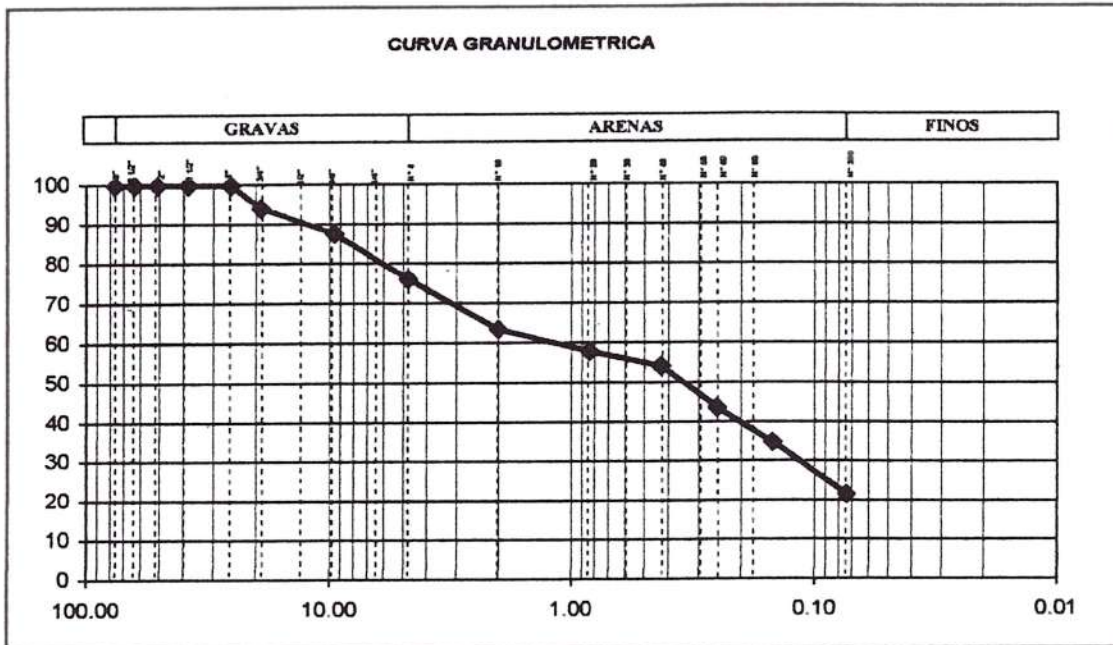
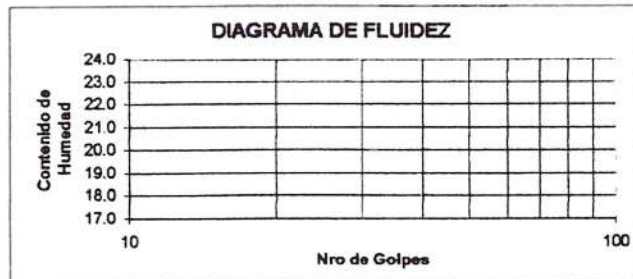
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	%ACUM. PASA		
	ABERTURA	%ACUM. PASA	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	100.00
	19.050	3/4"	94.26
	9.525	3/8"	87.67
	4.760	No 004	76.10
	2.000	No 010	63.43
	0.840	No 020	57.77
	0.426	No 040	54.14
	0.250	No 060	43.75
	0.148	No 100	35.22
	0.074	No 200	21.71

D10 (mm)	0.034	Cu	38.046
D30 (mm)	0.119	Cc	0.322
D60 (mm)	1.297		

HUMEDAD NATURAL (%)	3.39
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A-2-4 (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

##### PROGRESIVA:KM

CALICATA	C-5				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.00-1.30				
FRASCO No	12				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	221.00			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	215.00			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	6.00			
4. Peso de recipiente	grs	38.00			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	177.00			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.39			

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola C. Mestanza  
Geotecnista - C. 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRAS-C-6M-1  
PROFUNDIDAD: 1.50-2.40

FECHA: 14/07/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008

PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

2.56
1335.0
1197.0
138.0

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

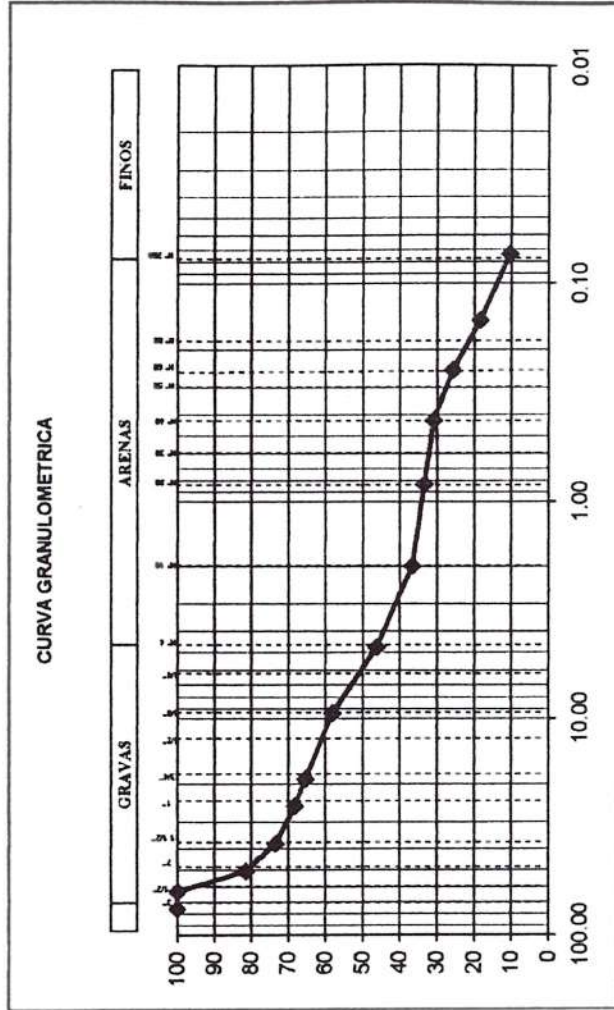
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	247.00	18.50	18.50	81.50
1 1/2"	38.100	108.00	8.09	26.59	73.41
1"	25.400	69.00	5.17	31.76	68.24
3/4"	19.050	37.00	2.77	34.53	65.47
3/8"	9.525	99.00	7.42	41.95	58.05
N° 4	4.760	159.00	11.84	53.78	46.22
N° 10	2.000	129.00	9.66	63.45	36.55
N° 20	0.840	44.00	3.30	66.74	33.26
N° 40	0.428	32.00	2.40	69.14	30.86
N° 60	0.250	70.00	5.24	74.38	25.62
N° 100	0.148	97.00	7.27	81.65	18.35
N° 200	0.074	107.00	8.01	89.66	10.34
FONDO		138.00	10.34	100.00	0.00

D60	10.359	Gravas	53.78	Gruesa	34.53
D30	0.397			Fina	18.25
D10	0.072	Arenas	35.88	Gruesa	9.66
Cu	144.703			Media	5.69
Cc	0.213	Finos	10.34	Fina	20.52



CLASIF. SUCS	CLASIF. ASBTO
SP-SM	A1-b (0)
DESCRIPCION	
ARENA MAL GRADADA	
LIMOSA	

**TÉCNICO**  
**MEC. DE SUELOS**  
Ing. Fabiola Coral Mestanza  
Geotecnista - C.P. 05763

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-6  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.50-2.40  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

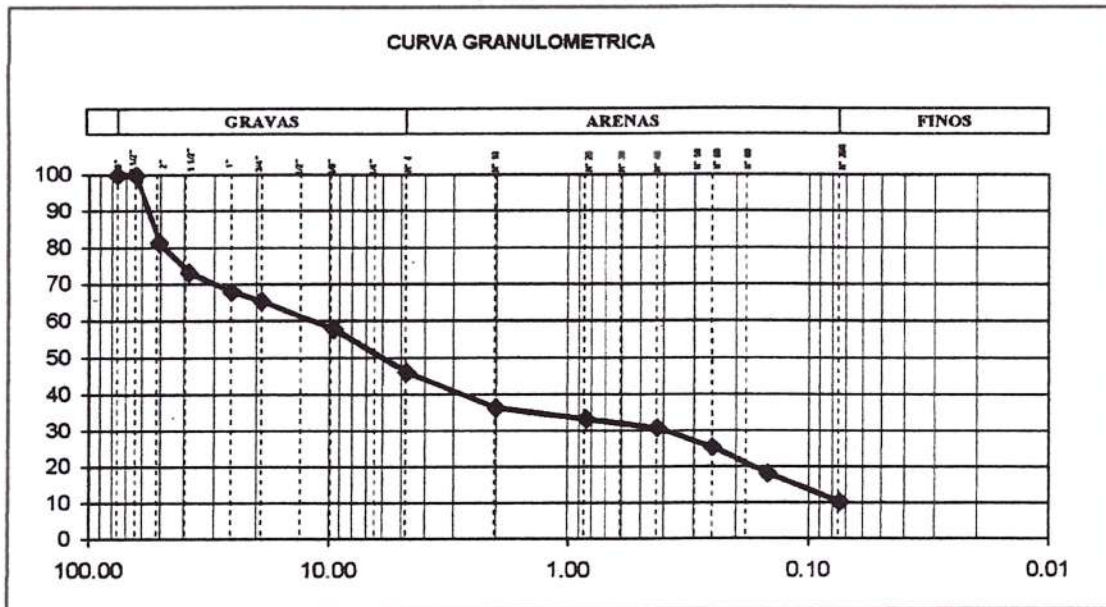
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	mm	mm	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	81.50
	38.100	1 1/2"	73.41
	25.400	1"	68.24
	19.050	3/4"	65.47
	9.525	3/8"	58.05
	4.750	No 004	46.22
	2.000	No 010	36.55
	0.840	No 020	33.26
	0.425	No 040	30.86
	0.250	No 060	25.62
	0.148	No 100	18.35
	0.074	No 200	10.34

D10 (mm)	0.072	Cu	144.703
D30 (mm)	0.397	Cc	0.213
D60 (mm)	10.359		

HUMEDAD NATURAL (%)		2.66
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SP-SM
CLASIFICACION AASHTO		A1-b (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

MUESTRAS					
PROGRESIVA:KM					
CALICATA	C-6				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.50-2.40				
FRASCO No	10				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	235.00			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	230.00			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	5.00			
4. Peso de recipiente	grs	42.00			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	188.00			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	2.66			

MUESTRAS					
CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

**TÉCNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
Geotecnista - CIP 06703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**INFORME:** LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
**PROYECTO:** "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
**UBICACIÓN:** DIST. BELLA UNIÓN PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
**EXPLORACION:** CALICATA  
**MUESTRA:** M-1  
**OBS:** MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

**TECNICO:** BALTAZAR LÓPEZ  
**FECHA:** 14/07/2008

### PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS NORMA ASTM D854

#### MUESTRAS

CALICATA		C-6				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		1.50-2.40				
N de frasco						
Peso de frasco con agua	(gr)	648.90				
Peso de frasco con agua-suelo	(cc)	772.40				
Peso Suelo Seco	(gr)	195.20				
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)		2.72				

#### MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
N de frasco						
Peso de frasco con agua	(gr)					
Peso de frasco con agua-suelo	(cc)					
Peso Suelo Seco	(gr)					
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)						

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Coral Mantanza**  
Geotecnista - C.O.T. 25727

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGOSSTRATOS-CL026-001-2008	EXPLORACION/	C-6
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"	MUESTRA	M-1
UBICACION:	DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.	PROFUNDIDAD:	1.50-2.40m
FECHA:	14/07/2008	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ CASTAÑEDA
OBS.	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO		

<b>PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION</b> <b>( ASTM C - 127    NTP 400.021 )</b>
--

<b>METODO DE LA CANASTILLA</b>				
ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )	IDENTIFICACION			OBS
	1	2	3	

ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )	IDENTIFICACION			OBS
	1	2	3	
1 Peso mat. Sat. Superf. Seca <span style="float: right;">g</span>	345.15			
2 Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O <span style="float: right;">g</span>	199.15			
3 Peso muestra seca <span style="float: right;">g</span>	385.00			
4 <b>Peso Especifico de Masa</b> <span style="float: right;">3 / (1 - 2) g/cm<sup>3</sup></span>	2.64			

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Coral Mestanza  
Geotecnista - Lic. 95703

Observaciones:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-7/M-1  
PROFUNDIDAD (m): 1.60-2.40

FECHA: 14/07/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

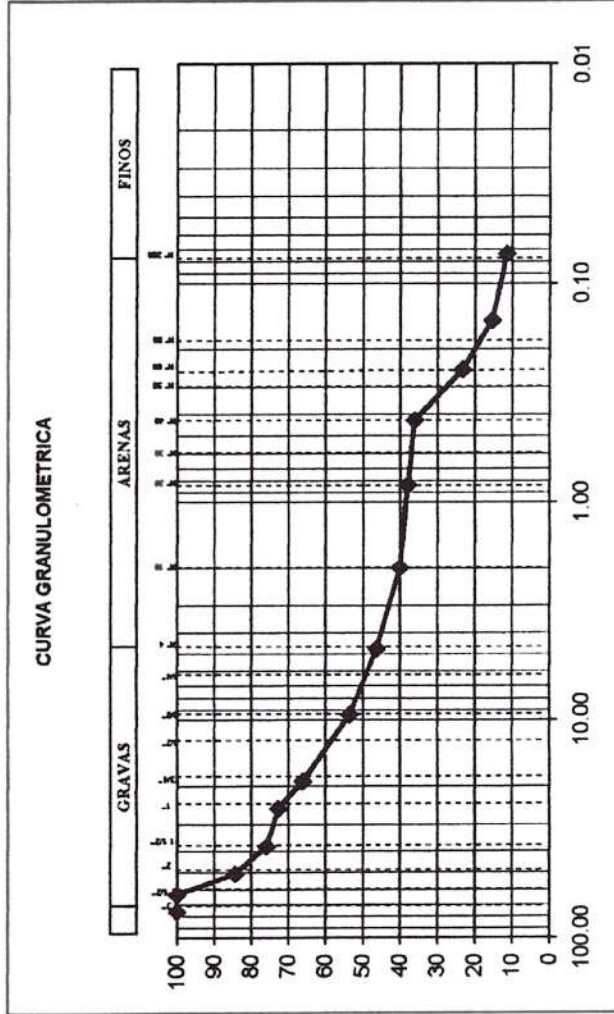
INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL028-001-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.97
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	1393.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	1234.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	159.0

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	218.00	15.65	15.65	84.35
1 1/2"	38.100	118.00	8.47	24.12	75.88
1"	25.400	43.00	3.09	27.21	72.79
3/4"	19.050	94.00	6.75	33.96	66.04
3/8"	9.525	175.00	12.58	46.52	53.48
N° 4	4.760	103.00	7.39	53.91	46.09
N° 10	2.000	85.00	6.10	60.01	39.99
N° 20	0.840	30.00	2.15	62.17	37.83
N° 40	0.428	28.00	1.87	64.03	35.97
N° 60	0.250	178.00	12.85	76.86	23.12
N° 100	0.148	108.00	7.75	84.64	15.36
N° 200	0.074	55.00	3.95	88.59	11.41
FONDO		159.00	11.41	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	11.172	Gravés	53.91	Gruesa	33.96
D30	0.344			Fina	19.86
D10	0.065	Arenas	34.67	Gruesa	6.10
Cu	172.330			Media	4.02
Cc	0.164	Finos	11.41	Fina	24.55



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SP-SM	A1-b (0)
DESCRIPCION	
ARENA LIMOSA MAL	
GRADADA	

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiana M. Mastara  
Geotecnista - L.P. 95703

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-7  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.60-2.40  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

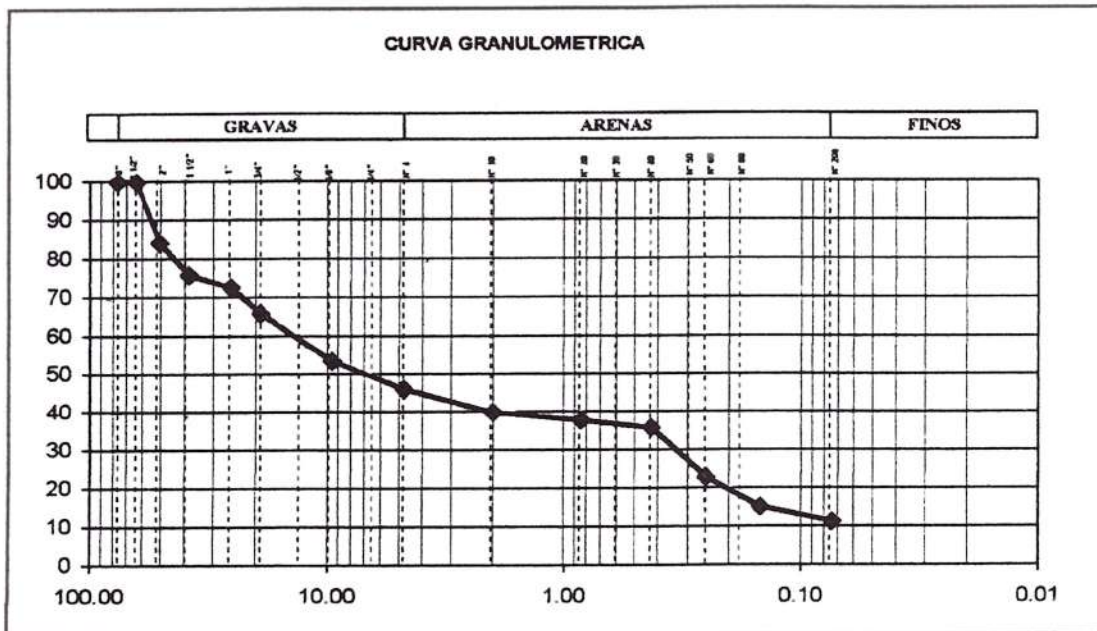
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	84.35
	38.100	1 1/2"	75.88
	25.400	1"	72.79
	19.050	3/4"	66.04
	9.525	3/8"	53.48
	4.760	No 004	46.09
	2.000	No 010	39.99
	0.840	No 020	37.83
	0.426	No 040	35.97
	0.250	No 060	23.12
	0.148	No 100	15.36
	0.074	No 200	11.41

HUMEDAD NATURAL (%)		3.97
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (g/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SP-SM
CLASIFICACION AASHTO		A1-b (0)

D10 (mm)	0.065	Cu	172.330
D30 (mm)	0.344	Cc	0.164
D60 (mm)	11.172		



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA      TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL      FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

CALICATA	C-7				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.60-2.40				
FRASCO No	24				
1. Peso recipiente + suelo húmedo      grs	174.60				
2. Peso recipiente + suelo seco      grs	169.20				
3. Peso de agua      (1) - (2) grs	5.40				
4. Peso de recipiente      grs	33.05				
5. Peso de suelo seco      (2) -(4) grs	136.15				
6. Contenido de humedad      (3)/(5)*100 %	3.97				

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo      grs					
2. Peso recipiente + suelo seco      grs					
3. Peso de agua      (1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente      grs					
5. Peso de suelo seco      (2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad      (3)/(5)*100 %					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Corral Mestanza  
Geotecnista - L.º 95703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**INFORME:** LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
**PROYECTO:** "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
**UBICACIÓN:** DIST. BELLA UNIÓN . PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA. **TECNICO:** BALTAZAR LÓPEZ  
**EXPLORACION:** CALICATA **FECHA:** 14/07/2008  
**MUESTRA:** M-1  
**OBS:** MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

<b>PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS</b> <b>NORMA ASTM D854</b>
--

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA	C-7				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.60-2.40				
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)	666.60				
Peso de frasco con agua-suelo (cc)	784.60				
Peso Suelo Seco (gr)	187.10				
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>	<b>2.71</b>				

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)					
Peso de frasco con agua-suelo (cc)					
Peso Suelo Seco (gr)					
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>					

TECNICO  
**MEC. DE SUELOS**

/ Ing. Fabiola Corral Mesas  
 Geotecnista - C.P. 20700

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008	EXPLORACION/	C-7
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"	MUESTRA	M-1
UBICACION:	DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.	PROFUNDIDAD:	1.60-2.40m
FECHA:	14/07/2008	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ CASTAÑEDA
OBS.	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO		

### PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION ( ASTM C - 127 NTP 400.021 )

#### METODO DE LA CANASTILLA

ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )	IDENTIFICACION			OBS
	1	2	3	
1 Peso mat. Sat. Superf. Seca g	345.15			
2 Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O g	199.15			
3 Peso muestra seca g	378.00			
4 <b>Peso Especifico de Masa</b> $3 / (1 - 2) \text{ g/cm}^3$	2.59			

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Cora Mecanica  
Geotecnista - CIP 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-9M-1  
PROFUNDIDAD (m): 1.80-3.00

FECHA: 14/07/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

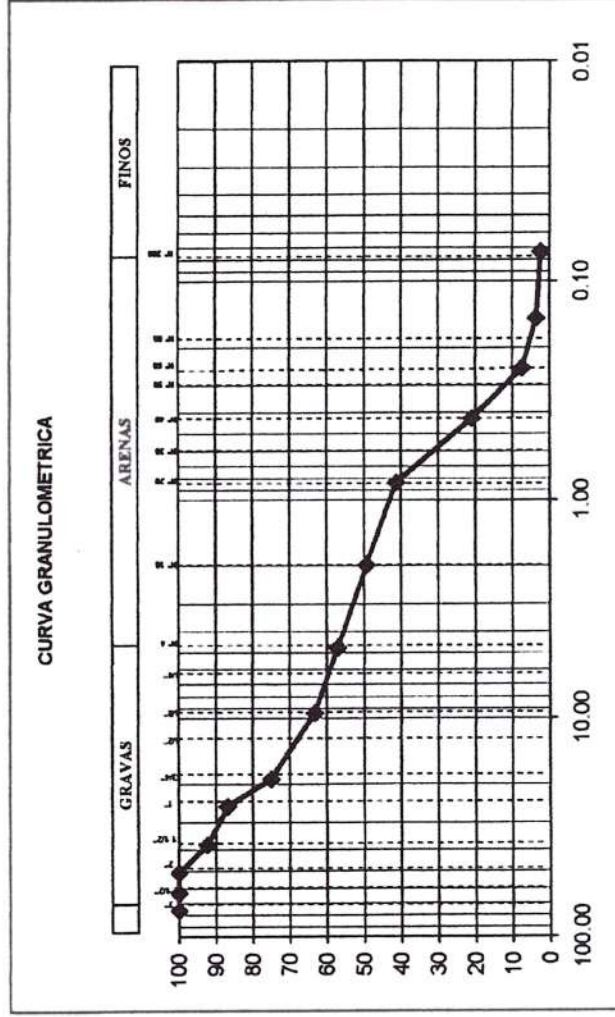
INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL028-001-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	1.95
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	2665.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	2602.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	63.0

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	202.00	7.58	7.58	92.42
1"	25.400	151.00	5.67	13.25	86.75
3/4"	19.050	310.00	11.63	24.88	75.12
3/8"	9.525	318.00	11.88	36.74	63.26
N° 4	4.760	167.00	6.27	43.00	57.00
N° 10	2.000	208.00	7.80	50.81	49.19
N° 20	0.840	212.00	7.95	58.76	41.24
N° 40	0.428	545.00	20.45	79.21	20.79
N° 60	0.250	380.00	13.51	92.72	7.28
N° 100	0.148	101.00	3.79	96.51	3.49
N° 200	0.074	30.00	1.13	97.64	2.36
FONDO	.....	63.00	2.36	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Cooides < 0.001mm.					

D60	7.043	Gravas	43.00	Gruesa	24.88
D30	0.612			Fina	18.12
D10	0.285	Arenas	54.63	Gruesa	7.80
Cu	24.673			Media	28.41
Cc	0.187	Finos	2.36	Fina	18.42



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SP	A1-s (0)
DESCRIPCION	ARENA MAL GRADADA

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Cruz Meléndez  
Geotecnista - L. N° 95703

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-9  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.60-3.00  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

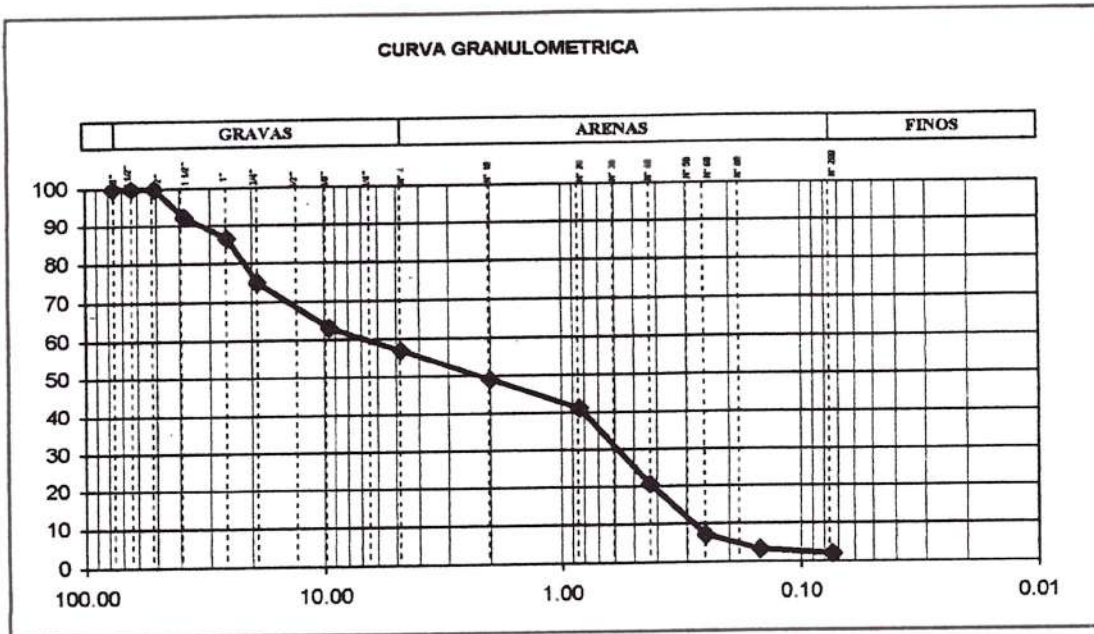
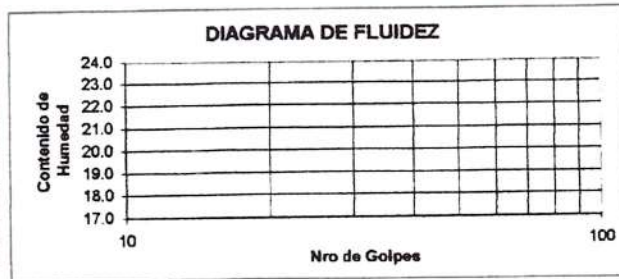
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	mm	mm	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	92.42
	25.400	1"	86.75
	19.050	3/4"	75.12
	9.525	3/8"	63.26
	4.760	No 004	57.00
	2.000	No 010	49.19
	0.840	No 020	41.24
	0.426	No 040	20.79
	0.250	No 060	7.28
	0.148	No 100	3.49
	0.074	No 200	2.36

D10 (mm)	0.285	Cu	24.673
D30 (mm)	0.612	Cc	0.187
D60 (mm)	7.043		

HUMEDAD NATURAL (%)		1.95
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SP
CLASIFICACION AASHTO		A1-a (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

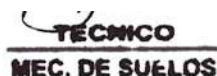
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
<b>NORMA ASTM D2216</b>

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA	C-9				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	1.60-3.00				
FRASCO No	4				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	222.90			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	219.20			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	3.70			
4. Peso de recipiente	grs	29.90			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	189.30			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.95			

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

  
**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
 Geotecnista - Lic. 95703



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-10M-1

PROFUNDIDAD: 0.30-2.20

FECHA: 14/07/2008

OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008

PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

3.45
1065.0
936.0
130.0

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

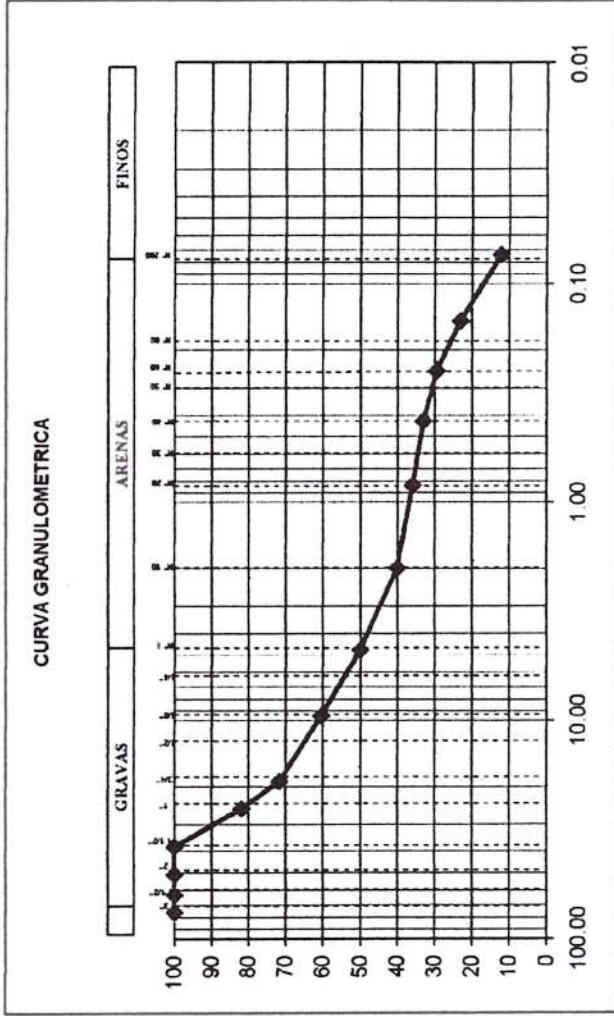
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	184.00	18.22	18.22	81.78
3/4"	19.050	107.00	10.05	28.26	71.74
3/8"	9.525	121.00	11.36	39.62	60.38
N° 4	4.760	112.00	10.52	50.14	49.86
N° 10	2.000	105.00	9.86	60.00	40.00
N° 20	0.840	44.00	4.13	64.13	35.87
N° 40	0.426	31.00	2.91	67.04	32.96
N° 60	0.250	37.00	3.47	70.52	29.48
N° 100	0.148	89.00	6.48	77.00	23.00
N° 200	0.074	115.00	10.80	87.79	12.21
FONDO	.....	130.00	12.21	100.00	0.00

D60	9.355
D30	0.276
D10	0.061
Cu	154.311
Cc	0.134

Gravas	50.14
Arenas	37.65
Finos	12.21

Gruesa	28.26
Fina	21.88
Gruesa	9.86
Media	7.04
Fina	20.75



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A1-b(0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabián Corral Mestanza  
Geotecnista - 9576J

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-10  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.30-2.20  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

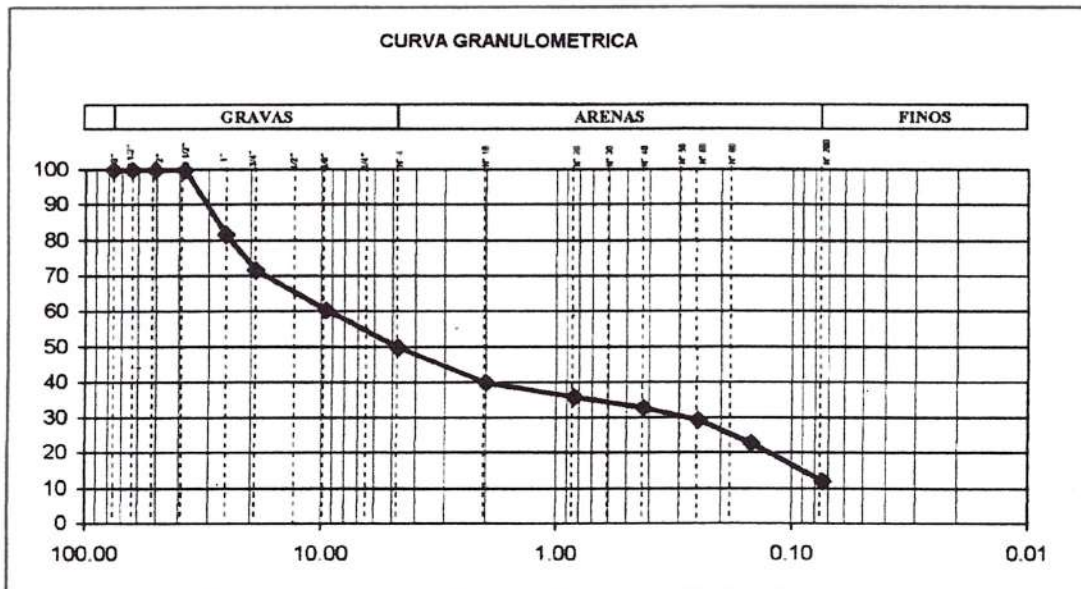
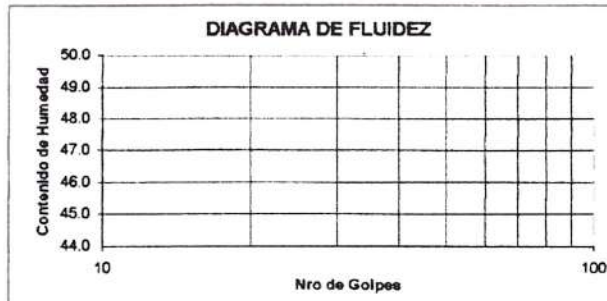
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA	%ACUM. PASA	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	81.78
	19.050	3/4"	71.74
	9.525	3/8"	60.38
	4.760	No 004	49.86
	2.000	No 010	40.00
	0.840	No 020	35.87
	0.426	No 040	32.96
	0.250	No 060	29.48
	0.148	No 100	23.00
	0.074	No 200	12.21

D10 (mm)	0.061	Cu	154.311
D30 (mm)	0.276	Cc	0.134
D60 (mm)	9.355		

HUMEDAD NATURAL (%)	3.45
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (gf/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A1-b (0)



Of. Jr. Enrique La Rosa N°238-2, S.M.P, Lima  
 Telef:(511)4824386 - (511)95522452

Ing. Fabian C. ...  
 Geotecnista - L. N° 95703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

##### PROGRESIVA: KM

CALICATA		C-10			
MUESTRA N°		M-1			
PROFUNDIDAD (m)		0.30-2.20			
FRASCO No		6			
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	153.00			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	149.00			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.00			
4. Peso de recipiente	grs	33.00			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	116.00			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.45			

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

  
**Ing. Fabiola Cruz Mestanza**  
 Geotecnista - CIP 06703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACIÓN: DIST. BELLA UNION . PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA. TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION: CALICATA FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA: M-1  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS**  
NORMA ASTM D854

**MUESTRAS**

CALICATA	C-10				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.30-2.20				
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)	866.60				
Peso de frasco con agua-suelo (cc)	781.10				
Peso Suelo Seco (gr)	181.50				
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>	<b>2.71</b>				

**MUESTRAS**

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)					
Peso de frasco con agua-suelo (cc)					
Peso Suelo Seco (gr)					
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Ceval Mestanza  
Geotecnista - L. 12576

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008	EXPLORACION/	C-10
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"	MUESTRA	M-1
UBICACION:	DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.	PROFUNDIDAD:	0.30-2.20m
FECHA:	14/07/2008	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ CASTAÑEDA
OBS.	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO		

### PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION ( ASTM C - 127 NTP 400.021 )

#### METODO DE LA CANASTILLA

ENSAYO AL MATERIAL MAYOR AL TAMIZ N° 4 ( 4.750 mm )		IDENTIFICACION			OBS	
		1	2	3		
1	Peso mat. Sat. Superf. Seca	g	345.15			
2	Peso de mat. Sat. Superf. Seca dentro del H <sub>2</sub> O	g	199.15			
3	Peso muestra seca	g	413.00			
4	Peso Especifico de Masa		3 / (1 - 2) g/cm <sup>3</sup>	2.83		

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Cruz Mestanza**  
Geotecnista - C. 95703

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA C-11M-1  
PROFUNDIDAD (m): 0.50-2.30

FECHA: 14/07/2008  
OBS.: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D422

3.38
1387.0
1085.0
312.0

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESOS DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

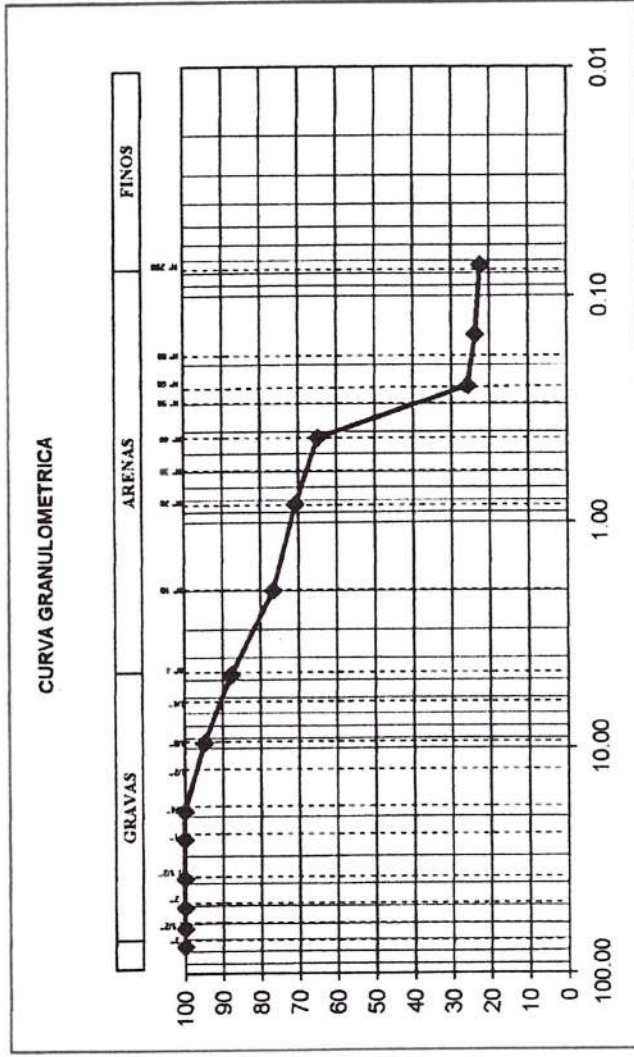
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	73.00	5.23	5.23	94.77
N° 4	4.760	99.00	7.09	12.31	87.69
N° 10	2.000	153.00	10.95	23.26	76.74
N° 20	0.840	84.00	6.01	29.28	70.72
N° 40	0.428	81.00	5.80	35.08	64.92
N° 60	0.250	549.00	39.30	74.37	25.63
N° 100	0.148	28.00	2.00	76.38	23.62
N° 200	0.074	18.00	1.29	77.67	22.33
FONDO		312.00	22.33	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Cobolides < 0.001mm.					

D60	0.404
D30	0.270
D10	0.033
Cu	12.191
Cc	5.430

Gravas	12.31
Arenas	65.35
Finos	22.33

Gruesa	0.00
Fina	12.31
Gruesa	10.95
Media	11.81
Fina	42.58



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A 2.4 (0)
DESCRIPCION	
ARENA	
LIKOSA	

TECNICO  
MEC. DE SUELOS

Ing. Fabiola Oval Mestanza  
Geotecnicista - CIP 85763

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-11  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-2.30  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

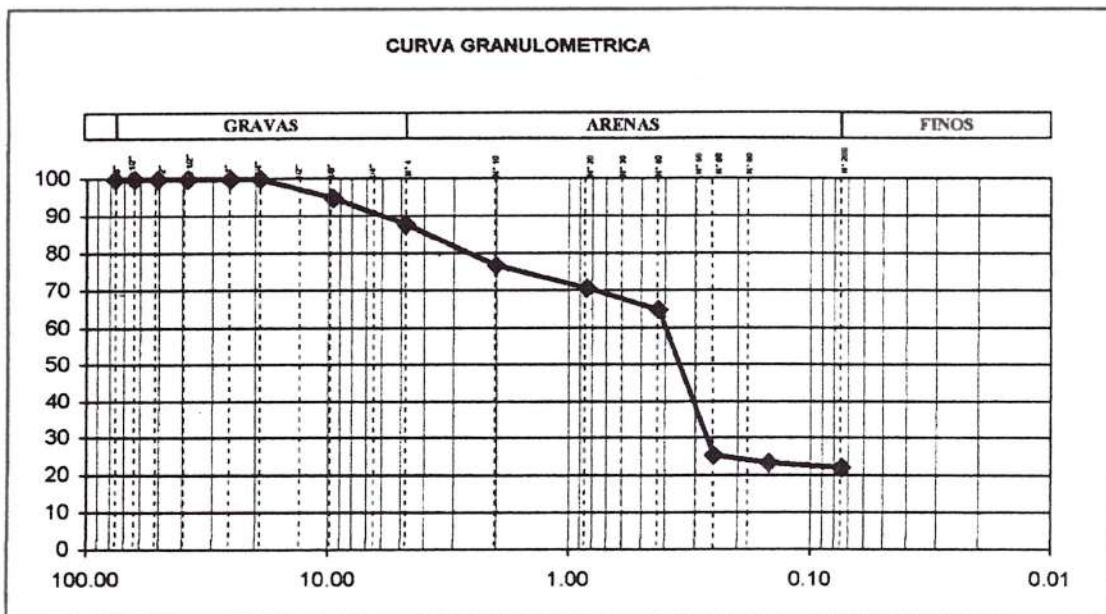
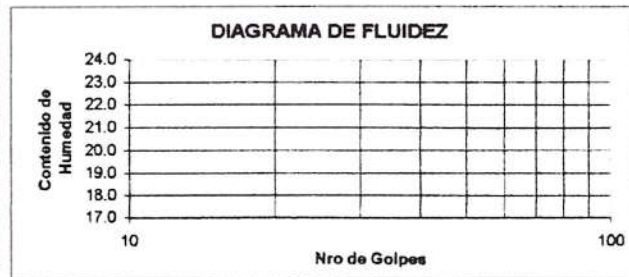
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA % ACUMULADO QUE PASA	ABERTURA		%ACUM. PASA
		76.200	3"
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	100.00
	19.050	3/4"	100.00
	9.525	3/8"	94.77
	4.760	No 004	87.69
	2.000	No 010	76.74
	0.840	No 020	70.72
	0.426	No 040	64.92
	0.250	No 060	25.63
	0.148	No 100	23.62
	0.074	No 200	22.33

D10 (mm)	0.033	Cu	12.191
D30 (mm)	0.270	Cc	5.430
D60 (mm)	0.404		

HUMEDAD NATURAL (%)		3.58
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (g/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SM
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

CALICATA		C-11				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		0.50-2.30				
FRASCO No		30				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	168.65				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	163.90				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.75				
4. Peso de recipiente	grs	31.25				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	132.65				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.58				

#### MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

REVISADO  
**Ing. Fabiano Ceval Mestanza**  
 Geotecnista - L.P. 05703



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EXPLORACION / MUESTRA C-12M-1  
 PROFUNDIDAD (m): 0.60-1.50  
 FECHA: 14/07/2008  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA ASTM D422**

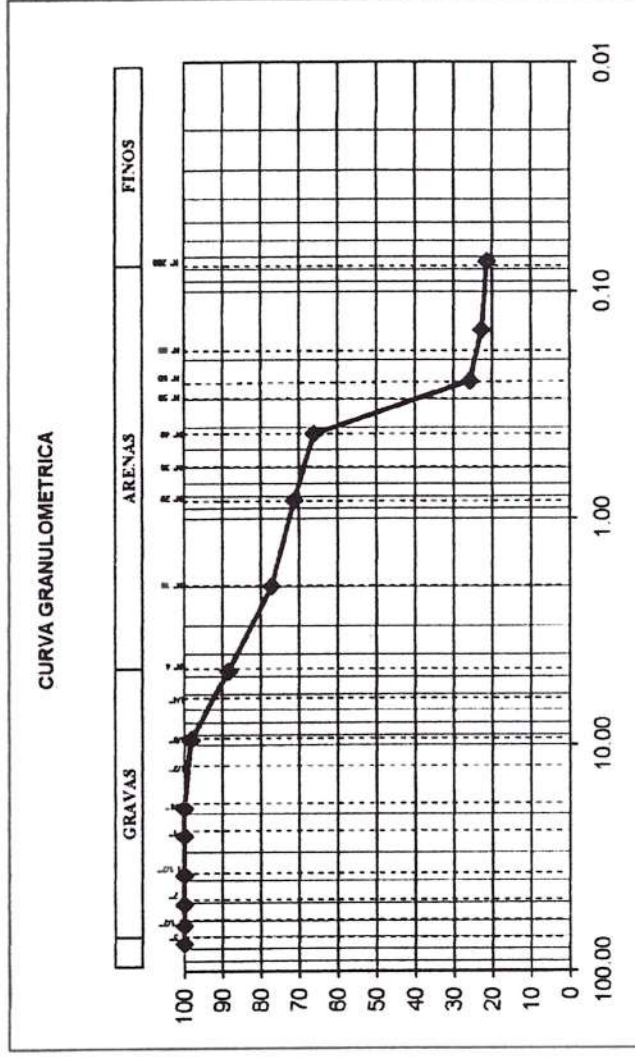
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	3.32
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	2077.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	1635.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	442.0

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	36.00	1.73	1.73	98.27
N° 4	4.760	204.00	9.82	11.56	88.44
N° 10	2.000	235.00	11.31	22.87	77.13
N° 20	0.840	121.00	5.83	28.70	71.30
N° 40	0.426	107.00	5.15	33.85	66.15
N° 60	0.250	842.00	40.54	74.39	25.61
N° 100	0.148	80.00	2.89	77.27	22.73
N° 200	0.074	30.00	1.44	78.72	21.28
FONDO		442.00	21.28	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Cobolides < 0.001mm.					

D60	0.369
D30	0.269
D10	0.035
Cu	11.483
Cc	5.213

Gravas	11.56
Arenas	67.16
Finos	21.28

Gruesa	0.00
Fina	11.56
Gruesa	11.31
Media	10.98
Fina	44.87



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A-2-4 (0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA

**TECINCO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Ceval Mestanza  
 Geotecnista - U. 95783

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-12  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) :  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

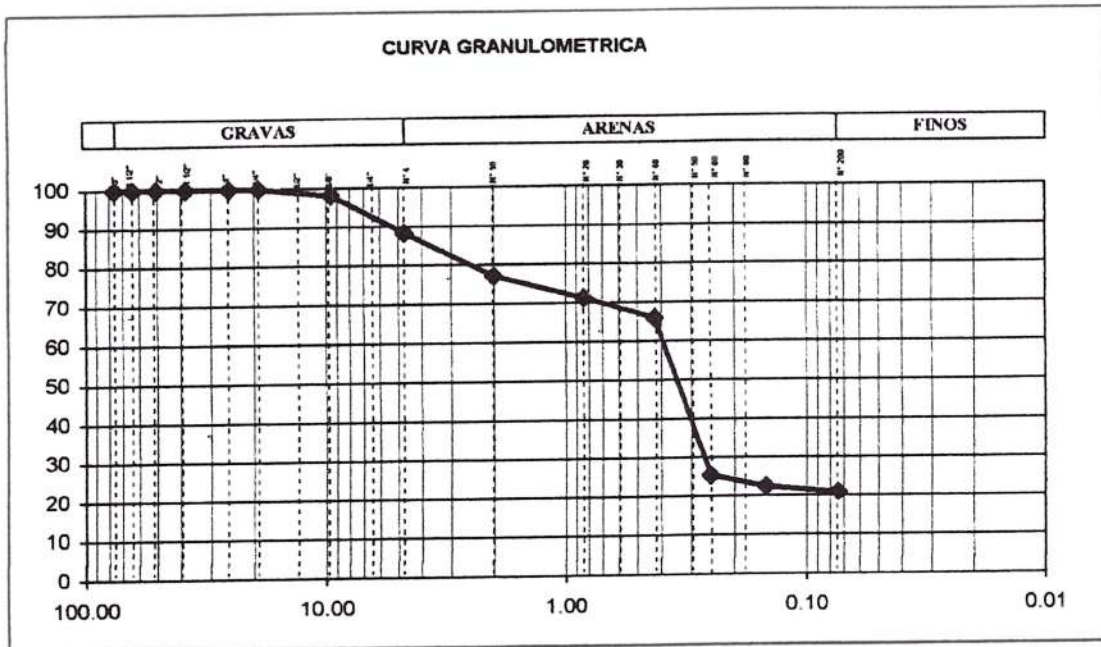
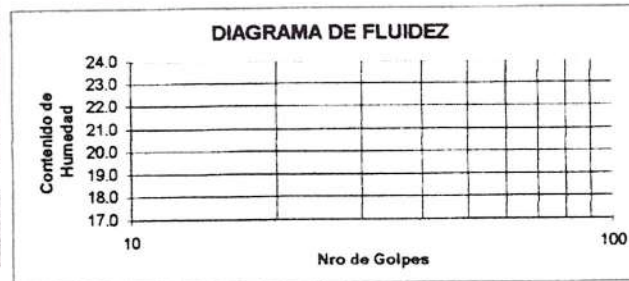
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	100.00
	19.050	3/4"	100.00
	9.525	3/8"	98.27
	4.760	No 004	88.44
	2.000	No 010	77.30
	0.840	No 020	71.30
	0.426	No 040	66.15
	0.250	No 060	25.61
	0.148	No 100	22.73
	0.074	No 200	21.28

D10 (mm)	0.035	Cu	11.483
D30 (mm)	0.269	Cc	5.213
D60 (mm)	0.399		

HUMEDAD NATURAL (%)		3.52
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SM
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
<b>NORMA ASTM D2216</b>

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA	C-12				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.60-1.50				
FRASCO No	15				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	156.20			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	151.95			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.25			
4. Peso de recipiente	grs	31.35			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	120.60			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.52			

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

TECNICO  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Coral Mestanza  
 Geotecnista - L.° 95703

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**INFORME:** LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
**PROYECTO:** "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
**UBICACION:** DIST. BELLA UNIÓN PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA **TECNICO:** BALTAZAR LÓPEZ  
**EXPLORACION:** CALICATA **FECHA:** 14/07/2008  
**MUESTRA:** M-1  
**OBS:** MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

<b>PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS</b>
<b>NORMA ASTM D854</b>

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA	C-12				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.60-1.50				
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)	648.90				
Peso de frasco con agua-suelo (cc)	758.80				
Peso Suelo Seco (gr)	173.70				
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>	<b>2.72</b>				

<b>MUESTRAS</b>
-----------------

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)					
Peso de frasco con agua-suelo (cc)					
Peso Suelo Seco (gr)					
<b>Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)</b>					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
 Geotecnista - L.° 95703

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA C-13M-1  
PROFUNDIDAD: 0.50-1.30

FECHA: 14/07/2008

OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSTRATOS-CL028-001-2008

PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

UBICACION: DIST BELLA UNION-PROV ACARI - DEP AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

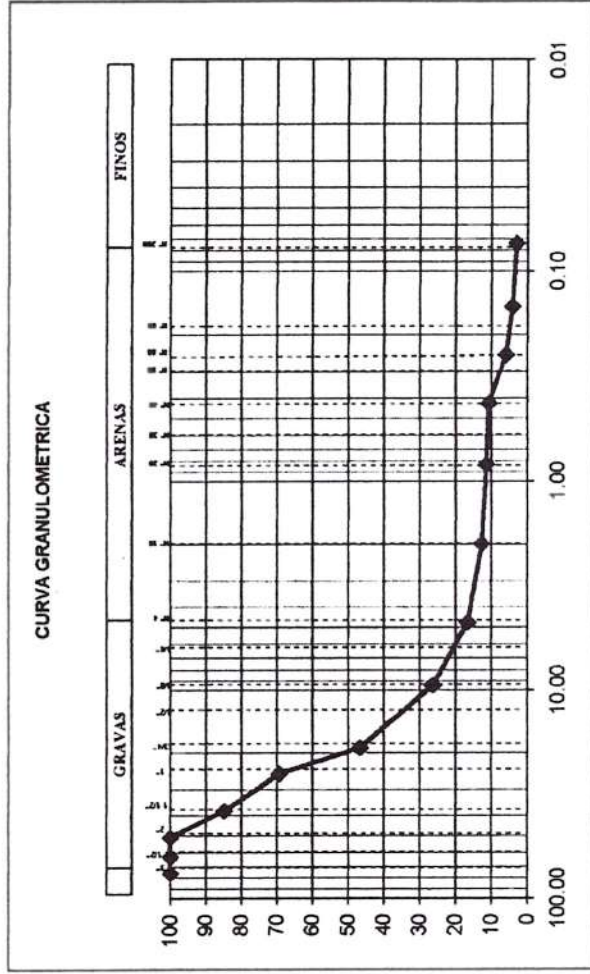
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.59
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	1436.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	1353.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	43.0

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	217.00	15.11	84.89	84.89
1"	25.400	222.00	15.46	30.57	69.43
3/4"	19.050	330.00	22.98	53.55	46.45
3/8"	9.525	291.00	20.26	73.82	26.18
N° 4	4.760	139.00	9.66	83.50	16.50
N° 10	2.000	56.00	3.90	87.40	12.60
N° 20	0.840	17.00	1.18	88.58	11.42
N° 40	0.428	11.00	0.77	89.35	10.65
N° 60	0.250	89.00	4.81	94.15	5.85
N° 100	0.148	24.00	1.67	95.82	4.18
N° 200	0.074	17.00	1.18	97.01	2.99
FONDO		43.00	2.99	100.00	0.00
Limos 0.075mm-0.005mm					
Arcillas < 0.005mm					
Cebollos < 0.001mm					

D60	22.795
D30	10.123
D10	0.402
Cu	56.700
Cc	11.182

Gravillas	83.50
Arenas	13.51
Finos	2.99

Gruesa	53.55
Fina	29.94
Gruesa	3.90
Media	1.85
Fina	7.66



CLASIF SUCS	CLASIF AASHTO
GP	A1-a(0)
DESCRIPCION	GRAVA MAL GRADADA

**TÉCNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Cruz Matibaz  
Geotecnista - U. 85763

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-13  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-1.30  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO.

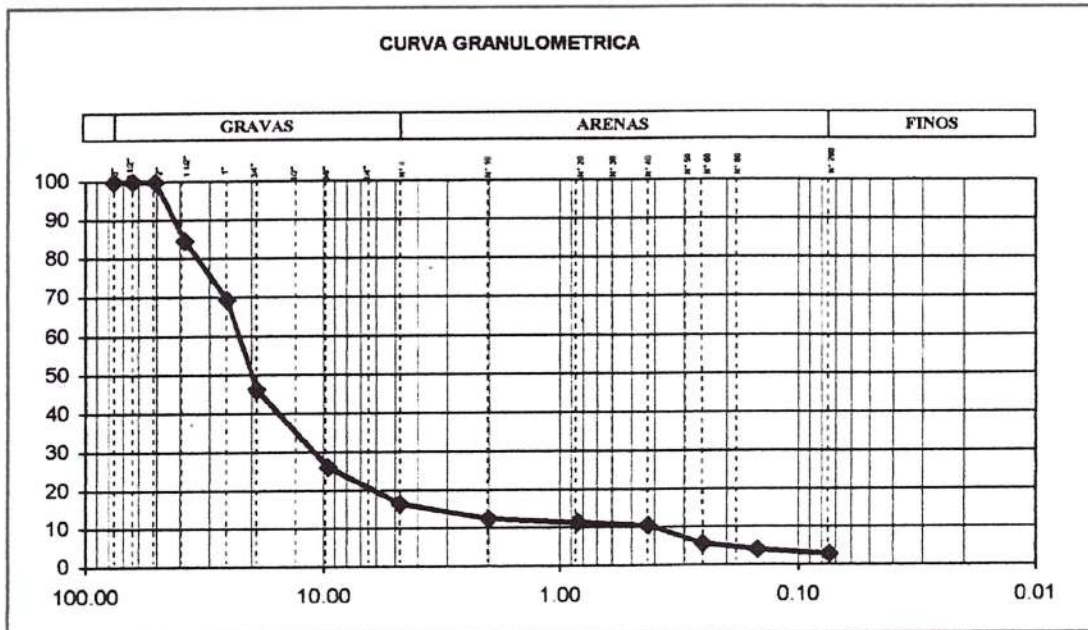
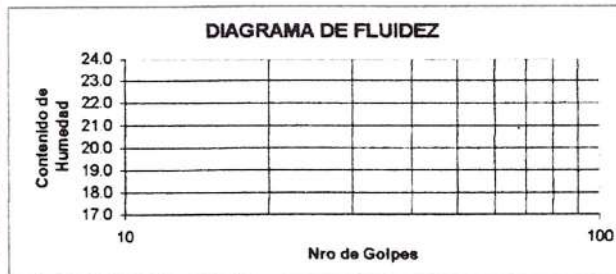
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	84.89
	25.400	1"	69.43
	19.050	3/4"	46.45
	9.525	3/8"	26.18
	4.760	No 004	16.50
	2.000	No 010	12.60
	0.840	No 020	11.42
	0.426	No 040	10.65
	0.250	No 060	5.85
	0.148	No 100	4.18
	0.074	No 200	2.99

HUMEDAD NATURAL (%)		1.59
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		GP
CLASIFICACION AASH-TO		A1-a(0)

D10 (mm)	0.402	Cu	56.700
D30 (mm)	10.123	Cc	11.182
D60 (mm)	22.795		



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

PROGRESIVA:KM

CALICATA		C-13				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		0.50-1.30				
FRASCO No		1				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	177.75				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	175.50				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	2.25				
4. Peso de recipiente	grs	33.85				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	141.65				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.59				

#### MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

REVISADO  
**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
Geotecnista - C. 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-14/M-1  
PROFUNDIDAD: 1.20-1.60

FECHA: 14/07/2008  
OBS.: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGOSSTRATOS-CL026-001-2008

PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"

UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM D422

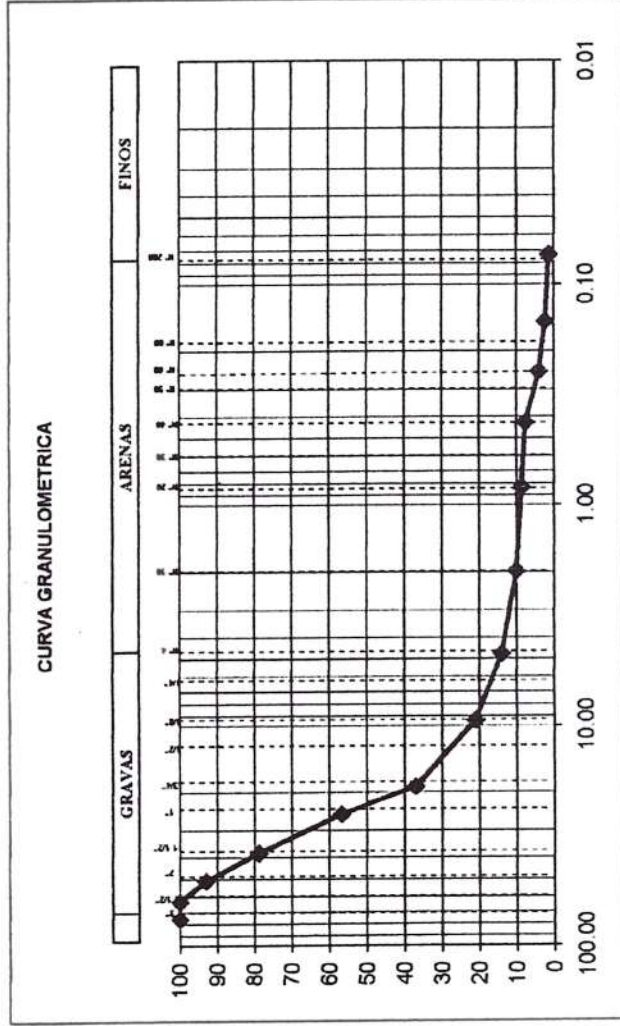
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	4.11
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	2285.0
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	2267.0
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	28.0

TAMIZES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	159.00	6.93	6.93	93.07
1 1/2"	38.100	327.00	14.25	21.18	78.82
1"	25.400	508.00	22.14	43.31	56.69
3/4"	19.050	458.00	19.87	63.18	36.82
3/8"	9.525	398.00	15.95	79.13	20.87
N° 4	4.760	161.00	7.02	86.14	13.86
N° 10	2.000	89.00	3.88	90.02	9.98
N° 20	0.840	33.00	1.44	91.46	8.54
N° 40	0.426	25.00	1.09	92.55	7.45
N° 60	0.250	80.00	3.48	96.03	3.97
N° 100	0.148	37.00	1.61	97.65	2.35
N° 200	0.074	28.00	1.13	98.78	1.22
FONDO		28.00	1.22	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Cobridas < 0.001mm.					

Gruesa	63.18
Fina	22.96
Gruesa	3.88
Media	2.53
Fina	6.23

Gravas	86.14
Arenas	12.64
Finos	1.22

D60	27.300
D30	11.342
D10	2.016
Cu	13.545
Cc	2.338



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
GW	A1-a(0)
DESCRIPCION	GRAVA BEN GRANUDA

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ingeniería Civil Maestría  
Geotécnica - L.P. 95703



## ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA.  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-14  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.20-1.60  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

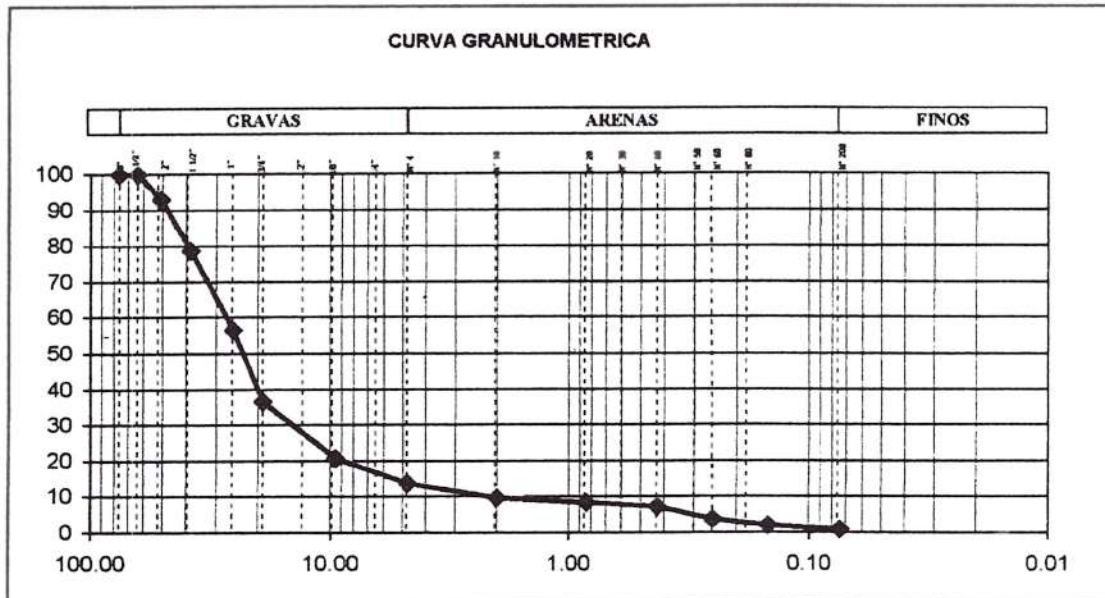
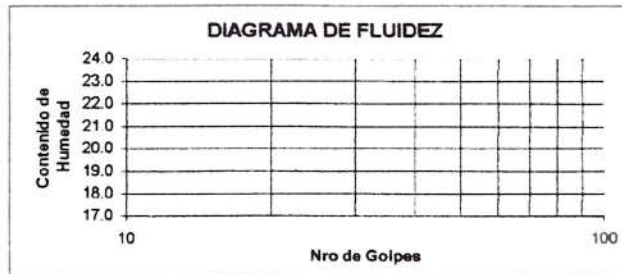
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	mm	mm	
	76.200	3"	100.00
	83.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	93.07
	38.100	1 1/2"	78.82
	25.400	1"	56.69
	19.050	3/4"	36.82
	9.525	3/8"	20.87
	4.760	No 004	13.86
	2.000	No 010	9.98
	0.840	No 020	8.54
	0.426	No 040	7.45
	0.250	No 060	3.97
	0.148	No 100	2.35
	0.074	No 200	1.22

D10 (mm)	2.016	Cu	13.545
D30 (mm)	11.342	Cc	2.338
D60 (mm)	27.300		

HUMEDAD NATURAL (%)	4.11
LIMITE LIQUIDO (%)	NT
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	GW
CLASIFICACION AASHTO	A1-a(0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 14/07/2008  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**NORMA ASTM D2216**

MUESTRAS					
PROGRESIVA: KM					
CALICATA		C-14			
MUESTRA N°		M-1			
PROFUNDIDAD (m)		1.20-1.60			
	FRASCO No	2			
1.	Peso recipiente + suelo húmedo	grs	158.90		
2.	Peso recipiente + suelo seco	grs	153.90		
3.	Peso de agua	(1) - (2) grs	5.00		
4.	Peso de recipiente	grs	32.15		
5.	Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	121.75		
6.	Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	4.11		

MUESTRAS					
CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
	FRASCO No				
1.	Peso recipiente + suelo húmedo	grs			
2.	Peso recipiente + suelo seco	grs			
3.	Peso de agua	(1) - (2) grs			
4.	Peso de recipiente	grs			
5.	Peso de suelo seco	(2) -(4) grs			
6.	Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %			

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Cruz Mestanza**  
Geotecnista - L<sup>P</sup> 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA: C-15M-1  
PROFUNDIDAD: 0.50-1.50

FECHA: 14/07/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMA ASTM D422

3.57
981.0
956.0
25.0

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

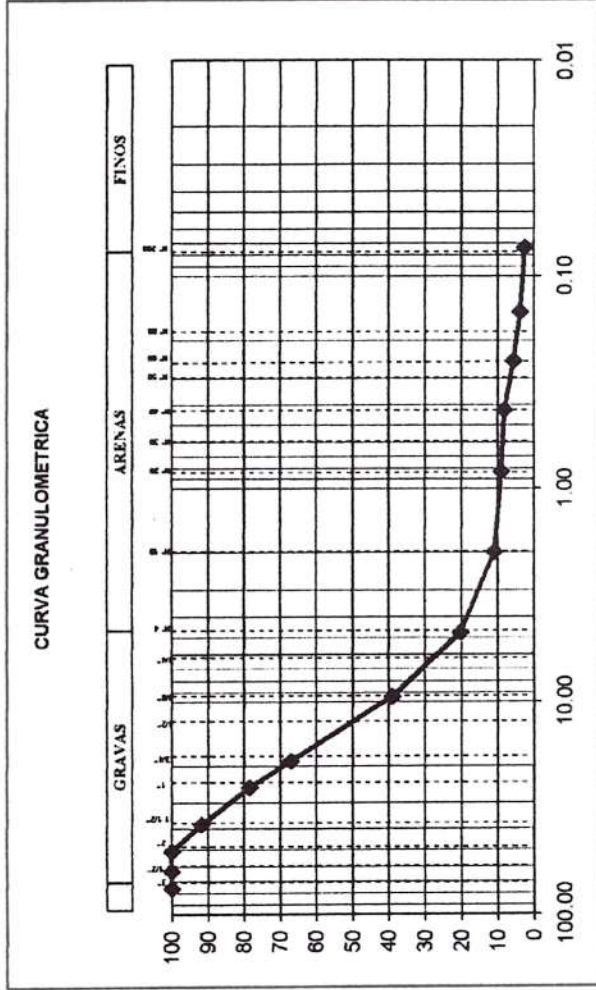
TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PASCUAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	PAGA (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	80.00	8.15	8.15	91.85
1"	25.400	131.00	13.35	21.51	78.49
3/4"	19.050	113.00	11.52	33.03	66.97
3/8"	9.525	275.00	28.03	61.06	38.94
N° 4	4.760	184.00	18.76	79.82	20.18
N° 10	2.000	91.00	9.28	89.09	10.91
N° 20	0.840	19.00	1.94	91.03	8.97
N° 40	0.428	10.00	1.02	92.05	7.95
N° 60	0.250	25.00	2.34	94.39	5.61
N° 100	0.148	18.00	1.83	96.23	3.77
N° 200	0.074	12.00	1.22	97.45	2.55
FONDO		25.00	2.55	100.00	0.00

Limos 0.074mm-0.005mm.  
Arcillas < 0.005mm.  
Cobolides < 0.001mm.

D60	11.910
D30	7.254
D10	1.457
Cu	8.177
Cc	3.033

Gravas	79.82
Arenas	17.64
Finos	2.55

Gruesa	33.03
Fina	46.79
Gruesa	9.28
Media	2.98
Fina	5.40



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
GP	A1-B (0)
DESCRIPCION	GRAVA MAL GRADADA

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Corral Mestanza  
Geotecnista - C.° 95703

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNIÓN - PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA  
 FECHA : 14/07/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-15  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATIC (m) :  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-1.50  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

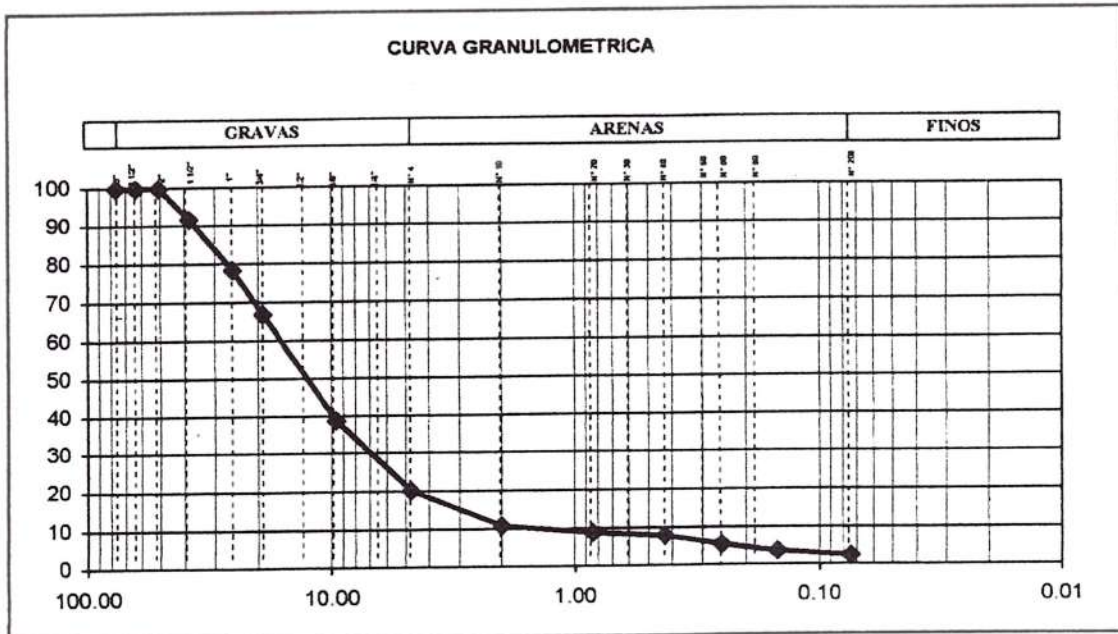
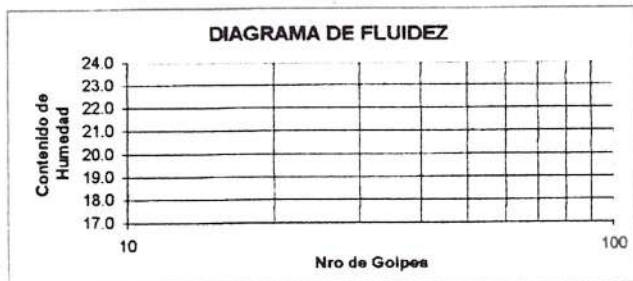
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	% ACUMULADO QUE PASA		
	ABERTURA	%ACUM. PASA	
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	91.85
	25.400	1"	78.49
	19.050	3/4"	66.97
	9.525	3/8"	38.94
	4.760	No 004	20.18
	2.000	No 010	10.91
	0.840	No 020	8.97
	0.426	No 040	7.95
	0.250	No 060	5.61
	0.148	No 100	3.77
	0.074	No 200	2.55

D10 (mm)	1.457	Cu	8.177
D30 (mm)	7.254	Cc	3.033
D60 (mm)	11.910		

HUMEDAD NATURAL (%)		3.57
LIMITE LIQUIDO (%)		NT
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gf/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S		GP
CLASIFICACION AASHTO		A1-a (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : DIST. BELLA UNION-PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA      TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL      FECHA: 14/07/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
<b>NORMA ASTM D2216</b>

MUESTRAS					
PROGRESIVA:KM					
CALICATA	C-15				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.50-1.50				
FRASCO No	15				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	143.00			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	139.15			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	3.85			
4. Peso de recipiente	grs	31.30			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	107.85			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.57			

MUESTRAS					
CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

TÉCNICO  
**TÉCNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

REVISADO  
  
**Ing. Fabián Ceval Mestanza**  
 Geotecnista - C.º 95793

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**INFORME:** LMSGEOSSTRATOS-CL026-001-2008  
**PROYECTO:** "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
**UBICACIÓN:** DIST. BELLA UNIÓN PROV. ACARI - DEP. AREQUIPA. **TECNICO:** BALTAZAR LÓPEZ  
**EXPLORACION:** CAICATA **FECHA:** 14/07/2008  
**MUESTRA:** M-1  
**OBS:** MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

**PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS**  
**NORMA ASTM D854**

**MUESTRAS**

CALICATA	C-16				
MUESTRA N°	M-1				
PROFUNDIDAD (m)	0.50-1.50				
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)	666.60				
Peso de frasco con agua-suelo (cc)	773.90				
Peso Suelo Seco (gr)	171.60				
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)	2.67				

**MUESTRAS**

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
N de frasco					
Peso de frasco con agua (gr)					
Peso de frasco con agua-suelo (cc)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Peso Espec. Relativo de Sólidos (Gs)					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
Geotecnista - 15703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA C-15/M-1  
 PROFUNDIDAD (m) 1.00-1.30  
 FECHA: 29/10/2008  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

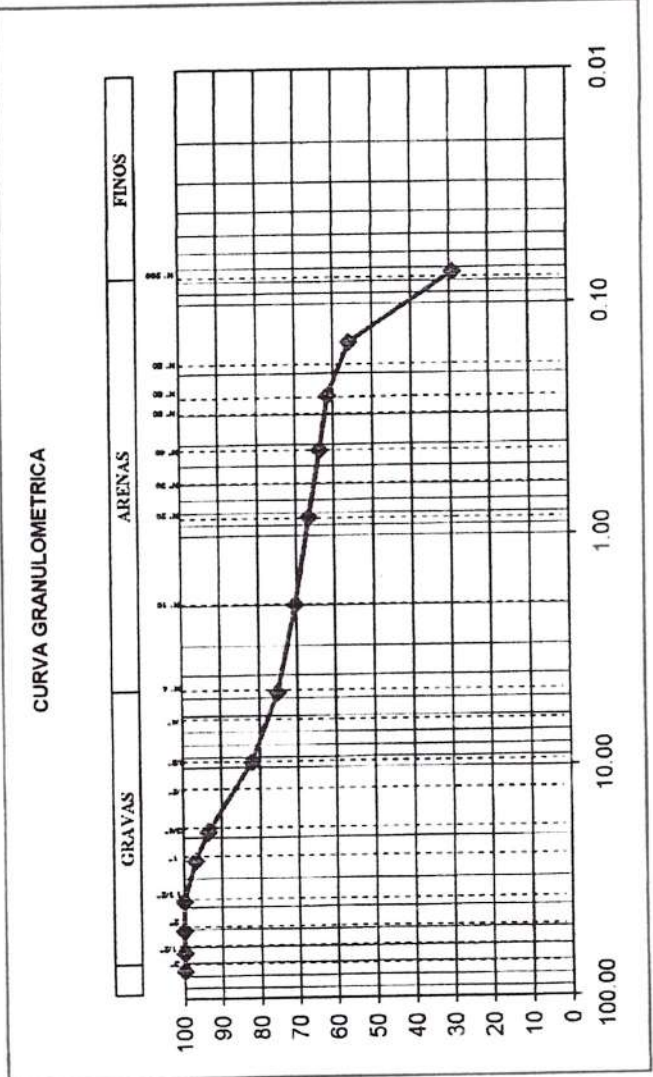
INFORME: LMGEOSSTRATOS-CL028-002-2008  
 PROYECTO "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION: BELLA UNION

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	4.14
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	3286.8
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	2328.5
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	981.3

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	103.00	3.13	3.13	96.87
3/4"	19.050	112.00	3.41	6.54	93.46
3/8"	9.525	372.00	11.32	17.86	82.14
N° 4	4.760	229.00	6.97	24.83	75.17
N° 10	2.000	180.43	4.88	29.71	70.29
N° 20	0.840	116.62	3.55	33.26	66.74
N° 40	0.425	99.16	3.02	36.27	63.73
N° 60	0.250	73.13	2.22	38.50	61.50
N° 100	0.148	182.51	5.55	44.05	55.95
N° 200	0.074	877.61	26.70	70.75	29.25
FONDO	.....	961.30	29.25	100.00	0.00
Limos < 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.222	Gravas	24.83	Gruesa	6.54
D30	0.076			Fina	18.29
D10	0.025	Arenas	45.93	Gruesa	4.88
Cu	8.791			Media	6.57
Cc	1.029	Finos	29.25	Fina	34.48



CLASIF. SUCS	SM	CLASIF. AASHTO	A-2-4 (0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA		

REVISADO  
 Ing. Fabiana Coral Mestanza  
 Geotecnista - CP 95703

TECNICO  
 MEC. DE SUELOS

**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION  
 FECHA : 29/10/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-16  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.00-1.30  
 OBS : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

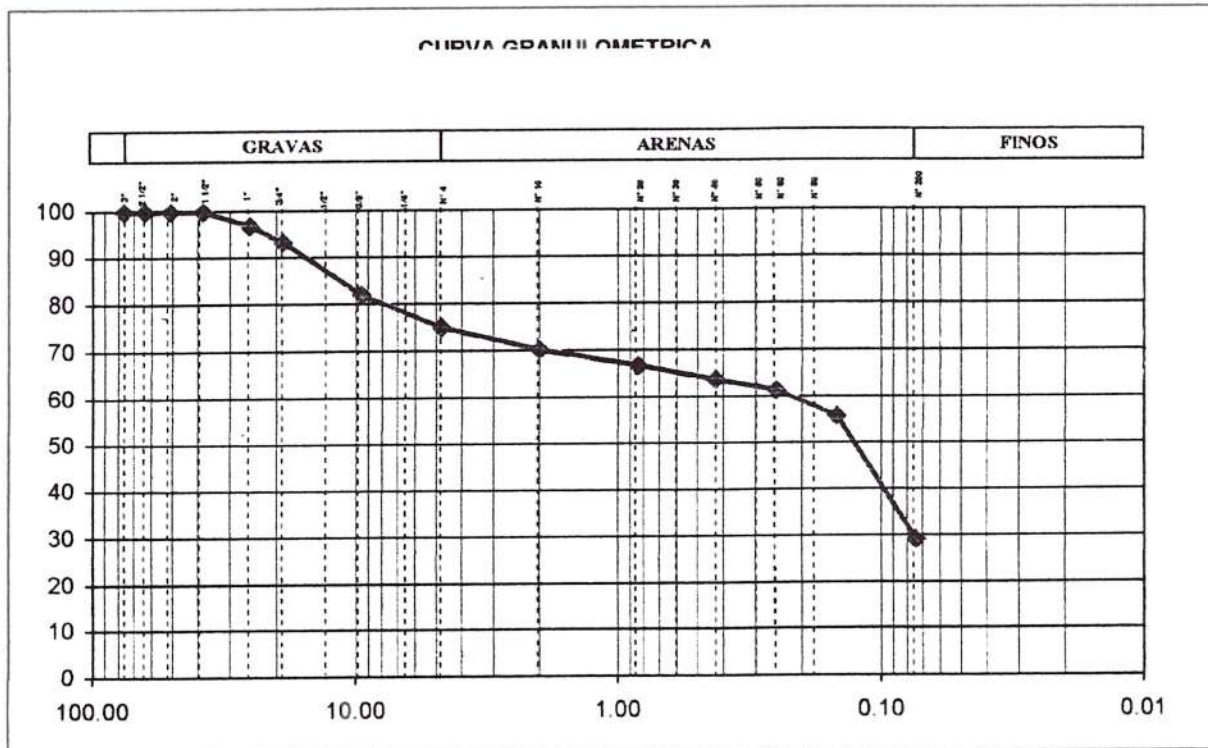
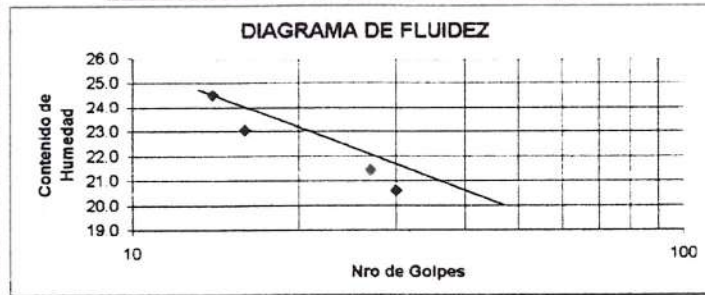
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	96.87
	19.050	3/4"	93.46
	9.525	3/8"	82.14
	4.760	No 004	75.17
	2.000	No 010	70.29
	0.840	No 020	66.74
	0.428	No 040	63.73
	0.250	No 060	61.50
	0.148	No 100	55.95
	0.074	No 200	29.25

D10 (mm)	0.025	Cu	8.791
D30 (mm)	0.076	Cc	1.029
D60 (mm)	0.222		

HUMEDAD NATURAL (%)	4.14
LIMITE LIQUIDO (%)	22.44
LIMITE PLASTICO (%)	NT
INDICE PLASTICO (%)	NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)	
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)	
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	SM
CLASIFICACION AASHTO	A-2-4 (0)





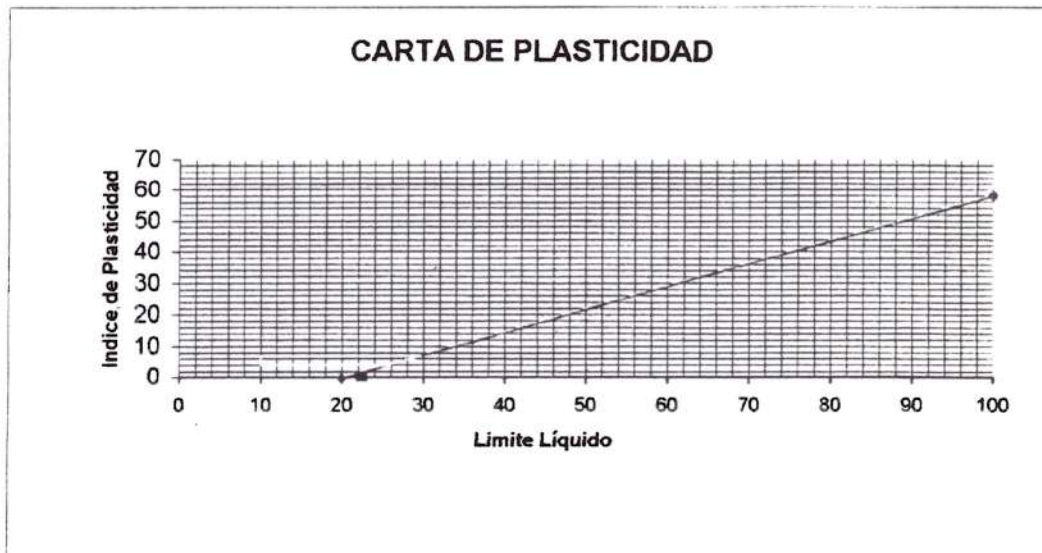
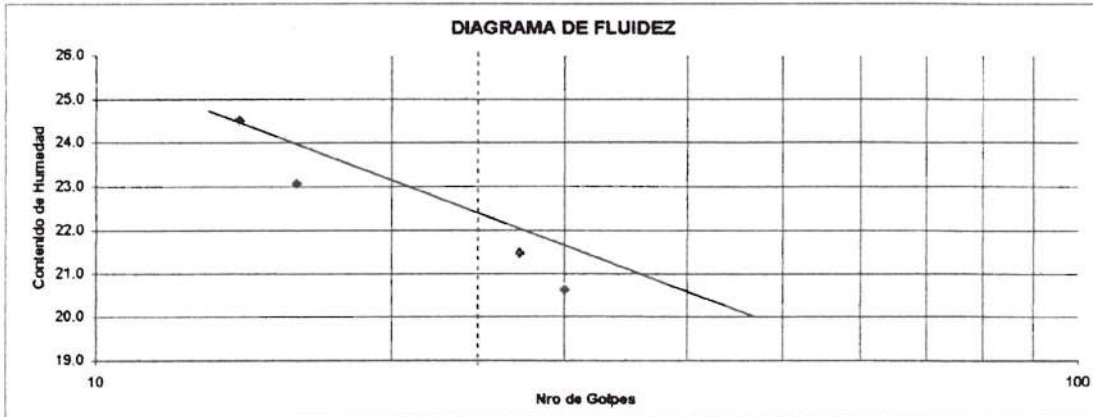
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" EXPLORACION / MUESTRA: C-16 / M-1  
 UBICACION: BELLA UNION  
 FECHA: 29/10/2008 PROFUNDIDAD: 1.00-1.30m  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMA ASTM D423 - 424

ENSAYO No	CAPSULA N.	NUMERO DE GOLPES	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO	
			1	2	3	3
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	14	12.560	12.430	12.410	12.490
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO		11.140	11.190	11.220	11.300
3	PESO CAPSULA		5.350	5.820	5.680	5.540
4	PESO AGUA (1-2)		1.42	1.24	1.19	1.19
5	PESO SUELO SECO (2-3)		5.79	5.37	5.54	5.76
6	CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100)		24.53	23.09	21.48	20.66
			L.P. =	NT	L.L. =	22.44

I.P. = NP



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 29/10/2008

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

##### PROGRESIVA:KM

CALICATA		C-16				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		1.00-1.30				
FRASCO No		56				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	108.36				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	104.25				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.11				
4. Peso de recipiente	grs	5.07				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	99.18				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	4.14				

#### MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Coral Mestanza  
Geotecnista - C. N° 95703

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPLORACION / MUESTRA C-17/M-1  
PROFUNDIDAD (m): 0.50-1.20  
FECHA: 29/10/2008  
OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
UBICACION: BELLA UNION

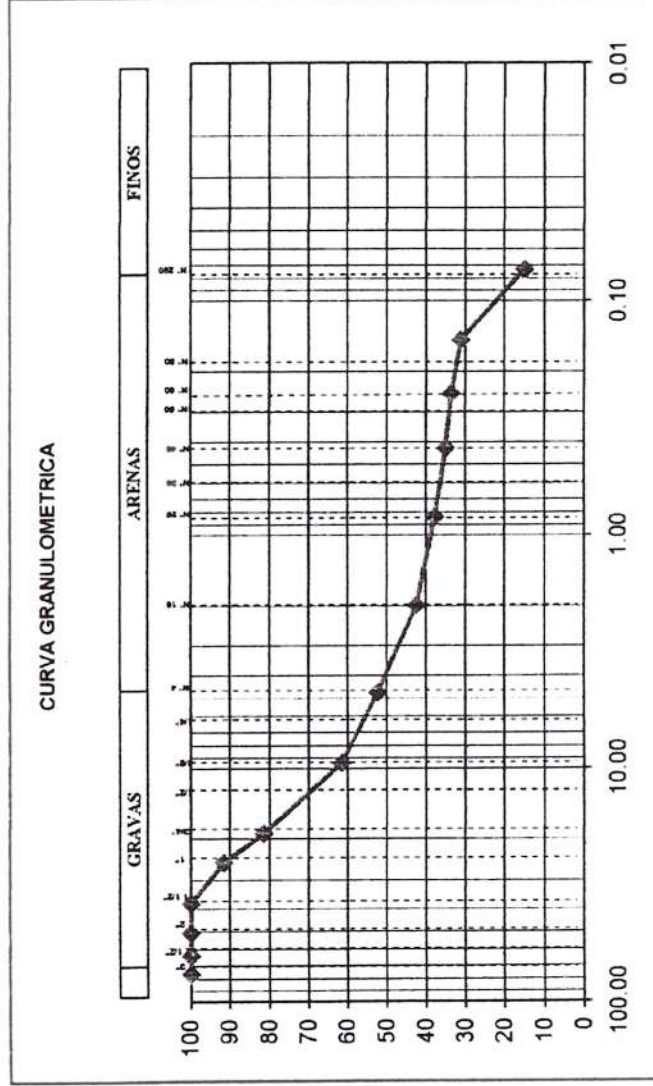
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D422

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):	8.23
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):	4618.4
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):	3925.5
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	692.9

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	387.00	8.38	8.38	91.62
3/4"	19.050	467.00	10.11	18.49	81.51
3/8"	9.525	924.00	20.01	38.50	61.50
N° 4	4.760	430.00	9.31	47.81	52.19
N° 10	2.000	451.56	9.78	57.59	42.41
N° 20	0.840	212.05	4.59	62.18	37.82
N° 40	0.428	133.03	2.88	65.06	34.94
N° 60	0.250	58.28	1.26	66.32	33.68
N° 100	0.148	116.86	2.53	68.85	31.15
N° 200	0.074	745.69	16.15	85.00	15.00
FONDO		592.89	15.00	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm					
Arcillas < 0.005mm					
Coloides < 0.001mm					

D60	8.757	Gravas	47.81	Gruesa	18.49
D30	0.143			Fina	29.32
D10	0.049	Arenas	37.19	Gruesa	9.78
Cu	177.533			Media	7.47
Cc	0.047	Finos	15.00	Fina	19.94



CLASIF SUCS	CLASIF AASHTO
SM	A1-B (0)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA

TECNICO  
MEC. DE SUELOS

REVISADO

Ing. Fabián Corral Mestanza  
Geotecnista - C.P. 95703

## ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

NORMAS ASTM D422 - D2216 - D654 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION  
 FECHA : 29/10/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-17  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 0.50-1.20  
 OBS : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

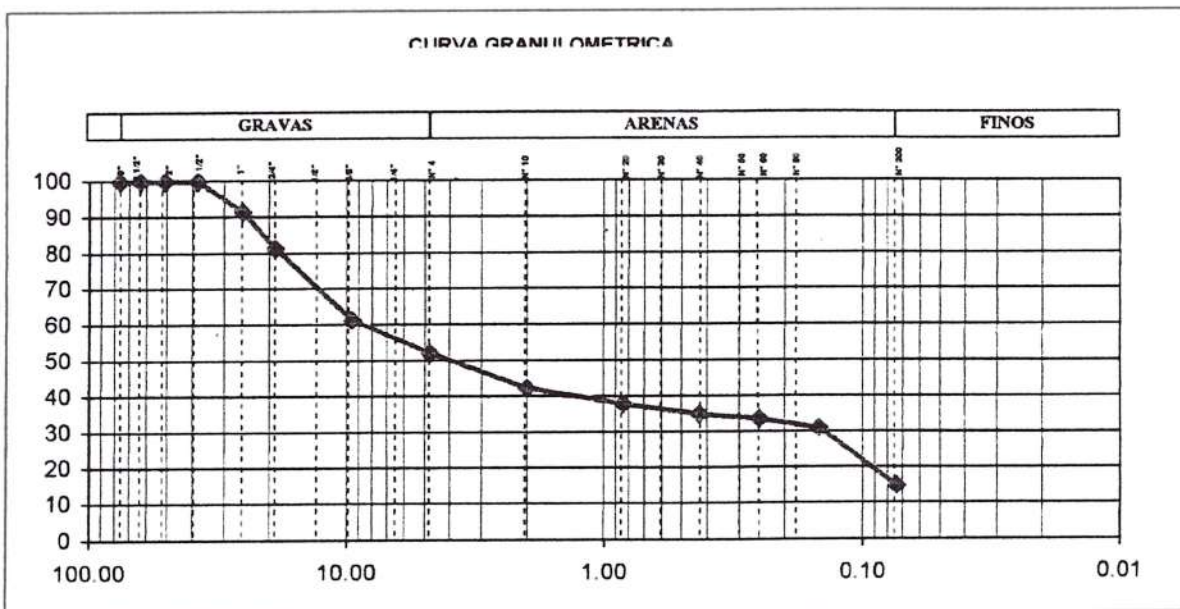
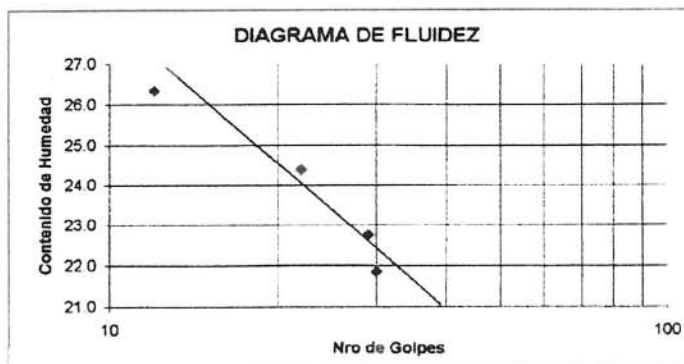
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	91.62
	19.050	3/4"	81.51
	9.525	3/8"	61.50
	4.760	No 004	52.19
	2.000	No 010	42.41
	0.840	No 020	37.82
	0.426	No 040	34.94
	0.250	No 060	33.68
	0.148	No 100	31.15
	0.074	No 200	15.00

D10 (mm)	0.049	Cu	177.533
D30 (mm)	0.143	Cc	0.047
D60 (mm)	8.757		

HUMEDAD NATURAL (%)		6.23
LIMITE LIQUIDO (%)		23.86
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SM
CLASIFICACION AASHTO		A1-b (0)



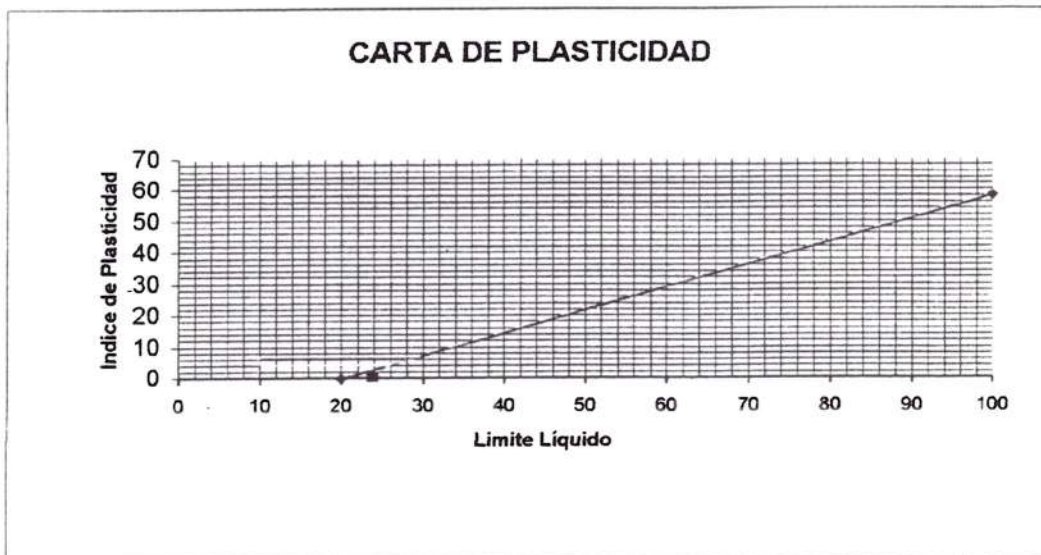
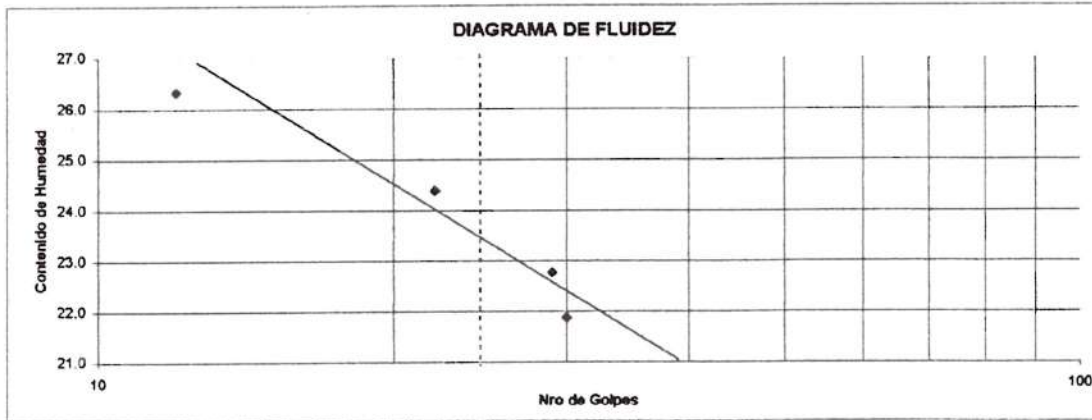
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION" EXPLORACION / MUESTRA: C-17 / M-1  
 UBICACION: BELLA UNION  
 FECHA: 29/10/2008 PROFUNDIDAD: 0.50-1.20m  
 OBS. MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ

LIMITES DE CONSISTENCIA  
NORMA ASTM D423 - 424

ENSAYO No	CAPSULA N.	NUMERO DE GOLPES	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
			1	2	3	3	3	3
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO		12.250	12.110	11.570	11.710		
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO		10.790	10.870	10.490	10.640		
3	PESO CAPSULA		5.250	5.790	5.750	5.750		
4	PESO AGUA (1-2)		1.46	1.24	1.08	1.07		
5	PESO SUELO SECO (2-3)		5.54	5.08	4.74	4.89		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100)		26.35	24.41	22.78	21.88		
			L.P. =	NT	L.L. =	23.86		

I.P. = NP



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 FECHA: 29/10/2008

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216

#### MUESTRAS

##### PROGRESIVA:KM

CALICATA		C-17				
MUESTRA N°		M-1				
PROFUNDIDAD (m)		0.50-1.20				
FRASCO No		6				
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	122.15				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	115.32				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	6.83				
4. Peso de recipiente	grs	5.76				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	109.56				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	6.23				

#### MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabrice Coral Mestanza  
Geotecnista - CIP 95703

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EXPLORACION / MUESTRA C-18/M-1  
 PROFUNDIDAD (m): 1.00-2.10  
 FECHA: 29/10/2008  
 OBS: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

INFORME: LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION: BELLA UNION

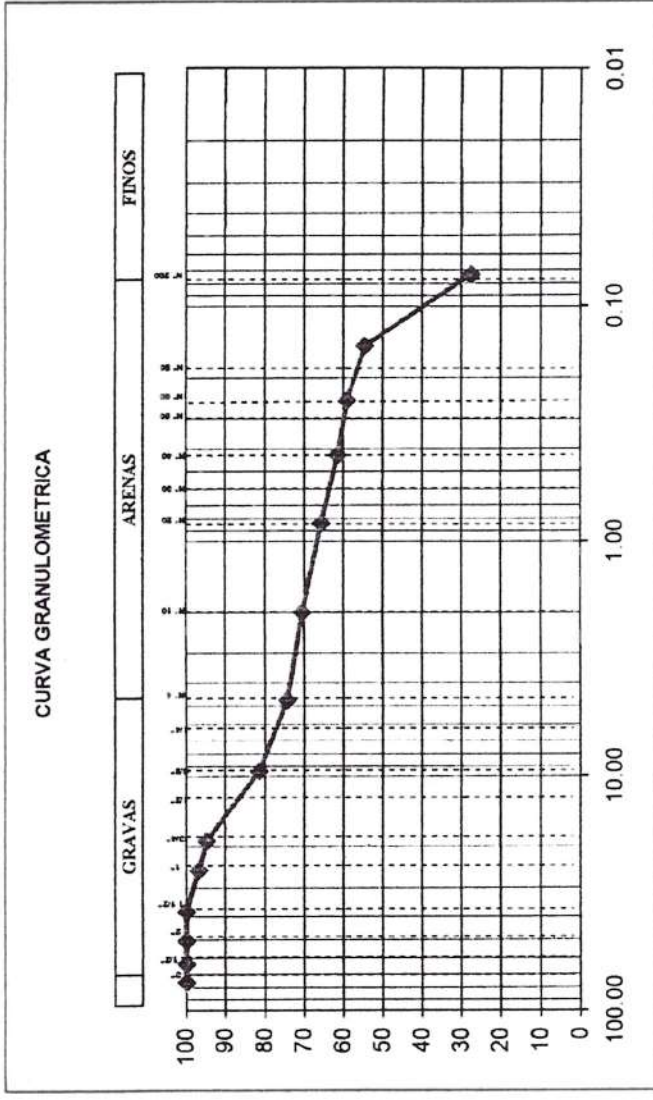
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NORMA ASTM D422

4.52
3813.6
2764.3
1049.4

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):  
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):  
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):  
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASAJE (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	119.00	3.12	3.12	96.88
3/4"	19.050	74.00	1.94	5.06	94.94
3/8"	9.525	514.00	13.48	18.54	81.46
N° 4	4.760	276.00	7.24	25.78	74.22
N° 10	2.000	143.89	3.77	29.55	70.45
N° 20	0.840	179.95	4.72	34.27	65.73
N° 40	0.426	159.39	4.18	38.45	61.55
N° 60	0.250	83.68	2.46	40.90	59.10
N° 100	0.148	170.51	4.47	45.37	54.63
N° 200	0.074	1033.85	27.11	72.48	27.52
FONDO		1049.35	27.52	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm:					
Arcillas < 0.005mm:					
Coloides < 0.001mm:					

D60	0.315	Gruesa	5.06
D30	0.081	Fina	20.72
D10	0.027	Gruesa	3.77
Cu	11.703	Media	8.90
Cc	0.771	Fina	34.04



CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO
SM	A-2-4 (U)
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA

**TÉCNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

Ing. Fabiola Coral Mejstanz  
 Geotecnista - CIP 95703

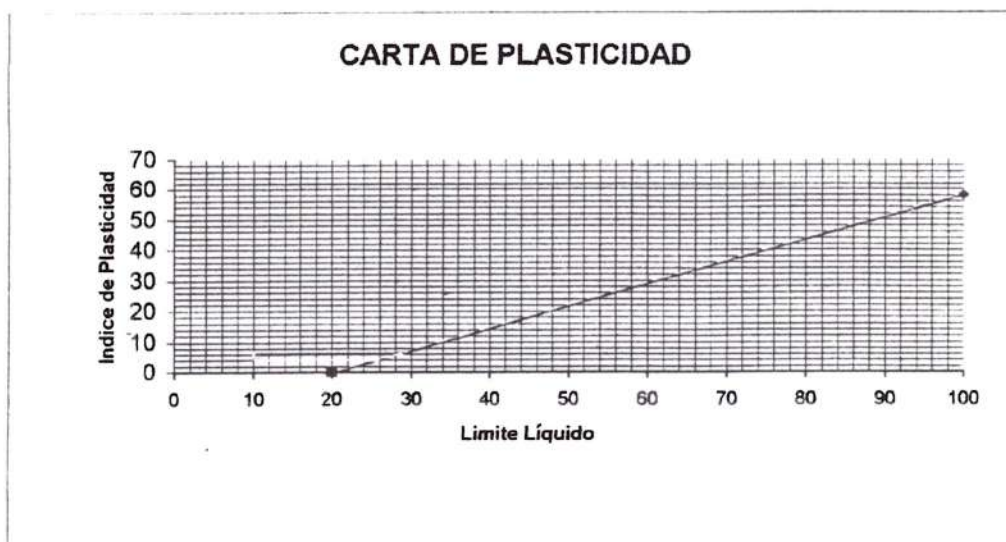
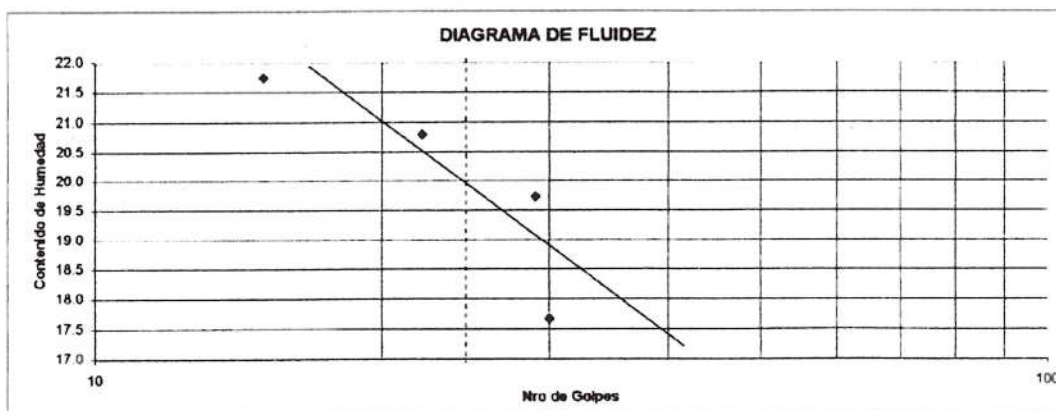
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME:	LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008	EXPLORACION / MUESTRA	C-18 / M-1
PROYECTO:	"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"		
UBICACION:	BELLA UNION		
FECHA:	29/10/2008	PROFUNDIDAD:	1.00-2.10m
OBS:	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO	TECNICO:	BALTAZAR LÓPEZ

### LIMITES DE CONSISTENCIA NORMA ASTM D423 - 424

		LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
		1	2	3	3	3	3
ENSAYO No							
CAPSULA N.		114	100	103			1
NUMERO DE GOLPES		15	22	29			32
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	12.260	12.380	12.300			12.210
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO	11.070	11.250	11.180			11.250
3	PESO CAPSULA	5.600	5.820	5.510			5.820
4	PESO AGUA (1-2)	1.19	1.13	1.12			0.96
5	PESO SUELO SECO (2-3)	5.47	5.43	5.67			5.43
6	CONTENIDO DE HUMEDAD(4/5*100)	21.76	20.81	19.75			17.68
		L.P. = NT		L.L. = 20.00			

I.P. = NP





**ENSAYOS STANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

NORMAS ASTM D422 - D2218 - D854 - D423 - D424 - D2487 y D2488

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION  
 FECHA : 29/10/2008  
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA MANUAL  
 No DE EXPLORACION : C-18  
 No DE MUESTRA : M-1  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : NP  
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.00-2.10  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

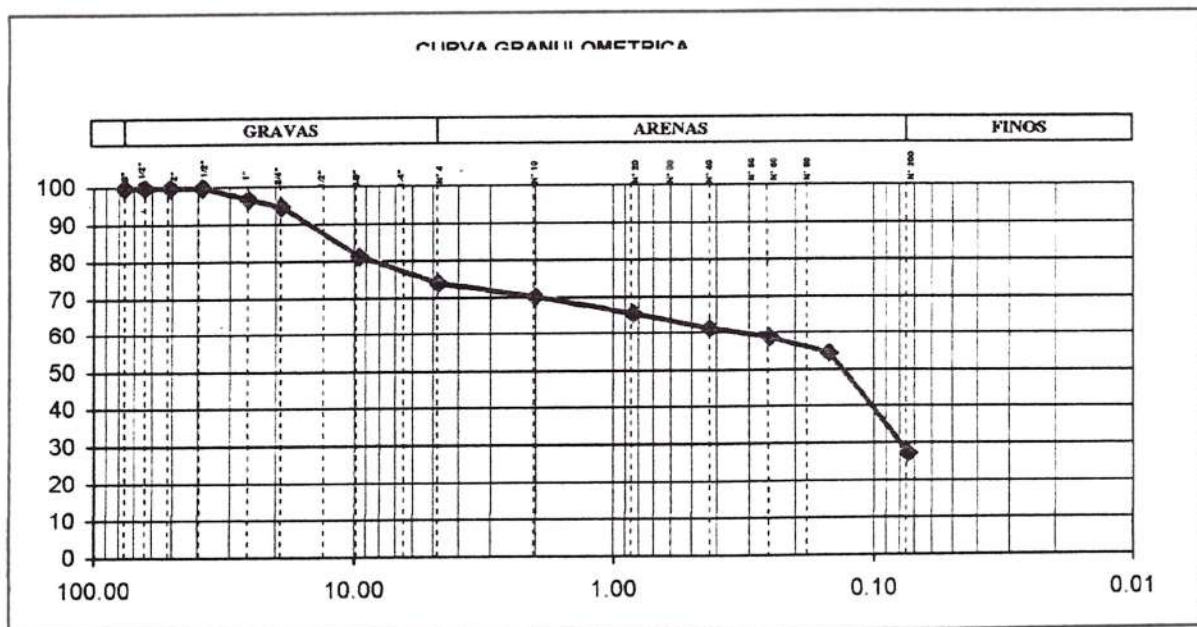
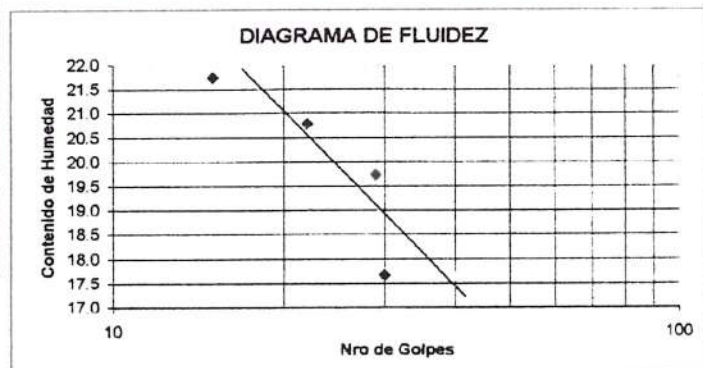
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ABERTURA	ABERTURA		%ACUM. PASA
	76.200	3"	100.00
	63.500	2 1/2"	100.00
	50.800	2"	100.00
	38.100	1 1/2"	100.00
	25.400	1"	96.88
	19.050	3/4"	94.94
	9.525	3/8"	81.46
	4.760	No 004	74.22
	2.000	No 010	70.45
	0.840	No 020	65.73
	0.428	No 040	61.55
	0.250	No 060	59.10
	0.148	No 100	54.63
	0.074	No 200	27.52

D10 (mm)	0.027	Cu	11.703
D30 (mm)	0.081	Cc	0.771
D60 (mm)	0.315		

HUMEDAD NATURAL (%)		4.52
LIMITE LIQUIDO (%)		20.00
LIMITE PLASTICO (%)		NT
INDICE PLASTICO (%)		NP
LIMITE DE CONTRACCION (%)		
PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)		
PESO ESPECIFICO NATURAL (gr/cc)		

CLASIFICACION S.U.C.S.		SM
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4 (0)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME : LMSGEOSSTRATOS-CL026-002-2008  
 PROYECTO : "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION"  
 UBICACION : BELLA UNION TECNICO: BALTAZAR LÓPEZ  
 EXPLORACION/ : CALICATA MANUAL FECHA: 29/10/2008  
 MUESTRA : M-1  
 OBS. : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PETICIONARIO

### CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA ASTM D2216


#### MUESTRAS

##### PROGRESIVA:KM

CALICATA		C-18			
MUESTRA N°		M-1			
PROFUNDIDAD (m)		1.00-2.10			
FRASCO No		86			
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	113.04			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	108.40			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.64			
4. Peso de recipiente	grs	5.70			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	102.70			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	4.52			

#### MUESTRAS

CALICATA					
MUESTRA N°					
PROFUNDIDAD (m)					
FRASCO No					
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs				
2. Peso recipiente + suelo seco	grs				
3. Peso de agua	(1) - (2) grs				
4. Peso de recipiente	grs				
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs				
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %				

  
**TECNICO**  
**MEC. DE SUELOS**

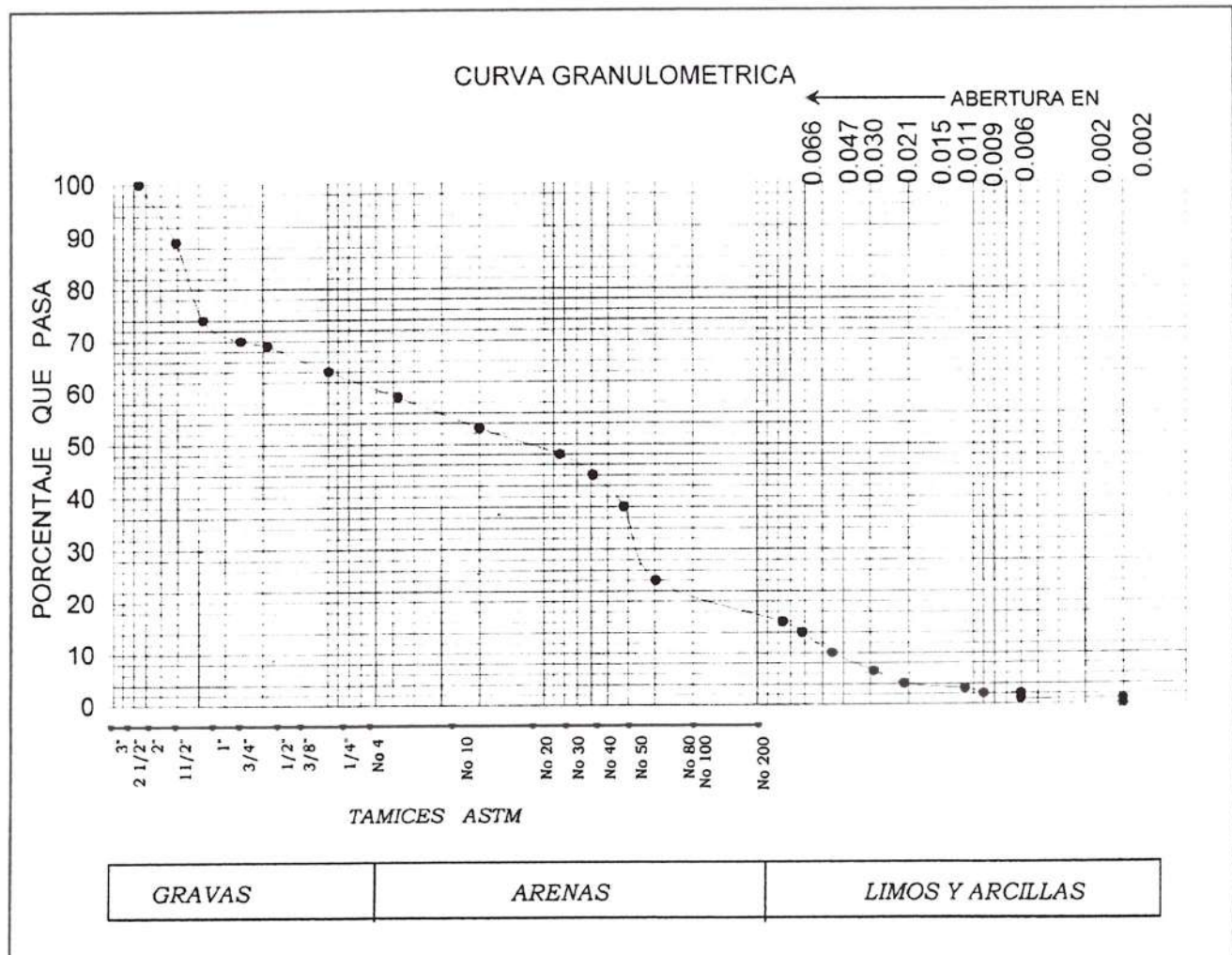
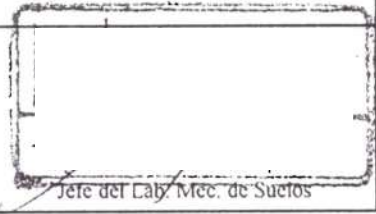
  
**Ing. Fabiola Coral Mestanza**  
 Geotecnista - C. 051



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

*ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO - ASTM D 422 - 63*

PROYECTO :	"Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión"	Expediente:	DCR-LMS 228/2008
UBICACIÓN :	Dist. Bella Unión - Prov. Carevelí - Dpto Arequipa	Fecha:	10/10/2008
SONDAJE :	Cimentación Presa C - 8		
MUESTRA :	MAB PROFUNDIDAD : Represent.		
Limite Líquido (%):	NT	Coef. de Uniformidad:	-
Limite Plástico (%):	NP	Coef. de Curvatura :	-
Índice Plástico (%):	-	Gravedad Específica :	2.79
Humedad Natural (%):	3.99	Clasificación SUCS :	GM







**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

TELEFAX 349-5679

Apdo.456-La Molina, Lima-Perú

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

DCR - LMS 228/ 2008

---

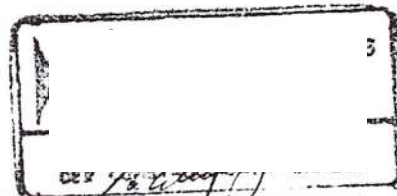
**PROYECTO:** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN:** Dist. Bella Union - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa  
**ENSAYO:** Determinacion del Peso especifico  
**FECHA:** La Molina , 10 de Octubre del 2008

---

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO -NTP 339-131 - 1999**

**MATERIAL FINO :** CIMENTACION PRESA  
**CALICATA :** C -8

$$Pe = \frac{W_{seco}}{W_s \cdot W_a} : \boxed{2.79}$$



Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta  
Jefe del Lab. De Mec. De Suelos



DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
INFORME DCR-LMS 228/08

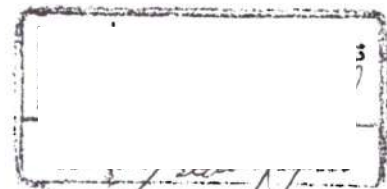
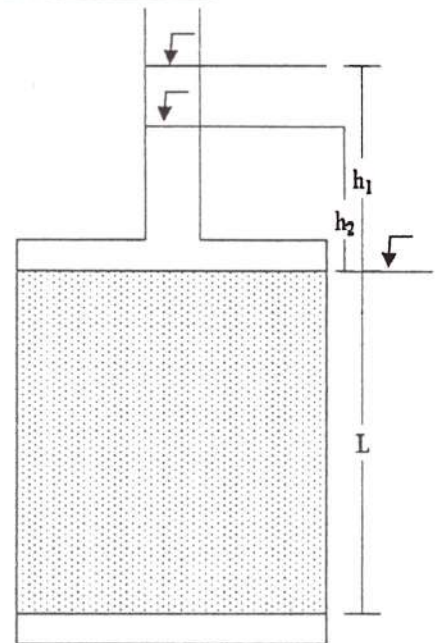
**PROYECTO** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** : Dist. Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**MUESTRA** : C- 8 Cimentacion Presa  
**PROFUNDIDAD** : Represent.  
**FECHA** : La Molina, Octubre del 2008

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

**Fecha de Ensayo** : 21-01-08  
**Lect. Inicial** : 2.000 cm  
**Lect. Final** : 1.500 cm  
**Tiempo** : 480 seg  
**Diametro de muestra:** 10.16 cm  
**Altura de muestra:** 10.66 cm  
**Densidad** 0.77 gr/cm<sup>3</sup>

$$K_{20} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \log \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times Rt$$

$$k_{20} = 5.5868 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

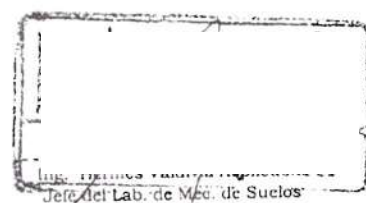


Ing. Hermes A. Valdivia A.  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos

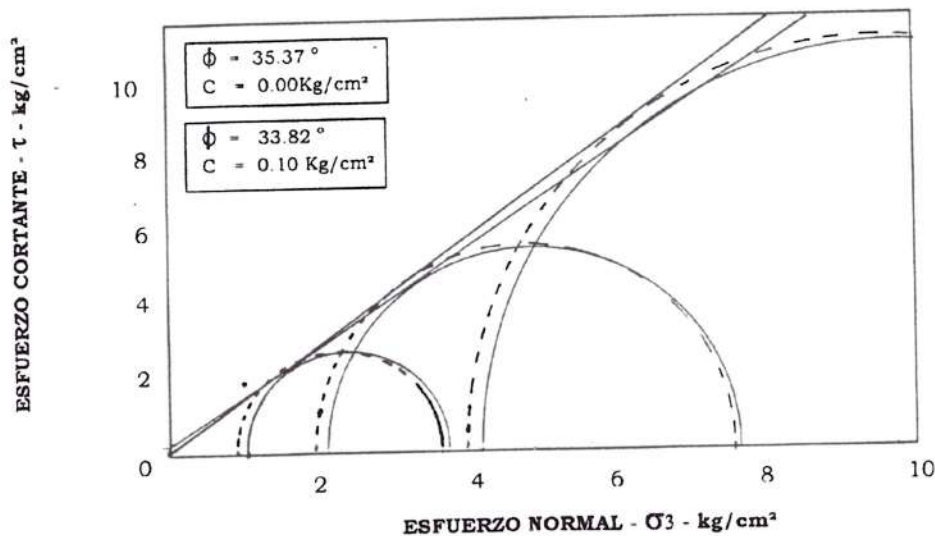


DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO ASTM D - 4767

<b>Proyecto</b> :	Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión		
<b>Ubicación</b> :	Distrito Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa		
<b>Calicata</b> :	C - 8 M - 1		
<b>Muestra</b> :	Cimentación Presa	<b>Profundidad Represent.</b>	
<b>Fecha</b> :	La Molina, Octubre del 2008		



SPECIMEN		A	B	C
Peso Suelo Seco	gr	2619	2619	2619
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.700	1.700	1.700
Contenido de Humedad	%	2.63	2.63	2.63
<b>Condiciones Iniciales del espécimen</b>				
Esfuerzo Confinante	Kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00
Diametro Promedio	cm	10.16	10.16	10.16
Altura	cm	19.00	19.00	18.90
Area	cm <sup>2</sup>	81.07	81.07	81.07
Volumen	cm <sup>3</sup>	1540.4	1540.4	1532.3
Peso Especifico de Sólidos		2.790	2.790	2.790
Volumen de Sólidos	Ws/Gs	939	939	939
Relacion de Vacios	(Pe/γ <sub>is nat</sub> )-1	0.641	0.641	0.632
Humedad Inicial	%	2.63	2.63	2.63
<b>Condiciones despues de la Consolidación</b>				
Altura final	cm	18.96	18.85	18.12
Cambio de Altura	cm	0.04	0.15	0.78
Diametro final	cm	10.14	10.08	9.68
Altura Consolidada	cm	18.96	18.85	18.12
Area Consolidada	cm <sup>2</sup>	80.73	79.79	74.38
Volumen Consolidada	cm <sup>3</sup>	1530.7	1504.1	1347.8
Relacion de vacios Consolidada		0.63	0.60	0.44
Humedad Saturado	%	18.01	19.80	16.80
Densidad seca Consolidada	gr/cm <sup>3</sup>	1.711	1.741	1.943

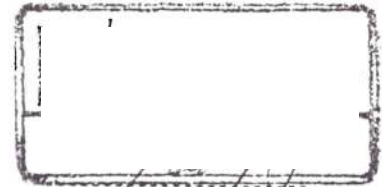


Especimen remoldeada a la densidad y humedad natural



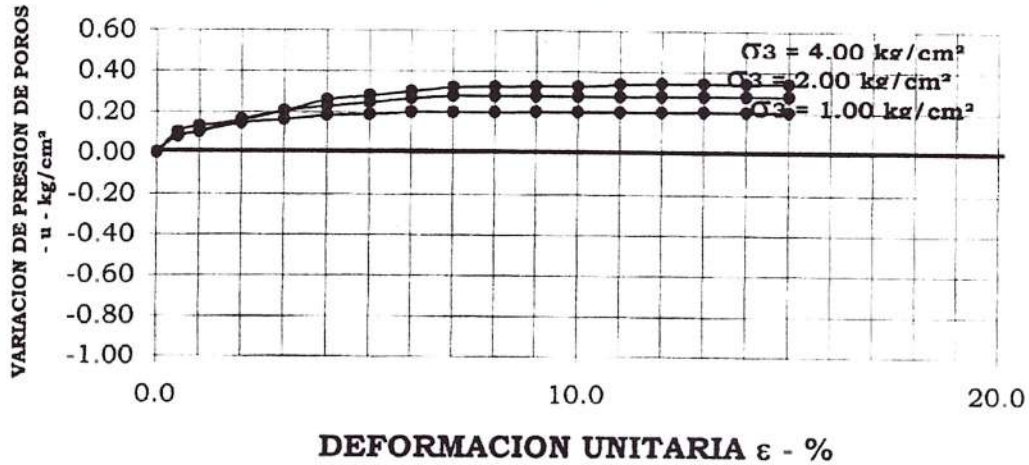
**Proyecto** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**Ubicación** : Distrito Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**Estructura** : C-8 M-1  
**Muestra** : Cimentación Presa **Profundidad (m):** Represent.  
**Fecha** : La Molina, Octubre del 2008

Angulo de fricción interna del suelo Remo :	33.37 °
Angulo de fricción interna del suelo conso :	35.37 °
Cohesión Aparente del suelo remoldeada :	0.01 kg/cm <sup>2</sup>
Cohesión Aparente del suelo consolidada :	0.00 kg/cm <sup>2</sup>
Densidad Seca Promedio ( $\gamma_d$ ) remoldeada :	1.70 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca Promedio ( $\gamma_d$ ) Consolidad :	1.80 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Natural (%) remoldeada :	2.63 %
Humedad Saturada (%) consolidada :	18.20 %

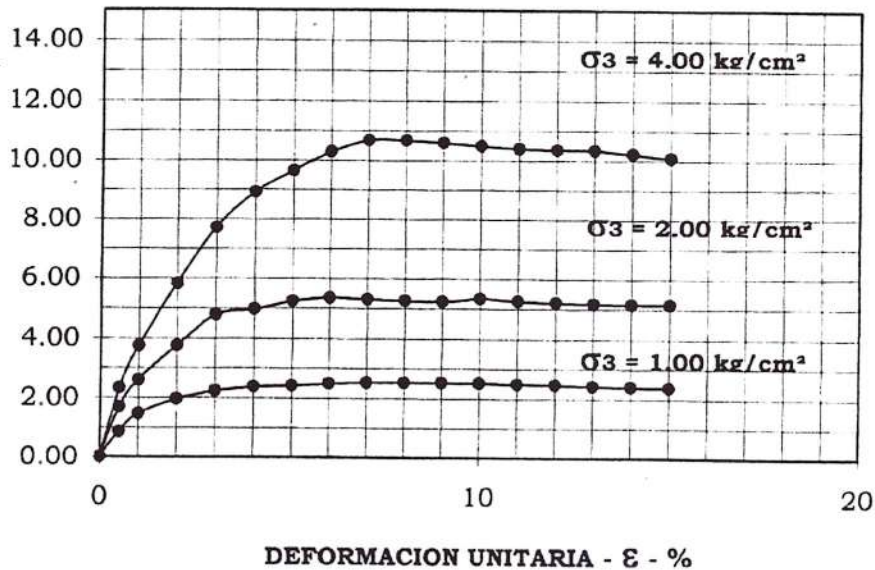


Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta  
 Jefe del Lab. de Mec. de Suelos

**PRESION DE POROS**



**ESFUERZO DESVIADOR - σ<sub>1</sub> - σ<sub>3</sub>**







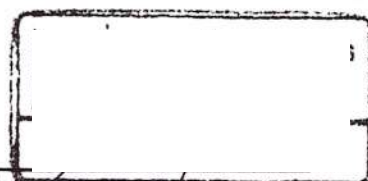
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**INFORME DCR - LMS 228/2008**

**Proyecto** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**Ubicación** : Distrito Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**Calicata** : C -8 M -1  
**Muestra** : Cimentación Presa **Profundidad (m):** Represent.  
**Fecha** : La Molina, Octubre del 2008

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL ( C U )**

Especimen	cm	:	A	B	C
Diametro	cm	:	10.15	10.15	10.15
Altura	cm	:	21.50	21.50	21.50
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	:	2.08	2.08	2.08
Humedad Inicial	%	:	6.89	6.89	6.89
Humedad Final	%	:	18.01	19.80	16.80
Contra Presion Inicial	kg/cm <sup>2</sup>	:	-	-	-
<b>Esfuerzo Efectivo</b> $\sigma_3$	kg/cm <sup>2</sup>	:	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>

Deformacion unitaria ( E - % )	Esfuerzo		Presión de		Esfuerzo		Presión de	
	Deviador	poros	Deviador	poros	Deviador	poros	Deviador	poros
	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.854	0.080	1.697	0.080	2.330	0.100		
1.0	1.471	0.102	2.597	0.102	3.733	0.130		
2.0	1.963	0.145	3.751	0.162	5.813	0.159		
3.0	2.247	0.162	4.777	0.206	7.700	0.205		
4.0	2.381	0.184	4.968	0.229	8.922	0.260		
5.0	2.421	0.189	5.243	0.246	9.647	0.280		
6.0	2.498	0.201	5.349	0.267	10.289	0.302		
7.0	2.522	0.201	5.306	0.280	10.666	0.322		
8.0	2.524	0.202	5.262	0.280	10.668	0.326		
9.0	2.530	0.204	5.231	0.280	10.591	0.329		
10.0	2.515	0.205	5.341	0.280	10.487	0.329		
11.0	2.487	0.205	5.256	0.280	10.396	0.340		
12.0	2.471	0.205	5.210	0.282	10.353	0.344		
13.0	2.431	0.206	5.175	0.282	10.346	0.344		
14.0	2.409	0.206	5.153	0.282	10.215	0.344		
15.0	2.386	0.206	5.154	0.283	10.085	0.344		

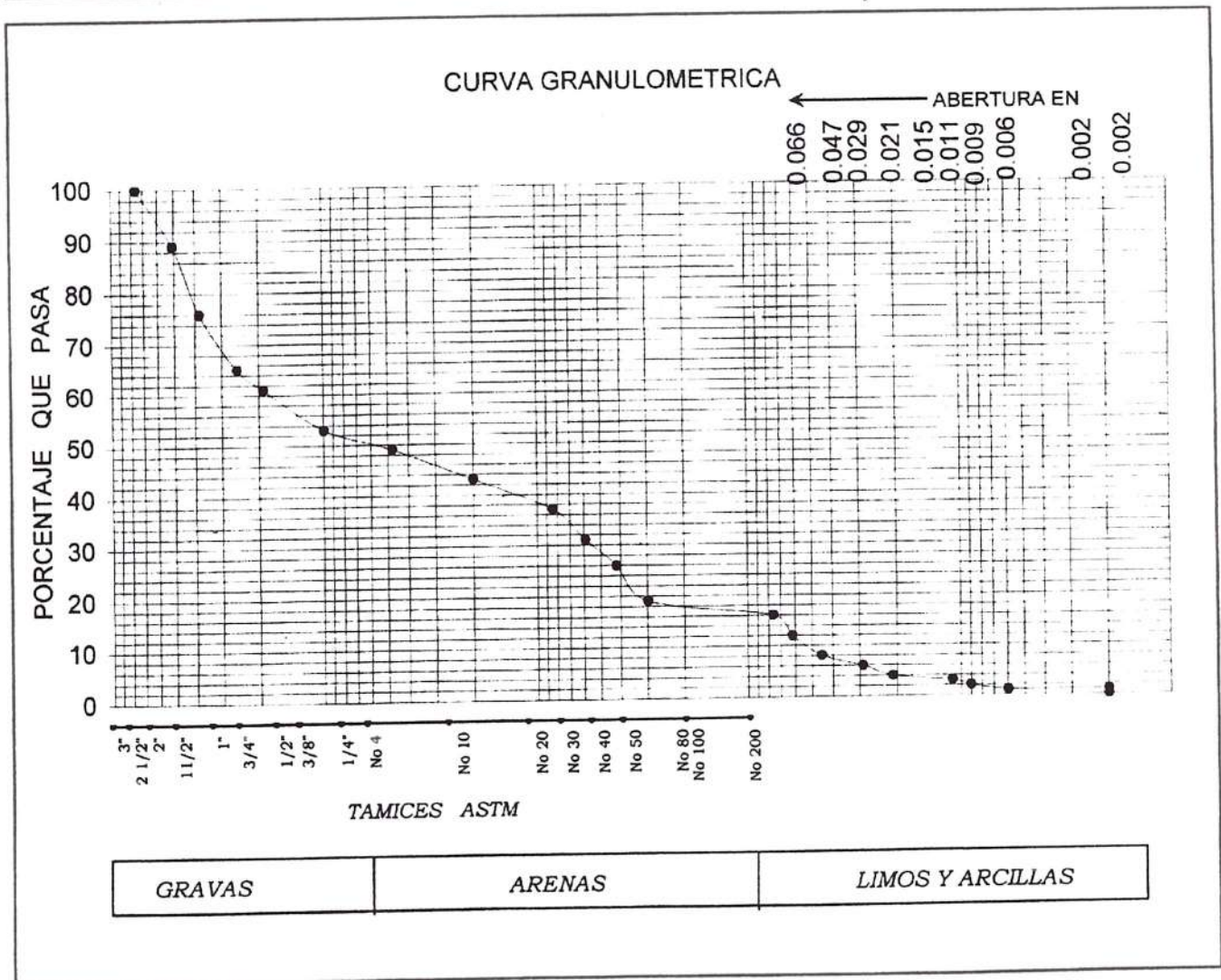
  
Ing. ~~Hermes~~ Valdivia A.  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO - ASTM D 422 - 63**

PROYECTO :      Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión UBICACIÓN :      Dist. Bella Unión - Prov. Carevelí - Dpto Arequipa SONDAJE :        Cantera Publica ( CAN - 2 ) MUESTRA :        CC-2 M-1    PROFUNDIDAD :    Represent.		Expediente: <p align="center"><b>DCR-LMS 228/2008</b></p> Fecha: 10/10/2008
Limite Líquido (%): <b>NT</b> Límite Plástico (%): <b>NP</b> Índice Plástico (%):    - Humedad Natural (%): <b>1.07</b>	Coef. de Uniformidad:    - Coef. de Curvatura :      - Gravedad Específica : <b>2.77</b> Clasificación SUCS : <b>GM</b>	



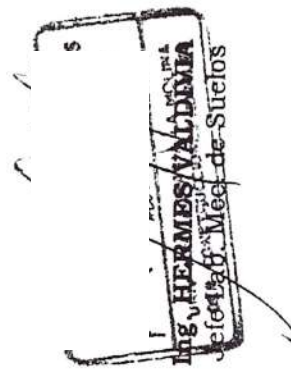


**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
 DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
 DCR-LMS 228/08

**PROYECTO** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** : Dist. Bella Unión - Prov. Caravelí - Dpto. Arequipa  
**SONDAJE** : Cantera Publica CAN-2  
**FECHA** : La Molina 10 de Octubre de 2008

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 (% QUE PASA MALLA No)

TAMICES ABERTURA (mm)	3"	2"	1½"	1"	¾"	3/8"	No 4	No 10	No 20	No 40	No 60	No 140	No 200											
	76.2	50.8	38.1	25.4	19.1	9.53	4.75	2	0.85	0.43	0.25	0.106	0.075	0.066	0.047	0.030	0.021	0.015	0.011	0.009	0.006	0.002	0.002	
% QUE PASA	100	89	76	65	61	53	49	43	37	31	26	19	16	12	8	6	4	3	2	1	1	1	1	0





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

TELEFAX 349-5679

Apdo.456-La Molina, Lima-Perú

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

DCR - LMS 228/ 2008

---

**PROYECTO:** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN:** Dist. Bella Union - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa  
**ENSAYO:** Determinacion del Peso especifico  
**FECHA:** La Molina , 10 de Octubre del 2008

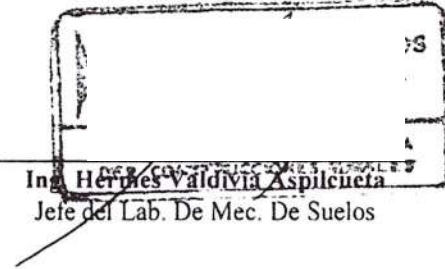
---

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO -NTP 339-131 - 1999**

**MATERIAL FINO :** CANTERA PUBLICA ( CAN - 2 )

$$Pe = \frac{W_{seco}}{W_s \cdot W_a} : \boxed{2.77}$$

---

  
Ing. Hérmes Valdivia Aspilueta  
Jefe del Lab. De Mec. De Suelos

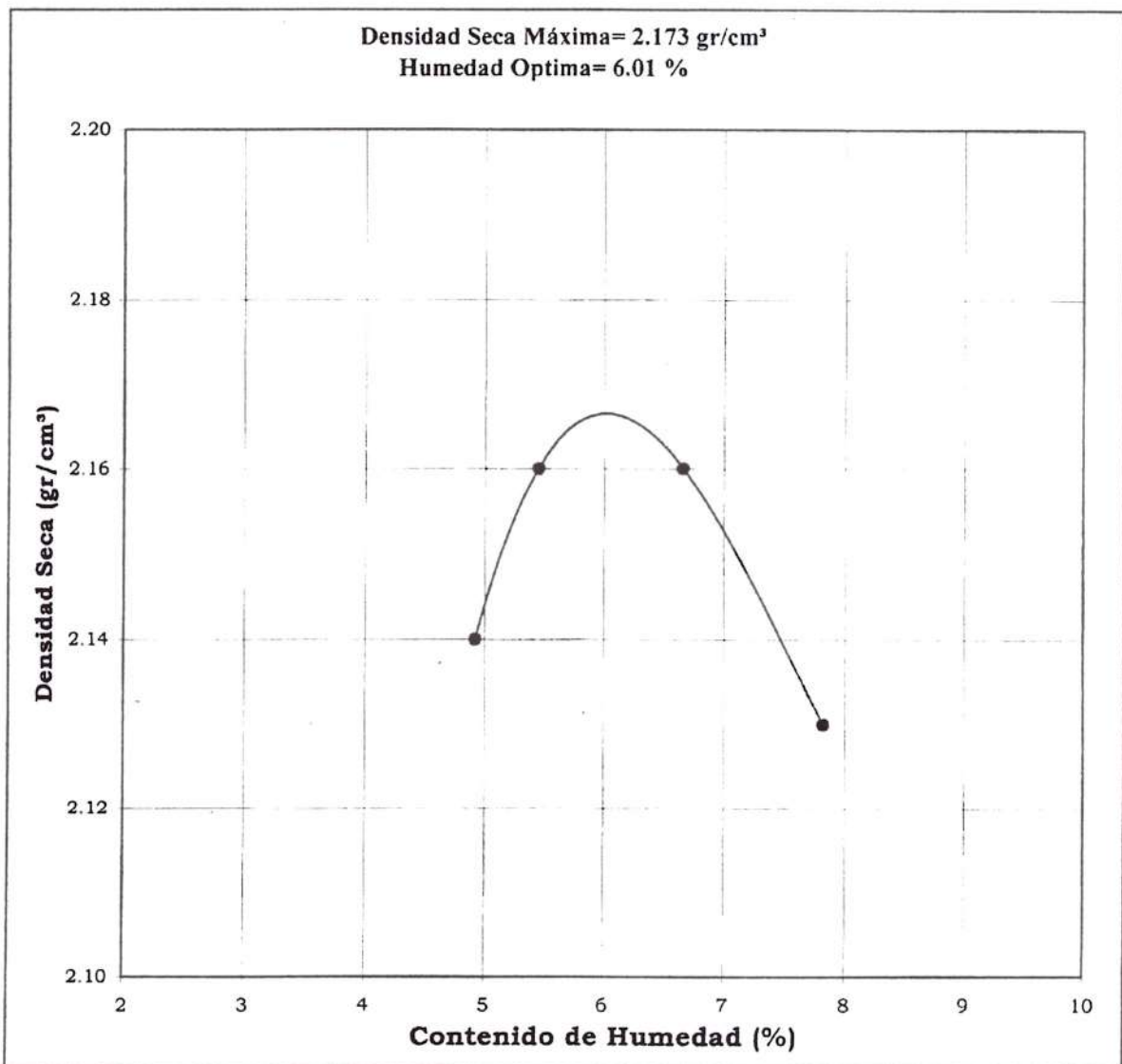


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO  
ASTM D 1557 METODO "C"**

**INFORME DCR - LMS 228/2008**

PROYECTO : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
UBICACIÓN : Dist. Bella Union - Prov. Caraveli - Dpto. Arequipa  
MUESTRA C C - 2 M - 1  
CANTERA PUBLICA ( CAN - 2 ) :  
FECHA : La Molina , 10 de Octubre del 2008



OBSERVACIONES :

Ing. Hermes Valdivia Asplicueta  
Jefe Lab. Mec. de Suelos



DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
INFORME DCR-LMS 228/08

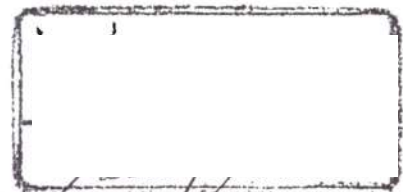
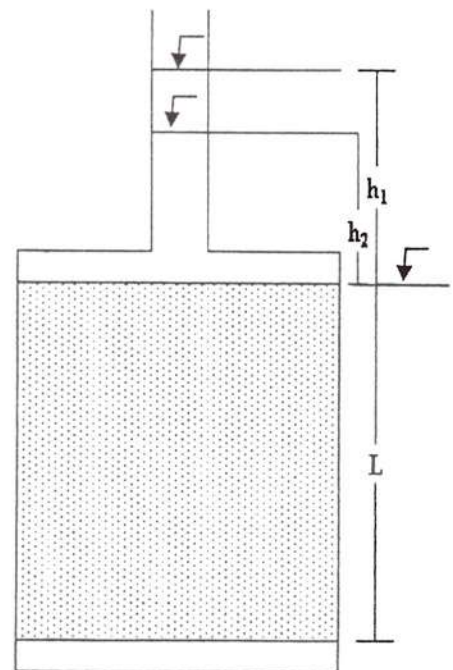
**PROYECTO** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** : Dist. Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**MUESTRA** : Cantera Publica (CAN - 2)  
**PROFUNDIDAD** : Represent.  
**FECHA** : La Molina, Octubre del 2008

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

**Fecha de Ensayo** : 21-01-08  
**Lect. Inicial** : 2.000 cm  
**Lect. Final** : 1.400 cm  
**Tiempo** : 240 seg  
**Diametro de muestra:** 10.16 cm  
**Altura de muestra:** 10.66 cm  
**Densidad** 0.77 gr/cm<sup>3</sup>

$$K_{20} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \log \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times Rt$$

$$k_{20} = 1.3853 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$



Ing. Hermes A. Valdivia A.  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

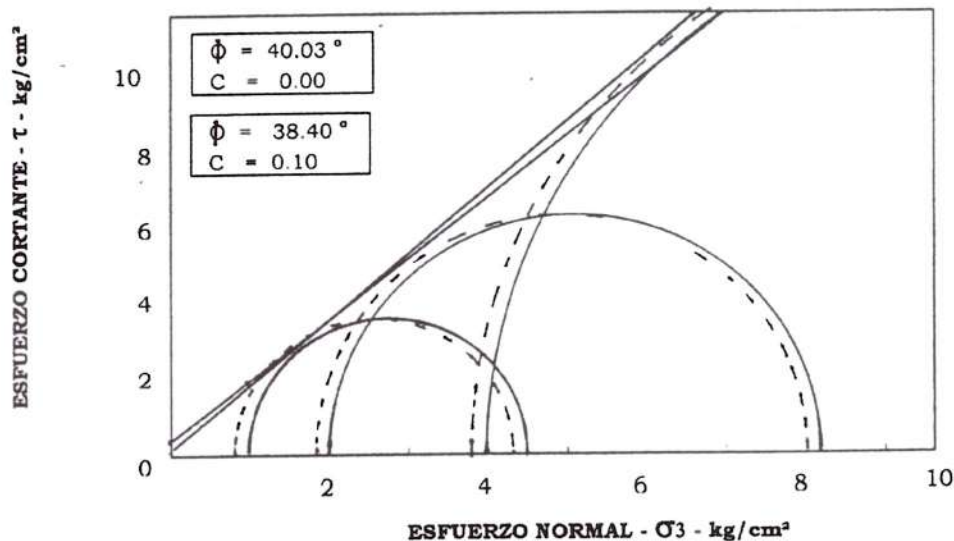
Telefax: 349 - 5679 Apdo 456 - La Molina, Lima - Perú

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO ASTM D - 4767

<b>Proyecto</b> :	Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión	
<b>Ubicación</b> :	Distrito Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa	
<b>Cantera</b> :	Publica ( CAN - 2 )	
<b>Muestra</b> :	CC-2 M-1	<b>Profundidad Represent.</b>
<b>Fecha</b> :	La Molina, Octubre del 2008	

Ing. Mercedes Valdivia Asplicueta  
 Jefe del Lab. de Mec. de Suelos

SPECIMEN		A	B	C
Peso Suelo Seco	gr	3340	3340	3340
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.050	2.039	2.050
Contenido de Humedad	%	6.66	6.66	6.66
<b>Condiciones Iniciales del espécimen</b>				
Esfuerzo Confinante	Kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00
Diametro Promedio	cm	10.16	10.16	10.16
Altura	cm	20.10	20.20	20.10
Area	cm <sup>2</sup>	81.07	81.07	81.07
Volumen	cm <sup>3</sup>	1629.6	1637.7	1629.6
Peso Especifico de Sólidos		2.770	2.770	2.770
Volumen de Sólidos	Ws/Gs	1206	1206	1206
Relacion de Vacios	(Pe/ γ <sub>s</sub> nat)-1	0.351	0.358	0.351
Humedad Inicial	%	6.66	6.66	6.66
<b>Condiciones despues de la Consolidación</b>				
Altura final	cm	20.05	20.11	19.98
Cambio de Altura	cm	0.05	0.09	0.12
Diametro final	cm	10.13	10.11	10.10
Altura Consolidada	cm	20.05	20.11	19.98
Area Consolidada	cm <sup>2</sup>	80.67	80.35	80.11
Volumen Consolidada	cm <sup>3</sup>	1617.4	1615.9	1600.5
Relacion de vacios Consolidada		0.34	0.34	0.33
Humedad Saturado	%	11.08	10.63	9.47
Densidad seca Consolidada	gr/cm <sup>3</sup>	2.065	2.067	2.087



**Especimen remoldeado a la densidad al 95% de Proctor Modificado y humedad Optimo**







DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
**INFORME DCR - LMS 228/2008**

**Proyecto** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**Ubicación** : Distrito Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**Cantera** : Publica ( CAN - 2 )  
**Muestra** : CC- 2 M- 1 **Profundidad (m):** Represent.  
**Fecha** : La Molina, Marzo del 2008

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL ( C U )**

Especimen	cm	:	A	B	C			
Diametro	cm	:	10.16	10.16	10.16			
Altura	cm	:	21.21	20.30	20.50			
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	:	2.05	2.04	2.05			
Humedad Inicial	%	:	6.66	6.66	6.66			
Humedad Final	%	:	11.08	10.63	9.47			
Contra Presion Inicial	kg/cm <sup>2</sup>	:	-	-	-			
<b>Esfuerzo Efectivo <math>\sigma_3</math></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	:	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>			
<b>Deformacion unitaria</b>			<b>Esfuerzo</b>	<b>Presión de</b>	<b>Esfuerzo</b>	<b>Presión de</b>	<b>Esfuerzo</b>	<b>Presión de</b>
<b>( E - % )</b>			<b>Deviador</b>	<b>poros</b>	<b>Deviador</b>	<b>poros</b>	<b>Deviador</b>	<b>poros</b>
			<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
0.0			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5			0.127	0.012	1.627	0.020	2.026	0.080
1.0			2.311	0.031	2.707	0.012	4.319	0.130
2.0			2.693	0.064	4.551	0.061	8.049	0.162
3.0			3.101	0.101	5.372	0.104	10.554	0.189
4.0			3.386	0.126	5.703	0.124	11.685	0.220
5.0			3.123	0.146	5.856	0.142	12.680	0.268
6.0			2.947	0.147	5.921	0.142	13.605	0.283
7.0			2.697	0.147	5.983	0.142	13.898	0.300
8.0			2.541	0.148	5.974	0.146	13.940	0.320
9.0			2.451	0.159	5.975	0.147	13.977	0.325
10.0			2.355	0.160	6.000	0.147	13.961	0.344
11.0			2.274	0.160	5.937	0.148	13.966	0.348
12.0			2.234	0.162	5.972	0.164	12.892	0.349
13.0			2.163	0.163	5.909	0.165	12.640	0.364
14.0			2.106	0.164	5.846	0.166	12.590	0.365
15.0			2.058	0.164	5.783	0.167	12.538	0.378



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES  
INFORME N° 0644D M -08 LP y EM-UNALM

cantera : PRIVADA

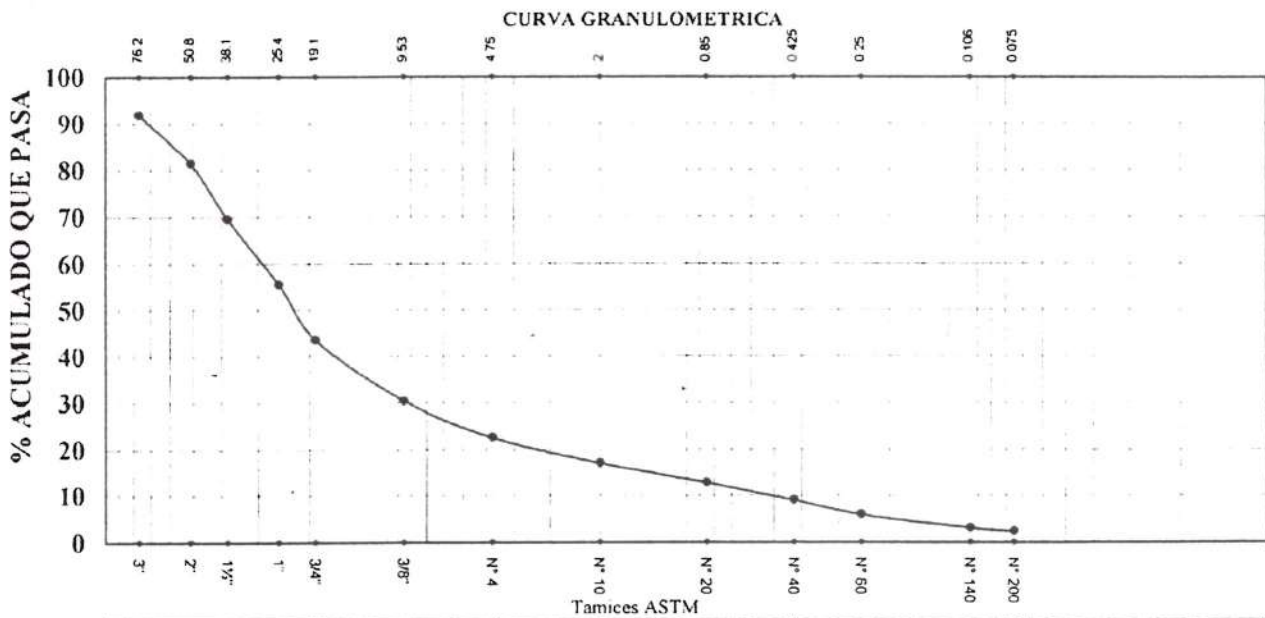
Proyecto : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión Muestra : M-1

Ubicación : Dist. BELLA UNION, Prov. CARAVELI, Dpto. AREQUIPA

Fecha : La Molina, 06 de Octubre del 2008

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422		
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA
3"	76.20	91.80
2"	50.80	81.48
1 1/2"	38.10	69.48
1"	25.40	55.50
3/4"	19.05	43.47
3/8"	9.525	30.38
N° 004	4.750	22.53
N° 010	2.000	17.07
N° 020	0.850	12.72
N° 040	0.425	8.94
N° 060	0.250	5.86
N° 140	0.106	3.10
N° 200	0.075	2.30

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318		
Limite Liquido (%)		NT
Limite plastico (%)		NP
Indice plastico (%)		NP
Limite de contraccion (%)		
Resultados: ASTM - D 2487 / 3282		
<u>Coefficiente de:</u>		
-Uniformidad		54.83
-Curvatura		5.35
<u>Material:</u>		
-Grava (%)		77.47
-Arena (%)		20.23
-Finos (%)		2.30
<u>Clasificacion:</u>		
-AASHTO	A-1a ( 0 )	
-SUCS	GP con arena	
Nombre de Grupo:	Grava mal gradada con arena	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216		
Humedad Natural (%)		1.01



Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limos y Arcillas
Grava		Arena			Finos

NOTA: La Muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

3541

INGENIERO  
Ing. Hermes Valdivia Aspilueta  
Jefe del Lab. De Mec. De Suelos



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Apdo. 456 La Molina, Lima 1  
Av. La Molina s/n, Lima, Perú

Telefax 349-5679 C.T. 349-5647 Axo. 209

## LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

INFORME N° 0644D.M.-08 LP y EM-UNALM

**PROYECTO:** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN:** Dist.: BELLA UNION, Prov.: CARAVELI, Dpto.: AREQUIPA

**FECHA:** La Molina, 06 de Octubre del 2008

## II.- DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION-NTP 400.021 / 400.022

### AGREGADO FINO:

$$Pe\ SSS = \frac{W1}{W1+W2-W3}$$

$$Pe = \frac{W}{W1+W2-W3}$$

$$\% A = \frac{W1 - W}{W} \times 100$$

### AGREGADO GRUESO:

$$PeSSS = \frac{Ws}{Ws-Wa}$$

$$PeSSS = \frac{Wseco}{Ws-Wa}$$

$$\% A = \frac{Ws - Wseco}{Wseco} \times 100$$

donde:

W	: peso seco del agregado fino	496.1
W1	: muestra saturada con superficie seca del agregado fino	500 gr
W2	: picnometro + agua	664.8 gr
W3	: picnometro + agua + muestra	974.1 gr
Wseco	: peso seco del agregado grueso	4936 gr
Ws	: muestra saturada con superficie seca del agregado grueso	5000 gr
Wa	: peso de la muestra en el agua	3084 gr

### PARA EL AGREGADO FINO

### PARA EL AGREGADO GRUESO

Pe SSS =	2.62
Pe =	2.60
% A =	0.79

Pe SSS =	2.61
Pe =	2.58
% A =	1.30

LABORATORIO

Ing. CARLOS BRAVO AGUIRRE  
Jefe del Lab. De Materiales





# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Apdo. 456 La Molina, Lima 1  
Av. La Molina s/n, Lima, Perú

Telefax 349-5679 C.T. 349-5647 Axo. 209

## DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

INFORME N° 0644D.M.-08 LP y EM-UNALM

### DETERMINACION DEL MATERIAL QUE PASA MALLA N° 75 $\mu$ m (N° 200) POR LAVADO

**OBRA:** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN:** Dist.: BELLA UNION, Prov.: CARAVELI, Dpto.: AREQUIPA  
**NORMA:** NTP 400.018  
**FECHA:** La Molina, 06 de Octubre del 2008

MUESTRA N°	PESO INICIAL gr.	PESO FINAL gr.	% QUE PASO MALLA N° 200
M - 1	100.00	97.68	2.32
M - 2	100.00	97.82	2.18

PROMEDIO 2.3

#### OBSERVACIONES:

- \* LA MUESTRA FUE EMITIDA POR EL SOLICITANTE
- \* SE HA HECHA EL ENSAYO POR DOBLE REPETICION
- \* LA MUESTRA FUE SECADO ANTES DEL LABADO A 105 °C POR 24 HORAS

LABOR

REPORTE

INGENIERO JRPV

Ing. Carlos Bravo Aguilar  
Jefe del Laboratorio de Prueba y  
Ensayo de Materiales



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Apdo. 456 La Molina, Lima 1  
Av. La Molina s/n, Lima, Perú

Telefax 349-5679 C.T. 349-5647 Axo. 209

## LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

INFORME N° 0644 - 08' LP y EM

**PROYECTO** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** Dist.: BELLA UNION, Prov.: CARAVELI, Dpto.: AREQUIPA  
**CANTERA** CANTERA PRIVADA (CAN-1)  
**ENSAYO** : Desgaste por medio de la Maquina de los Angeles  
**FECHA** : La Molina, 06 de Octubre del 2008


### RESULTADO DEL ANALISIS

#### ABRASION - GRADACION "A"

Malla	Peso inicial	Peso Inicial Total (gr.)	Peso Retenido Malla N° 12 (gr.)
Pasa-Retenido	gr.		
1 1/2" - 1"	1250	5000	3936
1" - 3/4"	1250		
3/4" - 1/2"	1250		
1/2" - 3/8"	1250		

% DE DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES

21.28 %

  
Ing. Carlos Bravo Aguilar  
Jefe del Lab. De Materiales



**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS ASTM C-88**

**ANALISIS CUANTITATIVO**

INFORME 0644 - 08' LP y EM

**SOLUCION : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**No DE CICLOS: 5**

**FECHA : 06 de Octubre del 2008**

**PROYECTO :** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión

**UBICACIÓN :** Dist.: BELLA UNION, Prov.: CARAVELLI, Dpto.: AREQUIPA

**MUESTRA :** GREGADO GRUESO

MALLA	% RETENIDO GRANULOMETRIA ORIGINAL	PESO INICIAL ANTES DEL ENSAYO (gr)	PESO FINAL DESPUES DEL ENSAYO (gr)	% QUE PASO LA MALLA DESIGNADA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DE PESO
2 1/2-2	8.00	2,462.00	2,368.00	3.82	0.31
2"-1 1/2"	11.00	2,631.00	2,511.00	4.56	0.50
1 1/2"-1"	12.00	2,444.00	2,368.00	3.11	0.37
1"-3/4"	14.00	2,381.00	2,246.00	5.67	0.79
1"-1/2"	12.00	1,452.00	1,386.00	4.55	0.55
1/2"-3/8"	13.00	1,238.00	1,117.00	9.77	1.27
1/2"-3/8"	8.00	942.00	886.00	5.94	0.48
Porcentaje Total de perdida				<b>U. N. A. - D. O. M.</b>	<b>4.27</b>

U. N. A. - D. O. M.  
Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales

**Ing. CARLOS BRAVO AGUILAR**

Jefe del Laboratorio  
de Prueba y Ensayo  
de Materiales



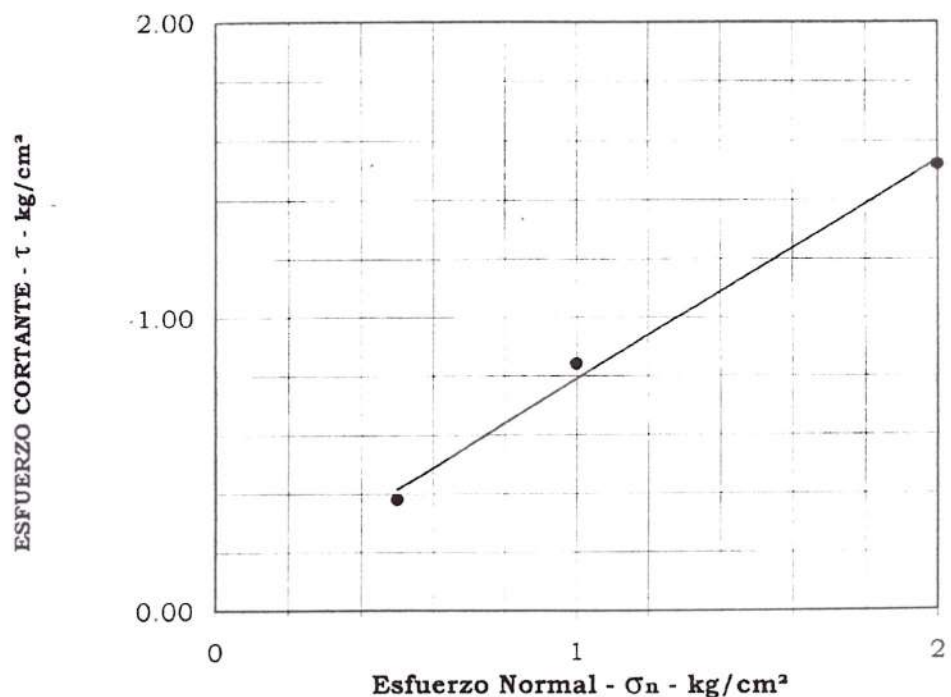
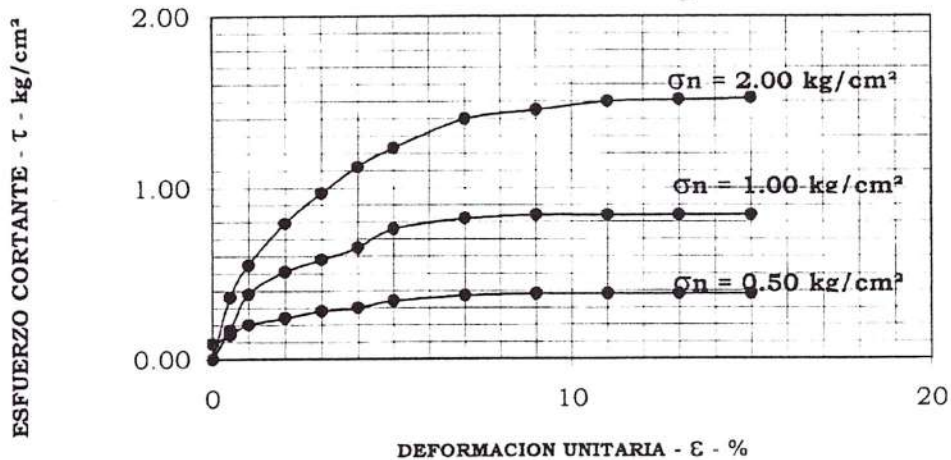
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Telefax: 349 - 5679 Apdo 456 - La Molina, Lima - Perú

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

Proyecto : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión Ubicación : Dist. Bella Unión - Prov. Caravelí - Dpto. Arequipa Sondaje : Cantera Privada ( CAN - 1 ) Muestra : CC - 1 Profundidad: Represent.		Expediente: <b>DCR - LMS 228/2008</b>  Fecha: <b>10-10-08</b>
---	--	---

Angulo de fricción interna del suelo	:	35.75 °	Ing. JESÚS A. GARCÍA GONZÁLEZ Jefe del Lab. de Mec. de Suelos
Cohesión Aparente del suelo	:	0.05 kg/cm <sup>2</sup>	
Densidad Seca Promedio ( $\gamma_d < N^{\circ}4$ )	:	1.86 gr/cm <sup>3</sup>	
Humedad Natural ( $\gamma_d < N^{\circ}4$ )	:	6.01 %	



Observación : Remoldeado con densidad máxima del proctor modificado





# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

DCR - LMS 228/2008

**PROYECTO** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** : Dist. Bella Unión - Prov. Caravelí - Dpto. Arequipa  
**MUESTRA** : Cantera Privada ( CAN - 1 )  
**PROFUNDIDAD** : Represent.  
**FECHA** : La Molina , 10 de Octubre de 2008

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

<b>Especimen</b>	:	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Lado (cm)</b>	:	6.00	6.00	6.00
<b>Altura (cm)</b>	:	2.544	2.544	2.544
<b>Densidad Seca ( gr/cm<sup>3</sup>)</b>	:	1.86	1.86	1.86
<b>Humedad Inicial (%)</b>	:	6.01	6.01	6.01
<b>Humedad Saturación (%)</b>	:	13.56	13.83	13.98
<b>Esfuerzo Normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	:	0.50	1.00	2.00

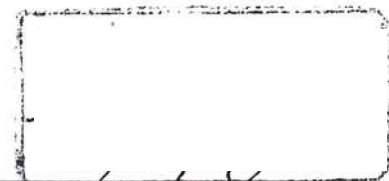
**Deformación Unitaria**  
(  $\epsilon$  - % )

**Esfuerzo Cortante**  
(kg/cm<sup>2</sup>)

0.5	0.14	0.17	0.36
1.0	0.20	0.38	0.30
2.0	0.24	0.51	0.79
3.0	0.28	0.58	0.97
4.0	0.30	0.65	1.12
5.0	0.34	0.76	1.23
7.0	0.37	0.82	1.40
9.0	0.38	0.84	1.45
11.0	0.38	0.84	1.50
13.0	0.38	0.84	1.51
15.0	0.38	0.84	1.52

**Angulo de Fricción Interna del Suelo ( ° )**  
**Cohesión Aparente del Suelo (kg/cm<sup>2</sup>)**

35.75  
0.05



Ing. Hermes A. Valdivia A.  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

INFORME DCR-LMS 228/08

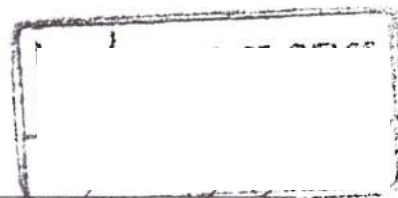
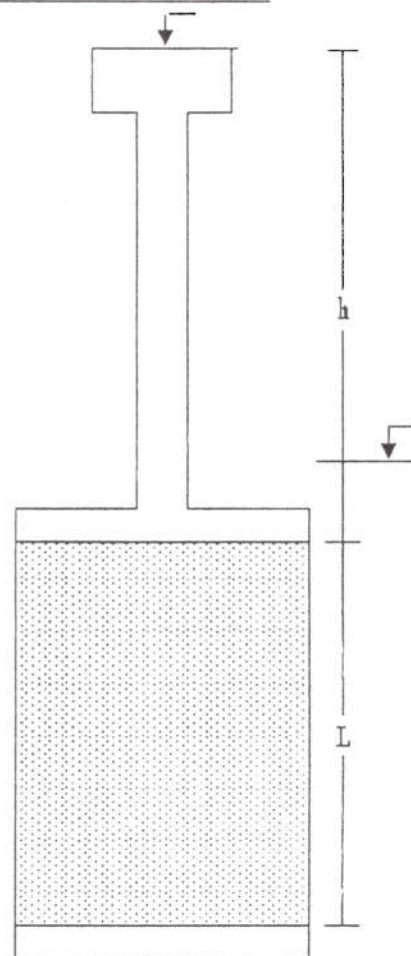
**PROYECTO** : Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**UBICACIÓN** : Dist. Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**MUESTRA** : Cantera Privada M - 1  
**PROFUNDIDAD** : Represent.  
**FECHA** : La Molina, Octubre del 2008

## ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA CONSTANTE

**Fecha de Ensayo** : 24/10/2008  
**Volumen** : 410 cm<sup>3</sup>  
**Tiempo** : 78 seg

$$K_{20} = \frac{V \times L \times Rt}{H \times A \times t}$$

$$k_{20} = 1.0133 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$



Ing. Hermes A. Valdivia A.  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Telefax: 349 - 5679 Apdo 456 - La Molina , Lima - Perú

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

**INFORME DCR-LMS 228/08**

**NTP 339.137 - NTP 339.138**

**PROYECTO :** Diseño del Depósito de Relaves Bella Unión  
**LUGAR :** Dist. Bella Unión - Provincia Caraveli - Dpto. Arequipa  
**MUESTRA :** Cantera Privada M -1  
**Fecha :** La Molina, 24 de Octubre del 2008

MUESTRA	PROF. (m)	DENSIDAD	DENSIDAD
		MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	MINIMA (gr/cm <sup>3</sup> )
Cantera Privada	Represent.	2.23	1.84



Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta  
Jefe Lab. Mec. de Suelos

**ANEXO 6**  
**HIDROLOGÍA**

### REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)

ESTACION: ACARI  
 PARAMETRO: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL  
 DISTRITO: ACARI  
 PROVINCIA: CARAVELI  
 DEPART.: AREQUIPA

LATITUD: 15° 24' 00" S  
 LONGITUD: 74° 37' 00" O  
 ALTITUD: 200 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	2.6
1967	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	1.3
1972	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.6
1973	3.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3
1974	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1975	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1976	1.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
1977	6.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>MAX</b>	6.6	15.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	1.0	1.6	18.3
<b>PROM</b>	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8
<b>MIN</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>DESVEST</b>	1.6	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	4.1

FUENTE: INFORMACION PREPARADA POR EL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (SENAMHI).

**REGISTRO HISTORICO DE EVAPORACION MEDIA MENSUAL (mm)**

ESTACION: **ACARI**  
 PARAMETRO: **PRECIPITACION MEDIA MENSUAL**  
 DISTRITO: **ACARI**  
 PROVINCIA: **CARAVELI**  
 DEPART.: **AREQUIPA**

LATITUD: **15° 24' 00" S**  
 LONGITUD: **74° 37' 00" O**  
 ALTITUD: **200 msnm**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2001	4.6	4.4	4.3	3.3	2.8	2.5	2.2	2.5	2.8	3.3	3.8	4.2	40.8

FUENTE: INFORMACION PREPARADA POR EL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (SENAMHI).

**REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS**

ESTACION: ACARI  
 DISTRITO: ACARI  
 PROVINCIA: CARAVELI  
 DEPART.: AREQUIPA

LATITUD: 15° 24' 00" S  
 LONGITUD: 74° 37' 00" O  
 ALTITUD: 200 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6
1967	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D
1968	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0
1972	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1973	1.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1975	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1976	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1977	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MAX	4.8	15.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	1.0	1.6
PROM	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DESVEST	1.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4

FUENTE: INFORMACION PREPARADA POR EL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (SENAMHI).

REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

ESTACION: ACARI  
 DISTRITO: ACARI  
 PROVINCIA: CARAVELI  
 DEPART.: AREQUIPA

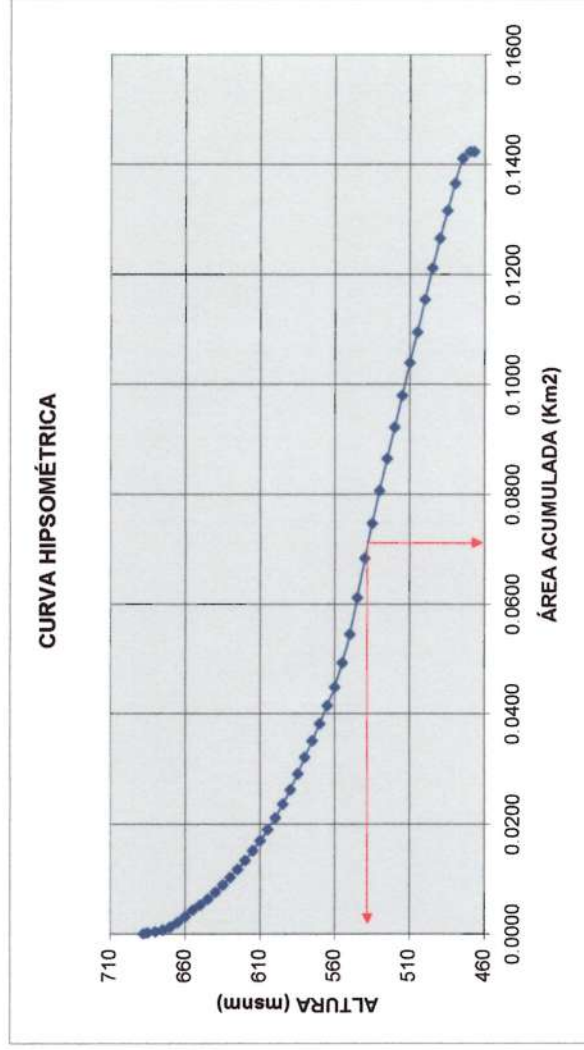
LATITUD: 15° 24' 00" S  
 LONGITUD: 74° 37' 00" O  
 ALTITUD: 200 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6
1967	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0
1972	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1973	1.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1975	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1976	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1977	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAX	4.8	15.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	1.0	1.6
PROM	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DESVEST	1.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4



**CALCULO DE LA CURVA HIPSONOMETRICA Y ALTURA MEDIA DE LA CUENCA**

Altura (msnm)	Areas Parciales (m2)	Área Acumulada (m2)	Área Acumulada (Km2)
688	45.77	45.77	0.0000
685	124.31	170.08	0.0002
680	186.71	356.79	0.0004
675	332.80	689.59	0.0007
670	580.14	1269.73	0.0013
665	825.99	2095.72	0.0021
660	1056.28	3152.00	0.0032
655	1154.42	4306.42	0.0043
650	991.84	5298.26	0.0053
645	1117.39	6415.65	0.0064
640	1235.06	7650.71	0.0077
635	1280.24	8930.95	0.0089
630	1377.67	10308.62	0.0103
625	1500.07	11808.69	0.0118
620	1599.88	13408.57	0.0134
615	1736.52	15145.09	0.0151
610	1857.53	17002.62	0.0170
605	1974.17	18976.79	0.0190
600	2202.44	21179.23	0.0212
595	2452.60	23631.83	0.0236
590	2612.12	26243.95	0.0262
585	2862.86	29106.81	0.0291
580	3066.51	32173.32	0.0322
575	2970.75	35144.07	0.0351
570	3108.14	38252.21	0.0383
565	3216.86	41469.07	0.0415
560	3358.72	44827.79	0.0448
555	4525.18	49352.97	0.0494
550	5154.76	54507.73	0.0545
545	6713.59	61221.32	0.0612
540	7142.42	68363.74	0.0684
535	6326.89	74690.63	0.0747
530	6009.54	80700.17	0.0807
525	5761.20	86461.37	0.0865
520	5693.94	92155.31	0.0922
515	5634.05	97989.36	0.0980
510	5908.35	103897.71	0.1039
505	5755.18	109652.89	0.1097
500	5881.33	115534.22	0.1155
495	5670.19	121204.41	0.1212
490	5383.75	126588.16	0.1266
485	5052.65	131640.81	0.1316
480	4895.11	136535.92	0.1365
475	4554.50	141090.42	0.1411
470	1278.37	142368.79	0.1424
467	3.09	142371.88	0.1424



50% del área acumulada	0.0712
Altura media de la cuenca	537.78

## CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA CUENCA

Altura (msnm)	Longitud (m)
470	141.47
475	203.22
480	279.72
485	359.01
490	401.12
495	440.05
500	471.68
505	500.31
510	505.49
515	509.39
520	518.50
525	524.65
530	536.59
535	548.60
540	497.84
545	409.85
550	347.75
555	249.13
560	244.91
565	239.29
570	235.12
575	230.18
580	224.83
585	218.15
590	215.14
595	205.42
600	193.80
605	184.23
610	171.97
615	160.06
620	148.00
625	136.41
630	125.20
635	114.87
640	101.81
645	90.18
650	86.72
655	65.92
660	53.11
665	40.78
670	24.13
675	14.62
680	11.06
685	6.90
<b>Sumatoria</b>	<b>10987.18</b>

Según el criterio de Alvord:

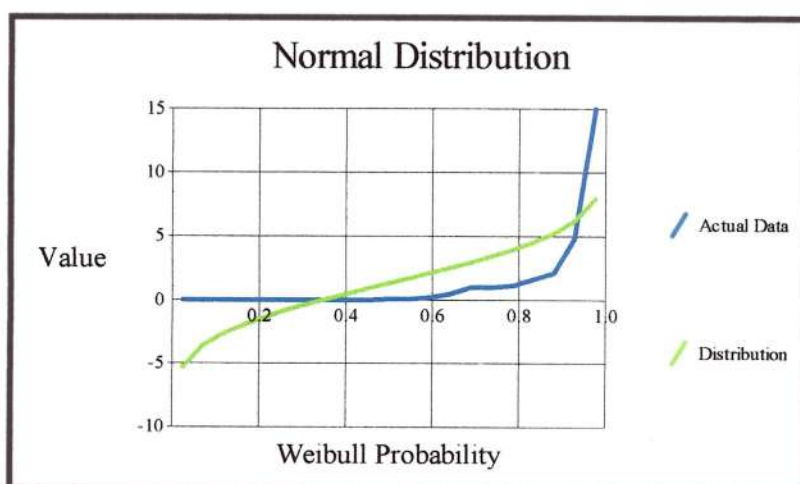
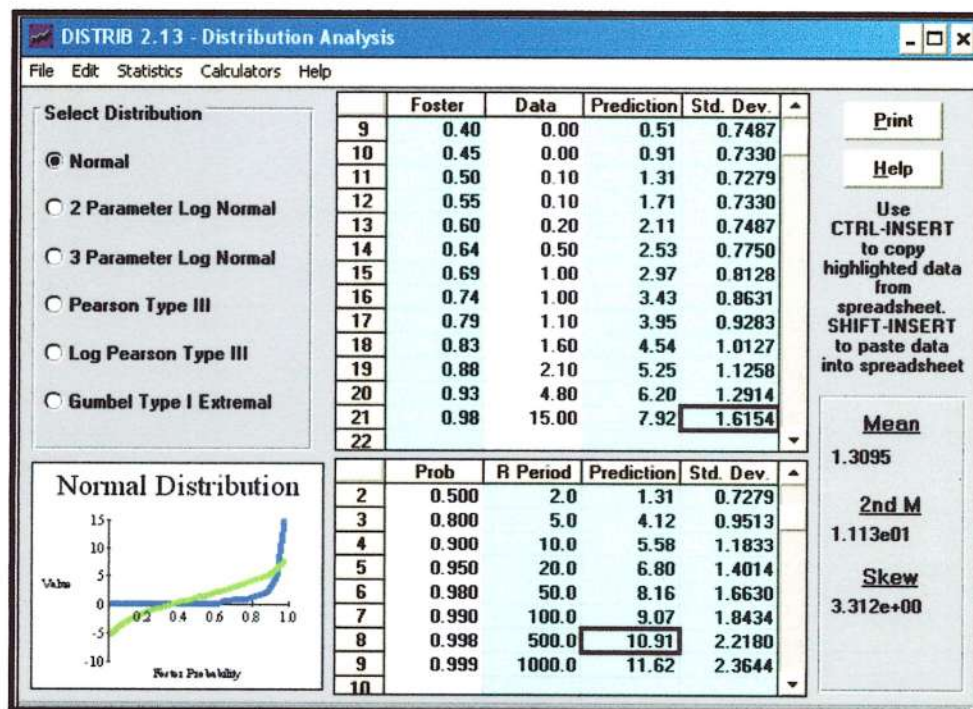
$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Sumatoria de las longitudes X Desnivel constante}}{\text{Área total de la Cuenca}}$$

<b>Desnivel Constante</b>	5 m
<b>Área total de la Cuenca</b>	142371.88 m <sup>2</sup>
<b>Pendiente</b>	0.39 m/m

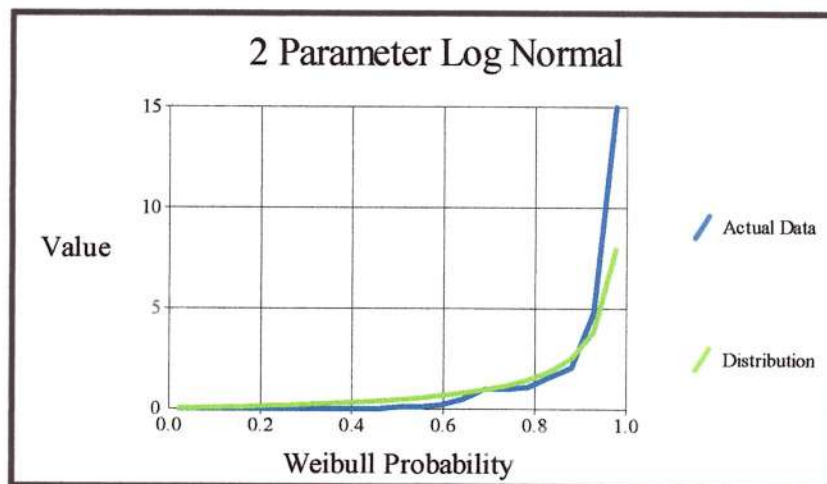
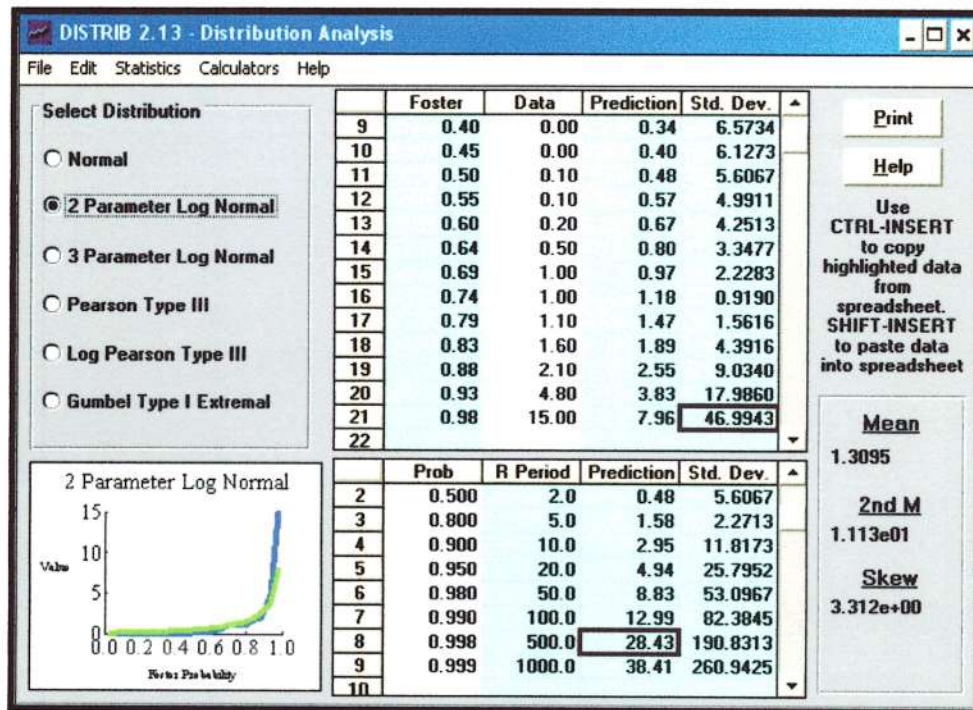
# AJUSTE DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) A DIFERENTES PROBABILIDADES

## PROGRAMA SMADA 6.0

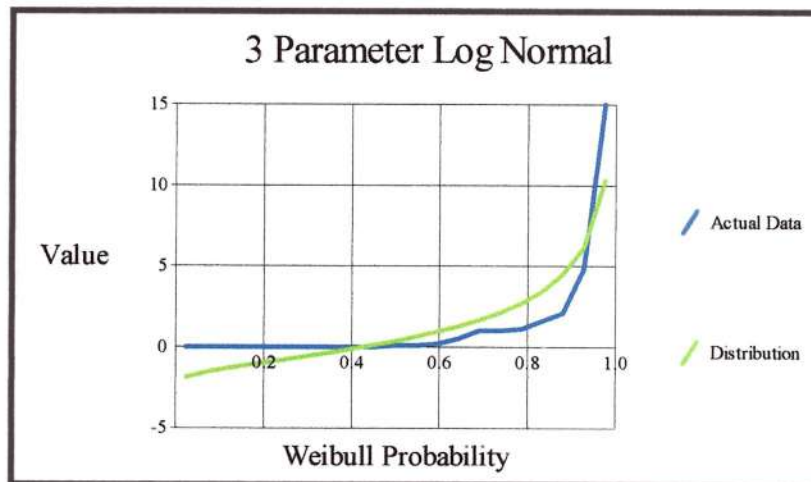
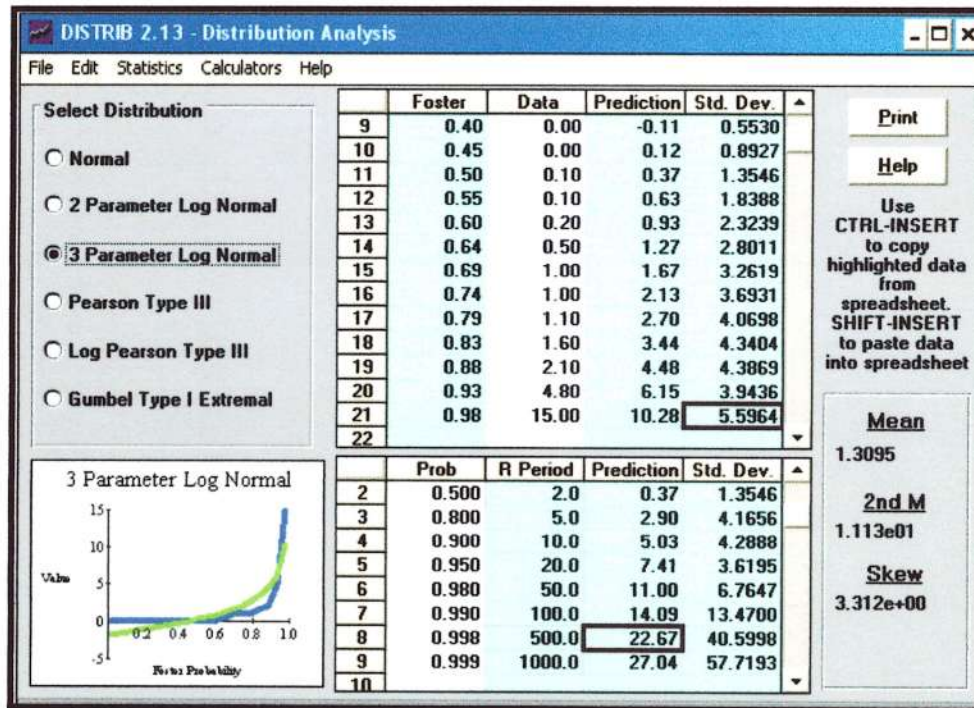
### Distribución Normal:



## Distribución Log Normal 2 Parámetros:



## Distribución Log Normal 3 Parámetros:



### Distribución Pearson Tipo III:

**DISTRIB 2.13 - Distribution Analysis**

File Edit Statistics Calculators Help

**Select Distribution**

- Normal
- 2 Parameter Log Normal
- 3 Parameter Log Normal
- Pearson Type III**
- Log Pearson Type III
- Gumbel Type I Extremal

	Foster	Data	Prediction	Std. Dev.
9	0.40	0.00	0.07	1.7630
10	0.45	0.00	0.07	1.6951
11	0.50	0.10	0.08	1.3897
12	0.55	0.10	0.11	0.8930
13	0.60	0.20	0.16	0.3540
14	0.64	0.50	0.25	0.8223
15	0.69	1.00	0.39	1.8208
16	0.74	1.00	0.62	3.0044
17	0.79	1.10	0.98	4.3505
18	0.83	1.60	1.55	5.8490
19	0.88	2.10	2.50	7.4675
20	0.93	4.80	4.32	9.0501
21	0.98	15.00	9.56	9.6371
22				

Print  
Help

Use CTRL-INSERT to copy highlighted data from spreadsheet. SHIFT-INSERT to paste data into spreadsheet

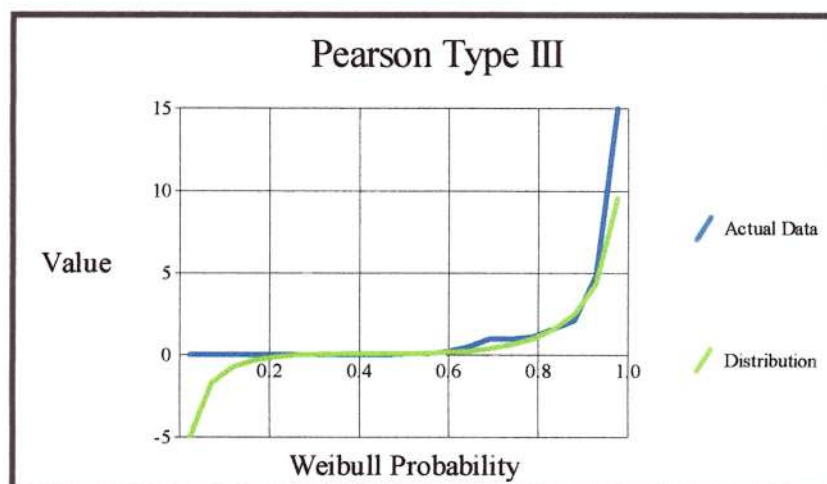
**Mean**  
1.3095

**2nd M**  
1.113e01

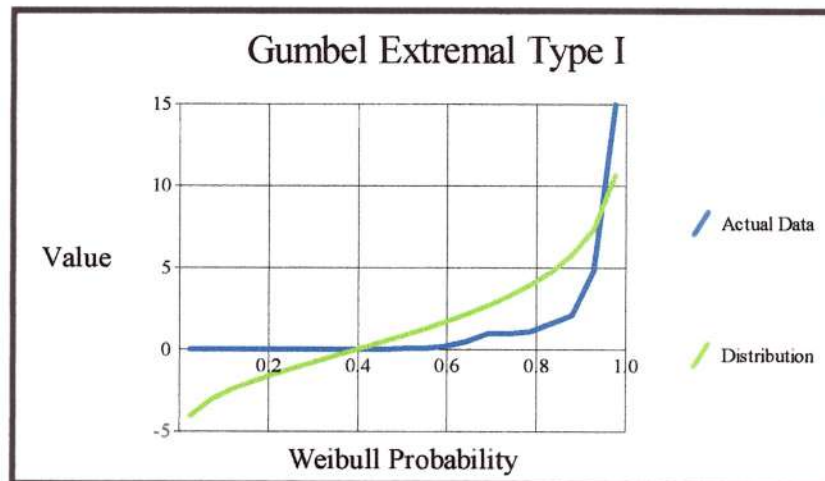
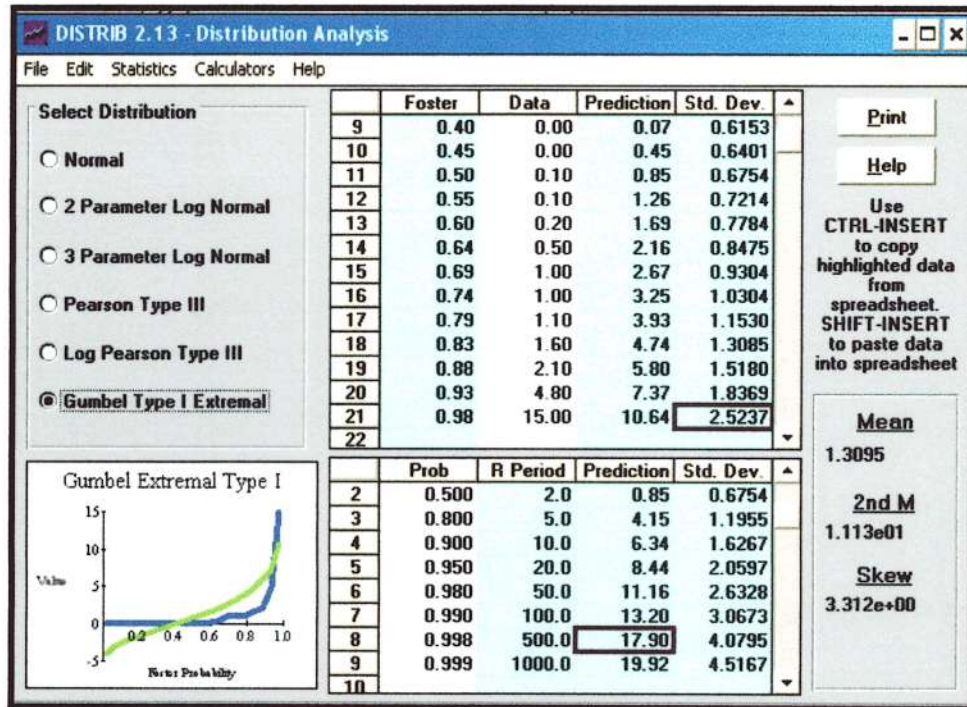
**Skew**  
3.312e+00

**Pearson Type III**

	Prob	R Period	Prediction	Std. Dev.
2	0.500	2.0	0.08	1.3897
3	0.800	5.0	1.12	4.7847
4	0.900	10.0	3.07	8.1242
5	0.950	20.0	5.84	9.5821
6	0.980	50.0	10.54	9.5670
7	0.990	100.0	14.80	9.9422
8	0.998	500.0	26.64	21.5663
9	0.999	1000.0	32.49	30.8347
10				



## Distribución Gumbel Extrema Tipo I:



## CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)

### PROGRAMA SMADA 6.0

#### Fórmula de Kerby:

The screenshot shows the 'Time of Concentration Calculator' window. Under 'Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)', the following options are listed:

- Izzard's formula
- Kerby's equation:  $t_c = 22.2 \text{ minutes}$
- Kirpich's equation
- Kinematic equation
- Bransby Williams equation
- Federal Aviation Agency equation

The Kerby equation is displayed in a box: 
$$t_c = c \left( \frac{Ln}{S^{1/2}} \right)^{0.467}$$

Below the equations, there is a button labeled 'Open TR55 Worksheet'.

