



# **Escuela Superior Politécnica del Litoral**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“Estudios y Diseños de la Presa de Embalse  
del Parque del Conocimiento - ESPOL”**

### **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentada por:

**Paúl Efrén González Zambrano  
Rodrigo Aníbal Carrión Rodríguez**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2009**

---

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos aquellos que depositaron, su confianza en mí, destacando entre ellos a Mamá, Paúl, Ing. Miguel Ángel Chávez M. y todos mis compañeros en mi formación humana y profesional.

---

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a un gran grupo de amigos que hice durante mi carrera Universitaria (Rodrigo, Juan, Geovanny, Karen, Miguel, Adriana, Victor, Moises, Henry A, Karla A. Patricia G.), demostraron ser unas grandes personas y finalmente a CID CAMPEADOR un legado que dejó nuestra generación.

---

## **DEDICATORIA**

**Dedicado para quien ha sido mi inspiración día a día, Ingrid Rodríguez, mi madre, a mis amigos, quienes me acompañaron a estar donde estoy y a quien me enseñó, a amar a alguien más, como así mismo.**

---

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Ing. MsC. Gastón Proaño**  
**SUBDECANO DE LA FICT**  
**PRESIDENTE**



---

**Ing. MsC. Miguel A. Chávez M.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Ing. Marco Suarez**  
**1° VOCAL**

---

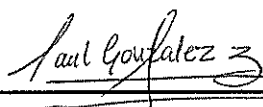
**Ing. Eduardo Santos B.**  
**2° VOCAL**

---

## DECLARACIÓN EXPRESA

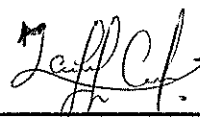
**“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”**

**(Reglamento de Graduación de la ESPOL).**



---

**Paúl E. González Zambrano**



---

**Rodrigo A. Carrión Rodríguez**

---

## RESUMEN

La presente tesis tiene como principal objetivo los estudios y diseños de la Presa de embalse que será parte del proyecto Parque del Conocimiento.

El campus politécnico tiene un área aproximada de 720,37 ha, de estas unas 70,45 ha han sido utilizadas en la infraestructura actualmente existente. El proyecto de Presa, luego de los correspondientes análisis y estudios ha sido ubicado en la parte oriental del predio, lindando con la vía Perimetral. La construcción del embalse involucra aproximadamente 20 ha del terreno del campus con lo cual se dispondrá de un hermoso lago cuya función principal es el paisajismo que a la vez permitirá la construcción de las diferentes edificaciones del Parque del Conocimiento.

La Presa de embalse constituye además una solución a los graves problemas de erosión que están ocurriendo en la actualidad en el área del

---

proyecto, que afectan directamente a sectores habitados que están asentados aguas abajo del campus politécnico.

La Presa diseñada es de tierra, tipo zonada con espaldones de rocas areniscas y limolitas meteorizadas, núcleo impermeable de arcilla, filtros-drenes y protección de enrocado; incluye también un vertedor que se construirá en la margen izquierda del Vaso. Han sido importantes los análisis que se han efectuado del embalse actualmente existente ubicado a menos de 1.4 km del proyecto estudiado.

Las características generales de la Presa son las siguientes: Altura de Presa 20 m, longitud de eje 297 m y capacidad de embalse 1250000 m<sup>3</sup>, siendo el embalse de mayor capacidad que es posible construir en el Campus Politécnico "Gustavo Galindo Velasco".

Para elaborar la presente tesis se ha partido de un plan de trabajo que se inició con un reconocimiento detallado de campo, estudios geológicos, topográficos e hidrológicos, ensayos insitu de laboratorio, análisis hidráulicos, análisis geotécnicos y diseño de la Presa y vertedor.

---



La presente tesis está relacionada a otras 5 tesis de la Facultad ICT que han sido efectuadas para el proyecto Parque del Conocimiento.

---

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII

### CAPITULO 1

#### 1. INTRODUCCION

1.1. Generalidades.....	1
1.2. Ubicación general del proyecto.....	3

### CAPITULO 2

#### 2. ESTUDIOS ANTERIORES DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRICOS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO VELASCO.

2.1. Descripción de estudios anteriores.....	6
2.2. Análisis de la información existente.....	8

---

### CAPITULO 3

#### 3. INVESTIGACIONES PRELIMINARES

3.1. Objetivos.....	11
3.2. Visitas de campo iniciales.....	13
3.3. Primeros resultados obtenidos.....	17
3.4. Estudios topográficos.....	19
3.5. Determinación de los aspectos y parámetros iniciales.....	21

### CAPITULO 4

#### 4. ESTUDIOS GEOLÓGICOS.

4.1. Geología general.....	23
4.2. Geología local.....	24
4.2.1. Geomorfología.....	24
4.2.2. Mapeo geológico.....	25
4.2.3. Aspectos de interés de la geología estructural.....	26

### CAPITULO 5

#### 5. ESTUDIOS GEOTECNOCOS

5.1. Prospección geofísica.....	28
---------------------------------	----

---

5.2. Prospección geomecánica y muestreo.....	30
5.3. Ensayos In situ y de laboratorio.....	31
5.4. Caracterización de los materiales de construcción.....	37
5.5. Localización de las áreas de préstamo.....	38
5.6. Análisis geotécnicos.....	40

## CAPITULO 6

### 6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS.

6.1. Recopilación y clasificación de datos.....	46
6.2. Estudio de la cuenca de drenaje.....	48
6.2.1. Área de la cuenca.....	48
6.2.2. Pendiente de la cuenca.....	52
6.2.3. Red de drenaje.....	53
6.3. Determinación de la precipitación máxima de diseño.....	58
6.4. Determinación de los caudales de diseño.....	62
6.4.1. Método racional.....	68
6.4.2. Método sintético.....	72
6.5. Determinación de la máxima cota de embalse.....	79
6.6. Volumen de embalse.....	81

## CAPITULO 7

### 7. DISEÑO DE LA PRESA.

---

7.1. Determinación del eje de Presa.....	84
7.2. Selección del tipo de Presa.....	86
7.2.1. Selección del tipo de Presa de Tierra.....	88
7.3. Diseño de la sección típica.....	92
7.3.1. Alternativas de diseño.....	92
7.3.2. Análisis de estabilidad.....	99
7.3.3. Diseño definitivo.....	109
7.4. Cimentación de la Presa.....	112
7.4.1. Análisis de filtraciones.....	113
7.4.2. Soluciones para controlar las infiltraciones.....	120

## CAPITULO 8

### 8. DISEÑO DE LA OBRA DE EXCEDENCIA

8.1. Determinación de la cota del vertedor.....	124
8.2. Ubicación del eje del vertedor.....	125
8.3. Diseños del aliviadero.....	126
8.3.1. Canal de aproximación.....	126
8.3.2. Estructura de control.....	127
8.3.2.1. Selección del tipo de vertedor.....	127
8.3.3. Canal de Descarga (Rápida).....	142
8.3.4. Estructura terminal o dissipador de energía.....	147
8.3.5. Canal revestido y de descarga excavado.....	149

---

CAPITULO 9

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.1. Conclusiones.....	151
9.2. Recomendaciones.....	154

ANEXOS

PLANOS

BIBLIOGRAFIA

---

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.2.1</b>	Imagen satelital del Campus Politécnico "Gustavo Galindo Velasco".....	3
<b>Figura 3.3.1</b>	Morfología del terreno año 2002.....	17
<b>Figura 3.3.2</b>	Morfología del terreno en la actualidad.....	18
<b>Figura 5.1.1</b>	Disposición de los electrodos para el sondaje geofísico Schlumberger.....	29
<b>Figura 5.3.1</b>	Presencia de lutitas , limolitas y areniscas en el vaso de la Presa.....	33
<b>Figura 5.5.1</b>	Toma de muestra de arcilla para ensayos.....	39
<b>Figura 5.5.2</b>	Toma de muestra de material granular para los espaldones, área de terrazas para construcción del PARCON-ESPOL.....	40
<b>Figura 5.6.1</b>	Deslizamientos de cuñas en lado izquierdo del vaso principal.....	43
<b>Figura 6.2.1.1</b>	Cuencas hidrográficas del Campus "Gustavo Galindo Velasco".....	48

---

<b>Figura 6.2.1.2</b>	<b>Cuencas de Drenaje en el Campus "Gustavo Galindo Velasco".....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 6.2.3.1</b>	<b>Red de drenaje de la cuenca en del Proyecto.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.4.1</b>	<b>Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia).....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 6.4.2.1</b>	<b>Hidrograma de escorrentía directa.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 6.6.1</b>	<b>Curvas de volumen de embalse y Areas de inundacion.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 6.6.2</b>	<b>Curva de volumen de embalse.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 7.1.1</b>	<b>Eje de implantación de la Presa.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 7.2.1.1</b>	<b>Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 7.2.1.2</b>	<b>Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 7.2.1.3</b>	<b>Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 7.3.2.1</b>	<b>Fuerzas actuantes en una dovela.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 7.3.2.2</b>	<b>Cálculo iterativo de los planos de falla.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 7.3.2.3</b>	<b>Parámetros a considerar, definición del nivel freático.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 7.3.2.4</b>	<b>Programa en el proceso de cálculo del factor de seguridad.....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 7.3.2.5</b>	<b>Resultados del proceso de cálculo.....</b>	<b>108</b>

---



<b>Figura 7.3.3.1</b>	<b>Sección típica de la Presa.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 7.4.1</b>	<b>Imagen del empotramiento derecho de la Presa.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 7.4.1.1</b>	<b>Redes de Flujo en el Cuerpo de la Presa.....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 7.4.1.2</b>	<b>Infiltraciones en el sistema de fracturas del terreno de fundación.....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 7.4.2.1</b>	<b>Vista en planta del proceso de inyección de la pantalla de intersección del flujo.....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 7.4.2.1</b>	<b>Sección del proceso de inyección de la pantalla de intersección del flujo.....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 8.2.1</b>	<b>Eje de implantación del Aliviadero.....</b>	<b>125</b>
<b>Figura 8.3.1.1</b>	<b>Sección del canal de aproximación.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 8.3.2.1.1</b>	<b>Sección del vertedor de Cimacio.....</b>	<b>141</b>
<b>Figura 8.3.2.1.2</b>	<b>Curva compuesta para la sección de control aguas arriba.....</b>	<b>142</b>
<b>Figura 8.3.3.1</b>	<b>Sección del canal de descarga.....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 8.3.5.1</b>	<b>Sección del canal revestido.....</b>	<b>149</b>
<b>Figura 8.3.5.2</b>	<b>Sección del canal excavado.....</b>	<b>150</b>

---

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.2.3.1</b> Sistemas de fracturas que atraviesan el eje de la Presa.....	27
<b>Tabla 5.3.1</b> Resultados de ensayos de permeabilidad realizados en la Presa construida y Presa parque del conocimiento (2002).....	31
<b>Tabla 5.4.1</b> Propiedades de los resultados producto de los ensayos de laboratorio.....	38
<b>Tabla 6.2.1</b> Áreas de cuencas de drenaje del Campus.....	49
<b>Tabla 6.4.1</b> Parámetros estadísticos empleados en el método Gumbel tipo I.....	63
<b>Tabla 6.4.2</b> Precipitaciones máximas esperadas en 24 horas para diferentes periodos de retorno T en años.....	64
<b>Tabla 6.4.3</b> Intensidades de lluvia en función de la duración y el periodo de retorno.....	66
<b>Tabla 6.4.1.1</b> Coeficientes de escorrentía para los diferentes usos	

---

de suelo.....	69
<b>Tabla 6.4.1.2</b> Ponderación del coeficiente de escorrentía en base a las condiciones del terreno de la cuenca en estudio.....	70
<b>Tabla 6.4.1.3</b> Calculo de caudales por el método racional.....	71
<b>Tabla 6.4.2.1</b> Estimación del Umbral de escorrentía Inicial $P_o$ (mm).....	73
<b>Tabla 6.4.2.2</b> Hidrograma adimensional del SCS (Soil Conservation Service).....	77
<b>Tabla 6.6.1</b> Cálculo del volumen de embalse y área de inundación.....	81
<b>Tabla 7.3.1.1</b> Taludes recomendados para pequeñas presas de tierra del tipo heterogéneo sobre cimientos estables.....	93
<b>Tabla 5.4.1</b> Propiedades de los resultados producto de los ensayos de laboratorio.....	104
<b>Tabla 7.3.2.1</b> Aceleraciones Sísmicas.....	104
<b>Tabla 8.3.2.1.1</b> Parámetros de Diseño.....	130
<b>Tabla 8.3.2.1.2</b> Resumen de Iteraciones de vertedor de pared delgada...	131
<b>Tabla 8.3.2.1.3</b> Iteraciones de vertedor de pared delgada.....	132
<b>Tabla 8.3.2.1.4</b> Iteraciones de vertedor de pared gruesa.....	134

---

<b>Tabla 8.3.2.1.5</b> Parámetros del diseño óptimo del vertedor de cimacio.....	139
<b>Tabla 8.3.3.1</b> Diseño de sección de la rápida.....	146

---

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral dispone de un amplio campus. El campus "Gustavo Galindo Velasco". Se encuentra localizado en el Km 30.5 de la vía Perimetral de Guayaquil, el sector más conocido como la Prosperina y está compuesto en su totalidad por 720.37 ha de terreno, divididas en dos cuerpos de terreno, separados por la Vía Perimetral.

El territorio de la ESPOL, constituye un cuerpo alargado en sentido Este-Oeste, que limita al Norte con los terrenos particulares y

---

asentamientos poblacionales pro invasión; al sur con la cima de Cerro Azul, con terrenos particulares y el colegio Blue Hill; al Este, con la vía perimetral y el asentamiento urbano denominado Lomas de la Proserpina; y al Oeste, con elevaciones del Cerro Azul hasta la cima, que alcanza los 450m.s.n.m.

En el cuerpo de mayor superficie de terreno se encuentra actualmente desarrollada la infraestructura que incluye las diferentes Unidades Académicas: Institutos de ciencias Básicas, Facultades, Institutos de Tecnologías e Institutos de Investigación.

Para el funcionamiento de los mencionados centros, se han construido obras de infraestructura básica para la dotación de agua potable, tratamiento de aguas servidas, energía eléctrica, interconexiones electrónicas, etc.

Desde 1990 está funcionando el primer embalse, logrado con la construcción de una Presa de 20m de altura, que forma un lago de casi 400.000m<sup>3</sup> de agua. La corona de la Presa sirve también de

---

puente que permite una vía de tránsito e interconexión entre los diferentes centros y organismos de la ESPOL.

## 1.2. Ubicación Generales del Campus y Proyecto.



**Figura 1.2.1** Imagen satelital del Campus Politécnico "Gustavo Galindo Velasco"  
Fuente: Google Earth.

Entre la autopista denominada vía Perimetral y el área actualmente desarrollada del Campus existen aproximadamente unas 200has. de terreno que han sido utilizadas en un pequeño porcentaje.

Con esta ventaja potencial se deriva la implementación de un gran proyecto, denominado "Parque del Conocimiento", que comprende la construcción de diversas edificaciones en las cuales funcionarán centros de investigaciones de tecnología avanzada, además contará con vías de ingreso. Todo este polo de desarrollo científico estará rodeado de un gran lago, el más grande del área urbana de Guayaquil.

Los autores de la presente tesis fueron partícipes, en calidad de asistentes técnicos, del Proyecto de estudios y diseños de la Presa en el Parque del Conocimiento, dirigido y ejecutado bajo la responsabilidad técnica del Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, Profesor de la Facultad ICT, quien a la vez fue encargado de esta misión por el Honorable Consejo Politécnico. El CICYT que fue el organismo encargado de supervisar el proyecto, financió la ejecución de seis tesis de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la ESPOL, una de las cuales es el presente trabajo.

En el plano PPC 1, se muestra la localización del área destinada a la ejecución de los estudios y diseños de la segunda Presa de embalse, en la parte oriental del predio de propiedad de la ESPOL. El terreno de

---



interés se dispone en forma aproximadamente paralela y bordeando al recorrido de la vía Perimetral.

# **CAPITULO 2**

## **2. ESTUDIOS ANTERIORES DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRICOS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO VELASCO.**

### **2.1. Descripción de estudios anteriores**

La ESPOL ha realizado varios estudios relacionados al desarrollo de la infraestructura de su principal Campus, denominado "Gustavo Galindo Velasco".

Los primeros estudios tienen que ver con el diseño destinado a la construcción, en la década de los noventa, de las Unidades Académicas, los edificios del Gobierno Central y de Las Tecnologías, todo lo cual está actualmente funcionando. Entre el 2002 y el 2008,

---

se han construido numerosas obras, ampliando el área desarrollada del campus Gustavo Galindo.

En lo referente al tema de la presente Tesis, los trabajos más relevantes son los siguientes:

Los estudios y diseños para la construcción de la Presa 1 efectuados en el año 1985 por el Docente, Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, obra que fue construida dos años después y que está operando.

En 1999, la Facultad ICT efectuó para la Unidad de Planificación el trabajo denominado: "Aprovechamiento integral de los terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco".

En el año 2002 el Profesor Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, presentó a la unidad de Planificación de la ESPOL, los primeros estudios y diseños de la Presa en el Parque de las Ciencias que en la actualidad pasó a designarse como Parque del Conocimiento.

---

## 2.2. Análisis de la información existente

En relación a los estudios realizados para construir las obras de infraestructura institucional, tal es el caso de las diferentes edificaciones, proporcionan una información técnica puntual o de los sitios utilizados, la mayoría de las obras han sido construidas entre las cotas 80 y 100 del terreno del Campus.

Los estudios, diseños y la construcción de la primera Presa constituyen la información más importante para la presente tesis ya que se trata de una obra real en la cual se puede evaluar un adecuado comportamiento en casi 20 años de operación. La importancia estriba por estar a corta distancia al proyecto, porque se encuentra en la misma formación geológica, los caudales de aguas lluvias que se generan son comparables, en los dos casos, y que los materiales para construir el cuerpo de la Presa, disponibles, son prácticamente los mismos.

Los estudios para el Aprovechamiento integral de los terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco constituyen una amplia y a la vez específica información destinada a la presente tesis. Tal es

---

el caso de la topografía general y linderos del predio, las subcuencas hidrográficas, las formaciones geológicas rocosas, las áreas estables e inestables, los materiales de construcción terrígenos, las áreas forestadas y deforestadas, además de otras especies bióticas. También consta la implantación de las diferentes obras construidas, vías de acceso, el lago y otras obras.