Under 'Enter Required Parameters for Calculation', the following values are entered:

- Slope (m/m): 0.39
- Length of overland flow (m): 724.51
- Retardance Roughness: 0.30

At the bottom, there are three buttons: 'Done', 'Print', and 'About'. To the right, there is a 'Select Unit System' section with radio buttons for 'Metric' (selected) and 'English'. At the bottom right, it says 'Programmed by Dr. R.D. Eaglin'.

#### Fórmula de Kirpich:

The screenshot shows the 'Time of Concentration Calculator' window. Under 'Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)', the following options are listed:

- Izzard's formula
- Kerby's equation
- Kirpich's equation:  $t_c = 4.5 \text{ minutes}$
- Kinematic equation
- Bransby Williams equation
- Federal Aviation Agency equation

The Kirpich equation is displayed in a box: 
$$t_c = 0.0078 \left( \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Below the equations, there is a button labeled 'Open TR55 Worksheet'.

Under 'Enter Required Parameters for Calculation', the following values are entered:

- Slope (m/m): 0.39
- Length of overland flow (m): 724.51

At the bottom, there are three buttons: 'Done', 'Print', and 'About'. To the right, there is a 'Select Unit System' section with radio buttons for 'Metric' (selected) and 'English'. At the bottom right, it says 'Programmed by Dr. R.D. Eaglin'.



### Fórmula de Brasby Williams:

**Time of Concentration Calculator**

Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)

Izzard's formula  
 Kerby's equation  
 Kirpich's equation  
 Kinematic equation  
 **Brasby Williams equation: tc = 15.5 minutes**  
 Federal Aviation Agency equation

Enter Required Parameters for Calculation

Slope (m/m)   
Length of overland flow (m)   
Watershed Area (square km)

Select Unit System  
 Metric  English

Programmed by Dr. R.D. Eaglin

$$t_c = 0.93 \left( \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{i^{0.4} S^{0.3}} \right)$$

### Fórmula de la Agencia Federal de Aviación:

**Time of Concentration Calculator**

Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)

Izzard's formula  
 Kerby's equation  
 Kirpich's equation  
 Kinematic equation  
 Brasby Williams equation  
 **Federal Aviation Agency equation: tc = 19.6 minutes**

Enter Required Parameters for Calculation

Slope (m/m)   
Length of overland flow (m)   
Rational Coefficient (C)

Select Unit System  
 Metric  English

Programmed by Dr. R.D. Eaglin

$$t_c = \frac{1.8(1.1 - C)L^{0.5}}{S^{0.33}}$$

**Fórmula de Instrucción de Carreteras 5.2 IC – Ministerio de Obras Públicas,  
1990:**

$$T_c = 0.3 \times \left( \frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de Concentración (horas=

L = Longitud del Cauce (Km)

J = Pendiente media (m/m)

Reemplazando:

$$T_c = 0.3 \times \left( \frac{0.7245}{0.39^{0.25}} \right)^{0.76}$$

$$T_c = 0.28 \text{ horas}$$

$$T_c = 16.85 \text{ min}$$

## I. METODO RACIONAL

### CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DE DRENAJE:

Longitud del cauce: 0.72 Km  
 Altura media: 537.78 m  
 Pendiente: 0.39 m/m  
 Área: 0.14 Km<sup>2</sup>

### CALCULO DE FACTORES DE CORRECCION:

Altura estación base: 200.00 msnm  
 Altura media cuenca: 537.78 msnm  
 FC por altura: 2.69  
 FC por lectura: 1.13  
 FC por área: 1.00

### CALCULO DE PARAMETROS:

Tc: 0.31 horas  
 D: 0.31 horas  
 C: 0.45

Para cuencas pequeñas se  
asume Tc = D (Villón, 2002)

Suelo sin vegetación  
semipermeable

### 2. CAUDALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO: QUEBRADA CAMPANA

Periodo de Retorno ( años )	Pmáx. En 24h ( mm )	Pmax de diseño ( mm )	Pd ( mm )	I ( mm/hora )	Q ( m <sup>3</sup> /seg )
2	0.08	0.2	0.1	0.3	0.00
5	1.1	3.4	1.1	3.7	0.07
10	3.1	9.3	3.1	10.2	0.18
20	5.8	17.7	6.0	19.3	0.34
50	10.5	32.0	10.8	34.9	0.62
100	14.8	45.0	15.1	49.0	0.87
<b>500</b>	<b>26.6</b>	<b>80.9</b>	<b>27.3</b>	<b>88.2</b>	<b>1.57</b>
1000	32.5	98.7	33.3	107.6	1.92

**II. METODO DEL SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)**

$$Qp = \frac{(0.208 * A * Pe)}{Tp} \quad \dots (1)$$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \dots (2)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \dots (3)$$

$$Tp = 0.5D + 0.6Tc \quad \dots (4)$$

$$Tb = 2.67 * Tp \quad \dots (5)$$

Donde:

- A: Superficie de la cuenca (Km2)
- Pe: Precipitación efectiva (mm)
- Tp: Tiempo pico (horas)
- P: Precipitación de diseño (mm)
- CN: Número Hidrológico
- S: Retención potencial máxima (mm)
- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- D: Duración de la precipitación neta (horas)

DETERMINACION DEL CN:

MARGEN IZQUIERDA:

GRUPO:	B
CN1:	79
%A1:	0.5

MARGEN DERECHA:

GRUPO:	B
CN2:	79
%A2:	0.45

CAUCE:

GRUPO:	A
CN3:	68
%A3:	0.05

CALCULO DEL CN:

$$CN = \sum \%A_i * CN_i \quad \dots (6)$$

CN =	78.45
------	-------

SE CONSIDERAN PASTIZALES EN CONDICIONES:	Pobres
HUMEDAD:	TIPO I
CN CORREGIDO:	60

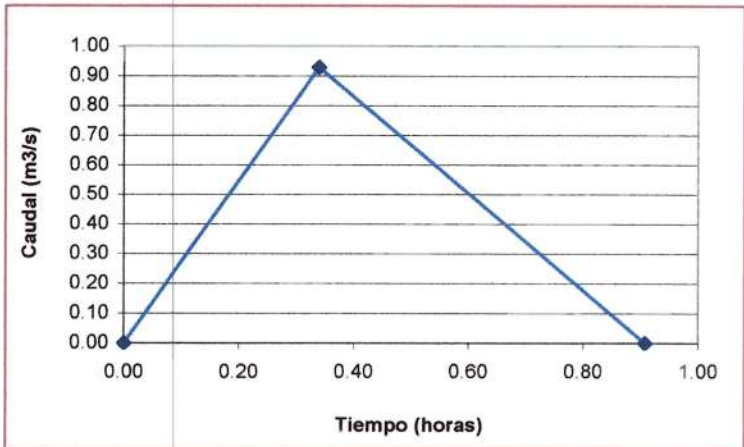
**CORRECCIONES**

AREA SUBCUENCA :	0.14 Km2
LONGITUD :	0.72 km
DIFERENCIA DE ALTURAS :	221.00 m
PENDIENTE :	0.39 m/m
ALTURA SUBCUENCA CAMPANA :	537.78 msnm
ALTURA ESTACION BASE :	200.00 msnm

C1	2.69	→	corrección por altura
C2	1.13	→	corrección por lectura
C3	1	→	corrección para dar sentido de área y no de punto
<b>CF</b>	<b>3.04</b>		

**4. CALCULO DE PRECIPITACION DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO**

Periodo de Retorno (años)	Pmáx. En 24h zona de estudio (mm)	P (mm)	S	Pe (mm)	Tc (horas)	D (horas)	Tp (horas)	Q (m³/seg)
2	0.1	0.2	166.1	0.0	0.31	0.31	0.34	0.00
5	1.1	3.4	166.1	0.0	0.31	0.31	0.34	0.00
10	3.1	9.3	166.1	0.0	0.31	0.31	0.34	0.00
20	5.8	17.7	166.1	0.0	0.31	0.31	0.34	0.00
50	10.5	32.0	166.1	0.0	0.31	0.31	0.34	0.00
100	14.8	45.0	166.1	0.8	0.31	0.31	0.34	0.07
<b>500</b>	<b>26.6</b>	<b>80.9</b>	<b>166.1</b>	<b>10.6</b>	<b>0.31</b>	<b>0.31</b>	<b>0.34</b>	<b>0.93</b>
1000	32.5	98.7	166.1	18.5	0.31	0.31	0.34	1.61



**Datos para construcción del triángulo**

TIEMPO	Q
0.00	0.00
0.34	0.9
0.91	0.00

**Comprobación:**

Volumen total por el área bajo el hidrograma (area triángulo = Base \* altura / 2):

**1516 m³**

Volumen total (area cuenca \* lámina agua caída):

**1516 m³**

**ANEXO 7**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

Factores Ambientales		Acciones Impactantes										Número de Iteraciones			
		Fase de Formulación o Preliminar		Fase de Construcción									Fase de Operación y Mantenimiento		
		Adquisición de Terrenos para el Proyecto	Ejecución de investigaciones y estudios básicos	Construcción de caminos de acceso	Construcción de campo y patio de máquinas	Extracción de materiales de canteras con maquinaria	Tránsito de vehículos y personal	Voladura, perforaciones y excavaciones	Preparación de materiales para construcción	Compactación de terraplenes, taludes y zonas excavadas	Desmonte, relleno y residuos de campamento	Derivación permanente de quebrada intermitente	Disposición de los relaves en el depósito		
Medio Físico	Medio Biológico	Nivel de ruido		X	X	X	X	X	X	X	X		X	9	
		Humos y gases		X	X	X	X	X	X		X				7
	Medio Socio Económico	Variación del flujo en la quebrada intermitente											X		1
		Calidad del agua subterránea											X	X	3
	Medio Cultural	Suelo			X	X	X	X	X		X				7
		Erosión			X	X	X	X	X						4
		Modificación del relieve			X	X	X	X	X		X		X		7
		Reducción de la cobertura vegetal			X	X	X	X	X		X				7
		Afectación a especies endémicas			X	X	X	X	X		X				8
		Afectación a la salud humana												X	1
Medio Cultural	Generación de empleo permanente												X	1	
	Generación de empleo temporal		X	X	X	X	X	X	X	X				9	
	Ingresos económicos locales	X	X	X	X	X	X	X					X	3	
	Alteración del paisaje		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	9	
		1	2	10	9	10	9	10	3	8	10	3	7		
<b>Número de Iteraciones</b>															

**MATRIZ DE LEOPOLD VALORIZADA**

Factores Ambientales		Acciones Impactantes											Promedios Positivos	Promedios Negativos	Promedio Aritmético									
		Fase de Formulación o Preliminar		Fase de Construcción												Fase de Operación y Mantenimiento								
		Adquisición de Terrenos para el Proyecto	Ejecución de Investigaciones y estudios básicos	Construcción de caminos de acceso	Construcción de campearmento y patio de máquinas	Extracción de materiales de canteras con maquinaria	Tránsito de vehículos y personal	Voladura, perforaciones y excavaciones	Preparación de materiales para construcción	Compactación de terraplenes, taludes y zonas excavadas	Desmonte, relleno y residuos de campamento	Derivación permanente de quebrada intermitente				Disposición de los relaves en el depósito								
Medio Físico	Nivel de ruido			-5	3	-4	3	-5	3	-6	4	2	-4	3	-3	2	-2	3	-	9	-113			
	Humos y gases			-3	3	-3	3	-4	3	-4	3		-3	3	-2	3				-	7	-66		
	Nivel de polvo			-5	3	-4	4	-5	4	-3	5	4			-2	3				-	6	-86		
	Variación del flujo en la quebrada intermitente																			-	1	-21		
	Agua																			-	1	-21		
	Medio Biológico	Calidad del agua subterránea																			-	3	-82	
		Compactación			-5	5	-4	5	-2	3	-5	5	-2	3		-4	5	-3	2	-7	8	3	-82	
		Erosión			-5	3			-4	3	-4	3	-4	4		-5	7	-4	6		-	7	-141	
		Modificación del relieve			-4	4	-4	3	-5	4	-4	4	-4	4		-5	4	-3	4		-	4	-55	
	Medio Socio Económico	Reducción de la cobertura vegetal			-4	4	-3	4	-4	4	-4	4	-4	4		-3	4	-3	4		-	7	-116	
Afectación a especies endémicas				-4	4	-3	4	-4	4	-4	4	-4	4		-3	4	-3	4		-	7	-93		
Afectación a la salud humana				-5	4	-3	4	-3	4	-4	4	-4	4		-2	3	-2	3	-4	4	-	8	-97	
Generación de empleo permanente																					-	1	-49	
Medio Cultural	Generación de empleo temporal	7	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	8	7	1	56	
	Ingresos económicos locales	6	3	5	4																6	7	3	80
	Alteración del paisaje			-4	5	-3	4	-4	4	-4	4	-2	3	-5	4						6	7	3	80
	Promedios Positivos	1	2	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	9	-131
Promedios Negativos	-	-	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	10	10	10	10	3	5	8	5	
Promedio Aritmético	18	62	-121	-75	-93	-116	-103	-84	-81	-36	-49	-131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



**MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS**

Factores Ambientales		Medio Físico	Medio Biológico	Medio Socio Económico	Valor	Número de Orden	Carácter	
							Temporal	Permanente
Aire	Medio Físico	Nivel de ruido			-38	1	X	
		Humos y gases			-22	7	X	
Agua	Medio Físico	Nivel de polvo			-24	6	X	
		Variación del flujo en la quebrada intermitente			-7	10		X
Suelo	Medio Físico	Calidad del agua subterránea			-14	9		X
		Compactación			-27	4	X	
		Erosión			-17	8		X
Flora	Medio Biológico	Modificación del relieve			-30	3	X	
		Reducción de la cobertura vegetal			-24	6		X
Fauna	Medio Socio Económico	Afectación a especies endémicas			-26	5	X	
		Afectación a fauna terrestre			-30	3	X	
		Afectación a la salud humana			-7	10		X
		Alteración del paisaje			-34	2		X

**ANEXO 8**

**ANALISIS DE ALTERNATIVAS**

## LAMINAS

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**ALTERNATIVA 1**

**1. REQUERIMIENTOS DE CIA. MINERA PARA EL DEPOSITO PROYECTADO:**

1.1 CAPACIDAD DEL VASO REQUERIDO =	31,200 m <sup>3</sup>	
1.2 PRODUCCION DE RELAVES TOTAL (1) =	93,600 TMSA	→ 300 TMSD
1.3 DENSIDAD RELAVES =	1.50 TM/m <sup>3</sup>	
1.4 VOLUMEN DE RELAVES A DEPOSITAR =	62,400 m <sup>3</sup> /año	
1.5 TIEMPO DE VIDA PROYECTADO =	0.5 años	

**2. CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES PROYECTADO:**

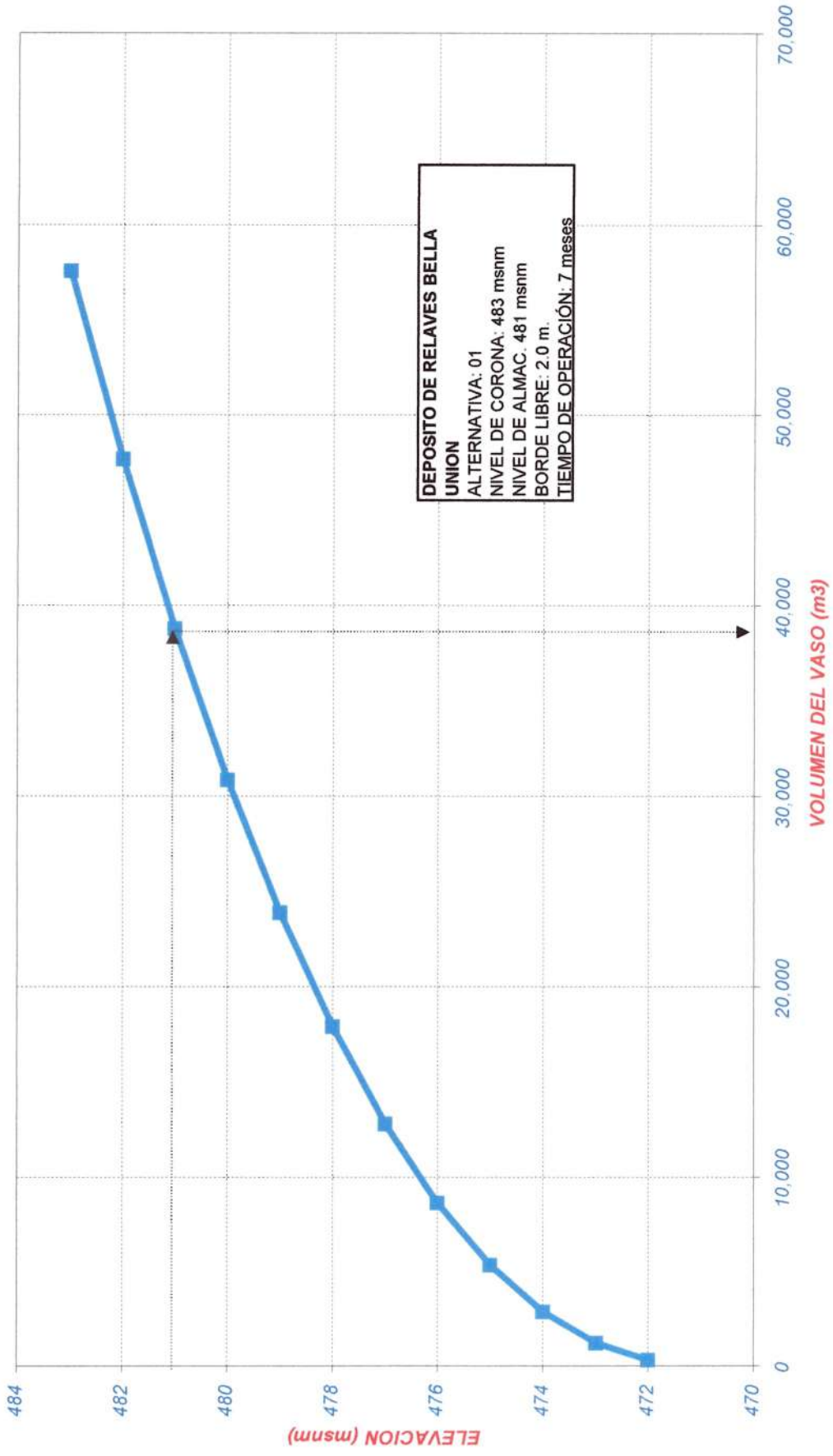
2.1 NIV. MAX.RELAVES =	481.00 msnm
2.2 BORDE LIBRE =	2.00 m
2.3 NIVEL DE CORONA PROYECTADA =	483.00 msnm
2.4 CAPACIDAD DEL VASO =	38,798 m <sup>3</sup>
2.5 VOLUMEN DE PRESA =	39,350 m <sup>3</sup>
2.6 RAZON DE EFICIENCIA =	0.99

COTA DEL VASO (msnm)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO OPERACIÓN (AÑOS)	DATOS PRESA	VOLUMEN PRESA (m <sup>3</sup> )
471	79.4				
472	552.2	316	0.0		
473	1,259.4	1,222	0.0		
474	2,073.5	2,888	0.0		
475	2,861.1	5,355	0.1		
476	3,703.9	8,638	0.1		
477	4,637.8	12,809	0.2		
478	5,557.8	17,907	0.3		
479	6,462.6	23,917	0.4		
480	7,449.9	30,873	0.5		
481	8,399.5	38,798	0.6	← Cota máx. almacen.	
482	9,386.1	47,690	0.8		
483	10,428.4	57,598	0.9	← Cota corona Presa	39350

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO RELAVES (m <sup>3</sup> )	38,798
VOLUMEN DE PRESA (m <sup>3</sup> )	39,350
RAZON DE EFICIENCIA	0.99
TIEMPO DE OPERAC. DEL DEP. PROYECTADO (años)	0.5
LONGITUD DE PRESA (m.)	166.5

# DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION ALTERNATIVA 1

LAMINA No. 2: VOLUMEN DEL VASO VS ELEVACION



## DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

## ALTERNATIVA 2

## 1. REQUERIMIENTOS DE CIA. MINERA PARA EL DEPOSITO PROYECTADO:

1.1 CAPACIDAD DEL VASO REQUERIDO =	62,400 m <sup>3</sup>	
1.2 PRODUCCION DE RELAVES TOTAL (1) =	93,600 TMSA	→ 300 TMSD
1.3 DENSIDAD RELAVES =	1.50 TM/m <sup>3</sup>	
1.4 VOLUMEN DE RELAVES A DEPOSITAR =	62,400 m <sup>3</sup> /año	
1.5 TIEMPO DE VIDA PROYECTADO =	1.0 años	

## 2. CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES PROYECTADO:

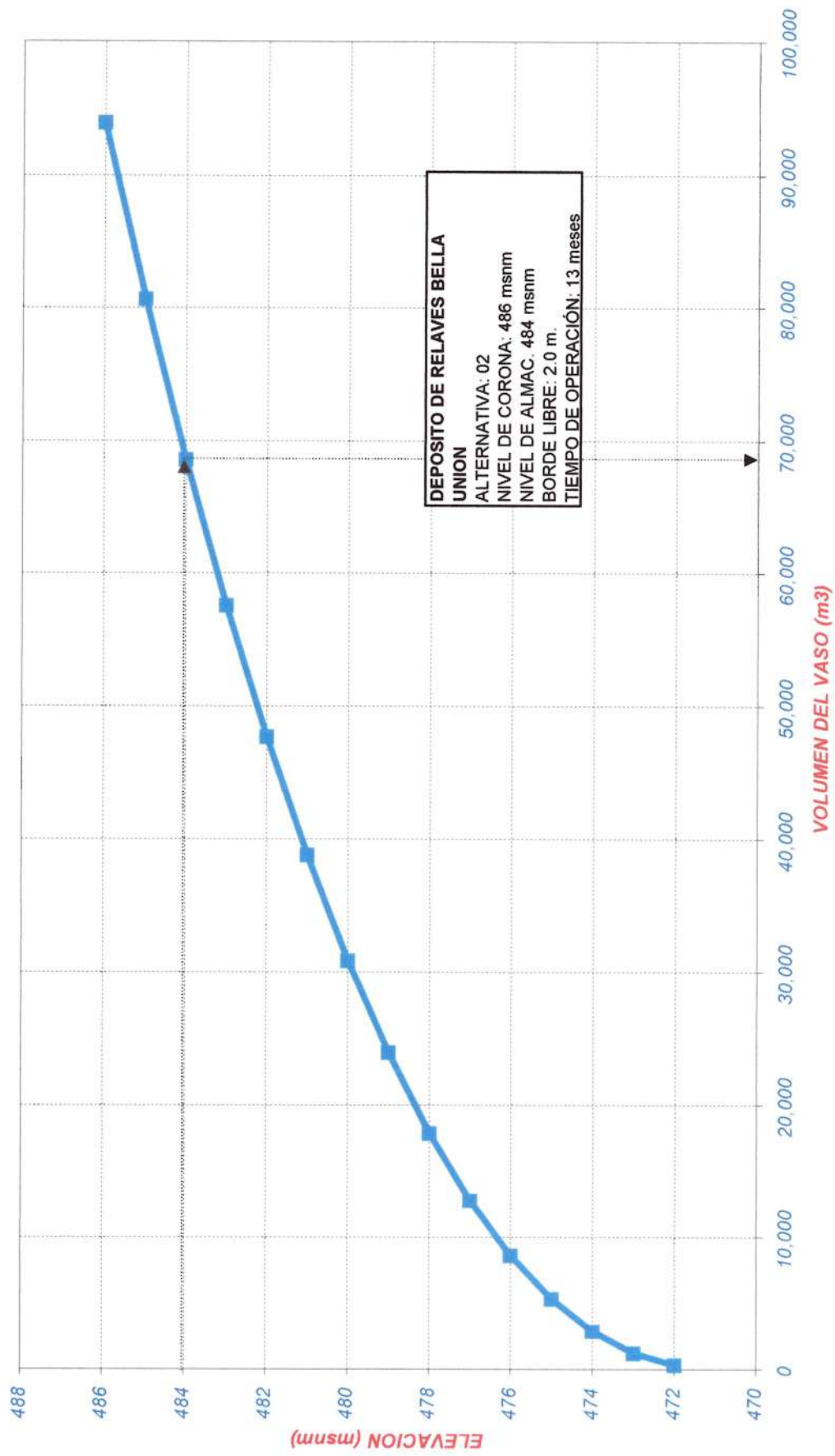
2.1 NIV. MAX.RELAVES =	484.00 msnm
2.2 BORDE LIBRE =	2.00 m
2.3 NIVEL DE CORONA PROYECTADA =	486.00 msnm
2.4 CAPACIDAD DEL VASO =	68,579 m <sup>3</sup>
2.5 VOLUMEN DE PRESA =	64,295 m <sup>3</sup>
2.6 RAZON DE EFICIENCIA =	1.07

COTA DEL VASO (msnm)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO OPERACIÓN (AÑOS)	DATOS PRESA	VOLUMEN PRESA (m <sup>3</sup> )
471	79.4				
472	552.2	316	0.0		
473	1,259.4	1,222	0.0		
474	2,073.5	2,888	0.0		
475	2,861.1	5,355	0.1		
476	3,703.9	8,638	0.1		
477	4,637.8	12,809	0.2		
478	5,557.8	17,907	0.3		
479	6,462.6	23,917	0.4		
480	7,449.9	30,873	0.5		
481	8,399.5	38,798	0.6		
482	9,386.1	47,690	0.8		
483	10,428.4	57,598	0.9		
484	11,533.6	68,579	1.1	← Cota máx. almacen.	
485	12,666.4	80,679	1.3		
486	13,844.3	93,934	1.5	← Cota corona Presa	64295

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO RELAVES (m <sup>3</sup> )	68,579
VOLUMEN DE PRESA (m <sup>3</sup> )	64,295
RAZON DE EFICIENCIA	1.07
TIEMPO DE OPERAC. DEL DEP. PROYECTADO (años)	1.0
LONGITUD DE PRESA (m.)	188.3

# DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION ALTERNATIVA 2

LAMINA No. 4: VOLUMEN DEL VASO VS ELEVACION



## DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

## ALTERNATIVA 3

## 1. REQUERIMIENTOS DE CIA. MINERA PARA EL DEPOSITO PROYECTADO:

1.1 CAPACIDAD DEL VASO REQUERIDO =	156,000 m <sup>3</sup>	
1.2 PRODUCCION DE RELAVES TOTAL (1) =	93,600 TMSA	→ 300 TMSD
1.3 DENSIDAD RELAVES =	1.50 TM/m <sup>3</sup>	
1.4 VOLUMEN DE RELAVES A DEPOSITAR =	62,400 m <sup>3</sup> /año	
1.5 TIEMPO DE VIDA PROYECTADO =	2.5 años	

## 2. CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES PROYECTADO:

2.1 NIV. MAX. RELAVES =	490.00 msnm
2.2 BORDE LIBRE =	2.00 m
2.3 NIVEL DE CORONA PROYECTADA =	492.00 msnm
2.4 CAPACIDAD DEL VASO =	158,658 m <sup>3</sup>
2.5 VOLUMEN DE PRESA =	144,604 m <sup>3</sup>
2.6 RAZON DE EFICIENCIA =	1.10

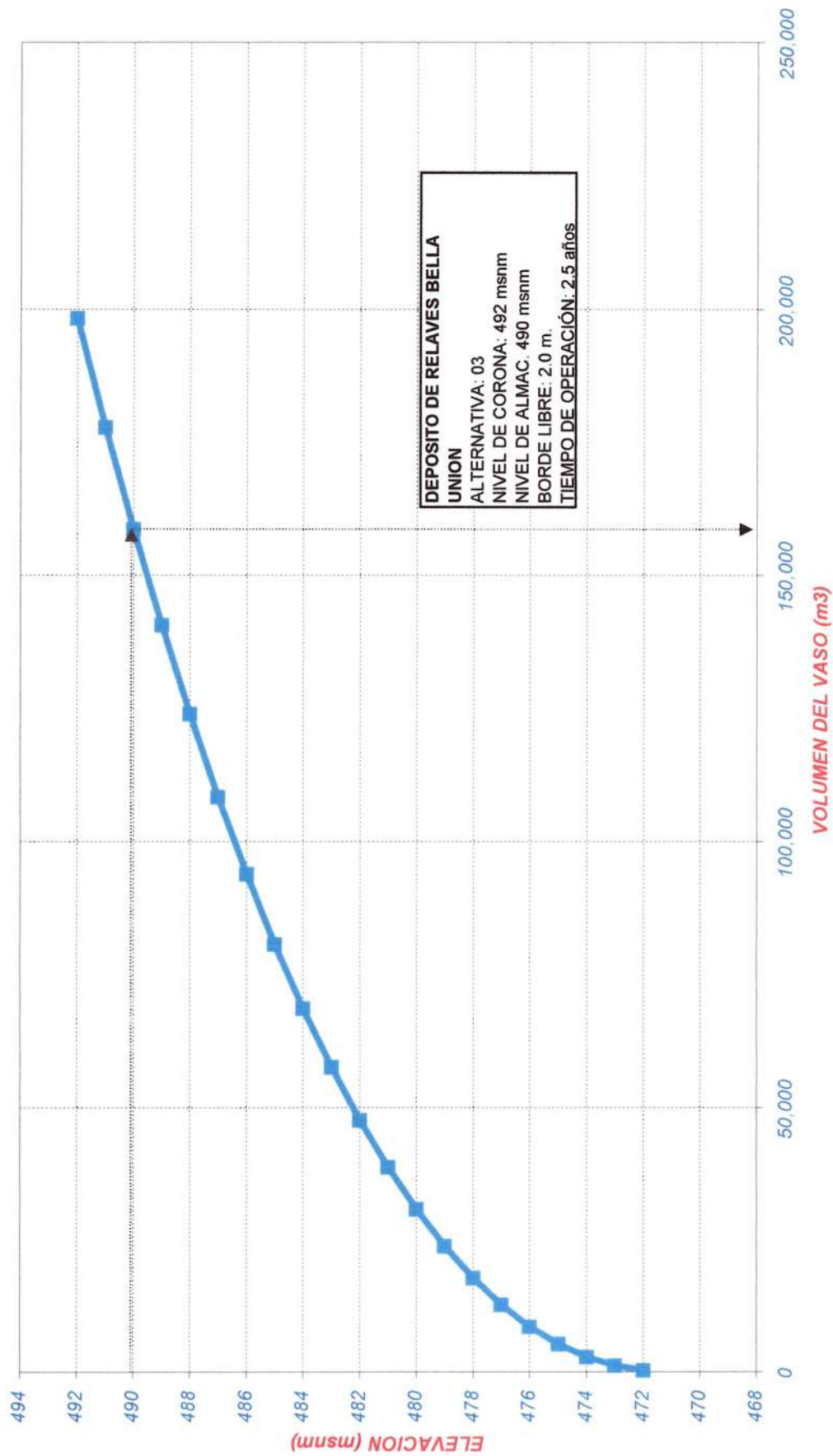
COTA DEL VASO (msnm)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO OPERACIÓN (AÑOS)	DATOS PRESA	VOLUMEN PRESA (m <sup>3</sup> )
471	79.4				
472	552.2	316	0.0		
473	1,259.4	1,222	0.0		
474	2,073.5	2,888	0.0		
475	2,861.1	5,355	0.1		
476	3,703.9	8,638	0.1		
477	4,637.8	12,809	0.2		
478	5,557.8	17,907	0.3		
479	6,462.6	23,917	0.4		
480	7,449.9	30,873	0.5		
481	8,399.5	38,798	0.6		
482	9,386.1	47,690	0.8		
483	10,428.4	57,598	0.9		
484	11,533.6	68,579	1.1		
485	12,666.4	80,679	1.3		
486	13,844.3	93,934	1.5		
487	15,007.0	108,360	1.7		
488	16,171.6	123,949	2.0		
489	17,343.7	140,707	2.3		
490	18,558.7	158,658	2.5	← Cota máx. almacen.	
491	19,845.7	177,860	2.9		
492	21,122.1	198,344	3.2	← Cota corona Presa	144604

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO RELAVES (m <sup>3</sup> )	158,658
VOLUMEN DE PRESA (m <sup>3</sup> )	144,604
RAZON DE EFICIENCIA	1.10
TIEMPO DE OPERAC. DEL DEP. PROYECTADO (años)	2.5
LONGITUD DE PRESA (m.)	230.7



# DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION ALTERNATIVA 3

LAMINA No. 6: VOLUMEN DEL VASO VS ELEVACION



## DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

## ALTERNATIVA 4

## 1. REQUERIMIENTOS DE CIA. MINERA PARA EL DEPOSITO PROYECTADO:

1.1 CAPACIDAD DEL VASO REQUERIDO =	343,200 m <sup>3</sup>	
1.2 PRODUCCION DE RELAVES TOTAL (1) =	93,600 TMSA	→ 300 TMSD
1.3 DENSIDAD RELAVES =	1.50 TM/m <sup>3</sup>	
1.4 VOLUMEN DE RELAVES A DEPOSITAR =	62,400 m <sup>3</sup> /año	
1.5 TIEMPO DE VIDA PROYECTADO =	5.5 años	

## 2. CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES PROYECTADO:

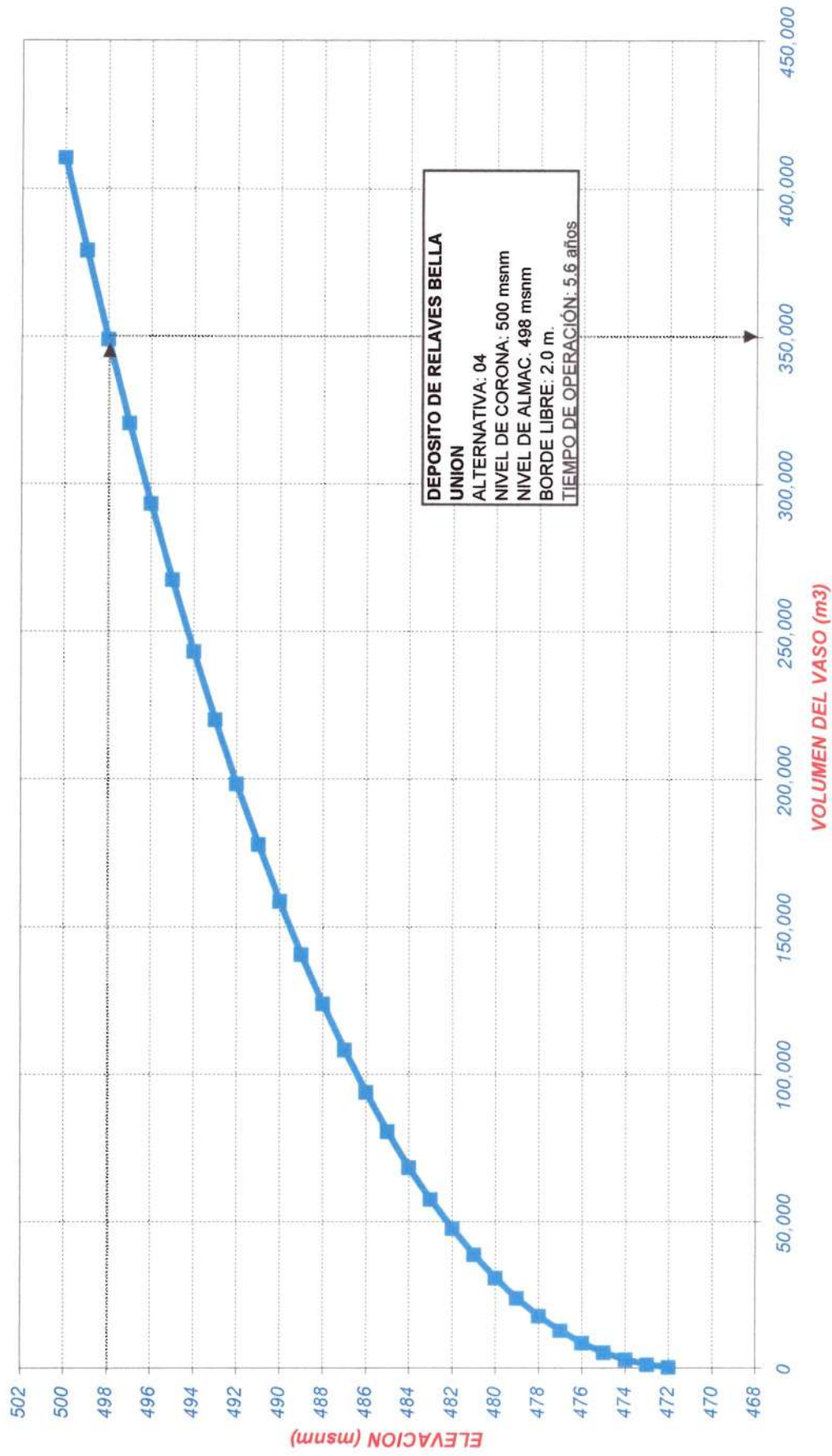
2.1 NIV. MAX.RELAVES =	498.00 msnm
2.2 BORDE LIBRE =	2.00 m
2.3 NIVEL DE CORONA PROYECTADA =	500.00 msnm
2.4 CAPACIDAD DEL VASO =	349,170 m <sup>3</sup>
2.5 VOLUMEN DE PRESA =	299,758 m <sup>3</sup>
2.6 RAZON DE EFICIENCIA =	1.2

COTA DEL VASO (msnm)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO OPERACIÓN (AÑOS)	DATOS PRESA	VOLUMEN PRESA (m <sup>3</sup> )
471	79.4				
472	552.2	316	0.0		
473	1,259.4	1,222	0.0		
474	2,073.5	2,888	0.0		
475	2,861.1	5,355	0.1		
476	3,703.9	8,638	0.1		
477	4,637.8	12,809	0.2		
478	5,557.8	17,907	0.3		
479	6,462.6	23,917	0.4		
480	7,449.9	30,873	0.5		
481	8,399.5	38,798	0.6		
482	9,386.1	47,690	0.8		
483	10,428.4	57,598	0.9		
484	11,533.6	68,579	1.1		
485	12,666.4	80,679	1.3		
486	13,844.3	93,934	1.5		
487	15,007.0	108,360	1.7		
488	16,171.6	123,949	2.0		
489	17,343.7	140,707	2.3		
490	18,558.7	158,658	2.5		
491	19,845.7	177,860	2.9		
492	21,122.1	198,344	3.2		
493	22,406.4	220,108	3.5		
494	23,728.2	243,175	3.9		
495	25,092.6	267,586	4.3		
496	26,488.5	293,376	4.7		
497	27,880.2	320,561	5.1		
498	29,338.9	349,170	5.6	← Cota máx. almacen.	
499	30,740.6	379,210	6.1		
500	32,151.5	410,656	6.6	← Cota corona Presa	299758

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO RELAVES (m <sup>3</sup> )	349,170
VOLUMEN DE PRESA (m <sup>3</sup> )	299,758
RAZON DE EFICIENCIA	1.2
TIEMPO DE OPERAC. DEL DEP. PROYECTADO (años)	5.5
LONGITUD DE PRESA (m.)	282.8

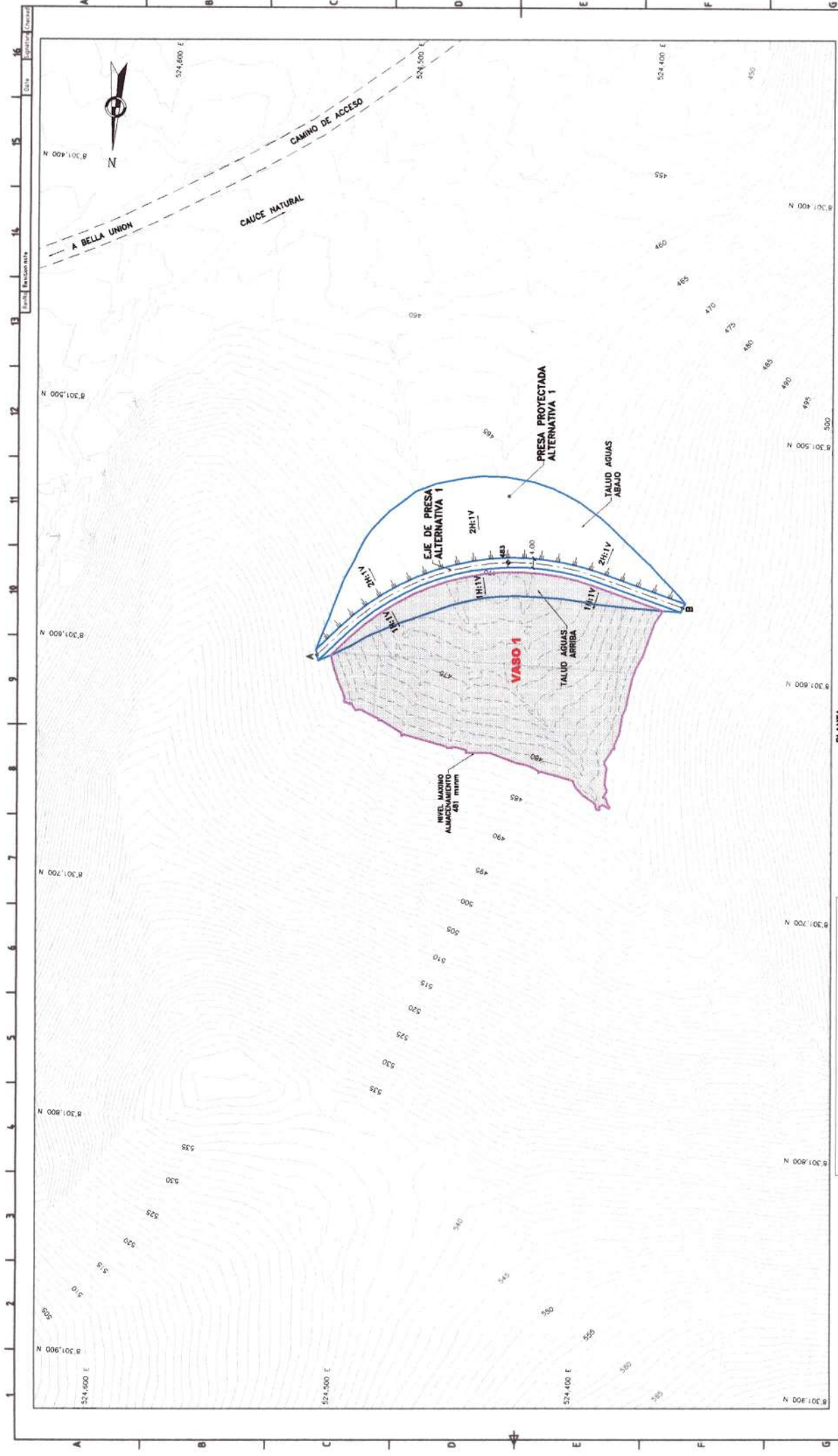
# DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION ALTERNATIVA 4

LAMINA No. 8: VOLUMEN DEL VASO VS ELEVACION



## PLANOS





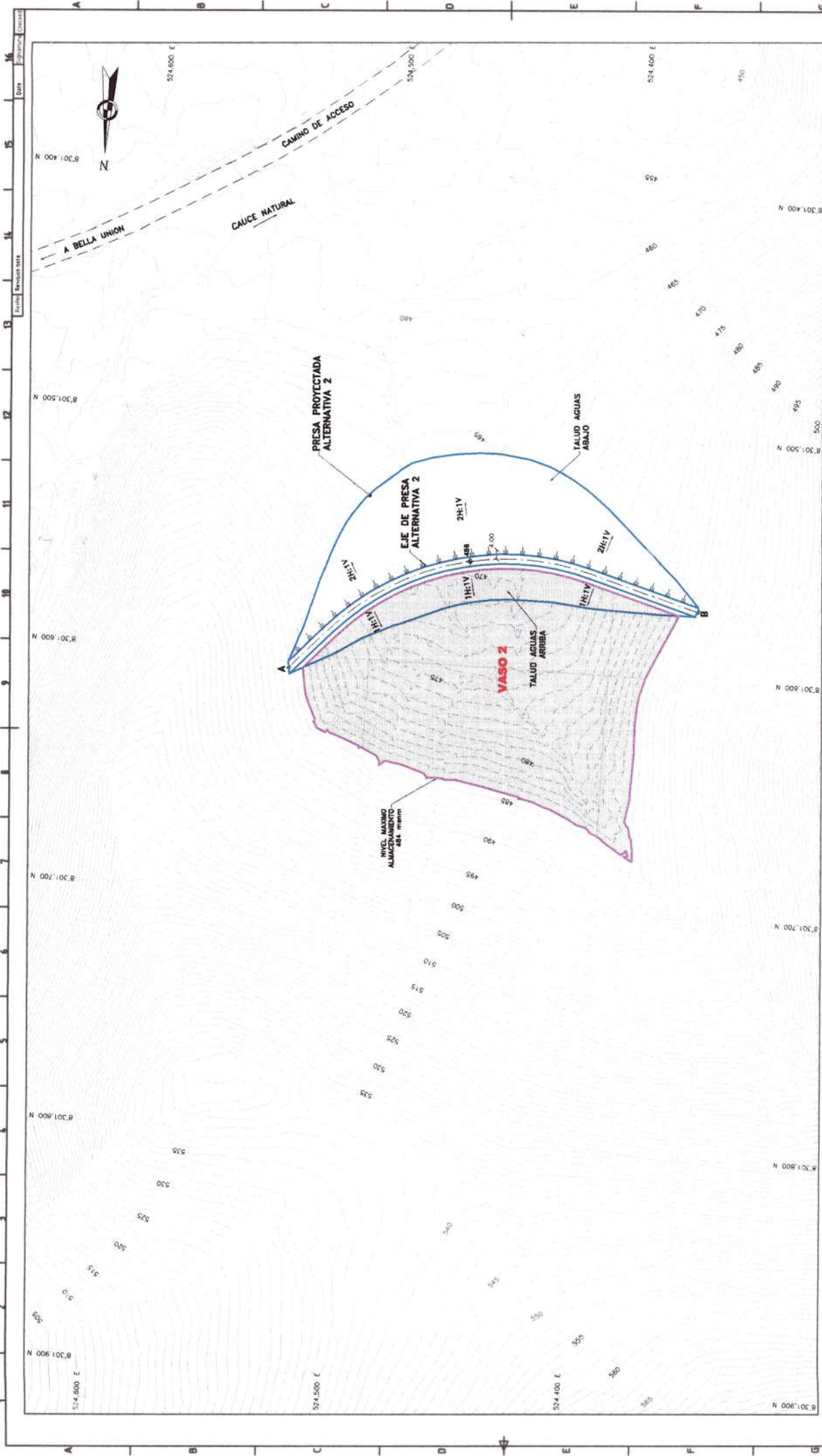
**PLANTA**  
Esc. 1:750

**CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**  
**PRESA ALTERNATIVA 01 - NIVEL DE CORONA 482 msnnm**

COTA BASE DEL VASO	471 msnnm
LONGITUD DE LA PRESA	166.5 m
TIPO DE PRESA	HOMOGENEA
ALTURA DEL VASO	10.0 m
NIVEL MAXIMO DE ALMACENAMIENTO	481 msnnm
AREA SUPERFICIE DEL VASO	483 m <sup>2</sup>
NIVEL DE CORONA	483 msnnm
ANCHO DE CORONA	4.0 m
TALLO AGUAS ARRIBA	1H:1V
TALLO AGUAS ABAJO	2H:1V
VOLUMEN DE PRESA	38,350 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	38,798 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE OPERACION	08 meses

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO:

ELABORADO:	REVISADO:	ESCALA:	FECHA:
BACH. JUAN C. GONZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ	INDICADA	2010
LABORADO:			PLANO N°:
NOTA:			PLANO 02
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56			



**PLANTA**  
Escala: 1:7750

**CARACTERÍSTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**  
**PRESA ALTERNATIVA 02 - NIVEL DE CORONA 486 msnm**

COTA BASE DEL VASO	471 msnm
LONGITUD DE LA PRESA	168 m
TIPO DE PRESA	HOMOGENEA
ALTIMETRIA DEL VASO	13.0 m
NIVEL MAXIMO DE ALMACENAMIENTO	484 msnm
ALTIMETRIA DE LA PRESA	15.00 m
ANCHO DE CORONA	4.0 m
TALUD AGUAS ARRIBA	1H:1V
TALUD AGUAS ABAJO	2H:1V
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	64,295 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE OPERACION	11 meses

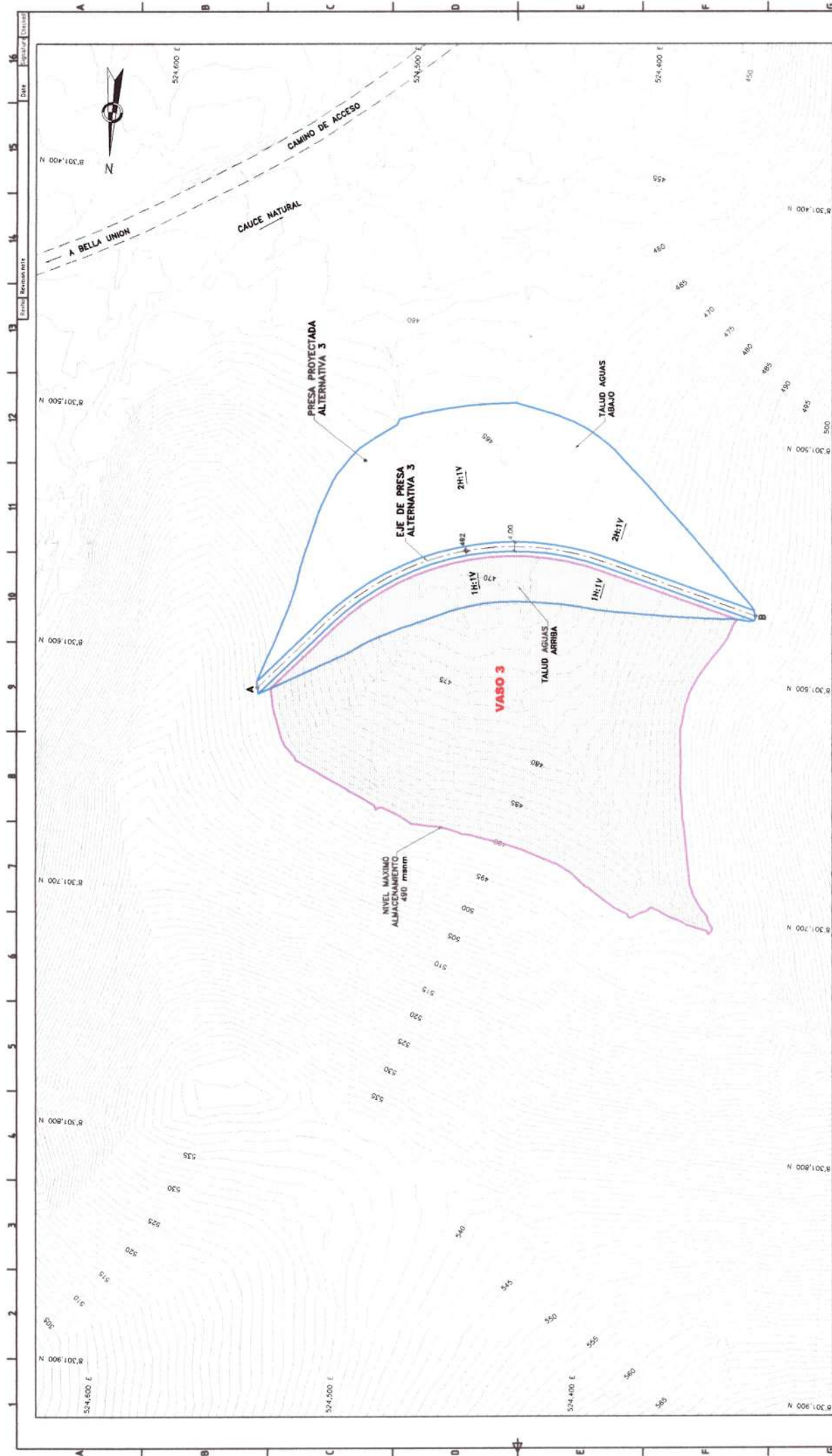
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESCHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**ALTERNATIVA 2 - PLANTA GENERAL**

ELABORADO: BACH. JUAN C. CORONAZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
PLANO N°: PLANO 03


NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56



**CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**  
**PRESA ALTERNATIVA 03 - NIVEL DE CORONA 482 mmim.**

COTA BASE DEL VASO	471 mmim
LONGITUD DE LA PRESA	230.7 m
TIPO DE PRESA	HOMOGENEA
ALTURA DEL VASO	19.0 m
NIVEL MAXIMO DE ALMACENAMIENTO	480 mmim
ALTURA DE PRESA	21.00 m
NIVEL DE CORONA	492 mmim
ANCHO DE CORONA	4.0 m
TALUD ARRIBA	1H:1V
TALUD AGUAS ABAJO	2H:1V
VOLUMEN DE PRESA	144,604 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	158,658 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE OPERACION	2.1 años

**PLANTA**  
Ech: 1:750



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"**

PLANO:  
**ALTERNATIVA 3 - PLANTA GENERAL**

---

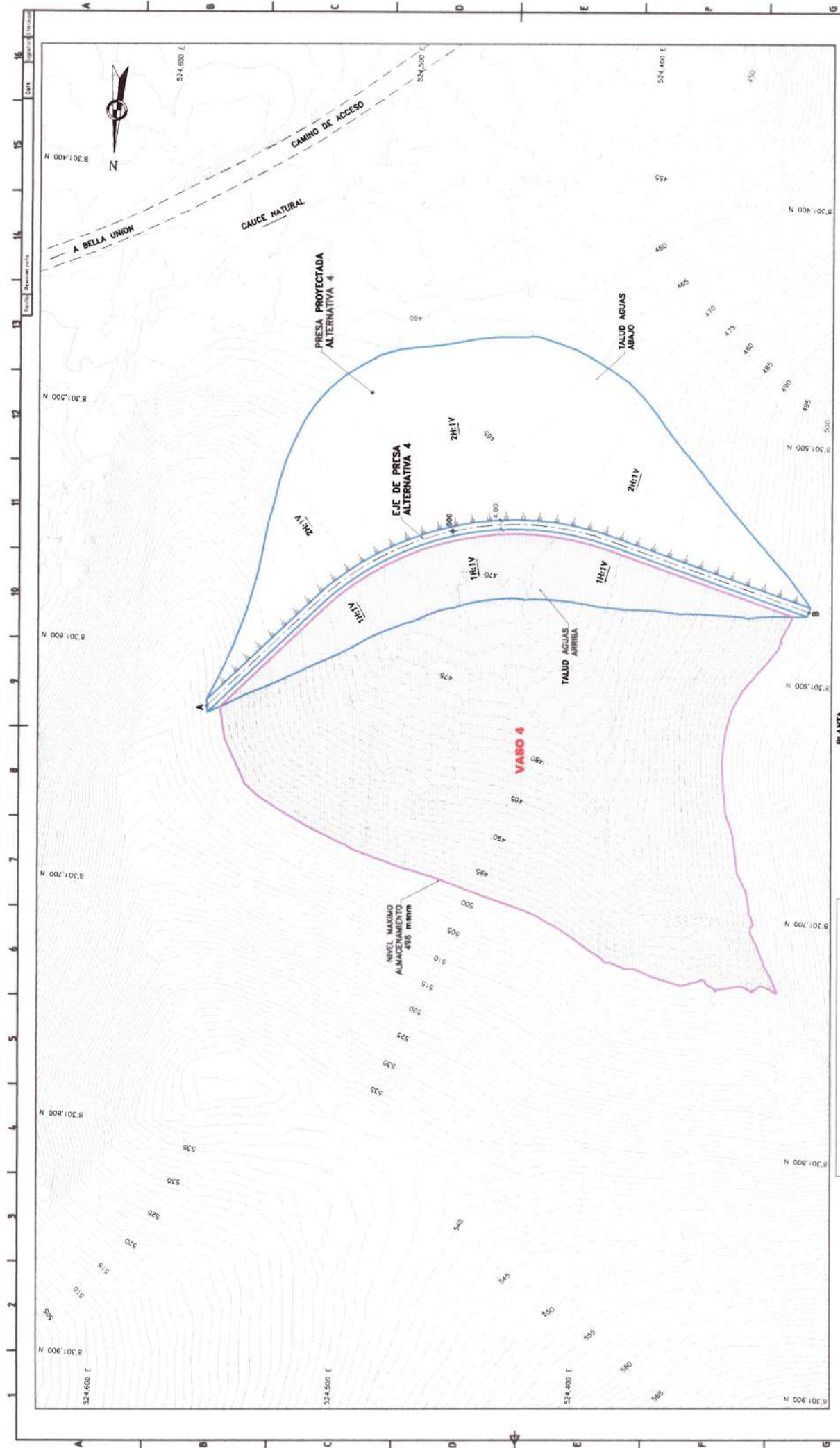
ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ      REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ      ESCALA: INDICADA      FECHA: 2010

LABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ      REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ      ESCALA: INDICADA      FECHA: 2010

PLANO 04

**NOTA:**  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS PSAD-56





**CARACTERÍSTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**  
**PRESA ALTERNATIVA 04 - NIVEL DE CORONA 500 mm**

COTA BASE DEL VASO	471 msnm
LONGITUD DE LA PRESA	282,8 m
ANCHO DE LA PRESA	27 m
ALCANTARILLA	27 m
ALCANTARILLA	27 m
NIVEL MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO	498 msnm
ALTIMETRIA DE PRESA	29,00 m
NIVEL DE CORONA	500 msnm
ANCHO DE CORONA	4,0 m
TALUD AGUAS ARRIBA	1H:1V
TALUD AGUAS ABAJO	2H:1V
VOLUMEN DE OPERACION	349 170 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE OPERACION	4,5 años

**PLANTA**  
E.c. 1:750

**NOTA**  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**ALTERNATIVA 4 - PLANTA GENERAL**

ELABORADO:  
 BACH. JUAN C. GONZALEZ

REVISADO:  
 ING. TERESA VELASQUEZ

FECHA:  
 2010

PLANO N°:  
 PLANO 05

**ANEXO 9**

**CALCULO DEL BORDE LIBRE**

## CALCULO DEL BORDE LIBRE Y NIVEL DE CORONA DE LA PRESA BELLA UNION

El borde libre es analizado con la siguiente expresión :

$$\boxed{HBL = H_v + H_r + \Delta H + H_{ms}} \quad \dots (1)$$

Donde:

HBL: Altura borde libre  
 H<sub>v</sub>: Sobreelevación del embalse por el arrastre del agua por el viento  
 H<sub>r</sub>: Altura de rodamiento de la ola  
 ΔH: Asentamiento máximo de la corona  
 H<sub>ms</sub>: Altura por margen de seguridad

### 1. Cálculo de la sobreelevación del embalse por arrastre del agua por el viento (H<sub>v</sub>)

De acuerdo a la fórmula de Stevenson:

$$\boxed{H_v = 3.22 * \sqrt{(V * F)} + 0.76 - 26.9 \sqrt[4]{F}} \quad \dots (2)$$

Donde:

F : Distancia del eje al punto más remoto del depósito en Km.  
 V: Velocidad del viento en Km/hora

<b>DATOS :</b>		
V	25.2 Km/h	→ Fuente: Mapa de Isotacas, periodo de retorno 50 años
F	0.249 Km	→ Fuente: Anexo 13, Plano 02

$$\boxed{H_v = 0.65 \text{ m}}$$

### 2. Cálculo de la altura de rodamiento de la ola (H<sub>r</sub>)

Para taludes comprendidos entre 1(V):1.5(H) y 1(V):4(H), se considera igual a (0.33 a 1.0) H<sub>v</sub>.

$$\boxed{H_r = 0.46 \text{ m}}$$

### 3. Cálculo del asentamiento máximo de la corona (ΔH)

En las ecuaciones siguientes se hace referencia al asentamiento máximo de la corona que es función de la compresibilidad del terraplén y de la cimentación

$$\boxed{\delta_t = 0.5 * M_{vt} * \gamma_t * H^2} \quad \longrightarrow \quad \text{terraplén} \quad \dots (3)$$

$$\boxed{\delta_c = M_{vc} * D_f * I * \gamma_c * z_e} \quad \longrightarrow \quad \text{cimentación} \quad \dots (4)$$

Donde:

M<sub>vt</sub>: Coeficiente de compresibilidad del terraplén en m<sup>2</sup>/KN  
 γ<sub>t</sub>: Densidad seca del material del terraplén en Tn/m<sup>3</sup>  
 H: Altura del terraplén en m.  
 M<sub>vc</sub>: Coeficiente de compresibilidad de la cimentación en m<sup>2</sup>/KN  
 D<sub>f</sub>: Profundidad de la cimentación en m.  
 I: Factor de influencia  
 γ<sub>c</sub>: Densidad seca del material de cimentación en Tn/m<sup>3</sup>  
 z<sub>e</sub>: Altura desde la corona al punto de estudio en m.

DATOS:	
Mvt	0.2 *10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /KN
γ <sub>t</sub>	2 Tn/m <sup>3</sup>
H	41 m
Mvc	0.5 *10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /KN
Df	2 m
l	0.99
γ <sub>c</sub>	1.9 Tn/m <sup>3</sup>
z <sub>e</sub>	41 m

→ Gravas limosas

δ <sub>t</sub> =	0.34 m
δ <sub>c</sub> =	0.01 m

ΔH	0.34 m
----	--------

#### 4. Cálculo de la altura por margen de seguridad (H<sub>ms</sub>)

Finalmente se considera el margen de seguridad para cubrir posibles errores en la evaluación de la creciente máxima probable que puede generarse en la cuenca.

H <sub>ms</sub>	0.50 m
-----------------	--------

#### 5. Cálculo del Borde Libre (HBL)

HBL	1.95 m
-----	--------

HBL	2 m
-----	-----

#### 6. Cálculo del nivel de corona de la Presa Final

COTA DE CORONA = NIVEL MAX. ALMACENAMIENTO + BORDE LIBRE
--

... (5)

DATOS:	
Borde libre:	2.0 m
Nivel máx alm:	498.0 msnm

COTA CORONA =	500	msnm
---------------	-----	------

**ANEXO 10**

**ANALISIS DE ESTABILIDAD**

# Información de Análisis Slide

## Nombre del Documento

Nombre de Archivo: ESTATICO ARRANQUE

## Configuraciones del Proyecto

Título del Proyecto: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Dirección de Falla: De izquierda a derecha  
Unidades de Medida: Sistema Internacional  
Peso Unitario del Fluído en Poros: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Método de Aguas Subterránea: Superficies de Agua  
Salida de Datos: Standard  
Cálculo de Presión de Poros en Exceso: No

## Métodos de Análisis

Métodos de Análisis usados:  
Bishop simplificado  
Janbu simplificado

Número de dovelas: 25  
Tolerancia: 0.005  
Máximo número de iteraciones: 50

## Opciones de Superficie

Tipo de Superficie: Circular  
Método de Búsqueda: Búsqueda en Cuadrícula  
Incremento de Radio: 10  
Superficie Compuesta: Deshabilitado  
Elevación Mínima: Sin Definir  
Profundidad Mínima: Sin Definir

## Propiedades de los Materiales

Material: RELAVES  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 16 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 20 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: TERRAPLEN  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 40 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: FILTRO  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb

Peso Unitario: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: GRAVAS LIMOSAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: GRAVAS MAL GRADUADAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 32 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: ROCA  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 22 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 100 kPa  
Ángulo de Fricción: 30 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

## Mínimos Globales

Método: bishop simplificado  
FS: 1.458800  
Centro: 275.293, 525.150  
Radio: 64.372  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 225.791, 484.000  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 284.978, 461.511  
Momento Resistente=358297 kN-m  
Momento Actuante=245610 kN-m

Método: janbu simplificado  
FS: 1.197140  
Centro: 265.325, 492.014  
Radio: 37.735  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 228.451, 484.000  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 291.319, 464.659  
Fuerza horizontal resistente=6719.47 kN  
Fuerza horizontal actuante=5612.96 kN

## Superficies Válidas / No válidas

Método: bishop simplificado  
Número de superficies válidas: 9086  
Número de superficies no válidas: 1485

Método: janbu simplificado  
 Número de superficies válidas: 9084  
 Número de superficies no válidas: 1487

**Lista de todas las coordenadas**

Cuadrícula de Búsqueda

237.913 492.014  
 312.673 492.014  
 312.673 582.386  
 237.913 582.386

Límite de Material

-0.000 498.312  
 5.862 496.064  
 10.896 493.548  
 18.404 492.398  
 29.183 490.744  
 37.729 488.280  
 48.992 486.879  
 56.552 485.237  
 69.594 483.708  
 73.336 482.960  
 77.246 481.796  
 88.750 480.165  
 95.725 479.879  
 101.076 479.019  
 103.942 478.064  
 110.064 477.673  
 111.593 477.482  
 127.759 475.136  
 132.224 474.488  
 146.564 473.261  
 150.670 472.901  
 169.410 470.085  
 171.498 469.869  
 178.773 469.437  
 186.551 468.501  
 192.080 468.015  
 195.155 467.560  
 198.038 467.350  
 240.104 463.186  
 267.455 453.611  
 296.199 442.998

Límite de Material

250.500 478.750  
 250.500 464.500  
 266.354 464.500  
 269.354 463.000  
 282.000 463.000

Límite de Material

214.000 468.000  
 230.000 484.000

Límite de Material

95.595 484.000  
 99.288 483.445  
 100.148 483.322

100.160 483.322  
 101.386 483.000  
 101.386 483.000  
 102.129 483.000  
 102.144 483.000  
 102.734 483.000  
 104.097 482.691  
 107.248 482.353  
 108.826 482.018  
 108.884 482.000  
 108.909 482.000  
 113.810 481.060  
 113.863 481.043  
 113.865 481.043  
 114.196 481.000  
 114.811 481.000  
 115.817 481.000  
 116.464 481.000  
 117.311 481.000  
 117.321 481.000  
 117.954 481.000  
 118.117 481.000  
 119.253 480.680  
 119.523 480.636  
 120.207 480.454  
 120.277 480.444  
 120.317 480.436  
 121.816 480.269  
 122.445 480.107  
 122.507 480.098  
 122.754 480.079  
 122.795 480.078  
 125.288 480.113  
 125.299 480.112  
 126.196 480.000  
 127.104 480.000  
 131.012 479.148  
 131.289 479.082  
 131.831 479.000  
 132.576 479.000  
 132.844 479.000  
 134.120 479.148  
 134.133 479.150  
 134.134 479.150  
 134.137 479.149  
 134.177 479.151  
 134.712 479.145  
 138.469 479.000  
 141.129 478.903  
 141.130 478.903  
 141.552 478.874  
 142.648 478.736  
 142.676 478.731  
 142.981 478.704  
 143.795 478.527  
 143.819 478.523  
 145.589 478.377  
 148.299 478.280  
 149.546 478.000  
 149.563 478.000

149.565	478.000	189.112	473.532
149.690	478.000	190.266	473.430
149.698	478.000	191.915	473.354
149.871	478.000	191.975	473.351
149.876	478.000	194.588	473.441
150.413	478.000	194.639	473.436
153.040	477.538	197.646	473.000
153.178	477.514	198.560	473.000
153.916	477.471	201.312	472.705
156.294	477.000	201.365	472.703
156.345	476.981	201.548	472.689
156.345	476.981	203.559	472.565
156.353	476.979	205.270	472.365
156.361	476.977	211.310	469.345
156.622	476.896	214.000	468.000
156.634	476.889	218.000	468.000
157.960	476.569	222.000	466.000
157.990	476.562	228.000	466.000
162.259	476.000	231.000	464.500
165.138	476.000	243.000	464.500
165.788	475.649	246.000	463.000
166.282	475.545	249.500	463.000
166.292	475.546	251.490	463.000
166.347	475.562	266.000	463.000
167.570	476.000	269.000	461.500
168.783	476.000	285.000	461.500
169.521	476.000		
170.406	475.330	<u>Límite de Material</u>	
170.837	475.000	249.500	463.000
170.852	475.000	249.500	479.250
170.919	475.000		
170.992	475.000	<u>Límite de Material</u>	
171.941	475.000	170.992	475.000
174.385	475.000	198.037	471.500
175.281	475.000	211.310	469.345
175.991	475.000		
176.347	475.000	<u>Límite de Material</u>	
176.364	475.000	251.490	463.000
177.764	475.000	308.927	454.567
178.950	475.000	340.000	450.416
181.258	474.001		
181.260	474.000	<u>Límite de Material</u>	
181.268	474.000	-0.000	496.161
181.725	474.000	9.557	490.373
181.733	474.000	22.933	486.160
182.021	474.000	31.616	482.328
182.616	474.000	36.184	480.073
182.625	474.000	42.725	476.072
182.842	474.000	58.041	473.624
183.461	474.000	68.304	472.892
187.308	474.000	75.465	473.399
187.844	473.723	84.149	472.272
188.343	473.640	89.675	471.595
188.477	473.612	109.561	468.322
188.481	473.611	117.343	466.405
188.729	473.582	125.125	464.771
188.735	473.581	145.048	461.390
188.908	473.561	158.750	458.597
188.934	473.563	172.453	455.714
189.085	473.539	179.755	453.912



202.962	447.418
215.763	443.634
220.312	442.545
232.121	442.455
247.086	443.987
260.878	444.077
269.082	443.627
284.452	443.541
293.557	442.730
296.199	442.998
299.777	443.361
306.267	443.721
320.330	442.640
334.123	442.460
336.827	443.001
340.000	443.108

76.758	485.845
75.922	486.000
74.375	486.350
74.096	486.347
74.092	486.348
73.676	486.404
70.764	486.849
70.735	486.857
70.353	487.000
70.338	487.000
70.328	487.000
69.796	487.197
69.781	487.198
67.157	487.000
65.783	486.899
65.355	487.000
65.267	487.000
65.260	487.000
65.169	487.000
65.131	487.030
63.891	487.201
58.635	488.000
58.622	488.000
58.291	488.000
57.550	488.246
55.279	489.000
54.648	489.209
52.469	490.000
51.767	490.241
51.743	490.242
51.318	490.219
51.300	490.219
49.787	490.136
49.136	490.226
49.129	490.227
49.038	490.256
47.337	491.000
46.369	491.000
45.124	491.000
41.492	491.000
41.012	491.000
40.980	491.000
40.941	491.000
40.231	491.313
39.802	491.453
38.150	492.000
37.295	492.357
35.730	493.000
34.100	493.884
33.884	494.000
33.542	494.186
33.531	494.190
33.438	494.228
31.025	495.000
30.376	495.207
29.421	495.305
29.313	495.321
27.089	495.542
23.789	496.000
23.731	496.017

Límite Externo

340.000	460.640
339.115	460.754
337.573	461.000
332.156	461.618
329.309	462.000
315.722	462.955
315.211	462.990
315.053	463.000
304.679	463.960
304.238	464.000
295.039	464.687
291.887	464.943
285.000	461.500
282.000	463.000
275.449	466.275
250.500	478.750
249.500	479.250
236.000	486.000
234.000	486.000
232.000	486.000
230.000	484.000
95.595	484.000
95.401	484.000
95.370	484.000
94.170	484.000
93.290	484.000
92.076	484.000
89.455	484.433
86.475	485.000
85.813	485.000
82.662	485.625
82.509	485.667
81.147	485.861
81.145	485.864
80.737	485.891
80.561	485.854
80.421	485.825
80.198	485.821
77.199	485.765
77.191	485.765
76.827	485.833
76.762	485.839

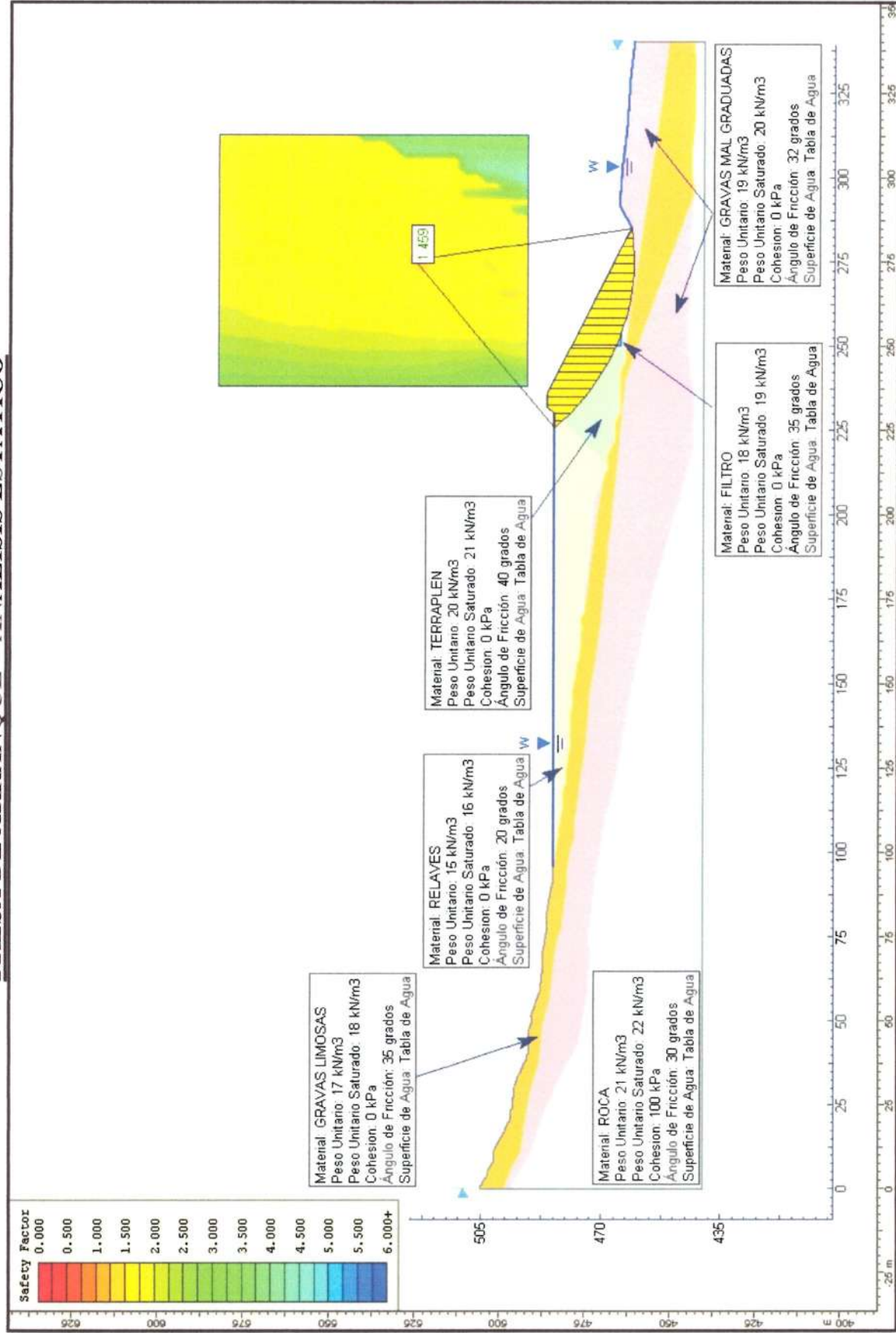
23.640	496.043
23.599	496.051
23.598	496.051
22.409	496.155
22.313	496.164
22.244	496.164
22.242	496.164
21.487	496.167
21.277	496.232
21.269	496.233
21.005	496.315
20.758	496.365
20.205	496.476
20.121	496.523
19.616	497.000
18.260	497.735
17.394	498.000
17.365	498.000
17.324	498.000
17.121	498.000
17.096	498.000
17.056	498.000
16.728	498.214
15.564	499.000
15.038	499.340
14.009	500.000
12.013	500.881
11.742	501.000
11.624	501.000
11.493	501.000
9.017	501.000
8.766	501.134
8.758	501.136
8.597	501.141
8.331	501.204
6.926	502.000
5.749	502.668
5.143	503.000

4.287	503.000
3.808	503.293
3.772	503.298
3.542	503.420
2.669	504.000
0.943	504.929
0.820	505.000
-0.000	505.429
-0.000	498.312
-0.000	496.161
0.000	440.000
340.000	440.000
340.000	443.108
340.000	450.416

Tabla de Agua

95.595	484.000
230.000	484.000
234.440	482.842
237.804	481.226
241.954	479.261
246.715	477.252
250.500	475.184
250.500	464.500
266.354	464.500
269.354	463.000
282.000	463.000
285.000	461.500
291.887	464.943
304.238	464.000
315.053	463.000
329.309	462.000
332.156	461.618
334.865	461.309
337.573	461.000
339.115	460.754
339.558	460.697
340.000	460.640

# ANALISIS DE ESTABILIDAD PRESA DE ARRANQUE – ANALISIS ESTATICO



# Información de Análisis Slide

## Nombre del Documento

Nombre de Archivo: SISMICO ARRANQUE

## Configuraciones del Proyecto

Título del Proyecto: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Dirección de Falla: De izquierda a derecha  
Unidades de Medida: Sistema Internacional  
Peso Unitario del Fluido en Poros: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Método de Aguas Subterránea: Superficies de Agua

Salida de Datos: Standard  
Cálculo de Presión de Poros en Exceso: No

## Métodos de Análisis

Métodos de Análisis usados:  
Bishop simplificado  
Janbu simplificado

Número de dovelas: 25  
Tolerancia: 0.005  
Máximo número de iteraciones: 50

## Opciones de Superficie

Tipo de Superficie: Circular  
Método de Búsqueda: Búsqueda en Cuadrícula  
Incremento de Radio: 10  
Superficie Compuesta: Deshabilitado  
Elevación Mínima: Sin Definir  
Profundidad Mínima: Sin Definir

## Sobrecarga

Coefficiente sísmico de carga (Horizontal): 0.23

## Propiedades de los Materiales

Material: RELAVES  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 16 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 0 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: TERRAPLEN  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Ángulo de Fricción: 38 grados

Superficie de Agua: Ninguna

Material: FILTRO  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: GRAVAS LIMOSAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 33 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: GRAVAS MAL GRADUADAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 32 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: ROCA  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 22 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 100 kPa  
Ángulo de Fricción: 30 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

## Mínimos Globales

Método: bishop simplificado  
FS: 1.142120  
Centro: 275.293, 504.064  
Radio: 43.387  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 235.846, 486.000  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 284.618, 461.691  
Momento Resistente=199397 kN-m  
Momento Acutante=174586 kN-m

Método: janbu simplificado  
FS: 1.025410  
Centro: 275.293, 504.064  
Radio: 43.387  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 235.846, 486.000  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 284.618, 461.691  
Fuerza Horizontal Resistente=3880.41 kN  
Fuerza Horizontal Actuante=3784.23 kN

**Superficies Válidas / No válidas**

214.000	468.000
230.000	484.000

**Método: bishop simplificado**

Número de superficies válidas: 9111

Número de superficies no válidas: 1460

**Límite de Material**

95.595	484.000
99.288	483.445
100.148	483.322
100.160	483.322
101.386	483.000
101.386	483.000
102.129	483.000
102.144	483.000
102.734	483.000
104.097	482.691
107.248	482.353
108.826	482.018
108.884	482.000
108.909	482.000
113.810	481.060
113.863	481.043
113.865	481.043
114.196	481.000
114.811	481.000
115.817	481.000
116.464	481.000
117.311	481.000
117.321	481.000
117.954	481.000
118.117	481.000
119.253	480.680
119.523	480.636
120.207	480.454
120.277	480.444
120.317	480.436
121.816	480.269
122.445	480.107
122.507	480.098
122.754	480.079
122.795	480.078
125.288	480.113
125.299	480.112
126.196	480.000
127.104	480.000
131.012	479.148
131.289	479.082
131.831	479.000
132.576	479.000
132.844	479.000
134.120	479.148
134.133	479.150
134.134	479.150
134.137	479.149
134.177	479.151
134.712	479.145
138.469	479.000
141.129	478.903
141.130	478.903
141.552	478.874
142.648	478.736
142.676	478.731

**Método: janbu simplificado**

Número de superficies válidas: 9109

Número de superficies no válidas: 1462

**Lista de todas las coordenadas****Cuadrícula de Búsqueda**

237.913	492.014
312.673	492.014
312.673	582.386
237.913	582.386

**Límite de Material**

-0.000	498.312
5.862	496.064
10.896	493.548
18.404	492.398
29.183	490.744
37.729	488.280
48.992	486.879
56.552	485.237
69.594	483.708
73.336	482.960
77.246	481.796
88.750	480.165
95.725	479.879
101.076	479.019
103.942	478.064
110.064	477.673
111.593	477.482
127.759	475.136
132.224	474.488
146.564	473.261
150.670	472.901
169.410	470.085
171.498	469.869
178.773	469.437
186.551	468.501
192.080	468.015
195.155	467.560
198.038	467.350
240.104	463.186
267.455	453.611
296.199	442.998

**Límite de Material**

250.500	478.750
250.500	464.500
266.354	464.500
269.354	463.000
282.000	463.000

**Límite de Material**

142.981	478.704	188.477	473.612
143.795	478.527	188.481	473.611
143.819	478.523	188.729	473.582
145.589	478.377	188.735	473.581
148.299	478.280	188.908	473.561
149.546	478.000	188.934	473.563
149.563	478.000	189.085	473.539
149.565	478.000	189.112	473.532
149.690	478.000	190.266	473.430
149.698	478.000	191.915	473.354
149.871	478.000	191.975	473.351
149.876	478.000	194.588	473.441
150.413	478.000	194.639	473.436
153.040	477.538	197.646	473.000
153.178	477.514	198.560	473.000
153.916	477.471	201.312	472.705
156.294	477.000	201.365	472.703
156.345	476.981	201.548	472.689
156.345	476.981	203.559	472.565
156.353	476.979	205.270	472.365
156.361	476.977	211.310	469.345
156.622	476.896	214.000	468.000
156.634	476.889	218.000	468.000
157.960	476.569	222.000	466.000
157.990	476.562	228.000	466.000
162.259	476.000	231.000	464.500
165.138	476.000	243.000	464.500
165.788	475.649	246.000	463.000
166.282	475.545	249.500	463.000
166.292	475.546	251.490	463.000
166.347	475.562	266.000	463.000
167.570	476.000	269.000	461.500
168.783	476.000	285.000	461.500
169.521	476.000		
170.406	475.330	<u>Límite de Material</u>	
170.837	475.000	249.500	463.000
170.852	475.000	249.500	479.250
170.919	475.000		
170.992	475.000	<u>Límite de Material</u>	
171.941	475.000	170.992	475.000
174.385	475.000	198.037	471.500
175.281	475.000	211.310	469.345
175.991	475.000		
176.347	475.000	<u>Límite de Material</u>	
176.364	475.000	251.490	463.000
177.764	475.000	308.927	454.567
178.950	475.000	340.000	450.416
181.258	474.001		
181.260	474.000	<u>Límite de Material</u>	
181.268	474.000	-0.000	496.161
181.725	474.000	9.557	490.373
181.733	474.000	22.933	486.160
182.021	474.000	31.616	482.328
182.616	474.000	36.184	480.073
182.625	474.000	42.725	476.072
182.842	474.000	58.041	473.624
183.461	474.000	68.304	472.892
187.308	474.000	75.465	473.399
187.844	473.723	84.149	472.272
188.343	473.640	89.675	471.595

109.561 468.322  
 117.343 466.405  
 125.125 464.771  
 145.048 461.390  
 158.750 458.597  
 172.453 455.714  
 179.755 453.912  
 202.962 447.418  
 215.763 443.634  
 220.312 442.545  
 232.121 442.455  
 247.086 443.987  
 260.878 444.077  
 269.082 443.627  
 284.452 443.541  
 293.557 442.730  
 296.199 442.998  
 299.777 443.361  
 306.267 443.721  
 320.330 442.640  
 334.123 442.460  
 336.827 443.001  
 340.000 443.108

Límite Externo

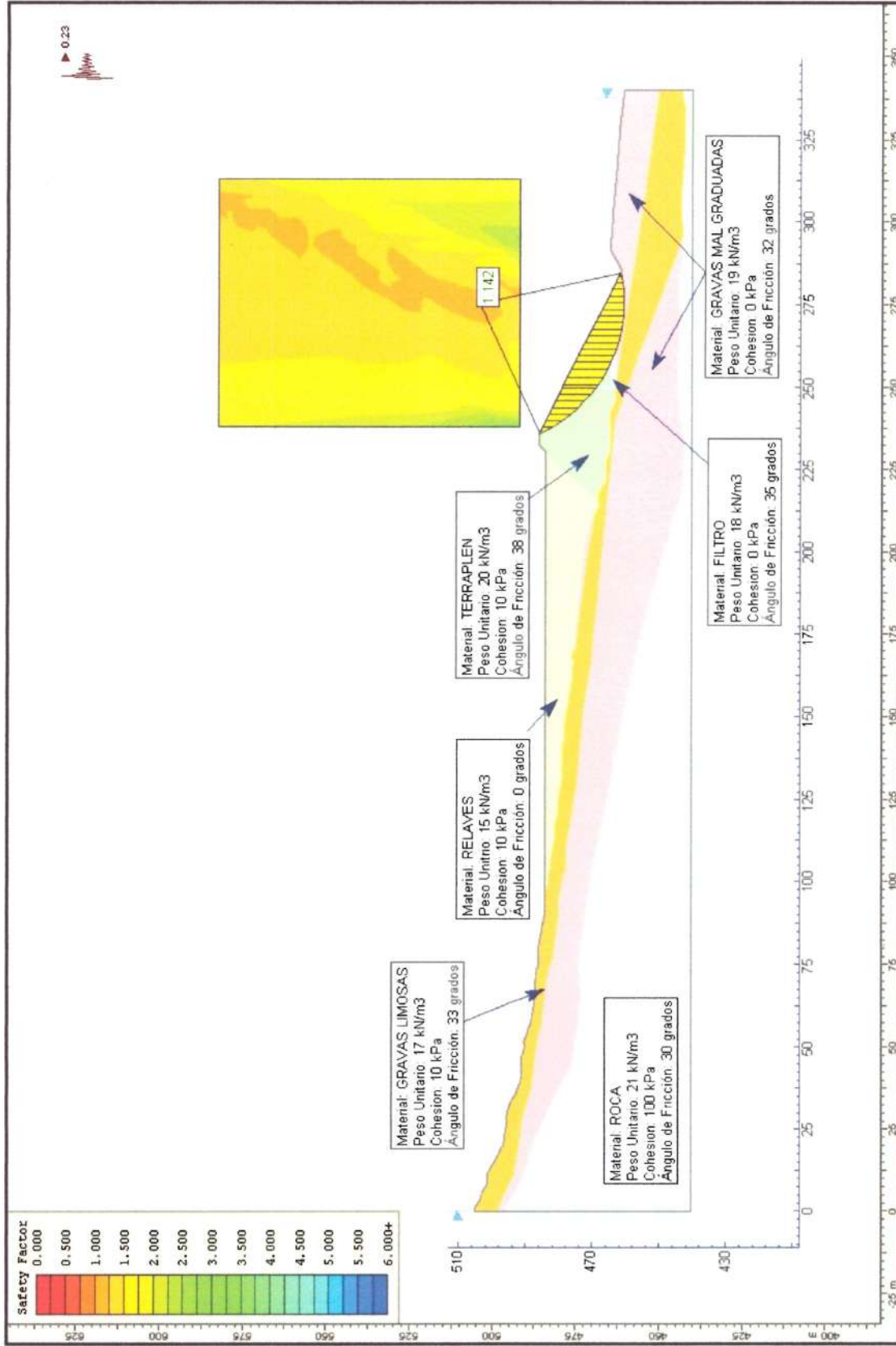
340.000 460.640  
 339.115 460.754  
 337.573 461.000  
 332.156 461.618  
 329.309 462.000  
 315.722 462.955  
 315.211 462.990  
 315.053 463.000  
 304.679 463.960  
 304.238 464.000  
 295.039 464.687  
 291.887 464.943  
 285.000 461.500  
 282.000 463.000  
 275.449 466.275  
 250.500 478.750  
 249.500 479.250  
 236.000 486.000  
 234.000 486.000  
 232.000 486.000  
 230.000 484.000  
 95.595 484.000  
 95.401 484.000  
 95.370 484.000  
 94.170 484.000  
 93.290 484.000  
 92.076 484.000  
 89.455 484.433  
 86.475 485.000  
 85.813 485.000  
 82.662 485.625  
 82.509 485.667  
 81.147 485.861  
 81.145 485.864  
 80.737 485.891

80.561 485.854  
 80.421 485.825  
 80.198 485.821  
 77.199 485.765  
 77.191 485.765  
 76.827 485.833  
 76.762 485.839  
 76.758 485.845  
 75.922 486.000  
 74.375 486.350  
 74.096 486.347  
 74.092 486.348  
 73.676 486.404  
 70.764 486.849  
 70.735 486.857  
 70.353 487.000  
 70.338 487.000  
 70.328 487.000  
 69.796 487.197  
 69.781 487.198  
 67.157 487.000  
 65.783 486.899  
 65.355 487.000  
 65.267 487.000  
 65.260 487.000  
 65.169 487.000  
 65.131 487.030  
 63.891 487.201  
 58.635 488.000  
 58.622 488.000  
 58.291 488.000  
 57.550 488.246  
 55.279 489.000  
 54.648 489.209  
 52.469 490.000  
 51.767 490.241  
 51.743 490.242  
 51.318 490.219  
 51.300 490.219  
 49.787 490.136  
 49.136 490.226  
 49.129 490.227  
 49.038 490.256  
 47.337 491.000  
 46.369 491.000  
 45.124 491.000  
 41.492 491.000  
 41.012 491.000  
 40.980 491.000  
 40.941 491.000  
 40.231 491.313  
 39.802 491.453  
 38.150 492.000  
 37.295 492.357  
 35.730 493.000  
 34.100 493.884  
 33.884 494.000  
 33.542 494.186  
 33.531 494.190  
 33.438 494.228

31.025	495.000
30.376	495.207
29.421	495.305
29.313	495.321
27.089	495.542
23.789	496.000
23.731	496.017
23.640	496.043
23.599	496.051
23.598	496.051
22.409	496.155
22.313	496.164
22.244	496.164
22.242	496.164
21.487	496.167
21.277	496.232
21.269	496.233
21.005	496.315
20.758	496.365
20.205	496.476
20.121	496.523
19.616	497.000
18.260	497.735
17.394	498.000
17.365	498.000
17.324	498.000
17.121	498.000
17.096	498.000
17.056	498.000
16.728	498.214
15.564	499.000
15.038	499.340
14.009	500.000
12.013	500.881
11.742	501.000
11.624	501.000
11.493	501.000
9.017	501.000
8.766	501.134
8.758	501.136
8.597	501.141
8.331	501.204
6.926	502.000
5.749	502.668
5.143	503.000
4.287	503.000
3.808	503.293
3.772	503.298
3.542	503.420
2.669	504.000
0.943	504.929
0.820	505.000
-0.000	505.429
-0.000	498.312
-0.000	496.161
0.000	440.000
340.000	440.000
340.000	443.108
340.000	450.416



# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PRESA DE ARRANQUE – ANÁLISIS SISMICO



# Información de Análisis Slide

## Nombre del Documento

Nombre de Archivo: ESTATICO FINAL

## Configuraciones del Proyecto

Título del Proyecto: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Dirección de Falla: De izquierda a derecha  
Unidades de Medida: Sistema Internacional  
Peso Unitario del Fluído en Poros: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Método de Aguas Subterránea: Superficies de Agua  
Salida de Datos: Standard  
Cálculo de Presión de Poros en Exceso: No

## Métodos de Análisis

Métodos de Análisis usados:  
Bishop simplificado  
Janbu simplificado

Número de dovelas: 25  
Tolerancia: 0.005  
Máximo número de iteraciones: 50

## Opciones de Superficie

Tipo de Superficie: Circular  
Método de Búsqueda: Búsqueda en Cuadrícula  
Incremento de Radio: 10  
Superficie Compuesta: Deshabilitado  
Elevación Mínima: Sin Definir  
Profundidad Mínima: Sin Definir

## Propiedades de los Materiales

Material: RELAVES  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 16 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 20 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: TERRAPLEN  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 40 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: FILTRO  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb

Peso Unitario: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: GRAVAS LIMOSAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: GRAVAS MAL GRADUADAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 32 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

Material: ROCA  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 22 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 100 kPa  
Ángulo de Fricción: 30 grados  
Superficie de Agua: Tabla de Agua

## Mínimos Globales

Método: bishop simplificado  
FS: 1.625730  
Centro: 329.196, 539.256  
Radio: 86.369  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 252.355, 499.823  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 358.472, 458.000  
Momento resistente=1.24765e+006 kN-m  
Momento actuante=767442 kN-m

Método: janbu simplificado  
FS: 1.439270  
Centro: 299.697, 522.178  
Radio: 78.780  
Punto final izquierdo de la superficie de deslizamiento: 224.719, 498.000  
Punto final derecho de la superficie de deslizamiento: 347.297, 459.404  
Fuerza horizontal resistente=27301.1 kN  
Fuerza horizontal actuante=18968.8 kN

## Superficies Válidas / No válidas

Método: bishop simplificado  
Número de superficies válidas: 8593  
Número de superficies no válidas: 9898

Método: janbu simplificado  
 Número de superficies válidas: 8593  
 Número de superficies no válidas: 9898

**Lista de todas las coordenadas**

Cuadrícula de Búsqueda

259.663 505.100  
 343.946 505.100  
 343.946 573.413  
 259.663 573.413

Límite de Material

-0.000 498.312  
 5.862 496.064  
 10.896 493.548  
 18.404 492.398  
 29.183 490.744  
 37.729 488.280  
 48.992 486.879  
 56.552 485.237  
 69.594 483.708  
 73.336 482.960  
 77.246 481.796  
 88.750 480.165  
 95.725 479.879  
 101.076 479.019  
 103.942 478.064  
 110.064 477.673  
 111.593 477.482  
 127.759 475.136  
 132.224 474.488  
 146.564 473.261  
 150.670 472.901  
 169.410 470.085  
 171.498 469.869  
 178.773 469.437  
 186.551 468.501  
 192.080 468.015  
 195.155 467.560  
 198.038 467.350  
 240.104 463.186  
 267.455 453.611  
 296.199 442.998

Límite de Material

17.394 498.000  
 18.260 497.735  
 19.616 497.000  
 20.121 496.523  
 20.205 496.476  
 20.758 496.365  
 21.005 496.315  
 21.269 496.233  
 21.277 496.232  
 21.487 496.167  
 22.242 496.164  
 22.244 496.164  
 22.313 496.164  
 22.409 496.155

23.598 496.051  
 23.599 496.051  
 23.640 496.043  
 23.731 496.017  
 23.789 496.000  
 27.089 495.542  
 29.313 495.321  
 29.421 495.305  
 30.376 495.207  
 31.025 495.000  
 33.438 494.228  
 33.531 494.190  
 33.542 494.186  
 33.884 494.000  
 34.100 493.884  
 35.730 493.000  
 37.295 492.357  
 38.150 492.000  
 39.802 491.453  
 40.231 491.313  
 40.941 491.000  
 40.980 491.000  
 41.012 491.000  
 41.492 491.000  
 45.124 491.000  
 46.369 491.000  
 47.337 491.000  
 49.038 490.256  
 49.129 490.227  
 49.136 490.226  
 49.787 490.136  
 51.300 490.219  
 51.318 490.219  
 51.743 490.242  
 51.767 490.241  
 52.469 490.000  
 54.648 489.209  
 55.279 489.000  
 57.550 488.246  
 58.291 488.000  
 58.622 488.000  
 58.635 488.000  
 63.891 487.201  
 65.131 487.030  
 65.169 487.000  
 65.260 487.000  
 65.267 487.000  
 65.355 487.000  
 65.783 486.899  
 67.157 487.000  
 69.781 487.198  
 69.796 487.197  
 70.328 487.000  
 70.338 487.000  
 70.353 487.000  
 70.735 486.857  
 70.764 486.849  
 73.676 486.404  
 74.092 486.348  
 74.096 486.347