✧ Algunos de los principales objetivos del estudio son los siguientes:

- Determinar la línea base ambiental como punto base de partida para las acciones de aprovechamiento territorial del Campus;
  - Cuantificar los recursos hídricos;
  - Caracterizar los terrenos y determinar sus aptitudes para la construcción;
  - Determinar la ubicación y características de las nuevas obras de infraestructura para desarrollar el Campus;
  - Proponer adecuaciones en el funcionamiento de la infraestructura actual;
  - Proponer un plan de manejo territorial y ambiental del Campus.
-

En lo concerniente a los primeros estudios y diseños efectuados en el 2002 para la Presa en el proyecto Parque del Conocimiento, fueron efectuados en las condiciones naturales del área, es decir, las quebradas, confluencias de esteros, hondonadas y partes planas donde se encontraban los préstamos de suelo, que no habían sido modificadas. Al haberse realizado gran cantidad de cambios tanto en la topografía como en el sistema de drenaje y en general en equilibrio natural del sector, debido a una explotación pétreo indiscriminada y sin ningún control técnico, se debieron efectuar nuevos estudios y diseños.



## **CAPITULO 3**

### **3. INVESTIGACIONES PRELIMINARES**

#### **3.1 Objetivos**

Estudiar las nuevas condiciones topográficas del terreno destinado al proyecto.

Analizar las nuevas condiciones geotécnicas en función de: las modificaciones realizadas, aprovechando la gran cantidad de afloramientos y mediante prospección geotécnica. Trabajo a realizarse en el sector de Presa, cimentación, empotramientos, vaso y en las áreas de préstamo y canteras de los materiales de construcción.

Estudiar las nuevas condiciones de la sub cuenca de drenaje, áreas de aportación y quebradas, utilizando una información meteorológica actualizada.

---

Analizar nuevos emplazamientos de la Presa y elegir el sitio definitivo.

Determinar el nuevo emplazamiento de la obra de excedencia

Efectuar el análisis hidráulico de la nueva Presa y su Aliviadero, en operación y la cota de máximo embalse.

Diseñar el cuerpo de la Presa con sus características geométricas y los elementos constitutivos, tales como: corona, espaldones, bermas, núcleo impermeable, filtros y enrocado de protección.]

Efectuar los análisis de estabilidad para las condiciones de Presa construida y Presa funcionando, considerando para ello las aceleraciones sísmicas horizontales y verticales, más probables.

Realizar los planos y perfiles detallados mostrando los diseños del cuerpo de Presa y Aliviadero.

### **3.2 Visitas de campo iniciales.**

Se realizaron salidas de campo para los meses de septiembre y octubre del año 2008 en el área destinada al proyecto. Se constataron grandes modificaciones de las formas naturales, tanto por la

---



eliminación total de las áreas verdes, el suelo arcilloso vegetal, las capas de suelos impermeables, así como la eliminación de grandes volúmenes de roca.

En los dos o tres años anteriores se había iniciado la extracción pétreo en casi toda el área que en el "Estudio de Aprovechamiento Integral del Campus Gustavo Galindo" fue destinada al proyecto de Presa. Se eliminaron grandes volúmenes de roca en los sectores que eran parte de los empotramientos de la Presa y también del Vertedor, en los primeros estudios y diseños.

Otros sectores vinculados a las quebradas de drenaje y el área de reservorio también fueron afectados con el intenso movimiento de tierras realizado, grandes volúmenes de suelo mezclados con capas de roca meteorizada se encontraron depositados en un tramo de por lo menos 500m de la quebrada principal, es decir, del estero que hace la mayor aportación y que además constituye el área de Presa.

Se constató que la explotación pétreo realizada había dejado taludes visiblemente inestables, tanto en el sitio de Presa como en el área de vaso.

---

Uno de los aspectos que se constataron, en varias oportunidades y que son los más impactantes constituye el hecho de que el área de explotaciones pétreas, también se había transformado en sitio de botadero de basura proveniente de diferentes sectores de la ciudad. La basura que ha estado siendo amontonada, en varios sitios, es principalmente desechos inorgánicos, que incluyen abundantes materiales de desalojo y demoliciones.

En el recorrido de campo también se observó la descarga de aguas servidas, medianamente tratadas, a la quebrada principal, que a la vez constituye la mayor cavidad del embalse y que se constituirá en lago. Debido a la forma como funciona un embalse dicha descarga es indudablemente contaminante y por tanto no es admisible.

En el recorrido por las quebradas que están aguas abajo del sitio de Presa se constató que la escorrentía involucra procesos de erosión de los materiales sueltos y sedimentación en el cauce. Esta situación afecta directamente a las alcantarillas y en general al drenaje de las aguas, pudiendo causar problemas de azolvamiento, taponamiento e inclusive inundaciones en las partes más bajas, comprometiendo la seguridad de los pobladores que habitan los sectores por donde debe

---

pasar la descarga de aguas (y gran cantidad de sedimentos), sectores conocidos como los asentamientos poblacionales denominados cooperativas de vivienda y urbanización como Florida Norte.

Como consecuencia de los primeros trabajos de campo se planificó las investigaciones a realizar, con la finalidad de responder las siguientes inquietudes:

- La evaluación de los espesores de materiales rellenos en las quebradas.
  - Las áreas donde se encontraban afloramientos rocosos insitu, es decir no removidos por el proceso de excavación.
  - La estimación de las áreas afectadas con basura y sus espesores.
  - La determinación de las nuevas áreas de préstamos y canteras
  - Las características geotécnicas de la litología existente y la determinación de las fracturas naturales con capacidad de
-

permitir la infiltración a través de la cimentación y empotramientos de la Presa.

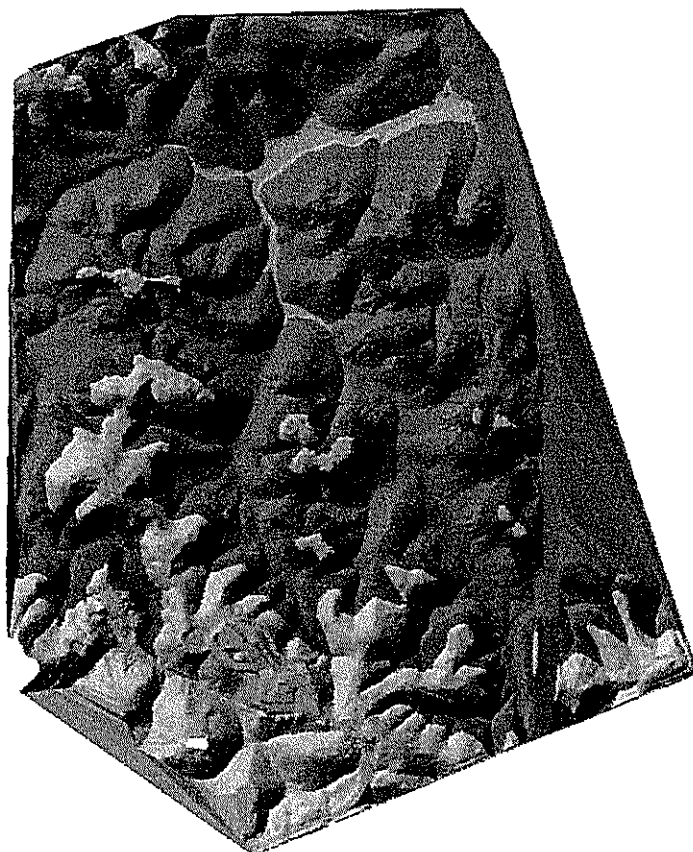
- La elaboración de una topografía representativa de las condiciones existentes en el terreno, a sabiendas que pese a las advertencias realizaban continuaba la explotación de material pétreo y las actividades furtivas de arrojar basura al área de interés.
  - La ubicación del eje de Presa que permita la construcción de un terraplén dotada de espaldones y núcleo impermeable, con empotramientos y cimentación seguros y estables, y que además permita el control de las infiltraciones.
  - La elección del nuevo eje de Vertedor o Aliviadero que permita la captación de los caudales excedentes a la cota de máximo embalse de la Presa y conducirlos en forma segura hasta el sistema de drenaje natural.
  - La búsqueda de la solución a los problemas derivados de la erosión y escorrentía, que se van a incrementar con el tiempo, mediante la construcción de una Presa de embalse.
-

### 3.3 Primeros resultados obtenidos

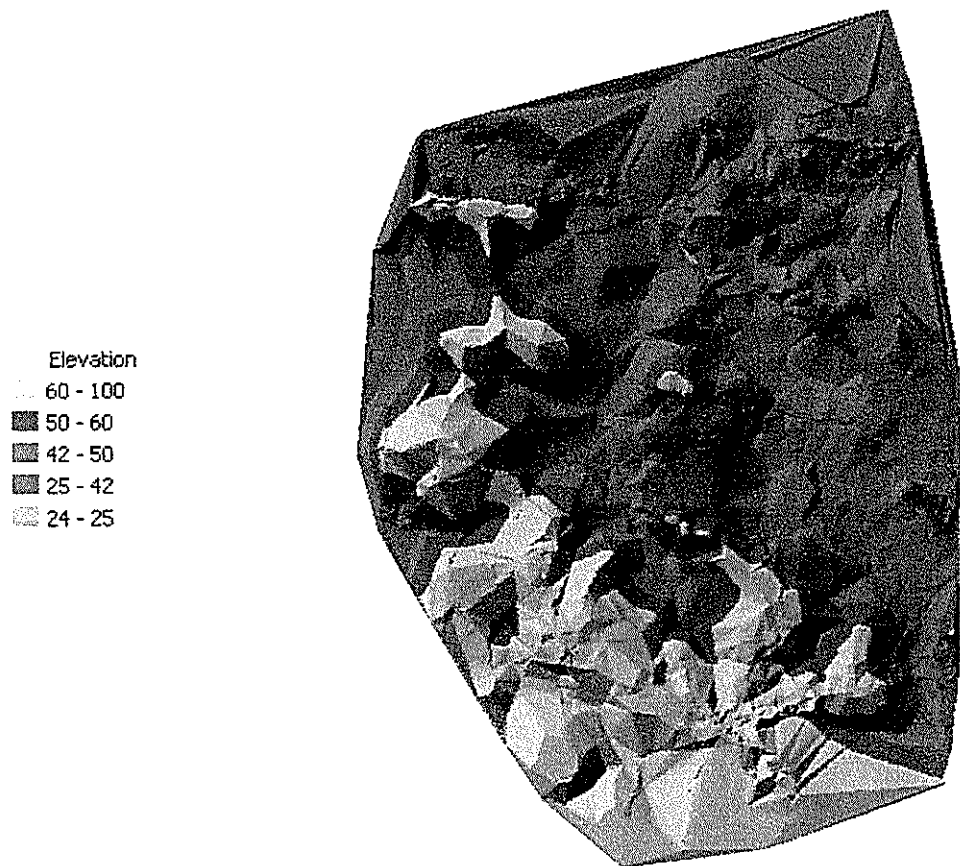
A partir del plano de restitución aerofotogramétrica del campus obtenido del "Aprovechamiento Integral de los Terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco" y el plano de levantamiento topográfico realizado en septiembre del 2008 por la Unidad de Planificación, mediante contrato otorgado a la empresa CONSULINCI S.A., se obtuvo dos modelos digitales TIN (TRIANGULAR IRREGULAR NETWORK).

Elevation

60 - 100
50 - 60
41 - 50
24 - 41
4.85 - 24



**Figura 3.3.1** Morfología del terreno año 2002



**Figura 3.3.2** Morfología del terreno en la actualidad.

En las imágenes precedentes se aprecia el notorio cambio que se ha generado al terreno, por lo explotación de material pétreo. Se observa que se han cortado las lomas entre las cotas 60 y 100, también se constata la afectación que se ha hecho el fondo y a los costados del valle principal.

Igualmente se puede observar que han existidos frentes de explotación de materiales en la quebrada principal, lo que obligó a desplazar el eje de Presa, aguas arriba, perdiéndose así capacidad de embalse.

### **3.4. Estudios topográficos.**

Como se señala anteriormente, el levantamiento topográfico fue realizado por la Unidad de Planificación mediante contratación. El trabajo fue realizado mediante una estación total en el mes de septiembre del 2008. Es importante señalar que este trabajo fue supervisado y revisado por el personal técnico encargado de los estudios y diseños de la nueva Presa, del cual formaron parte los autores de la presente tesis.

Debido a las dificultades encontradas en el terreno por la explotación pétreo realizada sin controles técnicos, el plano topográfico reflejaba la forma del terreno, con la morfología de momento. Por las irregularidades dejadas por la explotación, ciertas curvas de nivel y distancias interpretadas, a partir de los puntos tomados en una malla normal, no reflejaban la situación real del terreno.

---

Por esta razón el grupo de trabajo representado por el Ing. Miguel Ángel Chávez, solicitó densificar la malla de puntos para así disponer de un plano topográfico más representativo. Este trabajo concluido permitió conocer el sitio idóneo para emplazar el cuerpo de Presa y de un modo especial, el emplazamiento de Aliviadero.

Para garantizar un trabajo eficiente se realizaron varias verificaciones de lo que podrían ser las curvas de nivel en la cota máxima de embalse, relacionándolas a las obras existentes en el entorno, como la Vía Perimetral, el recientemente construido GOE, la vía de acceso principal (en proceso de diseño) y principalmente el proyecto Parque del Conocimiento.

En los planos PPC 2 y PPC 7, se presenta el levantamiento topográfico realizado en el que consta el sitio de Presa, Vaso y Aliviadero. Se constata además que las cotas varían entre 24 y 90 m.s.n.m.

---



### **3.5. Determinación de los aspectos iniciales.**

Del reconocimiento de campo se deduce que existen las condiciones topográficas para construir un cierre de Presa de tierra, emplazada a pocas decenas de metros después de la convergencia de las dos quebradas hidrográficas existentes.

Se estableció que las rocas son estratificadas con un buzamiento que presenta muy pocas variaciones en varios sitios observados.

Se constato también que debido a los trabajos de excavaciones para explotaciones pétreas realizados, se había disminuido la capacidad de embalse, debido a que los empotramientos habían sido excavados y después reemplazados por materiales suelos.

Se dedujo inicialmente que la Presa podría tener una altura fluctuante entre 20 y 22 m, también que era el aliviadero, debido a dichos trabajos previos, debía ser de una longitud aproximada de 300 m, atravesando terrenos relativamente poco intervenidos y también otros tramos rellenos con suelos y escombros en la quebrada natural.

---

También se constato que debido a la explotación pétrea, los taludes del vaso son inestables, en observaciones realizadas en el lapso de días, se encontraban nuevos volúmenes de roca caídos.

---

# CAPITULO 4

## 4. ESTUDIOS GEOLÓGICOS

### 4.1. Geología general

El área de estudio está incluida a en la cordillera Chongón Colonche la cual nace en Durán, atraviesa el río Guayas y continua en dirección Nor - Oeste hasta Ayampe, Manabí.

La cordillera Chongón Colonche está constituida principalmente por la formación Cayo que es de edad cretácica, se considera que está integrada por tres miembros geológicos denominados como: Cayo Calentura, Cayo SS y Guayaquil Chert.

---

## **4.2. Geología local.**

En toda el área de interés aflora la formación geológica sedimentaria estratificada Cayo, mediante el Miembro geológico denominado Cayo SS o Cayo Senso Scripto, del Cretácico Medio.

Dicho miembro geológico se muestra con una secuencia de estratos de areniscas de grano medio a fino, limolitas y lutitas ligeramente silicificadas. El espesor o potencia de estratos varía entre 5 a 25 cms., los más finos se presentan bien fragmentados, los más espesos que por tanto son más competentes, presentan las mejores características de resistencia.

En las partes más altas del terreno estudiado, que no son parte del área de Presa, se encuentran secuencias de estratos donde prevalecen las areniscas grawaquicas, cuyos estratos son más potentes, llegando a tener 1 m.

### **4.2.1. Geomorfología.**

El área estudiada constituye parte de las estribaciones o el franco oriental del denominado cerro Azul, cuya altura máxima es de 450 m. A partir de la divisoria de aguas que está en la

---

cúspide del cerro se han formado varias vertientes de drenaje que en general se dirigen de Oeste al Este.

Únicamente la quebrada principal que constituye a la vez el ramal principal del vaso de Presa tiene una dirección Sur Norte, sin embargo aguas abajo del sitio de Presa se une a otra quebrada que tiene dirección Este, que es la que atraviesa la vía Perimetral.

Las alturas del sector de estudio varían entre las cotas 90 y 25, sin embargo, los principales drenaje, es decir el cauce de las quebradas, tienen una pendiente suave, de menos del 2%, que ha permitido determinar la existencia de un área de reservorio, la más grande que se puede lograr el campus politécnico Gustavo Galindo.

#### **4.2.2. Mapeo geológico.**

Fue efectuado con la participación de un egresado de Ingeniería Geológica de la FICT y consistió en la medición, en numerosos sitios, tanto del rumbo y buzamiento, en el caso de los estratos y para las discontinuidades que son las fracturas tectónicas se

---

determinó la dirección de buzamiento y buzamiento por ser una forma más práctica para analizar problemas de estabilidad y también las posibilidades de infiltración a través de las fracturas. Otro trabajo efectuado fue la descripción estratigráfica en todos los frentes de afloramiento, muy abundante en el caso presente, lo que permitió abarcar una amplia zona de observaciones.

#### **4.2.3. Aspectos de interés de la geología estructural.**

La estratificación de casi toda la formación Cayo y en particular del sitio de estudio, forma un homoclinal cuya dirección de buzamiento tiene un azimut promedio de  $215^\circ$ , el buzamiento tiene pequeñas variaciones que van de  $15^\circ$  a  $17^\circ$ . Una línea perpendicular al eje de Presa dirigida aguas arriba, varía muy poco con relación al azimut del buzamiento, esto significa que para efectos prácticos el buzamiento o inclinación del cuerpo de estratos está en sentido contrario de la dirección del flujo de agua en la quebrada que se va a represar.

#### **Fracturas en la roca**

Se han determinado tres familias de fracturas producto del tectonismo. Dichas fracturas son en su mayoría abiertas, con

---

espesores que fluctúan entre 0.5mm y 1mm. El detalle de las mediciones promedio efectuadas es el siguiente:

**Tabla 4.2.3.1** Sistemas de fracturas que atraviesan el eje de la Presa

Familia	Dirección de Buz.	Buzamiento	Espesor	Espaciamiento
F1	115°	90°	1.0 mm	1.00 m
F2	30°	80°	0.6 mm	0.80 m

Esta información es confrontada posteriormente teniendo en cuenta la dirección del eje de cierre de Presa para establecer las posibilidades de infiltración.

# **CAPITULO 5**

## **5. ESTUDIOS GEOTECNICOS**

### **5.1. Prospección geofísica**

Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar las columnas estratigráficas aproximadas, tanto de las capas de suelo rellenadas como de las variaciones litológicas de la formación Cayo. Para obtener las mejores correlaciones entre los registros geofísicos y los diferentes tipos de estratos, se partió de observaciones directa de los afloramientos disponibles en varios cortes existentes en el sitio de Presa.

El método geofísico empleado fue el de las resistividades aparentes, utilizando los dispositivos Schlumberger en las áreas con desarrollo de distancias laterales a un mismo nivel y el dispositivo

---



Half Schlumberger, para realizar sondajes en el borde de taludes, con un desarrollo de distancias a un mismo nivel, en dos ejes ortogonales.