74.375	486.350	126.196	480.000
75.922	486.000	127.104	480.000
76.758	485.845	131.012	479.148
76.762	485.839	131.289	479.082
76.827	485.833	131.831	479.000
77.191	485.765	132.576	479.000
77.199	485.765	132.844	479.000
80.198	485.821	134.120	479.148
80.421	485.825	134.133	479.150
80.561	485.854	134.134	479.150
80.737	485.891	134.137	479.149
81.145	485.864	134.177	479.151
81.147	485.861	134.712	479.145
82.509	485.667	138.469	479.000
82.662	485.625	141.129	478.903
85.813	485.000	141.130	478.903
86.475	485.000	141.552	478.874
89.455	484.433	142.648	478.736
92.076	484.000	142.676	478.731
93.290	484.000	142.981	478.704
94.170	484.000	143.795	478.527
95.370	484.000	143.819	478.523
95.401	484.000	145.589	478.377
95.595	484.000	148.299	478.280
99.288	483.445	149.546	478.000
100.148	483.322	149.563	478.000
100.160	483.322	149.565	478.000
101.386	483.000	149.690	478.000
101.386	483.000	149.698	478.000
102.129	483.000	149.871	478.000
102.144	483.000	149.876	478.000
102.734	483.000	150.413	478.000
104.097	482.691	153.040	477.538
107.248	482.353	153.178	477.514
108.826	482.018	153.916	477.471
108.884	482.000	156.294	477.000
108.909	482.000	156.345	476.981
113.810	481.060	156.345	476.981
113.863	481.043	156.353	476.979
113.865	481.043	156.361	476.977
114.196	481.000	156.622	476.896
114.811	481.000	156.634	476.889
115.817	481.000	157.960	476.569
116.464	481.000	157.990	476.562
117.311	481.000	162.259	476.000
117.321	481.000	165.138	476.000
117.954	481.000	165.788	475.649
118.117	481.000	166.282	475.545
119.253	480.680	166.292	475.546
119.523	480.636	166.347	475.562
120.207	480.454	167.570	476.000
120.277	480.444	168.783	476.000
120.317	480.436	169.521	476.000
121.816	480.269	170.406	475.330
122.445	480.107	170.837	475.000
122.507	480.098	170.852	475.000
122.754	480.079	170.919	475.000
122.795	480.078	171.941	475.000
125.288	480.113	174.385	475.000
125.299	480.112	175.281	475.000



249.500	499.000
250.500	499.000
250.500	478.750
250.500	464.500
266.354	464.500
269.354	463.000
282.000	463.000
285.000	463.000
289.355	463.000
291.355	462.000
309.355	462.000
311.355	461.000
330.001	461.000

3.808	503.293
3.772	503.298
3.542	503.420
2.669	504.000
0.943	504.929
0.820	505.000
-0.000	505.429
-0.000	498.312
-0.000	496.161
0.000	440.000
370.000	440.000
370.000	444.121
370.000	446.408
370.000	457.478

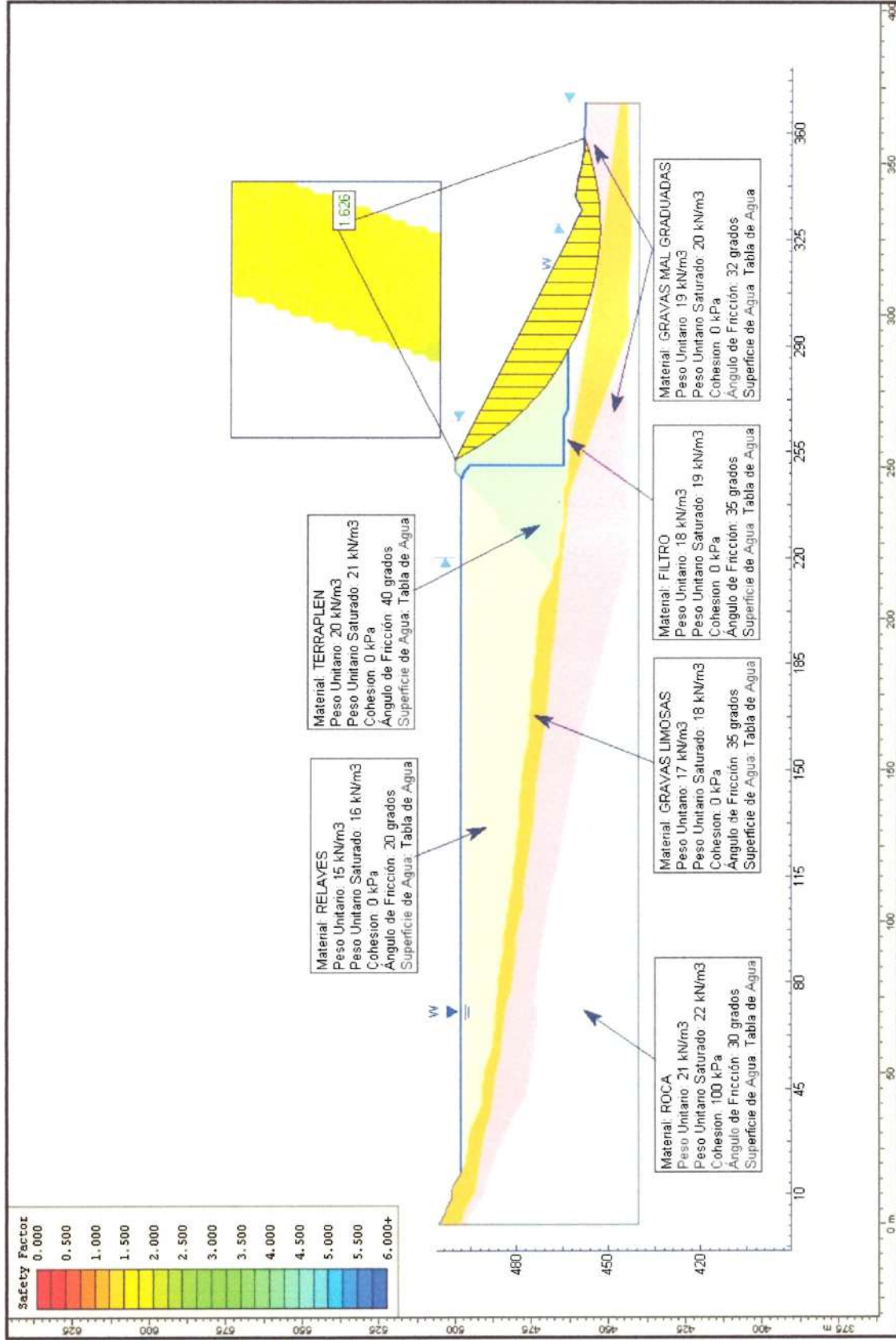
Límite Externo

364.930	457.596
361.688	458.000
359.783	458.000
353.713	458.000
353.631	458.000
353.320	458.102
348.888	459.000
346.502	459.606
346.447	459.626
346.365	459.650
346.364	459.651
344.976	460.000
340.000	460.640
339.115	460.754
338.807	460.803
334.601	458.700
333.001	459.500
330.001	461.000
327.787	462.107
252.001	500.000
248.001	500.000
246.000	498.000
17.394	498.000
17.365	498.000
17.324	498.000
17.121	498.000
17.096	498.000
17.056	498.000
16.728	498.214
15.564	499.000
15.038	499.340
14.009	500.000
12.013	500.881
11.742	501.000
11.624	501.000
11.493	501.000
9.017	501.000
8.766	501.134
8.758	501.136
8.597	501.141
8.331	501.204
6.926	502.000
5.749	502.668
5.143	503.000
4.287	503.000

Tabla de Agua

17.394	498.000
246.000	498.000
247.776	497.314
248.473	496.885
249.152	496.296
250.500	495.065
250.500	464.500
266.354	464.500
269.354	463.000
289.355	463.000
291.355	462.000
309.355	462.000
311.355	461.000
330.001	461.000
334.601	458.700
338.807	460.803
339.115	460.754
339.558	460.697
340.000	460.640
342.488	460.320
344.976	460.000
346.502	459.606
348.888	459.000
353.320	458.102
353.631	458.000
359.783	458.000
361.688	458.000
364.930	457.596
370.000	457.478

# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PRESA FINAL – ANÁLISIS ESTÁTICO



# Información de Análisis Slide

## Nombre del Documento

Nombre de Archivo: SISMICO FINAL

## Configuraciones del Proyecto

Título del Proyecto: SLIDE - An Interactive  
Slope Stability Program  
Dirección de Falla: De izquierda a derecha  
Unidades de Medida: Sistema Internacional  
Peso Unitario del Fluído en Poros: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Método de Aguas Subterránea: Superficies de  
Agua

Salida de Datos: Standard  
Cálculo de Presión de Poros en Exceso: No

## Métodos de Análisis

Métodos de Análisis usados:  
Bishop simplificado  
Janbu simplificado

Número de dovelas: 25  
Tolerancia: 0.005  
Máximo número de iteraciones: 50

## Opciones de Superficie

Tipo de Superficie: Circular  
Método de Búsqueda: Búsqueda en Cuadrícula  
Incremento de Radio: 10  
Superficie Compuesta: Deshabilitado  
Elevación Mínima: Sin Definir  
Profundidad Mínima: Sin Definir

## Sobrecarga

Coefficiente sísmico de carga (Horizontal): 0.23

## Propiedades de los Materiales

Material: RELAVES  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 16 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 0 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: TERRAPLEN  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Ángulo de Fricción: 38 grados

Superficie de Agua: Ninguna

Material: FILTRO  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 35 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: GRAVAS LIMOSAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 17 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 33 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: GRAVAS MAL GRADUADAS  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Ángulo de Fricción: 32 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

Material: ROCA  
Tipo de Fuerza: Mohr-Coulomb  
Peso Unitario: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Saturado: 22 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 100 kPa  
Ángulo de Fricción: 30 grados  
Superficie de Agua: Ninguna

## Mínimos Globales

Método: bishop simplificado  
FS: 1.111310  
Centro: 327.089, 552.919  
Radio: 94.500  
Punto final izquierdo de la superficie de  
deslizamiento: 248.796, 500.000  
Punto final derecho de la superficie de  
deslizamiento: 334.571, 458.715  
Momento resistente=1.11204e+006 kN-m  
Momento actuante=1.00066e+006 kN-m

Método: janbu simplificado  
FS: 1.011030  
Centro: 316.554, 529.010  
Radio: 73.319  
Punto final izquierdo de la superficie de  
deslizamiento: 249.218, 500.000  
Punto final derecho de la superficie de  
deslizamiento: 342.269, 460.348  
Fuerza Horizontal Resistente=13119.1 kN  
Fuerza Horizontal Actuante=12976 kN



### Superficies Válidas / No válidas

#### Método: bishop simplificado

Número de superficies válidas: 8541

Número de superficies no válidas: 9950

#### Método: janbu simplificado

Número de superficies válidas: 8541

Número de superficies no válidas: 9950

### Lista de todas las coordenadas

#### Cuadrícula de Búsqueda

259.663 505.100  
343.946 505.100  
343.946 573.413  
259.663 573.413

#### Límite de Material

-0.000 498.312  
5.862 496.064  
10.896 493.548  
18.404 492.398  
29.183 490.744  
37.729 488.280  
48.992 486.879  
56.552 485.237  
69.594 483.708  
73.336 482.960  
77.246 481.796  
88.750 480.165  
95.725 479.879  
101.076 479.019  
103.942 478.064  
110.064 477.673  
111.593 477.482  
127.759 475.136  
132.224 474.488  
146.564 473.261  
150.670 472.901  
169.410 470.085  
171.498 469.869  
178.773 469.437  
186.551 468.501  
192.080 468.015  
195.155 467.560  
198.038 467.350  
240.104 463.186  
267.455 453.611  
296.199 442.998

#### Límite de Material

17.394 498.000  
18.260 497.735  
19.616 497.000  
20.121 496.523  
20.205 496.476  
20.758 496.365  
21.005 496.315  
21.269 496.233

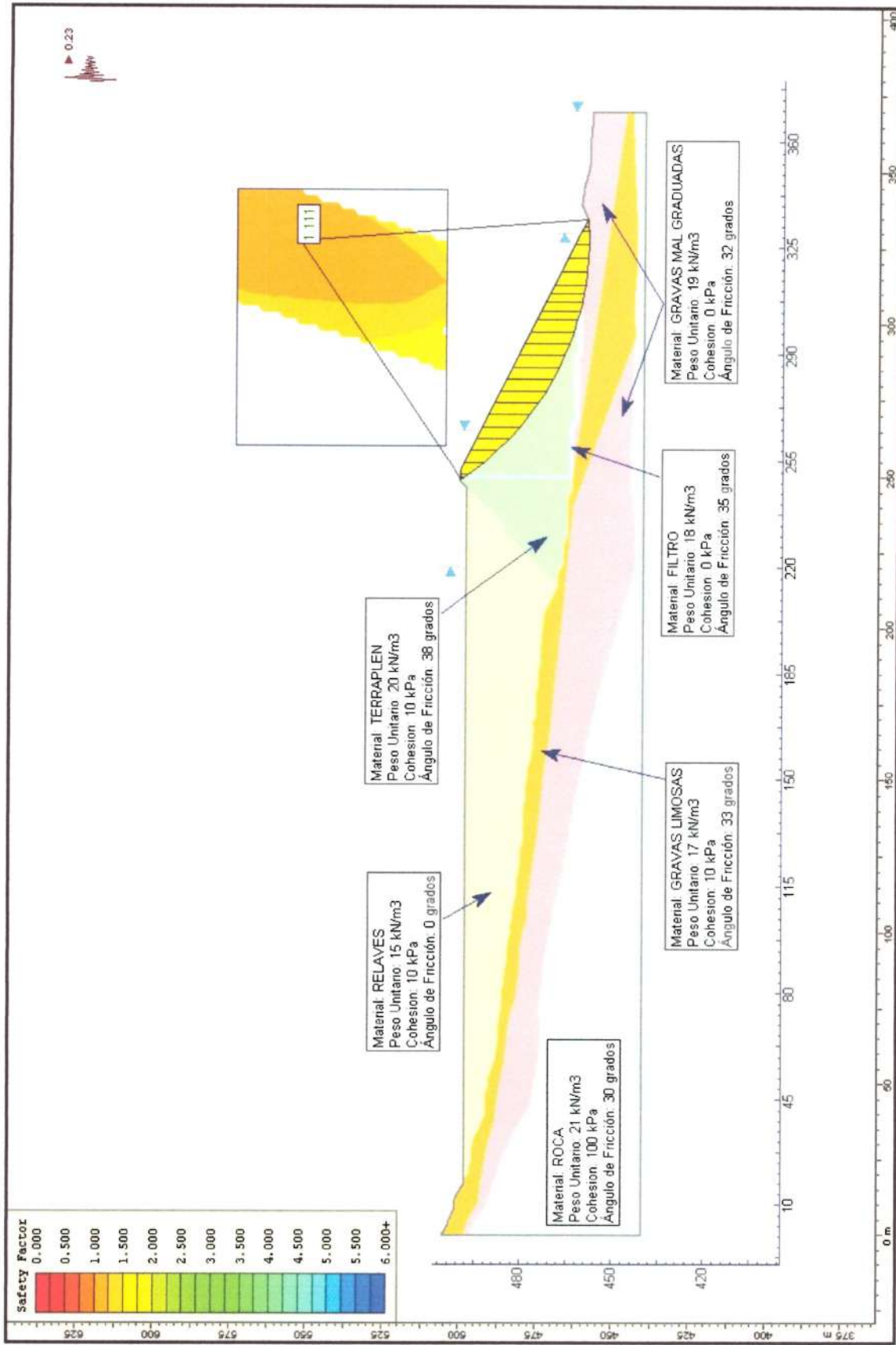
21.277 496.232  
21.487 496.167  
22.242 496.164  
22.244 496.164  
22.313 496.164  
22.409 496.155  
23.598 496.051  
23.599 496.051  
23.640 496.043  
23.731 496.017  
23.789 496.000  
27.089 495.542  
29.313 495.321  
29.421 495.305  
30.376 495.207  
31.025 495.000  
33.438 494.228  
33.531 494.190  
33.542 494.186  
33.884 494.000  
34.100 493.884  
35.730 493.000  
37.295 492.357  
38.150 492.000  
39.802 491.453  
40.231 491.313  
40.941 491.000  
40.980 491.000  
41.012 491.000  
41.492 491.000  
45.124 491.000  
46.369 491.000  
47.337 491.000  
49.038 490.256  
49.129 490.227  
49.136 490.226  
49.787 490.136  
51.300 490.219  
51.318 490.219  
51.743 490.242  
51.767 490.241  
52.469 490.000  
54.648 489.209  
55.279 489.000  
57.550 488.246  
58.291 488.000  
58.622 488.000  
58.635 488.000  
63.891 487.201  
65.131 487.030  
65.169 487.000  
65.260 487.000  
65.267 487.000  
65.355 487.000  
65.783 486.899  
67.157 487.000  
69.781 487.198  
69.796 487.197  
70.328 487.000  
70.338 487.000

70.353	487.000	122.445	480.107
70.735	486.857	122.507	480.098
70.764	486.849	122.754	480.079
73.676	486.404	122.795	480.078
74.092	486.348	125.288	480.113
74.096	486.347	125.299	480.112
74.375	486.350	126.196	480.000
75.922	486.000	127.104	480.000
76.758	485.845	131.012	479.148
76.762	485.839	131.289	479.082
76.827	485.833	131.831	479.000
77.191	485.765	132.576	479.000
77.199	485.765	132.844	479.000
80.198	485.821	134.120	479.148
80.421	485.825	134.133	479.150
80.561	485.854	134.134	479.150
80.737	485.891	134.137	479.149
81.145	485.864	134.177	479.151
81.147	485.861	134.712	479.145
82.509	485.667	138.469	479.000
82.662	485.625	141.129	478.903
85.813	485.000	141.130	478.903
86.475	485.000	141.552	478.874
89.455	484.433	142.648	478.736
92.076	484.000	142.676	478.731
93.290	484.000	142.981	478.704
94.170	484.000	143.795	478.527
95.370	484.000	143.819	478.523
95.401	484.000	145.589	478.377
95.595	484.000	148.299	478.280
99.288	483.445	149.546	478.000
100.148	483.322	149.563	478.000
100.160	483.322	149.565	478.000
101.386	483.000	149.690	478.000
101.386	483.000	149.698	478.000
102.129	483.000	149.871	478.000
102.144	483.000	149.876	478.000
102.734	483.000	150.413	478.000
104.097	482.691	153.040	477.538
107.248	482.353	153.178	477.514
108.826	482.018	153.916	477.471
108.884	482.000	156.294	477.000
108.909	482.000	156.345	476.981
113.810	481.060	156.345	476.981
113.863	481.043	156.353	476.979
113.865	481.043	156.361	476.977
114.196	481.000	156.622	476.896
114.811	481.000	156.634	476.889
115.817	481.000	157.960	476.569
116.464	481.000	157.990	476.562
117.311	481.000	162.259	476.000
117.321	481.000	165.138	476.000
117.954	481.000	165.788	475.649
118.117	481.000	166.282	475.545
119.253	480.680	166.292	475.546
119.523	480.636	166.347	475.562
120.207	480.454	167.570	476.000
120.277	480.444	168.783	476.000
120.317	480.436	169.521	476.000
121.816	480.269	170.406	475.330

170.837	475.000	328.001	459.500
170.852	475.000	331.001	458.300
170.919	475.000	331.801	458.300
171.941	475.000	333.001	459.500
174.385	475.000		
175.281	475.000	<u>Límite de Material</u>	
175.991	475.000	251.490	463.000
176.347	475.000	308.927	454.567
176.364	475.000	370.000	446.408
177.764	475.000		
178.950	475.000	<u>Límite de Material</u>	
181.258	474.001	-0.000	496.161
181.260	474.000	9.557	490.373
181.268	474.000	22.933	486.160
181.725	474.000	31.616	482.328
181.733	474.000	36.184	480.073
182.021	474.000	42.725	476.072
182.616	474.000	58.041	473.624
182.625	474.000	68.304	472.892
182.842	474.000	75.465	473.399
183.461	474.000	84.149	472.272
187.308	474.000	89.675	471.595
187.844	473.723	109.561	468.322
188.343	473.640	117.343	466.405
188.477	473.612	125.125	464.771
188.481	473.611	145.048	461.390
188.729	473.582	158.750	458.597
188.735	473.581	172.453	455.714
188.908	473.561	179.755	453.912
188.934	473.563	202.962	447.418
189.085	473.539	215.763	443.634
189.112	473.532	220.312	442.545
190.266	473.430	232.121	442.455
191.915	473.354	247.086	443.987
191.975	473.351	260.878	444.077
194.588	473.441	269.082	443.627
194.639	473.436	284.452	443.541
197.646	473.000	293.557	442.730
198.560	473.000	296.199	442.998
201.312	472.705	299.777	443.361
201.365	472.703	306.267	443.721
201.548	472.689	320.330	442.640
203.559	472.565	334.123	442.460
205.270	472.365	336.827	443.001
214.000	468.000	370.000	444.121
218.000	468.000		
222.000	466.000	<u>Límite de Material</u>	
228.000	466.000	234.000	486.000
231.000	464.500	246.000	498.000
243.000	464.500		
246.000	463.000	<u>Límite de Material</u>	
249.500	463.000	214.000	468.000
251.490	463.000	230.000	484.000
266.000	463.000	232.000	486.000
269.000	461.500	234.000	486.000
285.000	461.500	236.000	486.000
289.001	461.500	249.500	479.250
291.001	460.500		
309.001	460.500	<u>Límite de Material</u>	
311.001	459.500	250.500	478.750

275.449	466.275	8.597	501.141
282.000	463.000	8.331	501.204
		6.926	502.000
<u>Límite de Material</u>		5.749	502.668
249.500	463.000	5.143	503.000
249.500	479.250	4.287	503.000
249.500	499.000	3.808	503.293
250.500	499.000	3.772	503.298
250.500	478.750	3.542	503.420
250.500	464.500	2.669	504.000
266.354	464.500	0.943	504.929
269.354	463.000	0.820	505.000
282.000	463.000	-0.000	505.429
285.000	463.000	-0.000	498.312
289.355	463.000	-0.000	496.161
291.355	462.000	0.000	440.000
309.355	462.000	370.000	440.000
311.355	461.000	370.000	444.121
330.001	461.000	370.000	446.408
		370.000	457.478
<u>Límite Externo</u>			
364.930	457.596		
361.688	458.000		
359.783	458.000		
353.713	458.000		
353.631	458.000		
353.320	458.102		
348.888	459.000		
346.502	459.606		
346.447	459.626		
346.365	459.650		
346.364	459.651		
344.976	460.000		
340.000	460.640		
339.115	460.754		
338.807	460.803		
334.601	458.700		
333.001	459.500		
330.001	461.000		
327.787	462.107		
252.001	500.000		
248.001	500.000		
246.000	498.000		
17.394	498.000		
17.365	498.000		
17.324	498.000		
17.121	498.000		
17.096	498.000		
17.056	498.000		
16.728	498.214		
15.564	499.000		
15.038	499.340		
14.009	500.000		
12.013	500.881		
11.742	501.000		
11.624	501.000		
11.493	501.000		
9.017	501.000		
8.766	501.134		
8.758	501.136		

# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PRESA FINAL – ANÁLISIS SISMICO



**ANEXO 11**

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL VASO**

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**1. REQUERIMIENTOS DE CIA. MINERA PARA EL DEPOSITO PROYECTADO:**

1.1 CAPACIDAD DEL VASO REQUERIDO =	374,400 m <sup>3</sup>	
1.2 PRODUCCION DE RELAVES TOTAL (1) =	93,600 TMSA	→ 300 TMSD
1.3 DENSIDAD RELAVES =	1.50 TM/m <sup>3</sup>	
1.4 VOLUMEN DE RELAVES A DEPOSITAR =	62,400 m <sup>3</sup> /año	
1.5 TIEMPO DE VIDA PROYECTADO =	6.0 años	

**2. CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES PROYECTADO:**

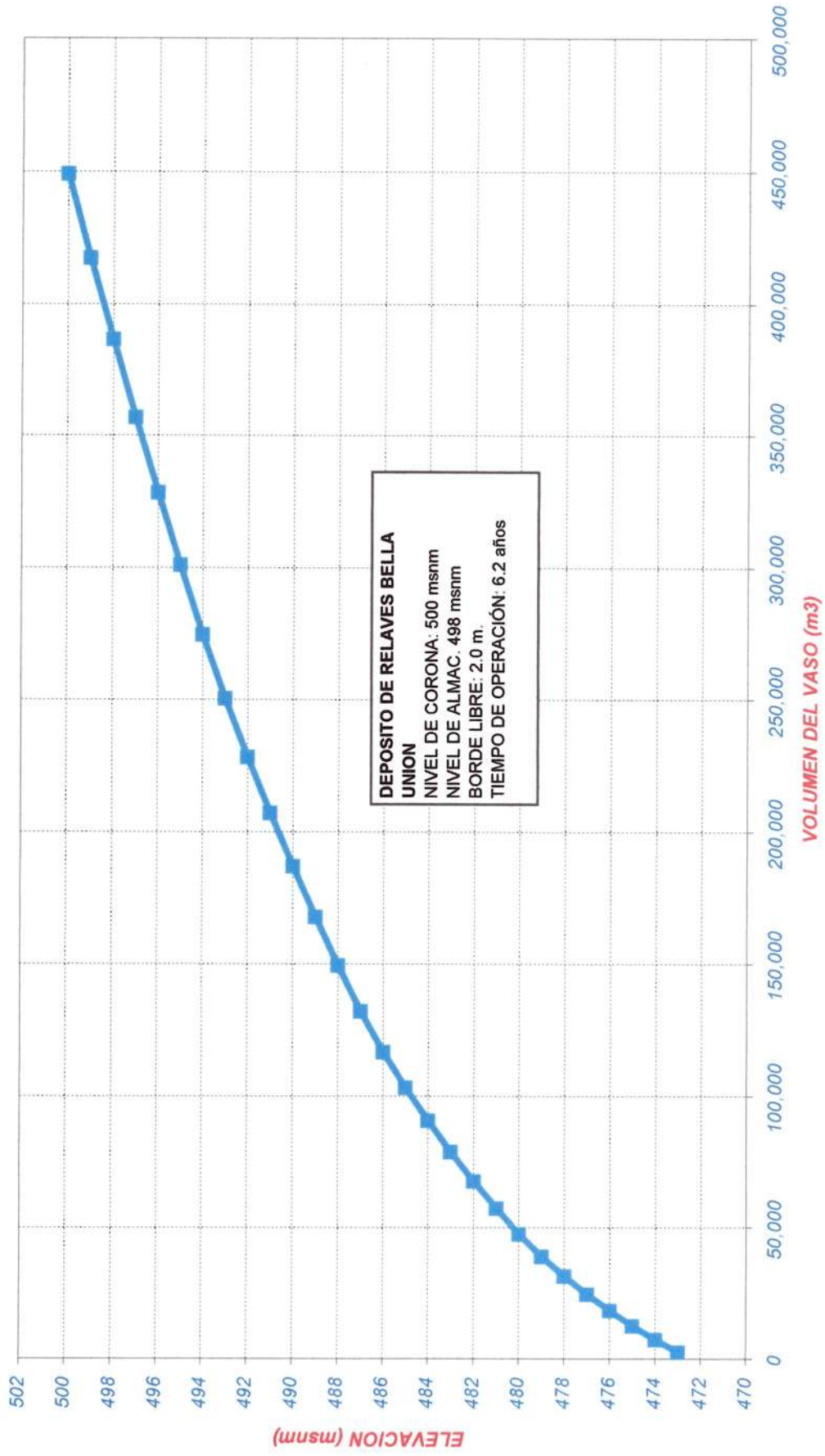
2.1 NIV. MAX. RELAVES =	498.00 msnm
2.2 BORDE LIBRE =	2.00 m
2.3 NIVEL DE CORONA PROYECTADA =	500.00 msnm
2.4 CAPACIDAD DEL VASO =	386,639 m <sup>3</sup>
2.5 VOLUMEN DE PRESA =	328,677 m <sup>3</sup>
2.6 RAZON DE EFICIENCIA =	1.2

COTA DEL VASO (msnm)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO OPERACIÓN (AÑOS)	DATOS PRESA	VOLUMEN PRESA (m <sup>3</sup> )
472	1,010.7				
473	4,384.2	2,697	0.0		
474	5,059.4	7,419	0.1		
475	5,542.5	12,720	0.2		
476	6,048.5	18,516	0.3		
477	6,579.9	24,830	0.4		
478	7,132.2	31,686	0.5		
479	7,721.0	39,113	0.6		
480	9,415.5	47,681	0.8		
481	10,065.3	57,421	0.9		
482	10,746.6	67,827	1.1		
483	11,458.4	78,930	1.3		
484	12,198.1	90,758	1.5	← Cota máx. almacen.	83795
485	12,962.6	103,338	1.7		
486	13,830.9	116,735	1.9	← Cota corona Presa	
487	16,942.8	132,122	2.1		
488	17,850.1	149,518	2.4		
489	18,770.4	167,829	2.7		
490	19,705.9	187,067	3.0		
491	20,656.7	207,248	3.3		
492	21,622.0	228,387	3.7		
493	22,669.9	250,533	4.0		
494	25,803.6	274,770	4.4		
495	26,871.8	301,108	4.8		
496	27,955.7	328,521	5.3		
497	29,054.5	357,026	5.7		
498	30,170.8	386,639	6.2	← Cota máx. almacen.	
499	31,303.6	417,376	6.7		
500	32,446.8	449,251	7.2	← Cota corona Presa	328677

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO RELAVES (m <sup>3</sup> )	386,639
VOLUMEN DE PRESA (m <sup>3</sup> )	328,677
RAZON DE EFICIENCIA	1.2
TIEMPO DE OPERAC. DEL DEP. PROYECTADO (años)	6.2
LONGITUD DE PRESA (m.)	282.7

# DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

LAMINA No. 2: VOLUMEN DEL VASO VS ELEVACION





**ANEXO 12**

**SISTEMA DE DRENAJE**

## CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION A TRAVES DE LA PRESA Y SU CIMENTACION

### 1. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION A TRAVES DEL CUERPO DE PRESA - EJE (Qdam)

$$Q_{dam} = K_p \cdot H \cdot (n_f/n_e) \cdot l \dots\dots (1)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad del cuerpo de presa =	1.39E-04 cm/s =	1.39E-06 m/s
H =	Carga hidráulica =	32 m	
nf =	Número de líneas de corriente =	7	
ne =	Número de caídas de potencial =	4	
l =	Longitud unitaria de la presa =	1 m	

<b>Q dam =</b>	<b>7.76E-05 m3/s/m de presa</b>
----------------	---------------------------------

### 2. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION LATERAL A TRAVES DEL CUERPO DE PRESA MARGEN DERECHA (Qdam lat md)

$$Q_{dam \text{ lat md}} = K_p \cdot H \cdot (n_f/n_e) \cdot l \dots\dots (2)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad del cuerpo de presa =	1.39E-04 cm/s =	1.39E-06 m/s
H =	Carga hidráulica =	21 m	
nf =	Número de líneas de corriente =	4	
ne =	Número de caídas de potencial =	4	
l =	Longitud unitaria de la presa =	1 m	

<b>Q dam lat md =</b>	<b>2.87E-05 m3/s/m de presa</b>
-----------------------	---------------------------------

### 3. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION LATERAL A TRAVES DEL CUERPO DE PRESA MARGEN IZQUIERDA (Qdam lat ml)

$$Q_{dam \text{ lat ml}} = K_p \cdot H \cdot (n_f/n_e) \cdot l \dots\dots (3)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad del cuerpo de presa =	1.39E-04 cm/s =	1.39E-06 m/s
H =	Carga hidráulica =	23 m	
nf =	Número de líneas de corriente =	4	
ne =	Número de caídas de potencial =	4	
l =	Longitud unitaria de la presa =	1 m	

<b>Q dam lat ml =</b>	<b>3.19E-05 m3/s/m de presa</b>
-----------------------	---------------------------------

### 4. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION A TRAVES DE LA CIMENTACION - CAUCE QUEBRADA (Qcim)

$$Q_{cim} = K_c \cdot l \cdot A \dots\dots (2)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad de la cimentación =	5.59E-05 cm/s =	5.59E-07 m/s
H =	Carga hidráulica =	32.0 m	
L =	Longitud de recorrido =	120 m	
l =	Gradiente hidráulico (H/L) =	0.267	
A =	Area unitaria =	20 m2	

<b>Q cim =</b>	<b>2.98E-06 m3/s/m de presa</b>
----------------	---------------------------------

### 5. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION A TRAVES DE LA CIMENTACION - MARGEN DERECHA (Qcim-md)

$$Q_{cim} = K_c \cdot l \cdot A \dots\dots (5)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad de la cimentación =	5.59E-05 cm/s =	5.59E-07 m/s
H =	Carga hidráulica =	21.0 m	
L =	Longitud de recorrido =	71 m	
l =	Gradiente hidráulico (H/L) =	0.296	
A =	Area unitaria =	20.00 m2	

<b>Q cim-md =</b>	<b>3.30E-06 m3/s/m de presa</b>
-------------------	---------------------------------

6. CALCULO DEL CAUDAL DE FILTRACION A TRAVES DE LA CIMENTACION - MARGEN IZQUIERDA (Qcim-mi)

$$Q_{cim} = K_c \cdot i \cdot A \dots\dots (6)$$

Donde:

Kc=	Permeabilidad de la cimentación =	5.59E-05 cm/s =	5.59E-07 m/s
H =	Carga hidráulica =	23.0 m	
L =	Longitud de recorrido =	62 m	
i =	Gradiente hidráulico (H/L) =	0.371	
A =	Area unitaria =	20 m <sup>2</sup>	

Q cim-mi =	4.1E-06 m3/s/m de presa
------------	-------------------------

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE LOS DRENES CHIMENEA Y BLANKET FILTRANTE

1. DATOS GENERALES

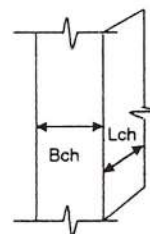
Kch =	Permeabilidad del dren chimenea (m/s)
Bch =	Ancho dren chimenea (m)
Lch =	Longitud unitaria del filtro chimenea (m)
Ach =	Area unitaria (m <sup>2</sup> )
i =	Gradiente hidráulico
Qch	Caudal de conducción del dren chimenea (m <sup>3</sup> /s/m)

Qt =	Caudal total de filtración (m <sup>3</sup> /s/m)
Lb =	Longitud del blanket (m)
h =	Altura del blanket (m)
Bb =	Ancho unitario del blanket (m)
Ab =	Area unitaria (m <sup>2</sup> )
Kb =	Permeabilidad del blanket (m/s)
Qb =	Caudal de conducción del blanket (m <sup>3</sup> /s/m)

1. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL DREN CHIMENEA

Kch =	1.0E-03 m/s
Bch =	1 m
Lch =	1 m de presa
Ach =	1 m <sup>2</sup>
i =	1.0

arena gravosa

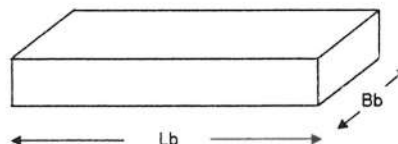


Qch =	1.0E-03 m3/s/m
-------	----------------

Qch =	1.0 l/s/m
-------	-----------

2. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL BLANKET FILTRANTE

Qt =	8.17E-05 m3/s/m
Lb =	85 m
h =	1.5 m
i =	0.018 m
Bb =	1 m
Ab =	1.5 m <sup>2</sup>



Kb =	3.09E-03 m/s
------	--------------

Kb =	0.3087 cm/s
------	-------------

La permeabilidad del filtro horizontal deberá ser por lo menos 10 veces la permeabilidad obtenida en la capacidad de conducción del blanket filtrante

Por lo tanto:

Kf final =	3.09 cm/s	→	Material correspondiente a una grava limpia
------------	-----------	---	---

Qf =	8.17E-04 m3/s/m
------	-----------------

Qf =	0.82 l/s/m
------	------------

**CAUDAL DE INFILTRACION EN EL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

VASO	Nivel máx. almacenam. (msnm)	K	I	A
	498	1.0E-06	1	30096 m <sup>2</sup>

Caudal de infiltración (Vaso) = 30.1 l/s

**Caudal colector principal 1**

Longitud Tramo =	200 m
Pendiente min =	0.5 %
Rugosidad =	0.008
Diámetro de tubería =	8 pulgadas
Caudal máximo permisible del dren (100%)	
Colector principal =	35.90 l/s
Caudal de diseño del dren (85%)	
Colector principal =	30.5 l/s

**Caudal drenes secundarios**

Pendiente min =	1.3 %
Rugosidad =	0.008
Diámetro de tubería =	6 pulgadas
Eficiencia de la tubería =	40 %
Caudal máximo permisible del dren secundario =	26.80 l/s
Caudal de diseño del dren secundario =	10.72 l/s
Número de tuberías que entregan al colector =	3 unidades

**CAUDAL TOTAL DEL COLECTOR PRINCIPAL A LA CAJA DE CONCRETO**

Caudal total =	31 l/s
Diámetro del colector principal =	8 pulgadas
Diámetro de drenes secundarios =	6 pulgadas
Caudal de infiltración Vaso =	30.1 l/s
Caudal que conduce el sistema de drenaje =	31 l/s
Razón de conducción =	1.0

**CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL DREN PRINCIPAL**

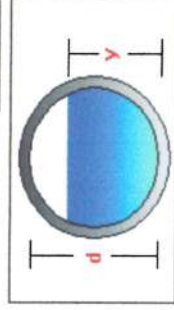
**Datos:**

Tirante (y) :  m

Diámetro (d) :  m

Rugosidad (n) :  m/m

Pendiente (S) :  m/m



**Resultados:**

Caudal (Q) :  m<sup>3</sup>/s

Area hidráulica (A) :  m<sup>2</sup>

Radio hidráulico (R) :  m

Número de Froude (F) :  Supercrítico

Tipo de flujo :

Velocidad (v) :  m/s

Perímetro mojado (p) :  m

Espejo de agua (T) :  m

Energía específica (E) :  m-Kg/Kg



**CAPACIDAD DE CONDUCCION DE LOS DRENES SECUNDARIOS**

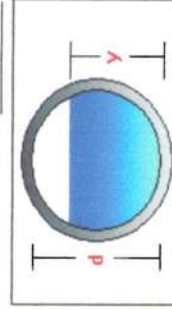
**Datos:**

Tirante (y) :  m

Diámetro (d) :  m

Rugosidad (n) :  m/m

Pendiente (S) :  m/m



**Resultados:**

Caudal (Q) :  m<sup>3</sup>/s

Area hidráulica (A) :  m<sup>2</sup>

Radio hidráulico (R) :  m

Número de Froude (F) :  Supercrítico

Tipo de flujo :

Velocidad (v) :  m/s

Perímetro mojado (p) :  m

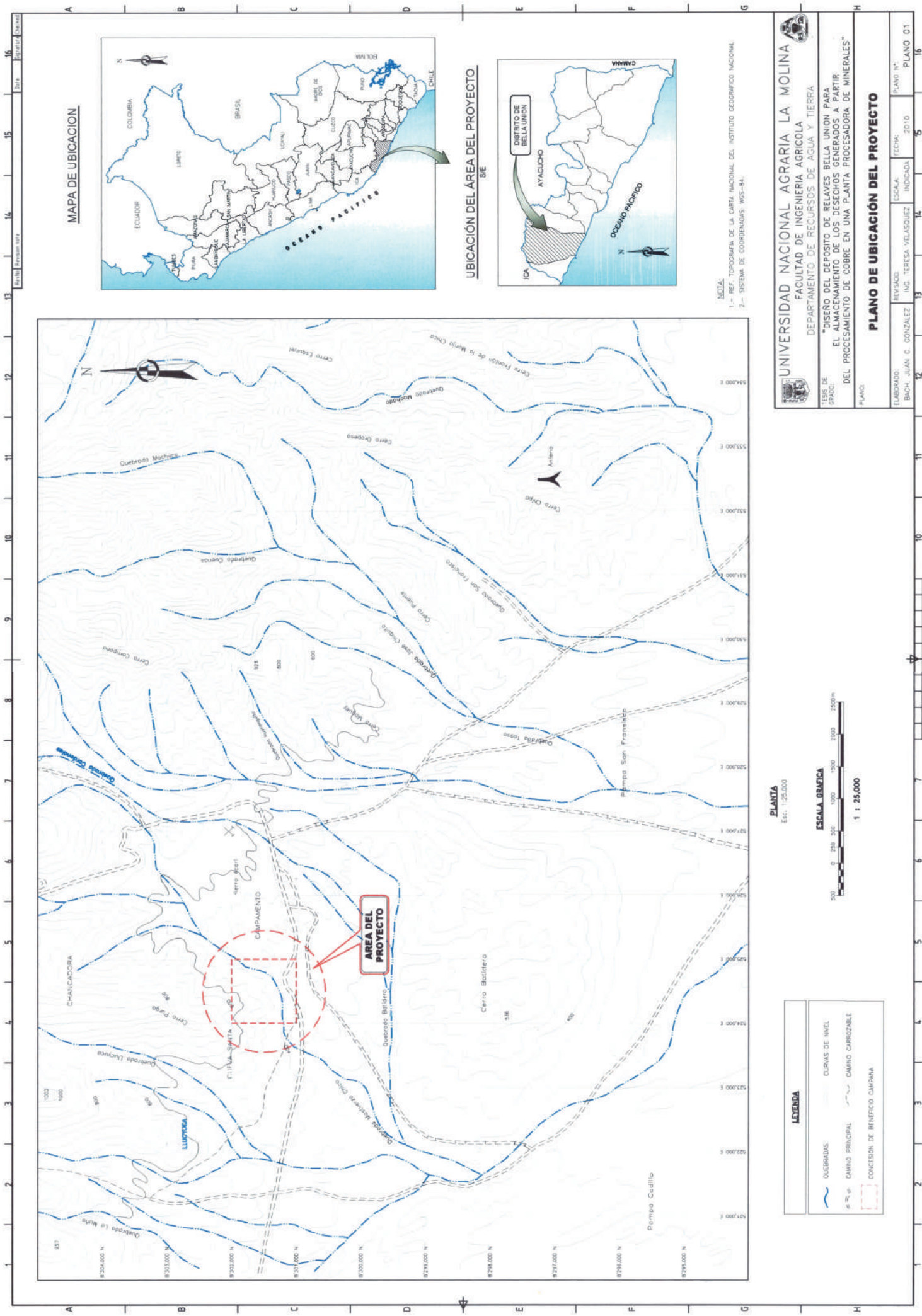
Espejo de agua (T) :  m

Energía específica (E) :  m-Kg/Kg



**ANEXO 13**

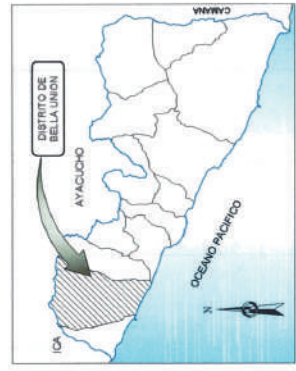
**PLANOS**



**MAPA DE UBICACION**



**UBICACION DEL AREA DEL PROYECTO**



NOTA:  
 1.- REF. TOPOGRAFIA DE LA COSTA NACIONAL DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
 2.- SISTEMA DE COORDENADAS: WGS-84.

**PLANTA**  
 Esc. 1:25,000

**ESCALA GRAFICA**



1 : 25,000

LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL
	CAMINO PRINCIPAL
	CAMINO CRUZABLE
	CONCESION DE BENEFICIO CAMPERA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**PLANO DE UBICACION DEL PROYECTO**

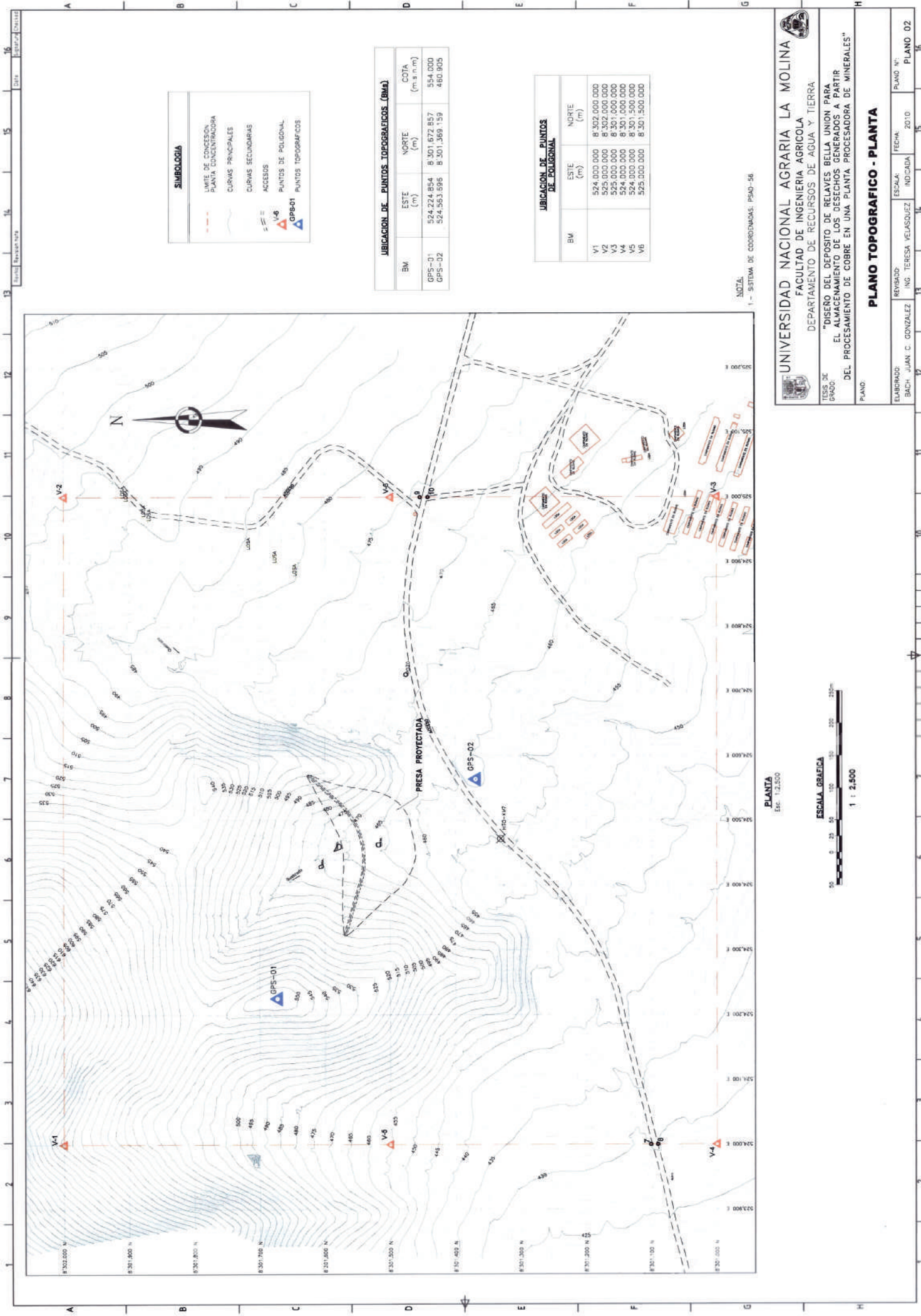
ELABORADO:  
 BACH. JUAN C. GONZALEZ

REVISADO:  
 ING. TERESA VELASQUEZ

ESCALA:  
 INDICADA

FECHA:  
 2010

PLANO N°:  
 PLANO 01



**SIMBOLOGIA**

- - - LIMITE DE CONCESION PLANTA CONCENTRADORA
- ~ CURVAS PRINCIPALES
- ~ CURVAS SECUNDARIAS
- == ACCESOS
- ▲ V-6 PUNTOS DE POLIGONAL
- ▲ GPS-01 PUNTOS TOPOGRAFICOS

**UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS (B.M.)**

B.M.	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m s.n.m)
GPS-01	524.224.854	8.301.672.857	554.000
GPS-02	524.563.896	8.301.369.159	460.905

**UBICACION DE PUNTOS DE POLIGONAL**

B.M.	ESTE (m)	NORTE (m)
V1	524.000.000	8.302.000.000
V2	525.000.000	8.302.000.000
V3	525.000.000	8.301.000.000
V4	524.000.000	8.301.000.000
V5	524.000.000	8.301.500.000
V6	525.000.000	8.301.500.000

NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56

PLANTA  
Esc: 1:2,500



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

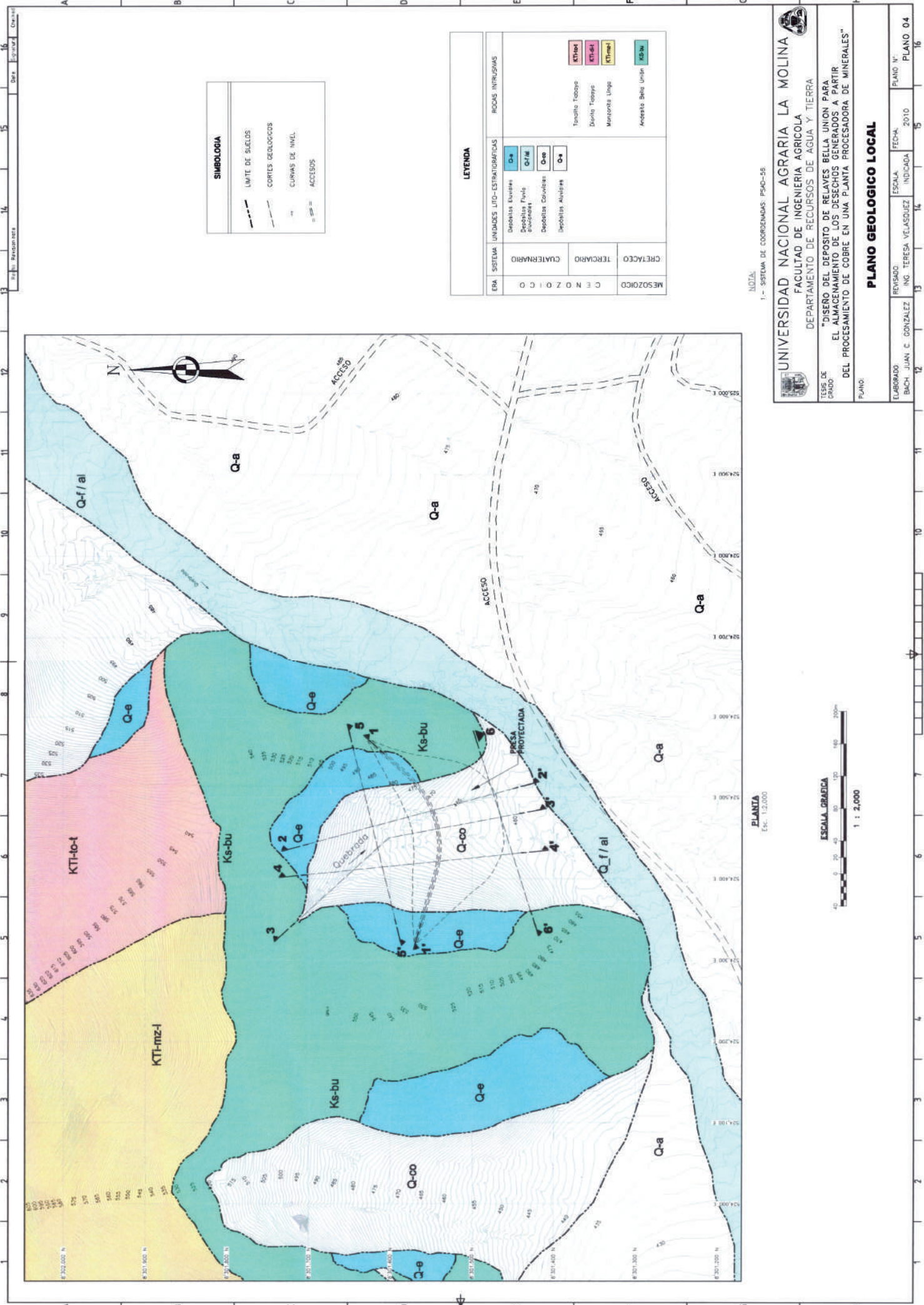
TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**PLANO TOPOGRAFICO - PLANTA**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 02
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------







**SIMBOLOGIA**

	LIMITE DE SUELOS
	CORTES GEOLOGICOS
	CURVAS DE NIVEL
	ACCESOS

**LEYENDA**

ERA	SISTEMA	UNIDADES LITO-ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	Depositos Blandos	Q-a
		Depositos Turbos	Q-f/al
		Depositos Coluviales	Q-e
		Depositos Aluviales	Q-oo
M E S O Z O I C O	TERCIARIO		Andesito Beta Umbri
			Andesito

NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

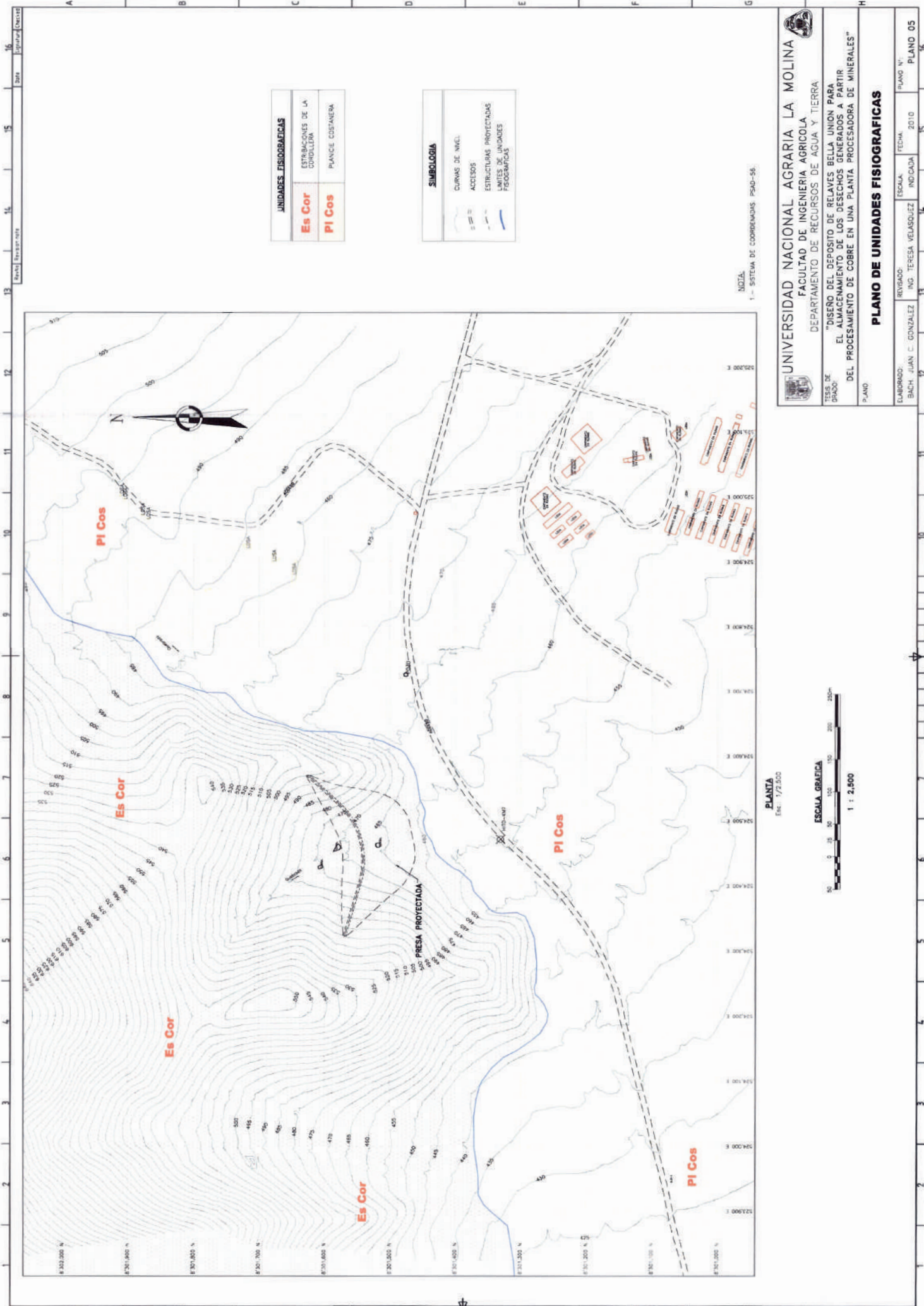
TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**PLANO GEOLOGICO LOCAL**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: 1:2,000  
 FECHA: 2010  
 INDICADA: 04  
 PLANO N°: PLANO 04

PLANTA  
 Esc. 1:2,000





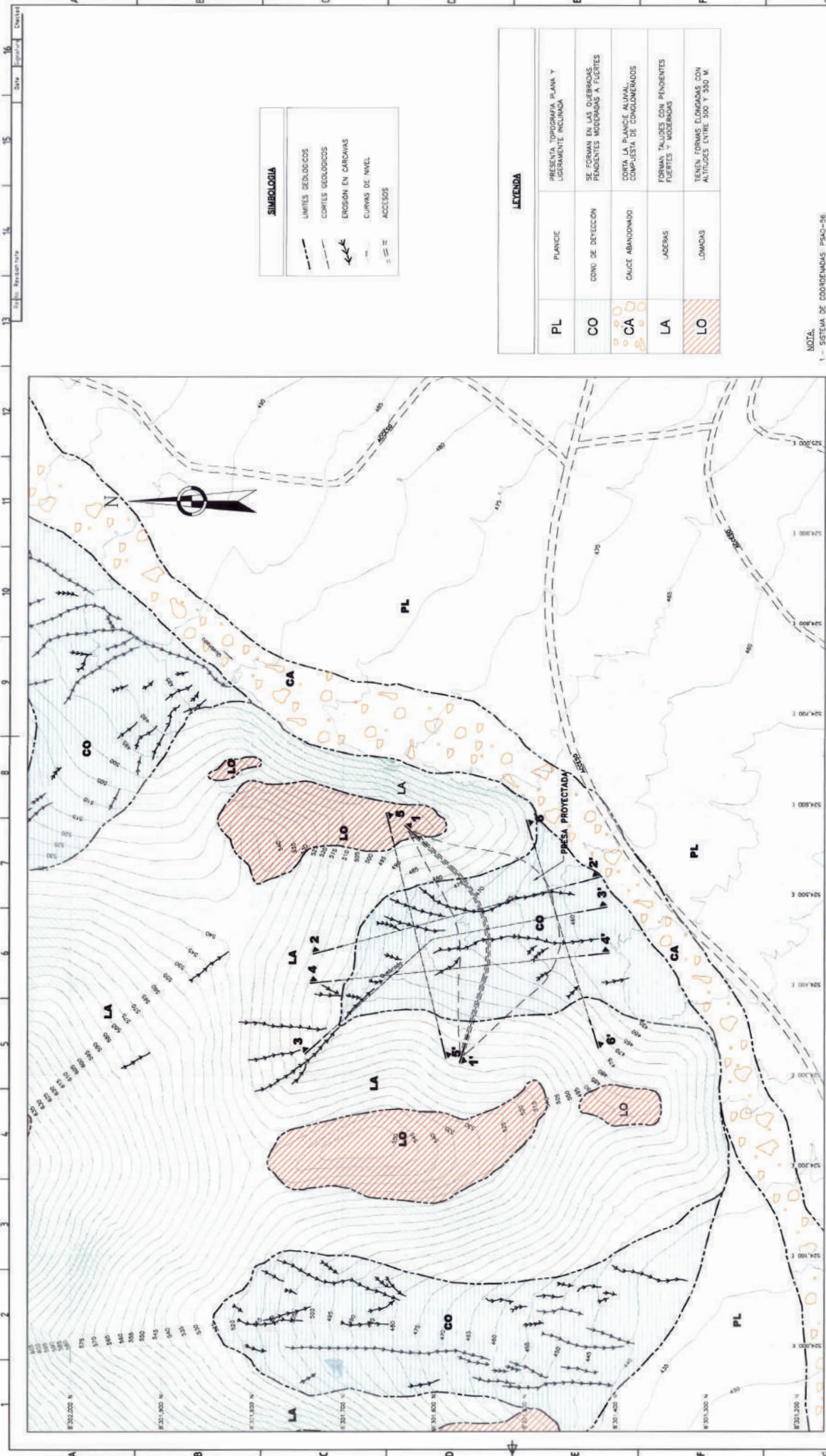
UNIDADES FISIOGRAFICAS	
<b>Es Cor</b>	ESTRIBACIONES DE LA CORDILLERA
<b>PI Cos</b>	FRANQUE COSTANERA

SIMBOLOGIA	
	CURVAS DE NIVEL
	ACCESOS
	ESTRUCTURAS PROTECTADAS
	LIMITES DE UNIDADES FISIOGRAFICAS

NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS PSAD-56

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA	
TESIS DE GRADO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES" P_AND	ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA
FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 05






SIMBOLOGIA	
	LIMITES GEOLOGICOS
	CONTORNES GEOLOGICOS
	EROSION EN CARRANAS
	CURVAS DE NIVEL
	ACCESOS

LEYENDA		
PL	PLANICIE	PRESENTA TOPOGRAFIA PLANA Y LIGERAMENTE INCLINADA
CO	CONO DE DETECCION	SE FORMAN EN LAS OLERERAS PENDIENTES MODERADAS A FUERTES
CA	DAUCE ABANDONADO	EXISTEN EN PLANES ALIVIA, COMPUESTA DE CONGLOMERADOS
LA	LADERAS	FORMAN TALLUDES CON PENDIENTES FUERTES Y MODERADAS
LO	LOMAS	TIENEN FORMAS ELONGADAS CON ALTITUDES ENTRE 300 Y 500 M.

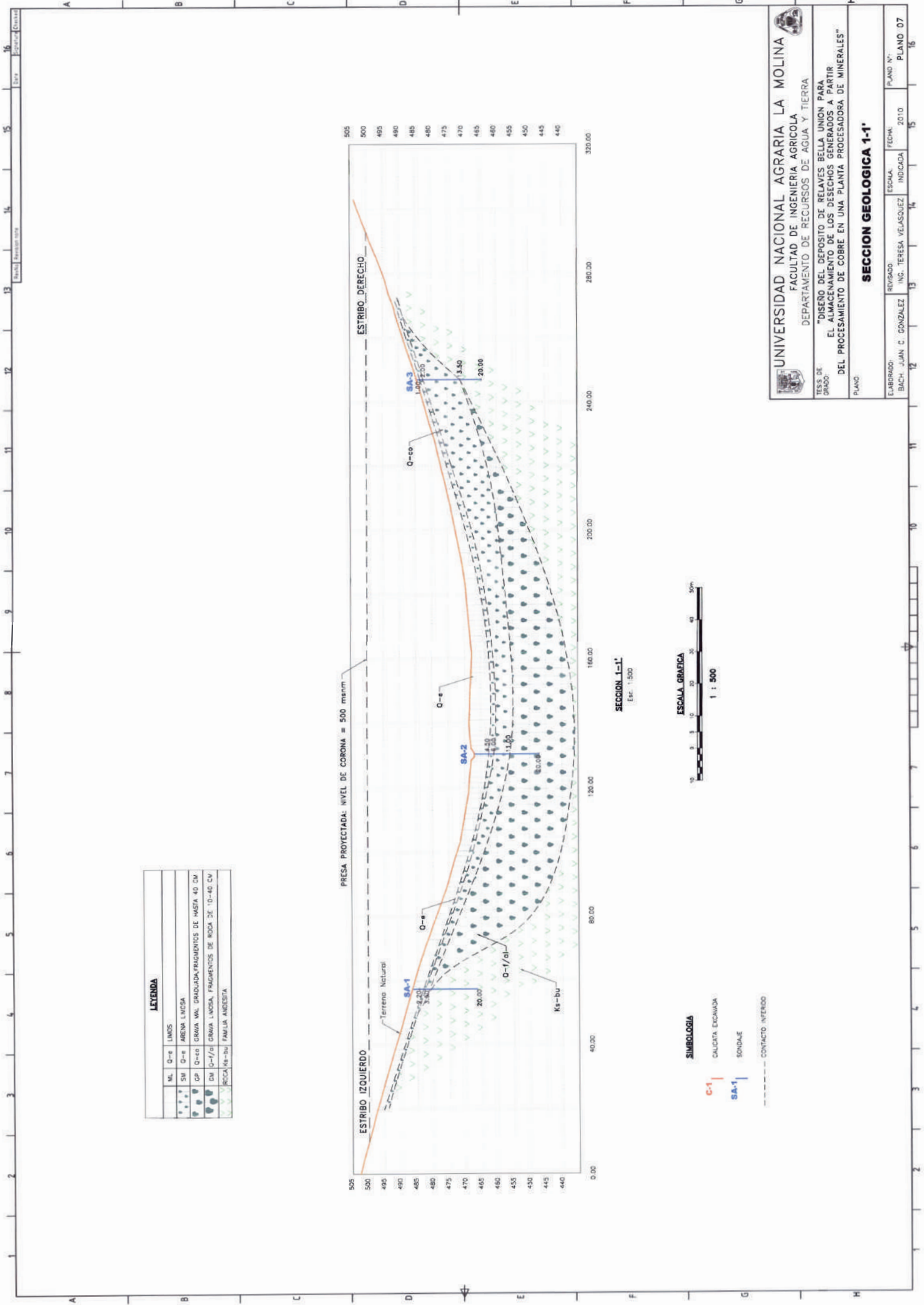
NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS PSAO-56

PLANTA  
E.C. 12,000




**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 06
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



**LEYENDA**

Ml	Q-e	LIMOS
SW	Q-e	ARENA LIMSA
GP	Q-co	GRANA MAL GRADUADA-FRAGMENTOS DE MISTA 40 CM
DM	Q-f/al	GRANA LINDA, FRAGMENTOS DE ROCA DE 10-40 CM
ROCA	Ms-bu	FANGOSA

**SIMBOLOGIA**

C-1	CAJATA EXCAVADA
SA-1	SONDAE
---	CONTACTO INTERNO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

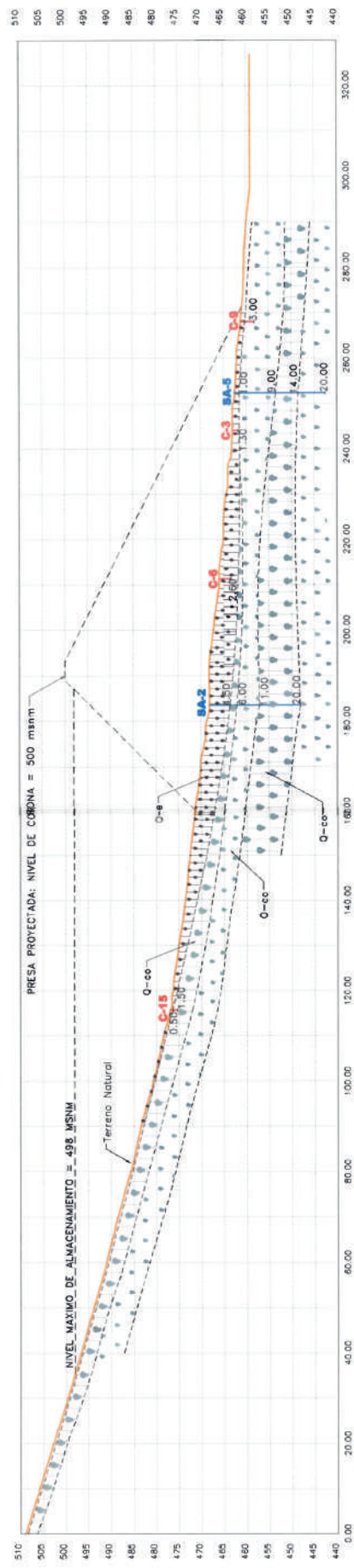
TES.S DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO

**SECCION GEOLOGICA 1-1'**

ELABORADO:	REVISADO:	ESCALA:	FECHA:	PLANO N°:
BACH. JUAN C. GONZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ	INDICADA	2010	PLANO 07

LEYENDA	
SM	G-e ARENA LIMOSA
SP	Q-cc GRANA MAL GRADUAL FRAGMENTOS HASTA 40 CM
DM	Q-cc GRANA LIMOSA, FRAGMENTOS DE ROCA DE 10-40 CM



SECCION 2-2'  
Ech: 1:500

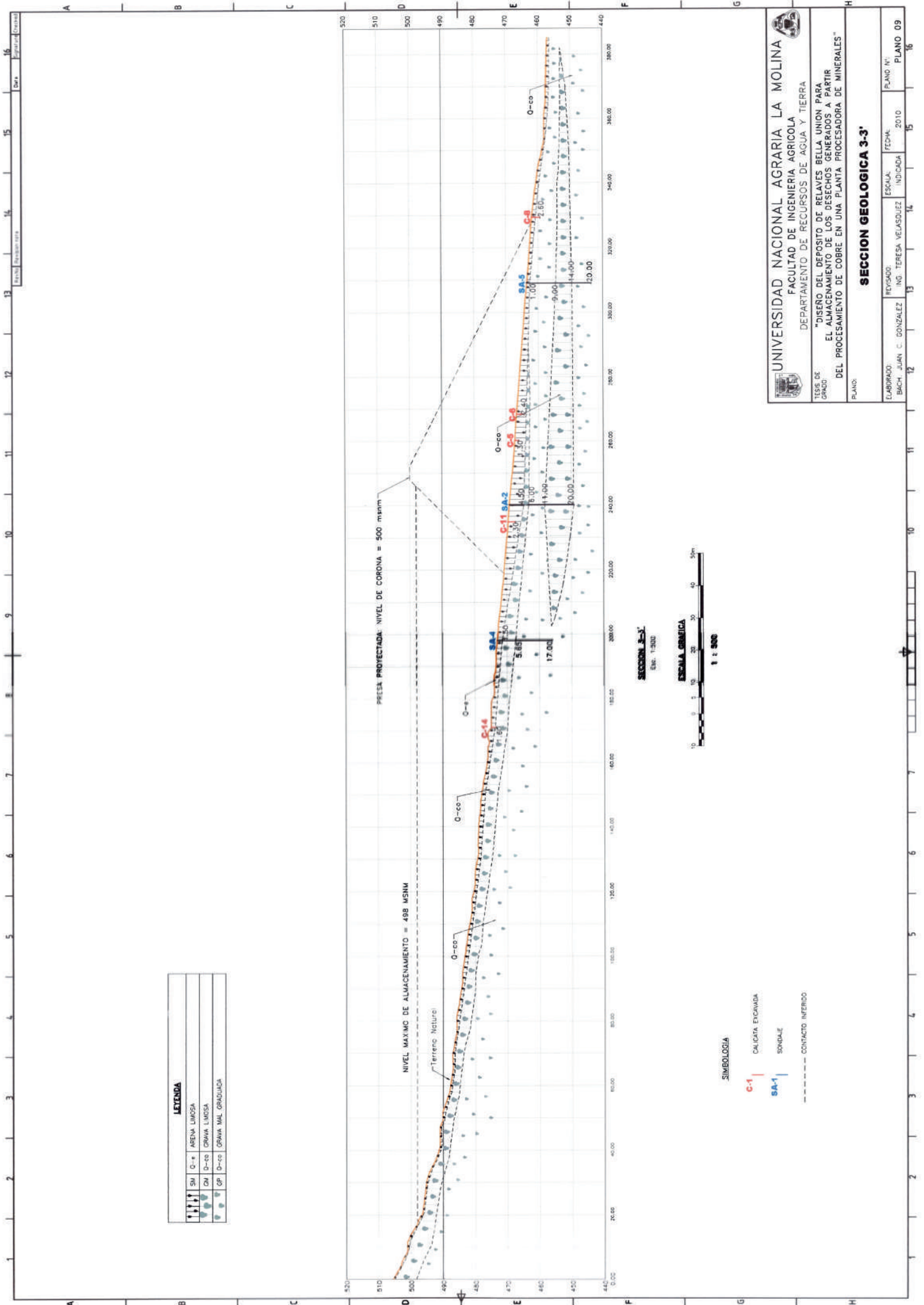


**SIMBOLOGIA**

- C-1 CALICATA EXCAVADA
- SA-1 SONDAJE
- CONTACTO INFERIO

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA</p>				
<p>TESIS DE GRADO "DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES BELLA UNIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"</p>				
<p>PLANO:</p>				
ELABORADO BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 08

**SECCION GEOLOGICA 2-2'**



**LEYENDA**

SM	C-1	ARENA LIMOSA
GM	D-10	GRANA LIMOSA
GP	D-11	GRANA MAL GRADUADA

**SIMBOLOGIA**

C-1	CALCATA ELEVADA
SA-1	SONDAJE
---	CONTACTO INFERIOR

**SECCION 3-3'**  
Elev. 1:500

**ESCALA GRAFICA**  
1 : 500

0 10 20 30 40 50m

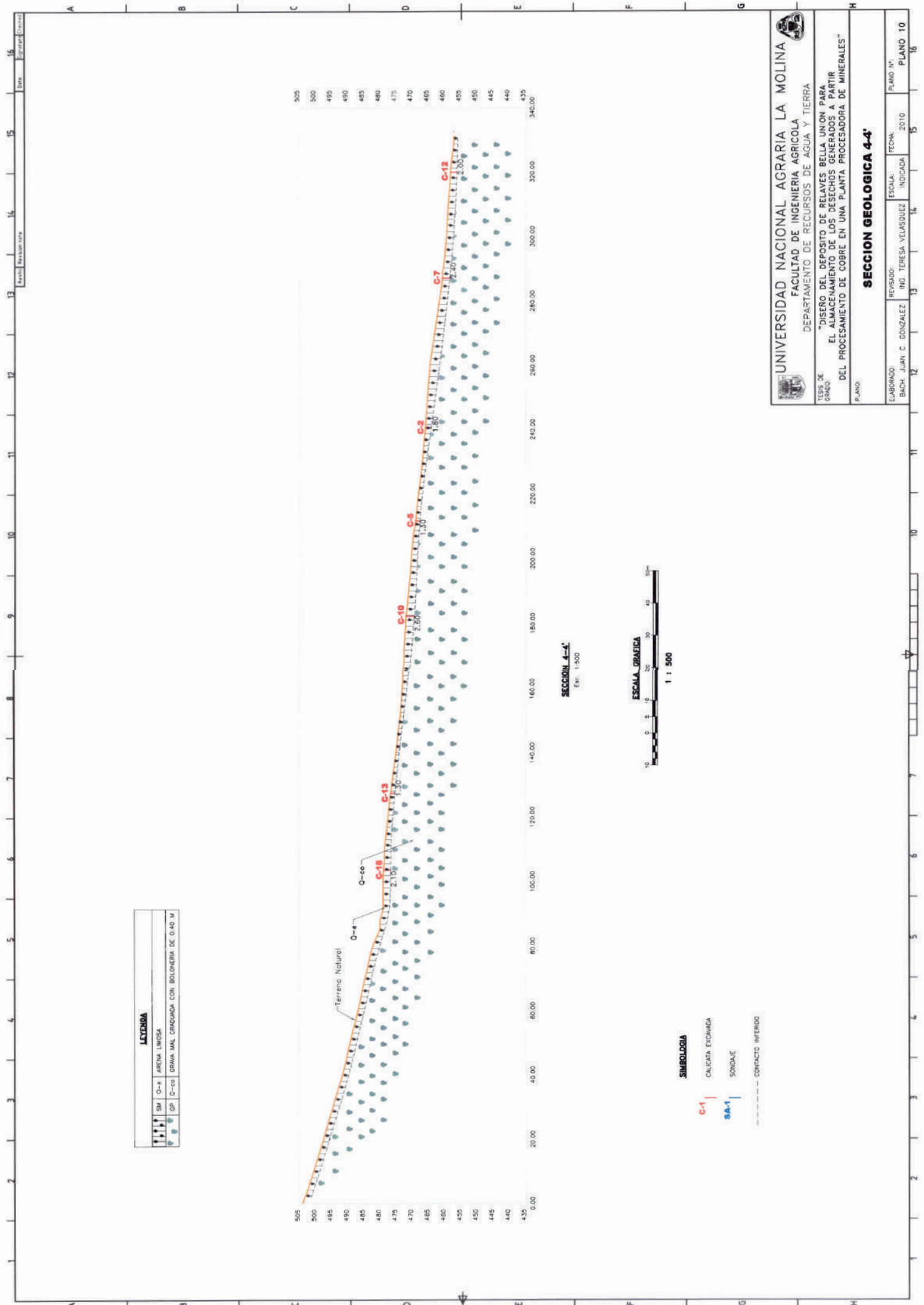
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCION GEOLOGICA 3-3'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 09
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



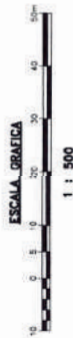
**LEYENDA**

SM	ARENOSA
O-1	ARENOSA LIMOSA
O-2	ARENOSA LIMOSA CON BOLSONES DE 0.40 M
GP	GRAVA MAL GRADUADA CON BOLSONERIA DE 0.40 M
GP	GRAVA

**SIMBOLOGIA**

C-1	CAJONETA ESCAVADA
SA-1	SONDAJE
---	CONTACTO INFERIOR

**SECCION 4-4'**  
Ech: 1:500

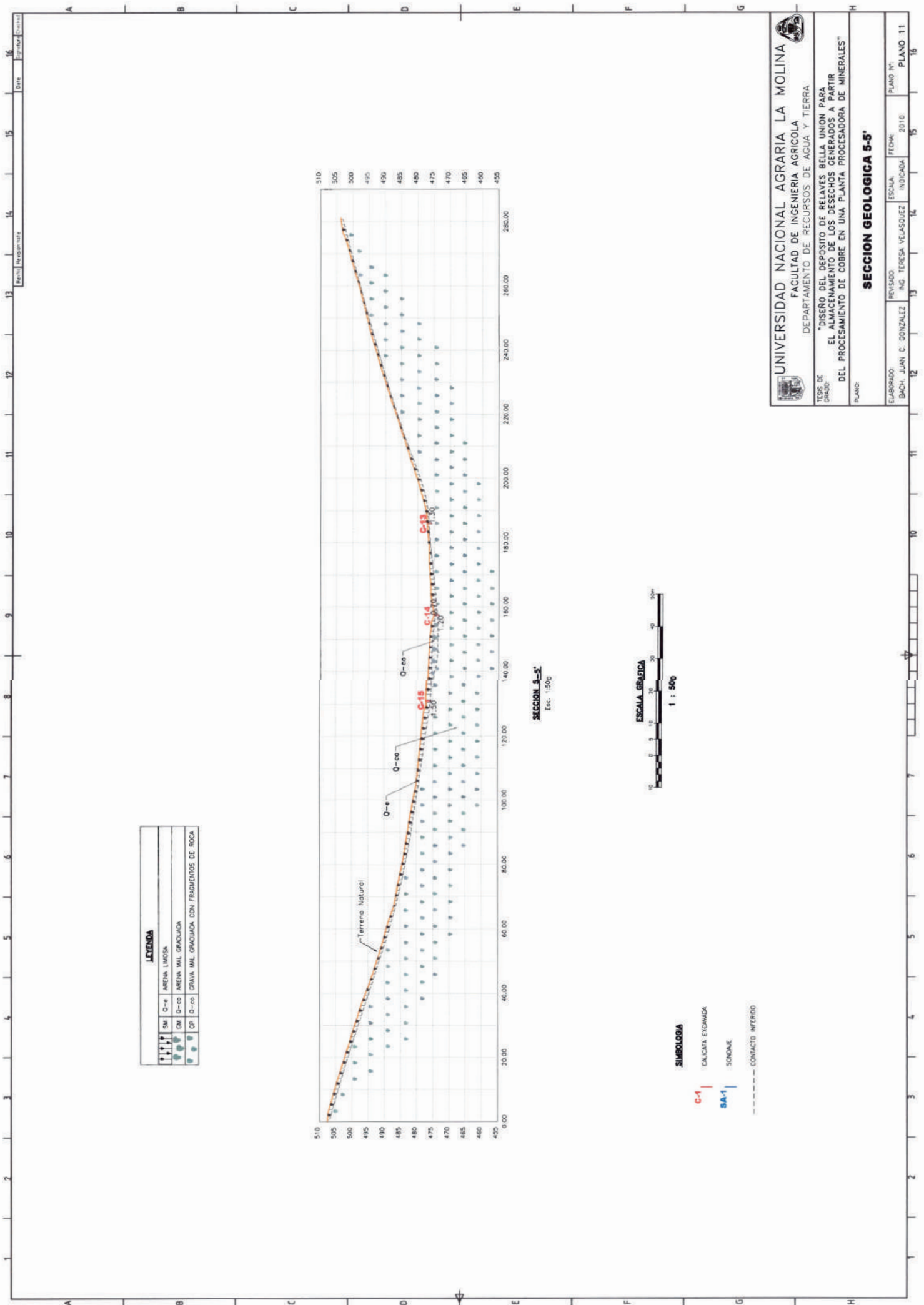


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA**

TESIS DE GRADO  
**"DISERNO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"**

PLANO:  
**SECCION GEOLOGICA 4-4'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 10
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



**LEYENDA**

↑↑↑	SM	O-e	ARENA LIMOSA
↑↑	OM	O-c	ARENA MAL GRADUADA
●●	DP	DP	GRAVA MAL GRADUADA CON FRAGMENTOS DE ROCA

- SIMBOLOGIA**
- C-1 | CALICATA EXCAVADA
  - SA-1 | SONDAJE
  - | CONTACTO INFERIDO



**SECCION 5-5'**  
Esc. 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

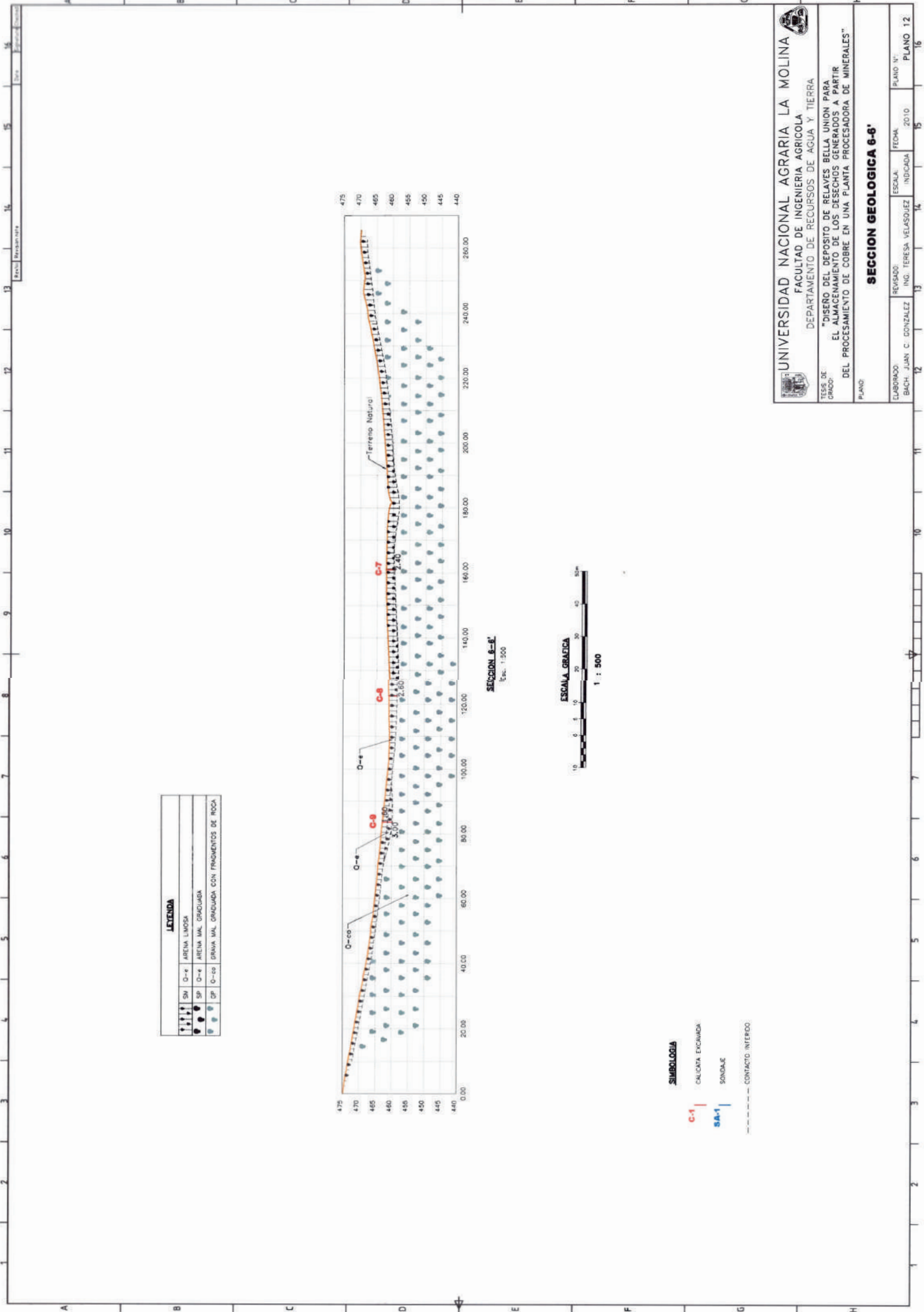
TESIS DE GRADO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:

ELABORADO:	REVISADO:	ESCALA:	FEDM:	PLANO N°:
BACH. JUAN C. DONZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ	INDICADA	2010	PLANO 11

**SECCION GEOLOGICA 5-5'**





**LEYENDA**

SP	O-e	ARENA LIGERA
SP	O-e	ARENA MAL GRADUADA
SP	O-co	GRAMA MAL GRADUADA CON FRAGMENTOS DE ROCA

**SIMBOLOGIA**

C-1	CALICATA EXCAVADA
SA-1	SONDAJE
---	CONTACTO INTERFICIO



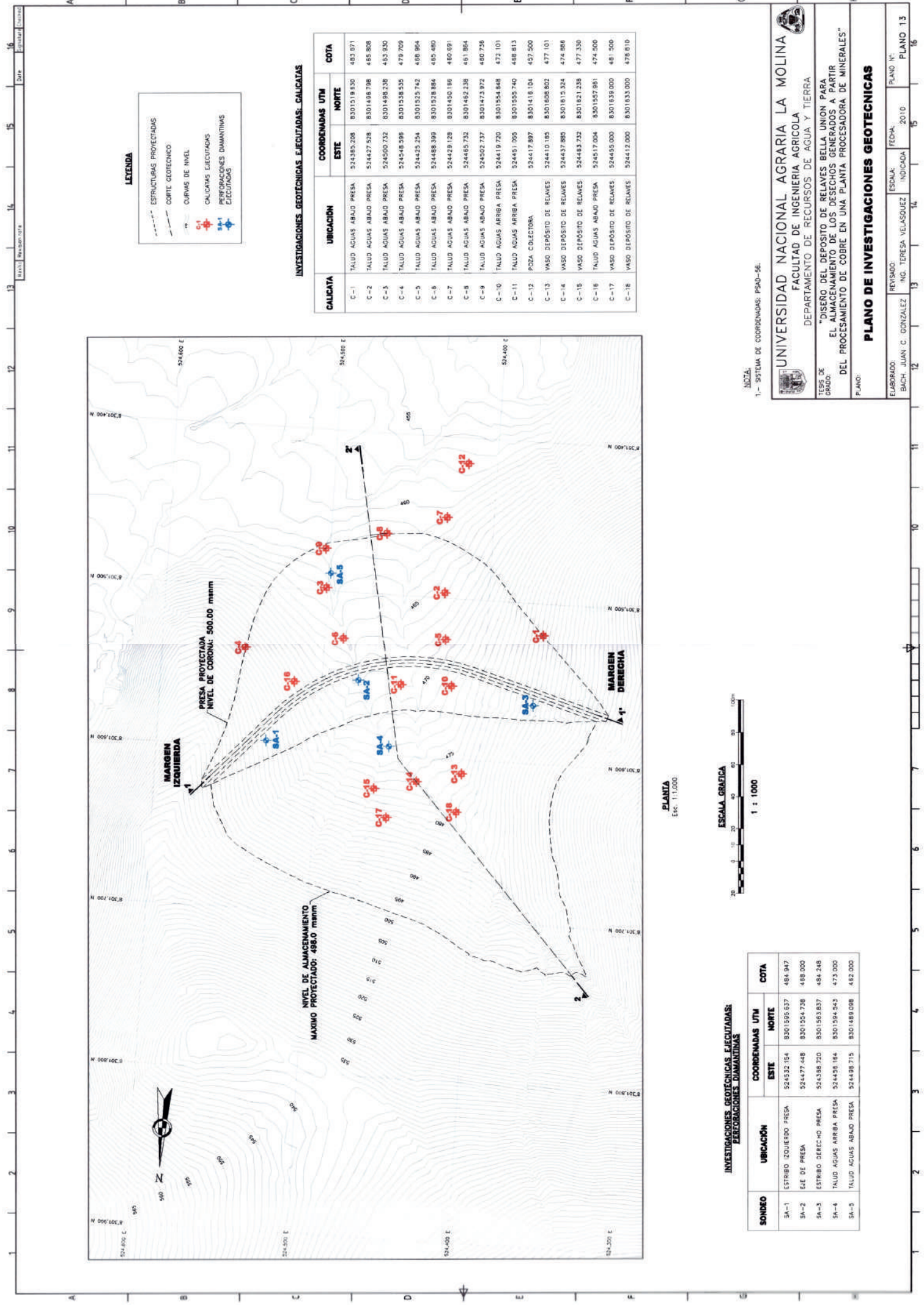
**SECCION 6-6'**  
Esc. 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRUPO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCION GEOLOGICA 6-6'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. DONIALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 1.2
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	------------------------



**LEGENDA**

- ESTRUCTURAS PROYECTADAS
- - - CORTE GEOTECNICO
- CURVAS DE NIVEL
- CALICATAS EJECUTADAS
- PERFORACIONES DIAMANTINAS
- ELECTRICAS

**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS EJECUTADAS: CALICATAS**

CALICATA	UBICACION	COORDENADAS UTM		COTA
		ESTE	NORTE	
C-1	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524385.208	8301519.830	483.871
C-2	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524427.528	8301488.798	465.808
C-3	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524500.732	8301488.238	453.330
C-4	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524548.998	8301538.535	479.709
C-5	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524425.254	8301525.742	468.994
C-6	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524488.989	8301528.884	485.480
C-7	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524429.128	8301450.186	460.691
C-8	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524485.732	8301482.238	461.864
C-9	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524502.737	8301473.972	460.736
C-10	TALUD AGUAS ARRIBA PRESA	524419.720	8301554.848	472.101
C-11	TALUD AGUAS ARRIBA PRESA	524451.095	8301555.740	488.813
C-12	POZA COLECTORA	524417.987	8301418.104	457.500
C-13	VASO DEPOSITO DE RELAVES	524410.105	8301608.802	477.101
C-14	VASO DEPOSITO DE RELAVES	524437.885	8301812.324	474.988
C-15	VASO DEPOSITO DE RELAVES	524483.732	8301821.238	477.330
C-16	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524517.004	8301557.881	474.500
C-17	VASO DEPOSITO DE RELAVES	524455.000	8301839.000	481.500
C-18	VASO DEPOSITO DE RELAVES	524412.000	8301833.000	478.810

**PLANTA**  
Escala: 1:1000

**ESCALA GRAFICA**  
1 : 1000

**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS EJECUTADAS: PERFORACIONES DIAMANTINAS**

SONDEO	UBICACION	COORDENADAS UTM		COTA
		ESTE	NORTE	
SA-1	ESTRIBO IZQUIERDO PRESA	524532.154	8301595.637	484.947
SA-2	CIE DE PRESA	524477.448	8301554.738	488.000
SA-3	ESTRIBO DERECHO PRESA	524388.720	8301563.837	484.248
SA-4	TALUD AGUAS ARRIBA PRESA	524456.164	8301594.343	473.000
SA-5	TALUD AGUAS ABAJO PRESA	524498.715	8301489.098	482.000

**INDICIA**  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56.

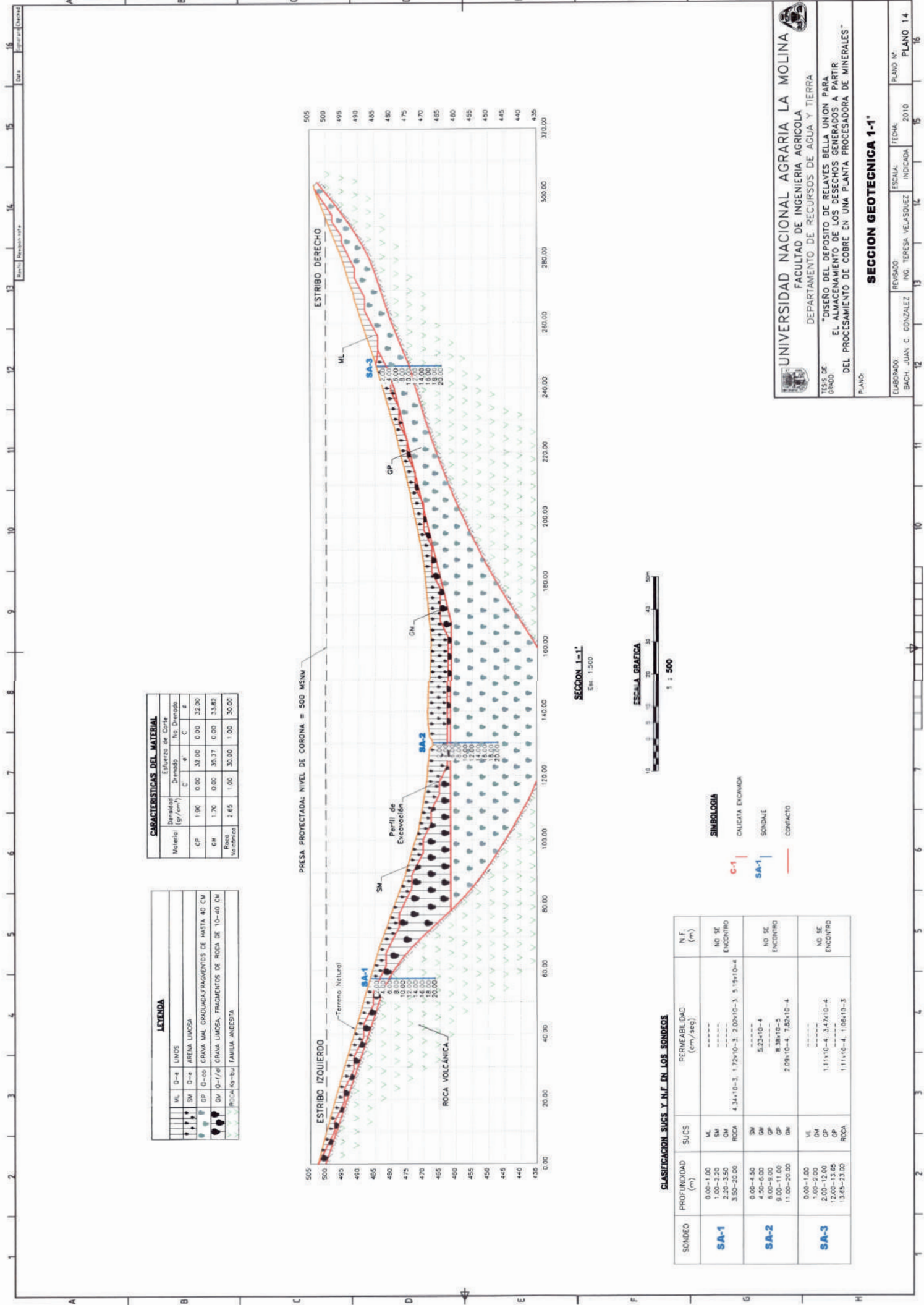
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TEMA DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESCHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:

**PLANO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 13
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



**CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL**

Material	Esfuerzo de Corte				
	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	No. Drenado			
	C	φ			
GP	1.90	0.00	31.00	0.00	32.00
GM	1.70	0.00	30.37	0.00	33.82
Roca	2.65	1.00	30.00	1.00	30.00

**LEYENDA**

ML	D-e	LIMOS
SM	D-e	ARENA LIMOSA
GP	G-co	GRAVA MAL GRADUADA-FRAGMENTOS DE HASTA 40 CM
GM	G-7/6	GRAVA LIMOSA, FRAGMENTOS DE ROCA DE 10-40 CM
R-CA	KS-bj	FAMILIA ANDESITA

**CLASIFICACION SUCS Y N.F. EN LOS SONDEOS**

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	PERMEABILIDAD (cm/seg)	N.F. (m)
SA-1	0.00-1.00	ML	-----	NO SE ENCONTRO
	1.00-2.00	SM	-----	NO SE ENCONTRO
	2.00-3.50	GM	-----	NO SE ENCONTRO
	3.50-20.00	ROCA	4.34x10 <sup>-3</sup> , 1.72x10 <sup>-3</sup> , 2.02x10 <sup>-3</sup> , 5.15x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRO
SA-2	0.00-4.50	SM	-----	NO SE ENCONTRO
	4.50-6.00	GM	5.23x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRO
	6.00-9.00	GP	8.36x10 <sup>-5</sup>	NO SE ENCONTRO
	9.00-11.00	GM	2.09x10 <sup>-4</sup> , 7.62x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRO
SA-3	0.00-1.00	ML	-----	NO SE ENCONTRO
	1.00-2.00	GM	-----	NO SE ENCONTRO
	2.00-12.00	GP	1.11x10 <sup>-4</sup> , 3.47x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRO
	12.00-13.86	GP	-----	NO SE ENCONTRO
13.85-23.00	ROCA	1.11x10 <sup>-4</sup> , 1.06x10 <sup>-3</sup>	NO SE ENCONTRO	

- SIMBOLOGIA**
- C-1 CALICATA EXCAVADA
  - SA-1 SONDAJE
  - COMPACTO



**SECCION 1-1'**  
Ech. 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO: **SECCION GEOTECNICA 1-1'**

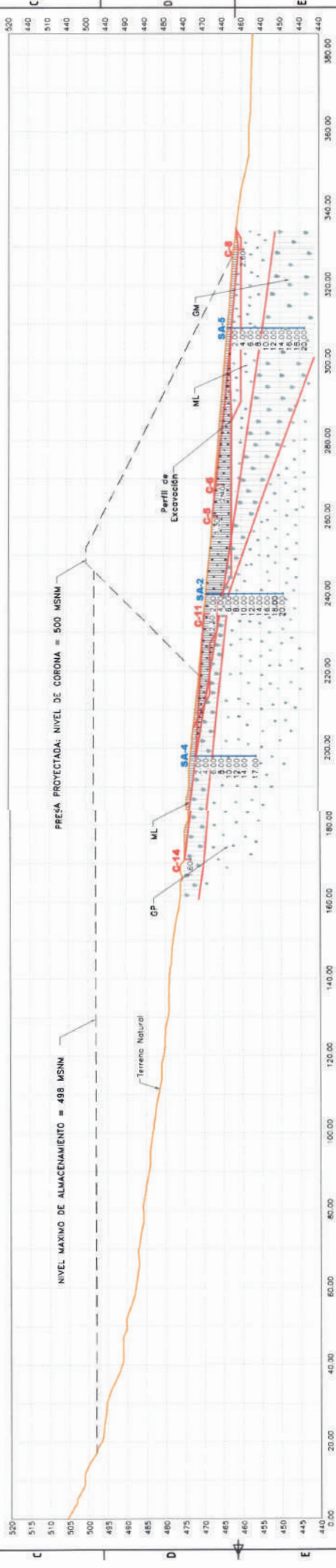
ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
ESCALA: TECNICA  
INDICADA: 2010  
PLANO N°: PLANO 14

**CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL**

Material	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Estados de Corte	
		Coeficiente de Fricción	Coeficiente de Adhesión
GP	1.90	0.00	31.00
GM	1.70	0.00	35.37
ML	2.65	1.00	30.00

**LEYENDA**

ML	0-e	ARENA LIMOSA
SM	0-e	ARENA LIMOSA
GP	0-cc	GRAVA MAL GRADUADA FRAGMENTOS HASTA 40 CM
GM	0-cc	GRAVA LIMOSA FRAGMENTOS DE ROCA DE 10-40 CM



**SECCION 2-2'**  
Esc. 1:500



**CLASIFICACION SUCS Y N.F. EN LOS SONDEOS**

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	PERMEABILIDAD (cm/seg)	N.F. (m)
SA-2	0.00-4.50	SM	5.23x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	4.50-6.00	GM	8.38x10 <sup>-5</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	6.00-9.00	GP	2.09x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	9.00-11.00	GM	7.82x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRÓ
SA-4	0.00-1.50	ML	1.58x10 <sup>-3</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	1.50-5.65	GM	1.88x10 <sup>-3</sup>	NO SE ENCONTRÓ
SA-5	0.00-1.00	ML	3.78x10 <sup>-3</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	1.00-9.00	GM	1.21x10 <sup>-4</sup>	NO SE ENCONTRÓ
	9.00-14.00	GM	6.97x10 <sup>-5</sup>	NO SE ENCONTRÓ

**LEYENDA**

C-1 CALZADA EXCOMIDA

SA-1 SONDAS

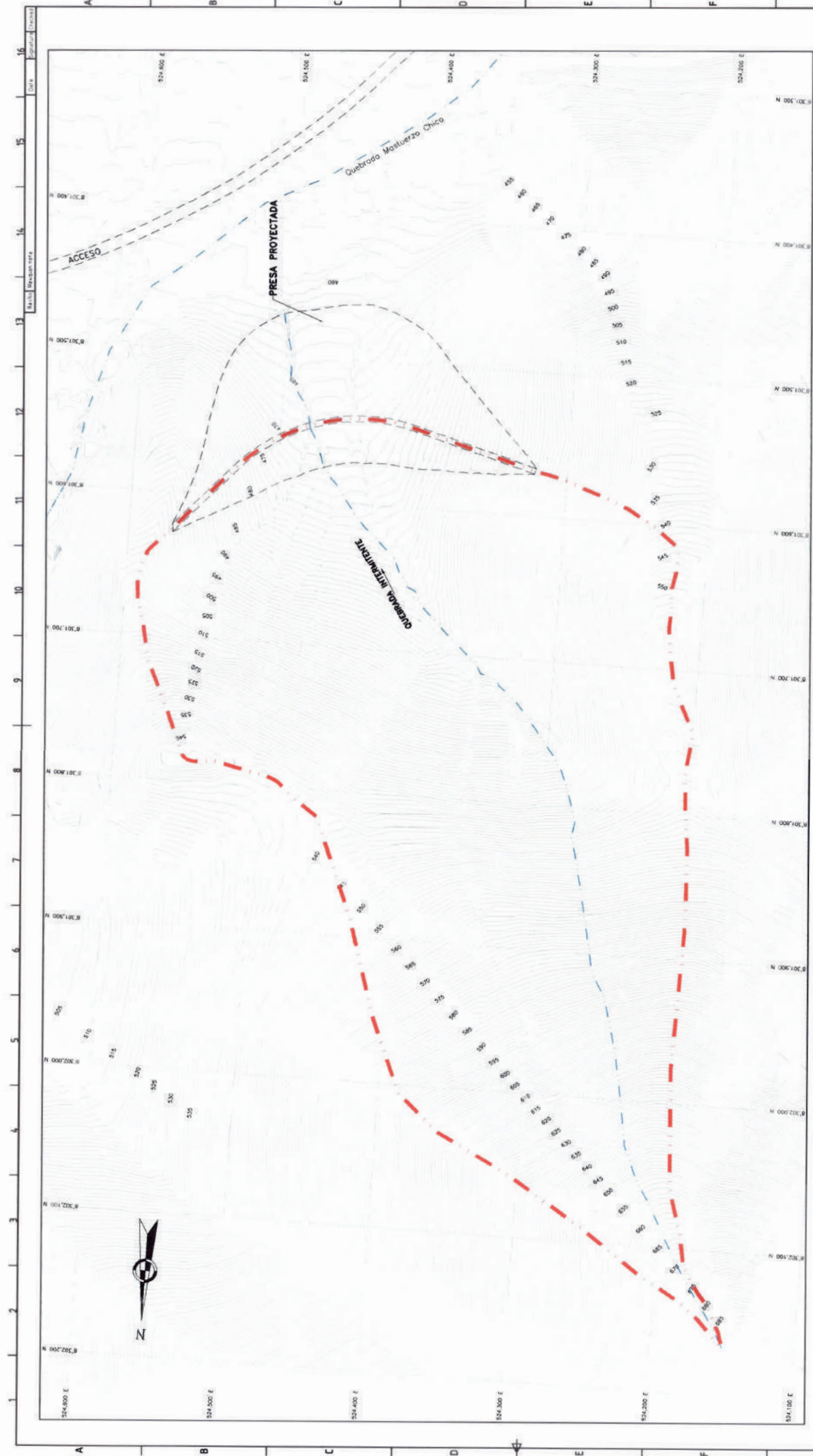
CONTACTO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
 LABORAADO: BACH. JUAN C. CONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 15

**SECCION GEOTECNICA 2-2'**



NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRUPO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO:  
 ELABORADO: INO. TERESA VEJASQUEZ  
 REVISADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: AGOSTO 2009  
 PLANO N°: PLANO 16

**SIMBOLOGIA**

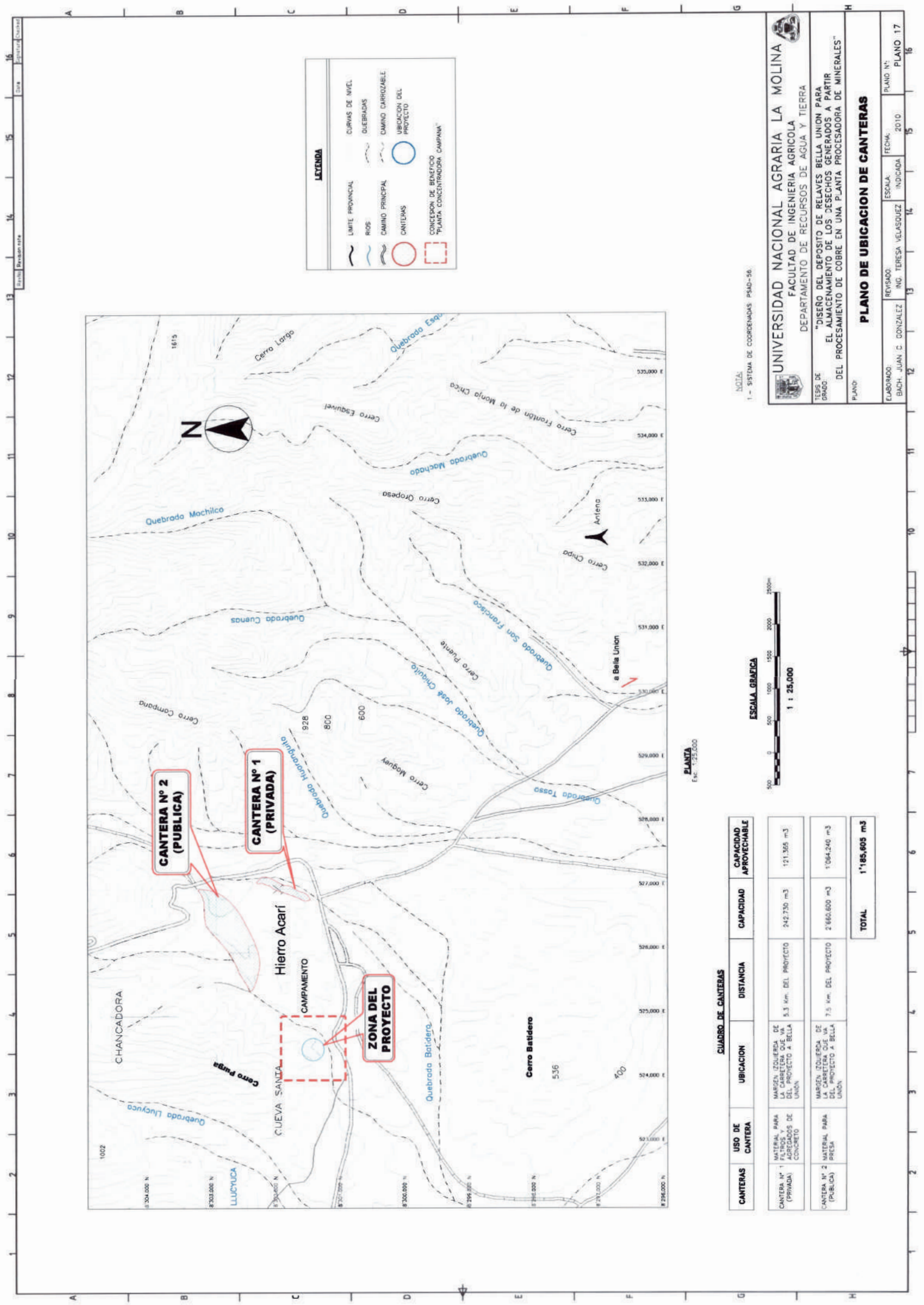
	LIMITE DE DRENAJE
	CURVAS PRINCIPALES
	CURVAS SECUNDARIAS
	QUEBRADAS
	ACCESOS

PLANTA  
Escala: 1:1,250



**CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA EN ESTUDIO**

N°	PARAMETRO	CUENCA EN ESTUDIO
1	AREA DE CUENCA (Km <sup>2</sup> )	0.14
2	PERIMETRO (Km)	1.71
3	NIVEL MAXIMO (msnm)	685.0
4	NIVEL MINIMO (msnm)	467.0
5	NIVEL MEDIO (msnm)	537.76
6	LONGITUD DE LA QUEBRADA PRINCIPAL (Km)	0.72
7	PENDIENTE DE LA QUEBRADA (°)	30.0



**LEYENDA**

	LIMITE PROVINCIAL		CURVAS DE NIVEL
	RIOS		QUEBRADAS
	CAMINO PRINCIPAL		CAMINO CARROZGABLE
	CANTERAS		UBICACION DEL PROYECTO
	CONCESION DE BENEFICIO "PLANTA CONCENTRADORA CAMPANA"		

**PLANTA**  
ENC: 1:25,000

NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS PSAD-56.



**CUADRO DE CANTERAS**

CANTERAS	USO DE CANTERA	UBICACION	DISTANCIA	CAPACIDAD	CAPACIDAD APROVECHABLE
CANTERA N° 1 (PRIVADA)	MATERIAL PARA FILTROS Y BARRILES DE CONCRETO	MARGEN IZQUIERDA DE LA CARRETERA QUE VA DEL PROYECTO A BELLA UNION	5,3 Km. DEL PROYECTO	242.730 m <sup>3</sup>	121.365 m <sup>3</sup>
CANTERA N° 2 (PUBLICA)	MATERIAL PARA PRESA	MARGEN DERECHA DE LA CARRETERA QUE VA DEL PROYECTO A BELLA UNION	7,5 Km. DEL PROYECTO	2.665.600 m <sup>3</sup>	1.064.240 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>					<b>1.185.605 m<sup>3</sup></b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

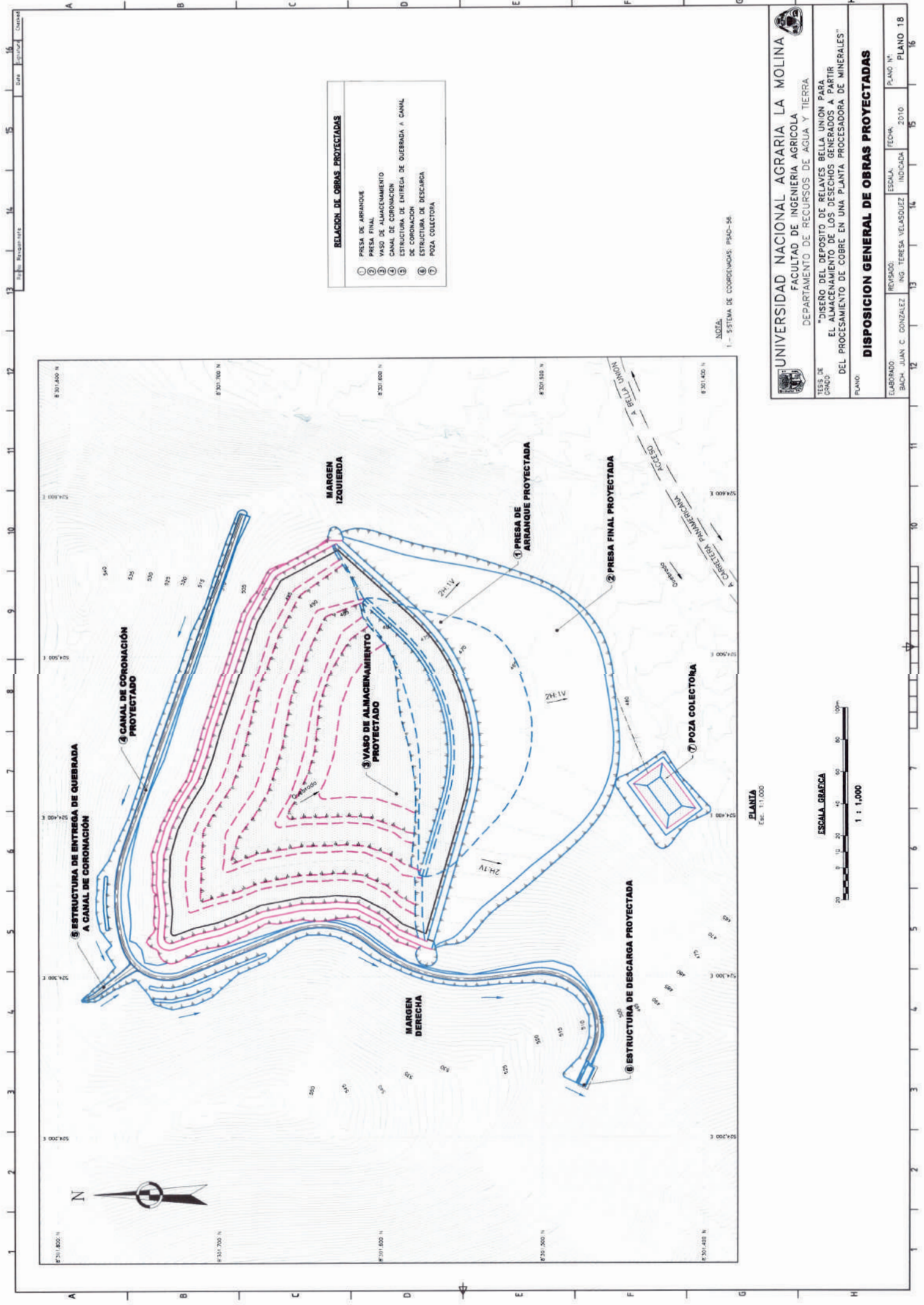
TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO

**PLANO DE UBICACION DE CANTERAS**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: 2010

PLANO N°: 17



**RELACION DE OBRAS PROYECTADAS**

1	PRESA DE ARRANQUE
2	PRESA FINAL
3	VASO DE ALMACENAMIENTO
4	CANAL DE CORONACION
5	ESTRUCTURA DE ENTREGA DE QUEBRADA A CANAL DE CORONACION
6	ESTRUCTURA DE DESCARGA
7	POZA COLECTORA

INDIA  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS PSAD-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE BELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

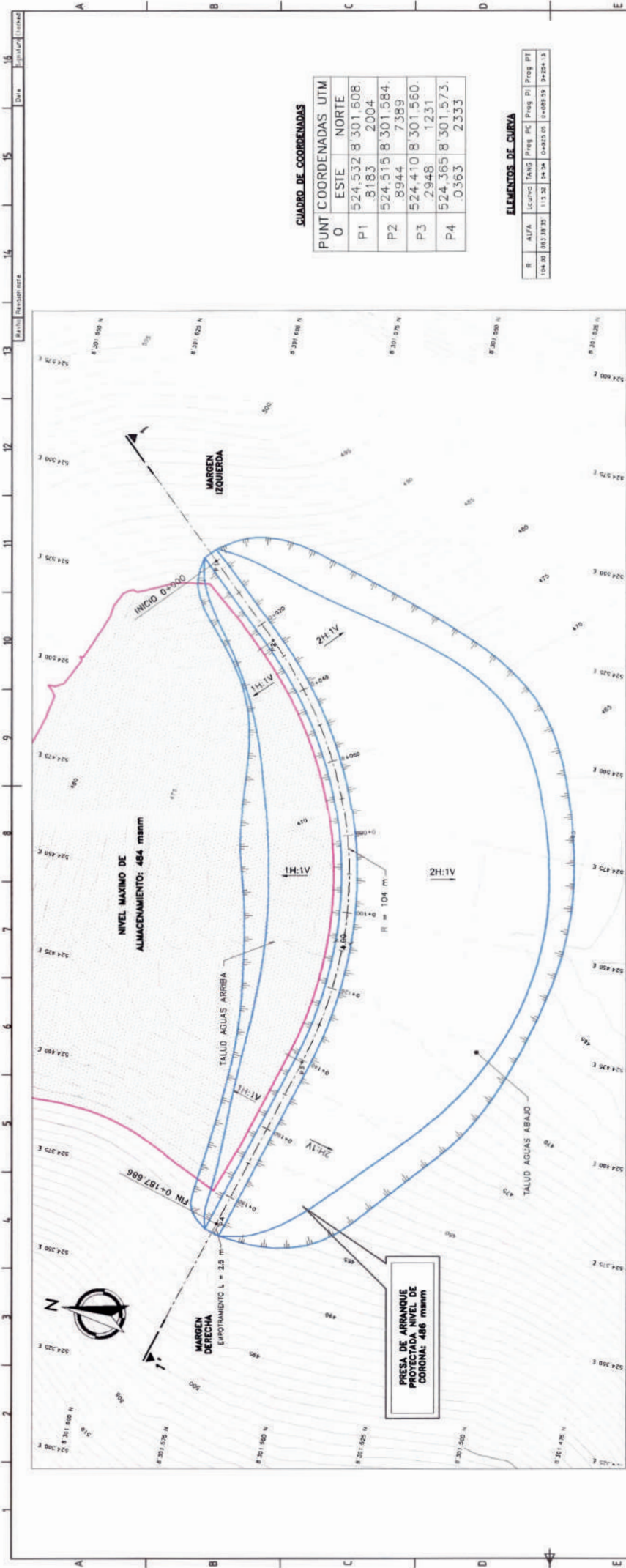
PLANO  
**DISPOSICION GENERAL DE OBRAS PROYECTADAS**

ELABORADO: BACH. JUAN C. DONAZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 18
---------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------

**PLANTA**  
Escala: 1:1,000

**ESCALA GRAFICA**  
0 20 40 60 80 100m

1 : 1,000



**CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	ESTE	NORTE
O	524.532	8 301.608
P1	818.3	2004
P2	524.515	8 301.584
P3	524.410	8 301.560
P4	524.365	8 301.573

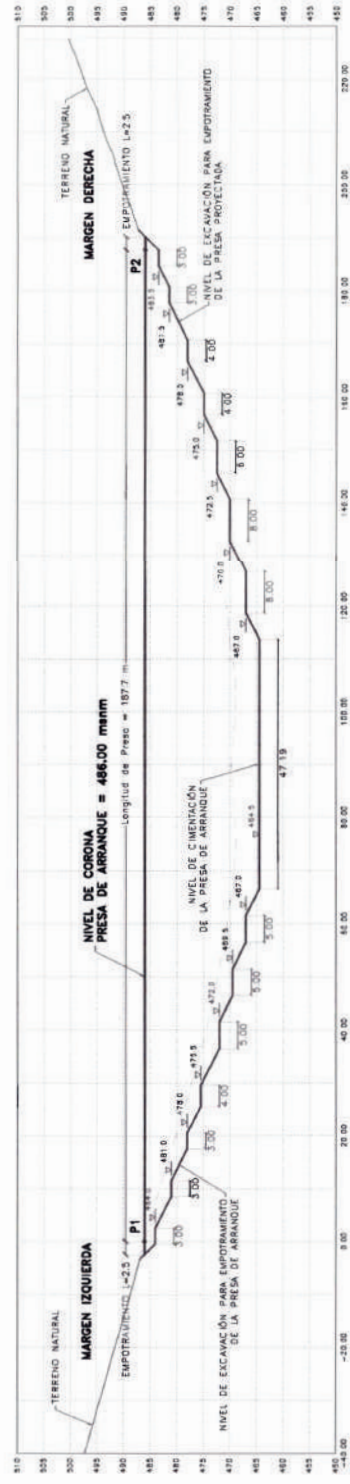
**ELEMENTOS DE CURVA**

R	ALFA	Longitud	TANG	Prog. PC	Prog. PI	Prog. PT
104.00	180.0000	115.52	84.34	0+082.05	1+085.55	1+254.13

**CARACTERÍSTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**  
**PRESA - NIVEL DE CORONA = 486 msnm**

COTA BASE DEL VASO	472 msnm
LONGITUD DE LA PRESA	187.7 m
ALTURA DE LA PRESA	21.50 m
TIPO DE PRESA	HOMOGENEA
ALURA DEL VASO	14.0 m
ALURA DE PRESA	24.50 m
ALMAGANAMIENTO	488 msnm
NIVEL DE CORONA	4.0 m
TALUD AGUAS ARRIBA	1H:1V
TALUD AGUAS ABAJO	2H:1V
VOLUMEN DE PRESA	83.795 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DE ALMAGANAMIENTO	90.738 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE OPERACION	1.5 años

**PLANTA**  
Escala: 1:500



**PERFIL LONGITUDINAL 1-1**  
Escala: 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

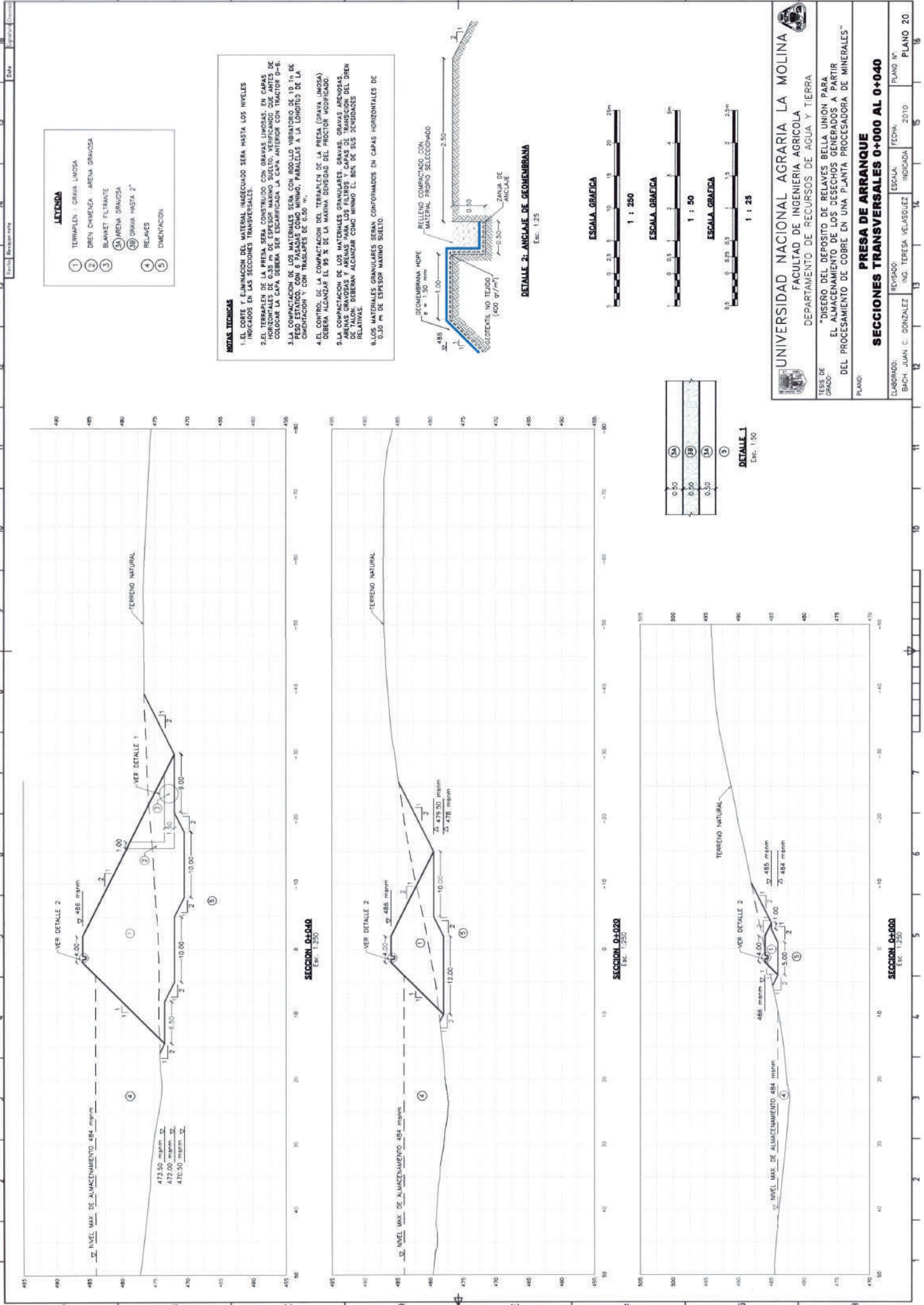
TITULO DE GRADO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMAGANAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO: **PRESA DE ARRANQUE**  
**PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
INDICADA: PLANO N° 19

NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS PISAS-56





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

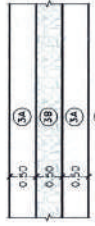
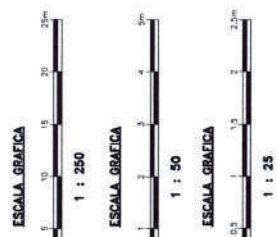
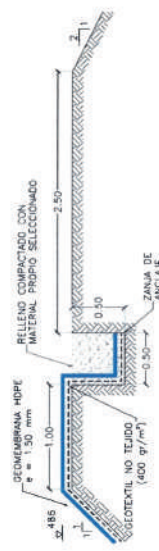
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA  
 EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR  
 DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO: **PRESA DE ARRANQUE**  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 AL 0+040**

ELABORADOR: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	FECHA: 2010
PLANO N°: PLANO 20		

- LEYENDA**
- 1 TERRAPLEN : GRAVA LIMOSA
  - 2 DREN CHIMENZA : ARENA GRAVOSA
  - 3 BLANQUET FILTRANTE
  - 4 ARENA GRAVOSA
  - 5 GRAVA HASTA 2"
  - 6 RELAVES
  - 7 DIMENFACION

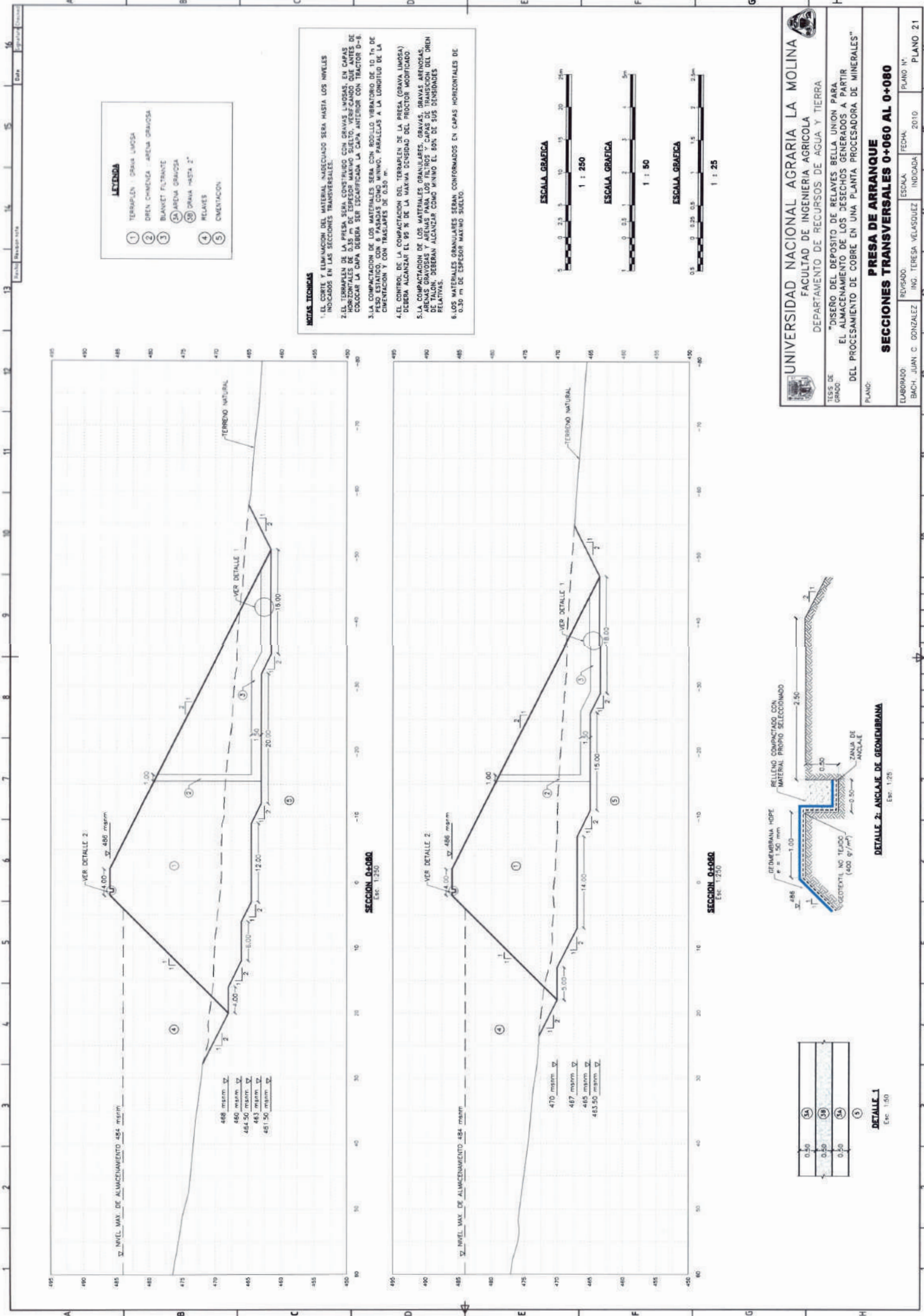
- NOTAS TECNICAS**
1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADECUADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
  2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRANAS LIMOSAS, EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.35 m DE ESPESOR MAXIMO SUELTO, VERIFICANDO QUE ANTES DE COLOCAR LA CAPA DEBERA SER ESCARIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR D-6.
  3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn DE PESO ESTADICO, CON 6 PASADAS COMO MINIMO, PARALELAS A LA LONGITUD DE LA DIMENSION Y CON TRASLAPES DE 0.30 m.
  4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAVA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MAXIMA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
  5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES, GRANAS, GRANAS ARENOSAS, ARENAS GRAVOSAS Y ARENAS PARA LOS FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
  6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELTO.



**SECCION 04-040**  
 Esc. 1:250

**SECCION 04-020**  
 Esc. 1:250

**SECCION 04-000**  
 Esc. 1:250



**LEYENDA**

1	TERRAPLEN + GRAVA LIMSA
2	DREN CHIMENEA ARENA GRUASA
3	BLANQUET FILTRANTE
4	ARENA GRUASA
5	GRAVA "MESA 2"
6	RELAVES
7	CONCRETACION

**NOTAS TECNICAS**

1. EL CORTE Y ESTIMACION DEL MATERIAL ADECUADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONTROLADO CON GRAVAS LIMASAS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELTO, VERIFICANDO QUE ANTES DE COLOCAR LA CAPA DEBERA SER ESPECIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR D-8.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn DE PESO ESTÁTICO, CON 6 PASADAS COMO MINIMO, PARALELAS A LA LONGITUD DE LA CONSTRUCCION Y CON TRASLAPES DE 0.30 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAVA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MANUA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES, GRAVAS, GRAVAS ARENOSAS, ARENAS GRUASAS Y ARENAS PARA LOS FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELTO.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+060 AL 0+080**

LABORADO:  
BACH. JUAN C. GONZALEZ

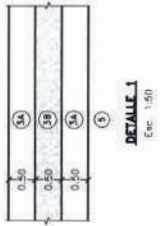
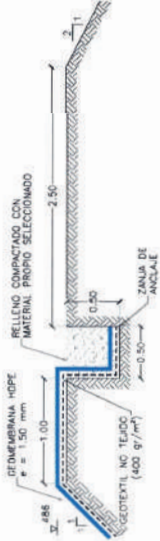
REVISADO:  
ING. TERESA VELASQUEZ

INDICADA:  
2010

FECHA:  
2010

ESCALA:  
PLANO N°

PLANO N°  
PLANO 21

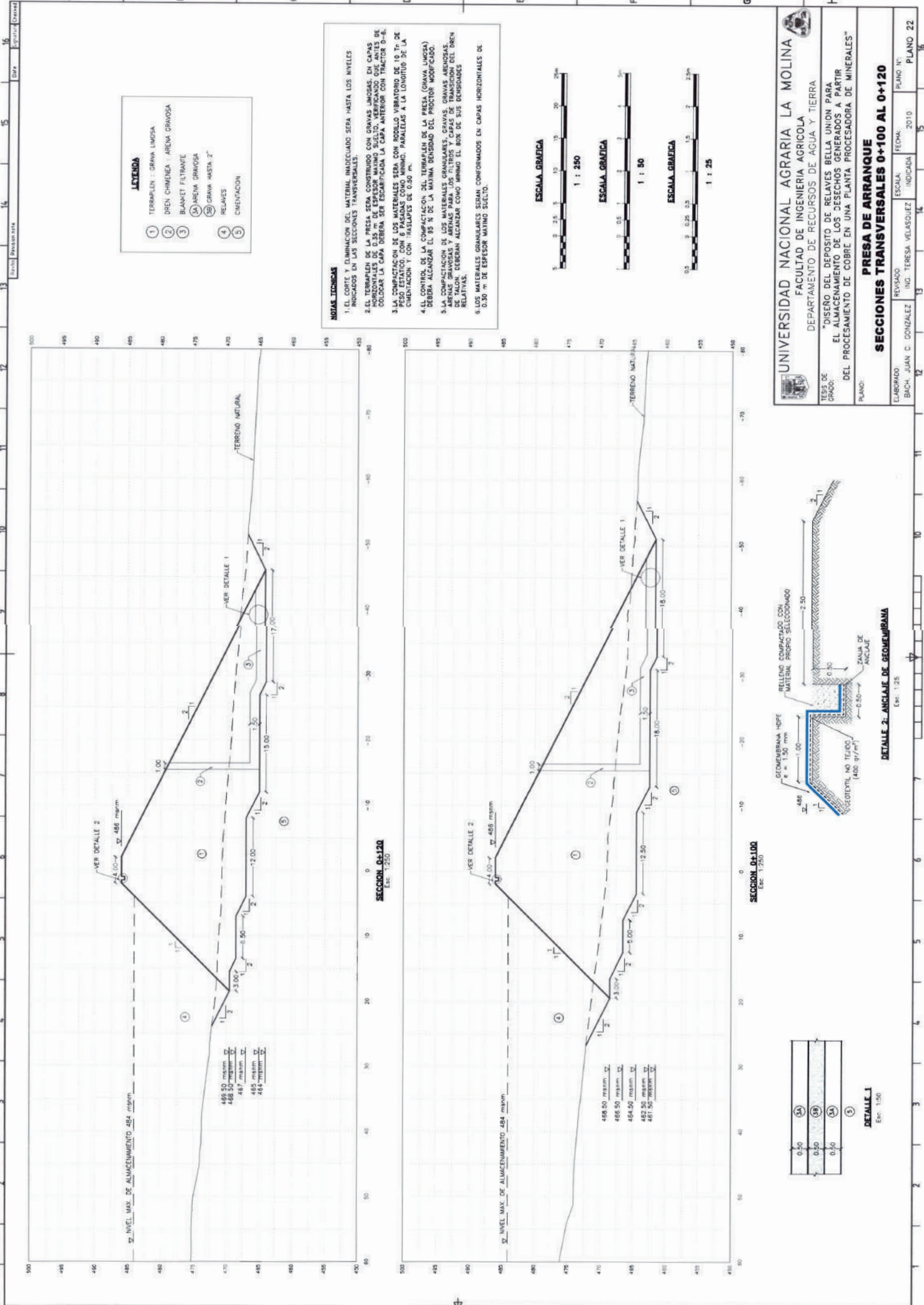


**SECCION 0+060**  
Esc. 1/250

**SECCION 0+080**  
Esc. 1/250

**DETALLE 1**  
Esc. 1/50

**DETALLE 2. ANCLAJE DE GEOMEMBRA**  
Esc. 1/25



**LEYENDA**

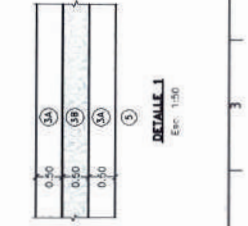
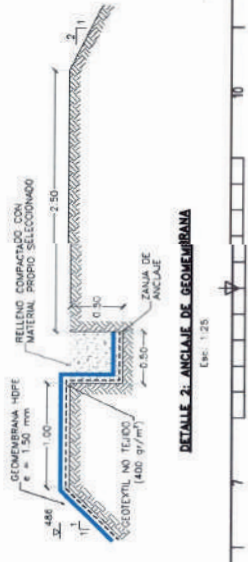
1	TERRAPLEN : GRAVA LIMOSA
2	DREN CHIMENEA : ARENA GRAVOSA
3	BLANQUET FILTRANTE
4	ARENA GRAVOSA
5	GRANA HASTA 2"
6	RELAVES
7	CIMENTACION

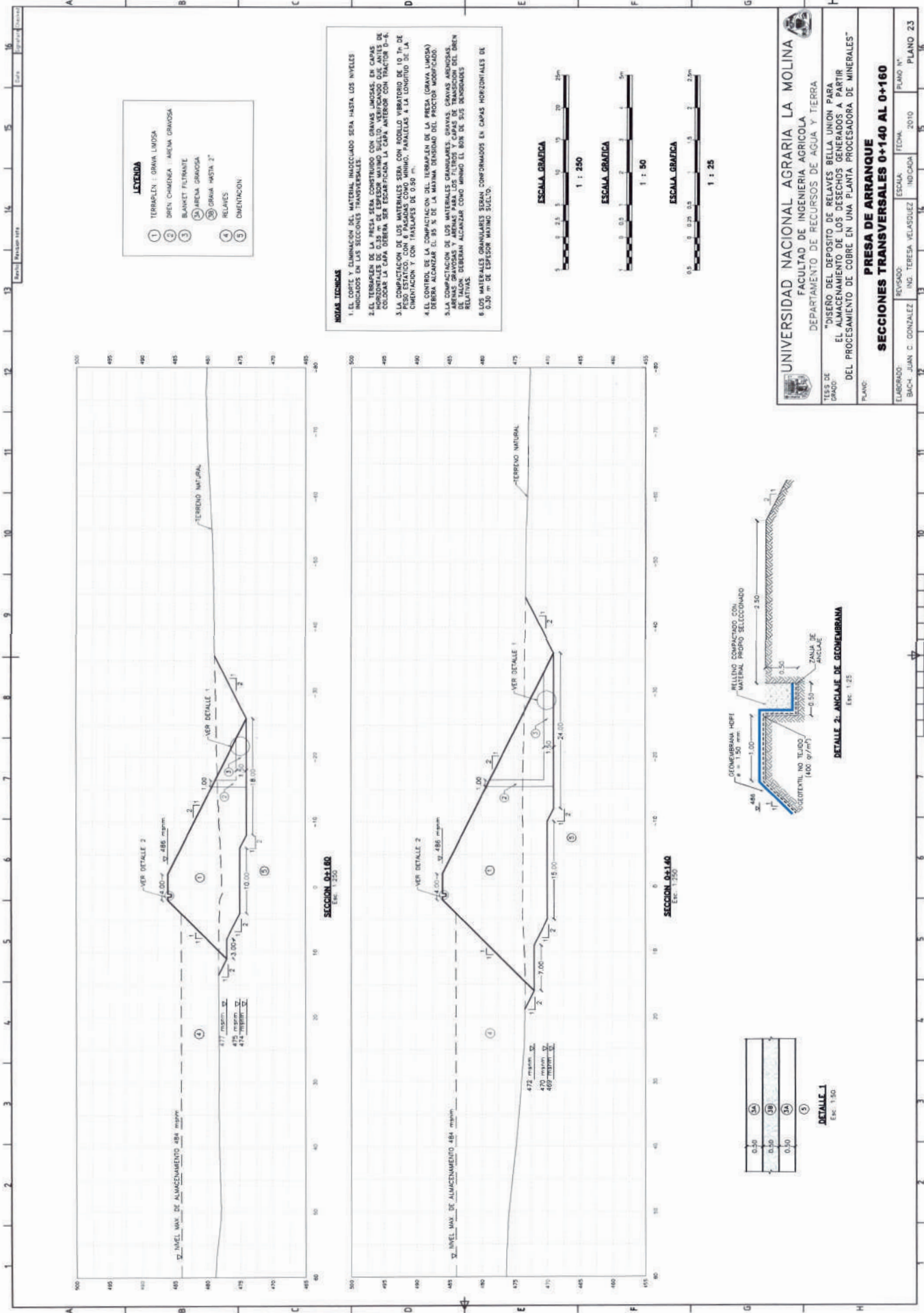
**NOTAS TECNICAS**

1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADECUADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRAVAS LIMOSAS, EN CAPAS DE 0.30 M DE ESPESOR MÁXIMO SUELO, VERIFICADO QUE ANTES DE COLOCAR LA CAPA DEBERAN SER ESPRIMIDA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR D-6.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn. DE PESO MÁXIMO, CON PASADIZOS PARALELOS A LA LONGITUD DE LA CIMENTACION Y CON PASADIZOS DE 0.30 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRANA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MÁXIMA DENSIDAD DEL PROYECTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION Y LOS MATERIALES DE LOS DRENEJOS DE GRAVAS LIMOSAS Y ARENAS GRAVOSAS DEBERAN PARALELOS AL TALON DE LA CIMENTACION DEL DREN DE TALON, DEBERAN ALCANZAR COMO MÍNIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MÁXIMO SUELO.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+100 AL 0+120**  
 LABORADOR: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 22



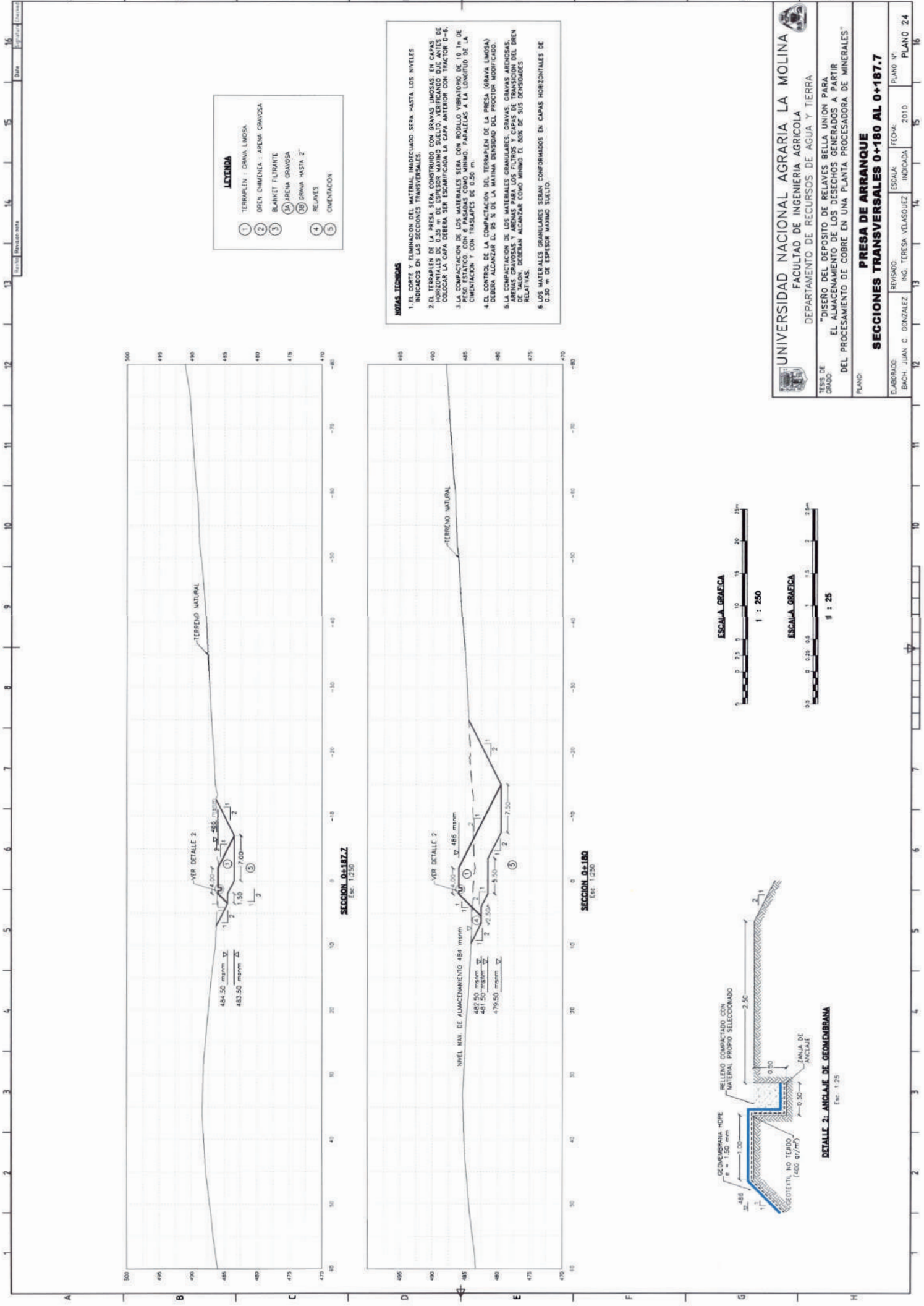


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
INDICADA: 15  
PLANO Nº: 23

**PRESA DE ARRANQUE**  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+140 AL 0+160**

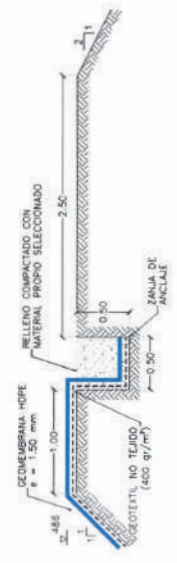


**LEYENDA**

1	TERRAPLEN : DRINA LIMOSA
2	DREN CHIMENEA - ARENA GRAVOSA
3	BLANKET FILTRANTE
4	ARENA GRAVOSA
5	DRINA "HASTA 2"
6	RELAVES
7	ORIENTACION

**NOTAS TECNICAS**

1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADECUADO SEFA "HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRAVAS LIMOSAS, EN CAPAS DE 15 CM DE ESPESOR Y DEBE SER COMPACTADO CON UN TRACTOR DE TIRAS, DEBE SER COLLOCAR LA CAPA DEBERA SER ESCARIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR D-4.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SEFA CON BOBILLO HORIZONTAL DE 10.1 m DE PESO ESTADICO CON 4 PASADIAS COMO MINIMO, PARALELAS A LA LONGITUD DE LA CIMENTACION Y CON TRASLAPES DE 0.50 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAMA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MAYINA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES: GRAVAS GRAVES, ARENOSAS, ARENAS GRAVOSAS Y ARENAS PARA LOS FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN DE TALON, DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SEBAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO.

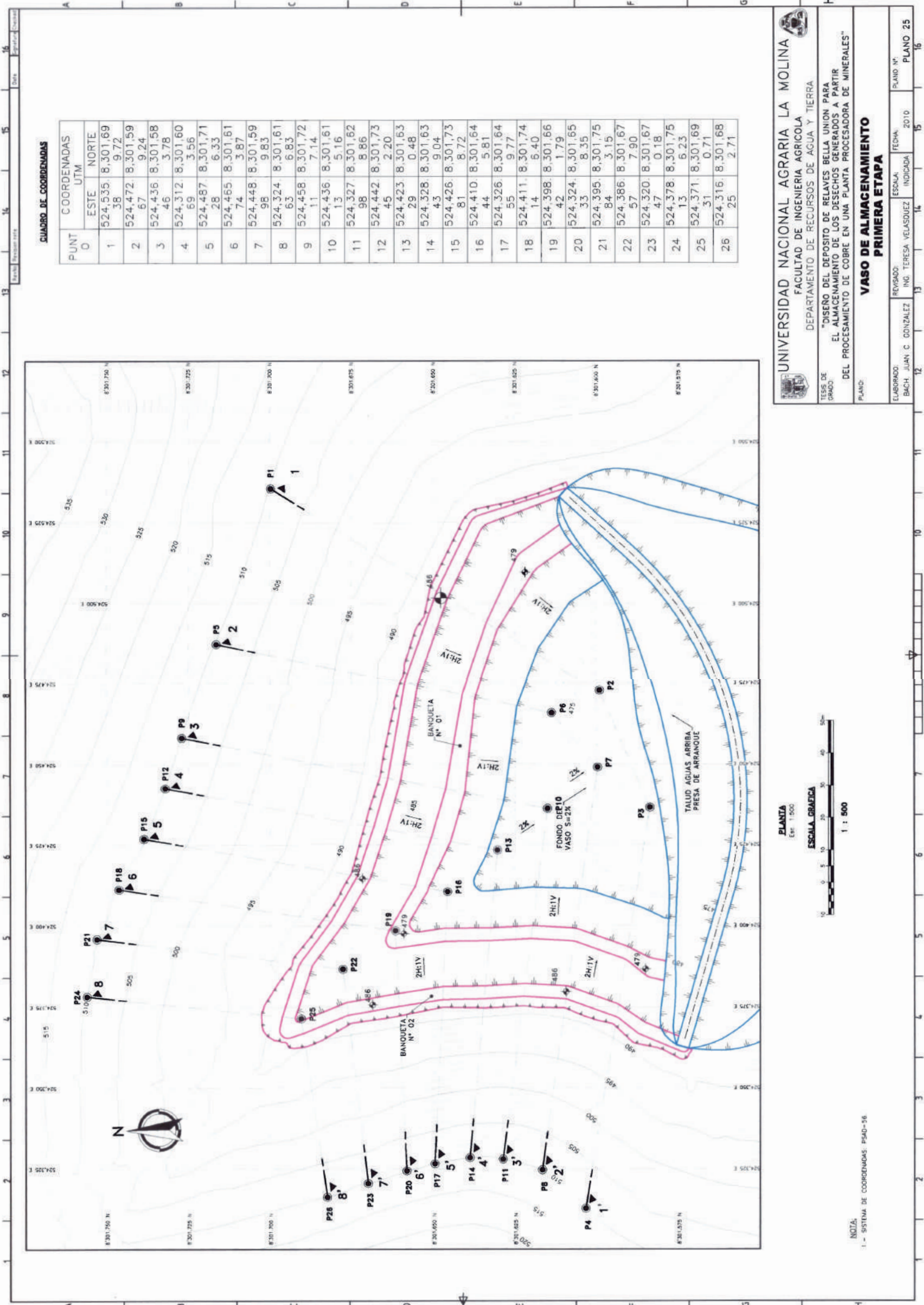


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+180 AL 0+187.7**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2010	PLANO N°: PLANO 24
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



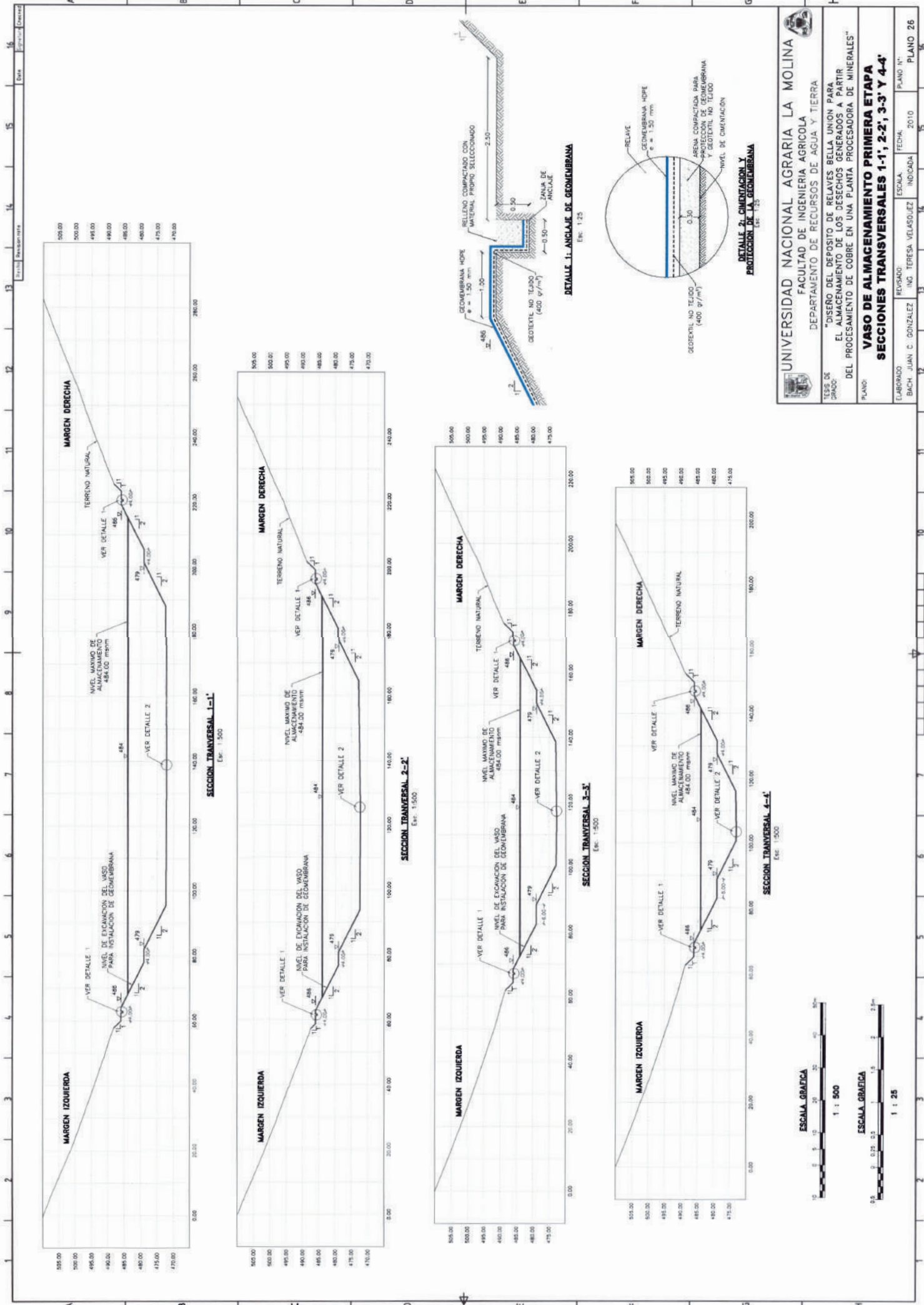
CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
1	524,535	8,301,69
2	524,472	8,301,59
3	524,436	8,301,58
4	524,312	8,301,60
5	524,487	8,301,71
6	524,465	8,301,61
7	524,448	8,301,59
8	524,324	8,301,61
9	524,458	8,301,72
10	524,436	8,301,61
11	524,327	8,301,62
12	524,442	8,301,73
13	524,423	8,301,63
14	524,328	8,301,63
15	524,426	8,301,73
16	524,410	8,301,64
17	524,326	8,301,64
18	524,411	8,301,74
19	524,398	8,301,66
20	524,324	8,301,65
21	524,395	8,301,75
22	524,386	8,301,67
23	524,320	8,301,67
24	524,378	8,301,75
25	524,371	8,301,69
26	524,316	8,301,68

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO: **VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA**  
 ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2019  
 PLANO N.º: PLANO 25



NOTAS:  
 1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

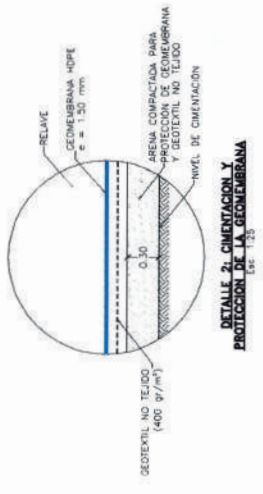
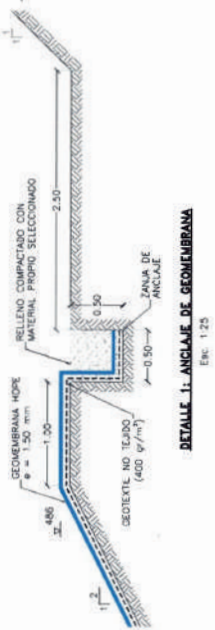
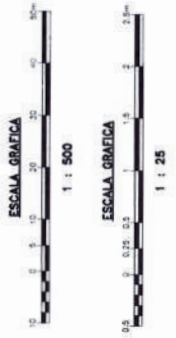
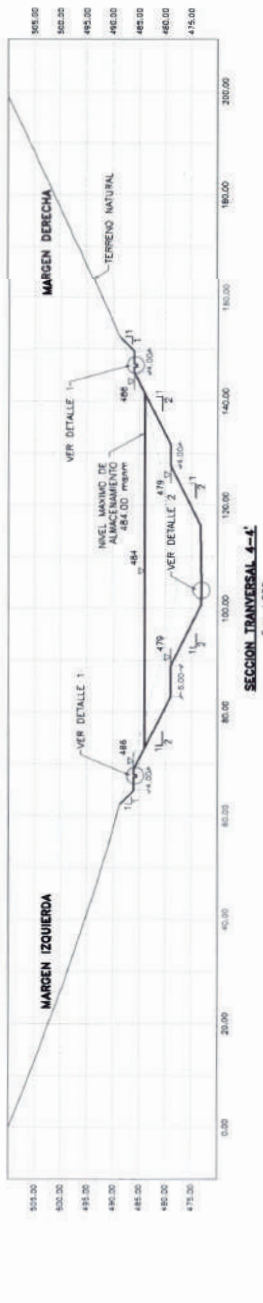
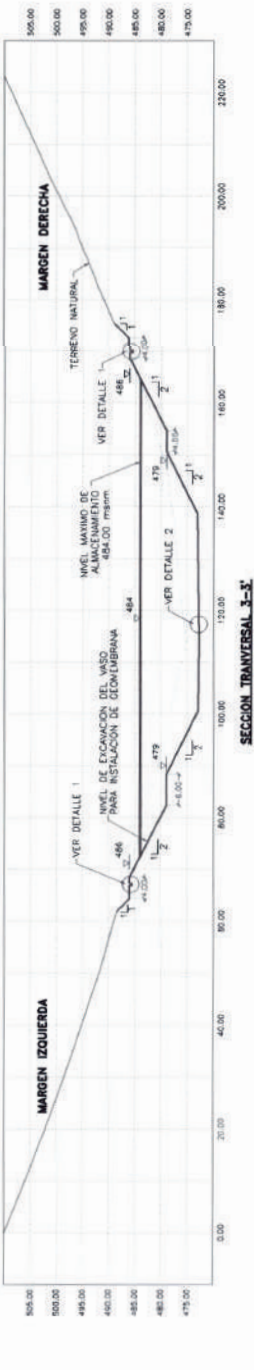
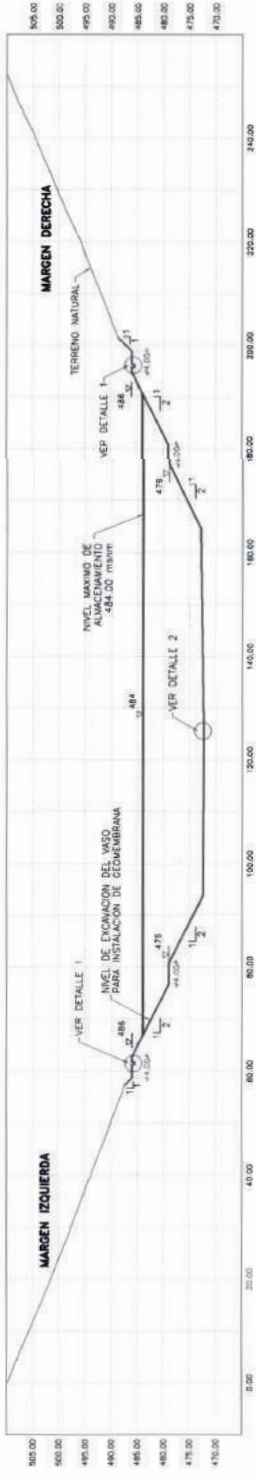
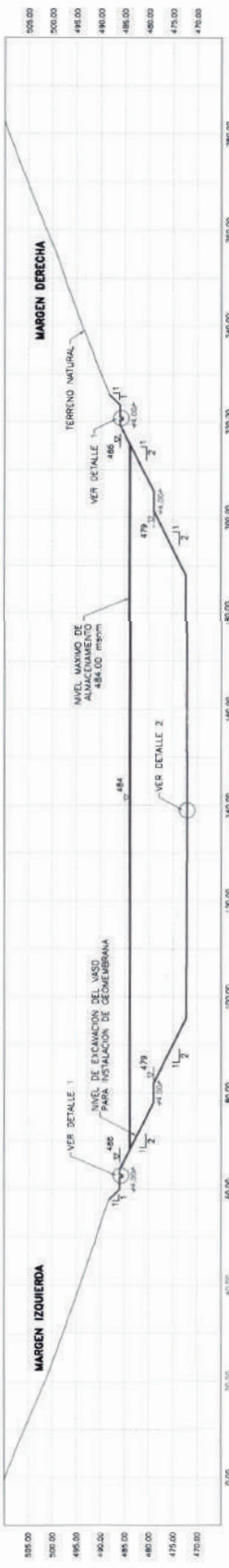
Fecha: \_\_\_\_\_ Escala: \_\_\_\_\_

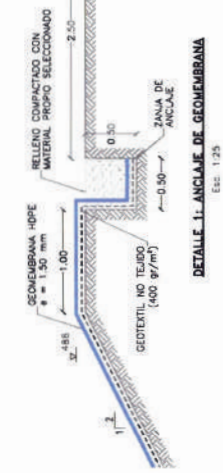
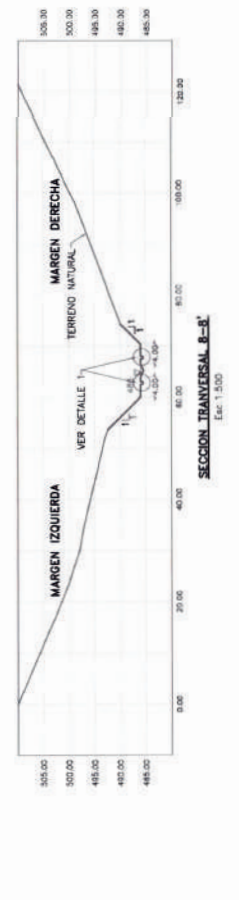
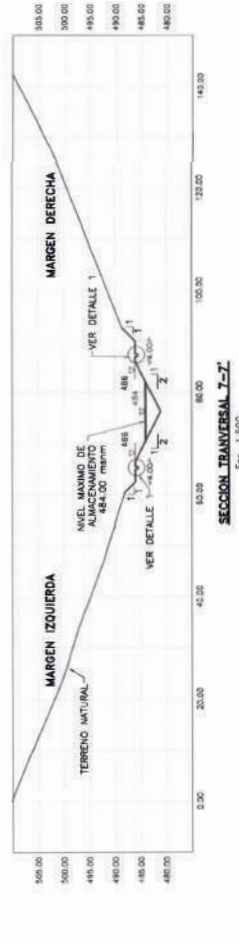
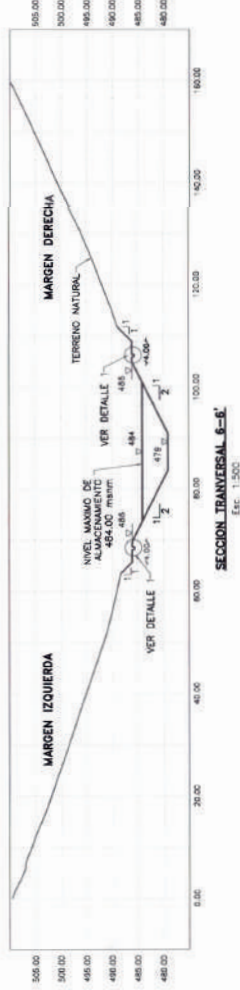
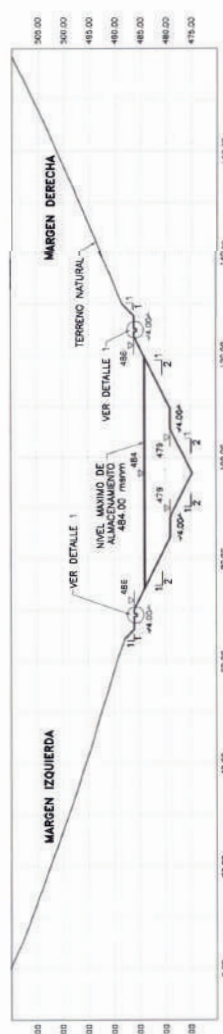
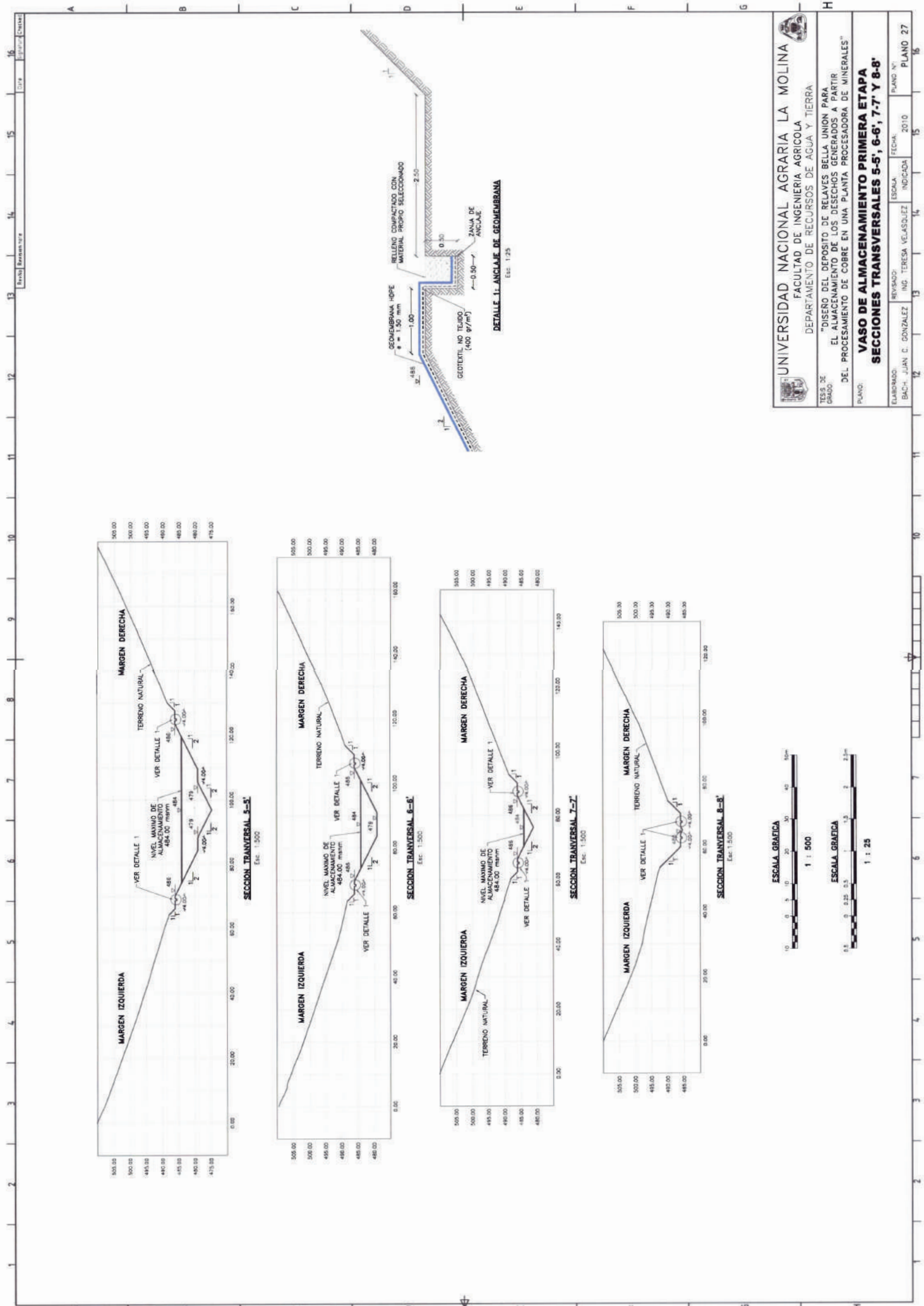
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA


TESIS DE GRADO:  
 "DISERIO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA**  
**SECCIONES TRANSVERSALES 1-1', 2-2', 3-3' Y 4-4'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 26

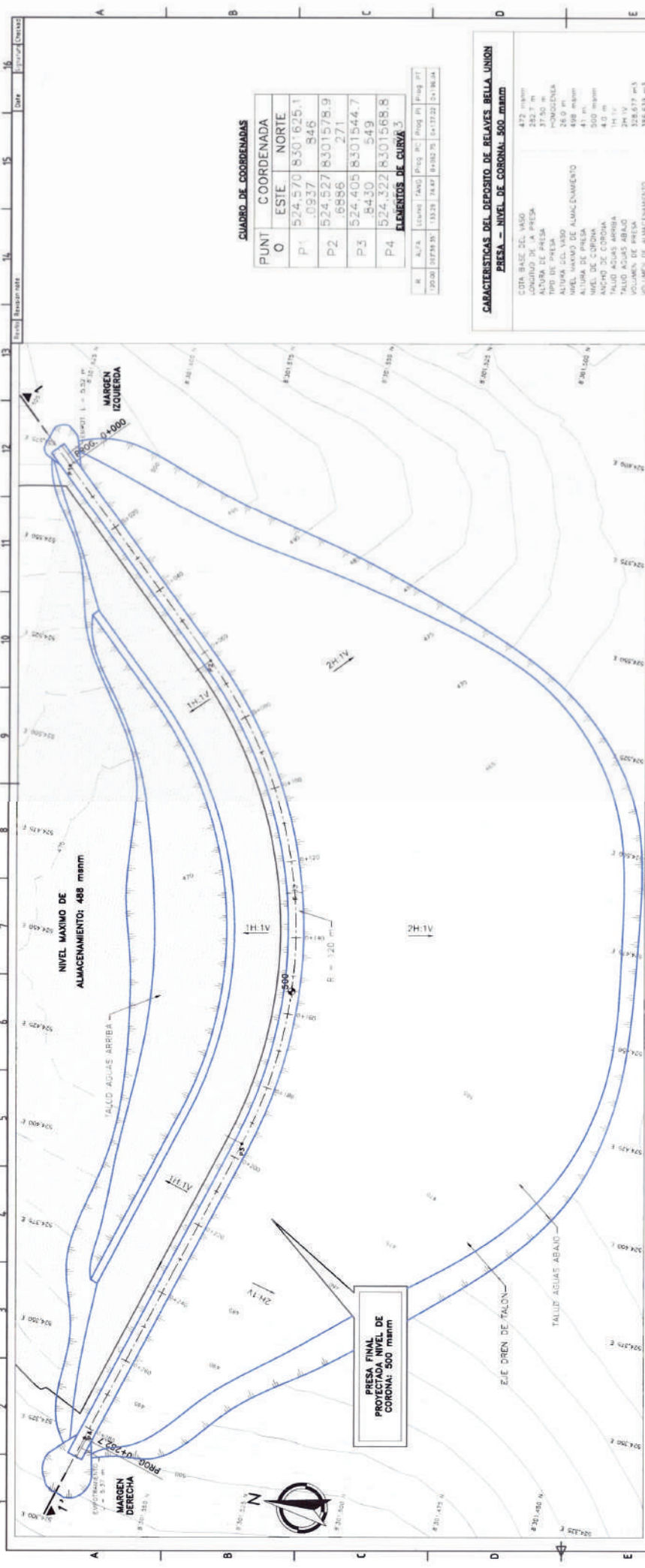





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 PLANO:  
**VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA**  
**SECCIONES TRANSVERSALES 5-5, 6-6, 7-7 Y 8-8**

ELABORADO	REVISADO	ESCALA	FECHA	PLANO N°
BACH. JUAN C. GONZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ	INDICADA	2010	PLANO 27





**CUADRO DE COORDENADAS**

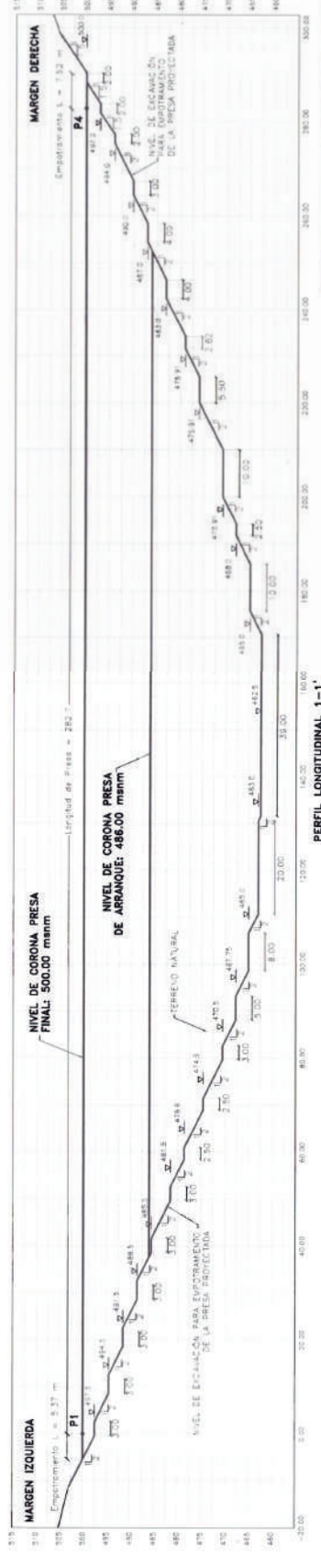
PUNTO	COORDENADA
O	ESTE NORTE
P1	524,570 830'625,1
P2	0,937 846
P3	524,527 830'1578,9
P4	6886 271
P5	524,405 830'1544,7
P6	84,30 549
P7	524,322 830'1568,8

**ELEMENTOS DE CURVA**

R	ALTA	LONGITUD	ANGULO	PROG. INICIAL	PROG. FINAL
1	10,00	10,00	90,00	10,00	20,00
2	10,00	10,00	90,00	20,00	30,00

**CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION  
PRESA - NIVEL DE CORONA: 500 mm**

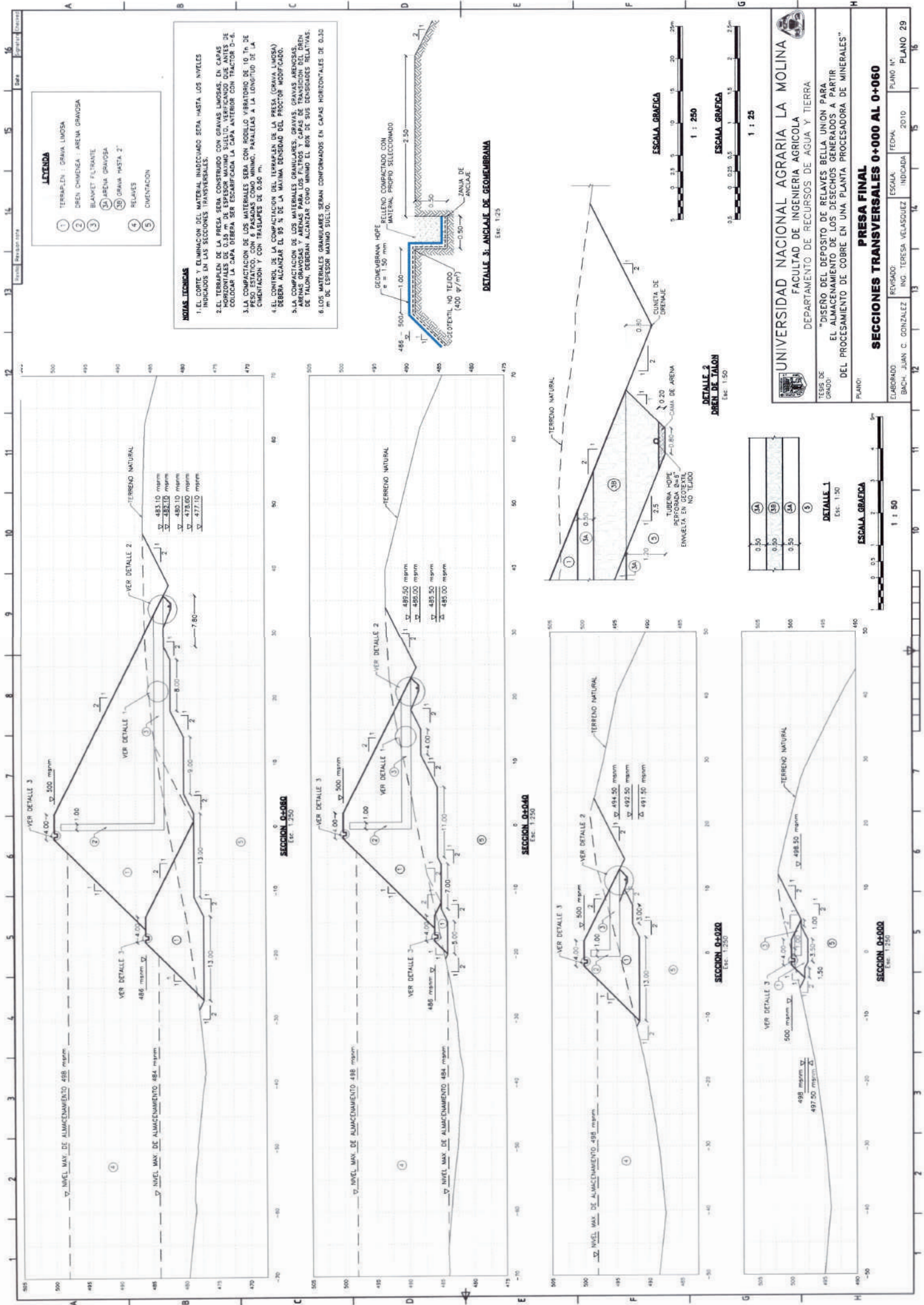
CAPACIDAD DEL VASO: 472 millones m<sup>3</sup>  
 ALTURA DE LA PRESA: 37,50 m  
 TIPO DE PRESA: HOMOCENTRA  
 ALTURA DEL VASO: 26,0 m  
 NIVEL MAXIMO DE ALMACENAMIENTO: 498 mm  
 ALTURA DE LA PRESA: 41 m  
 NIVEL DE CORONA: 500 mm  
 TALLADO AGUAS ARRIBA: 14 m  
 TALLADO AGUAS ABAJO: 24 m  
 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO: 328.673 m<sup>3</sup>  
 TIEMPO DE OPERACION: 6,2 años



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 P-14-2  
 CLASE DISEÑO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VEASQUEZ  
 ESCALA: 20:0  
 FECHA: INDICADA  
 PLANO Nº: PLANO 28



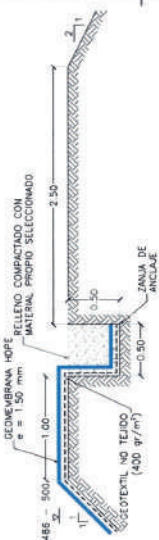
NOTA:  
 1 - ESTIMA DE COORDENADAS P-14-2-8



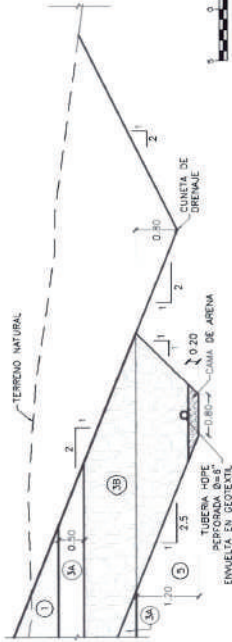
- LEYENDA**
- ① TERRAPLEN + GRAVA LIMOSA
  - ② DREN CHIMICA : ARENA GRAVOSA
  - ③ BLANQUET FILTRANTE
  - ④ ARENA GRAVOSA
  - ⑤ GRAVA HASTA 2"
  - ⑥ RELAJES
  - ⑦ DIENTACION

**NOTAS TECNICAS**

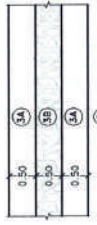
1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADICUADO SEHA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SEHA CONSTRUICO CON GRAVAS LIMOSAS EN CAPAS DE 15 CM DE ESPESOR Y SEHA COMPACTADO CON UN 95% DE LA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO. LA CAPA DE ARRIBA DEBERA SER ESCARIFICADA LA CAPA INFERIOR CON TRACTOR D-3.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SEHA CON RODILLOS VIBRATORIOS DE 10 Tn DE PESO ESTABLECIDO EN 3 PASADAS COMO MINIMO, PARALELOS A LA DIENTACION DE LA DIENTACION Y CON TRASPASES DE 0.80 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAVA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES, GRAVAS, GRANAS ARENOSAS, ARENAS GRAVOSAS Y ARENAS PARA LOS FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN DE TALON, DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO.



**DETALLE 3: ANCLAJE DE GEOTUBERAMA**  
Ese: 1:25

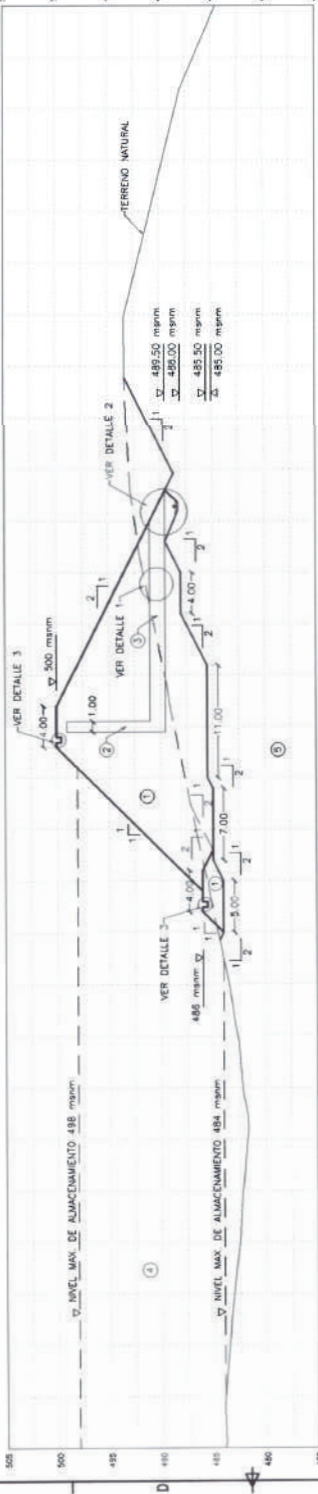


**DETALLE 2: DREN DE TALON**  
Ese: 1:50

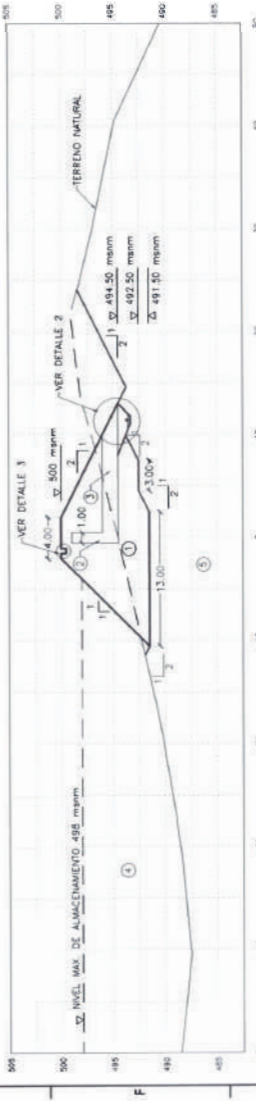


**DETALLE 1**  
Ese: 1:50

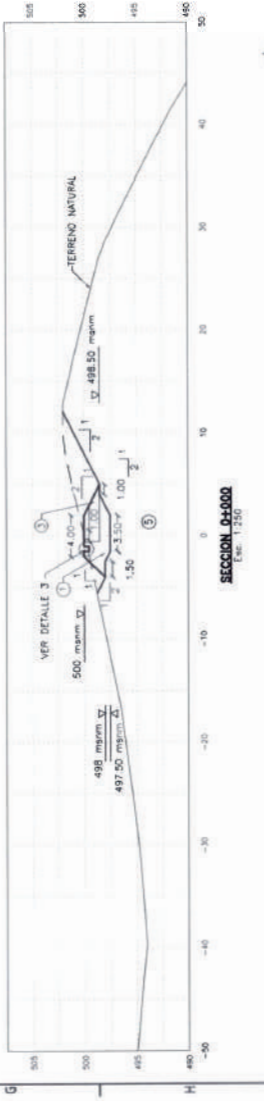
**SECCION 0+000**  
Ese: 1:250



**SECCION 0+080**  
Ese: 1:250



**SECCION 0+020**  
Ese: 1:250



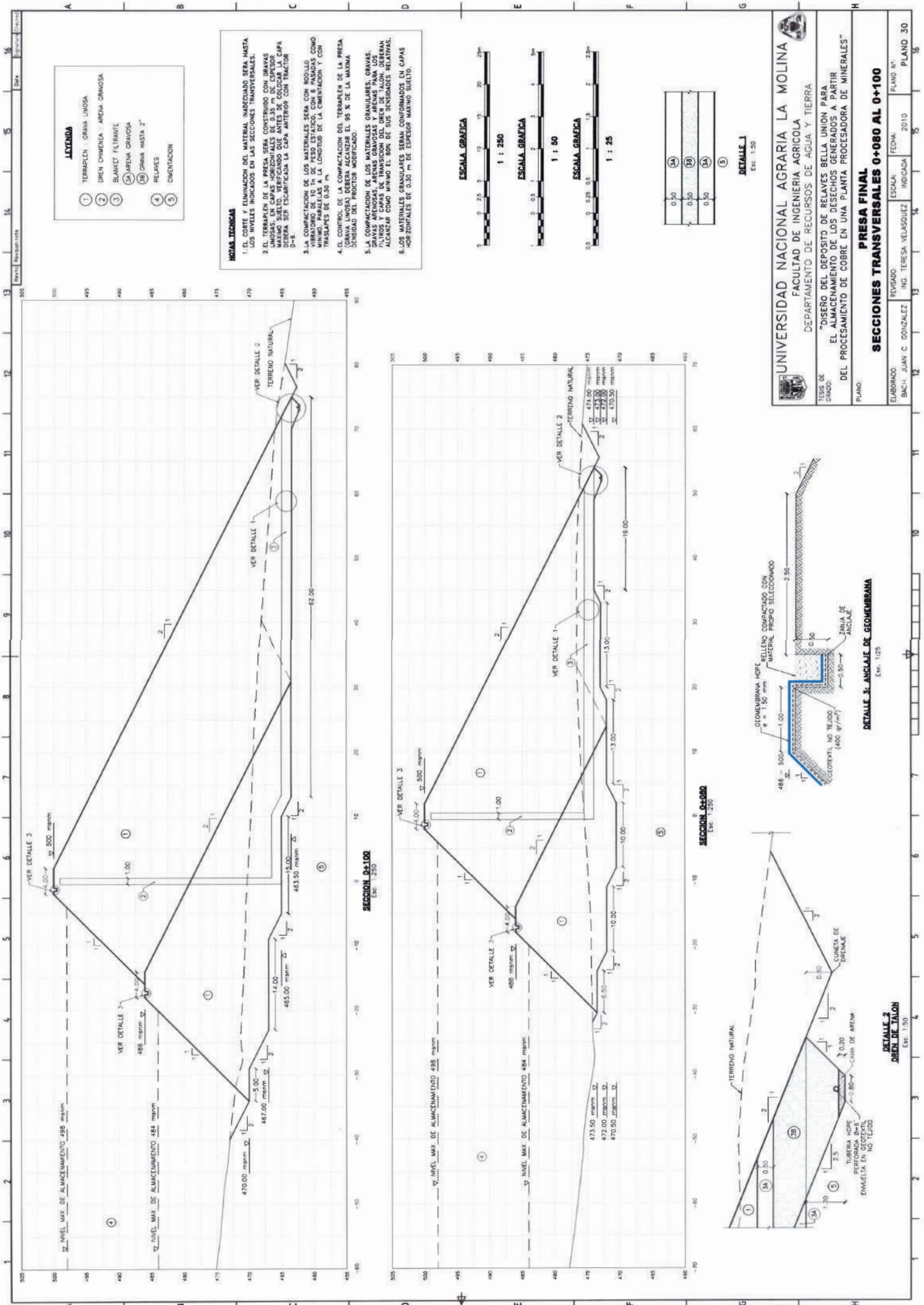
**SECCION 0+000**  
Ese: 1:250

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

“DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES”

PLANO: **PRESA FINAL**  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 AL 0+060**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
INDICADA: 15  
PLANO N°: PLANO 29

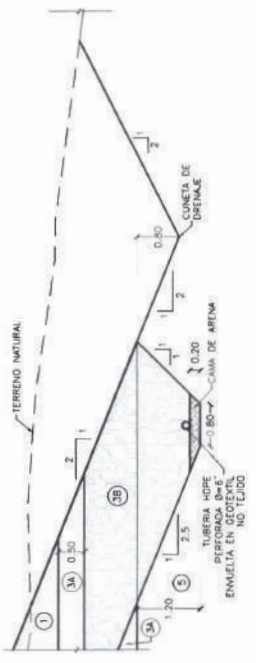
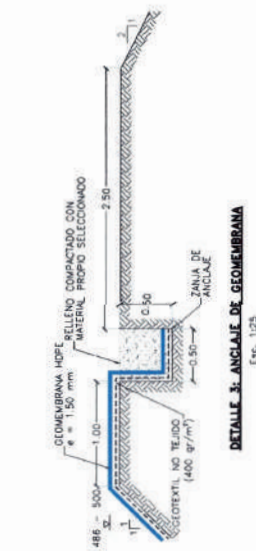
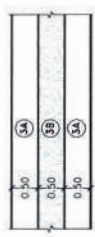


**LEYENDA**

1	TERRAPLEN : GRANA LIMOSA
2	DREN DIMENSIONAL : ARENA GRANOSA
3	BLANQUET FILTRANTE
3A	ARENA GRANOSA
3B	GRANA HASTA 2"
4	RELAVES
5	ORIENTACION

**NOTAS TECNICAS**

- EL CORTE Y REMOCION DEL MATERIAL MARCADADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
- EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRANAS LIMOSAS, EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.35 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO, VERIFICANDO QUE ANTES DE COLGAR LA CIFA DEBERA SER ESCAMPADA LA CIFA ANTERIOR CON TRACTOR D-11.
- LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn DE PESO ESTADICO, CON 6 PASADAS COMO MINIMO, PARALELAS A LA LONGITUD DE LA OMENTACION Y CON PASADAPES DE 0.50 m.
- EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRANA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MAXIMA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
- LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES, GRANAS, ARENAS Y BLANQUETES, DEBERAN SER HECHOS EN FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN DE TALON, DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES RELATIVAS.
- LOS MATERIALES GRANULARES SERAN COMPACTADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO.