**Figura 5.1.1** Disposición de los electrodos para el sondaje geofísico Schlumberger.

Se realizó un total de 6 sondajes geofísicos con profundidades de investigación variables entre 20 y 50 metros, que se encuentran distribuidos en el sitio de Presa, área de cimentación y empotramientos.

Los resultados de la prospección geofísica permitieron, junto con la prospección mecánica, realizar los perfiles geotécnicos en el sitio de Presa.

La interpretación de los sondajes se presenta en el Anexo.

## **5.2. Prospección Geomecánica y Muestreo**

Consistió en la elaboración de registros con descripción estratigráfica de calicatas, hay un total de 40 en el área de Presa: terraplén, aliviadero, empotramientos, vaso y áreas de préstamos y canteras.

En cada calicata se indica el espesor de suelos, rocas fragmentadas, rocas diaclasadas por meteorización y la profundidad a la que se encuentra la roca.

Los frentes excavados para la explotación pétreo, que en algunos casos exceden los 30 m de altura, permitieron observar, registrar y muestrear casi a perfil continuo, lo que equivale a realizar numerosas y costosas perforaciones. Técnicamente dicha forma de prospección mecánica se denomina trincheras continuas y permite, como en el caso presente, atravesar y adentrarse en la roca ya que constituye la mejor prospección.

---

Las calicatas se presentan en Anexo: Prospección geotécnica de campo

### 5.3. Ensayos Insitu y de laboratorio

Debido a la cercanía del proyecto con la Presa ya construida en el campus, y a las características de los materiales encontrados, los ensayos de permeabilidad del Miembro Cayo SS de la formación Cayo efectuados, tanto para la Presa actualmente construida junto a las Unidades Académicas, como para los estudios y diseños efectuados en el año 2002 han sido empleados para el análisis de filtraciones que presentaremos más adelante, dichos ensayos arrojan los siguientes resultados, que se resumen así:

**Tabla 5.3.1** Resultados de ensayos de permeabilidad realizados en la Presa construida y Presa parque del conocimiento (2002).

Proyecto	Sitio	Profundidad	$K_m$ (cm/seg)	$K_f$ (cm/seg)
Presa Construida	Cimentación	1.5 m	$1.15 \times 10^{-3}$	
Presa Construida	Cimentación	2.8 m		$1.65 \times 10^{-2}$
Presa P. Conoc.	Cimentación	2.8 m		$1.65 \times 10^{-2}$
Presa P. Conoc.	Cimentación	2.8 m		$0.28 \times 10^{-3}$
Presa P. Conoc.	Cimentación	4.5 m		$0.75 \times 10^{-3}$
Presa P. Conoc.	Empotramiento Izq	2.5 m		$1.21 \times 10^{-2}$
Presa P. Conoc.	Empotramiento Der	3.0 m		$1.47 \times 10^{-2}$
Presa P. Conoc.	Arcilla de Préstamo		$1.50 \times 10^{-8}$	
Presa P. Conoc.	Material del Terraplen		$1.30 \times 10^{-5}$	

En el cuadro anterior,  $K_m$ , es la permeabilidad de estratos de arenisca de grano medio y  $K_f$ , la conductividad hidráulica de la familia de fracturas transversales al eje de Presa, determinada mediante las ecuaciones de Louis.

$$K = \frac{g e^3}{12 \nu b}$$

Donde:

g: Gravedad (981 cm/seg<sup>2</sup>).

e: Espesor de las fracturas (cm).

$\nu$ : Viscosidad cinemática del agua (0.0101 cm<sup>2</sup>/seg para agua pura a 20 °C).

b: Espaciamiento entre fracturas (cm).

En las mediciones no se consideraron las permeabilidades (coeficiente de permeabilidad de la matriz rocosa) de las areniscas de grano fino, ni de las lutitas, por ser prácticamente impermeables.

Tampoco se hace constar las conductividades hidráulicas de las fracturas paralelas al eje de Presa por no ser causantes de las infiltraciones a través de la cimentación y empotramientos.

Hay que hacer constar también que en el sitio de Presa no existen areniscas de grano medio, sino lutitas y areniscas de grano fino.



**Figura 5.3.1** Presencia de lutitas , limolitas y areniscas en el vaso de la Presa

Los ensayos de laboratorio realizados para el proyecto fueron orientados a determinar la calidad de los materiales. Para la obtención de los parámetros geotécnicos de suelos y rocas se realizaron ensayos de caracterización física, determinando así las

propiedades índice y también ensayos de caracterización mecánica que fueron realizados en el Laboratorio Dr. Arnaldo Ruffilli de la Universidad de Guayaquil.

Los ensayos efectuados, que constan en el anexo, fueron los siguientes:

- Análisis Granulométrico
- Pasante el Tamiz N° 200
- Contenido de Humedad
- Límites de Atterberg
- Densidad Seca Máxima (Proctor)
- Compresión Simple
- Corte Directo
- Compresión Triaxial con Deformación Controlada



**Análisis Granulométrico.-** Este ensayo consiste en separar los granos que componen una muestra de acuerdo a su tamaño, y así clasificar suelos gruesos de suelos finos (Tamiz N° 4) y también determinar si se cumple con especificaciones técnicas.

---

***Pasante el Tamiz N° 200.-*** Este ensayo se lo emplea para separa los finos y posteriormente ser analizados por métodos como “Sifoneado” para determinar el porcentaje de arcillas y limos que posee la muestra.

***Contenido de Humedad.-*** Es un ensayo realizado para determinar la cantidad de agua que posee una muestra, se lo emplea en ensayos como limites de Atterberg y ensayos de compactación (Proctor).

***Límites de Atterberg.-*** Entre los límites tenemos: Límite Líquido (WL), Límite Plástico (WP), Índice de Plasticidad (IP).

Límite Plástico es el menor contenido de agua de un suelo para que pase de un estado semisólido a un estado plástico.

Límite Líquido es el contenido de humedad del suelo para que pase de un estado plástico a un estado líquido.

---

Índice de Plasticidad se define como la diferencia que existe entre el límite líquido y el límite plástico, en otras palabras es el rango en el cual el suelo o la muestra permanecen en un estado plástico.

**Densidad Seca Máxima (Proctor).**- Es un ensayo de compactación que tiene como objetivo la determinación de la densidad del material más alta que puede lograr alcanzar por medios mecánicos variando el contenido de agua (Humedad). Al referirse a su máxima densidad, se dice al estado en el cual el material presenta su máxima resistencia y su menor capacidad de deformación, debido que al encontrarse más compactado el material, los espacios vacíos disminuyen.

**Compresión Simple.**- Este ensayo consiste en aplicar una carga axial al espécimen o testigo (Muestras de material en forma de cilindro de dimensiones normadas), hasta llegar al colapso, este ensayo determina la resistencia última del material.

**Corte Directo.**- Es un ensayo que determina los parámetros de Cohesión (C) y Ángulo de Fricción de los materiales ( $\theta$ ), consiste en la aplicación de una carga de cortante y una carga normal de

---



confinamiento al testigo, la carga normal se mantiene constante, y se registran con la deformaciones que ocurren. Para suelos cohesivos es necesario un mínimo de 3 pruebas con diferentes cargas verticales, para cada carga normal hay un punto máximo que es donde falla el suelo (se produce la máxima carga de corte).

***Compresión Triaxial con Deformación Controlada.***- Este ensayo fue usado para determinar características esfuerzo deformación y resistencia de los suelos, son pruebas en que actúan presiones en tres direcciones sobre la muestra cilíndrica. Los parámetros obtenidos son: Cohesión (C) y Ángulo de Fricción ( $\Phi$ ).

Los resultados de los ensayos efectuados se presenta en el Anexo: Ensayos de Laboratorio.

#### **5.4. Caracterización de los materiales de construcción**

A manera de resumen se exponen las características de los materiales de construcción de la presa.

---

**Tabla 5.4.1** Propiedades de los resultados producto de los ensayos de laboratorio.

Propiedades de los materiales					
<i>Material A (núcleo impermeable)</i>			<i>Material B (espaldones)</i>		
Cohesión	$\zeta$	4 T/m <sup>2</sup>	Cohesión	$\zeta$	11 T/m <sup>2</sup>
Peso Especifico	$\gamma$	1800 Kg/m <sup>3</sup>	Peso Especifico	$\gamma$	1592 Kg/m <sup>3</sup>
Angulo de Fricción	$\Phi$	11 °	Angulo de Fricción	$\Phi$	27 °
<i>Material de Cimiento</i>			<i>Filtro</i>		
Cohesión	$\zeta$	120 T/m <sup>2</sup>	Cohesión	$\zeta$	0 T/m <sup>2</sup>
Peso Especifico	$\gamma$	2.22 Kg/m <sup>3</sup>	Peso Especifico	$\gamma$	2000 Kg/m <sup>3</sup>
Angulo de Fricción	$\Phi$	21.8 °	Angulo de Fricción	$\Phi$	30

### 5.5. Localización de las aéreas de préstamo

Durante la prospección geotécnica de campo se efectuó el muestreo representativo tanto de suelos como de las rocas, en el sitio de Presa, Vertedor y Vaso. En cuanto a los materiales destinados a la construcción de espaldones y los requeridos para el núcleo de la Presa, fueron muestreados en las áreas de préstamos y canteras ubicadas mediante el mapeo geológico y en el área del Parque del Conocimiento en donde se tendrá un importante movimiento de tierras para la construcción de las diferentes obras.



**Figura 5.5.1** Toma de muestra de arcilla para ensayos.

Se tomaron muestras inalteradas para determinar las propiedades geomecánicas, en tanto que se obtuvieron muestras alteradas integrales en los préstamos, para determinar los parámetros del terraplén compactado del cuerpo de la Presa.