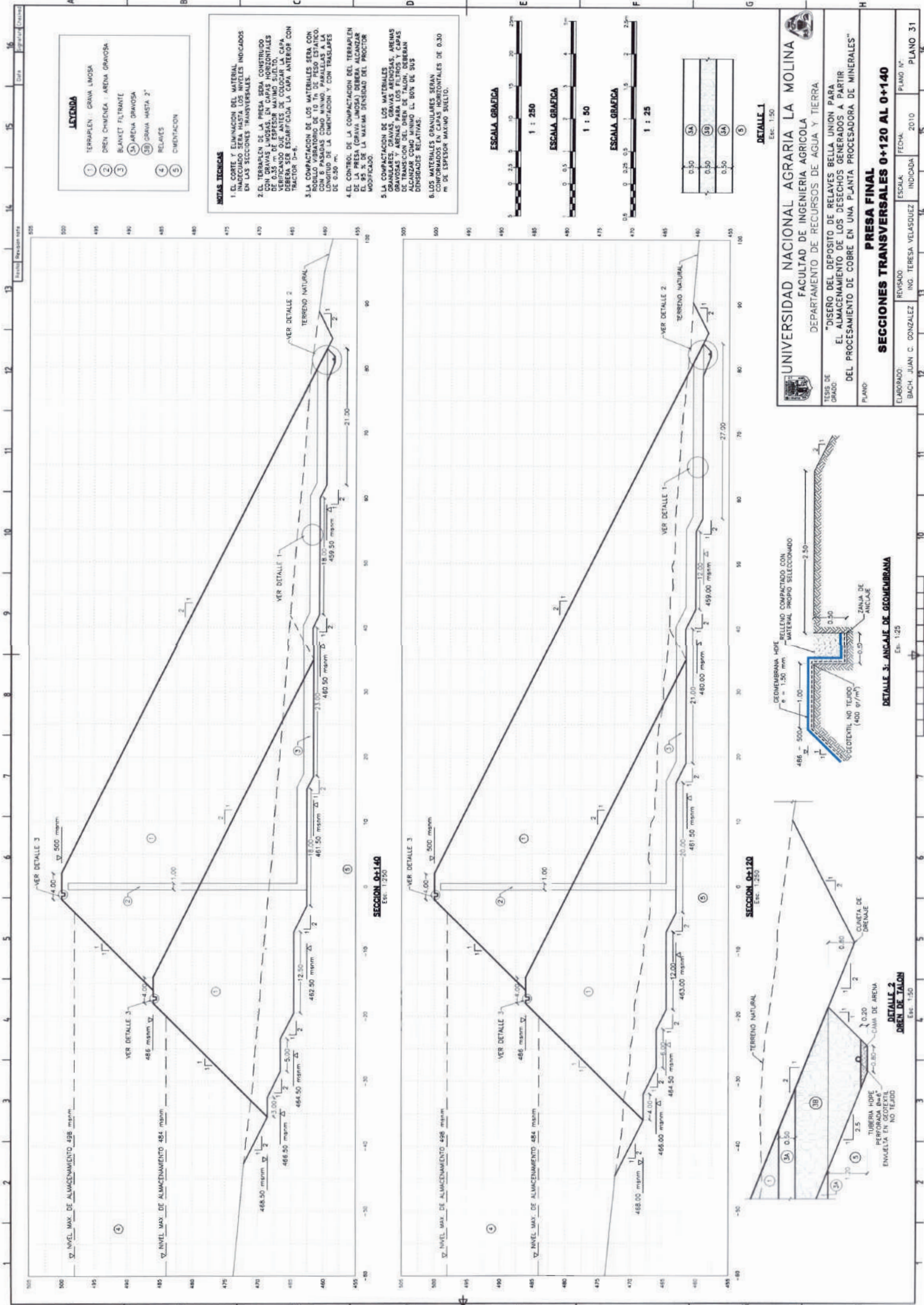


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+080 AL 0+100**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 30

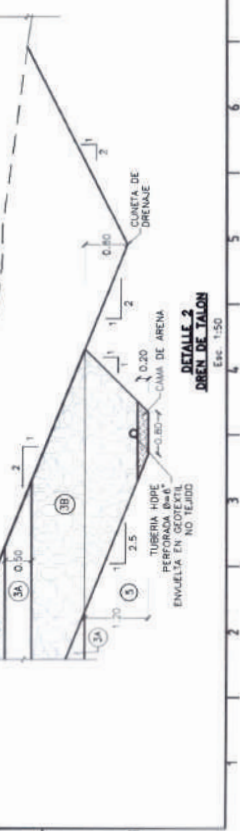
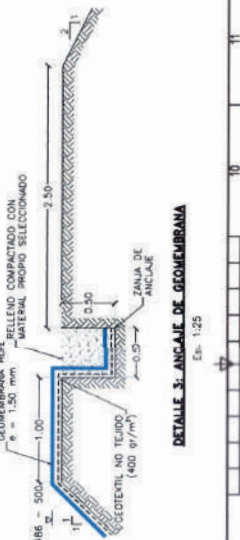


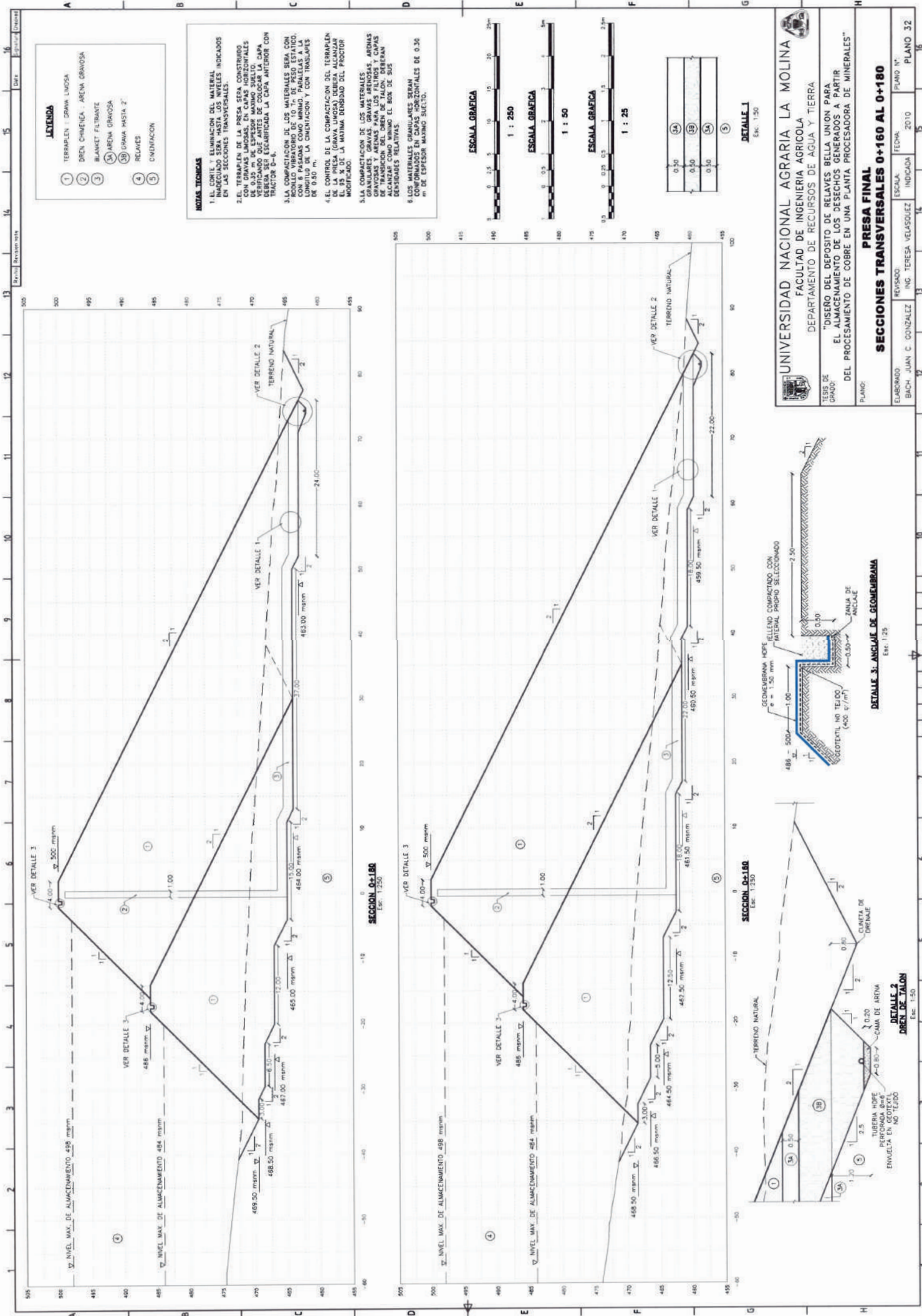
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+120 AL 0+140**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: 2010  
 FECHA: 2010  
 INDICADA: PLANO N° 31



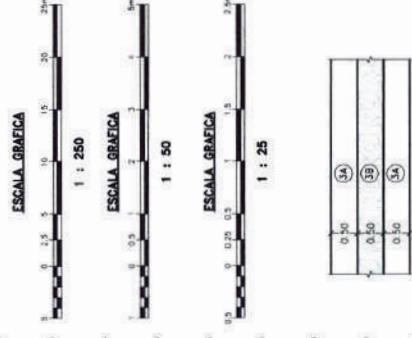


**LEYENDA**

1	TERRAPLEN : GRAVA LIMOSA
2	DREN CHIMBECA : ARENA GRUOSA
3	BLANKET FILTER
4	ARENA GRUOSA
5	GRANA HSTA. 2'
6	RELAVES
7	CONTINACION

**NOTAS TECNICAS**

1. EL CONTROL DE ELIMINACION DEL MATERIAL TRANSPASABLES EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SEAN CONSTRUIDO CON GRANA LIMOSA, EN CAPAS HORIZONIALES DE 0.30 m. DE ESPESOR MAXIMO SUELO DEBESER SER ESCARIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR 0-6.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 T. DE PESO ESTatico, CON 8 PASADOS COMO MINIMO, PARALELOS A LA LINEA DE LA DRENAJACION Y CON INTERVALOS DE 0.30 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRANA LIMOSA) DEBERIA ALCANZAR EL 95 % DE LA Mxima DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES TRANSPASABLES GRANA GRUOSA DEBESER ALCANZAR EL 95% DE LA Mxima DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN COMPACTADOS EN TUBERIAS DE 0.30 m. DE ESPESOR MAXIMO SUELO.

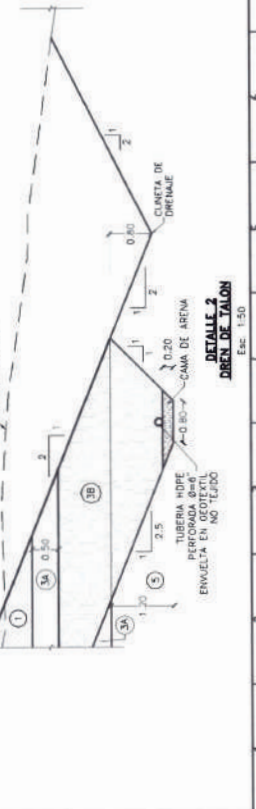
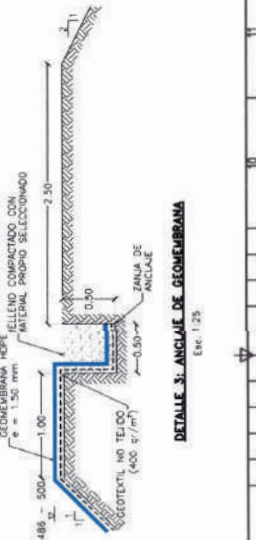


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO: **PRESA FINAL**

ELABORADO:	BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO:	IND. TERESA VELASQUEZ
FECHA:	2010	INDICADA:	2010
ESCALA:	2010	PLANO N°:	PLANO 32

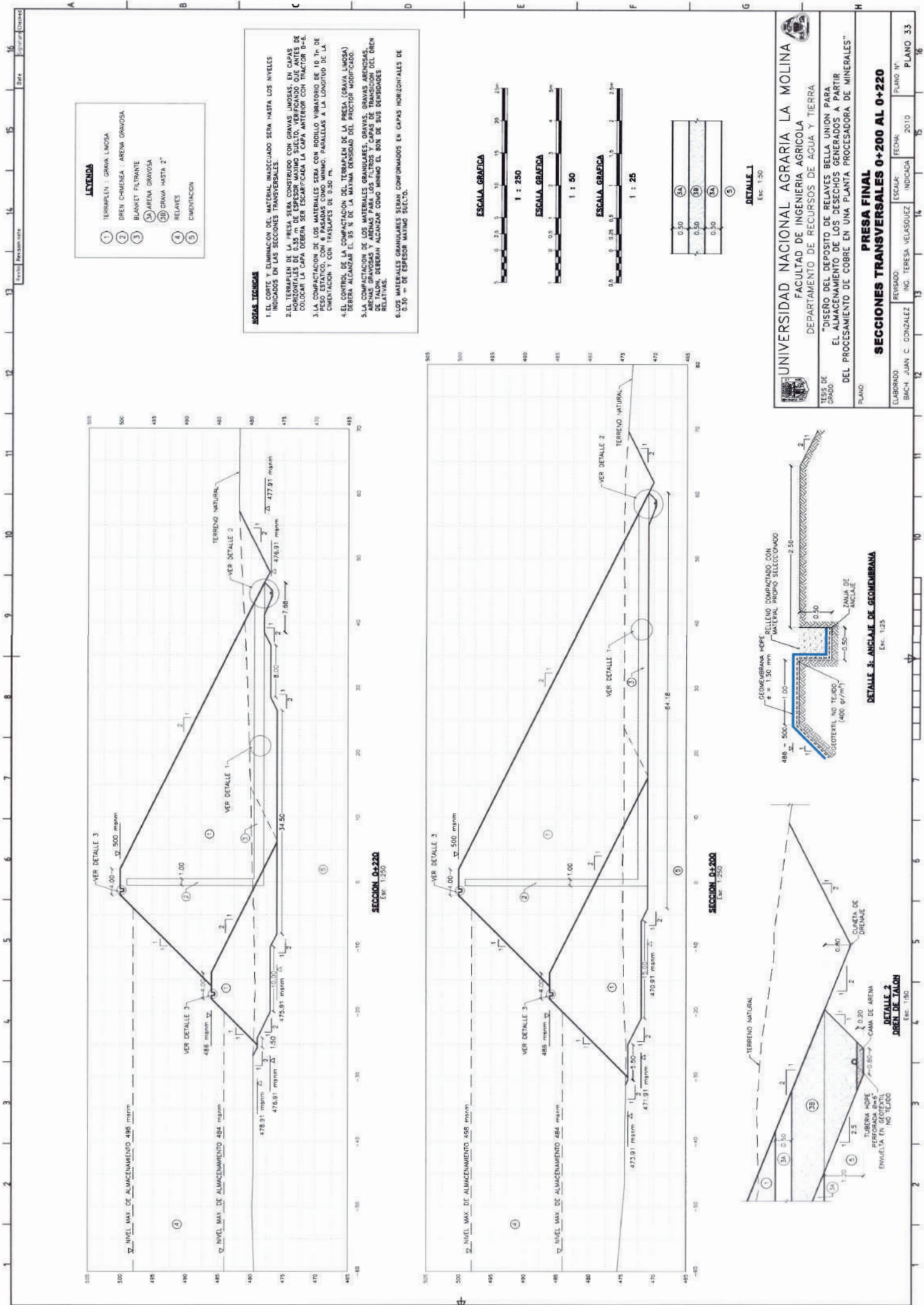


**SECCION 0+160**  
Escala: 1:250

**SECCION 0+180**  
Escala: 1:250

**DETALLE 3. ANGLAS DE GEOMORFIA**  
Escala: 1:25

**DETALLE 2. DREN DE TALON**  
Escala: 1:50



- LEYENDA**
- 1 TERRAPLEN : GRAVA LIMOSA
  - 2 DREN CHIMENEA : ARENA GRAVOSA
  - 3 BLANQUET FILTRANTE
  - 3A ARENA GRAVOSA
  - 3B GRANA HASTA 2"
  - 4 RELAVES
  - 5 CIMENTACION

**NOTAS TECNICAS**

1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADecuADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRavas LIMOSAs, EN CAPAs DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUcTO, VERIFICADO DUA ANTES DE COLOCAR LA CAPA DEBERA SER ESCORIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR 0-6.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn DE PESO Y CON UN ANCHO DE BANDA DE 1.50 m, PARALELO A LA LONGITUD DE LA CIMENTACION Y CON TRASPAsOS DE 0.30 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAVA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MAXIMA DENSIDAD DEL PROYECTO MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES GRavas, ARENAS, ARENOSAS DE TALON, DEBERAN ALCANZAR PARA LOS FILTROS Y CAPAs DE TRANSICION DEL DREN RELATIVAS.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAs HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUcTO.

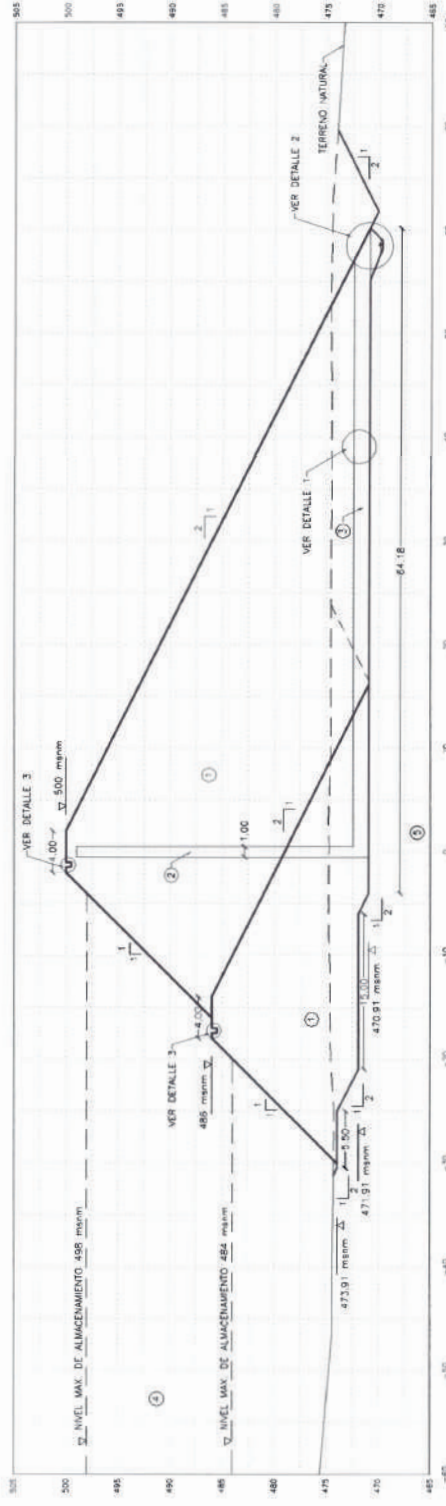
ESCALA GRAFICA  
1 : 250

ESCALA GRAFICA  
1 : 50

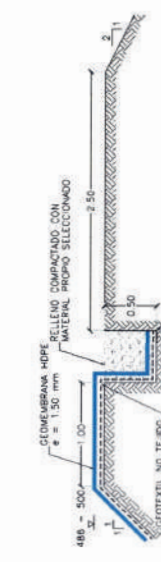
ESCALA GRAFICA  
1 : 25



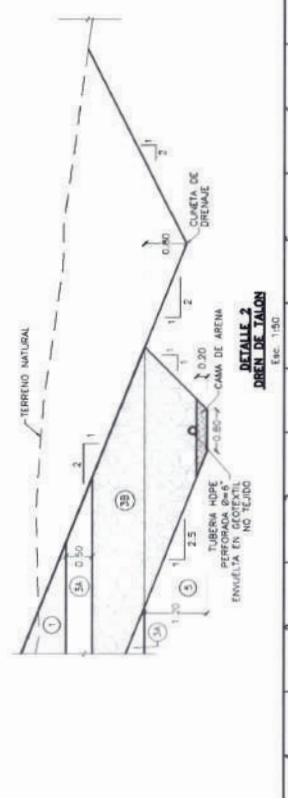
DETALLE 1  
Esc. 1:50



SECCION 05-220  
Esc. 1:250



DETALLE 3: ANCLAJE DE GEOMEMBRANA  
Esc. 1:25



SECCION 01-200  
Esc. 1:250

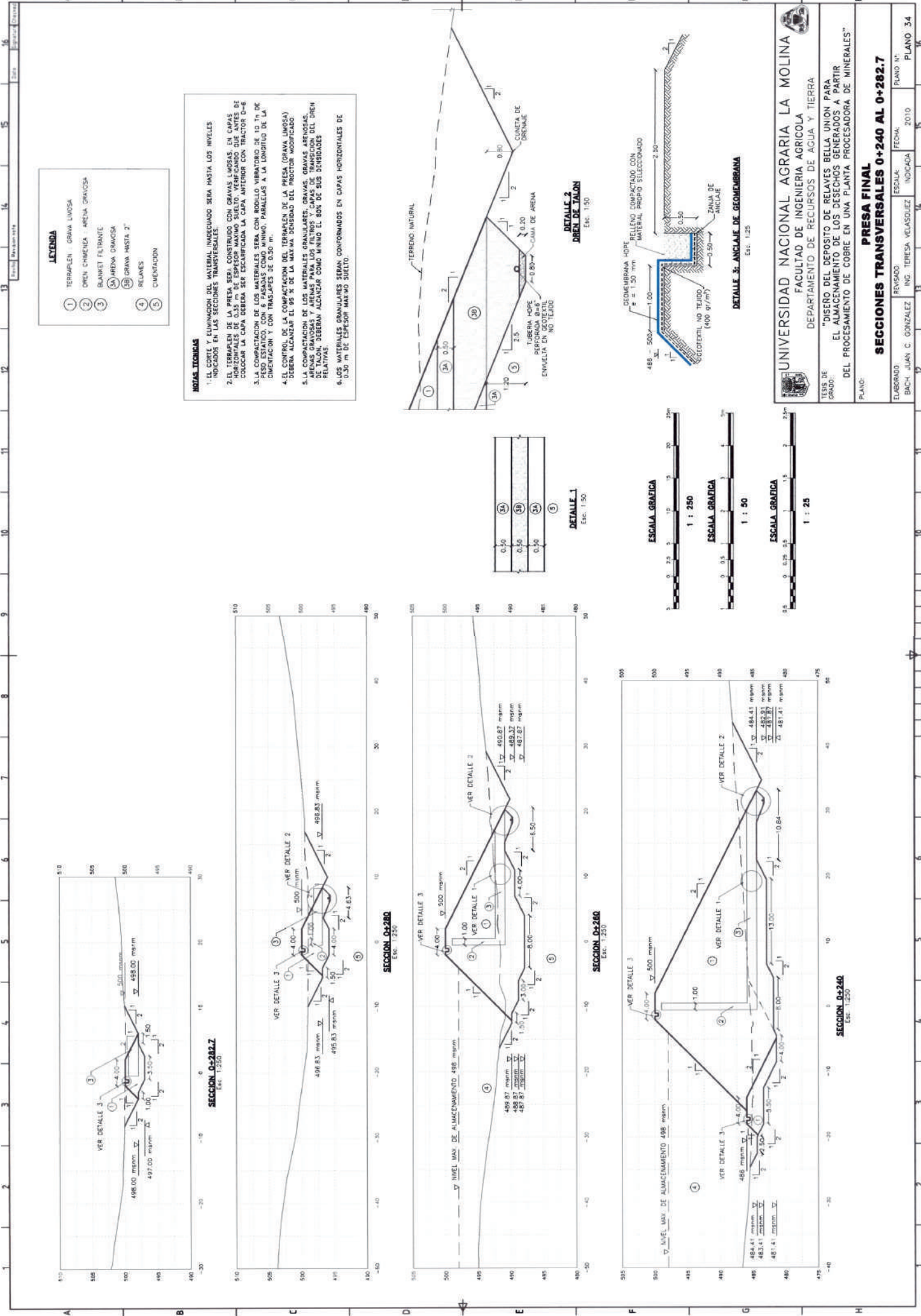
DETALLE 2  
Esc. 1:50

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES 0+200 AL 0+220**

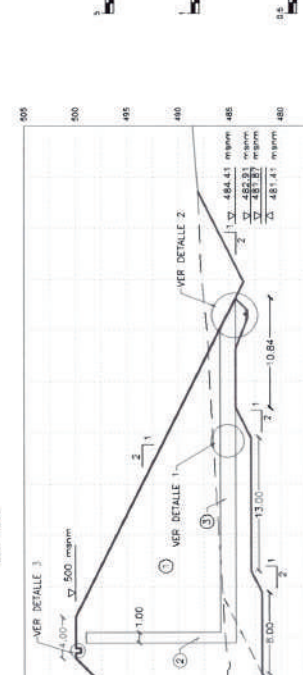
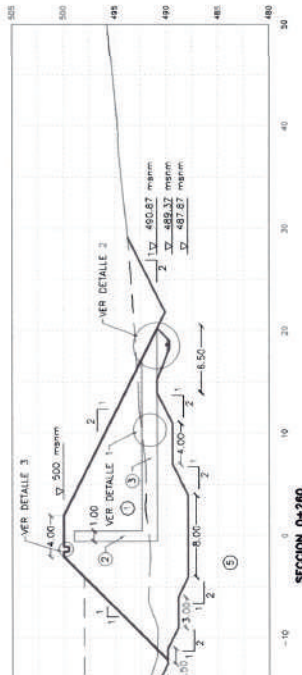
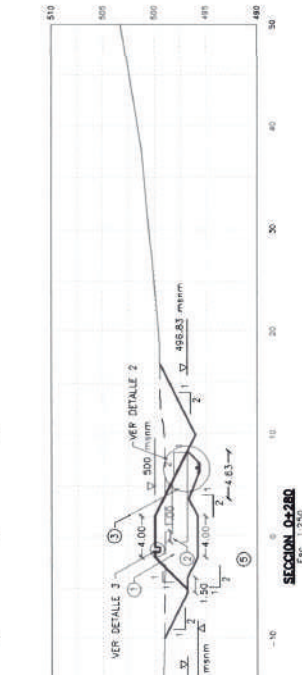
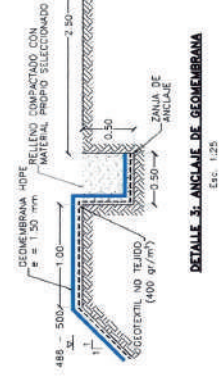
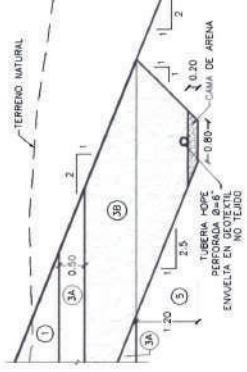
ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: INC. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
INDICADA: PLANO 33

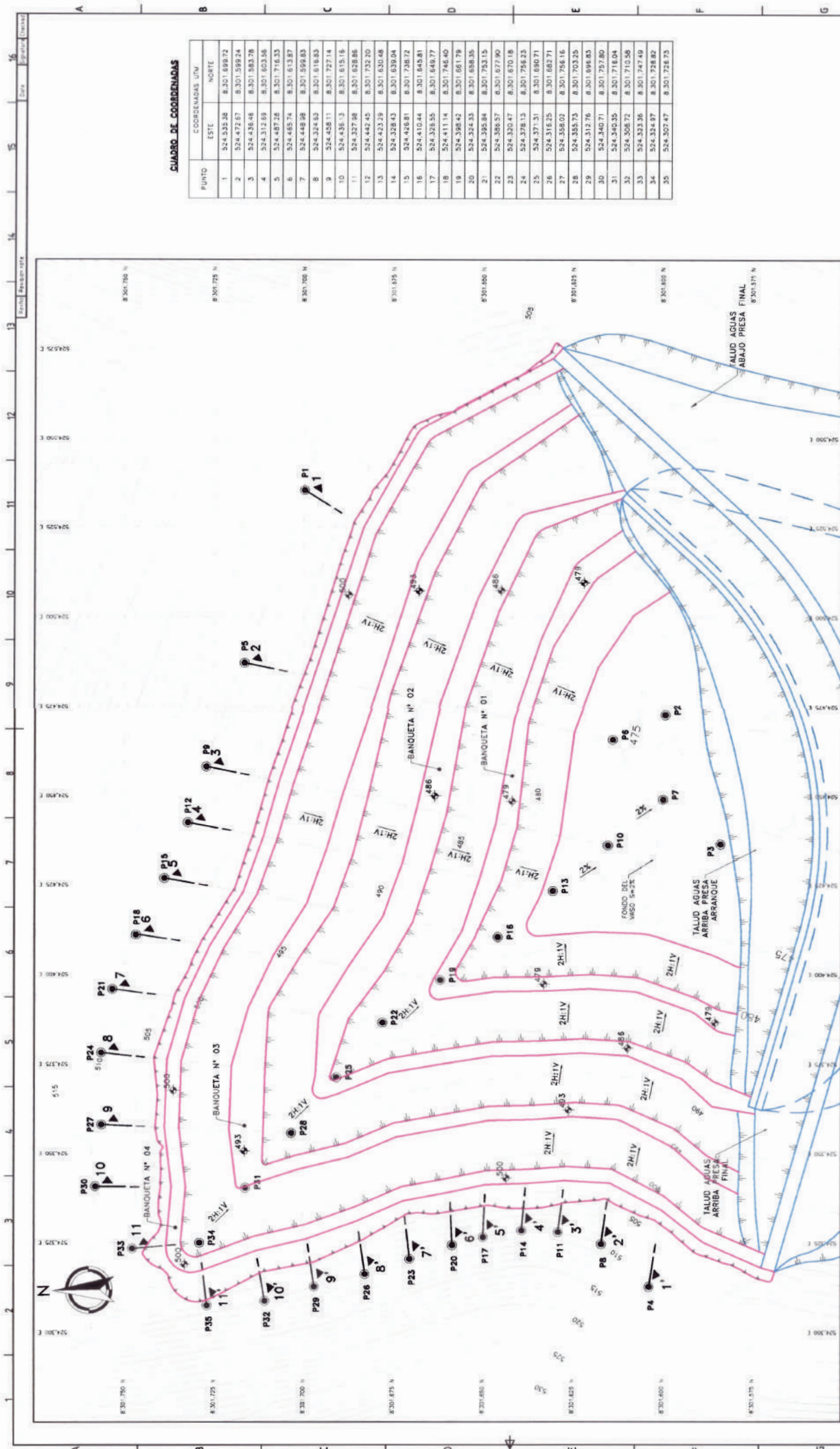


- LEYENDA**
- 1 TERRAPLEN : GRAVA LIMOSA
  - 2 DREN CHUMENZA ARENA GRAVOSA
  - 3 BLANKET FILTRANTE
  - 3A ARENA DRAVOSA
  - 3B GRAVA HASTA 2"
  - 4 RELAVES
  - 5 CIMENTACION

**NOTAS TECNICAS**

1. EL CORTE Y ELIMINACION DEL MATERIAL INADECUADO SERA HASTA LOS NIVELES INDICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES.
2. EL TERRAPLEN DE LA PRESA SERA CONSTRUIDO CON GRAVAS LIMOSAS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO, VERIFICANDO QUE ANTES DE COLOCAR LA CAPA DEBERA SER ESCARIFICADA LA CAPA ANTERIOR CON TRACTOR D-6.
3. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES SERA CON RODILLO VIBRATORIO DE 10 Tn DE PESO ESTADICO, CON 6 PASADAS COMO MINIMO, PARALELAS A LA LONGITUD DE LA CIMENTACION Y CON TRASPASES DE 0.30 m.
4. EL CONTROL DE LA COMPACTACION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA (GRAVA LIMOSA) DEBERA ALCANZAR EL 95 % DE LA MAXIMA DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO.
5. LA COMPACTACION DE LOS MATERIALES GRANULARES, GRAVAS, GRAVAS ARENOSAS, ARENAS GRAVOSAS Y ARENAS PARA LOS FILTROS Y CAPAS DE TRANSICION DEL DREN RELATIVAS DEBERAN ALCANZAR COMO MINIMO EL 80% DE SUS DENSIDADES.
6. LOS MATERIALES GRANULARES SERAN CONFORMADOS EN CAPAS HORIZONTALES DE 0.30 m DE ESPESOR MAXIMO SUELO.





**CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
1	524.52538	8.301.689.72
2	524.47257	8.301.599.24
3	524.43548	8.301.583.78
4	524.31259	8.301.603.58
5	524.48728	8.301.716.33
6	524.48574	8.301.613.87
7	524.44828	8.301.599.83
8	524.32453	8.301.618.83
9	524.45811	8.301.727.14
10	524.43513	8.301.615.16
11	524.32728	8.301.628.86
12	524.44245	8.301.732.20
13	524.42319	8.301.630.48
14	524.32843	8.301.630.04
15	524.42681	8.301.728.72
16	524.41044	8.301.645.81
17	524.32855	8.301.646.77
18	524.41114	8.301.746.40
19	524.39842	8.301.661.79
20	524.32433	8.301.688.35
21	524.39584	8.301.753.15
22	524.38857	8.301.677.80
23	524.32047	8.301.670.18
24	524.32813	8.301.756.23
25	524.37131	8.301.680.71
26	524.31625	8.301.682.71
27	524.35802	8.301.756.16
28	524.35573	8.301.703.25
29	524.31216	8.301.698.85
30	524.34071	8.301.797.80
31	524.34035	8.301.716.04
32	524.30872	8.301.710.58
33	524.32336	8.301.747.49
34	524.32497	8.301.728.82
35	524.30747	8.301.728.73

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TEMA DE GRADO: "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

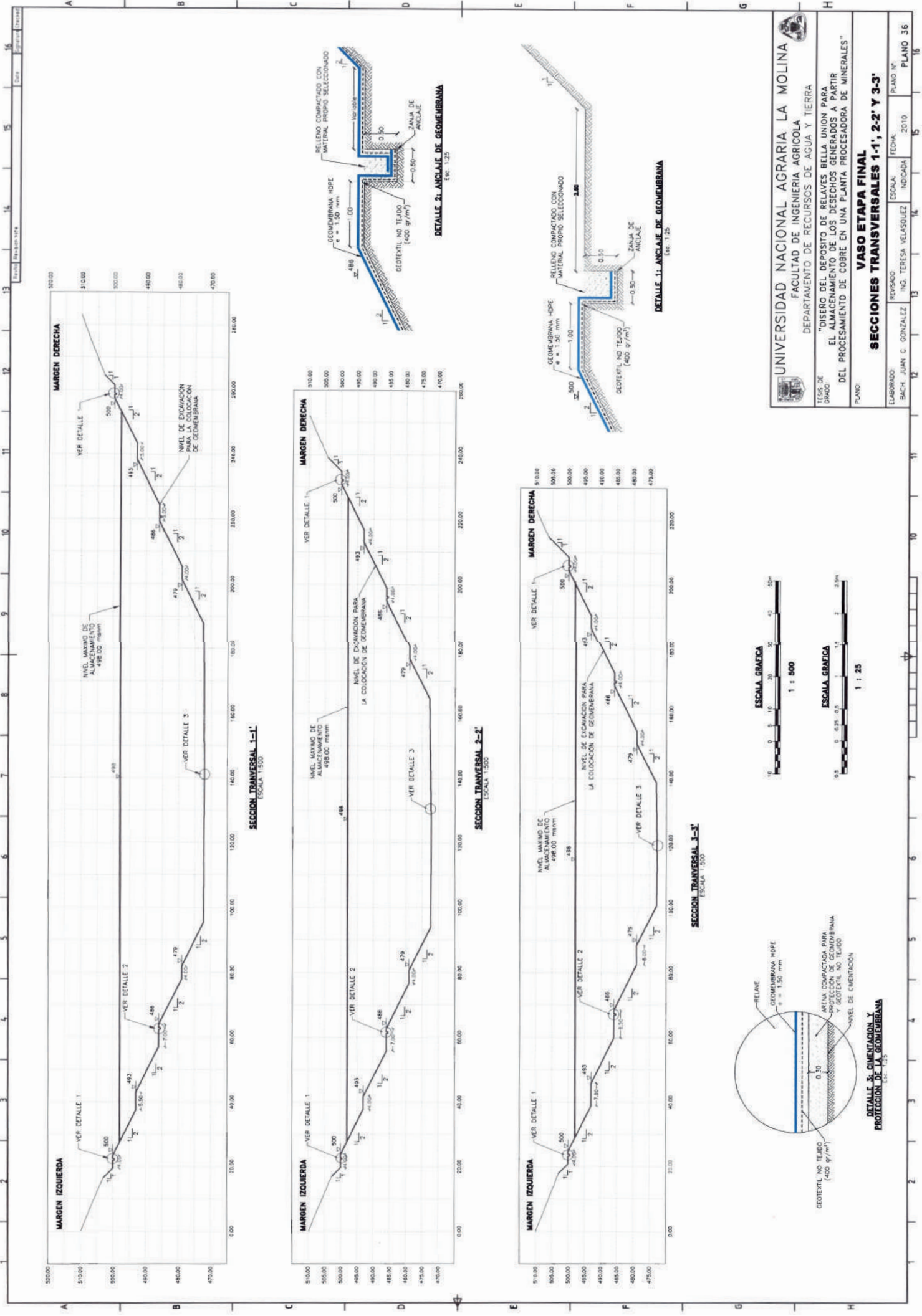
PLANO: **VASO ETAPA FINAL PLANTA**

ELABORADO: BACH. JUAN C. DONAZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: 1:500  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 35



NOTA:  
 1.- SISTEMA DE COORDENADAS PSAD-56



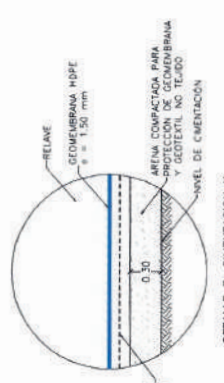
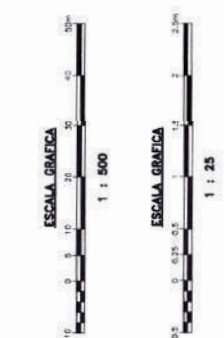


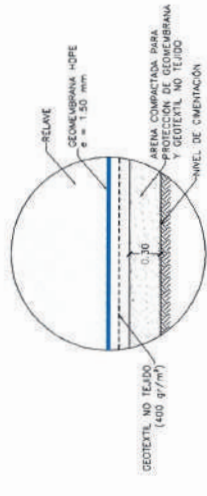
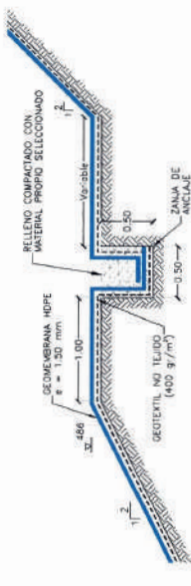
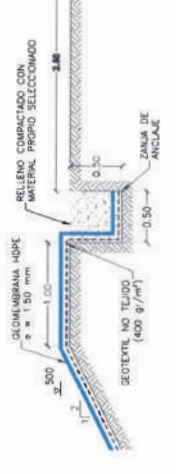
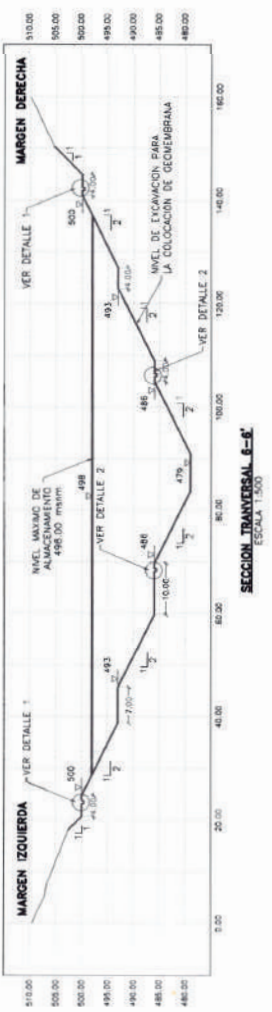
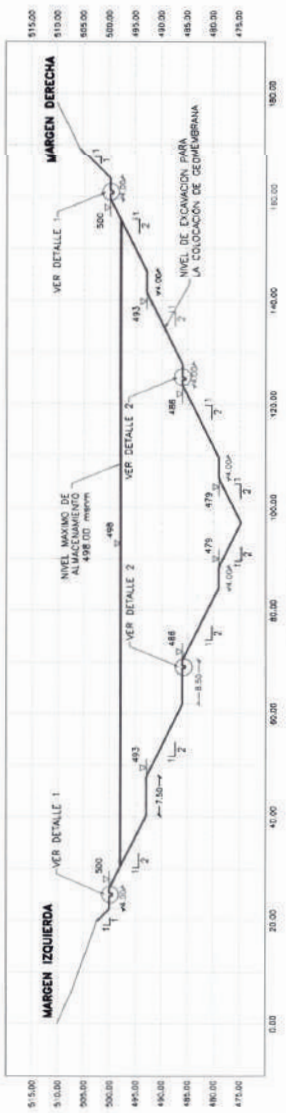
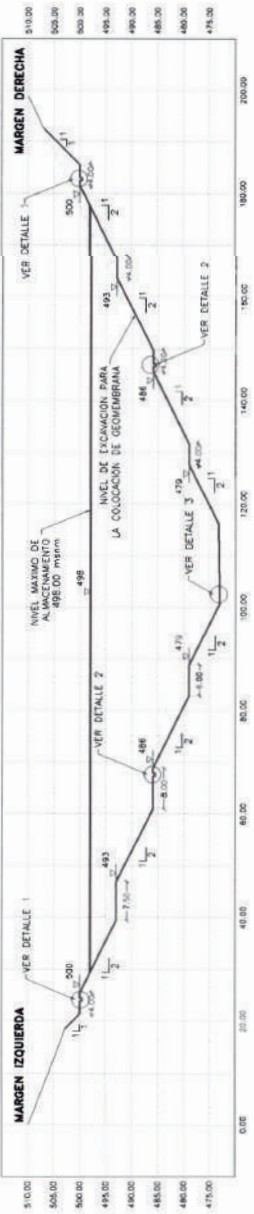
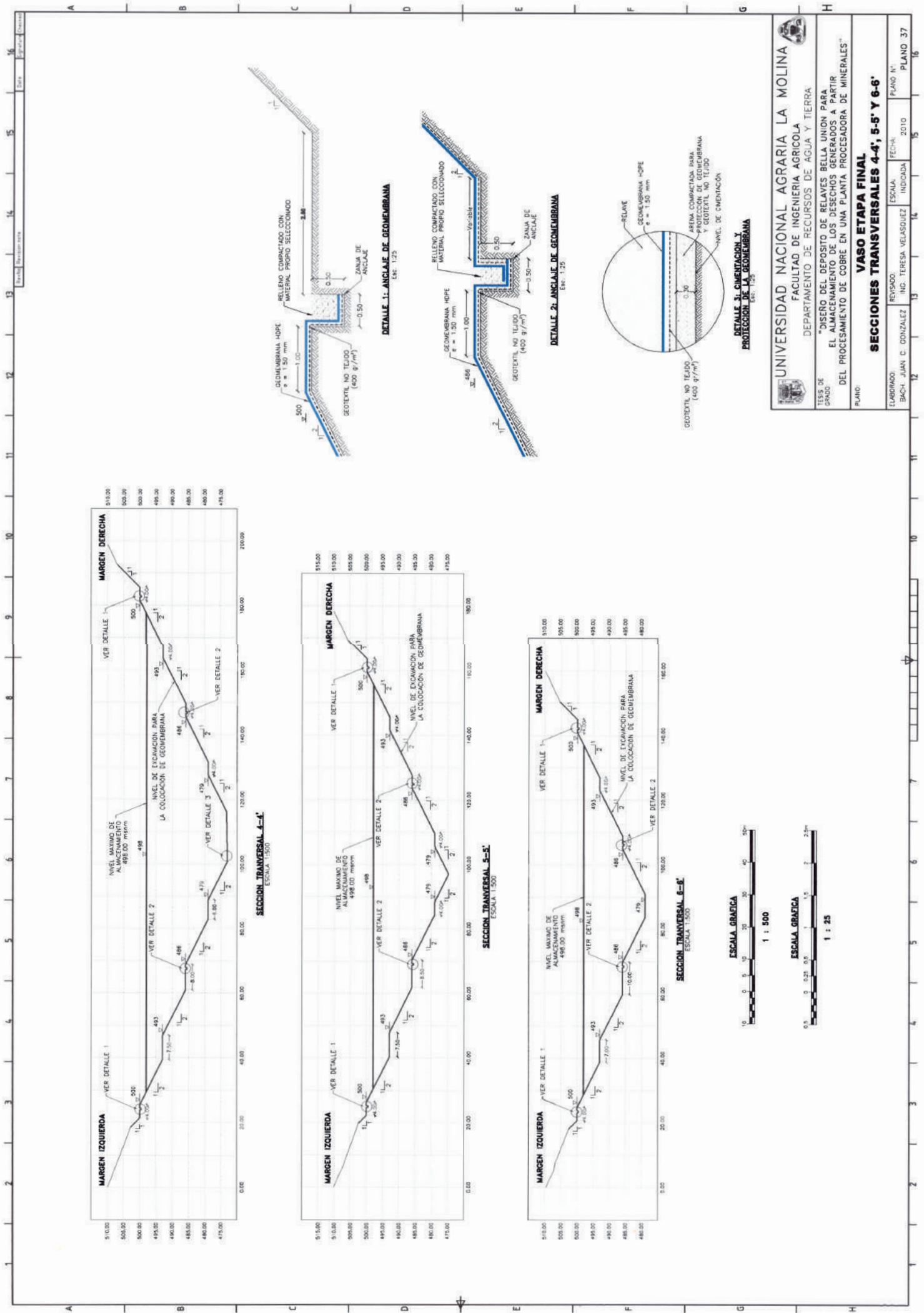
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA


TES DE GRADO: "DISERNO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO: **VASO ETAPA FINAL SECCIONES TRANSVERSALES 1-1', 2-2' Y 3-3'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 36



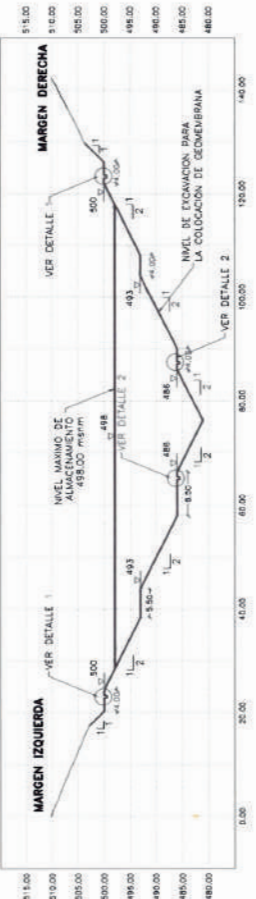
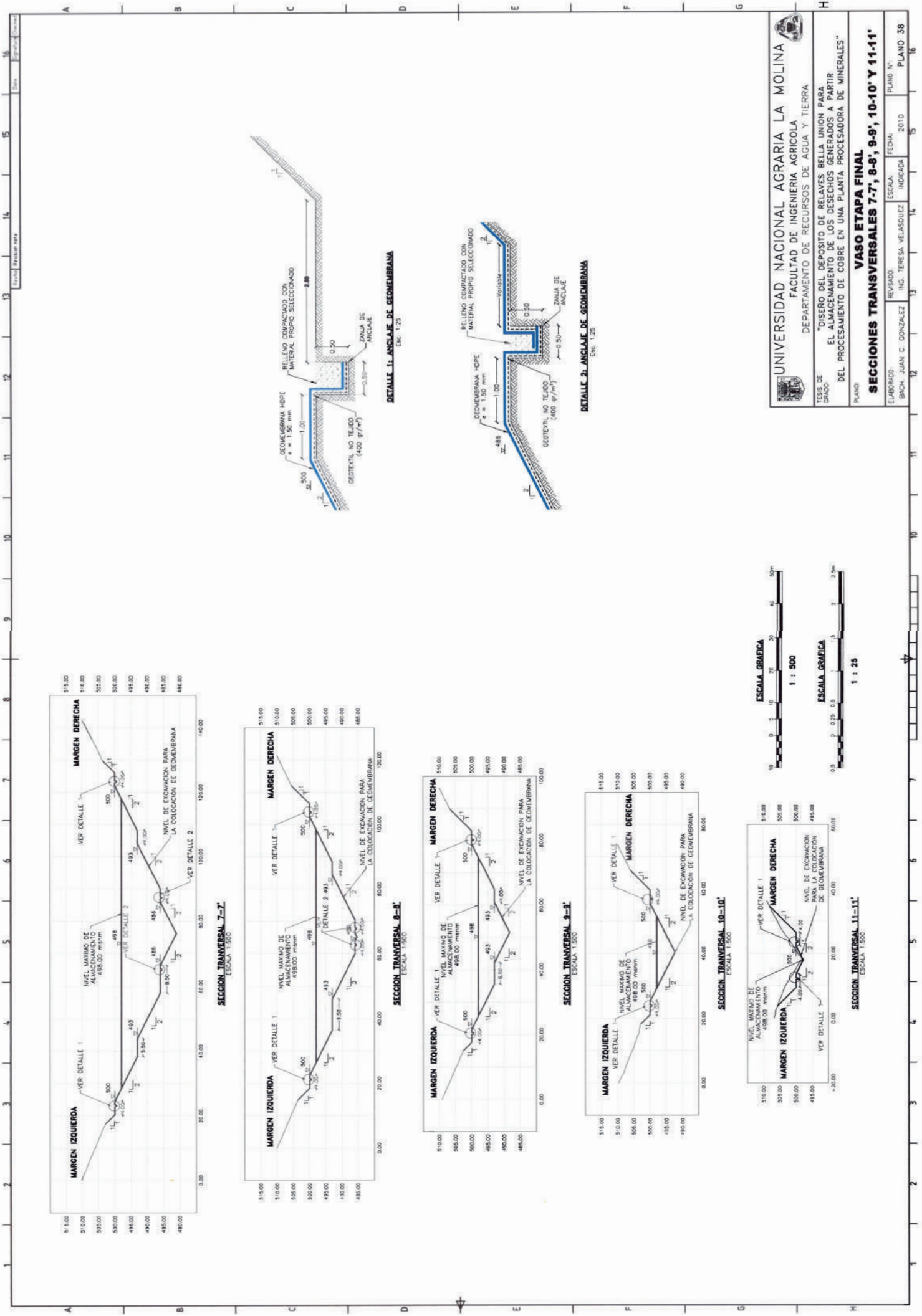



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

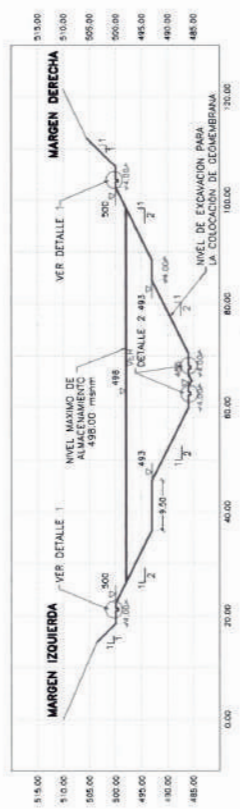
TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

**SECCIONES TRANSVERSALES 4-4', 5-5' Y 6-6'**  
 PLANO

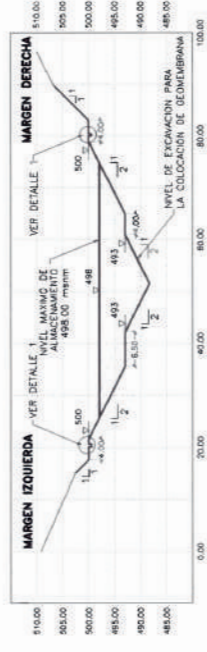
ELABORADO	REVISADO	ESCALA	FECHA	PLANO N°
BACH. JUAN C. DONAZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ	INDICADA	2010	PLANO 37



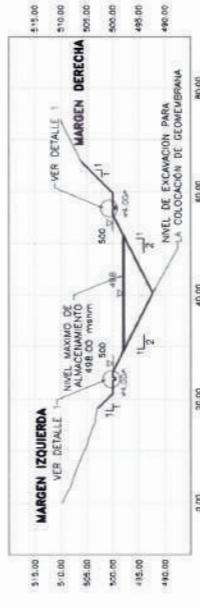
SECCION TRANSVERSAL 7-7'  
ESCALA 1:500



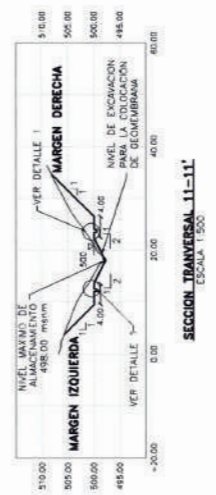
SECCION TRANSVERSAL 8-8'  
ESCALA 1:500



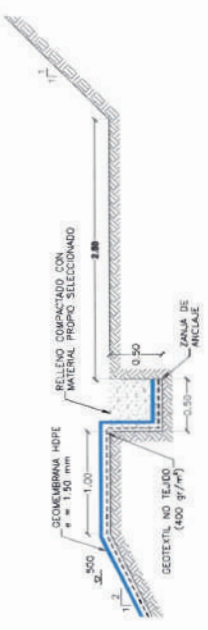
SECCION TRANSVERSAL 9-9'  
ESCALA 1:500



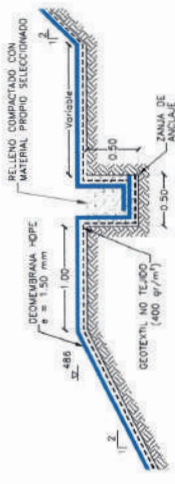
SECCION TRANSVERSAL 10-10'  
ESCALA 1:500



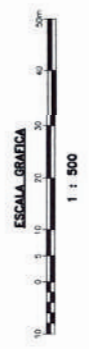
SECCION TRANSVERSAL 11-11'  
ESCALA 1:500



DETALLE 1: ANCLAJE DE GEOMEMBRANA  
Escala 1:25



DETALLE 2: ANCLAJE DE GEOMEMBRANA  
Escala 1:25

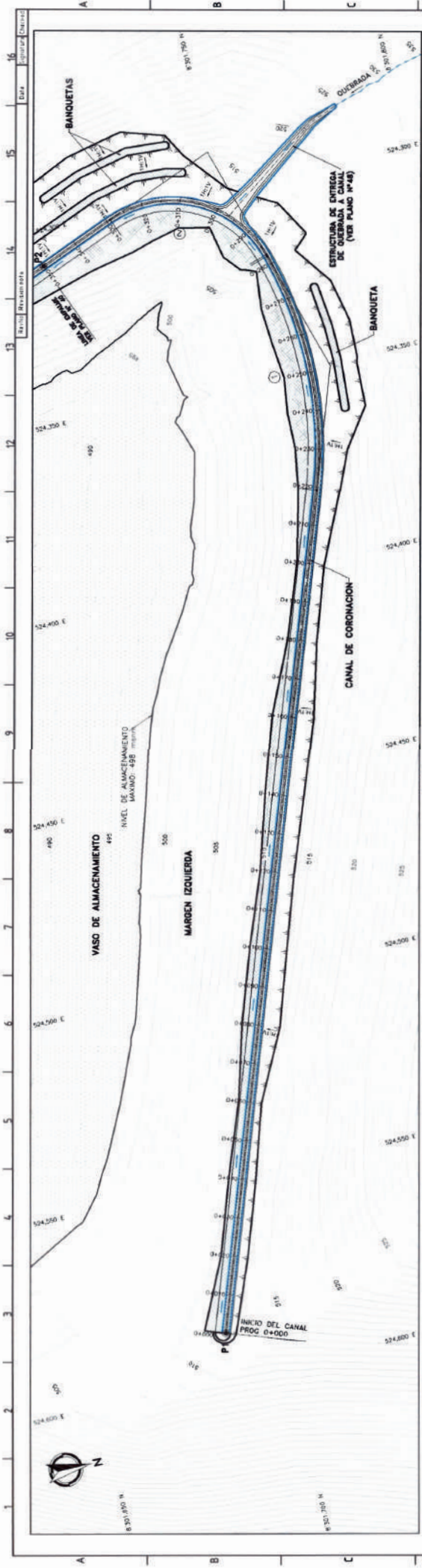


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

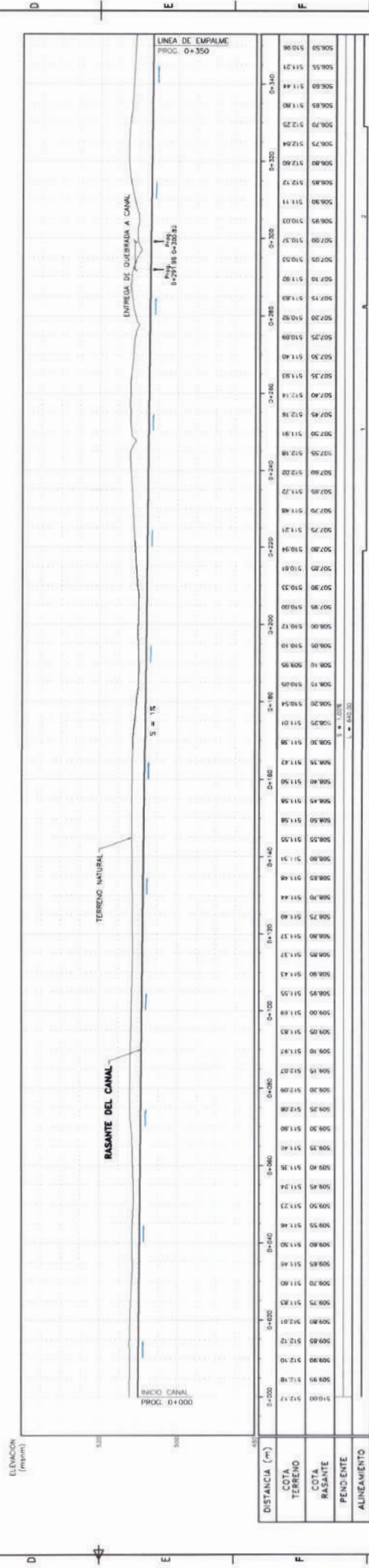
TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

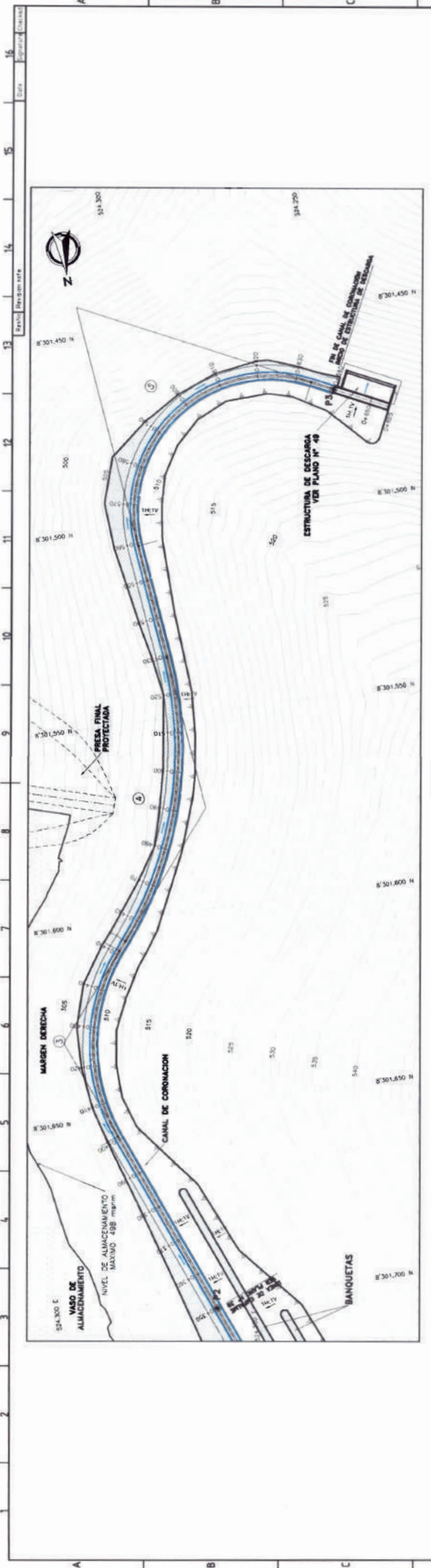
PLANO  
**SECCIONES TRANSVERSALES 7-7', 8-8', 9-9', 10-10' Y 11-11'**

ELABORADO: BACH. JUAN C. DONAZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: 2010  
PLANO N°: 38

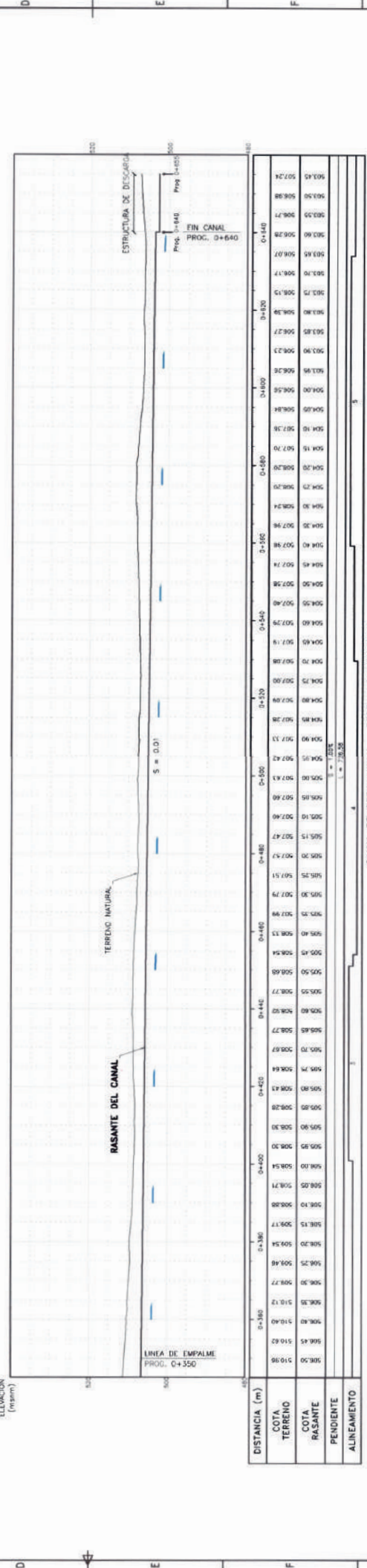


**PLANTA**  
Ech. 1:500





**PLANTA**  
Esc: 1:500



**CANAL DE CORONACION - PERFIL LONGITUDINAL**  
Esc: 1:500

**EJE DE CANAL**  
**CUADRO DE COORDENADAS**

PLANTO	ESTE	NORTE
1	504.309.174	8.501.702.003
2	504.309.174	8.501.702.003
3	504.309.174	8.501.702.003



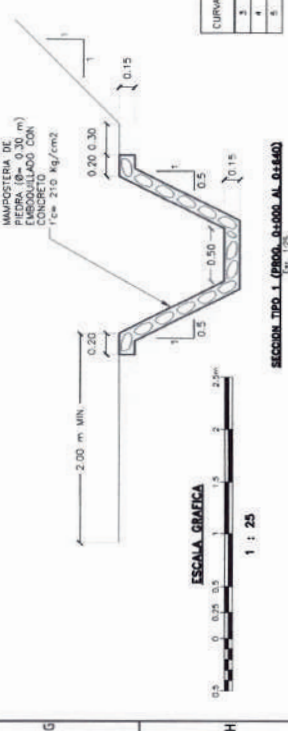
NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: P560-96

**ELEMENTOS DE CURVA**

CURVA	R	ALFA	L	PC	TANG	PI	PT	PROG	PC	PROG	PT
1	4700	18.703.91	50.00	17.77	16.400.87	16.400.89	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88
2	54784.42	85.013.77	50.00	17.77	16.400.87	16.400.89	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88
3	50.00	16.400.87	76.86	19.93	16.400.87	16.400.89	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88
4	50.00	16.400.87	76.86	19.93	16.400.87	16.400.89	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88
5	50.00	16.400.87	76.86	19.93	16.400.87	16.400.89	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88	16.400.88

**CUADRO DE COORDENADAS**

CURVA	CENTRO	ESTE	NORTE	PC	ESTE	NORTE	PT	ESTE	NORTE
1	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	8.501.702.003
2	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	8.501.702.003
3	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	8.501.702.003
4	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	8.501.702.003
5	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	504.309.174	8.501.702.003	8.501.702.003



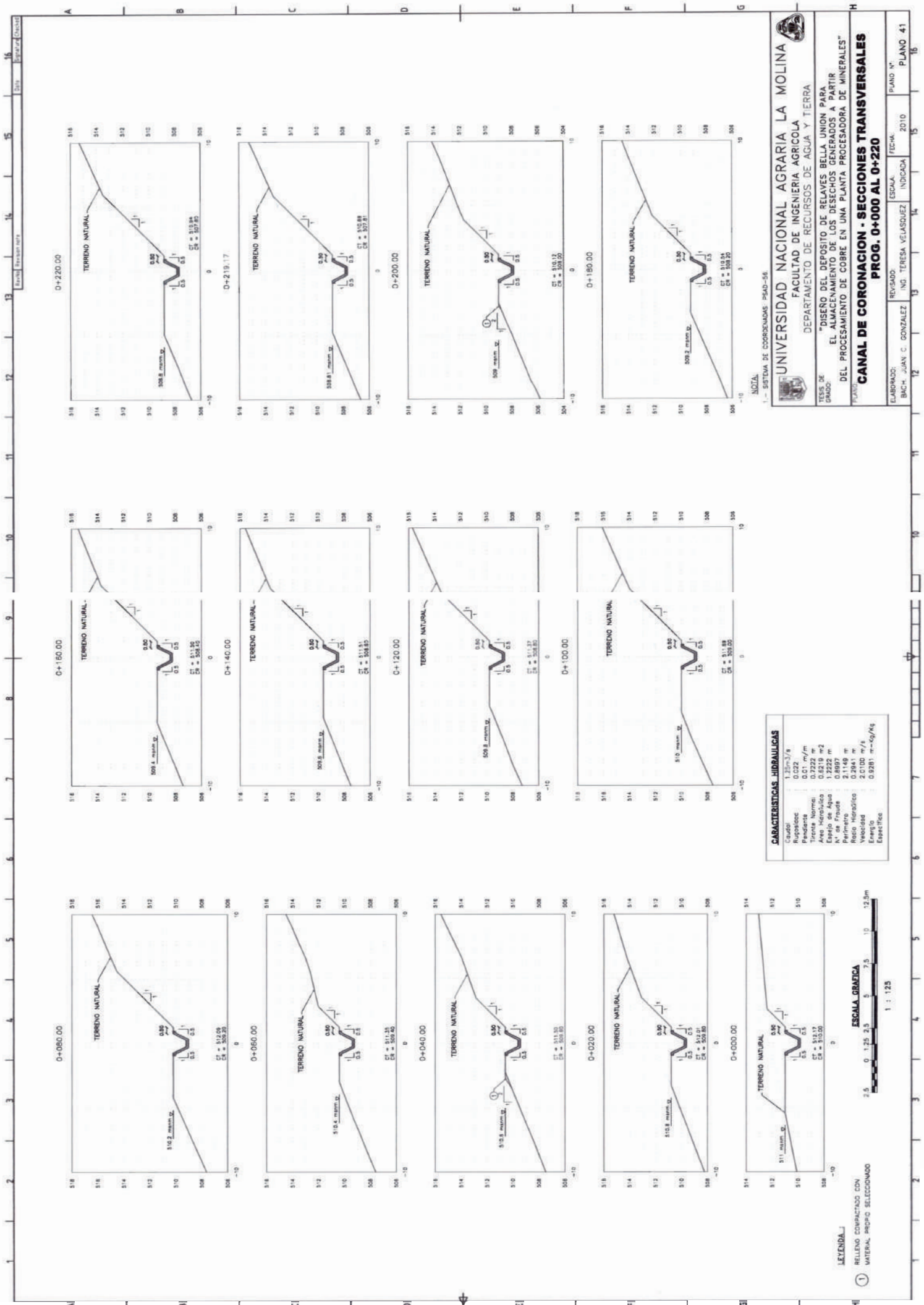
**SECCION TIPO 1 (TRAMO 0+000 AL 0+540)**  
Esc: 1:25

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE BELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

**CANAL DE CORONACION - PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCION TIPO TRAMO 2 - PROG. 0+350 AL 0+655**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
FECHA: 2010  
PLANO N°: PLANO 40



**CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS**

Coeficiente de Rugosidad	1.485-1.7
Velocidad	0.257 m/s
Pendiente	0.01 m/m
Tronca Normal	0.2222 m
Área Hidráulica	0.6219 m <sup>2</sup>
Espesor de Agua	1.2222 m
N° de Froude	0.8977
Radio Hidráulico	0.2841 m
Velocidad	2.0100 m/s
Energía	0.9281 m=5g/sg
Especificidad	



**LEYENDA**

① RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROFUNDO SELECCIONADO

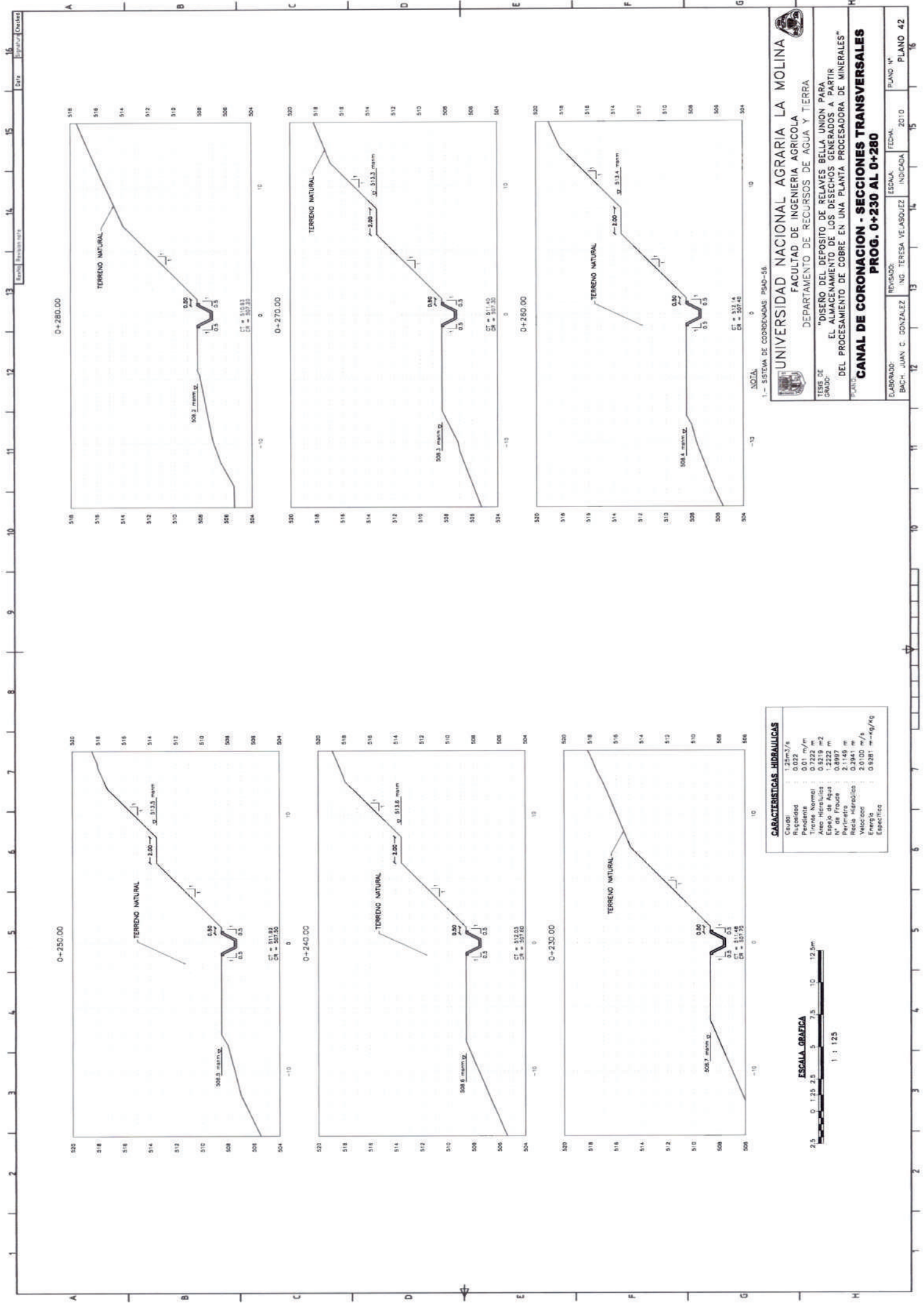
NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS READ-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PIEZA:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 41



**CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS**

Caudal	1.25m <sup>3</sup> /s
Rugosidad	0.022
Pendiente	0.01 m/m
Area Normal	0.515 m <sup>2</sup>
Area Huelica	0.515 m <sup>2</sup>
Espesor de Agua	0.222 m
Nº de Froude	0.697
Perimetro	2.149 m
Radio Hidraulico	0.241 m
Velocidad	2.010 m/s
Energia Especifica	0.521 m-cg/kg



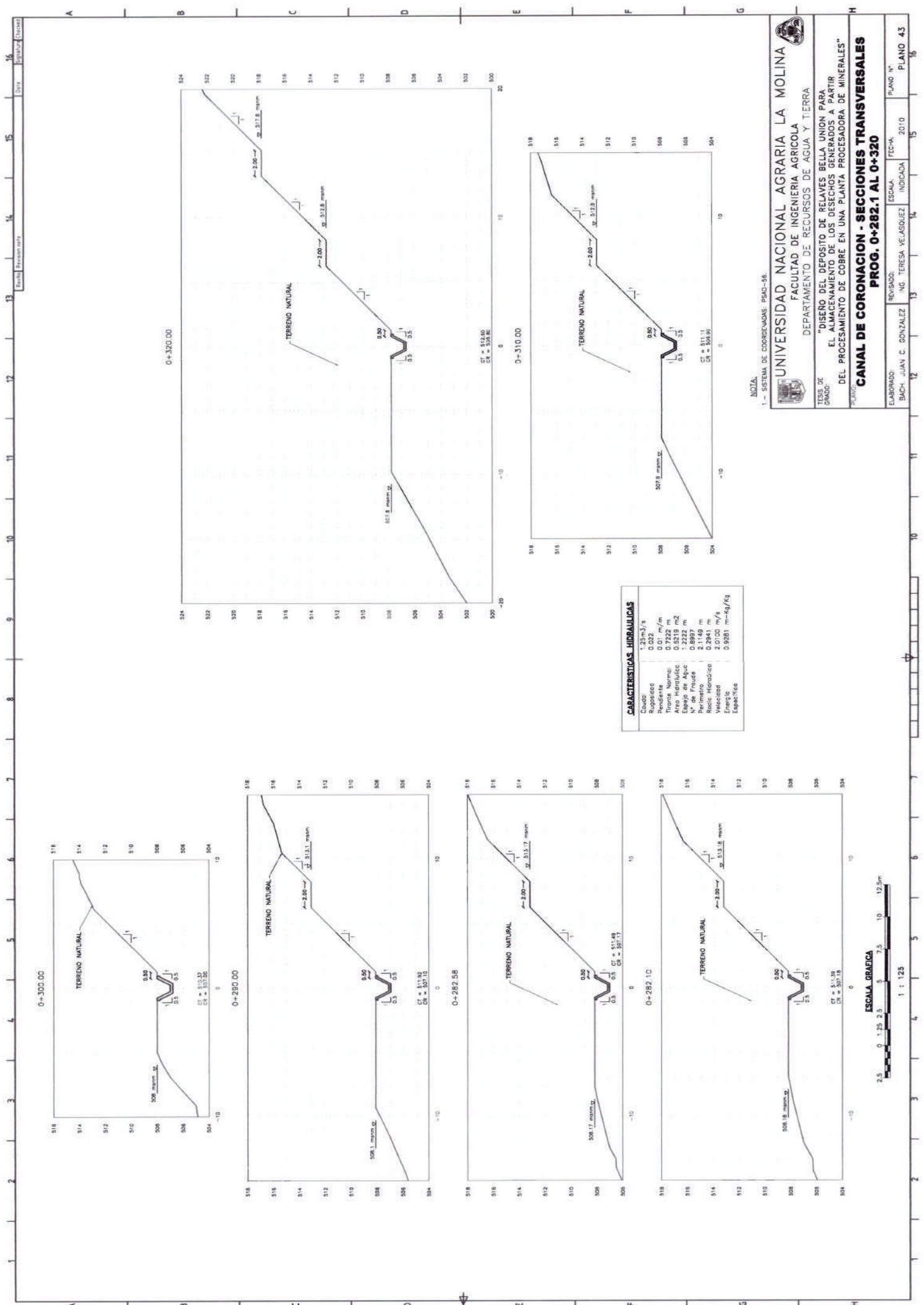
NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS PGAD-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE BELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESCHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"**

POINTE:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
**PROG. 0+230 AL 0+280**

ELABORADO:	BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO:	ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA:	INDICADA	FECHA:	2010
				PLANO Nº:	PLANO 42		



**CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS**

Caudal	1.25 m <sup>3</sup> /s
Rugosidad	0.022
Pendiente	0.313 m/m
Área Hídrica	0.8218 m <sup>2</sup>
Área Hidráulica	1.2222 m <sup>2</sup>
Espesor de Agua	0.8997 m
N° de Froude	2.1469
Perímetro	0.2841 m
Radio Hidráulico	0.3000 m
Velocidad	0.9801 m/s
Espesímetro	0.9801 m <sup>3</sup> /kg



NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDINADAS: PEAD-56.

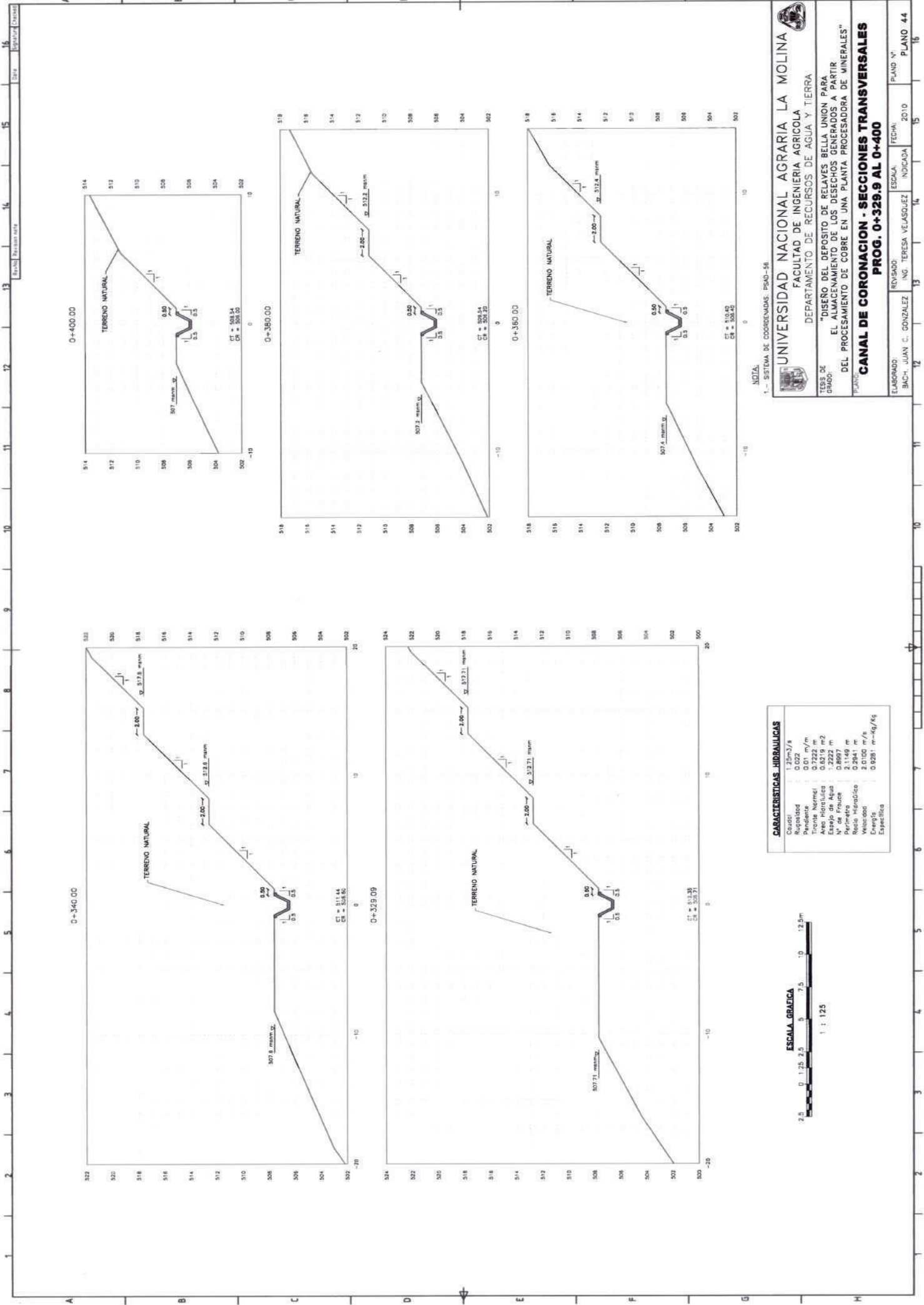
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
**PROG. 0+282.1 AL 0+320**

LABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 4.3





NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAO-56.

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS	
Caudal	1.25m <sup>3</sup> /s
Rugosidad	0.022
Pendiente	0.01 m/m
Fronte Normal	0.7222 m
Area Húmeda	0.0219 m <sup>2</sup>
Radio de Agua	0.2222 m
Perímetro	2.1149 m
Radio Hidráulico	0.2941 m
Velocidad	2.0100 m/s
Energía Específica	0.0291 m <sup>3</sup> -kg/kg



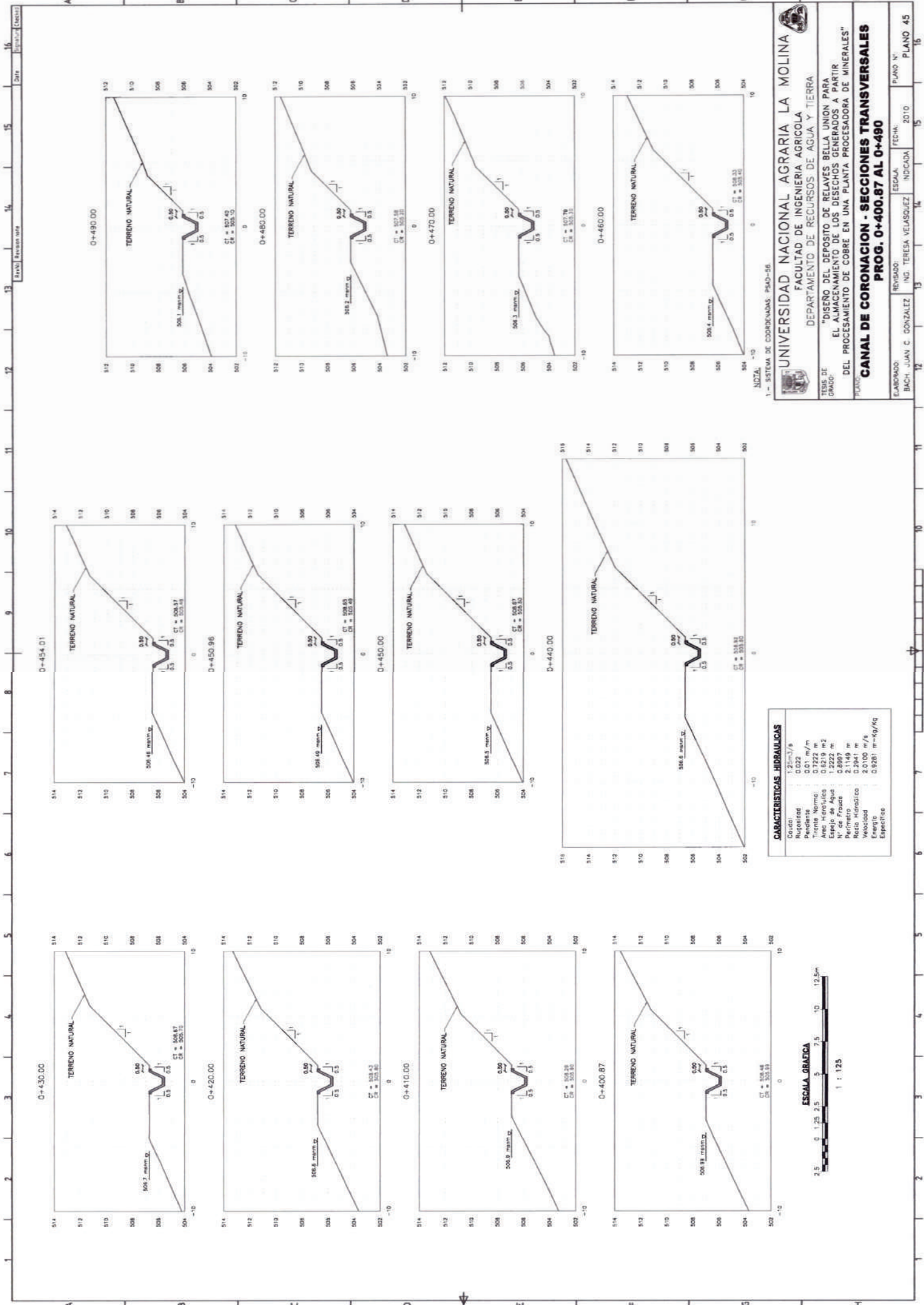
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

TITULO:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
PROG. 0+329.9 AL 0+400

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: 2010

PLANO N° 44

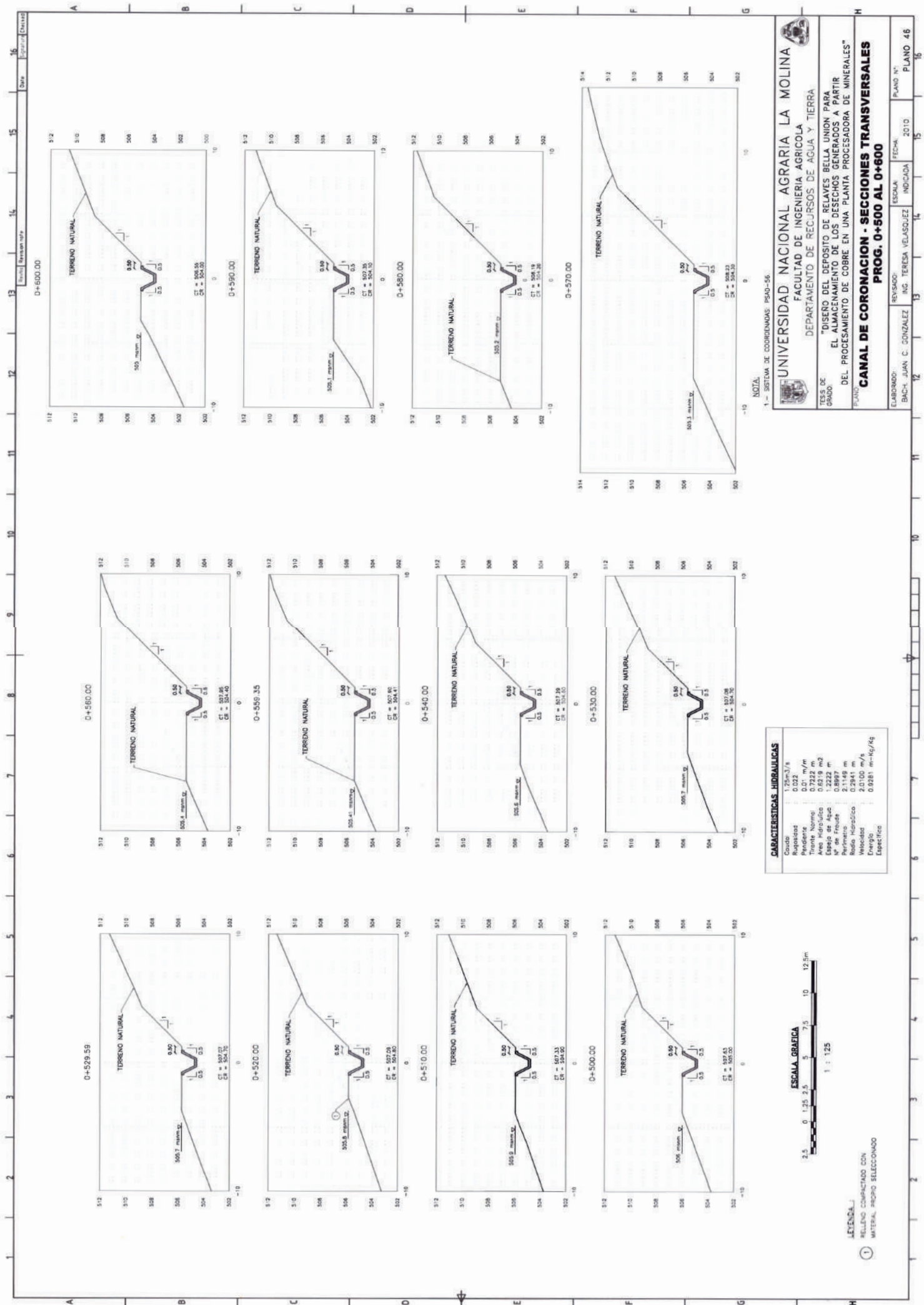


**CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS**

Caudal	1.25 m <sup>3</sup> /s
Velocidad	0.022 m/s
Pendiente	0.01 m/m
Tirante Normal	0.7222 m
Area Hidráulica	0.8219 m <sup>2</sup>
Espesor de Agua	1.2222 m
Perímetro Húmedo	2.1148 m
Radio Hidráulico	0.2941 m
Velocidad	2.0100 m/s
Energía Específica	0.9281 m-Kg/Mg

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 AUTOR:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
 PROG. 0+400.87 AL 0+490

NOTA: -10 ESCALA: INDICADA FECHA: 2010  
 ELABORADO: BACH- JUAN C. GONZALEZ REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 PUNTO N°: PLANO N° 45



NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAO-56.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRUPO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
**PROG. 0+500 AL 0+600**

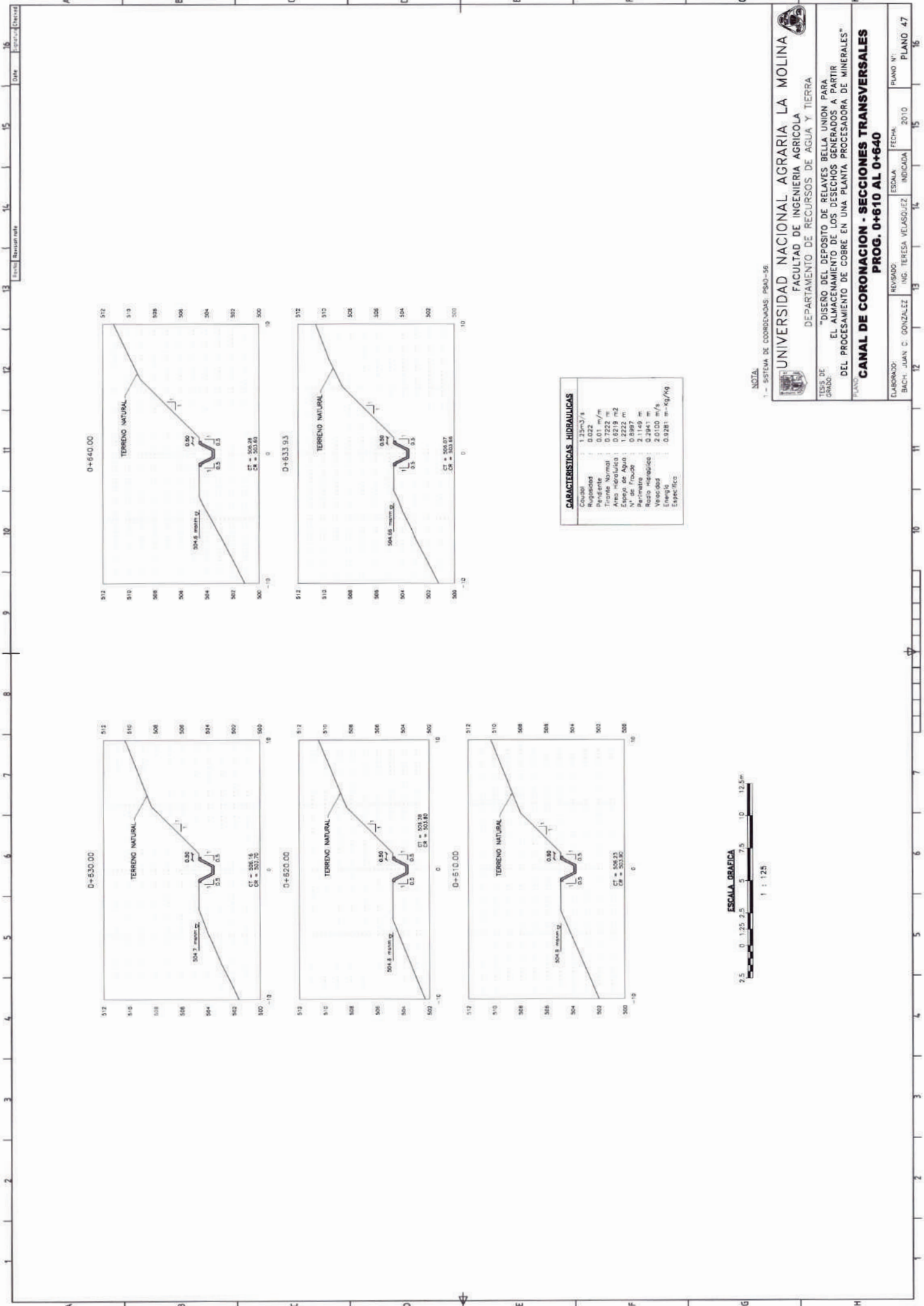
ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ESCALA: PLANO N°:  
 FECHA: 2010 INDICADA 15  
 PLANO 46

**CARACTERISTICAS HIDRAULICAS**

Caudal	1.25m <sup>3</sup> /s
Rugosidad	0.022
Pendiente	D.01 m/m
Tronco Normal	0.7222 m
Area de Flujo	1.7222 m <sup>2</sup>
Velocidad de Flujo	0.8997 m/s
N° de Froude	0.8997
Perimetro	2.1149 m
Radio Hidraulico	0.2841 m
Velocidad	2.0100 m/s
Energia Especifica	0.9281 m-Kg/Kg



LEYENDA:  
 (1) RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO



D=+630.00

D=+640.00

D=+620.00

D=+633.93

D=+610.00

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS	
Canal	1.25x3.5
Rugosidad	0.022
Pendiente	0.0233 m/m
Área hidráulica	0.6218 m <sup>2</sup>
Área hidráulica	0.6218 m <sup>2</sup>
Espejo de Agua	1.2222 m
N° de Trause	0.8997
Perímetro	2.1149 m
Radio hidráulico	0.2937 m
Velocidad	2.0100 m/s
Energía	0.8285 m-cg/sg
Especificidad	



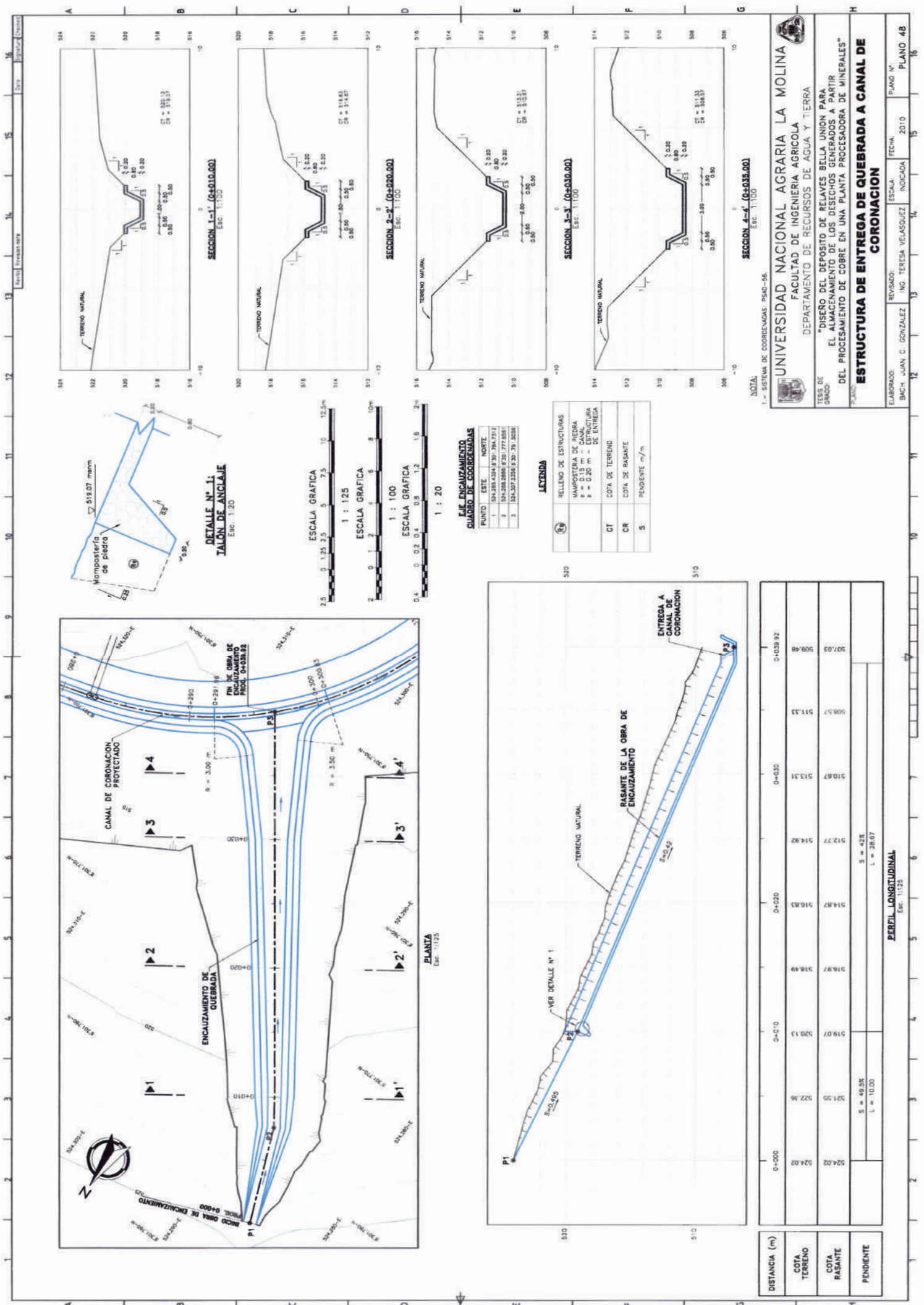
NOTA:  
1.- SISTEMA DE COORDENADAS: PSAO-56

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO:  
**CANAL DE CORONACION - SECCIONES TRANSVERSALES**  
**PROG. 0+610 AL 0+640**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 47



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
 TESIS DE GRADO:  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"  
 AUTOR:  
**ESTRUCTURA DE ENTREGA DE QUEBRADA A CANAL DE CORONACION**  
 ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
 ESCALA: INDICADA  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 48

**EJE ENCAUZAMIENTO CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	ESTE	NORTE
1	150.385.424	430.784.751.3
2	151.303.288	430.777.681
3	151.307.235	430.791.305

**LEYENDA**

(R)	RELLENO DE ESTRUCTURAS
(M)	MAMPONERÍA DE PIEDRA
(P)	P = 0.30 m - PENDIENTE DE ENTREGA
(S)	COTA DE RASANTE
(CR)	COTA DE RASANTE
(S)	PENDIENTE m/m

**PERFIL LONGITUDINAL**  
 Esc. 1:125

DISTANCIA (m)	COTA TERRENO	COTA RASANTE	PENDIENTE
0+000	524.02	524.02	S = 49.5%
0+010	522.36	522.36	L = 10.00
0+020	518.83	518.83	S = 42%
0+030	513.31	513.31	L = 28.07
0+030.92	508.48	508.48	

**PLANTA**  
 Esc. 1:125

**DETALLE N° 1: TALON DE ANCLAJE**  
 Esc. 1:20

**ESCALA GRAFICA**  
 1 : 125

**ESCALA GRAFICA**  
 1 : 100

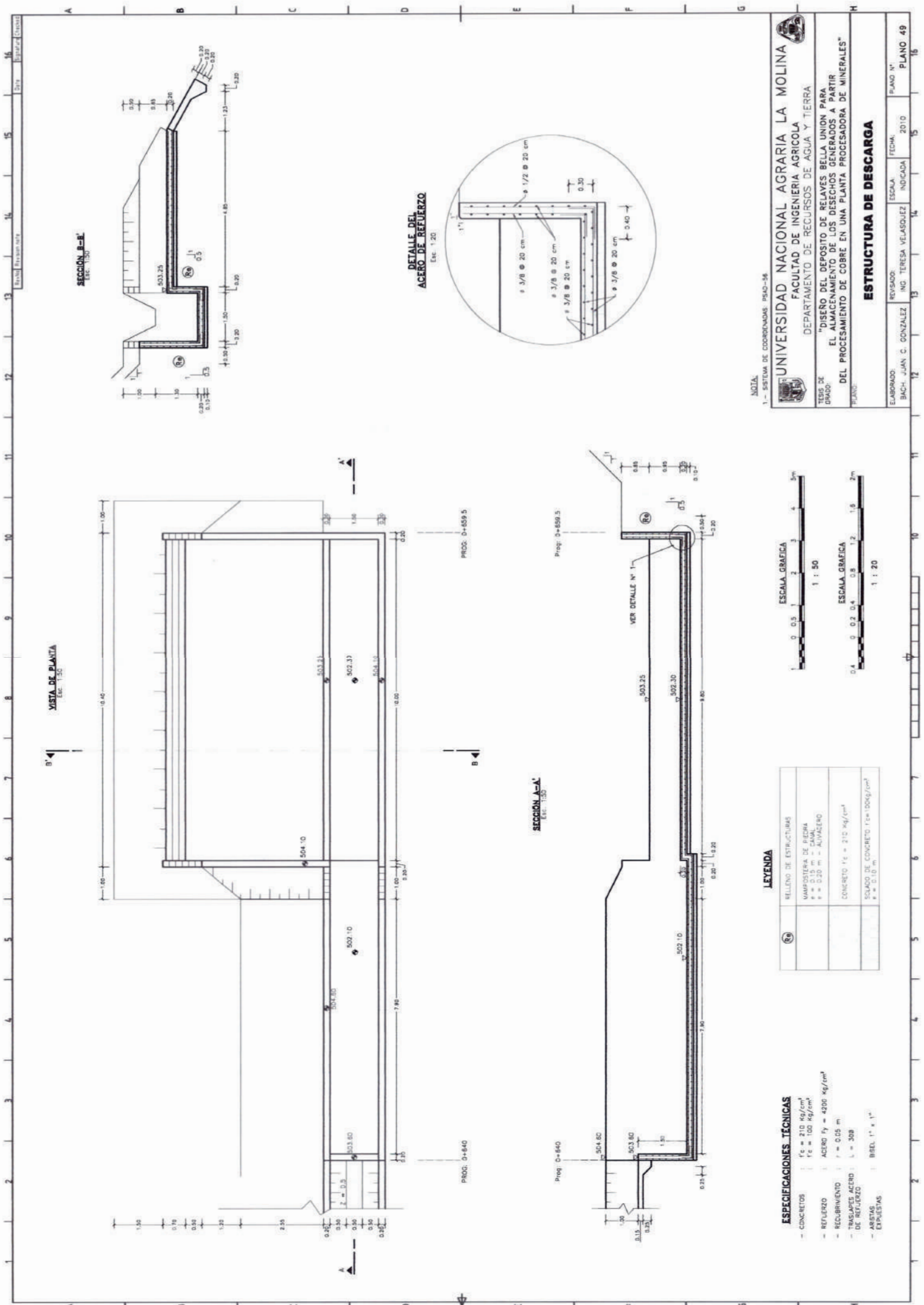
**ESCALA GRAFICA**  
 1 : 20

**SECCION 1-1' (0+010.00)**  
 Esc. 1:100

**SECCION 2-2' (0+020.00)**  
 Esc. 1:100

**SECCION 3-3' (0+030.00)**  
 Esc. 1:100

**SECCION 4-4' (0+035.00)**  
 Esc. 1:100



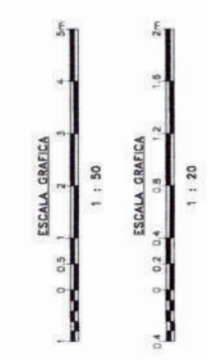
NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS PBAQ-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO:  
**"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"**

PLANO:  
**ESTRUCTURA DE DESCARGA**

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
 REVISADO: ING. TERESA VELAZQUEZ  
 ESCALA INDICADA: 2010  
 FECHA: 2010  
 PLANO N°: PLANO 49

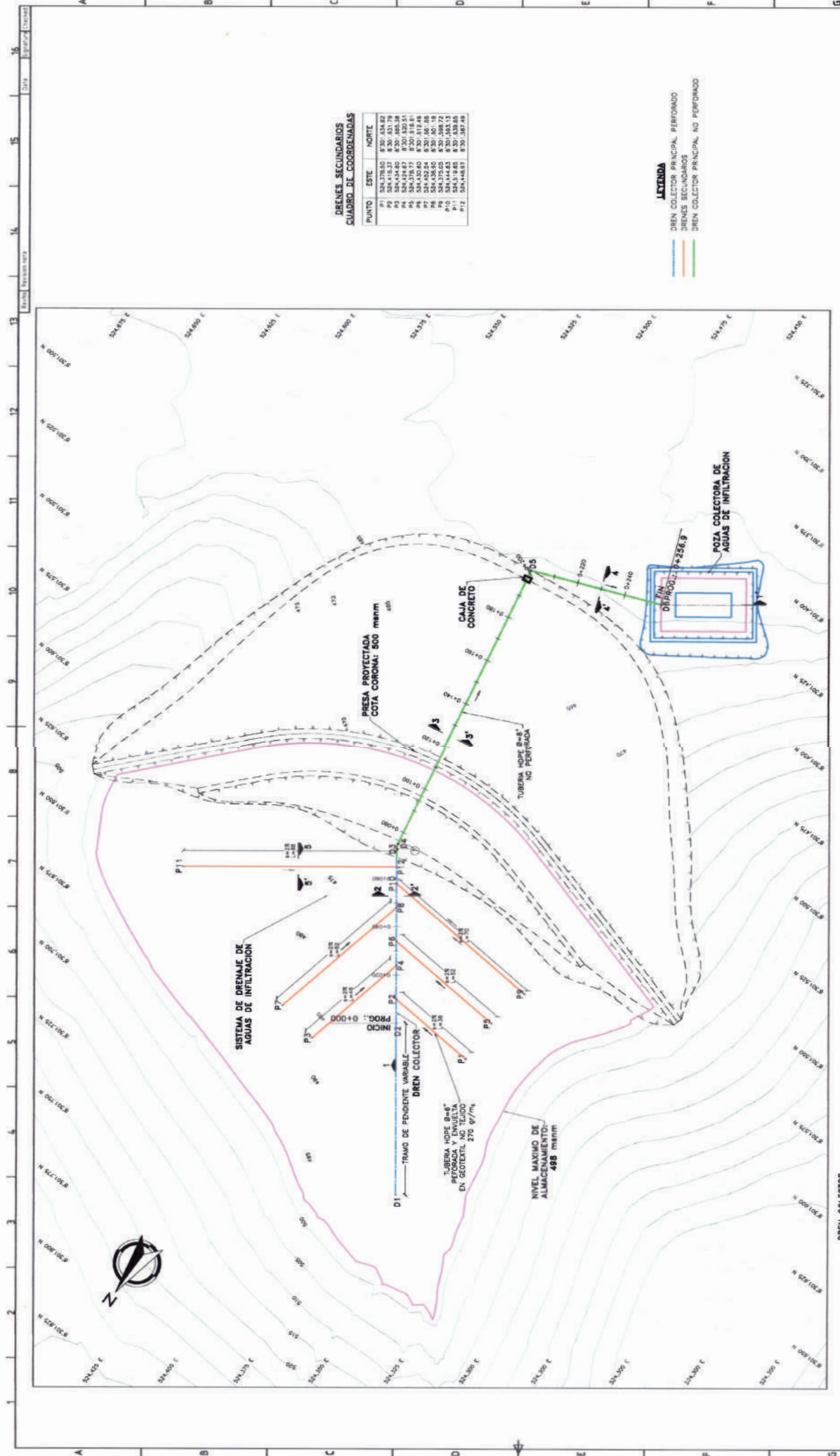


**LEYENDA**

Ⓢ	RELLENO DE ESTRUCTURAS
	MAMPUESTA DE BIEBA
	CAJAL
	ALIVADERO
	CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
	SOLADO DE CONCRETO $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
	$f = 2.0 \text{ m}$

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

- CONCRETOS :  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
- REFUERZO : ACERO  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- RECURRIMIENTO :  $f = 0.05 \text{ m}$
- TRASLAPES ACERO DE REFUERZO :  $L = 30\phi$
- ARISTAS : BIEBA  $1" \times 1"$
- ESPUERTAS



**DRENE SECUNDARIOS  
CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	ESTE	NORTE
P1	524,378.52	8,201,424.82
P2	524,378.52	8,201,424.82
P3	524,344.42	8,201,465.38
P4	524,344.42	8,201,465.38
P5	524,344.42	8,201,465.38
P6	524,344.42	8,201,465.38
P7	524,452.24	8,201,461.95
P8	524,452.24	8,201,461.95
P9	524,452.24	8,201,461.95
P10	524,444.83	8,201,463.13
P11	524,444.83	8,201,463.13
P12	524,444.83	8,201,463.13

**LEYENDA**

- DREN COLECTOR PRINCIPAL PERFORADO
- DRENE SECUNDARIOS
- DREN COLECTOR PRINCIPAL NO PERFORADO

NOTA:  
1 - SISTEMA DE COORDENADAS: PSAD-56

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

**SISTEMA DE DRENAJE PLANTA**

"DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANO N°: PLANO 50

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ	REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ	ESCALA: 20:10	FECHA: 2010
--------------------------------------	------------------------------------	------------------	----------------

**PLANTA**  
Esc. 1:750



**DREN COLECTOR  
CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	X	Y
31	524,288.154	8,201,882.202
32	524,288.154	8,201,882.202
33	524,433.445	8,201,281.474
34	524,433.445	8,201,281.474
35	524,452.188	8,201,424.292
36	524,452.188	8,201,424.292

CURVA	CENTRO ESTE	CENTRO NORTE	PC ESTE	PC NORTE	PI ESTE	PI NORTE	PT ESTE	PT NORTE
1	524,444.83	8,201,378.43	524,433.45	8,201,381.41	524,434.12	8,201,382.48	524,468.33	8,201,379.37

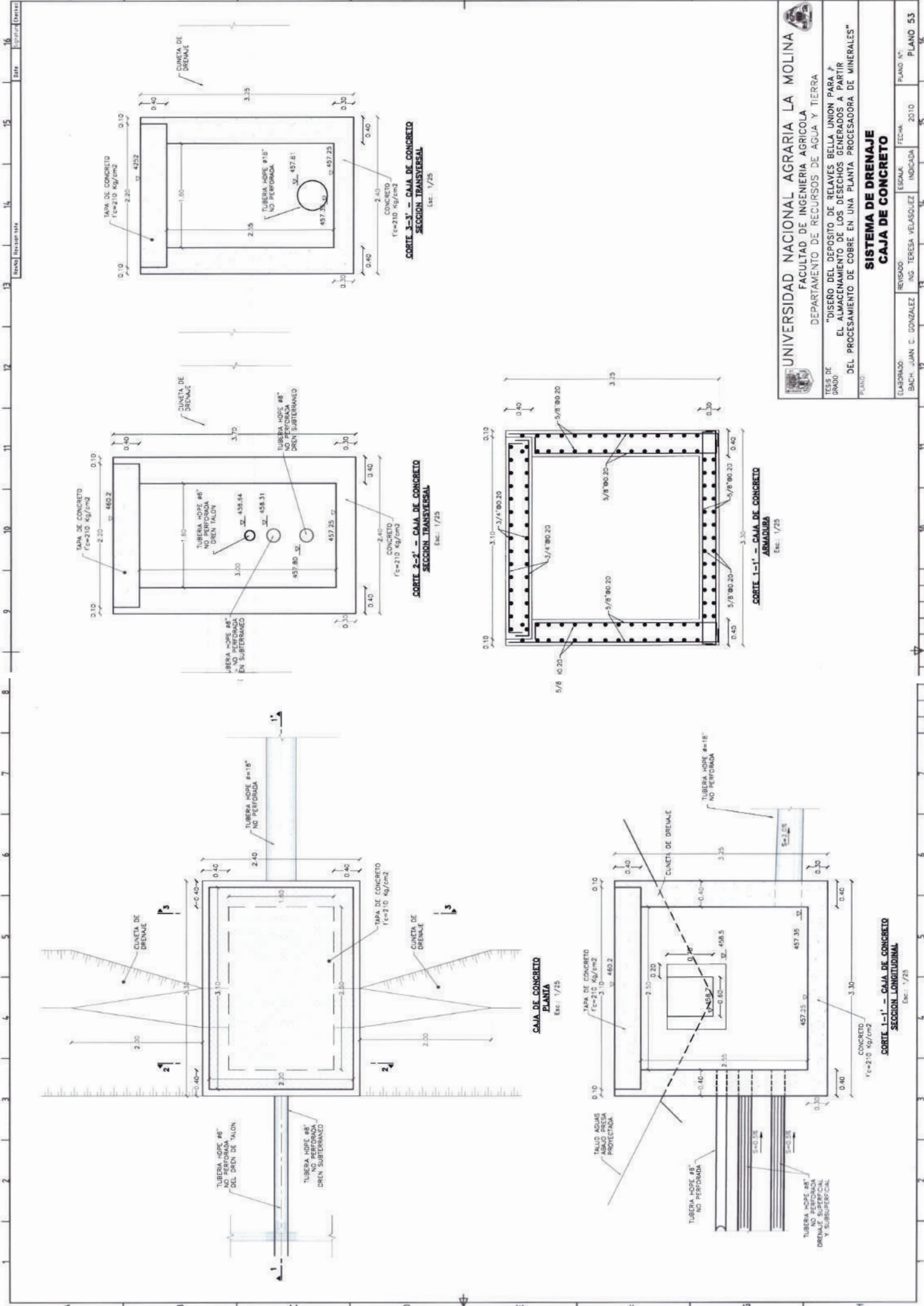
**ELEMENTOS DE CURVA**

CURVA	R	ALFA	DELTA	TANG	PC	PI	PT
1	1.00	104.43°	3.23	1.14	8,201.5	8,201.5	8,201.5









UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA

TESIS DE GRADO  
 "DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANTAS

ELABORADO	REVISADO	ESCALA	FECHA	INDICADA	PLANO N°
BACH. JUAN C. GONZALEZ	ING. TERESA VELASQUEZ		2010		53

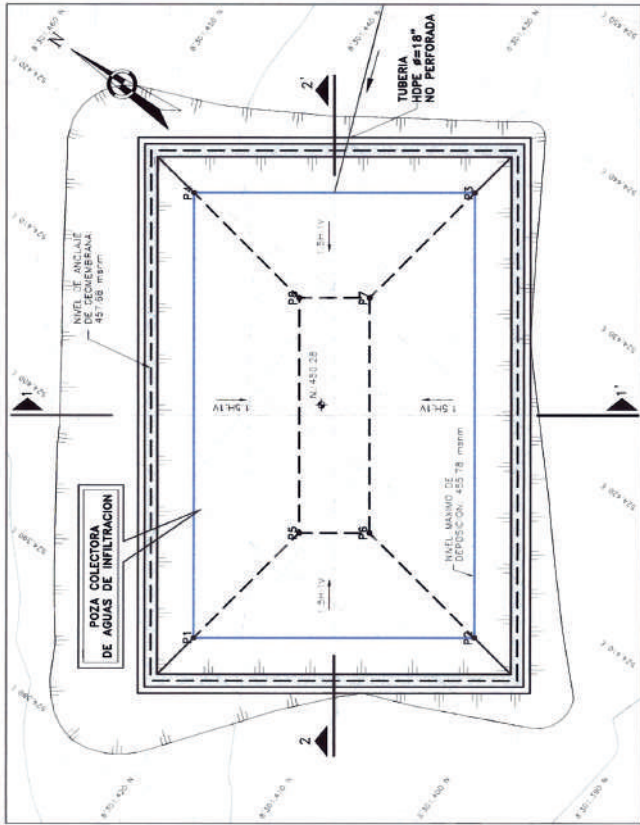
**CORTE 1-1' - CAJA DE CONCRETO SECCION LONGITUDINAL**  
 Esc.: 1/25

**CORTE 2-2' - CAJA DE CONCRETO SECCION TRANSVERSAL**  
 Esc.: 1/25

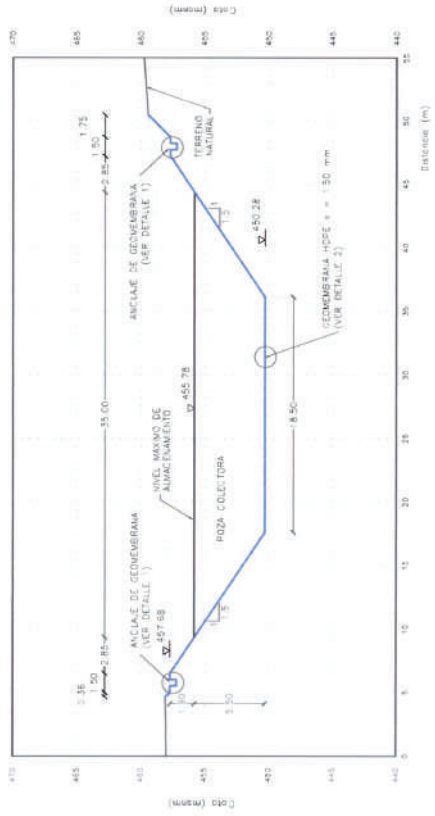
**CORTE 3-3' - CAJA DE CONCRETO SECCION TRANSVERSAL**  
 Esc.: 1/25

**CAJA DE CONCRETO PLANA**  
 Esc.: 1/25

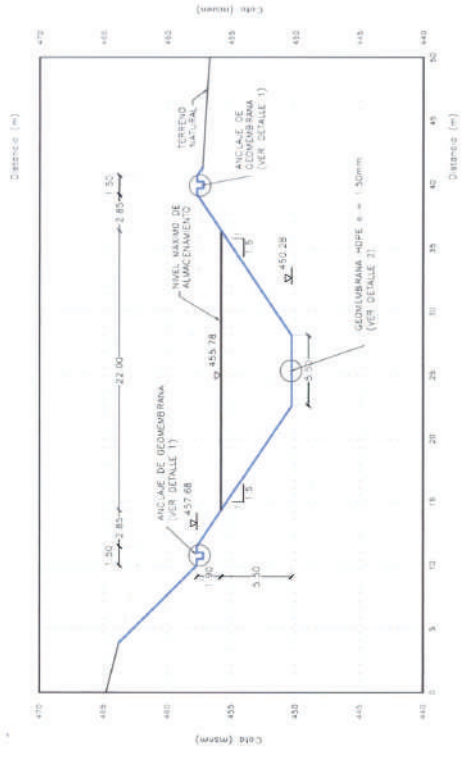
**CORTE 1-1' - CAJA DE CONCRETO SECCION LONGITUDINAL**  
 Esc.: 1/25



**PLANTA**  
Escala: 1:200



**SECCION I-I'**  
Escala: 1:200



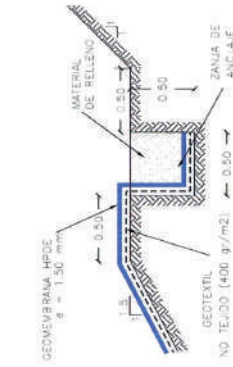
**SECCION II-II'**  
Escala: 1:200

**CARACTERISTICAS DE LA POZA COLECTORA DE AGUAS DE INFILTRACION**

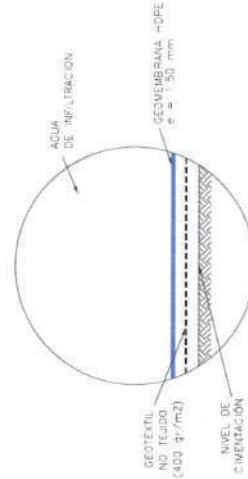
NIVEL DE CORDENA	457.7 (m)
PROFUNDIDAD MAXIMA DE POZA	7.4 m
NIVEL MAXIMO DE ALMACENAMIENTO	457.68 m
BORDO LIBRE	1.9 m
TALUD INTERIOR DEL DEPÓSITO	1:30
LARGO INTERIOR DEL DEPÓSITO	42.7 m
LARGO SUPERIOR DEL DEPÓSITO	42.7 m
ANCHO SUPERIOR DEL DEPÓSITO	27.7 m
CAPACIDAD ÚTIL DE LA POZA	2.387 m <sup>3</sup>

**FOZA COLECTORA CUADRO DE COORDENADAS**

PUNTO	ESTE	NORTE
P1	524.387.4	8.301.428.6
P2	524.424.1	8.301.424.6
P3	524.432.6	8.301.425.4
P4	524.419.7	8.301.443.2
P5	524.422.9	8.301.420.8
P6	524.422.2	8.301.420.2
P7	524.422.2	8.301.427.2
P8	524.417.2	8.301.441.7



**DETALLE I: ANCLAJE DE GEOMBRAMA**  
Escala: 1:20



**DETALLE II: CIMENTACION Y PROTECCION DE LA GEOMBRAMA**  
Escala: 1:20

NOTA

1.- ESTIMAR COORDENADAS 9900-96

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA  
"INSENO DEL DEPOSITO DE BELAVES BELLA UNION PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS GENERADOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN UNA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES"

PLANTA

ELABORADO: BACH. JUAN C. GONZALEZ  
REVISADO: ING. TERESA VELASQUEZ  
Escala: 1:200  
INDICADA: 2010  
Escala: 1:200  
PLANO N°: PLANO 54



**ANEXO 14**  
**PRESUPUESTO**

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS SISTEMA DE DRENAJE**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD				
<b>2.1</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS SUPERIOR</b>						
2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE D=6" INC. GEOTEXTIL	m	356.00				
2.1.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE D=8" INC. GEOTEXTIL	m	210.43				
2.1.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D=8"	m	128.88				
2.1.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 18"	m	58.53				
2.1.5	CAJA DE CONCRETO	und	1.00				
<b>2.2</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS INFERIOR</b>						
2.2.1	EXCAVACION PARA EL SISTEMA DE DRENAJE	m3	1,161.07				
2.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	1,335.23				
2.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	1,335.23				
2.2.4	CAMA DE ARENA	m3	100.06				
2.2.5	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (270 gr/m2)	m2	3,737.15				
2.2.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INC. GEOTEXTIL	m	356.00				
2.2.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INC. GEOTEXTIL	m	210.43				
2.2.8	RELLENO COMPACTADO CON GRAVA ARENOSA	m3	1,061.01				
2.2.9	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8"	m	128.88				
2.2.10	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	232.75				
<b>2.3</b>	<b>POZA COLECTORA DE AGUAS DE INFILTRACION</b>						
2.3.1	EXCAVACION PARA POZA	m3	6,388.67				
2.3.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	7,346.97				
2.3.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	7,346.97				
2.3.4	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	121.88				
2.3.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	36.20				
2.3.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (270 gr/m2)	m2	1,547.61				
2.3.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e = 1.5 mm.	m2	1,547.61				
2.3.8	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	36.20				
<b>2.1</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS SUPERIOR</b>						
2.1.1	<u>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE D = 6" INC. GEOTEXTIL</u>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Longitud (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Drenes Sec.</td> <td>356.00</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Longitud (m)	Drenes Sec.	356.00		
Descripcion	Longitud (m)						
Drenes Sec.	356.00						
	LONGITUD		<b>356.0 m</b>				
2.1.2	<u>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE D = 8" INC. GEOTEXTIL</u>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Longitud (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dren Princ.</td> <td>210.43</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Longitud (m)	Dren Princ.	210.43		
Descripcion	Longitud (m)						
Dren Princ.	210.43						
	LONGITUD		<b>210.4 m</b>				
2.1.3	<u>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D=8"</u>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Longitud (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tuberia1</td> <td>128.88</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Longitud (m)	Tuberia1	128.88		
Descripcion	Longitud (m)						
Tuberia1	128.88						
	LONGITUD		<b>128.9 m</b>				
2.1.4	<u>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 18"</u>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Longitud (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tuberia2</td> <td>58.53</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Longitud (m)	Tuberia2	58.53		
Descripcion	Longitud (m)						
Tuberia2	58.53						
	LONGITUD		<b>058.5 m</b>				

## 2.2 SISTEMA DE TUBERIAS INFERIOR

### 2.2.1 EXCAVACION PARA EL SISTEMA DE DRENAJE

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Drenes Sec.	356.00	1.20	1.00	427.20
Dren Colec. 2-2	210.43	1.20	1.00	252.52
Dren Colec. 3-3	128.88	1.20	1.50	231.98
Dren Colec. 4-4	127.88	1.30	1.50	249.37

VOLUMEN DE EXCAVACION **1,161.1 m3**

### 2.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

### 2.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	1,161.07

VOLUMEN **1,335.2 m3**

### 2.2.4 CAMA DE ARENA

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Drenes Sec. 5-5	356.00	1.20	0.10	42.72
Dren Colec. 2-2	210.43	1.20	0.10	25.25
Dren Colec. 3-3	128.88	1.20	0.10	15.47
Dren Colec. 4-4	127.88	1.30	0.10	16.62

VOLUMEN DE ARENA **100.1 m3**

### 2.2.5 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (270 gr/m2)

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Area (m2)
Drenes Sec. 5-5	356.00	2.40	2.00	1,566.40
Dren Colec. 2-2	210.43	2.40	2.00	925.91
Dren Colec. 3-3	128.88	2.40	2.00	567.05
Dren Colec. 4-4	127.88	2.50	2.80	677.79

AREA DE GEOTEXTIL **3,737.1 m2**

### 2.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INCLUIDO GEOTEXTIL

Descripcion	Longitud (m)
Drenes Sec.	356.00

LONGITUD **356.0 m**

### 2.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INCLUIDO GEOTEXTIL

Descripcion	Longitud (m)
Drenes Sec.	210.43

LONGITUD **210.4 m**

### 2.2.8 RELLENO COMPACTADO CON GRAVA ARENOSA

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Drenes Sec. 5-5	356.00	1.20	0.90	384.48
Dren Colec. 2-2	210.43	1.20	0.90	227.27
Dren Colec. 3-3	128.88	1.20	1.40	216.51
Dren Colec. 4-4	127.88	1.30	1.40	232.75

VOLUMEN DE RELLENO **1,061.0 m3**

### 2.2.9 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8"

Descripcion	Longitud (m)
Drenes Sec.	128.88

LONGITUD **128.9 m**

2.2.10 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Dren Colect. 4-4	127.88	1.30	1.40	232.75

VOLUMEN DE RELLENO **232.7 m3**

2.3 POZA COLECTORA DE AGUAS DE INFILTRACION

2.3.1 EXCAVACION PARA POZA

Descripcion	Vol. (m3)
Excavacion	6,388.67

VOLUMEN DE EXCAVACION **6,388.7 m3**

2.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

2.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	7,346.97

VOLUMEN **7,347.0 m3**

2.3.4 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO (POZA)

Descripcion	Vol (m3)
Relleno	121.88

VOLUMEN DE RELLENO **121.9 m3**

2.3.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE

Descripcion	Longitud (m)	Area (m2)	Vol (m3)
Excavacion	144.80	0.25	36.20

VOLUMEN DE EXCAVACION **036.2 m3**

2.3.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (270 gr/m2)

2.3.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e = 1.5 mm.

Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Fondo	18.50	5.50	-	101.75
Paño1	40.70	18.50	13.34	394.88
Paño2	27.70	5.50	13.34	221.45
Paño3	40.70	18.50	13.34	394.88
Paño4	27.70	5.50	13.34	221.45
Anclaje 1	140.80	0.50	-	70.40
Anclaje 2	140.80	0.50	-	70.40
Anclaje 3	144.80	0.50	-	72.40

AREA **1,547.6 m3**

2.3.8 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Descripcion	Longitud (m)	Area (m2)	Vol (m3)
Relleno	144.80	0.25	36.20

VOLUMEN DE RELLENO **036.2 m3**

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>3.1</b>	<b>VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA</b>		
3.1.1	EXCAVACION BANQUETAS	m3	29,249.76
3.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	33,637.22
3.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	33,637.22
3.1.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	14,187.63
3.1.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	127.77
3.1.6	RELLENO CON ARENA COMPACTADA PARA PROTECCION DE GEOMEMBRANA	m3	1,123.12
3.1.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)	m2	17,974.54
3.1.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm	m2	17,974.54
3.1.9	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	127.77

**3.1 VASO DE ALMACENAMIENTO PRIMERA ETAPA**

3.1.1 EXCAVACION BANQUETAS

Descripción	Vol. (m3)
Excavacion	29,249.76

VOLUMEN DE EXCAVACION **29,249.8 m3**

3.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

3.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripción	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	29,249.76

VOLUMEN **33,637.2 m3**

3.1.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION

Descripción	Area (m2)
Perfilado	14,187.63

AREA **14,187.6 m2**

3.1.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE

Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
511.1	0.25	127.77

VOLUMEN **127.8 m3**

3.1.6 RELLENO CON ARENA COMPACTADA PARA PROTECCION DE GEOMEMBRANA

Area (m2)	Altura (m)	Volumen (m3)
3743.7	0.30	1123.12

VOLUMEN **1,123.1 m3**



3.1.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)

3.1.8 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm

VASO

Ubicación	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)
Vaso	-	-	12996.93
Zanja	507.6	1.50	761.38
Zanja	511.1	1.50	766.60

AREA **14,524.9 m2**

PRESA

Progresiva	Longitud (m)	Long Transv (m)	Area (m2)
0+000		2.83	
0+020	20.0	11.31	141.40
0+040	20.0	17.68	289.90
0+060	20.0	22.63	403.10
0+080	20.0	25.45	480.80
0+100	20.0	24.75	502.00
0+120	20.0	23.33	480.80
0+140	20.0	19.80	431.30
0+160	20.0	12.73	325.30
0+180	20.0	4.95	176.80
0+188	7.7	2.12	27.22
Anclaje	-	-	191.00

AREA **3,449.6 m2**

AREA TOTAL **17,974.5 m2**

3.1.9 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
511.1	0.25	127.77

VOLUMEN **127.8 m3**

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS VASO DE ALMACENAMIENTO ETAPA FINAL**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>3.2</b>	<b>VASO DE ALMACENAMIENTO ETAPA FINAL</b>		
3.2.1	EXCAVACION BANQUETAS	m3	20,760.26
3.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	23,874.30
3.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	23,874.30
3.2.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	19,039.77
3.2.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	315.39
3.2.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)	m2	23,588.07
3.2.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm	m2	23,588.07
3.2.8	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	315.39

**3.2 VASO DE ALMACENAMIENTO ETAPA FINAL**

**3.2.1 EXCAVACION BANQUETAS**

Descripcion	Vol. (m3)
Excavacion	20,760.26

VOLUMEN DE EXCAVACION **20,760.3 m3**

**3.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.**

**3.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	20,760.26

VOLUMEN **23,874.3 m3**

**3.2.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION**

Descripcion	Area (m2)
Perfilado	19,039.77

AREA **19,039.8 m2**

**3.2.5 EXCAVACION DE ZANJAS DE ANCLAJE**

Ubicación	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
Zanja1	511.1	0.25	127.77
Zanja2	750.5	0.25	187.62

VOLUMEN DE EXCAVACION **315.4 m3**

**3.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)**

**3.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm**

**VASO**

Ubicación	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)
Vaso	-	-	16678.37
Zanja1	511.1	0.50	255.53
Zanja1	511.1	0.50	255.53
Zanja2	747.0	0.50	373.48
Zanja2	750.5	0.50	375.24

AREA **17,938.2 m2**

## PRESA

Progresiva	Longitud (m)	Long. Transv. (m)	Area (m2)
0+000		2.83	
0+020	20.0	12.02	148.50
0+040	20.0	19.80	318.20
0+060	20.0	19.80	396.00
0+080	20.0	19.80	396.00
0+100	20.0	19.80	396.00
0+120	20.0	19.80	396.00
0+140	20.0	19.80	396.00
0+160	20.0	19.80	396.00
0+180	20.0	19.80	396.00
0+200	20.0	19.80	396.00
0+220	20.0	19.80	396.00
0+240	20.0	19.80	396.00
0+260	20.0	14.33	341.30
0+280	20.0	4.48	188.10
0+283	2.7	2.83	9.87
Anclaje 1	-	-	392.01
Anclaje 2	-	-	291.94

AREA **5,649.9 m2**

AREA TOTAL **23,588.1 m2**

3.2.8 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Ubicación	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
Zanja1	511.1	0.25	127.77
Zanja2	750.5	0.25	187.62

VOLUMEN DE RELLENO **315.4 m3**

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS PRESA DE ARRANQUE**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>4.1</b>	<b>PRESA DE ARRANQUE</b>		
4.1.1	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA DE ARRANQUE, EN SUELO	m3	37,181.82
4.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	42,759.10
4.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	42,759.10
4.1.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	46,250.86
4.1.5	CONFORMACION DE PRESA DE ARRANQUE, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)	m3	77,782.52
4.1.6	CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA	m3	1,329.99
4.1.7	CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE	m3	4,721.29

**4.1 PRESA DE ARRANQUE**

**4.1.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION DE PRESA DE ARRANQUE EN SUELO**

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		20.65	
0+020	20.0	70.97	916.15
0+040	20.0	162.64	2336.11
0+060	20.0	281.40	4440.44
0+080	20.0	336.98	6183.80
0+100	20.0	310.32	6472.93
0+120	20.0	250.82	5611.33
0+140	20.0	216.05	4668.69
0+160	20.0	150.95	3670.06
0+180	20.0	89.38	2403.35
0+188	7.7	35.03	478.98

VOLUMEN DE EXCAVACION EN SUELO 37,181.82 m3

**4.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.**

**4.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	37,181.82

VOLUMEN 42,759.10 m3

**4.1.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION**

Progresiva	Longitud (m)	Long Transv (m)	Area (m2)
0+000		16.92	
0+020	20.0	38.48	554.05
0+040	20.0	57.43	959.13
0+060	20.0	81.38	1388.16
0+080	20.0	88.83	1702.18
0+100	20.0	86.79	1756.26
0+120	20.0	77.88	1646.77
0+140	20.0	65.53	1434.17
0+160	20.0	51.30	1168.31
0+180	20.0	36.90	881.97
0+188	7.7	21.01	222.94

AREA A PERFILAR 46,250.86 m2

4.1.5 CONFORMACION DE PRESA DE ARRANQUE, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		11.00	
0+020	20.0	108.50	1194.98
0+040	20.0	339.38	4478.75
0+060	20.0	623.97	9633.44
0+080	20.0	749.59	13735.54
0+100	20.0	757.02	15066.06
0+120	20.0	615.52	13725.42
0+140	20.0	415.00	10305.23
0+160	20.0	229.69	6446.94
0+180	20.0	60.38	2900.67
0+188	7.7	16.38	295.49

VOLUMEN TOTAL **77,782.52 m3**

4.1.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000	0.0	0.000	
0+020	20.0	0.000	0.00
0+040	20.0	3.500	35.00
0+060	20.0	12.500	160.00
0+080	20.0	14.500	270.00
0+100	20.0	15.000	295.00
0+120	20.0	12.500	275.00
0+140	20.0	8.500	210.00
0+160	20.0	0.000	85.00
0+180	20.0	0.000	0.00
0+188	7.7	0.000	0.00

VOLUMEN TOTAL **1,329.99 m3**

4.1.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE

GRAVA HASTA 2"

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.000	
0+020	20.0	0.000	0.00
0+040	20.0	4.500	45.00
0+060	20.0	15.177	196.77
0+080	20.0	17.177	323.54
0+100	20.0	17.118	342.95
0+120	20.0	14.618	317.36
0+140	20.0	9.500	241.18
0+160	20.0	0.000	95.00
0+180	20.0	0.000	0.00
0+188	7.7	0.000	0.00

VOLUMEN **1,561.79 m3**

ARENA GRAVOSA

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+020	20.0	0.00	0.00
0+040	20.0	9.00	90.00
0+060	20.0	30.35	393.54
0+080	20.0	34.35	647.08
0+100	20.0	34.24	685.90
0+120	20.0	29.24	634.72
0+140	20.0	19.00	482.35
0+160	20.0	1.80	207.95
0+180	20.0	0.00	17.96
0+188	7.7	0.00	0.00
VOLUMEN			<b>3,159.50 m3</b>
TOTAL DEL BLANKET			<b>4,721.29 m3</b>

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS PRESA FINAL**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>4.2</b>	<b>PRESA FINAL</b>		
4.2.1	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA FINAL, EN SUELO	m3	81,104.80
4.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	93,270.52
4.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	93,270.52
4.2.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	25,389.13
4.2.5	CONFORMACION DE LA PRESA FINAL, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA )	m3	302,496.66
4.2.6	CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA	m3	5,694.30
4.2.7	CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE	m3	20,483.17
4.2.8	CONFORMACION DEL DREN TALON	m	408.92

**4.2 PRESA FINAL**

4.2.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION DE PRESA FINAL EN SUELO

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		32.13	
0+020	20.0	42.14	742.64
0+040	20.0	142.85	1849.90
0+060	20.0	213.63	3564.80
0+080	20.0	285.06	4986.84
0+100	20.0	476.21	7612.69
0+120	20.0	450.60	9268.17
0+140	20.0	515.50	9661.06
0+160	20.0	482.18	9976.77
0+180	20.0	503.09	9852.66
0+200	20.0	319.37	8224.57
0+220	20.0	271.09	5904.50
0+240	20.0	187.99	4590.71
0+260	20.0	113.37	3013.59
0+280	20.0	59.61	1729.78
0+283	2.7	33.82	126.12

VOLUMEN DE EXCAVACION **81,104.8 m3**

4.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

4.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	81,104.80

VOLUMEN **93,270.52 m3**

4.2.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION

Progresiva	Longitud (m)	Long. Transv. (m)	Area (m2)
0+000		19.00	
0+020	20.0	37.90	569.07
0+040	20.0	58.01	959.13
0+060	20.0	77.20	1352.06
0+080	20.0	95.93	1731.27
0+100	20.0	123.80	2197.34
0+120	20.0	139.56	2633.64
0+140	20.0	135.82	2753.82
0+160	20.0	133.89	2697.14
0+180	20.0	128.24	2621.36
0+200	20.0	103.40	2316.41
0+220	20.0	87.30	1907.01
0+240	20.0	71.86	1591.58
0+260	20.0	48.94	1207.96
0+280	20.0	29.52	784.60
0+283	2.7	19.92	66.74

AREA A PERFILAR Y COMPACTAR

**25,389.1 m2**

4.2.5 CONFORMACION DE LA PRESA FINAL, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA )

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		10.75	
0+020	20.0	94.48	1052.27
0+040	20.0	283.37	3778.42
0+060	20.0	624.12	9074.84
0+080	20.0	1160.38	17844.94
0+100	20.0	1877.97	30383.44
0+120	20.0	2169.08	40470.52
0+140	20.0	2152.31	43213.96
0+160	20.0	2154.31	43066.25
0+180	20.0	1868.17	40224.80
0+200	20.0	1256.75	31249.19
0+220	20.0	841.54	20982.94
0+240	20.0	444.04	12855.86
0+260	20.0	179.67	6237.09
0+280	20.0	22.03	2016.90
0+283	2.7	11.48	45.23

VOLUMEN DE GRAVA LIMOSA

**302,496.7 m3**



4.2.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+020	20.0	3.00	30.02
0+040	20.0	8.00	110.02
0+060	20.0	14.40	224.00
0+080	20.0	23.50	378.99
0+100	20.0	32.50	559.99
0+120	20.0	34.50	670.00
0+140	20.0	35.00	695.00
0+160	20.0	35.00	700.00
0+180	20.0	32.50	675.00
0+200	20.0	26.59	590.90
0+220	20.0	19.59	461.80
0+240	20.0	13.09	326.80
0+260	20.0	6.63	197.20
0+280	20.0	0.67	73.00
0+283	2.7	0.50	1.58

VOLUMEN DREN CHIMENEA

**5,694.3 m3**

4.2.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE

GRAVA HASTA 2"

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		1.50	
0+020	20.0	6.00	75.00
0+040	20.0	11.00	170.00
0+060	20.0	17.40	284.00
0+080	20.0	26.50	439.00
0+100	20.0	37.18	636.77
0+120	20.0	41.97	791.49
0+140	20.0	41.35	833.26
0+160	20.0	41.35	827.08
0+180	20.0	37.74	790.90
0+200	20.0	29.59	673.26
0+220	20.0	22.59	521.80
0+240	20.0	16.09	386.80
0+260	20.0	9.63	257.20
0+280	20.0	3.67	133.00
0+283	2.7	2.50	8.33

VOLUMEN

**6,827.9 m3**

ARENA GRAVOSA

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		3.00	
0+020	20.0	12.00	150.00
0+040	20.0	22.00	340.00
0+060	20.0	34.80	568.00
0+080	20.0	52.97	877.74
0+100	20.0	74.35	1273.28
0+120	20.0	83.94	1582.98
0+140	20.0	82.71	1666.53
0+160	20.0	82.71	1654.16
0+180	20.0	75.47	1581.80
0+200	20.0	59.18	1346.52
0+220	20.0	45.18	1043.60
0+240	20.0	32.18	773.60
0+260	20.0	19.26	514.40
0+280	20.0	7.34	266.00
0+283	2.7	5.00	16.66
VOLUMEN			13,655.3 m3
TOTAL DE BLANKET			20,483.2 m3
4.2.8 <u>CONFORMACION DEL DREN TALON</u>			408.9 m

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS ESTRUCTURA DE DESCARGA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>5.1</b>	<b>ESTRUCTURA DE DESCARGA</b>		
5.1.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	368.60
5.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	423.89
5.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	423.89
5.1.4	RELLENO DE ESTRUCTURAS	m3	5.54
5.1.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	29.31
5.1.6	CONCRETO PARA SOLADO F'C = 100 KG/M2	m3	8.73
5.1.7	ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 KG/M2	Kg	2,307.53
5.1.8	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	137.65
5.1.9	CONCRETO F'C = 210 KG/M3	m3	34.05

**5.1 ESTRUCTURA DE DESCARGA**

5.1.1 EXCAVACION EN SUELO

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+640.0		27.29	
0+645.0	5.0	37.74	162.6
0+650.0	5.0	44.67	206.0

VOLUMEN DE EXCAVACION **368.6 m3**

5.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

5.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	368.60

VOLUMEN **423.89 m3**

5.1.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS

Ubicación	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
RE 1 (A-A')	6.9	1.71	11.80
RE 2 (B-B')	15.0	2.52	37.80
RE 3 (B-B')	15.0	0.75	11.25
RE 4 (C-C')	6.9	0.56	3.86

VOLUMEN DE RELLENO **005.5 m3**

5.1.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+010	10.0	0.85	4.24
0+020	10.0	0.95	8.97
0+030	10.0	1.05	9.97
0+035	5.0	1.25	5.74
TALON	1.2	0.32	0.39

VOLUMEN DE MAMPOSTERIA **029.3 m3**

5.1.6 CONCRETO PARA SOLADO  $f_c=100$  Kg/cm<sup>2</sup>

Descripcion	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Elem	Volumen (m3)
LOSA POZA	19.5	1.9	0.1	1.00	3.71
LOSA VERT. 1	10.4	4.83	0.1	1.00	5.02

VOLUMEN DE SOLADO

**008.7 m3**

5.1.8 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Poza Disipadora

Descripcion	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Elem	Area (m2)
MURO 1	8.1	-	2.5	2.00	40.50
MURO 2	-	-	0.2	2.00	2.65
MURO 3	10.2	-	0.95	2.00	19.38
MURO 4	1.5	-	1.8	2.00	5.40
MURO 5	10.2	-	1.8	2.00	3.50
MURO 6	-	-	0.2	2.00	2.65
MURO 7	8.1	-	2.5	2.00	40.50
MURO 8	1.5	-	1.5	2.00	4.50
LOSA 1	9.5	-	0.2	2.00	3.80
LOSA 2	10	-	0.2	2.00	4.00
					<b>126.88</b>

Vertedero

Descripcion	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Elem	Area (m2)
MURO 1	3.75	-	0.5	4.00	7.50
MURO 2	-	-	-	4.00	1.31
LOSA	4.9	-	0.2	2.00	1.96
					<b>10.77</b>

AREA DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

**137.6 m2**

5.1.9 CONCRETO  $f_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>

Poza Disipadora

Descripcion	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Elem	Volumen (m3)
MURO 1	8.1	0.2	2.5	1.00	4.05
MURO 2	Area	2.65	0.2	1.00	0.53
MURO 3	10.2	0.2	0.95	1.00	1.94
MURO 4	1.5	0.2	1.8	1.00	0.54
MURO 5	10.2	0.2	1.8	1.00	3.67
MURO 6	Area	2.65	0.2	1.00	0.53
MURO 7	8.1	0.2	2.5	1.00	4.05
MURO 8	1.5	0.2	1.5	1.00	0.45
LOSA 1	9.5	1.9	0.2	1.00	3.61
LOSA 2	10	1.9	0.2	1.00	3.80
					<b>023.2 m3</b>

Vertedero

Descripcion	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Elem	Volumen (m3)
MURO 1	3.75	0.2	0.5	2.00	0.75
MURO 2	Area	0.3266	0.2	2.00	0.13
LOSA	4.9	10.2	0.2	1.00	10.00
					<b>10.88</b>

VOLUMEN DE CONCRETO

**034.0 m3**

5.1.7 ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM<sup>2</sup>

DESCRIPCION	Acero Horizontal						Acero Vertical											
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Espaciamiento	Longitud	Cantidad	Diámetro	Peso (Kg/m)	Longitud Final	Peso Final	Espaciamiento	Longitud	Cantidad	Diámetro	Peso (Kg/m)	Longitud Final	Peso Final	
MURO 1	8.1	0.2	2.5	0.20	8.10	12.50	3/8	0.56	105.30	58.97	0.20	2.50	40.50	3/8	0.56	102.50	57.40	
	Externo	8.1	0.2	0.20	8.10	12.50	3/8	0.56	105.30	58.97	0.20	2.50	40.50	1/2	0.99	102.50	101.89	
MURO 2	1.2	0.2	2.5	0.20	1.20	12.50	3/8	0.56	15.60	8.74	0.20	2.50	6.00	3/8	0.56	15.00	8.40	
	Externo	1.2	0.2	0.20	1.20	12.50	3/8	0.56	15.60	8.74	0.20	2.50	6.00	1/2	0.99	15.00	14.91	
MURO 3	10.2	0.2	0.95	0.20	10.20	4.75	3/8	0.56	51.00	28.56	0.20	0.95	51.00	3/8	0.56	48.45	27.13	
	Externo	10.2	0.2	0.95	10.20	4.75	3/8	0.56	51.00	28.56	0.20	0.95	51.00	1/2	0.99	48.45	48.16	
MURO 4	1.5	0.2	1.8	0.20	1.50	9.00	3/8	0.56	13.50	7.56	0.20	1.80	7.50	3/8	0.56	14.40	8.06	
	Externo	1.5	0.2	1.8	1.50	9.00	3/8	0.56	13.50	7.56	0.20	1.80	7.50	1/2	0.99	14.40	14.31	
MURO 5	10.2	0.2	1.8	0.20	10.20	9.00	3/8	0.56	91.80	51.41	0.20	1.80	51.00	3/8	0.56	91.80	51.41	
	Externo	10.2	0.2	1.8	10.20	9.00	3/8	0.56	91.80	51.41	0.20	1.80	51.00	1/2	0.99	91.80	91.25	
MURO 6	1.2	0.2	2.5	0.20	1.20	12.50	3/8	0.56	15.60	8.74	0.20	2.50	6.00	3/8	0.56	15.00	8.40	
	Externo	1.2	0.2	2.5	1.20	12.50	3/8	0.56	15.60	8.74	0.20	2.50	6.00	1/2	0.99	15.00	14.91	
MURO 7	8.1	0.2	2.5	0.20	8.10	12.50	3/8	0.56	105.30	58.97	0.20	2.50	40.50	5/8	1.43	102.50	146.37	
	Externo	8.1	0.2	2.5	8.10	12.50	3/8	0.56	105.30	58.97	0.20	2.50	40.50	3/4	1.86	102.50	150.86	
MURO 8	1.5	0.2	1.5	0.20	1.50	7.50	3/8	0.56	12.00	6.72	0.20	1.50	7.50	3/8	0.56	12.00	6.72	
	Externo	1.5	0.2	1.5	1.50	7.50	3/8	0.56	12.00	6.72	0.20	1.50	7.50	1/2	0.99	12.00	11.93	
LOSA	19.5	1.9	0.2	0.20	19.50	9.50	3/8	0.56	370.50	207.48	0.20	1.90	7.50	1/2	0.99	12.00	802.10	
Trans.	19.5	1.9	0.2	0.20	1.90	97.50	3/8	0.56	370.50	207.48	0.20	1.90	7.50	1/2	0.99	12.00	802.10	
																		<b>874.27</b>

DESCRIPCION	Acero Horizontal						Acero Vertical											
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Espaciamiento	Longitud	Cantidad	Diámetro	Peso (Kg/m)	Longitud Final	Peso Final	Espaciamiento	Longitud	Cantidad	Diámetro	Peso (Kg/m)	Longitud Final	Peso Final	
MURO 1	3.75	0.2	0.5	0.20	3.75	2.50	3/8	0.56	22.50	12.60	0.20	0.50	18.75	3/8	0.56	19.00	10.64	
	Externo	3.75	0.2	0.5	3.75	2.50	3/8	0.56	22.50	12.60	0.20	0.50	18.75	1/2	0.99	19.00	18.89	
MURO 2	1.09	0.2	0.5	0.20	1.09	2.50	3/8	0.56	6.54	3.66	0.20	0.50	5.45	3/8	0.56	6.00	3.36	
	Externo	1.09	0.2	0.5	1.09	2.50	3/8	0.56	6.54	3.66	0.20	0.50	5.45	1/2	0.99	6.00	5.96	
LOSA 1	4.9	10.2	0.2	0.20	4.90	51.00	3/8	0.56	499.80	279.89	0.20	10.20	24.50	1/2	0.99	6.00	38.85	
Trans.	4.9	10.2	0.2	0.20	10.20	24.50	3/8	0.56	499.80	279.89	0.20	10.20	24.50	1/2	0.99	6.00	38.85	
																		<b>592.30</b>

**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS CANAL DE CORONACION**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>5.2</b>	<b>CANAL DE CORONACION</b>		
5.2.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	12,157.30
5.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	13,980.89
5.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	13,980.89
5.2.4	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2.82
5.2.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	280.10

**5.2 CANAL DE CORONACION**

**5.2.1 EXCAVACION EN SUELO**

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		7.13	
0+020	20.0	7.01	141.40
0+040	20.0	5.48	124.90
0+060	20.0	5.41	108.90
0+080	20.0	13.30	187.10
0+100	20.0	11.82	251.20
0+120	20.0	10.60	224.20
0+140	20.0	13.55	241.50
0+160	20.0	15.36	289.10
0+180	20.0	8.37	237.30
0+200	20.0	6.78	151.50
0+219	19.2	15.32	211.88
0+220	0.8	16.01	12.94
0+230	10.0	24.15	200.80
0+240	10.0	41.60	328.75
0+250	10.0	39.39	404.95
0+260	10.0	46.96	431.75
0+270	10.0	37.88	424.20
0+280	10.0	20.69	292.85
0+282	2.1	31.56	54.90
0+283	0.5	33.54	15.72
0+290	7.4	38.30	266.37
0+300	10.0	17.97	281.35
0+310	10.0	36.35	271.60
0+320	10.0	79.89	581.20
0+329	9.1	75.43	705.62
0+340	10.9	59.88	738.38
0+360	20.0	32.43	923.10
0+380	20.0	23.62	560.50
0+400	20.0	10.65	342.70
0+401	0.9	10.30	9.16
0+410	9.1	9.44	90.07
0+420	10.0	11.40	104.20
0+430	10.0	14.37	128.85
0+440	10.0	18.24	163.05
0+450	10.0	16.28	172.60
0+451	1.0	16.14	15.53
0+454	3.0	15.81	48.72
0+460	6.0	14.38	90.45

0+470	10.0	9.96	121.70
0+480	10.0	8.15	90.55
0+490	10.0	8.04	80.95
0+500	10.0	10.37	92.05
0+510	10.0	9.15	97.60
0+520	10.0	8.20	86.75
0+530	9.6	8.78	81.40
0+530	0.4	8.86	3.63
0+540	10.0	11.56	102.10
0+559	19.4	20.19	307.21
0+560	0.6	20.74	13.27
0+570	10.0	27.60	241.70
0+580	10.0	26.47	270.35
0+590	10.0	16.65	215.60
0+600	10.0	10.13	133.90
0+610	10.0	8.38	92.55
0+620	10.0	10.34	93.60
0+630	10.0	9.69	100.15
0+634	3.9	9.54	37.78
0+640	6.1	11.93	65.17

VOLUMEN DE EXCAVACION **12,157.3 m3**

5.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.

5.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	12,157.30

VOLUMEN **13,980.89 m3**

5.2.4 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+020	20.0	0.00	0.00
0+040	20.0	0.12	1.20
0+060	20.0	0.00	1.20
0+080	20.0	0.00	0.00
0+100	20.0	0.00	0.00
0+120	20.0	0.00	0.00
0+140	20.0	0.00	0.00
0+160	20.0	0.00	0.00
0+180	20.0	0.00	0.00
0+200	20.0	0.02	0.21
0+219	19.2	0.00	0.20
0+220	0.8	0.00	0.00
0+230	10.0	0.00	0.00
0+240	10.0	0.00	0.00
0+250	10.0	0.00	0.00
0+260	10.0	0.00	0.00
0+270	10.0	0.00	0.00
0+280	10.0	0.00	0.00
0+282	2.1	0.00	0.00
0+283	0.5	0.00	0.00
0+290	7.4	0.00	0.00
0+300	10.0	0.00	0.00
0+310	10.0	0.00	0.00

0+320	10.0	0.00	0.00
0+329	9.1	0.00	0.00
0+340	10.9	0.00	0.00
0+360	20.0	0.00	0.00
0+380	20.0	0.00	0.00
0+400	20.0	0.00	0.00
0+401	0.9	0.00	0.00
0+410	9.1	0.00	0.00
0+420	10.0	0.00	0.00
0+430	10.0	0.00	0.00
0+440	10.0	0.00	0.00
0+450	10.0	0.00	0.00
0+451	1.0	0.00	0.00
0+454	3.0	0.00	0.00
0+460	6.0	0.00	0.00
0+470	10.0	0.00	0.00
0+480	10.0	0.00	0.00
0+490	10.0	0.00	0.00
0+500	10.0	0.00	0.00
0+510	10.0	0.00	0.00
0+520	10.0	0.00	0.00
0+530	9.6	0.00	0.00
0+530	0.4	0.00	0.00
0+540	10.0	0.00	0.00
0+559	19.4	0.00	0.00
0+560	0.6	0.00	0.00
0+570	10.0	0.00	0.00
0+580	10.0	0.00	0.00
0+590	10.0	0.00	0.00
0+600	10.0	0.00	0.00
0+610	10.0	0.00	0.00
0+620	10.0	0.00	0.00
0+630	10.0	0.00	0.00
0+634	3.9	0.00	0.00
0+640	6.1	0.00	0.00

VOLUMEN DE RELLENO

**002.8 m3**

5.2.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000			
0+292	292.0	0.44	127.00
0+301	8.9	0.63	5.56
0+640	339.2	0.44	147.54

VOLUMEN DE MAMPOSTERIA

**280.1 m3**



**DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION**

**RESUMEN DE METRADOS ESTRUCTURA DE ENTREGA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>5.3</b>	<b>ESTRUCTURA DE ENTREGA</b>		
5.3.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	327.69
5.3.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.	m3	376.84
5.3.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	376.84
5.3.4	RELLENO DE ESTRUCTURAS	m3	0.63
5.3.5	MAMPOSTRIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	m3	29.31

**5.3 ESTRUCTURA DE ENTREGA**

**5.3.1 EXCAVACION EN SUELO**

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+010	10.0	3.72	18.58
0+020	10.0	8.03	58.73
0+030	10.0	19.25	136.40
0+035	5.0	25.88	112.82
TALON	1.2	0.95	1.15

VOLUMEN DE EXCAVACION **327.7 m3**

**5.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 Km.**

**5.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Descripcion	Fact. Esponj.	Vol (m3)
Transporte	1.15	327.69

VOLUMEN **376.84 m3**

**5.3.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS**

Ubicación	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
TALON	1.2	0.63	0.76

VOLUMEN DE EXCAVACION **000.6 m3**

**5.3.5 MAMPOSTRIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C = 210 KG/CM2**

Progresiva	Longitud (m)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000		0.00	
0+010	10.0	0.85	4.24
0+020	10.0	0.95	8.97
0+030	10.0	1.05	9.97
0+035	5.0	1.25	5.74
TALON	1.2	0.32	0.39

VOLUMEN **029.3 m3**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
**PARA LA CONSTRUCCION DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNIÓN**

---

**1. OBRAS PRELIMINARES.**

**1.1 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS.**

**1.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA.**

Este ítem se refiere al traslado del equipo mecánico y herramientas, para que sea empleado en la construcción de la obra en sus diferentes etapas y su retorno una vez terminado el trabajo. El punto de inicio de la movilización de los equipos es la ciudad de Lima.

El traslado por vía terrestre del equipo pesado, se efectuará mediante camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano (volquetes, cisterna etc.) lo hará por sus propios medios llevando el equipo liviano no autopropulsado.

El Contratista antes de transportar el equipo mecánico ofertado al sitio de la obra deberá proporcionar una lista de los equipos que se compromete a utilizar para la ejecución de los trabajos, garantizando la disponibilidad de los mismos en el momento de iniciarse las tareas respectivas. En la lista antes mencionada se debe indicar las características técnicas, marca, modelo y rendimiento de los equipos mencionados a movilizar. La cual será revisada por el Supervisor y de no encontrarlo satisfactorio en cuanto a su operatividad y antigüedad, deberá rechazarlo.

El Contratista es responsable de la movilización y desmovilización de sus equipos, para lo cual debe contar con la autorización de circulación de vehículos especiales que permita su circulación en la red vial nacional.

El Contratista deberá mantener en obra el equipo necesario para finalizar cada una de las diferentes etapas constructivas dentro del período de ejecución previsto y no podrá, bajo

ningún concepto, proceder a su retiro antes de la terminación de cada trabajo sin el previo reemplazo de la maquinaria correspondiente por otra de iguales o mejores características y / o rendimiento.

### **1.1.2 EQUIPOS.**

- Tractores sobre oruga D6 o similar.
- Excavadoras Cat 320BL o similar
- Camiones Volquete de 15 m<sup>3</sup> .
- Cargador Frontal 966 o similar.
- Motoniveladora 125 HP
- Camión Cisterna 4x2 (agua) 2000 gln
- Rodillos liso vibratorio 10-12 Tn
- Rodillos liso vobratorio 2-3 Tn
- Compactadores tipo plancha de 7 Hp
- Mezcladora de concreto 9-14 p3

### **1.1.3 MODO DE EJECUCION.**

Los equipos de trabajo deben contar con sus respectivas pólizas de seguros. Si durante la ejecución de la obra, resultase que alguno de los equipos de trabajo fuese inapropiado, inseguro o insuficiente, el Contratista deberá reemplazarlo o complementarlo por su cuenta y a entera satisfacción de la Supervisión, sin que esto genere compensación alguna ni ampliación del plazo de ejecución o prorrogas por parte del Propietario.

El retiro de los equipos se efectuará de acuerdo a la terminación de los trabajos según los plazos del Cronograma de Construcción de la Obra y previa autorización de la Supervisión.

### **1.1.4 ACEPTACION DE LOS EQUIPOS.**

Todos los equipos suministrados por el Contratista, ofertados en la propuesta adjudicada serán aceptados por la Supervisión, siempre y cuando se encuentren totalmente operativos

y cumplan con los rendimientos promedios para estos trabajos. En el caso de que los equipos presentaran cierto grado de inoperatividad y que afecte el desarrollo de la ejecución de las obras, la Supervisión ordenará el cambio de inmediato al Contratista, siendo esto de responsabilidad del Contratista, costo que será asumido por el mismo.

#### **1.1.5 MEDICION Y FORMA DE PAGO.**

Su forma de pago se desdoblará en fijar un máximo de 60% del monto global, para la fase de movilización, y el restante 40% para la fase de desmovilización al final de la obra, cuando la Supervisión ha constatado que no existe presente en obra ningún equipo o maquinaria del Contratista, y que éste ha cumplido con la limpieza final y la restauración del sitio antes ocupado.

### **1.2 CAMPAMENTO DE OBRA**

#### **1.2.1 DESCRIPCION.**

Son las construcciones necesarias para instalar la infraestructura que permita albergar a trabajadores, insumos, maquinaria, equipos, etc, que se encargarán de realizar las obras en sus diferentes etapas.

El Proyecto debe incluir todos los diseños que estén de acuerdo con estas especificaciones y con el Reglamento Nacional de Construcciones en cuanto a instalaciones sanitarias y eléctricas.

Teniendo en cuenta las condiciones particulares de la zona , el Contratista deberá proveer de un campamento conformado por ambientes de, comedores, cocinas, dormitorios, servicios higiénicos, oficinas, enfermería, talleres y los respectivos tanques sépticos para el tratamiento de las aguas servidas, y en general todas las estructuras necesarias que se requiera.

### **1.2.2 MATERIALES.**

Los materiales para la construcción de todas las obras provisionales serán de preferencia desarmable y transportables, salvo que el Proyecto indique lo contrario.

### **1.2.3 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

El pago para la instalación del Campamento, bajo las condiciones estipuladas en esta Sección, será materia de pago en forma global. El Contratista está obligado a suministrar todos los materiales, equipos, herramientas e instalaciones con las cantidades y calidad indicadas en el proyecto, en esta especificación y todas las acciones y operaciones para el mantenimiento, limpieza, montaje y desmontaje de las obras hasta la conclusión de la obra.

## **1.3 TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO.**

### **1.3.1 DESCRIPCIÓN**

En base a los planos del Proyecto, sus referencias y BMs, el Contratista realizará el trazo y replanteo general de la obra durante todo el periodo de ejecución de la misma, en el que de ser necesario se efectuarán los ajustes necesarios a las condiciones reales encontradas en el terreno.

El Contratista instalará puntos de control topográfico estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas geográficas en el sistema UTM. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección el Contratista deberá proporcionar personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo estacado, referenciación, monumentación, cálculo y registro de datos para el control de las obras.

La información sobre estos trabajos, deberá estar disponible en todo momento para su revisión y control por el Supervisor.

### **1.3.2 CONSIDERACIONES GENERALES**

Antes del inicio de los trabajos se deberá coordinar con el Supervisor sobre la ubicación de los puntos de control geográfico, el sistema de campo a emplear, la monumentación, sus referencias, tipo de marcas en las estacas, colores y el resguardo que se implementará en cada caso.

Cualquier trabajo topográfico y de control que no cumpla con las tolerancias anotadas será rechazado. La aceptación del estacado por el Supervisor no releva al Contratista de su responsabilidad de corregir probables errores que puedan ser descubiertos durante el trabajo y de asumir sus costos asociados.

### **1.3.3 MEDICIÓN Y BASE DE PAGO.**

El trazo y replanteo topográfico se medirá por mes de trabajo del contratista. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección. Este precio y pago, constituye compensación total por mano de obra, beneficios sociales, materiales, equipos, herramientas e imprevistos necesarios para completar la partida que corresponda, a entera satisfacción del Supervisor.

## **1.4 MEJORAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESOS**

### **1.5 MANTENIMIENTO DE CAMINOS DURANTE LA CONSTRUCCION.**

#### **1.5.1 DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS**

El camino de acceso al sitio de las obras, será efectuado y mantenido por el Contratista, conservándolo en perfecto estado para el tránsito. Dicho trabajo consistirá en el mejoramiento de los accesos existentes y la apertura de nuevos caminos de ser necesario, al cual se le adicionará material de lastre si fuera necesario para formar una capa de rodadura.

### **1.5.2 EQUIPOS.**

- ✓ Volquete de 15 m<sup>3</sup>.
- ✓ Camión cisterna 2000 gln
- ✓ Tactor D6 o similar
- ✓ Rodillo liso vibratorio de 10-12 Tn
- ✓ Motoniveladora de 125 Hp.
- ✓ Cargador Frontal 966 o similar

### **1.4.4 MODO DE EJECUCION.**

La Supervisión dará a conocer al Contratista el tramo de acceso a ejecutar y mantener a fin de facilitar el desarrollo de los trabajos; procediéndose a la limpieza de la plataforma existente y la colocación, esparcido, nivelado y compactado del material de préstamo, con la ayuda de maquinaria citada anteriormente. Para de esta manera dejar la plataforma de la carretera en condiciones favorables para la transitabilidad de los diversos equipos que se utilizarán para realizar la obra.

### **1.4.5 CONTROLES.**

El control consistirá básicamente en que los materiales sean adecuadamente conformados y que el acceso quede en óptimas condiciones de transitabilidad, a fin de que tengan un perfecto funcionamiento. Luego de concluido los trabajos, la Supervisión después de comprobar tales actividades ejecutadas y encontrándose éstas conforme, la Supervisión dará por aceptado los trabajos.

### **1.4.7 MEDICION Y FORMA DE PAGO.**

El mejoramiento de caminos de acceso se medirá por kilómetro ejecutado por el contratista, mientras que el mantenimiento de caminos de acceso se medirá por mes de trabajo.

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales, y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

## **2. SISTEMA DE DRENAJE.**

### **2.1 SISTEMA DE TUBERIAS SUPERIOR**

**2.1.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INCLUIDO GEOTEXTIL.**

**2.1.2 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INCLUIDO GEOTEXTIL.**

**2.1.3 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8".**

**2.1.4 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 18".**

#### **2.1.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA**

Los trabajos a realizarse en las siguientes partidas consisten en el suministro e instalación de las tuberías que conforman el sistema de drenaje de aguas de infiltración del vaso, así como el forrado de las tuberías perforadas con geotextil, la instalación de uniones, codos, yees, y demás accesorios necesarios para la correcta instalación del sistema de drenaje.

Se ha proyectado dos tipos de drenajes, denominados dren secundario y dren colector. El primero estará compuesto por una tubería de HDPE perforada, corrugada en el exterior y lisa en su interior, de 6" de diámetro. Mientras que el segundo estará compuesto por una tubería de HDPE corrugadas de 8" de diámetro; perforada en el tramo correspondiente al vaso y no perforada en el tramo que pasa por debajo de la presa hasta la poza colector. En el tramo que va desde la caja receptora hasta la poza colector se instalará una tubería de 18" de diámetro del tipo HDPE no perforada.



Las tuberías perforadas del dren colector y secundario irán envueltas en geotextil de 270 gr/m<sup>2</sup> de acuerdo a lo mostrado en los planos de diseño.

La tubería de Polietileno de Alta Densidad perforada, con pared lisa interior y exterior corrugada, debe cumplir con las normas AASHTO Clasificación Tipo “S”.

La tubería fabricada bajo estas especificaciones debe cumplir con los requerimientos de métodos de prueba, dimensiones y marcas encontradas en las especificaciones técnicas del AASHTO M252 & M294 Y MP7-97. Los tubos y sus piezas especiales deben ser fabricados con resina virgen de PAD, conforme a los requerimientos de la ASTM D 3350.

Los accesorios de la tubería no deberán impedir ni reducir la integridad del funcionamiento de la línea.

Las perforaciones de las tuberías deberán ser las siguientes:

Diám. int. nominal		Tipo de perforación	Long. o diám. de ranura		Ancho de la ranura		Config de las perforaciones	Área de entrada mínima	
pulg	mm		pulg	mm	pulg	mm		pulg <sup>2</sup> /pie	cm <sup>2</sup> /m
6	150	Ranura	0,875	22,2	0,125	3,18	CD	5,11	108,24
8	200	Ranura	1,25	31,8	0,125	3,18	CD	5,86	124,03

Las líneas de perforación se alternan con un giro de 60°. La instalación de esta tubería deberá ser de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM D 2321.

#### **Almacenaje de la tubería en la obra.**

Para asegurar que las tuberías no sufran ningún daño durante el almacenaje, se recomienda seguir las siguientes pautas:

- ✓ Utilizar pedazos de madera o bloques para asegurar que la tubería no se desuse.

- ✓ No se debe apilar la tubería a más de 1.8 metros de altura.
- ✓ Tratar de que las longitudes de las tuberías sean soportadas equilibradamente, alternando campanas y espigas por fila de tuberías.
- ✓ Para prevenir daños a la campana o espiga cuando se mueva la tubería, no arrastre o golpee las terminaciones del tubo contra nada

## **Instalación**

### **Ensamble de tubería corrugada.**

Las uniones, codos, yees y demás accesorios para la instalación del sistema de drenaje, deberán ser de la misma característica de las tuberías para cual se esté utilizando, o las recomendadas por el fabricante. Es obligatorio que la junta sea ensamblada apropiadamente para que el producto se desempeñe de la manera esperada. Las uniones para las tuberías perforadas serán del tipo estándar, y para las tuberías no perforadas del tipo ADS N-12 o similar, para evitar la fuga del agua a través de las uniones en la zona por debajo del cuerpo de presa.

### **Inspección en instalación de tuberías corrugadas en el campo.**

Normalmente, una inspección visual es todo lo que se necesita para asegurarse de que se ha logrado una buena línea y pendiente. Es importante entender que bajo condiciones normales, cualquier deflexión será notada dentro los primeros treinta (30) días después de la instalación y generalmente dentro de los 2 a 3 días la mayoría de las deflexiones (aproximadamente 90-95%) serán notadas. Esto permite al Supervisor la oportunidad de revisar la tubería prontamente después de la instalación con la posibilidad de notar las deficiencias antes de que se termine el proyecto. La inspección debe ser realizada después de que el tubo ha sido colocado y rellenado, pero puede ser antes de que el relleno final haya sido colocado. A continuación se esbozan varios métodos de inspección comúnmente especificados para tuberías flexibles.

#### **2.1.4.2 METODO DE EJECUCION Y CONTROLES.**

La tubería deberá colocarse en el vaso siguiendo el alineamiento mostrado en los planos, mientras que las tuberías que van debajo de la presa se colocarán dentro de una zanja excavada con un relleno alrededor de esta tubería, que debe realizarse con material adecuado, tal como se indica en los planos del proyecto. La calidad del material de relleno y su compactado proveerán larga duración, resistencia ante el esfuerzo de servicio y soporte lateral contra la deflexión de la tubería.

Debe cuidarse que la tubería no se apoye sobre piedras para que no se generen cargas puntuales en la tubería.

#### **2.1.4.3 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

La unidad de medida será el metro lineal, de tendido de tubería colocada, y aprobada por la Supervisión. Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales (tuberías, uniones, codos, yees) y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

#### **2.1.5 CAJA DE CONCRETO.**

##### **2.1.5.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Los trabajos a realizar en esta partida consiste en la construcción de la caja receptora de concreto armado ( $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ), que se encargará de captar las agua provenientes del dren talón y de los sistemas de drenaje de aguas de infiltración del vaso. Los detalles de su ubicación y dimensiones serán los que se indican en los planos de diseño. Para mayores especificaciones ver los ítems 5.1.5, 5.1.6 y 5.1.7.

## **2.2 SISTEMA DE TUBERÍAS INFERIOR**

### **2.2.1 EXCAVACION PARA EL SISTEMA DE DRENAJE.**

#### **2.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprenderá toda excavación necesaria para la construcción del sistema de drenaje, bajo el vaso del depósito. También comprenderá los trabajos de desbroce, limpieza superficial y perfilado del fondo de las excavaciones, sin considerar los trabajos de reemplazo de material.

#### **2.2.1.2 METODO DE EJECUCIÓN.**

El contratista notificará al Supervisor con suficiente anticipación el comienzo de los trabajos de excavación, de manera que puedan tomarse secciones transversales, medidas y elevaciones del terreno no alterado, para realizar los cálculos de volúmenes respectivos. No podrá removerse el terreno adyacente a las estructuras más allá del límite especificado en el método de medición y/o sin previa autorización del Supervisor.

La excavación se realizará de acuerdo a la geometría de las zanjas a construir, al alineamiento y cotas indicadas en los planos del proyecto y/o de replanteo, utilizando una retroexcavadora; siendo obligación del Supervisor controlar estos trabajos topográficamente.

La cota de la parte inferior de las bases, así como la ubicación de las tuberías, que se indican en los planos, podrán ser reajustadas de acuerdo al resultado obtenido en el replanteo. El Supervisor deberá ordenar por escrito los cambios en dimensiones, cotas de las bases y ubicación de las tuberías.

Para el caso de excavaciones profundas o de gran altura, donde el suelo a excavar no presente buena estabilidad, el Supervisor deberá ordenar la excavación con taludes concordantes con el ángulo de reposo del material, de manera de evitar derrumbes.

### **2.2.1.3 CONTROLES.**

Los derrumbes originados por causas imputables al Contratista, serán removidos a su costo y la sobre excavación y la eliminación a botadero, como resultado de este fenómeno, no será reconocida. Los derrumbes originados por hechos fortuitos (no imputables al Contratista) se eliminarán previo seccionamiento y cálculo del volumen correspondiente, para efectos de transporte más no para ser contabilizado como excavación de estructuras.

### **2.2.1.4 MEDICION Y BASE DE PAGO.**

El volumen a pagar será el número de metros cúbicos, medido en su posición original, de material excavado de acuerdo con los planos e indicaciones del Supervisor. El cálculo del material excavado se realizará empleando el método de las áreas medias.

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario de la partida EXCAVACIÓN PARA SISTEMA DE DRENAJE. Este precio y pago constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, materiales, equipos, herramientas, trabajos y materiales necesarios para la protección, contención sostenimiento, entibación, bombeo y/o desviación de aguas en las excavaciones e imprevistos necesarios para culminar la partida, a entera satisfacción del Supervisor.

## **2.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D =1.0 Km.**

### **2.2.2.1 GENERALIDADES.**

Bajo esta partida se considera el material excedente que requiere ser transportado desde los lugares donde se realiza la excavación, hasta el botadero autorizado por la Supervisión. Incluye, también, los materiales provenientes de la remoción de la capa vegetal y otros materiales blandos, orgánicos y objetables, provenientes de las áreas en donde se vayan a realizar las excavaciones, hasta su disposición final.

Esta partida también incluye el carguio y descarguio de los volquetes. Las distancias de transporte para la eliminación de estos materiales al botadero será de 1.0 Km.

#### **2.2.2.2 EQUIPOS.**

Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Supervisor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Contratista podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas en el Reglamento de Pesos y Dimensión Vehicular para Circulación en la Red Vial Nacional (D.S. 013-98-MTC).

Cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse. Todos los vehículos, necesariamente tendrán que humedecer su carga sean piedras o tierra, arena, etc. y demás, cubrir la carga transportada para evitar la dispersión de la misma. El equipo de construcción y maquinaria pesada deberá operarse de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua.

#### **2.2.2.3 ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS.**

##### **(a) Controles.**

- (1) Verificar el estado y funcionamiento de los vehículos de transporte.
- (2) Exigir al Contratista la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la

limpieza no fuere suficiente, el Contratista deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a su costo.

**(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.**

El Supervisor sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus instrucciones. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el Supervisor, éste solamente computará la distancia indicada en el proyecto o la seleccionada por el.

**2.2.2.4 MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO.**

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones, será el metro cúbico trasladado.

El pago de las cantidades de transporte de materiales determinados en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en esta Sección y a las instrucciones del Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo y, en general, todo costo relacionado para ejecutar correctamente los trabajos aquí contemplados.

**2.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.**

**2.2.3.1 DESCRIPCION.**

Esta partida comprende el extendido y compactado del material excedente de las excavaciones, en capas menores de 50 cm de espesor. Para esto se utilizará un tractor sobre orugas u otra maquinaria aprobada por la Supervisión.

### **2.2.3.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN.**

El material deberá compactarse al 60-70% de la máxima densidad del Proctor modificado en capas menores de 50 cm de espesor. Si el volumen es considerable, se deberá compactar a manera de terrazas, reforzando los taludes con muros de piedra o cualquier técnica adecuada, según las características del terreno lo cual deberá ser aprobado por la Supervisión.

El material suelto que sea susceptible a causar alteración de la calidad del aire por incremento de partículas, deberá ser humedecido previamente a la ejecución de la adecuación. La última capa será conformada utilizando suelos orgánicos o material del lugar (top soil) que permitan el crecimiento de la vegetación típica de la zona por lo que no será necesaria su compactación.

### **2.2.3.3 MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO.**

La unidad de medida será en metros cúbicos en su posición final y con la aprobación de la Supervisión. La cantidad determinada según el método de medición, será pagada al precio unitario de la partida acondicionamiento de excedentes en zona de botaderos de contrato. El precio y pago constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, herramientas e imprevistos necesarios para la realización de esta partida a entera satisfacción del Supervisor.

### **2.2.4 CÁMA DE ARENA.**

#### **2.2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA.**

Este trabajo consistirá en la provisión y colocación de arena seleccionada, como cama de apoyo de las tuberías HDPE. El espesor de la cama de arena deberá de ser de acuerdo al tipo de tubería a instalar, cuyo detalle se muestran en los planos del proyecto.



La cama debe ofrecer un apoyo firme continuo y homogéneo con una sola pendiente para cada tramo, donde se pueda posar adecuadamente la tubería. En general la cama se deberá conformar colocando una capa continua de material selecto con un espesor de acuerdo a lo indicado en los planos permitiendo absorber o eliminar irregularidades que siempre quedan en el fondo de la zanja después de realizar la excavación. Si se presentara el caso de un material poco consistente en el fondo de la zanja se deberá llevar a cabo una sustitución de por lo menos 30 cm., dependiendo de la magnitud del problema. Dicha sustitución se deberá efectuar con un material grueso como lastre o piedra bruta, hasta lograr proporcionar una buena consistencia.

En el caso de existir sumideros de agua o nivel freático alto, se recomienda una cama de piedra o piedrilla con suficiente espesor como para drenar el agua y así poder “trabajar en seco”. La arena a utilizar deberá ser seleccionada libre de fragmentos que puedan dañar la tubería a instalar.

#### **2.2.4.2 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

Esta partida se medirá por metro cúbico de material colocado y aprobado por la Supervisión.

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales, transporte y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

#### **2.2.5 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (270 gr/m<sup>2</sup>).**

##### **2.2.5.1 DESCRIPCION.**

Este trabajo consistirá en la provisión y colocación de un Geotextil no tejido de 270 gr/m<sup>2</sup>, para el control de finos, forrando los rellenos con arena gravosa del dren del

sistema de drenaje de aguas subterráneas; en todos los tramos donde se instalarán las tuberías perforadas. Los detalles de su colocación se muestran en los planos de diseño correspondiente.

Se usarán geotextiles elaborados con fibras sintéticas, del tipo No Tejidos. El geotextil escogido en el diseño deberá tener capacidad para dejar pasar el agua, reteniendo el suelo del sitio.

### 2.2.5.2 MATERIALES.

Los geotextiles deberán ser no tejidos compuestos de fibras sintéticas. Las fibras deberán estar compuestas por no menos de 85% en peso de polipropileno, poliéster o poliamidas. Deberán estar libres de defectos que afecten sus propiedades físicas y de filtración, y cumplir con la siguiente tabla (valores MARV):

<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Norma</b>	<b>Marv</b>
Resistencia a la tracción "Grab Test"	N	ASTM D 4632	955
Elongación a la tracción "Grab Test"	%	ASTM D 4632	>50
Resistencia al punzonamiento	N	ASTM D 4833	450
Resistencia al estallido "Mullen Burst Test"	KPa	ASTM D 3786	2500
Resistencia al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	350
<b>Propiedades hidráulicas</b>			
Permeabilidad	Cm/s	ASTM D 4491	0.3
Permisividad	s-1	ASTM D 4491	1.5
Flujo de agua	l/min/m <sup>2</sup>	ASTM D 4491	4470
Tamaño de abertura aparente	mm	ASTM D 4751	0.15
<b>Durabilidad</b>			
Resistencia a los rayos UV	%	ASTM D 4355	70
<b>Propiedades físicas</b>			
Gramaje	gr/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261	270
Espesor	mm	ASTM D 5199	2.3

### **2.2.5.3 MÉTODO DE EJECUCION.**

Los rollos de geotextil deberán ser provistos con envoltura para protección contra la humedad y la exposición a los rayos ultravioleta antes de su colocación. Los rollos deberán ser almacenados de tal modo de protegerlos de estos elementos. Si son almacenados a la intemperie, deberán colocarse elevados y protegidos con una cobertura impermeabilizante. En ningún momento el geotextil deberá estar expuesto a los rayos ultravioletas por un período que exceda los 14 días.

El área de instalación deberá ser preparada perfilándola y dejándola libre de obstrucciones que puedan dañar el geotextil. No se deberá permitir la presencia de piedras, excesivo polvo o humedad en el geotextil. El contratista no deberá operar ningún equipo directamente sobre el geotextil.

El geotextil deberá ser desenrollado tan suavemente como fuera posible sobre la superficie preparada, libre de arrugas y pliegues. En taludes, los rollos de geotextil deberán ser anclados en la corona y desenrollados hacia abajo. Si el viento pudiera levantar los geotextiles, estos deberán ser mantenidos en su lugar con sacos de arena u otro material que no dañe el geotextil.

Los geotextiles adyacentes deberán ser cosidos y traslapados. El traslape mínimo será de 50 cm.

Los geotextiles dañados deberán ser reparados inmediatamente. El área dañada más un adicional de 90 centímetros alrededor de dicha área, deberá ser limpiada de todo material de relleno. Se deberá hacer un parche de 90 centímetros más allá del perímetro del área dañada.

#### Condiciones normales de instalación del geotextil.

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando las arrugas del geotextil, acomodándolo para asegurar un buen

contacto con la excavación y dejando por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapo de 0.50 m como mínimo y mediante la realización de costura industrial. En caso de que el ancho de la excavación sea menor a 0.30 m el traslapo mínimo deberá ser igual al ancho de la excavación. Los tramos sucesivos del geotextil se traslaparán 0.5 m como mínimo y se deberá traslapar y coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

#### Elaboración de costuras.

Para obtener una buena calidad en las costuras se deben tener en cuenta los siguientes condicionamientos. Usualmente la costuras tanto realizadas en campo como las desarrolladas durante la manufactura deben considerar los siguientes aspectos que dependerán del diseño correspondiente y son:

1. Tipo de hilo: Kevlar, Aramida, Polietileno, Poliéster o Polipropileno. No se permitirán hilos elaborados 100% a partir de fibras naturales, e incluso Nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan 10% o más en peso de fibras naturales. No se permitirán costuras elaboradas con alambres.
2. Densidad de la puntada: Mínimo de 150 a 200 puntadas por metro lineal.
3. Tensión del hilo: Debe ajustarse en campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, deberán tenerse los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil. Deberán tenerse en cuenta los requerimientos del inciso 2 del presente numeral.
4. La resistencia a la tensión de la unión, debe ser mínimo el 90% de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo.

5. Tipo de costura. Dependiendo del esfuerzo solicitado y el tipo de geotextil, se pueden realizar diferentes configuraciones para asegurar la correcta transferencia de la tensión.

6. Cantidad de líneas de costura, que se determinarán también según diseño.

#### Colocación del material drenante.

Se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el Supervisor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder un (1) metro. El relleno se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el Supervisor.

#### **2.2.5.4 CONTROLES Y ACEPTACION.**

##### Muestreo en obra.

Esta actividad de carácter obligatorio, deberá desarrollarse para todo despacho de geotextiles que lleguen a la obra siguiendo lo establecido por las normas que se refieren a la metodología de muestreo para ensayos y la práctica para dar la conformidad de las especificaciones de los geosintéticos.

- ✓ Para el muestreo en obra se trabajarán rollos estándar con un área entre 400 y 600 m. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes en relación con 500 m
- ✓ Para el muestreo del control de calidad en obra de los geotextiles, por cada envío o despacho de materiales, se deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica de los rollos suministrados por cada envío o despacho, al que se le dará conformidad o aceptación por parte de la obra y a los que se les utilizará para el uso que trata esta especificación, teniendo en cuenta que si el número de rollos es mayor o igual a 1000, el número de muestras seleccionadas debe ser igual a 11.

- ✓ De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra como mínimo de un metro lineal por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia y se deberá empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, debidamente identificada (número de lote, referencia del producto, etc.).

#### **2.2.5.5 MEDICION Y FORMA DE PAGO.**

El geotextil será medido en metros cuadrados contabilizados de las secciones indicadas en los planos o de las indicadas por escrito por el ingeniero supervisor. Esto incluye los traslapes cosidos.

La partida medida de la forma anteriormente descrita, se pagará al precio unitario del contrato para la partida correspondiente. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, materiales, equipos, herramientas, traslado del materia a obra, almacenaje, manipuleo, colocación, extendido e imprevistos necesarios para culminar la partida a entera satisfacción del Supervisor.

#### **2.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INCLUIDO GEOTEXTIL.**

#### **2.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INCLUIDO GEOTEXTIL.**

Ver item 2.1.1

#### **2.2.8 RELLENO COMPACTADO CON GRAVA ARENOSA.**

##### **2.2.8.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprende los trabajos de relleno de las zanjas del dren del sistema de drenaje de las aguas subterráneas con arena gravosa, en los tramos donde se instalarán las tuberías

perforadas. La arena gravosa deberá ser una masa limpia sin presencia de materia orgánica ni elementos perjudiciales.

Dichos rellenos se desarrollarán de acuerdo al tramo a ejecutar. Tal como se muestra en los planos de secciones del proyecto. Su ejecución se realizará de acuerdo con los alineamientos, cotas y dimensiones indicadas en el diseño.

### 2.2.8.2 MATERIAL.

#### ✓ Arena Gravosa

El material para filtro será una arena gravosa, proveniente de la Cantera N° 1 ubicada a unos 5.3 Km. de distancia del eje de la presa. El material debe presentar una granulometría tal, que permita desarrollar una permeabilidad 100 o más veces mayor que la del material a proteger, y que evite la fuga, de las partículas muy finas del material que protege a fin de evitar tubificaciones. Por lo tanto para cumplir la primera condición de permeabilidad, las características granulométricas se eligen atendiendo la siguiente relación: (según criterios de Terzaghi y Bertram).

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{15}(\text{suelo})} \geq 4 \text{ ó } 5$$

Y para cumplir la segunda condición sobre capacidad de retención o de impedir tubificación, la granulometría debe atender la relación:

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{85}(\text{suelo})} \leq 4 \text{ ó } 5$$

El control de compactación de los drenes se realizará determinando la densidad relativa que nunca será menor de 80%. Este control se efectuará por capas de 0.30 cm de espesor

compactadas, en un número mínimo de 03 pruebas, y la granulometría se harán cada 100 m<sup>3</sup> de material y/o como lo determine la SUPERVISION.

### **2.2.8.3 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

Esta partida se medirá en metros cúbicos en su posición final. El cálculo de los volúmenes se obtendrá hasta donde sea posible a partir de las dimensiones indicadas en los planos del proyecto.

Esta partida medida de la manera antes descrita, se pagará al precio unitario de la partida indicada del contrato. Este precio y pago constituye compensación total por toda mano de obra, leyes sociales, materiales, equipos, herramientas, colocación, acomodo y compactación en su posición final e imprevistos necesarios para la culminación de la partida a entera satisfacción del Supervisor.

### **2.2.9 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8”.**

Ver item 2.1.1

### **2.2.10 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO.**

#### **2.2.10.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Los rellenos aquí definidos se refieren al movimiento de tierras a ejecutar para rellenar la zanja del sistema de drenaje de aguas subterráneas, en el tramo donde se instalará la tubería no perforada de 8” de diámetro.

#### **2.2.10.2 MATERIAL.**

El material empleado para el relleno serán proveniente del corte si cumple con las exigencias expuestas más adelante, no debiendo contener materia orgánica, elementos



inestables o de fácil alteración, ni otros elementos perjudiciales. El Supervisor dará la aprobación de la calidad del material a usar, el cual de ninguna manera deberá presentar características expansivas.

El material deberá ser de preferencia granular y deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Tamaño máximo	3"
% que pasa la malla N° 200	< 25% en peso
Límite líquido	30%

### **2.2.10.3 METODOS DE EJECUCION.**

La colocación del relleno se realizará mediante capas horizontales de no más de 0.20 m de espesor, compactadas a una densidad mínima de 95% de la M.D.S. obtenida del ensayo Próctor Modificado.

En ningún caso el relleno se podrá ejecutar cuando el suelo se encuentra sumergido en agua o exista agua subterránea. El Contratista, con la aprobación de la Supervisión, realizará los trabajos necesarios para asegurar la buena calidad del suelo de fundación y evitar que falle el relleno.

### **2.2.10.4 CONTROLES Y ACEPTACION DE LOS TRABAJOS**

El Contratista deberá notificará por escrito al Supervisor, con suficiente anticipación, el inicio de la ejecución de los trabajos de relleno, para que éste realice los chequeos siguientes:

- ✓ Trabajos topográficos: verificación de cotas de cimentación, secciones transversales en terreno natural, excavado y con la estructura construida.
- ✓ Verifique el suelo y condiciones de fundación,
- ✓ Características del material a emplear como relleno

La Supervisión dará por aceptado los trabajos cuando se hayan terminado la colocación de capas necesarias de compactación y alcanzado el grado de densidad requerida para estos fines, siguiendo las indicaciones propuestas en los planos de obra correspondientes.

#### **2.2.10.5 MEDICION Y FORMAS DE PAGO.**

La unidad de medida para los rellenos compactados será el metro cúbico aceptado por el Supervisor y medidos en su posición final.

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario de la partida indicada. Este precio y pago constituye compensación total por toda extracción, apilamiento, zarandeo, mano de obra, beneficios sociales, equipos, herramientas e imprevistos necesarios para culminar la partida a entera satisfacción del Supervisor.

### **2.3 POZA COLECTORA DE AGUAS DE INFILTRACION.**

#### **2.3.1 EXCAVACION PARA POZA.**

##### **2.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprenderá toda limpieza, excavación y perfilado necesario para la conformación de la poza de colectora de aguas de infiltración. Todo el trabajo se realizará con el apoyo de equipo pesado, y de acuerdo con las presentes especificaciones y en conformidad con los requisitos para las estructuras indicadas en los planos y según lo ordenado por el Supervisor.

No se admitirá ningún reajuste por clasificación de material, sea cual fuere la calidad del material excavado, los precios unitarios incluyen las consideraciones pertinentes para cada estructura a excavar, incluyendo trabajos de excavación con la presencia del nivel freático.

### **2.3.1.2 METODO DE CONSTRUCCION.**

El Contratista notificará al Supervisor con suficiente anticipación el comienzo de los trabajos de excavación, de manera que puedan tomarse secciones transversales, medidas y elevaciones del terreno no alterado, para realizar los cálculos de volúmenes respectivos. No podrá removerse el terreno adyacente a las estructuras más allá del límite especificado en el método de medición y/o sin previa autorización del Supervisor.

La excavación se realizará de acuerdo a la geometría de las estructuras a construir, al alineamiento y cotas indicadas en los planos del proyecto y/o de replanteo; siendo obligación del Supervisor controlar estos trabajos topográficamente.

### **2.3.1.3 APROBACION DE LOS CIMIENTOS Y TOLERANCIA.**

Después de la conclusión de cada excavación, el Contratista notificará por escrito este evento al Supervisor. No se podrá continuar con la siguiente actividad hasta que el Supervisor hubiera aprobado las cotas de rasante y la calidad del material para la fundación.

### **2.3.1.4 METODO DE MEDICION Y BASES DE PAGO.**

El volumen a pagar será el número de metros cúbicos, medido en su posición original, de material excavado de acuerdo con los planos e indicaciones del Supervisor. El cálculo del material excavado se realizará empleando el método de las áreas medias.

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario de la partida correspondiente. Este precio y pago constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, materiales, equipos, herramientas, trabajos y materiales necesarios para culminar la partida, a entera satisfacción del Supervisor.

### **2.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.**

Ver ítem 2.2.2

### **2.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.**

Ver ítem 2.2.3

### **2.3.4 RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO.**

Ver ítem 2.2.10

### **2.3.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE.**

Para el anclaje de la geomembrana, se utilizará una zanja perimetral excavada en el terreno. La superficie de apoyo de la zanja de anclaje es uno de los puntos de fijación del revestimiento por lo que debe estar nivelada y compactada, además debe estar libre de afloramientos rocosos, grietas, depresiones y cambios abruptos de pendientes. El Instalador verificará que el borde de entrada de las trincheras de anclaje sea redondeado para minimizar las formas agudas en el material de revestimiento y así evitar que los paneles se encuentren expuestos a una constante fatiga. Para mayores especificaciones ver ítem 2.2.1.