**Figura 5.5.2** Toma de muestra de material granular para los espaldones, área de terrazas para construcción del PARCON-ESPOL.

El muestreo en rocas fue facilitado por existir numerosos afloramientos debido a las extracciones pétreas realizadas.

Ver plano PPC 4: Ubicación de Préstamos y Canteras.

## 5.6. Análisis geotécnicos

### Emplazamiento y empotramiento de la presa

El terraplén (espaldones y núcleo) serán construido en parte sobre el lecho rocoso y en la parte central de la Presa sobre suelos



compactos y roca meteorizada. En núcleo tendrá un dentellón que atravesará los suelos hasta llegar al lecho rocoso; el objetivo de este trabajo es lograr que la parte central de la presa se apoye directamente sobre roca.

Con las prevenciones antes mencionadas se espera que no existan asentamientos a nivel de la Presa.

En lo referente a las filtraciones a través de la cimentación, la determinación de las familias de fracturas que son transversales al eje de presa, han determinado que existirá conductividad hidráulica a través de esa familia de fractura, esto significa que debe establecerse un control de las infiltraciones.

Los análisis efectuados determinan que no existen posibilidades de deslizamiento en dirección al eje del cauce, por lo que se garantiza que los empotramientos que estarán en terreno natural son seguros.

---

### **Vaso o Reservoirio**

Toda la superficie donde se tendrá el almacenamiento de la presa está constituido por estratos rocosos cuyo buzamiento es de aproximadamente  $15^\circ$  en sentido Sur, sentido opuesto a la dirección del flujo de agua en la quebrada. Los estratos son capas de limolitas, lutitas y eventualmente areniscas, dando un conjunto prácticamente impermeable ya que cualquier flujo de agua deberá atravesar casi normalmente dicho paquete de estratos.

Los taludes del vaso que han sido afectados por las excavaciones efectuadas, son inestables en pendientes verticales o cercanas a estas, ya que se ha constatado que en varios sitios del costado izquierdo del vaso principal han ocurrido deslizamientos planos y también en cuñas de roca, en las cuales el ángulo de inclinación de la intersección de los planos de fractura están en el mismo sentido del talud. Por esta razón esos taludes deben ser estabilizados mediante una corrección geométrica que permita tender los taludes, hasta taludes mínimos de  $45^\circ$  (1:1).

---



**Figura 5.6.1** Deslizamientos de cuñas en lado izquierdo del vaso principal.

### **Aliviadero**

Esta estructura hidráulica será construida principalmente excavando el terreno natural, para lo cual se atravesara una capa de suelo de un espesor fluctuante de 30 a 60 cm, luego de lo cual se tendrá areniscas y limolitas meteorizadas hasta un espesor aproximado de 2 m y finalmente se encontrará la roca sana. Este tramo será de 273 m a partir de lo cual se tendrá otro tramo de 137 m que estará prácticamente a nivel de la quebrada por lo que será un canal excava sin revestimiento ya que la obra máximo requiere de excavar poca profundidad y el material que se removerá será suelo relleno.

Se ha previsto que los taludes del primer tramo deben ser revestidos, para evitar el deterioro de dichos materiales y pequeños deslizamientos de material al canal y en consideración a las características geotécnicas de esos materiales, se han diseñado las pendientes variables según el abscisado.

### **Materiales de construcción**

Son dos los materiales principales para construir el terraplén de la Presa: las rocas meteorizadas para conformar los espaldones con

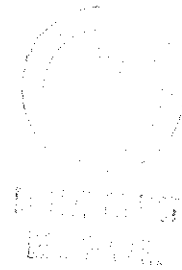
---



sus correspondientes taludes y el núcleo impermeable que son arcillas plásticas, que van a ser confinadas en la parte central de la presa por los dos espaldones.

De acuerdo al comportamiento de la primera presa construida y en conocimiento de los parámetros de compactación logrados, el terraplén será bien compactado ya que los materiales propuestos pueden alcanzar valores superiores al 100 por ciento del Proctor Modificado. Por esa razón la presa existente no presenta ningún indicio de deformación, situación que se espera en la nueva obra a construir.

---



## **CAPITULO 6**

### **6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

#### **6.1. Recopilación y clasificación de datos**

La metodología a seguir para este estudio fue empezar por la recopilación y análisis de información básica como son: topografía, cartografía, hidrometeorología y uso de suelo. Posteriormente se realizó una inspección de campo con el fin de tener una idea más real de las condiciones de uso de suelo del sector en estudio.

Como siguiente paso se procedió a la definición de los métodos y procedimientos a usarse en función de la información disponible, se determino los límites de las sub-cuencas que aportan a las cursos naturales de agua que se encuentran dentro de la zona de estudio, se determino las áreas de aportación, intensidad de lluvia y escurrimiento para finalmente obtener los caudales con los que se puede contar para el desarrollo de futuros proyectos.

Como los primeros dos puntos fueron tratados inicialmente procedemos a detallar los métodos que se escogieron para realizar la estimación de caudales; el métodos empleados dadas las características del sector fue el Método Racional. Esto debido a su poca extensión de terreno.

Se dispuso de la siguiente información que fue complementada con el trabajo de campo efectuado:

- Anuarios meteorológicos del INAMHI
  - Información registrada por dos estaciones meteorológicas ubicadas en el Campus Gustavo Galindo de la ESPOL.
  - Estación Hidrometeorológica, Radio Sonda, en el centro de Guayaquil
  - Planos de drenaje, pendientes, uso del terreno, geológicos, zonificación geotécnica, constructividad, etc., del proyecto de Aprovechamiento Integral del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco.
  - Comportamiento hidrológico e hidráulico de la Presa 1
-

## 6.2. Estudio de la Cuenca de Drenaje

Entiéndase por Cuenca de drenaje al área de captación, tal que las aguas que llegan a ella procedentes de una precipitación, desembocan en un mismo punto.

### 6.2.1. Área de la Cuenca

En base a la información existente referente al estudio, Aprovechamiento Integral de los Terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo, 2000, se obtuvo la delimitación de las sub-cuencas o áreas aportantes, valiéndose de los planos a escala 1:2000 con curvas de nivel cada 5m., determinándose la existencia de 6 sub-cuencas de drenaje, como se muestra a continuación.

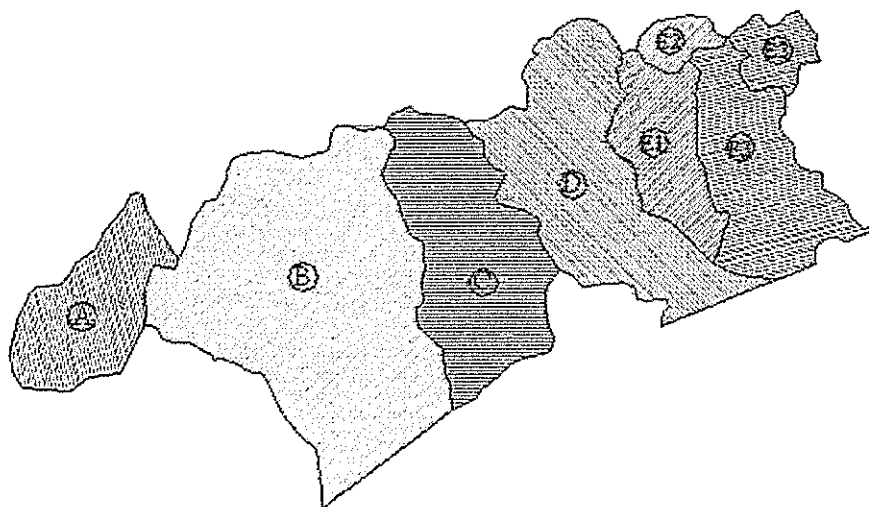


Figura 6.2.1.1 Cuencas hidrográficas del Campus Politécnico "Gustavo Galindo Velasco".

Se debe mencionar que todas las cuencas drenan prioritariamente en el sentido sur-norte, en la presente tabla se resume las áreas de las cuencas:

**Tabla 6.2.1** Áreas de cuencas de drenaje del Campus.

Sub-cuenca	Área no desarrollada (Ha)	Área desarrollada (Ha)	Área del Lago (Ha)	Área Total (Ha)
A	40.072	---	---	40.072
B	188.581	18.698	---	207.279
C	56.886	42.974	6.806	106.666
D	112.318	---	---	112.318
E1	36.684	---	---	36.684
E2	70.912	---	---	70.192
E3	9.867	---	---	9.867
			<b>TOTAL</b>	<b>538.798</b>

Para la delimitación de las cuencas anteriores y de la actual se tomo en cuenta la topografía del lugar con el objetivo de determinar la divisoria de aguas, trazándola de la siguiente forma:

- La divisoria corta ortogonalmente las curvas de nivel.
- A medida que aumenta de su altitud, corta las curvas por su parte convexa.

- Cuando disminuye su altitud, corta las curvas de nivel por su parte cóncava.
- Al cortar el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección con ésta ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
- La línea divisoria nunca debe cortar un río, excepto el lugar donde se desea cerrar la cuenca.

En la actualidad el área de la cuenca en estudio sufrió un verdadero trastoque luego de haber sido usado para la explotación de material pétreo de manera indiscriminada cambiando totalmente su topografía y por ende su red de drenaje; es así como el área actual de estudio es de 112,34ha., parte de la cuenca de drenaje, 8.16 ha., no pertenecen a los predios de la ESPOL, y de ésta un área de 2.29 ha, constituye actualmente la vía Perimetral.

Ver plano de Cuenca de Drenaje PPC 5

---

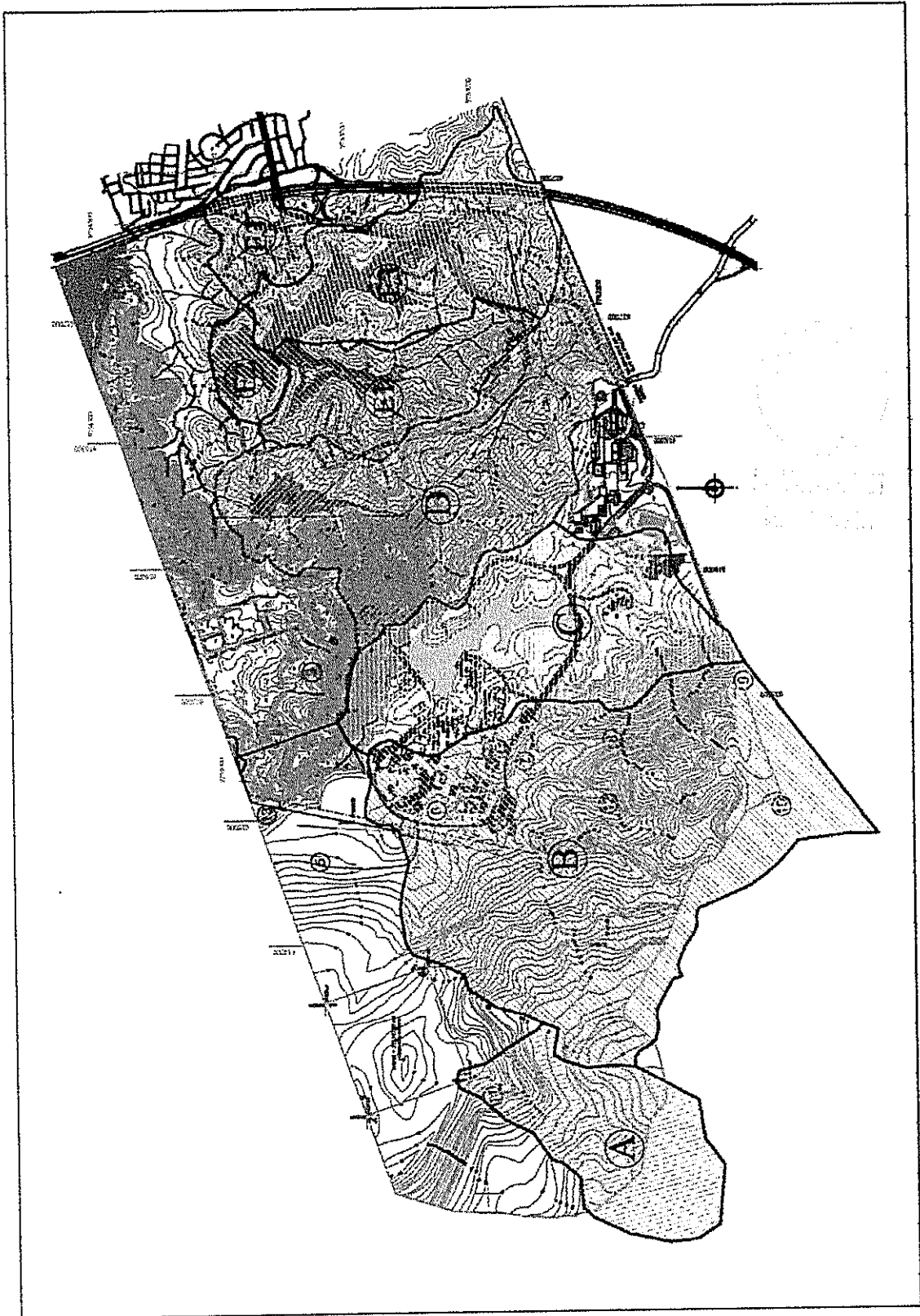


Figura 6.2.1.2 Cuencas de Drenaje en el Campus "Gustavo Galindo Velasco".

### 6.2.2. Pendiente de la Cuenca

La pendiente de una cuenca de drenaje tienen una relación importante pero más bien compleja con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía.

El terreno donde se emplaza el proyecto se desarrolla entre las cotas 22 y 60 m.s.n.m que son las más bajas del terreno disponible en el Campus Gustavo Galindo. Es así como la pendiente de la Cuenca de drenaje.

$$S = \frac{D * L}{A}$$

Donde:

S: es la pendiente de la cuenca.

D: intervalo entre curvas de nivel.

L: longitud total de las curvas de nivel.

A: área de la cuenca.

Generando como resultado una pendiente  $S = 0.0287$ .

---



### 6.2.3. Red de Drenaje

Otra de las características importantes de la Cuenca es el arreglo de los cauces, debido a que la eficiencia del sistema de drenaje y por lo tanto las características del Hidrograma resultante dependen de este factor. Mientras más eficiente sea la red de drenaje, más rápida es la respuesta de la cuenca y viceversa.

Por otra parte la red de drenaje indica las condiciones superficiales existentes, ya que el carácter de los canales formados a través de procesos erosivos, está íntimamente ligado por el tipo de material, como es en nuestro caso donde los terrenos son superficialmente arcillosos con una vegetación predominante arbustiva y de pastos; existen pocos árboles ya que han disminuido notablemente en los últimos veinte años debido a la tala realizada por los habitantes de varias invasiones que se han asentado en el sector.

Las características de la red de drenaje, son descritas por:

### **Orden de los cauces**

Cada río tiene sus tributarios y a la vez cada uno tiene sus tributarios, mientras más largo es el cauce, mayor es el número de bifurcaciones. En la conjunción de dos segmentos de primer orden se forma uno de segundo orden y se prolonga hasta que se une con otro de segundo orden y forme uno de tercer orden. Los cauces de primero y segundo orden solamente suelen llevar agua en tiempo húmedo.

Como podemos ver en el plano adjunto, en el cierre de la presa nuestro río llega a un orden de dos.

### **Longitud de los tributarios**

Es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como el grado de drenaje, es así como se obtiene una longitud total de 5.82 km

### **Densidad de los cauces**

La densidad de los cauces o frecuencia de los cauces de una cuenca de drenaje, puede expresarse, relacionando el número

de cauces, en la cuenca y el área total. La densidad de drenaje puede expresarse:

$$Ds = \frac{Ns}{A}$$

Donde:

Ds: densidad de drenaje

Ns: número de cauces.

A: área total de la cuenca.

Obteniendo un valor de  $Ds = 15.36$  por  $\text{km}^2$ .

### **Densidad de drenaje**

Esta característica provee una indicación de la eficiencia de drenaje de la cuenca, un valor mayor de  $D_d$  significa mayor eficiencia.

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Donde:

L: longitud total de todos los tributarios.

A: área de la cuenca en  $\text{Km}^2$

Llegando a tener una densidad de drenaje  $D_d = 5.58$

---

### Forma de la cuenca

La forma de la cuenca de drenaje rige la intensidad con la cual el agua llega a la corriente principal, a medida que ella se mueve a lo largo de su curso. Para esto usamos el Factor de Forma propuesto por Gravelius, la cual relaciona el ancho promedio con la longitud axial de la cuenca.

Este Factor de Forma expresa una tendencia hacia las crecidas porque una cuenca con Factor de Forma bajo, tiene menos posibilidad de tener precipitaciones intensas simultáneas sobre toda su extensión.

El Factor de Forma se expresa así:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: área total de la cuenca