### **2.3.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (270 gr/m<sup>2</sup>)**

#### **2.3.6.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprenderá la provisión del material y la ejecución de todos los trabajos necesarios para la colocación del geotextil no tejido que servirá de apoyo de la geomembrana que impermeabilizará el área ocupada por la poza colectora. Estos trabajos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en los planos y las presentes especificaciones ítem 2.2.7.

### **2.3.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm.**

#### **2.3.7.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprenderá la provisión del material y la ejecución de todos los trabajos necesarios para la colocación de la geomembrana para impermeabilizar el área ocupada por la poza colectora. Estos trabajos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en los planos y las presentes especificaciones.

#### **2.3.7.2 MATERIALES.**

La geomembrana que se colocará sobre la superficie de la poza de almacenamiento, deberá ser de Polietileno de Alta Densidad (HDPE – densidad > a 0.94 g/cm) de 1.5 mm. (60 mil) de espesor, lisa en una cara y texturaza por la otra. La geomembrana deberá ser fabricada con material virgen (resinas) de primera calidad, de alto peso molecular y no deberá presentar más de 3% de material reprocesado. La geomembrana deberá ser fabricada específicamente como barrera de fluidos en estructuras hidráulicas. La geomembrana deberá ser durable y resistente a la degradación química y por rayos ultravioletas. El fabricante de la geomembrana deberá contar con certificación GAI-LAP para acreditar el cumplimiento de las especificaciones, los valores de las propiedades y los métodos de ensayo correspondientes.

#### **2.3.7.3 MODO DE EMPLEO.**

##### **Almacenaje y manipuleo de la Geomembrana**

Antes de proceder a descargar, se debe inspeccionar el equipo de transporte interno para verificar que no dañe el material de revestimiento. También se deberá inspeccionar el área de almacenamiento para verificar que la superficie sea suave, plana y esté libre de piedras y otros objetos que podrían cortar o perforar el revestimiento. El supervisor deberá inspeccionar la descarga. No es necesario proteger los rollos de la geomembrana de las condiciones climáticas normales.

## **Instalación del Revestimiento**

En primer lugar, se deberá realizar una inspección visual de la superficie a ser cubierta para determinar si es apta para ser revestida. En seguida, las láminas se deberán extender sobre la superficie a impermeabilizar. Cuando estén en posición, se deberá revisar que los paneles no presenten daños físicos producidos, ya sea durante la fabricación o durante la instalación que podrían afectar adversamente el rendimiento del revestimiento acabado. Se deberá eliminar y descartar cualquier daño en la capa externa de los rollos que podría afectar el rendimiento.

## **Costura de montaje**

El Instalador de Geomembrana presentará al Supervisor, procedimientos detallados para soldar a bajas temperaturas, posiblemente incluyendo lo siguiente:

- ✓ Precalentamiento de la geomembrana
- ✓ Aprovechamiento de una tienda de campaña u otro dispositivo para prevenir la pérdida de calor durante la operación de soldadura y pérdidas rápidas de calor inmediatamente después de soldar.
- ✓ Número de ensayos de soldadura para determinar parámetros adecuados de soldadura.
- ✓ Ningún material de geomembrana debe ser soldado cuando la temperatura del paño será mayor de 75 grados C (170 grados F), medido con un termómetro infrarrojo o termocopla de superficie, a menos que sea previamente aprobado por el Supervisor. Esta aprobación se basará en recomendaciones del fabricante, y con demostración en el campo por el Instalador de Geomembrana usando soldaduras de prueba para comprobar que las uniones cumplan con la especificación

La soldadura se efectuará principalmente utilizando equipos automáticos y técnicas de soldadura a fusión. La soldadura con extrusión se utilizará únicamente cuando la soldadura por fusión no es posible, tales como superficies irregulares donde el equipo de fusión no pueda desarrollar la velocidad requerida, penetraciones de tubería, parches, reparaciones,

soldaduras cortas (menores al ancho del rollo), uniones en “T”. En todo caso será el Supervisor quien apruebe el método de soldadura de acuerdo a las dificultades en el terreno.

#### **2.3.7.4 CONTROLES.**

Los paños y soldaduras serán inspeccionados por el Instalador y el representante del propietario durante y después de su despliegue, para identificar todos los defectos, incluyendo agujeros, ampollas, materia prima no diseminada y señales de contaminación por materias extrañas.

#### **2.3.7.5 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

La geomembrana deberá ser medida en metros cuadrados contabilizados de las secciones indicadas en los planos y/o de las indicadas por escrito por la Supervisión. Este metrado excluye los traslapes.

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos propuestos por el contratista para esta partida, materiales, pruebas y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

### **3.0 VASO DE ALMACENAMIENTO**

#### **3.1 ETAPA INICIAL.**

##### **3.1.1 EXCAVACION BANQUETAS**

Esta partida comprenderá la ejecución de todos los trabajos necesarios para la excavación para la ampliación del vaso de almacenamiento. Estos trabajos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en los planos y las presentes especificaciones ítem 2.3.1

### **3.1.2 TRASNPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 KM**

Ver ítem 2.2.2

### **3.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

### **3.1.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION**

#### **3.1.4.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

El trabajo comprende el conjunto de actividades de perfilado, nivelación y compactación del área ocupada por el vaso, luego de haber terminado con los trabajos de excavación.

#### **3.1.4.2 EQUIPO**

El Contratista propondrá, en consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios a la cimentación, y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

#### **3.1.4.3 METODO DE CONSTRUCCION**

Antes de iniciar el perfilado de la cimentación se requiere la aprobación, por parte del Supervisor, de los trabajos de trazo, replanteo, limpieza y excavación para la ampliación del vaso.

Al alcanzar el nivel de la cimentación en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), conformar de acuerdo con



las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en las presentes especificaciones.

Si los suelos encontrados a nivel de cimentación están constituidos por suelos inestables, el Supervisor ordenará las modificaciones que corresponden a las instrucciones del párrafo anterior, con el fin de asegurar la estabilidad de cimentación. En este caso el trabajo consiste en la eventual disgregación del material de la cimentación existente, el retiro o adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final de acuerdo con la presente especificación, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto y las instrucciones del Supervisor.

La cota de cualquier punto de la cimentación conformada y terminada no deberá variar en más de diez milímetros (10mm) con respecto a la cota proyectada.

#### **3.1.4.4 ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- ✓ Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.
- ✓ Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas.
- ✓ Verificar la compactación de la cimentación.
- ✓ Medir las áreas de trabajo ejecutado por el Contratista en acuerdo a la presente especificación.

El trabajo de perfilado, nivelación y compactación de la cimentación, se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la cimentación estén de acuerdo con los planos del proyecto, con éstas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

#### **3.1.2.4 MEDICION Y BASES DE PAGO.**

El perfilado, nivelación y compactado de la cimentación se medirá en metros cuadrados de superficie perfilada y compactada de acuerdo a los alineamientos, rasantes y secciones transversales indicadas en los planos y las presentes especificaciones; medida en su posición final. El trabajo contará con la aprobación del Supervisor.

El pago se efectuará al precio unitario del Contrato por metro cuadrado entendiéndose que dicho pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta partida y cubrirá los costos de materiales, mano de obra, herramientas, equipos pesados, transporte y todos los gastos que demande el cumplimiento satisfactorio del contrato, incluyendo los imprevistos.

#### **3.1.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE**

Ver ítem 2.3.5.

#### **3.1.6 RELLENO CON ARENA COMPACTADA PARA PROTECCION DE GEOMEMBRANA**

##### **3.1.6.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Esta partida comprenderá la ejecución de todos los trabajos necesarios para la ejecución de los rellenos con arena compactada que se colocará como cama de protección de la geomembrana del vaso.

##### **3.1.6.2 ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- ✓ Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.

- ✓ Verificar la compactación de la arena
- ✓ Medir las áreas de trabajo ejecutado por el Contratista en acuerdo a la presente especificación.

El trabajo del relleno compactado, se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la cimentación estén de acuerdo con los planos del proyecto, con éstas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

### **3.1.6.3 MEDICION Y BASES DE PAGO**

El relleno compactado se medirá en metros cúbicos de arena compactada de acuerdo a los alineamientos, rasantes y secciones transversales indicadas en los planos y las presentes especificaciones; medida en su posición final. El trabajo contará con la aprobación del Supervisor.

El pago se efectuará al precio unitario del Contrato por metro cúbico, entendiéndose que dicho pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta partida y cubrirá los costos de materiales, mano de obra, herramientas, equipos pesados, transporte y todos los gastos que demande el cumplimiento satisfactorio del contrato, incluyendo los imprevistos.

### **3.1.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m<sup>2</sup>)**

Esta partida comprenderá la provisión del material y la ejecución de todos los trabajos necesarios para la colocación del geotextil no tejido de 400 Kg/m<sup>2</sup> que servirá de apoyo de la geomembrana que impermeabilizará el vaso. Estos trabajos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en los planos y las presentes especificaciones ítem 2.2.7

### **3.1.8 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm**

Esta partida comprenderá la provisión del material y la ejecución de todos los trabajos necesarios para la colocación de la geomembrana que impermeabilizará el área ocupada

por el vaso. Estos trabajos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en los planos y las presentes especificaciones ítem 2.3.7

### **3.1.9 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO**

Ver ítem 2.3.8

## **3.2 ETAPA FINAL**

### **3.2.1 EXCAVACION BANQUETAS**

Ver ítem 3.1.1

### **3.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1.0 KM**

Ver ítem 2.2.2

### **3.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

### **3.2.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION**

Ver ítem 3.1.4

### **3.2.5 EXCAVACIÓN ZANJAS DE ANCLAJE**

Ver ítem 3.1.5

### **3.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m<sup>2</sup>)**

Ver ítem 3.1.7

### **3.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm**

Ver ítem 3.1.8

### **3.2.8 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO**

Ver ítem 3.1.9

## **4.0 CONFORMACION DEL CUERPO DE PRESA**

### **4.1 PRESA DE ARRANQUE**

#### **4.1.1 EXCAVACION PARA LA CIMENTACION DE LA PRESA DE ARRANQUE EN SUELO**

##### **4.1.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA.**

Esta partida consiste en la excavación y limpieza masiva a tajo abierto de la capa superficial de suelo que no se encuentre apta para la cimentación del cuerpo de presa, la cual deberá efectuarse conforme a posiciones, pendientes y dimensiones mostradas en los planos. En los planos se muestran las líneas de excavación asumidas, pero la excavación final podrá variar con respecto a las líneas mostradas según lo que se encuentre en obra.

##### **4.1.1.2 EQUIPO.**

- ✓ Excavadora 330BL o similar
- ✓ Tractor D8 o similar

##### **4.1.1.3 MODO DE EJECUCION**

Para iniciar la excavación o despalme del área de emplazamiento del cuerpo de presa, el Contratista primero deberá proceder a definir el área de trabajo, y luego realizará el

levantamiento de las secciones transversales del terreno natural. La excavación se realizará hasta los niveles indicados en los planos o lo indicado por la Supervisión.

#### **4.1.1.4 CONTROLES**

El Contratista deberá tomar todas las precauciones posibles y usar los métodos de excavación más adecuados para evitar la excavación fuera de las líneas de excavación indicadas en los planos o según lo ordenado por el Ingeniero Supervisor.

Los derrumbes de masas de material que ocurran fuera de las líneas reales de excavación que no sean imputables al Contratista, deberán ser removidos y los vacíos correspondientes tendrán que rellenarse según lo que el Ingeniero Supervisor ordene.

El Contratista deberá, a criterio del Ingeniero Supervisor, rellenar las cavidades que queden como consecuencia de derrumbes o sobre excavación. Al término de la excavación masiva del material, se realizará el seccionamiento transversal, para efectos del cálculo del movimiento de tierras.

#### **4.1.1.5 MEDICION Y FORMA DE PAGO**

El material excavado será medido en metros cúbicos para su pago de acuerdo a las líneas de excavación mostradas en los planos. Dicho pago contemplará el material que realmente sea extraído bajo la dirección de la Supervisión. El cálculo del material excavado se realizará empleando el método de las áreas medias.

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos propuestos por el contratista para esta partida, materiales, y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

#### **4.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1 KM**

Ver ítem 2.2.2

#### **4.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

#### **4.1.4 PERFILADO COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION.**

Ver ítem 3.1.4

#### **4.1.5 CONFORMACION DE LA PRESA DE ARRANQUE, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)**

##### **4.1.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA**

Esta partida se refiere a la ejecución de los rellenos compactados del cuerpo de la presa de arranque, con el materiales provenientes de la Cantera N° 2 ubicada a 7.5 Km. de distancia del eje de la presa. Dichos materiales se clasifican como una grava limosa, la cual se encuentra en estado natural, por lo que el contratista deberá explotar dichas canteras para la obtención del material. Dicha explotación consistirá en la extracción, acumulamiento, zarandeo, homogenizado, carguío, transporte hasta la obra, y todos los trabajos necesarios para la obtención del material para el cuerpo de presa.

Todos los materiales que se empleen en la construcción del cuerpo de presa deberán estar libres de raíces, materia orgánica, y otros elementos perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por el Supervisor, quien de ninguna manera permitirá la construcción de terraplenes con materiales de características expansivas.

La Supervisión se reserva el derecho de modificar los límites o ubicaciones de las canteras a fin de obtener material conveniente y minimizar las operaciones de limpieza y eliminación de sobretamaños. Todos los materiales que se utilicen para conformar el cuerpo de presa deberán ser comprobados en cuanto a su calidad a través de los ensayos correspondientes o como lo indique la Supervisión.

#### **4.1.5.2 MATERIAL.**

El material para la presa será una grava limosa con tamaño máximo de partículas de 3", proveniente de las Cantera N° 2 (Pública).

El contratista velará porque el material, para la presa, no sea explotado en cantera con granulometría en extremo variable (tamaño máximo 3"). Para evitar ello, el contratista deberá verificar la granulometría del material a ser transportado desde la cantera, definir y ejecutar procedimientos de selección para proporcionar un mejor grado de uniformidad, eliminando o desechando sectores de la cantera que presenten inadecuados materiales para su uso.

La Supervisión se reserva el derecho de rechazar sectores de cualquier área de préstamo que considere inadecuado para su uso en la conformación del cuerpo de presa. Asimismo se reserva el derecho de exigir al Contratista, ejecute una serie de ensayos granulométricos, con la finalidad de obtener una verificación o mejorar el rango de granulometría con el actualmente propuesto.

#### **4.1.5.3 CONTROL DE HUMEDAD**

Debido a la naturaleza del material, se encontrará que algunos sectores de explotación, dependen del grado de humedad existente para alcanzar el valor de compactación del 95% del Proctor Modificado. Por esta razón, será preciso confiar en los rellenos de prueba para determinar un procedimiento de como proveer agua en forma más correcta, al material para el cuerpo de presa; con el fin de lograr un máximo beneficio del trabajo de compactación.



En general, cuando se requiera aplicar mayor humedad, esta deberá distribuirse uniformemente sobre la superficie total de cada capa del indicado material.

#### **4.1.5.4 COLOCACION Y COMPACTACION**

El Supervisor sólo autorizará la colocación de los materiales en el terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado y consolidado.

La distribución y granulometría de los materiales en todo el cuerpo de la presa serán tales que en cada uno de los terraplenes no se formen lentes, bolsones o capas de material que difieran sustancialmente en textura, granulometría y humedad del material vecino, debiendo por eso ser convenientemente homogenizado en las canteras.

Se deberá garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí, para ello se deberá escarificar la capa base, con un escarificador de 5 a 6 dientes operativos como mínimo.

Los fragmentos de rocas que tengan dimensiones mayores de 3" no se admitirán en el relleno. El contratista deberá retirarlos ya sea en las canteras o después de transportarlos al terraplén y antes de compactarlos.

El material deberá colocarse en capas continuas y horizontales de 30 cm de espesor compactado cuando se empleen equipos pesados. Los espesores para equipos livianos serán previamente autorizados por la Supervisión.

El material del relleno deberá ser obtenido mediante selección y zaranda, para luego ser transportado, colocado, extendido y compactado en tal forma que se evite la segregación.

El contenido de agua antes y durante la compactación se distribuirá uniformemente en cada capa de material. En general, la humedad media durante la construcción del terraplén se mantendrá dentro del rango - 1 a + 1% respecto al valor óptimo.

- ✓ Abrasión.
- ✓ Contenido de materia orgánica.

Los ensayos para los materiales deberán efectuarse siguiendo los procedimientos estandarizados que se indican a continuación:

<b>Ensayo</b>	<b>Procedimiento</b>
Límite líquido	ASTM D-423
Límite plástico	ASTM D-424
Peso específico de sólidos	ASTM D-854
Granulometría por tamices y además por densímetro cuando se tenga alto porcentaje de finos (menor malla No. 200)	ASTM D-422
Humedad natural y de compactación	ASTM D-2216
Proctor modificado	ASTM T-180
Densidad relativa (densidades máxima, mínima)	ASTM D-2049
Densidad natural	ASTM D-1556

Calidad del producto terminado.

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las secciones indicadas en los planos y pendientes establecidas.

- Talud aguas abajo: 2(H): 1(V)
- Talud aguas arriba: 1(H): 1(V)
- Ancho de corona: 4.0 m.
- Nivel de Corona: 486 msnm

La cota de cualquier capa, conformada, perfilada y compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la cota proyectada.

La colocación de cualquier capa de material, y su conformación, será luego de haberse aprobada la capa inferior, o según indique la Supervisión.

Según los resultados de los ensayos de contenido de humedad, de granulometría, de densidad y plasticidad ejecutadas en el sitio y en el laboratorio, la Supervisión podrá

ordenar el levantamiento y reemplazo de las partes de los terraplenes encontrados defectuosas y a costo del Contratista.

#### **4.1.5.6 METRADO Y FORMA DE PAGO**

El volumen a pagar será el número de metros cúbicos, medido antes y después de los trabajos que será determinado al término de la actividad de compactación del terraplén. Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales (explotación en cantera y transporte a obra), peinado del talud, extendido, escarificado, compactación terraplén de prueba y por todos los trabajos prescritos en esta especificación. El pago de la partida se realizará por m<sup>3</sup>, según lo ejecutado por el Contratista.

#### **4.1.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA**

##### **4.1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA**

Esta partida comprende los trabajos de colocación de la arena gravosa como filtro tipo chimenea de la presa. La función de este filtro será captar las aguas de infiltración del material del cuerpo de presa. El dren tipo chimenea será construido en forma paralela con el terraplén con un ancho de 1.0 m y deberá colocarse de acuerdo a lo mostrado en los planos del proyecto.

##### **4.1.6.2 FUENTE**

La cantera estudiada para aportar materiales para filtro se ubica a 5.3 Km. distante del proyecto. Deberá ser responsabilidad del Contratista definir áreas de préstamo adecuadas, y planear sus operaciones de préstamo, de manera que el material esté disponible a medida que se requiera para el avance y término de la obra de acuerdo con el programa establecido. Todas las áreas de préstamo deberán tener aprobación de la Supervisión antes de que se permita al Contratista usar dicho material en la construcción del filtro.

El material de filtro consistirá en una arena gravosa, el cual deberá estar constituido por granos sanos, durables y limpios. La granulometría deberá estar contenida dentro de los husos especificados a fin de garantizar la calidad y el buen funcionamiento de los drenes.

El material debe presentar una granulometría tal, que permita desarrollar una permeabilidad 100 o más veces mayor que la del material del terraplén a proteger, y que también debe impedir la fuga a través de su espesor, de las partículas muy finas del material que protege a fin de evitar tubificaciones. Por lo tanto para cumplir la primera condición de permeabilidad, las características granulométricas se eligen atendiendo la siguiente relación: (según criterios de Terzaghi y Bertram).

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{15}(\text{suelo})} \geq 4 \text{ ó } 5$$

Y para cumplir la segunda condición sobre capacidad de retención o de impedir tubificación, la granulometría debe atender la relación:

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{85}(\text{suelo})} \leq 4 \text{ ó } 5$$

Ello aunado a que además, el filtro no debe tener porcentajes de finos que pasen la malla N° 200 en una proporción mayor de 3 %.

La granulometría que debe tener el material areno gravoso del dren deberá de estar en el siguiente rango de valores:

TAMICES		RANGO GRANULOMÉTRICO
Nº	Abertura (mm)	% que pasa
1"	25.00	100
3/4 "	19.00	82 – 96

1/2 ''	12.70	68 - 93
3/8 ''	9.525	63 - 90
1/4 ''	6.40	55 - 85
Nº 4	4.750	52 - 82
Nº 10	2.000	35 - 70
Nº 20	0.850	24 - 60
Nº 40	0.425	16 - 47
Nº 60	0.250	10 - 33
Nº 100	0.150	2 - 16
Nº 200	0.075	0 - 3

#### 4.1.6.3 COLOCACION Y COMPACTACION

Para la construcción del dren chimenea se deberá seguir lo descrito en los planos de obra, para lo cual se deberá colocar la arena gravosa de la forma más homogénea y en capas continuas que no excedan los 30 cm. de espesor luego de su compactación.

Al momento de compactarlos, se tomarán las medidas necesarias para evitar su contaminación con el material de relleno. Por la misma razón, los camiones de transporte de los materiales deberán cruzar las zonas de drenes solamente por sitios de paso determinados.

Todos los materiales puestos que sean dudosos, debido a presencia de materiales extraños, serán eliminados y reemplazados por otros idóneos a costo del Contratista. La colocación de los drenes, así como la metodología de su producción y transporte, deberá tender a evitar toda segregación por lo cual el material se colocará en estado húmedo.

Con este fin, el Contratista deberá utilizar para su carguío volquetes con tolvas apropiadas que permitan depositar el material de una vez a todo el ancho del dren en forma de un tapiz continuo. Sin embargo, lo que en general deberá cumplirse en el caso de los drenes, es limitar la altura de caída del material al mínimo.

Para el compactado de los drenes deberá usarse un rodillo liso vibratorio de 02 Tn de peso estático, la Supervisión fijará el número de pasadas y la energía de este último rodillo, después de conocer los resultados obtenidos en los terraplenes de prueba ejecutados por el Contratista. No debiendo ser menor de 6 pasadas del equipo de compactación.

El control de compactación de los drenes se realizará determinando la densidad relativa que nunca será menor de 80%. Este control se efectuará por capas de 0.30 cm de espesor compactadas, en un número mínimo de 03 pruebas, y la granulometría se hará cada 300 m<sup>3</sup> de material y/o como lo determine la SUPERVISION.

#### **4.1.6.4 CONTROLES**

Las pruebas a ejecutar deberán alcanzar como mínimo el 80% de su densidad relativa. De esta manera, a partir de los resultados controlados en las pruebas in-situ durante su construcción, se asegurará que las especificaciones técnicas estén siendo cumplidas.

Durante la elevación del cuerpo del terraplén, se deberá tener en cuenta que la colocación del filtro estará siempre por encima del material que conformará el cuerpo de presa, en una capa con respecto a la otra, para evitar que se contamine.

#### **4.1.6.5 MEDICION Y FORMA DE PAGO**

Esta partida se medirá por metro cúbico de volumen conformado y aprobado en campo por la Supervisión. Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales (explotación en cantera y transporte a obra), y por todos los trabajos prescritos en esta especificación.

#### **4.1.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE**

##### **4.1.7.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Esta partida constituye una parte vital y básica respecto a la estabilidad de la Presa y por lo tanto deberá construirse en la forma más adecuada. El blanket se ubicará debajo del cuerpo de presa, y se construirá en tres capas, una capa superior de 0.5 m de espesor de arena gravosa, una capa central de 0.5 m de espesor de grava hasta 2" y una capa inferior de 0.5 m de espesor de arena gravosa, tal como se muestra en los planos del proyecto. La

finalidad de la grava es drenar toda el agua captada por el dren chimenea hacia el dren talón, y la arena gravosa se encargara del filtrado.

#### **4.1.7.2 MATERIALES**

El material del blanket estará conformado por una arena gravosa y una grava que cumpla con los límites de granulometría que se especifican más adelante, en esta sección.

El material drenante (grava) debe estar constituidos por granos sanos, durables y limpios. La granulometría deberá estar contenida dentro de los husos especificados a fin de garantizar la calidad y el buen funcionamiento dren. Tampoco deberán contener estos materiales cantidad apreciable de plaquetas. La composición de los drenes estará por tanto, dentro de los límites indicados en los planos. La granulometría que debe tener el material drenante (deberá de estar comprendido en el siguiente rango de valores:

<b>TAMICES</b>		<b>RANGO GRANULOMÉTRICO</b>
<b>Nº</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% que pasa</b>
2 "	50	100
1 1/2 "	37.8	50 - 90
1 "	25	25 - 80
3/4 "	19	15 - 70
1/2 "	4.750	8 - 60
3/8 "	2.000	5 - 52
1/4 "	0.850	4 - 45
Nº 4	0.425	0 - 30

Para más especificaciones, ver el ítem 4.1.6

## **4.2 PRESA FINAL**

### **4.2.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA FINAL, EN SUELO**

Ver ítem 4.1.1

#### **4.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1 KM**

Ver ítem 2.2.2

#### **4.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

#### **4.2.4 PERFILADO COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION**

Ver ítem 3.1.4

#### **4.2.5 CONFORMACION DE LA PRESA FINAL, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)**

Ver ítem 4.1.5

#### **4.2.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA**

Ver ítem 4.1.6

#### **4.2.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE**

Ver ítem 4.1.7

#### **4.2.8 CONFORMACION DEL DREN TALON**

##### **4.2.6.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Esta partida se refiere a los trabajos necesarios para la construcción de un dren al pie del talud aguas abajo del cuerpo de presa. Su función será coleccionar las aguas captadas por los drenes chimenea y blanket y conducir las a la poza de almacenamiento. El dren talón tendrá



la forma y dimensiones que se indican en el detalle de los planos de secciones. Las pendientes y longitudes se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los planos. En el dren talón se colocará una tubería corrugada de HDPE perforada de 6" de diámetro envuelta en geotextil, la que colectara las aguas de infiltración provenientes de los drenes y las conducirá hacia la poza de almacenamiento ubicada aguas abajo de la presa.

#### **4.2.6.2 MATERIALES**

Los materiales utilizados para la conformación del dren talón consisten en grava hasta 2", arena seleccionada, tubería HDPE corrugada de 6" perforada y geotextil de 270 gr/m<sup>2</sup>, cuyas características se indican en los ítems 2.2.5, 4.1.6 y 2.1.1.

#### **4.2.6.3 METODO DE COSTRUCION**

La tubería deberán colocarse siguiendo las cotas y pendientes indicadas en los planos, sobre una cama de arena seleccionada de 0.20 m de espesor. Para luego colocar sobre ella, el relleno que cubrirá la tubería; la cual consistirá de una grava hasta 2". La tubería previamente a su colocación deberá ser envuelta en un geotextil del tipo no tejido de 270 gr/m<sup>2</sup>, y los traslapes del geotextil deberán ser cosidos, con una longitud mínima de 10 cm. La unión entre las tuberías de polietileno de alta densidad, se ejecutará siguiendo los procedimientos de instalación y unión que especifique el fabricante, pudiendo realizarse por unión con anillos de jebe, por coplas o por termofusión.

El relleno se colocará hasta la mitad de la tubería para compactarlo paralelamente a ambos costados, para luego proceder a rellenar y compactar hasta alcanzar las dimensiones especificadas en los planos.

La calidad del material de relleno y su compactado en capas requiere ser no menor del 80 % de la densidad relativa del material para proveer larga duración, resistencia ante el esfuerzo de servicio y soporte lateral contra la deflexión de la tubería.

Debe cuidarse que la tubería no se apoye sobre piedras para que no se generen cargas puntuales en la tubería. No se permitirá que piedras mayores a 3” entren en contacto con la tubería.

#### **4.2.6.4 MEDICION Y BASES DE PAGO**

La unidad de medida será el metro lineal, de dren talón colocado y aprobado por la Supervisión, que incluye la envoltura con geotextil de la tubería y la zanja trapezoidal, el relleno compactado con arena gravosa, la cama de apoyo de la tubería, y el tendido de la tubería a lo largo del dren talón.

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida indicada. Este precio y pago, constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales, herramientas, selección, extracción, carguío y transporte del material desde la cantera hasta el lugar de colocación en obra, perfilado y compactado de la superficie de apoyo e imprevistos necesarios para completar la partida a entera satisfacción del Supervisor.

### **5.0 OBRAS HIDRAULICAS AUXILIARES.**

#### **5.1 ESTRUCTURA DE DESCARGA**

##### **5.1.1 EXCAVACION EN SUELO**

Ver ítem 3.1.1

##### **5.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1KM**

Ver ítem 2.2.2

### **5.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

### **5.1.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS**

Ver ítem 2.3.8

### **5.1.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO $f_c=210$ KG/CM<sup>2</sup>**

#### **5.1.5.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA.**

Consistirá en la colocación del recubrimiento en la estructura de descarga, con mampostería de piedra, de acuerdo a los planos del proyecto. El concreto para el asentado de la mampostería será de una resistencia a la compresión  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, y para el emboquillado se utilizará mortero de cemento arena con una proporción en peso de C:A:1:3

#### **5.1.5.2 MATERIALES**

##### **PIEDRA**

Se recomienda no emplear piedras redondeadas o cantos rodados sin fragmentar. No se utilizarán piedras intemperizadas ni piedras frágiles. De preferencia las piedras deberán ser de forma prismática, tener una cara plana como mínimo, la cual será colocada en el lado del emboquillado.

Las piedras que se utilicen deberán estar limpias y exentas de costras. Si sus superficies tienen cualquier materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán. Serán rechazadas si tienen grasas, aceites y/o si las materias extrañas no son removidas. El tamaño máximo de las piedra que se utilizará en la mampostería será de 0.4 m

## **CONCRETO**

Ver ítem 5.1.9

### **5.1.5.3 METODO DE EJECUCION**

El emboquillado se construirá según lo indicado en los planos del proyecto, en su ubicación, dimensionamiento y demás características. Cualquier modificación deberá ser aprobada por el Supervisor.

Antes de asentar la piedra, ésta deberá humedecerse, lo mismo que la superficie de apoyo o plantilla y las piedras sobre las que se coloque concreto. Las piedras se colocarán de manera de obtener el mejor amarre posible, sobre una cama de concreto de 15 cm de espesor, acomodándolas a manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las piedras contiguas. Las piedras deberán colocarse de manera que la mejor cara (plana) sea colocada en el lado visible del emboquillado. Las piedras se asentarán teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas.

Las juntas entre piedras se llenarán completamente con mortero. Antes del endurecimiento del concreto, se deberá enrasar la superficie del emboquillado.

### **5.1.5.4 MEDICION Y BASES DE PAGO**

La unidad de medida para los trabajos de revestimiento, aprobados por el Supervisor, será el metro cúbico.

El volumen de mampostería, medida de la manera descrita anteriormente, se pagará al precio unitario de la partida indicada según su espesor. Este precio y pago, constituye compensación total por mano de obra, beneficios sociales, materiales, equipos, herramientas, selección, extracción, carguío, limpieza y lavado del material pétreo, descarga, almacenamiento, transporte del material desde la cantera hasta el lugar de colocación en obra tanto para el concreto como para el material pétreo, perfilado y

compactado de la superficie de apoyo al emboquillado e imprevistos necesarios para completar la partida que corresponda, a entera satisfacción del Supervisor.

#### **5.1.6 CONCRETO PARA SOLADOS. $f'c=100$ kg/cm<sup>2</sup>**

##### **5.1.6.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Los trabajos a realizar en esta partida se refieren a la fabricación y colocación del concreto simple con una resistencia a la compresión de 100 kg/cm<sup>2</sup>, que se utilizará como solado en la estructura de descarga y toda otra estructura que requiera su utilización

La calidad del concreto, los métodos para determinar su resistencia, los ensayos, las proporciones y consistencia del concreto, su mezclado y colocación, estarán en conformidad con las "Normas Técnicas de Edificación E-060 Concreto Armado" del Reglamento Nacional de Construcciones y en los aspectos no contemplados en ella, en las normas ACI 318 y ACI 301 del American Concrete Institute y en las presentes especificaciones técnicas.

##### **5.1.6.2 MEDICION Y BASES DE PAGO**

El volumen de concreto a medir, será el número de metros cúbicos de la clase estipulada, medido en sitio y aceptado por el Supervisor.

El volumen medido según lo descrito anteriormente, deberá ser pagado al precio unitario del Contrato para las partidas correspondientes, de acuerdo con las partidas indicadas en las listas de cantidades y precios, y su pago constituirá compensación completa para materiales, lavado de los mismos de ser necesario y aditivos, mezcla, vaciado, transporte de los agregados, acabado y curado y por mano de obra, beneficios sociales, herramientas, equipo mecánico e imprevistos necesarios para terminar la obra, de acuerdo con las Partidas indicadas en las listas de cantidades y precios para esta Sección

## **5.1.7 ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .**

### **5.1.7.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Esta partida comprenderá el aprovisionamiento, almacenamiento, corte, doblado y colocación de las varillas de acero para el refuerzo en las estructuras que conforma la estructura de descarga y toda otra estructura que lo requiera.

### **5.1.7.2 MATERIALES**

Las varillas para el refuerzo del concreto estructural, deberán estar de acuerdo con los requisitos AASHTO, y deberán ser probadas de acuerdo con AASHTO, en lo que respecta a las varillas N° 3 a N° 11 o conforme a las especificaciones del acero producido por SIDERPERU o ACEROS AREQUIPA del acero grado 60, según corresponda.

El alambre N° 16, para efectuar el atortolamiento, del acero de refuerzo deberá ser del tipo negro recocida.

### **5.1.7.3 MODO DE EJECUCION**

#### Colocación y Sujeción

Antes de la colocación del acero de refuerzo, se deberá revisar que las varillas deberán estar exentas de moho, suciedad, lodo, escamas sueltas, pintura, aceite o cualquier otra sustancia extraña que evite la buena adherencia entre el refuerzo y el concreto. Todo mortero seco adherido al acero deberá ser retirado.

Las varillas deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de los encofrados deberá ser mantenida mediante tirantes, soportes de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Los soportes de

metal que entren en contacto con el concreto, deberán ser galvanizados. No se permitirá el uso de guijarros, fragmentos de piedra o ladrillos quebrantados, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamentos menores de treinta centímetros (30 cm), en el cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado deberá tener un diámetro equivalente de 1.5875 ó 2.032 mm., ó calibre equivalente. No se admitirá la soldadura de las intersecciones de barras de acero.

### Traslapes y Uniones

Los traslapes de las barras de refuerzo se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Supervisor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

En los traslapes, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación y su espaciamento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto. Estos traslapes se regirán a las normas practicables en la ingeniería.

El Contratista podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society AWS D1.4.

### Doblamiento

Todas las varillas de refuerzo que requieran dobladura, deberán ser dobladas en frío, y de acuerdo con los procedimientos del Instituto Americano del Concreto. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, serán los siguientes:

- Varillas uso general, excepto elementos de amarre (estribos)  
Barras del # 3 al #8 : 6 diámetros de la barra

- Varillas en elementos de amarre (estribos)
 

Barras menores o iguales al #5	:	4 diámetros de la barra
Barras mayores al # 5	:	6 diámetros de la barra

Las varillas parcialmente empotradas en el concreto, no deberán ser dobladas salvo que se indique en los planos o se permita por otros medios. Para cortarlas y doblarlas, se deberán emplear obreros competentes y se deberán proporcionar los dispositivos adecuados para tal trabajo.

#### **5.1.7.4 CONTROLES**

Las varillas corrugadas a usar deberán tener impresas en forma clara las siglas o emblema de la empresa de la cual proceden, así como el grado a que corresponden y el diámetro nominal. Adicionalmente deberán contar con etiquetas que indiquen el lote correspondiente.

No se aceptarán las varillas que no estén identificadas o que presenten oxidación excesiva, grietas, corrosión o que al doblarse a temperatura ambiente (16 °C) se agrieten o rompan en la parte exterior de la zona doblada.

El acero de refuerzo deberá ser almacenado en forma ordenada y por encima del nivel del terreno, ya sea sobre plataformas, largueros u otros soportes adecuados, de manera que se encuentre protegido contra daños mecánicos y deterioro superficial por efectos de la intemperie y ambiente corrosivos entre otros. Asimismo, el acero no deberá estar expuesto a fenómenos atmosféricos, principalmente precipitación pluvial.

#### **5.1.7.5 MEDICION Y BASES DE PAGO**

Las varillas de refuerzo deberán ser medidas por peso (Kg.), en función del número teórico de kilogramos de material entregado y colocado en la obra, de conformidad con los planos del proyecto, las presentes especificaciones y lo ordenado por el Supervisor.



Las cantidades de materiales proporcionados y colocados se obtendrán multiplicando la suma de longitudes de las varillas de refuerzo medidas en los planos, por el peso unitario teórico del diámetro correspondiente.

Para efectos de la cuantificación de esta partida, se utilizarán los siguientes pesos unitarios:

<b>BARRA N°</b>	<b>DIAMETRO NOMINAL</b>	<b>PESO (kg/m)</b>
2	6.4 mm (1/4")	0.25
3	9.4 mm (3/8")	0.56
4	12.7 mm (1/2")	1.00
5	15.7 mm (5/8")	1.55
6	19.1 mm (3/4")	2.24
8	25.4 mm (1")	3.97

No se medirán empalmes, traslapes, soportes ni alambres de sujeción por estar incluidos en el precio unitario de la presente partida.

En caso de sustitución de barras de acero a solicitud del Contratista, no se medirá la cantidad adicional de acero que se vaya a colocar; asimismo, tampoco se medirán las varillas de acero añadidas por el Contratista por su propia conveniencia.

El acero de refuerzo  $F_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ , medido en la forma estipulada y colocada de acuerdo con esta especificación y a entera satisfacción del Supervisor, se pagará por kilogramo (kg) colocado al precio unitario del contrato para la partida correspondiente, cuyo precio y pago constituye compensación total por el abastecimiento, almacenamiento, corte, dobladura y colocación de las varillas, las mermas, desperdicios, empalmes, traslapes, alambres y soportes empleados en su colocación y sujeción, limpieza y por toda mano de obra, beneficios sociales, herramientas, equipo, ensayos de calidad de requerirse e imprevistos necesarios para completar el trabajo, a entera satisfacción del Supervisor.

## **5.1.8 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**

### **5.1.8.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Los encofrados se refieren a la habilitación de formas temporales para contener el concreto utilizado para la construcción de las diferentes estructuras que conforma la estructura de descarga. De modo que éste, al endurecer, adopte la forma indicada en los planos del proyecto, tanto en dimensiones como en su ubicación dentro de la estructura.

### **5.1.8.2 MATERIALES**

Los encofrados a utilizar pueden ser de madera, metálicos, madera laminada o fibra prensada. El encofrado no deberá presentar deformaciones, defectos, irregularidades o puntos frágiles que puedan influir en la forma, dimensión o acabado de los elementos de concreto a los que sirve de molde.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

### **5.1.8.3 MODO DE EJECUCION**

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto. Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el

Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento. Cuando el terreno natural sea rocoso, el apoyo puede realizarse directamente sobre éste.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

#### **5.1.8.4 CONTROLES**

En el momento de colocarse el concreto, la superficie de los encofrados deberá estar libre de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales indeseables que puedan contaminar el concreto o interferir con el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones relativas al acabado de las superficies. Antes de colocar el concreto, las superficies de los encofrados deberán aceitarse con un tipo de aceite producido comercialmente para tal propósito, el cual deberá impedir que el concreto se pegue a los encofrados y no deberá manchar las superficies del concreto.

Cualquier reparación o tratamiento que se requiera, deberá efectuarse inmediatamente después del desencofrado, continuándose luego con el curado especificado.

Si la temperatura se encontrase bajo 0 °C los plazos de desencofrado deberán aumentarse aproximadamente en un 50%. Sin embargo el CONTRATISTA será responsable de cualquier daño por el retiro del encofrado antes que la estructura este en condiciones de soportar su propio peso y cualquier carga ocasional.

#### **5.1.8.5 MEDICION Y BASES DE PAGO**

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado.

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con la partida correspondiente en base al precio unitario por metro cuadrado de “Encofrado y Desencofrado”. Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipo, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

#### **5.1.9 CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

##### **5.1.9.1 DESCRIPCION DE LA PARTIDA**

Los trabajos a realizar en esta partida se refieren a la fabricación y colocación del concreto armado con una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , que se utilizará en la base y los muros y demás estructuras que conforma la obra de descarga y toda otra estructura que requiera su utilización.

La calidad del concreto, los métodos para determinar su resistencia, los ensayos, las proporciones y consistencia del concreto, su mezclado y colocación, estarán en conformidad con las “Normas Técnicas de Edificación E-060 Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Construcciones y en los aspectos no contemplados en ella, en las normas ACI 318 y ACI 301 del American Concrete Institute.

El concreto se clasifica en base a la resistencia nominal a la compresión, en  $\text{Kg/cm}^2$ , a los 28 días. Por resistencia nominal a la compresión se entiende, la resistencia mínima a la

compresión de por lo menos 85% de las muestras sometidas a pruebas. Las pruebas se ejecutarán sobre probetas cilíndricas del concreto muestreado en obra, observando dimensiones de 15 cm de diámetro y de 30 cm. de alto, las que serán sometidas a ensayo de rotura.

El concreto debe tener una resistencia a los 28 días igual o mayor a la especificada para cada estructura, a menos que la Supervisión haga otra indicación de acuerdo con las condiciones de obra.

Las resistencias del concreto arriba indicadas, corresponden a un asentamiento ("Slump") entre 2" y 3" (sin aditivos en el concreto), medido de acuerdo con la Norma ASTM C-143.

La resistencia mínima a la compresión a los 7 días no deberá ser menor de 70% del valor específico de los 28 días. La tolerancia máxima de la resistencia en probetas cilíndricas aisladas será de  $\pm 10\%$ .

#### **5.1.9.2 MATERIALES**

##### Cemento.

El cemento deberá ser del tipo Portland, originario de fábricas aprobadas, despachado únicamente en sacos sellados y con marcas. La calidad del cemento Portland deberá ser equivalente a la de las Especificaciones ASTM - C 150, AASHTO, M-85, Clase V.

El cemento a usarse deberá haber sido fabricado como máximo 15 días antes de su empleo. El cemento pasado o recuperado de la limpieza de los sacos, no deberá ser usado en la obra. Todo cemento deberá ser almacenado en cobertizos o barracas impermeables y colocado sobre un piso de madera levantado del suelo. El cemento será rechazado si se convierte total o parcialmente en cemento fraguado o si contiene grumos o costras.

### Agregado Fino

El agregado fino para el concreto deberá satisfacer los requisitos AASHTO, designación M-6 y deberá estar de acuerdo con la siguiente graduación:

<b>TAMIZ</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 16	45 – 80
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 – 10

El agregado fino consistirá en arena natural u otro material inerte con características similares, sujeto a aprobación previa por el Supervisor. Será limpio, libre de impurezas, sales y materia orgánica que serán detectadas con las pruebas correspondientes. La arena será de granulometría adecuada, natural o procedente de la trituración de piedras.

### Agregado Grueso

El agregado grueso estará constituido por piedra partida, grava partida, canto rodado partido y cualquier otro material inerte aprobado con características similares o combinaciones de éstos. Deberá ser duro, con una resistencia última mayor que la del concreto en que se va a emplear, químicamente estable, durable, sin materias extrañas y orgánicas adheridas a su superficie. La cantidad de sustancias dañinas no excederá de los límites indicados en la siguiente Tabla:

<b>SUSTANCIAS</b>	<b>PORCENTAJE EN PESO</b>
Fragmento blando	5.00%
Carbón y lignito (AASHTO T – 113)	0.50% máx.
Arcilla y terrones de arcilla (AASHTO T – 112)	0.25% máx.
Materiales que pasa por la malla Nº 200	1.00%
Piezas delgadas o alargadas (longitud mayor que 5 veces el espesor promedio)	10.00%

La Durabilidad según Norma ASTM C-80 realizada con Sulfato de Sodio será como máximo 12%. La abrasión según AASHTO T – 96, no será mayor de 40%. El agregado grueso será bien graduado, dentro de los límites señalados en la designación M-80 de la AASHTO, los que se indican en el siguiente cuadro:

**TAMAÑO DE PORCENTAJE EN PESO QUE PASA POR LOS TAMICES**

<b>AGREGADO</b>	<b>2 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>1"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/8"</b>	<b>Nº 4</b>
1/2" a N 4					100	90-100	40-70	0-15
3/4" a N 4				100	95-100	--	20-55	0-10
1" a N° 4			100	95-100	--	25-60	--	0-10
1, 1/2" a N° 4		100	95-100	--	35-70	--	10-30	0-5
2" a N° 4	100	95-100	--	35-70	--	10-30	--	0-5
1/2" a 3/4"		100	90-100	20-55	0-15	0-5	--	--
2" a 1"	100	95-100	35-70	0-15	0-5	--	--	--

De preferencia, la piedra será de forma angulosa y tendrá una superficie rugosa con el fin de asegurar una buena adherencia con el concreto circundante.

Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable o de las fuentes de agua recomendadas en el estudio del Proyecto. Se utilizará aguas de otras fuentes sólo si:

Estarán limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos. El Contratista presentará con la debida anticipación los análisis y muestras para la verificación y aprobación del Supervisor.

La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida. Las sales y otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deben sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.

El contenido máximo de ion cloruro soluble en agua en el concreto no deberá exceder del 0.15% en peso del cemento (ASTM D-512)

### Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad que cumplan con la norma ASTM C-494, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla, ni representar riesgos para la armadura que tenga la estructura.

### **5.1.9.3 MODO DE EJECUCION**

#### Dosificación.

Los agregados, el cemento y el agua, deberán ser proporcionados a la mezcladora por peso, excepto cuando el Supervisor, para estructuras menores, permita la dosificación por volumen. Los dispositivos para la medición de los materiales deberán ser mantenidos limpios y deberán descargar completamente sin dejar saldos en las tolvas.

La humedad en el agregado será verificada, de igual manera que la cantidad de agua ajustada para compensar la presencia de agua en los agregados. Basado en mezclas de prueba y ensayos de compresión, el Supervisor indicará las proporciones de los materiales

#### Mezcla y Entrega

El concreto deberá ser mezclado completamente en una mezcladora de carga, de un tipo y capacidad aprobada, por un plazo no menor de 1/2 minuto después que todos los materiales, incluyendo el agua, hayan sido introducidos en el tambor. La introducción del agua deberá empezar antes de introducir el cemento y puede continuar hasta el primer tercio del tiempo de mezcla. La mezcladora deberá ser operada a la velocidad del tambor



que se muestre en la placa del fabricante fijada al aparato. El contenido completo de una tanda debe ser sacado de la mezcladora antes de empezar a introducir materiales para la tanda siguiente. Preferentemente, la máquina debe ser provista de un dispositivo mecánico que impida la adición de materiales después de haber empezado la operación de mezcla. El volumen de una tanda no deberá exceder la capacidad establecida por el fabricante.

Al suspender el mezclado por un tiempo significativo, la mezcladora será lavada completamente. Al reiniciar la operación, la primera tanda deberá tener cemento, arena y agua adicional para revestir el interior del tambor sin disminuir la proporción de mortero en la carga de mezcla.

Mezclar el concreto por métodos manuales no será permitido, sino con autorización expresa del Supervisor por escrito. Cuando sea permitido, la operación será sobre una base impermeable, mezclando primeramente el cemento y la arena en seco antes de añadir el agua. Cuando un mortero uniforme de buena consistencia haya sido conseguido, el agregado húmedo será añadido y toda la masa será batida hasta obtener una mezcla uniforme, con el agregado grueso totalmente cubierto de mortero. Las cargas de concreto mezclado a mano no deberán exceder 0.4 metros cúbicos en volumen.

### Vaciado de Concreto

Todo concreto debe ser vaciado antes que haya logrado su fraguado inicial y en todo caso dentro de 30 minutos después de su mezclado. El concreto debe ser colocado en forma que no presente segregación de las porciones finas y gruesas, deberá ser extendido en capas horizontales hasta donde sea posible. Se permitirá mezclas con mayor índice de asentamiento (slump), cuando deba llenarse de aire o burbujas. Las herramientas necesarias para asentar el concreto deberán ser provistas en cantidad suficiente para compactar cada carga antes de vaciar la siguiente y evitar juntas entre las capas sucesivas. Deberá tenerse cuidado para evitar salpicar los encofrados y acero de refuerzo antes del vaciado. Las manchas de mezcla seca deberán ser removidas antes de colocar el concreto.

Será permitido el uso de canaletas y tubos para llevar el concreto a los encofrados siempre y cuando no se separe los agregados en el tránsito. No se permitirá la libre caída de concreto a los encofrados en más 1.5 m.

La vibración o consolidación del concreto deberá realizarse por medio de vibradores a inmersión, accionadas eléctrica o neumáticamente. El vibrador debe operar en forma casi vertical. Los vibradores no deberán empotrarse rápidamente, sino que deberán dejarse penetrar en el concreto por acción de su propio peso y se retiraran lentamente para evitar la formación de cavidades.

#### **5.1.9.4 CONTROLES**

La resistencia del concreto será comprobada periódicamente. Con este fin se tomarán testigos cilíndricos de acuerdo a la norma ASTM C 3011, en la cantidad mínima de 02 (dos) testigos por cada 30 m<sup>3</sup> de concreto colocado, pero no menos de dos testigos por día para cada clase de concreto. En cualquier caso cada clase de concreto será comprobada al menos por cinco "pruebas".

La "prueba" consistirá en romper dos testigos de la misma edad y clase, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C 39. Se llamará resultado de la "prueba" al promedio de los dos valores, el cual será considerado satisfactorio, si el promedio de tres resultados consecutivos cualesquiera, es igual o mayor que  $f'c$  requerido, y cuando ningún resultado individual esté 35 kg/cm<sup>2</sup> o más, por debajo de  $f'c$  requerido.

#### Deficiencia en las pruebas

En la eventualidad que no se obtenga la resistencia especificada el Supervisor o proyectista podrá ordenar a su solo juicio, el retiro y reposición del concreto sospechoso o la ejecución de pruebas de carga.

En el caso que deban ejecutarse pruebas de cargas, éstas se ejecutarán de acuerdo a las indicaciones del proyectista, el cual establecerá los criterios de evaluación. De no obtenerse resultados satisfactorios de estas pruebas de carga, se procederá a la demolición o refuerzo de la estructura, en estricto acuerdo con la decisión del proyectista.

### Curado y Protección del Concreto

Todo concreto será curado durante un período no menor de 7 días consecutivos, mediante un método aprobado o combinación de métodos aplicables a las condiciones locales.

La integridad del sistema de curado deberá ser rígidamente mantenida, a fin de evitar pérdidas de agua perjudiciales en el concreto durante el tiempo de curado.

Si el concreto es curado con agua, deberá conservarse húmedo mediante el recubrimiento con un material aprobado, saturado de agua o con un sistema de tubería perforada, mangueras o rociadores, o con cualquier otro método aprobado que sea capaz de mantener todas las superficies permanentemente (y no periódicamente) húmedas. El agua para el curado deberá ser en todos los casos limpia y libre de cualquier elemento que, en opinión del Supervisor, pudiese causar manchas o decoloración del concreto

### **CONTROL DE CALIDAD Y FRECUENCIAS**

<b>ENSAYO</b>	<b>METODO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>LUGAR DE MUESTREO</b>
Resistencia a la compresión	AASHTO T – 22	No menos de 1 al día (1 juego / 50 m3)	En el momento del vaciado
Consistencia	AASHTO T – 119	1 por carga (volumen de un camión mezclador) En estructuras menores 1 ensayo por estructura	Al momento del vaciado Al momento del vaciado
Granulometría Agregado fino	AASHTO M – 6	1 cada 250 m3	Cantera
Granulometría Agregado grueso	AASHTO M – 80	1 cada 250 m3	Cantera
Abrasión	AASHTO T –96	1 cada 1,500 m3	Cantera
Durabilidad	ASTM C – 80	1 cada 1,500 m3	Cantera
Equivalente de Arena	ASTM D – 2419	1 cada 1,500 m3	Cantera

### **5.1.9.5 MEDICION Y BASES DE PAGO**

El volumen de concreto a medir, será el número de metros cúbicos de la clase estipulada, medido en sitio y aceptado por el Supervisor.

Solamente se medirán los trabajos que hayan sido ejecutados correctamente, de acuerdo con lo indicado en la presente especificación y a entera satisfacción del Supervisor. El volumen medido según lo descrito anteriormente, deberá ser pagado al precio unitario del Contrato para las partidas correspondientes, de acuerdo con las partidas indicadas en las listas de cantidades y precios, y su pago constituirá compensación completa para materiales, lavado de los mismos de ser necesario y aditivos, mezcla, vaciado, transporte de los agregados, acabado y curado y por mano de obra, beneficios sociales, herramientas, equipo mecánico e imprevistos necesarios para terminar la obra, de acuerdo con las Partidas indicadas en las listas de cantidades y precios para esta Sección

## **5.2 CANAL DE CORONACION**

### **5.2.1 EXCAVACION EN SUELO**

Ver ítem 3.1.1

### **5.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1 KM**

Ver ítem 2.2.2

### **5.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver ítem 2.2.3

## **5.2.4 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO**

Ver ítem 2.3.8

## **5.2.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO $f_c=210$ KG/CM<sup>2</sup>.**

Ver ítem 5.1.5

## **5.3 ESTRUCTURA DE ENTREGA**

### **5.3.1 EXCAVACION EN SUELO**

Ver ítem 3.1.1

### **5.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D = 1 KM**

Ver 2.2.2

### **5.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO**

Ver 2.2.3

### **5.3.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS**

Ver ítem 5.1.4

### **5.3.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO $f_c=210$ KG/CM<sup>2</sup>.**

Ver ítem 5.1.5

DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

1.2	CAMPAMENTOS DE OBRA			
g/b/DIA	MO	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : g/b 37,950.00

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Materiales</b>					
REHABILITACION MENOR DE CAMPAMENTO	g/b		1 0000	2,000.00	2,000.00
MOBILIARIO PARA CAMPAMENTOS	g/b		1 0000	5,000.00	5,000.00
ALQUILER DE BAÑOS QUIMICOS	mes		10 0000	120.00	1,200.00
CAMPAMENTO TIPO MULTICAMPO	mes		10 0000	2,600.00	26,000.00
SUMINISTRO ELECTRICO	mes		5 0000	300.00	1,500.00
SUMINISTRO DE AGUA	mes		5 0000	250.00	1,250.00
SUMINISTRO DE COMUNICACION	mes		5 0000	200.00	1,000.00
					37,950.00

1.3	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO			
mes/DIA	MO	0.0333	EQ. 0.0333	Costo unitario directo por : mes 3,901.97

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
TOPOGRAFO	hh	1 0000	240 2402	4.22	1,013.81
PEON	hh	2 0000	480 4805	3.30	1,585.59
					2,599.40
<b>Materiales</b>					
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2	kg		20 0000	0.80	16.00
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bls		10 0000	6.50	65.00
CAL HIDRATADA DE 30 Kg	bls		10 0000	8.00	80.00
PINTURA ESMALTE	gal		1 0000	8.50	8.50
					169.50
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2 0000	2,599.40	51.99
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	he	1 0000	240 2402	4.50	1,081.08
					1,133.07

1.4	MEJORAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO			
km/DIA	MO	0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : km 6,510.44

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0 5000	8 0000	4.83	38.64
OFICIAL	hh	2 0000	32 0000	3.67	117.44
PEON	hh	6 0000	96 0000	3.30	316.80
					472.88
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	472.88	23.64
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	1 0000	16 0000	27.00	432.00
VOLQUETE 15 m3	hm	6 0000	96 0000	29.00	2,784.00
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	16 0000	30.90	494.40
CARGADOR CAT 966D	hm	1 0000	16 0000	55.50	888.00
TRACTOR D6	hm	1 0000	16 0000	47.83	765.28
MOTONIVELADORA 125G	hm	1 0000	16 0000	40.64	650.24
					6,037.56

1.5	MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO DURANTE LA OBRA			
mes/DIA	MO	0.0333	EQ. 0.0333	Costo unitario directo por : mes 4,263.11

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0 1000	24 0240	4.83	116.04
OFICIAL	hh	0 3000	72 0721	3.67	264.50
PEON	hh	2 0000	480 4805	3.30	1,585.59
					1,966.13
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	1,966.13	98.31
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 0500	12 0120	27.00	324.32
VOLQUETE 15 m3	hm	0 0500	12 0120	29.00	348.35
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	0 0500	12 0120	30.90	371.17
CARGADOR CAT 966D	hm	0 0500	12 0120	55.50	666.67
MOTONIVELADORA 125G	hm	0 0500	12 0120	40.64	488.17
					2,296.39

2.1.1 SUMINISTRO E INSTALAC.DE TUBERIA HDPE PERFORADA D=6", INCLUIDO GEOTEXTIL						
m/DIA	MO	160.0000	EQ. 160.0000	Costo unitario directo por m	10.38	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0100	4.83	0.05	
OPERARIO	hh	2.0000	0.1000	3.92	0.39	
PEON	hh	3.0000	0.1500	3.30	0.50	
					0.94	
<b>Materiales</b>						
CODO 45° PARA TUBERIA PERFORADA HDPE 6"	und		0.0170	17.50	0.30	
TAPA PARA TUBERIA HDPE 6"	und		0.0170	0.50	0.01	
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GRM2	m2		0.5800	0.98	0.57	
YEE DE 8" X 6" PARA TUBERIA HDPE CORRUGADA	und		0.0170	38.00	0.65	
UNION PARA TUBERIA HDPE PERFORADA 6"	und		0.1700	1.60	0.27	
TUBERIA HDPE CORRUGADA PERFORADA 6"	m		1.0200	7.50	7.65	
					9.44	

2.1.2 SUMINISTRO E INSTALAC.DE TUBERIA HDPE PERFORADA D=8", INCLUIDO GEOTEXTIL						
m/DIA	MO	140.0000	EQ. 140.0000	Costo unitario directo por m	16.03	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0114	4.83	0.06	
OPERARIO	hh	2.0000	0.1143	3.92	0.45	
PEON	hh	3.0000	0.1714	3.30	0.57	
					1.08	
<b>Materiales</b>						
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GRM2	m2		0.7200	0.98	0.71	
UNION PARA TUBERIA HDPE PERFORADA 8"	und		0.1700	2.80	0.48	
TUBERIA HDPE PERFORADA 8"	m		1.0200	13.50	13.77	
					14.95	

2.1.3 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8"						
m/DIA	MO	140.0000	EQ. 140.0000	Costo unitario directo por m	16.15	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0114	4.83	0.06	
OPERARIO	hh	2.0000	0.1143	3.92	0.45	
PEON	hh	3.0000	0.1714	3.30	0.57	
					1.08	
<b>Materiales</b>						
UNION PARA TUBERIA HDPE NO PERFORADA 8"	und		0.1600	2.80	0.45	
TUBERIA HDPE NO PERFORADA 8"	m		1.0200	13.50	13.77	
CODO PARA TUBERIA HDPE 8"	und		0.0300	28.50	0.86	
					15.07	

2.1.5 CAJA DE CONCRETO						
m/DIA	MO	0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por u	4,193.39	
Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Subpartidas</b>						
CONCRETO f <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>		17.2000	107.93	1,856.44	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m <sup>2</sup>		69.5400	11.09	771.20	
ACERO DE REFUERZO	kg		780.0000	2.01	1,565.75	
					4,193.39	

2.2.1 EXCAVACION PARA SISTEMA DE DRENAJE						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.58	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0100	4.83	0.05	
PEON	hh	4.0000	0.0800	3.30	0.26	
					0.31	
<b>Equipos</b>						
MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.5000	0.0100	2.25	0.02	
EXCAVADORA 312BL	hm	1.0000	0.0200	62.50	1.25	
					1.27	

2.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	944.0000	EQ. 939.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.09	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02	
					0.02	
<b>Equipos</b>						
VOLQUETE 15 m <sup>3</sup>	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77	
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30	
					1.07	

2.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ.	800.0000	Costo unitario directo por m3	0.55

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07
					0.07
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48
				0.32	0.48

2.2.4 CAMA DE ARENA						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por m3	6.90

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0200	4.83	0.10
OPERARIO	hh	3.0000	0.3000	3.92	1.18
PEON	hh	6.0000	0.6000	3.30	1.98
					3.26
<b>Equipos</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	3.0000	0.3000	3.80	1.14
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50
					3.64

2.2.5 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GR/M2						
m2/DIA	MO	400.0000	EQ.	400.0000	Costo unitario directo por m2	1.54

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0100	4.83	0.05
OPERARIO	hh	2.5000	0.0500	3.92	0.20
PEON	hh	2.5000	0.0500	3.30	0.17
					0.41
<b>Materiales</b>					
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GR/M2	m2		1.0500	0.98	1.03
HILO PARA UNIONES COCIDAS GEOTEXTIL	rl		0.0100	10.00	0.10
					1.13

2.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D=6", INCLUIDO GEOTEXTIL						
m/DIA	MO	160.0000	EQ.	160.0000	Costo unitario directo por m	10.38

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0100	4.83	0.05
OPERARIO	hh	2.0000	0.1000	3.92	0.39
PEON	hh	3.0000	0.1500	3.30	0.50
					0.94
<b>Materiales</b>					
CODO 45° PARA TUBERIA PERFORADA HDPE 6"	und		0.0170	17.50	0.30
TAPA PARA TUBERIA HDPE 6"	und		0.0170	0.50	0.01
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GR/M2	m2		0.5800	0.98	0.57
YEE DE 8" X 6" PARA TUBERIA HDPE CORRUGADA	und		0.0170	38.00	0.65
UNION PARA TUBERIA HDPE PERFORADA 6"	und		0.1700	1.60	0.27
TUBERIA HDPE CORRUGADA PERFORADA 6"	m		1.0200	7.50	7.65
					9.44

2.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D=8", INCLUIDO GEOTEXTIL						
m/DIA	MO	140.0000	EQ.	140.0000	Costo unitario directo por m	16.03

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0114	4.83	0.06
OPERARIO	hh	2.0000	0.1143	3.92	0.45
PEON	hh	3.0000	0.1714	3.30	0.57
					1.08
<b>Materiales</b>					
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GR/M2	m2		0.7200	0.98	0.71
UNION PARA TUBERIA HDPE PERFORADA 8"	und		0.1700	2.80	0.48
TUBERIA HDPE PERFORADA 8"	m		1.0200	13.50	13.77
					14.95



2.2.8 RELLENO COMPACTADO CON GRAVA ARENOSA.						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ	80.0000	Costo unitario directo por : m3	9.75
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	4.83	0.05	
OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	3.92	0.78	
PEON	hh	2.0000	0.2000	3.30	0.66	
					1.49	
<b>Materiales</b>						
GRAVA ARENOSA	m3		1.0000	5.00	5.00	
					5.00	
<b>Equipos</b>						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2000	3.80	0.76	
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50	
					3.26	

2.2.9 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA 8"						
m/DIA	MO	140.0000	EQ	140.0000	Costo unitario directo por : m	16.15
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0114	4.83	0.06	
OPERARIO	hh	2.0000	0.1143	3.92	0.45	
PEON	hh	3.0000	0.1714	3.30	0.57	
					1.08	
<b>Materiales</b>						
UNION PARA TUBERIA HDPE NO PERFORADA 8"	und		0.1600	2.80	0.45	
TUBERIA HDPE NO PERFORADA 8"	m		1.0200	13.50	13.77	
CODO PARA TUBERIA HDPE 8"	und		0.0300	28.50	0.86	
					15.07	

2.2.10 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ	80.0000	Costo unitario directo por : m3	6.12
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0200	4.83	0.10	
OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	3.92	0.78	
PEON	hh	6.0000	0.6000	3.30	1.98	
					2.86	
<b>Equipos</b>						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2000	3.80	0.76	
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50	
					3.26	

2.3.1 EXCAVACION PARA POZA						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	500.0000	Costo unitario directo por : m3	0.95
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	4.83	0.01	
PEON	hh	4.0000	0.0400	3.30	0.13	
					0.32	
<b>Equipos</b>						
EXCAVADORA 320BL	hm	1.0000	0.0100	62.50	0.63	
					0.63	

2.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.						
m3/DIA	MO	1.500.0000	EQ	939.0000	Costo unitario directo por : m3	1.09
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02	
					0.02	
<b>Equipos</b>						
VOLQUETE 15 m3	hm	5.0000	0.0257	29.00	0.77	
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30	
					1.07	

2.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por : m3	0.56
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07	
					0.07	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00	
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48	
					0.32	0.48

2.3.4 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por m3	6.12
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0200	4.83	0.10	
OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	3.92	0.78	
PEON	hh	6.0000	0.6000	3.30	1.98	
					<b>2.86</b>	
<b>Equipos</b>						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2000	3.80	0.76	
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50	
					<b>3.26</b>	
2.3.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por m3	0.95
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	4.83	0.01	
PEON	hh	4.0000	0.0400	3.30	0.13	
					<b>0.32</b>	
<b>Equipos</b>						
EXCAVADORA 320BL	hm	1.0000	0.0100	62.50	0.63	
					<b>0.63</b>	
2.3.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (270 gr/m2)						
m2/DIA	MO	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por m2	1.47
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.6250	0.0100	4.83	0.05	
OPERARIO	hh	2.5000	0.0400	3.92	0.16	
PEON	hh	2.5000	0.0400	3.30	0.13	
					<b>0.34</b>	
<b>Materiales</b>						
GEOTEXTIL NO TEJIDO 270 GRAM2	m2		1.0500	0.98	1.03	
HILO PARA UNIONES COCIDAS GEOTEXTIL	nl		0.0100	10.00	0.10	
					<b>1.13</b>	
2.3.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm						
m2/DIA	MO	450.0000	EQ.	450.0000	Costo unitario directo por m2	4.38
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0089	4.83	0.04	
OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	3.92	0.14	
PEON	hh	4.0000	0.0711	3.30	0.23	
					<b>0.42</b>	
<b>Materiales</b>						
GEOMEMBRANA e=1.5 mm	m2		1.0200	4.50	4.59	
					<b>3.88</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.24	0.01	
EQUIPO DE TERMOFUSION	he	1.0000	0.0178	5.48	0.10	
					<b>0.08</b>	
2.3.8 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por m3	6.12
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0200	4.83	0.10	
OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	3.92	0.78	
PEON	hh	6.0000	0.6000	3.30	1.98	
					<b>2.86</b>	
<b>Equipos</b>						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2000	3.80	0.76	
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50	
					<b>3.26</b>	
3.1.1 EXCAVACION BANQUETAS						
m3/DIA	MO	1500.00	EQ.	1,500.00	Costo unitario directo por m3	0.92
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0011	4.83	0.01	
PEON	hh	2.0000	0.0107	3.30	0.04	
					<b>0.04</b>	
<b>Equipos</b>						
TRACTOR CAT D8L	hm	1.0000	0.0053	98.50	0.53	
EXCAVADORA 330BL	hm	1.0000	0.0053	85.70	0.35	
					<b>0.88</b>	

3.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.						
m3/DIA	MO	944.0000	EQ	939.0000	Costo unitario directo por m3	1.09
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1 0000	0.0053	3.67	0.02	0.02
<b>Equipos</b>						
VOLQUETE 15 m3	hm	5 0000	0.0287	29.00	0.77	
CARGADOR CAT 966D	hm	1 0000	0.0053	55.50	0.30	1.07

3.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por m3	0.56
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	hh	2 0000	0.0200	3.30	0.07	0.07
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00	
TRACTOR D6	hm	1 0000	0.0100	47.83	0.48	0.48
				0.32		0.32

3.1.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION						
m2/DIA	MO	2,500.0000	EQ	2,500.0000	Costo unitario directo por m2	0.33
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0.0016	4.83	0.01	
OPERARIO	hh	2 0000	0.0064	3.92	0.03	
PEON	hh	2 0000	0.0064	3.30	0.02	0.05
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 5000	0.0016	3.80	0.01	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	0.0032	62.50	0.20	
MOTONIVELADORA 125G	hm	0 5000	0.0016	40.64	0.07	0.27

3.1.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	500.0000	Costo unitario directo por m3	0.95
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 2000	0.0020	4.83	0.01	
PEON	hh	4 0000	0.0400	3.30	0.13	0.32
<b>Equipos</b>						
EXCAVADORA 320BL	hm	1 0000	0.0100	62.50	0.63	0.63

3.1.6 RELLENO CON ARENA COMPACTADA PARA PROTECCION DE GEOMEMBRANA						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por m3	3.15
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 1000	0.0010	4.83	0.00	
PEON	hh	2 0000	0.0200	3.30	0.07	0.07
<b>Materiales</b>						
ARENA	m3		1 0200	3.00	3.06	3.06
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 5000	0.0050	3.80	0.02	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	0.0100	62.50	0.63	0.63
					0.02	0.02

3.1.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (400 GR/M2)						
m2/DIA	MO	400.0000	EQ	400.0000	Costo unitario directo por m2	2.08
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0.0100	4.83	0.05	
OPERARIO	hh	2 5000	0.0500	3.92	0.20	
PEON	hh	2 5000	0.0500	3.30	0.17	0.41
<b>Materiales</b>						
GEOTEXTIL NO TEJIDO 400 GR/M2	m2		1 0500	1.50	1.58	1.58
HILO PARA UNIONES COCIDAS GEOTEXTIL	rl		0.0100	10.00	0.10	0.10
						1.68

3.1.8 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm						
m2/DIA	MO	450.0000	EQ	450.0000	Costo unitario directo por m2	4.38
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0 0089	4.83	0.04	
OPERARIO	hh	2 0000	0 0356	3.92	0.14	
PEON	hh	4 0000	0 0711	3.30	0.23	
					0.42	
<b>Materiales</b>						
GEOMEMBRANA e=1.5 mm	m2		1 0200	4.50	4.59	
					3.88	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	0.24	0.01	
EQUIPO DE TERMOFUSION	he	1 0000	0 0178	5.48	0.10	
					0.08	

3.1.9 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ	80.0000	Costo unitario directo por m3	6.12
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 2000	0 0200	4.83	0.10	
OPERARIO	hh	2 0000	0 2000	3.92	0.78	
PEON	hh	6 0000	0 6000	3.30	1.98	
					2.86	
<b>Equipos</b>						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2 0000	0 2000	3.80	0.76	
EXCAVADORA 312BL	hm	0 4000	0 0400	62.50	2.50	
					3.26	

3.2.1 EXCAVACION BANQUETAS						
m3/DIA	MO	1500.00	EQ	1,500.00	Costo unitario directo por m3	0.92
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 2000	0 0011	4.83	0.01	
PEON	hh	2 0000	0 0107	3.30	0.04	
					0.04	
<b>Equipos</b>						
TRACTOR CAT D&L	hm	1 0000	0 0053	98.50	0.53	
EXCAVADORA 330BL	hm	1 0000	0 0053	85.70	0.35	
					0.88	

3.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.						
m3/DIA	MO	944.0000	EQ	939.0000	Costo unitario directo por m3	1.09
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1 0000	0 0053	3.67	0.02	
					0.02	
<b>Equipos</b>						
VOLQUETE 15 m3	hm	5 0000	0 0267	29.00	0.77	
CARGADOR CAT 96D	hm	1 0000	0 0053	55.50	0.30	
					1.07	

3.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por m3	0.56
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	hh	2 0000	0 0200	3.30	0.07	
					0.07	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3 0000	0.04	0.00	
TRACTOR D6	hm	1 0000	0 0100	47.83	0.48	
					0.32	
					0.48	

3.2.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION						
m2/DIA	MO	2,500.0000	EQ	2,500.0000	Costo unitario directo por m2	0.33
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0 0016	4.83	0.01	
OPERARIO	hh	2 0000	0 0064	3.92	0.03	
PEON	hh	2 0000	0 0064	3.30	0.02	
					0.05	
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 5000	0 0016	3.80	0.01	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	0 0032	62.50	0.20	
MOTONVELADORA 125G	hm	0 5000	0 0016	40.64	0.07	
					0.27	

3.2.5 EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE						
m3/DIA	MO	900.0000	EQ	500.0000	Costo unitario directo por m3	0.95

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	4.83	0.01
PEON	hh	4.0000	0.0400	3.30	0.13
					0.32
<b>Equipos</b>					
EXCAVADORA 320BL	hm	1.0000	0.0100	62.50	0.63
					0.63

3.2.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (400 GRM2)					
m2/DIA	MO	450.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por m2	2.08

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0100	4.83	0.05
OPERARIO	hh	2.5000	0.0500	3.92	0.20
PEON	hh	2.5000	0.0500	3.30	0.17
					0.41
<b>Materiales</b>					
GEOTEXTIL NO TEJIDO 400 GRM2	m2		1.0500	1.50	1.58
HILO PARA UNIONES COCIDAS GEOTEXTIL	rl		0.0100	10.00	0.10
					1.68

3.2.7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm					
m2/DIA	MO	450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por m2	4.38

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0089	4.83	0.04
OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	3.92	0.14
PEON	hh	4.0000	0.0711	3.30	0.23
					0.42
<b>Materiales</b>					
GEOMEMBRANA e=1.5 mm	m2		1.0200	4.50	4.59
					3.88
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.24	0.01
EQUIPO DE TERMOFUSION	he	1.0000	0.0178	5.48	0.10
					0.08

3.2.8 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO					
m3/DIA	MO	80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por m3	6.12

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0200	4.83	0.10
OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	3.92	0.78
PEON	hh	6.0000	0.6000	3.30	1.98
					2.86
<b>Equipos</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2000	3.80	0.75
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0400	62.50	2.50
					3.26

4.1.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA DE ARRANQUE, EN SUELO					
m3/DIA	MO	1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por m3	0.92

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0011	4.83	0.01
PEON	hh	2.0000	0.0107	3.30	0.04
					0.04
<b>Equipos</b>					
TRACTOR CAT D8L	hm	1.0000	0.0053	98.50	0.53
EXCAVADORA 330BL	hm	1.0000	0.0053	65.70	0.35
					0.88

4.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.					
m3/DIA	MO	944.0000	EQ. 939.0000	Costo unitario directo por m3	1.09

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02
					0.02
<b>Equipos</b>					
VOLQUETE 15 m3	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30
					1.07

4.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por m3	0.56	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	hh	2 0000	0.0200	3.30	0.07	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00	
TRACTOR D6	hm	1 0000	0.0100	47.83	0.48	
				0.32	0.48	
4.1.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION						
m3/DIA	MO	2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por m3	0.33	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0.0016	4.83	0.01	
OPERARIO	hh	2 0000	0.0064	3.92	0.03	
PEON	hh	2 0000	0.0064	3.30	0.02	
					0.05	
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 5000	0.0016	3.80	0.01	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	0.0032	62.50	0.20	
MOTONIVELADORA 125G	hm	0 5000	0.0016	40.64	0.07	
					0.27	
4.1.5 CONFORMACION DE PRESA DE ARRANQUE, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)						
m3/DIA	MO	1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por m3	4.77	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 2000	0.0013	4.83	0.01	
OFICIAL	hh	1 0000	0.0067	3.67	0.02	
PEON	hh	6 0000	0.0400	3.30	0.13	
					0.16	
<b>Materiales</b>						
MATERIAL DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)	m3		1.0000	3.54	3.54	
					3.54	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.18	0.01	
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 5000	0.0033	27.00	0.09	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	2 0000	0.0133	30.90	0.41	
EXCAVADORA 312BL	hm	0 3000	0.0020	62.50	0.13	
TRACTOR D6-D 140 HP CLAMINA C/ESCAR.	hm	0 5000	0.0033	47.83	0.16	
MOTONIVELADORA 125G	hm	1 0000	0.0067	40.64	0.27	
					1.07	
4.1.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA						
m3/DIA	MO.	80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por m3	10.70	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0.0500	4.83	0.24	
PEON	hh	4 0000	0.4000	3.30	1.32	
					1.56	
<b>Materiales</b>						
ARENA GRAVOSA	m3		1.0000	5.00	5.00	
					5.00	
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 3000	0.0300	27.00	0.81	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 2-3 ton	hm	1 0000	0.1000	15.80	1.58	
BOTCAT	hm	1 0000	0.1000	17.50	1.75	
					4.14	
4.1.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE						
m3/DIA	MO	350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por m3	8.30	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0 5000	0.0114	4.83	0.06	
PEON	hh	3 0000	0.0686	3.30	0.23	
					0.28	
<b>Materiales</b>						
ARENA GRAVOSA	m3		0.6667	5.00	3.33	
GRAVA HASTA 2"	m3		0.3333	4.70	1.57	
					4.90	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.15	0.75	
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0 3000	0.0069	27.00	0.19	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1 0000	0.0229	30.90	0.71	
TRACTOR D6-D 140 HP CLAMINA C/ESCAR.	hm	0 5000	0.0114	47.83	0.55	
MOTONIVELADORA 125G	hm	1 0000	0.0229	40.64	0.93	
					3.12	

4.2.1 EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA FINAL, EN SUELO						
m3/DIA	MO	1,500.0000	EQ	1,500.0000	Costo unitario directo por : m3	0.92
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0011	4.83	0.01	
PEON	hh	2.0000	0.0107	3.30	0.04	
<b>Equipos</b>						
TRACTOR CAT D8L	hm	1.0000	0.0053	98.50	0.53	
EXCAVADORA 330BL	hm	1.0000	0.0053	65.70	0.35	
<b>0.88</b>						

4.2.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.						
m3/DIA	MO	944.0000	EQ	939.0000	Costo unitario directo por : m3	1.09
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02	
<b>Equipos</b>						
VOLQUETE 15 m3	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77	
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30	
<b>1.07</b>						

4.2.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO						
m3/DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por : m3	0.55
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00	
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48	
<b>0.32</b>						
<b>0.48</b>						

4.2.4 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION						
m3/DIA	MO	2,500.0000	EQ	2,500.0000	Costo unitario directo por : m3	0.33
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0016	4.83	0.01	
OPERARIO	hh	2.0000	0.0064	3.92	0.03	
PEON	hh	2.0000	0.0064	3.30	0.02	
<b>Equipos</b>						
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0.5000	0.0016	3.80	0.01	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0032	62.50	0.20	
MOTONIVELADORA 125G	hm	0.5000	0.0016	40.64	0.07	
<b>0.27</b>						

4.2.5 CONFORMACION DE LA PRESA FINAL, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)						
m3/DIA	MO	1,200.0000	EQ	1,200.0000	Costo unitario directo por : m3	4.77
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0013	4.83	0.01	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	3.67	0.02	
PEON	hh	6.0000	0.0400	3.30	0.13	
<b>Materiales</b>						
MATERIAL DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)	m3		1.0000	3.54	3.54	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.18	0.01	
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0.5000	0.0033	27.00	0.09	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	2.0000	0.0133	30.90	0.41	
EXCAVADORA 312BL	hm	0.3000	0.0020	62.50	0.13	
TRACTOR D6-D 140 HP CLAMINA CIESCAR.	hm	0.5000	0.0033	47.83	0.16	
MOTONIVELADORA 125G	hm	1.0000	0.0067	40.64	0.27	
<b>1.07</b>						

4.2.6 CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA						
m3/DIA	MO	80.0000	EQ	80.0000	Costo unitario directo por : m3	10.70
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	4.83	0.24	
PEON	hh	4.0000	0.4000	3.30	1.32	
<b>Materiales</b>						
ARENA GRAVOSA	m3		1.0000	5.00	5.00	
<b>5.00</b>						

Equipos					
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0.3000	0.0300	27.00	0.81
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 2-3 ton	hm	1.0000	0.1000	15.80	1.58
BOTCAT	hm	1.0000	0.1000	17.50	1.75
					4.14

4.2.7 CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE					
m3/DIA	MO	350.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por m3	8.30

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0114	4.83	0.06
PEON	hh	3.0000	0.0686	3.30	0.23
					0.28
<b>Materiales</b>					
ARENA GRAVOSA	m3		0.6667	5.00	3.33
GRAVA HASTA 2"	m3		0.3333	4.70	1.57
					4.90
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.15	0.75
CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	0.3000	0.0069	27.00	0.19
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0229	30.90	0.71
TRACTOR D6-D 140 HP CLAMINA CESCAR.	hm	0.5000	0.0114	47.83	0.55
MOTONIVELADORA 125G	hm	1.0000	0.0229	40.64	0.93
					3.12

4.2.8 CONFORMACION DEL DREN TALON					
m/DIA	MO	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por m	51.53

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Subpartidas</b>					
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HOPE Ø=6"	m		1.0000	12.50	12.50
RELLENO CON GRAVA HASTA 2"	m3		3.2500	11.52	37.44
CAMA DE ARENA	m3		0.2300	6.90	1.59
					51.53

5.1.1 EXCAVACION EN SUELO					
m3/DIA	MO	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por m3	1.29

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0160	4.83	0.08
PEON	hh	4.0000	0.0640	3.30	0.21
					0.29
<b>Equipos</b>					
EXCAVADORA 312BL	hm	1.0000	0.0160	62.50	1.00
					1.00

5.1.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.					
m3/DIA	MO	944.0000	EQ. 939.0000	Costo unitario directo por m3	1.09

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02
					0.02
<b>Equipos</b>					
VOLQUETE 15 m3	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30
					1.07

5.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO					
m3/DIA	MO	800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por m3	0.55

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07
					0.07
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48
					0.32
					0.48

5.1.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS					
m3/DIA	MO	65.0000	EQ. 65.0000	Costo unitario directo por m3	7.53

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0246	4.83	0.12
OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	3.92	0.96
PEON	hh	6.0000	0.7385	3.30	2.44
					3.52
<b>Equipos</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2462	3.80	0.94
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0492	62.50	3.08
					4.01



5.1.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'c=210 KG/CM2				
m2/DIA	MO	25.0000	EQ	25.0000	Costo unitario directo por m3 50.91

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	4.83	0.31
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	3.67	1.17
PEON	hh	4.0000	1.2800	3.30	4.22
					5.71
<b>Materiales</b>					
PIEDRA PARA MAMPOSTERIA	m3		0.6500	5.00	3.25
					3.25
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.71	0.29
					0.29
<b>Subpartidas</b>					
CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3		0.2500	115.43	28.86
MORTERO C.A:1:3	m3		0.1000	128.00	12.80
					41.66

5.1.6	CONCRETO PARA SOLADO f'c=100 Kg/cm2				
m3/DIA	MO	15.0000	EQ	18.0000	Costo unitario directo por m3 53.54

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.1067	4.83	0.52
OPERARIO	hh	2.0000	1.0667	3.92	4.18
OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	3.67	1.96
PEON	hh	10.0000	5.3333	3.30	17.60
					24.25
<b>Materiales</b>					
HORMIGON	m3		1.0300	4.00	4.12
CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 Kg)	bis		3.0800	7.50	23.10
AGUA	m3		0.2500	3.68	0.92
					28.14
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	30.32	0.61
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1.0000	0.5333	6.94	0.53
					1.14

5.1.7	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 Kg/cm2				
kg/DIA	MO	350.0000	EQ	250.0000	Costo unitario directo por kg 2.01

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	3.92	0.09
OFICIAL	hh	2.0000	0.0457	3.67	0.17
					0.26
<b>Materiales</b>					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0500	1.90	0.10
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	1.50	1.58
					1.67
<b>Equipos</b>					
CIZALLA PARA ACERO CONSTRUCCION HASTA 1"	u		0.0308	0.00	0.08
					0.08

5.1.8	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO				
m2/DIA	MO	20.0000	EQ	20.0000	Costo unitario directo por m2 11.09

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.5000	0.2000	4.83	0.97
OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	3.92	1.57
OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	3.67	1.47
PEON	hh	2.0000	0.8000	3.30	2.64
					6.65
<b>Materiales</b>					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.3000	1.10	0.33
CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA CIC DE 3"	kg		0.3100	1.10	0.34
DESMOLDANTE - SEPAROL	kg		0.0600	3.65	0.22
TRIPLAY DE 4 X 8 X 19 mm	pl		0.0500	20.80	1.04
MADERA TORNILLO INCLUYE CORTE PARA ENCOFRADO	p2		2.9000	0.75	2.18
					4.11
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.65	0.33
					0.33

5.1.9	CONCRETO Fc=210 Kg/cm <sup>2</sup>				
m <sup>3</sup> /DIA	MO	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	116.43

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	4.83	0.64
OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	3.92	5.23
OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	3.67	2.45
PEON	hh	10.0000	6.6667	3.30	22.00
					30.32
<b>Materiales</b>					
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m <sup>3</sup>		0.7500	5.00	3.75
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.6500	5.00	3.25
CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 Kg)	bis		9.0000	7.50	67.50
AGUA	m <sup>3</sup>		0.2100	3.68	0.77
					75.27
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	30.32	0.61
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	2.0000	1.3333	3.45	4.60
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1.0000	0.6667	6.94	4.63
					9.84

5.2.1	EXCAVACION EN SUELO				
m <sup>3</sup> /DIA	MO	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.29

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0160	4.83	0.08
PEON	hh	4.0000	0.0640	3.30	0.21
					0.29
<b>Equipos</b>					
EXCAVADORA 312BL	hm	1.0000	0.0160	62.50	1.00
					1.00

5.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.				
m <sup>3</sup> /DIA	MO	944.0000	EQ. 939.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.09

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02
					0.02
<b>Equipos</b>					
VOLQUETE 15 m <sup>3</sup>	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30
					1.07

5.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO				
m <sup>3</sup> /DIA	MO	800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	0.55

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07
					0.07
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48
					0.32
					0.48

5.2.4	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				
m <sup>3</sup> /DIA	MO	65.0000	EQ. 65.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	7.53

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0246	4.83	0.12
OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	3.92	0.96
PEON	hh	6.0000	0.7385	3.30	2.44
					3.52
<b>Equipos</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2462	3.80	0.94
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0492	62.50	3.08
					4.01

5.2.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'c=210 KG/CM <sup>2</sup>				
m <sup>2</sup> /DIA	MO	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por m <sup>2</sup>	50.91

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	4.83	0.31
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	3.67	1.17
PEON	hh	4.0000	1.2800	3.30	4.22
					5.71
<b>Materiales</b>					
PIEDRA PARA MAMPOSTERIA	m <sup>3</sup>		0.6500	5.00	3.25
					3.25

<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5 0000	5.71	0.29
<b>Subpartidas</b>					
CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>		0.2500	115.43	28.86
MORTERO C.A.1:3	m <sup>3</sup>		0.1000	128.00	12.80
					<b>41.66</b>

<b>5.3.1 EXCAVACION EN SUELO</b>						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	500.0000	EQ	500.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.29

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0160	4.83	0.08
PEON	hh	4.0000	0.0640	3.30	0.21
					<b>0.29</b>
<b>Equipos</b>					
EXCAVADORA 312BL	hm	1.0000	0.0160	62.50	1.00
					<b>1.00</b>

<b>5.3.2 TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1,0 Km.</b>						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	944.0000	EQ	939.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	1.09

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	3.67	0.02
					<b>0.02</b>
<b>Equipos</b>					
VOLQUETE 15 m <sup>3</sup>	hm	5.0000	0.0267	29.00	0.77
CARGADOR CAT 966D	hm	1.0000	0.0053	55.50	0.30
					<b>1.07</b>

<b>5.3.3 ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO</b>						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	800.0000	EQ	800.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	0.55

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>					
PEON	hh	2.0000	0.0200	3.30	0.07
					<b>0.07</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00
TRACTOR D6	hm	1.0000	0.0100	47.83	0.48
					<b>0.32</b>
					<b>0.48</b>

<b>5.3.4 RELLENO DE ESTRUCTURAS</b>						
m <sup>3</sup> /DIA	MO	65.0000	EQ	65.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	7.53

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0246	4.83	0.12
OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	3.92	0.96
PEON	hh	6.0000	0.7385	3.30	2.44
					<b>3.52</b>
<b>Equipos</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	2.0000	0.2462	3.80	0.94
EXCAVADORA 312BL	hm	0.4000	0.0492	62.50	3.08
					<b>4.01</b>

<b>5.3.5 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO <math>f_c=210</math> KG/CM<sup>2</sup></b>						
m <sup>2</sup> /DIA	MO	25.0000	EQ	25.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>	50.91

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.2000	0.0640	4.83	0.31
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	3.67	1.17
PEON	hh	4.0000	1.2800	3.30	4.22
					<b>5.71</b>
<b>Materiales</b>					
PIEDRA PARA MAMPOSTERIA	m <sup>3</sup>		0.6500	5.00	3.25
					<b>3.25</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.71	0.29
					<b>0.29</b>
<b>Subpartidas</b>					
CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>		0.2500	115.43	28.86
MORTERO C.A.1:3	m <sup>3</sup>		0.1000	128.00	12.80
					<b>41.66</b>

## PRESUPUESTO

## DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES BELLA UNION

Costo al 01/04/2009

Lugar: BELLA UNION - CARAVELI - AREQUIPA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio U\$	Parcial U\$
<b>1.0</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>186,111.29</b>
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	60,000.00	60,000.00
1.2	CAMPAMENTOS DE OBRA	glb	1.00	37,950.00	37,950.00
1.3	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO	mes	10.00	3,901.97	39,019.70
1.4	MEJORAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO	km	1.00	6,510.44	6,510.44
1.5	MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO DURANTE LA OBRA	mes	10.00	4,263.11	42,631.15
<b>2.0</b>	<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>				<b>76,237.61</b>
<b>2.1</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS SUPERIOR</b>				<b>16,650.97</b>
2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INCLUIDO GEOTEXT	m	356.00	10.38	3,696.13
2.1.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INCLUIDO GEOTEXT	m	210.43	16.03	3,373.58
2.1.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8".	m	128.88	16.15	2,081.72
2.1.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 18"	m	58.53	56.49	3,306.13
2.1.5	CAJA DE CONCRETO	und	1.00	4,193.39	4,193.39
<b>2.2</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS INFERIOR</b>				<b>31,382.49</b>
2.2.1	EXCAVACION PARA EL SISTEMA DE DRENAJE.	m3	1,161.07	1.58	1,840.06
2.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D =1.0 Km.	m3	1,335.23	1.09	1,453.94
2.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	1,335.23	0.55	728.37
2.2.4	CAMA DE ARENA.	m3	100.06	6.90	690.43
2.2.5	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO (270 gr/m2).	m2	3,737.15	1.54	5,748.85
2.2.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 6" INCLUIDO GEOTEXT	m	356.00	10.38	3,696.13
2.2.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA D = 8" INCLUIDO GEOTEXT	m	210.43	16.03	3,373.58
2.2.8	RELLENO COMPACTADO CON GRAVA ARENOSA.	m3	1,061.01	9.75	10,344.83
2.2.9	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE NO PERFORADA D = 8".	m	128.88	16.15	2,081.72
2.2.10	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO.	m3	232.75	6.12	1,424.57
<b>2.3</b>	<b>POZA COLECTORA DE AGUAS DE INFILTRACION.</b>				<b>28,204.15</b>
2.3.1	EXCAVACION PARA POZA.	m3	6,388.67	0.95	6,037.29
2.3.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	7,346.97	1.09	8,000.17
2.3.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	7,346.97	0.55	4,007.77
2.3.4	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	121.88	6.12	745.98
2.3.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	36.20	0.95	34.21
2.3.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (270 gr/m2.)	m2	1,547.61	1.54	2,383.32
2.3.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm.	m2	1,547.61	4.38	6,773.86
2.3.8	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	36.20	6.12	221.54
<b>3.0</b>	<b>VASO DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>425,827.27</b>
<b>3.1</b>	<b>ETAPA INICIAL</b>				<b>206,962.62</b>
3.1.1	EXCAVACION BANQUETAS	m3	29,249.76	0.92	26,795.28
3.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	33,637.22	1.09	36,627.80
3.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	33,637.22	0.55	18,349.11
3.1.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	14,187.63	0.33	4,611.55
3.1.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	127.77	0.95	120.74
3.1.6	RELLENO CON ARENA COMPACTADA PARA PROTECCION DE GEOMEMBRANA	m3	1,123.12	3.15	3,537.65
3.1.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)	m2	17,974.54	2.08	37,464.33
3.1.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm	m2	17,974.54	4.38	78,674.16
3.1.9	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	127.77	6.12	782.01
<b>3.2</b>	<b>ETAPA FINAL</b>				<b>218,864.65</b>
3.2.1	EXCAVACION BANQUETAS	m3	20,760.26	0.92	19,018.17
3.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	23,874.30	1.09	25,996.88
3.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	23,874.30	0.55	13,023.43
3.2.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	19,039.77	0.33	6,188.69
3.2.5	EXCAVACION ZANJAS DE ANCLAJE	m3	315.39	0.95	298.04
3.2.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL (400 gr/m2)	m2	23,588.07	2.08	49,164.61
3.2.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE e=1.5 mm	m2	23,588.07	4.38	103,244.48
3.2.8	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	315.39	6.12	1,930.35
<b>4.0</b>	<b>CONSTRUCCION DE LA PRESA</b>				<b>2,473,408.98</b>
<b>4.1</b>	<b>PRESA DE ARRANQUE</b>				<b>543,437.08</b>
4.1.1	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA DE ARRANQUE, EN SUELO	m3	37,181.82	0.92	34,061.72
4.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	42,759.10	1.09	46,560.67
4.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	42,759.10	0.55	23,325.09
4.1.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	46,250.86	0.33	15,033.38
4.1.5	CONFORMACION DE PRESA DE ARRANQUE, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA)	m3	77,782.52	4.77	371,043.88
4.1.6	CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA	m3	1,329.99	10.70	14,232.89
4.1.7	CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE	m3	4,721.29	8.30	39,179.46

<b>4.2</b>	<b>PRESA FINAL</b>				<b>1,929,971.89</b>
4.2.1	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE LA PRESA FINAL, EN SUELO	m3	81,104.80	0.92	74,298.92
4.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	93,270.52	1.09	101,562.89
4.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	93,270.52	0.55	50,879.07
4.2.4	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE EXCAVACION	m2	25,389.13	0.33	8,252.48
4.2.5	CONFORMACION DE LA PRESA FINAL, CON MAT. DE PRESTAMO (GRAVA LIMOSA )	m3	302,496.66	4.77	1,442,991.77
4.2.6	CONFORMACION DEL DREN TIPO CHIMENEA	m3	5,694.30	10.70	60,937.59
4.2.7	CONFORMACION DEL BLANKET FILTRANTE	m3	20,483.17	8.30	169,978.73
4.2.8	CONFORMACION DEL DREN TALON	m	408.92	51.53	21,070.45
<b>5.0</b>	<b>OBRAS HIDRAULICAS</b>				<b>68,606.59</b>
<b>5.1</b>	<b>ESTRUCTURA DE DESCARGA</b>				<b>13,257.85</b>
5.1.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	368.60	1.29	475.50
5.1.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	423.89	1.09	461.58
5.1.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	423.89	0.55	231.23
5.1.4	RELLENO DE ESTRUCTURAS	m3	5.54	7.53	41.73
5.1.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	29.31	50.91	1,491.86
5.1.6	CONCRETO PARA SOLADO f <sub>c</sub> =100 Kg/cm <sup>2</sup>	m3	8.73	53.54	467.28
5.1.7	ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	2,307.53	2.01	4,632.06
5.1.8	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m <sup>2</sup>	137.65	11.09	1,526.50
5.1.9	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>2</sup>	m3	34.05	115.43	3,930.10
<b>5.2</b>	<b>CANAL DE CORONACION</b>				<b>52,813.53</b>
5.2.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	12,157.30	1.29	15,682.91
5.2.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	13,980.89	1.09	15,223.89
5.2.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO	m3	13,980.89	0.55	7,626.58
5.2.4	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2.82	7.53	21.22
5.2.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	280.10	50.91	14,258.94
<b>5.3</b>	<b>ESTRUCTURA DE ENTREGA</b>				<b>2,535.21</b>
5.3.1	EXCAVACION EN SUELO	m3	327.69	1.29	422.72
5.3.2	TRANSPORTE DE EXCEDENTES DE EXCAVACION A BOTADERO D=1.0 Km.	m3	376.84	1.09	410.34
5.3.3	ACONDICIONAMIENTO DE EXCEDENTES EN BOTADERO.	m3	376.84	0.55	205.57
5.3.4	RELLENO DE ESTRUCTURAS	m3	0.63	7.53	4.72
5.3.5	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	29.31	50.91	1,491.86
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>3,230,191.74</b>
<b>IMPREVISTOS 10% C.D.</b>					<b>323,019.17</b>
<b>UTILIDAD 10% C.D.</b>					<b>323,019.17</b>
<b>SUB TOTAL PRESUPUESTO US\$</b>					<b>3,876,230.08</b>
<b>IGV 19% ST</b>					<b>736,483.72</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO US\$</b>					<b>4,612,713.80</b>