L: longitud Axial

Determinándose un Factor de Forma,  $F = 0.18$

---

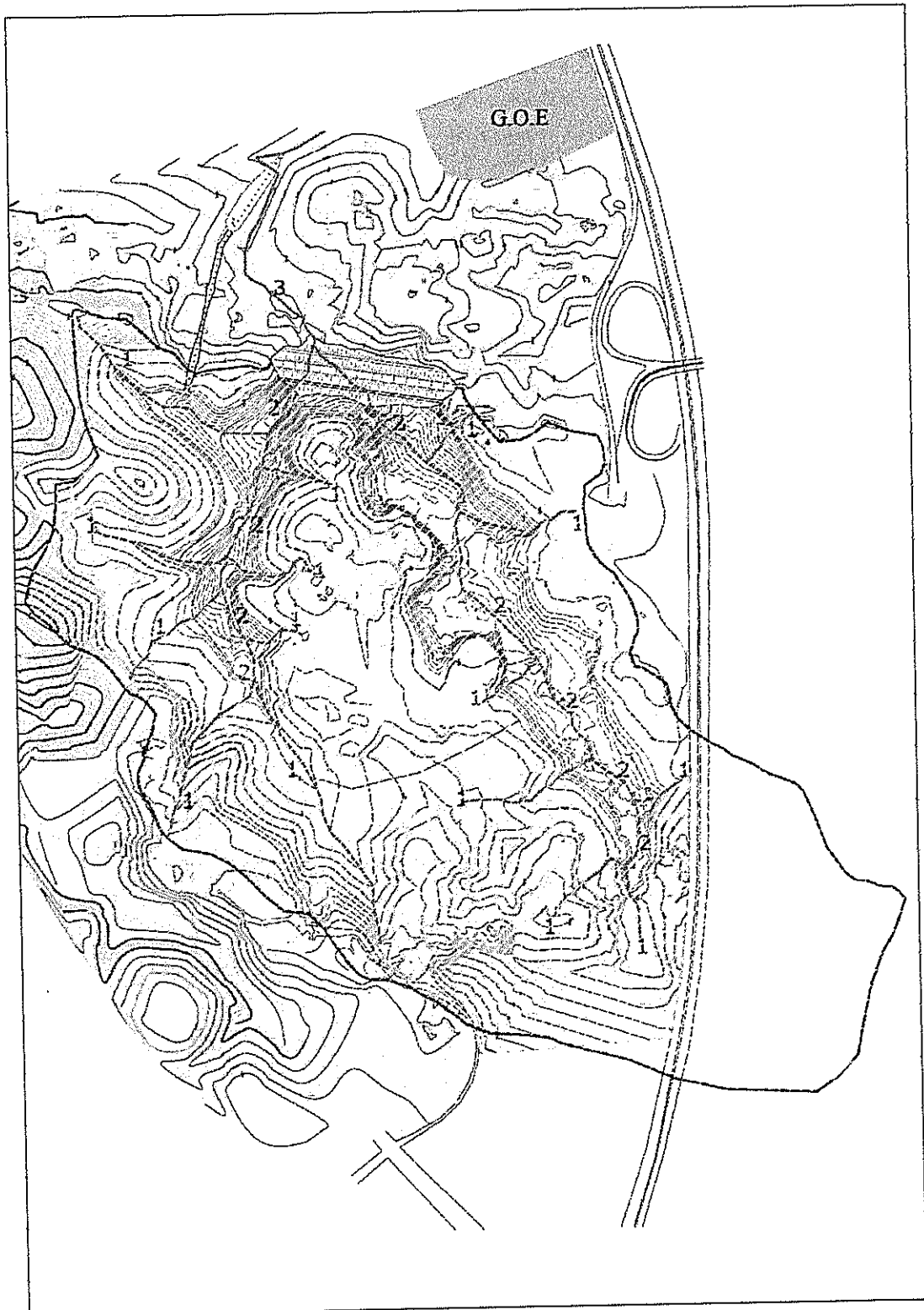


Figura 6.2.3.1 Red de drenaje de la cuenca en del Proyecto.

### **6.3. Determinación de la precipitación máxima de diseño.**

Usando la información proporcionada por los anuarios hidrometeorológicos, provenientes de los organismos antes mencionados, se obtuvo las siguientes propiedades en la zona de estudio.

#### **Temperatura**

En Guayaquil, se ha registrado una temperatura máxima de 36.2°C, la mínima de 17°C y la temperatura media de 25 °C. Sin embargo, en un análisis orientado sólo al Campus Gustavo Galindo (ESPOL), la temperatura máxima es de 35.8°C en verano y de 38°C en la época de precipitaciones, con una temperatura media anual de 25°C y temperatura mínima anual de 18.5°C.

#### **Evaporación**

A partir de los registros disponibles de los anuarios del Instituto Nacional de hidrología y Meteorología se deduce que la evaporación media anual es de 1300mm. En las observaciones efectuadas directamente en la Presa ESPOL1, se establece que en los últimos años la evaporación en dicho lago es de

---

aproximadamente 1207.5 mm al año, sin considerar las infiltraciones de dicha Presa, las mismas que ocurren en la cimentación rocosa que no fue tratada con impermeabilización. Esta diferencia se debe seguramente a que el reservorio es encajonado con una profundidad media de 12m, lo cual evita la acción solar.

Tomándose en consideración la información anterior, se considera que la evaporación, en el sector del campus Politécnico debe ser menor de 1000 mm., al año. Además, en el caso de la Presa en estudio, el embalse estará rodeado por humedales y tendrá una profundidad media de 10 m.

### **Humedad Relativa**

De las comparaciones efectuadas por los diversos datos antes citados han determinado que en el Campus Gustavo Galindo, existe una humedad relativa promedio de 77.5%, siendo los meses más húmedos Febrero y Marzo con valores superiores al 81%.

---

### **Velocidad y Dirección Predominante del Viento**

Según la información registrada en el INAMHI, la velocidad promedio anual del viento en Guayaquil es de aproximadamente 3.4m/s, y los meses más ventosos son Agosto, Septiembre y Octubre con una velocidad del orden de 4m/s. Su dirección predominante es Suroeste.

En los registros efectuados en las estaciones del Campus Gustavo Galindo, se determina que la velocidad de los vientos es bastante mayor, ya que supera los 15 m/seg, en los meses del verano, durante los periodos lluviosos también se tienen vientos de más de 10 m/s. Esta situación ha sido observada claramente en el espejo de agua del embalse existente en la ESPOL, en donde los vientos generan pequeños oleajes, lo que favorece la aireación de las aguas embalsadas que luego de un lapso de casi 20 años se mantienen limpias y con especies bioacuáticas.

### **Heliofanía y Nubosidad**

En los anuarios del Instituto Nacional de hidrología y Meteorología se tiene registrado una heliofanía promedio anual

---



de 1500 horas, mientras que la nubosidad promedio anual es de 7/8. En los registros efectuados en el Campus Gustavo Galindo, de heliofanía promedio anual registrada es de 1562.5 horas.

### **Precipitaciones**

En los registros existentes de lluvias se determina que la precipitación media anual es del orden de 1200mm, y que aproximadamente el 90% de este valor corresponde a los cinco primeros meses del año, esto es de Enero a Mayo. Los meses más lluviosos son Febrero y Marzo con un promedio multianual de 260mm cada uno.

Los años más lluviosos que han sido registrados fueron 1983 con 4230mm, 1998 con 3500 mm y 1997 con 3000mm. Los períodos lluviosos del 82-83 y 97-98, han sido calificados como fenómenos "El Niño".

De datos más recientes registrados se tiene que en marzo 2000 se produjeron 154mm, en el mismo mes del 2001 se registraron 260mm.

---

En lo referente a las precipitaciones máximas en 24 horas, en un día de 1998 precipitaron 225mm.

#### **6.4. Determinación de los caudales de diseño**

Para realizar este trabajo se escogió de un registro mensual pluviométrico de 15 años, comprendidos desde 1992 hasta 2006, incluidos en ellos el Fenómeno El Niño de 1998, de estos se escogió el mes más lluvioso del lapso mencionado. Sin embargo, según recomendaciones del Bureau of Reclamation se resolvió seleccionar el día más lluvioso de todo el registro, bajo las consideraciones de que ha habido lluvias previas, que el embalse esté lleno y que el vertedor aún no ha comenzado a funcionar.

El día más lluvioso en un período de 15 años, contabilizados desde 1992 hasta el 2006, registrado por la Estación Radio Sonda, fue el 18 de abril de 1998, con un valor de 221.8 mm. Se asumen entonces que esa misma lluvia ocurrirá en un periodo de retorno de 14 años.

Utilizando el procedimiento estadístico de cálculo denominado Gumbel tipo1, se determinaron las tormentas máximas que podrían

---

ocurrir entre 10 y 100 años, con una probabilidad de acierto del 64%, para lo cual se aplica la fórmula:

$$F(x) = e^{-e^{-b}}$$

$$b = \sigma_y \left( \frac{x - \bar{x}}{S_x} \right) + \mu_y$$

Los parámetros  $\sigma_y$  y  $\mu_y$ , se eligen de la tabla siguiente, en función del número de datos registrados:

**Tabla 6.4.1** Parámetros estadísticos empleados en el método Gumbel tipo I

nº Datos	$\mu_y$	$\sigma_y$
10	0,4952	0,9496
15	0,5128	1,0206
20	0,5236	1,0628
25	0,5309	1,0914
30	0,5362	1,1124
35	0,5403	1,1285
40	0,5436	1,1413
45	0,5463	1,1518
50	0,5485	1,1607
55	0,5504	1,1682
60	0,5521	1,1747
65	0,5535	1,1803
70	0,5548	1,1854
75	0,5559	1,1898
80	0,5569	1,1938
85	0,5578	1,1974
90	0,5586	1,2007
95	0,5593	1,2037
100	0,5600	1,2065
Infinito	0,5772	1,2825

Los valores que se obtienen fueron los siguientes:

**Tabla 6.4.2** Precipitaciones máximas esperadas en 24 horas para diferentes periodos de retorno T en años.

T retorno (años)	Probabilidad (%)	F (x)	Z	Pmax (mm) en 24h	Riesgo de fallo
10	0.10	0.90	1.70249591	206.75	0.93
15	0.07	0.93	2.11733499	227.72	0.82
20	0.05	0.95	2.40779468	242.41	0.72
25	0.04	0.96	2.63152485	253.72	0.64
50	0.02	0.98	3.32073159	288.57	0.40
100	0.01	0.99	4.00484933	323.16	0.22

A más de ello se decidió elaborar las curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF), con el propósito de determinar una intensidad (cantidad de lluvia que precipita en un tiempo determinado), en base a la duración de las lluvias antes consideradas, para períodos de retorno de 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años.

Esta vez con ayuda de la formula de Grunsky:

$$i_d = i_{24} \sqrt{24/d}$$



Donde:

$i_d$ : intensidad de la lluvia sin considerar el periodo de retorno, en mm/h.

$i_{24}$  = intensidad de la lluvia, mm. Correspondiente al valor horario en promedio del día más lluvioso del año de la serie histórica que se está analizando (Pmax 24h).

$d$  = duración de la lluvia, en horas.

Se procede a calcular las intensidades de las lluvias mas intensas durante 24 horas por cada año, para diferentes duraciones estas generalmente son de 5, 10, 20, 30 o hasta 480 minutos, como en nuestro caso.(Tabla de resultados ubicada en anexo).

Es así como volviendo hacer uso de la formula de Gumbel ajustada para este procedimiento obtenemos:

$$i = -c * \ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{TR} \right) \right) - a$$

Donde:

$i$ : Intensidad de la lluvia mm./h, ajustada por periodo de retorno.

$c$ :  $0.78 \times \sigma_i$

$\sigma$ : Desviación estándar de las intensidades históricas, calculadas para cada duración de lluvia, en mm./h.

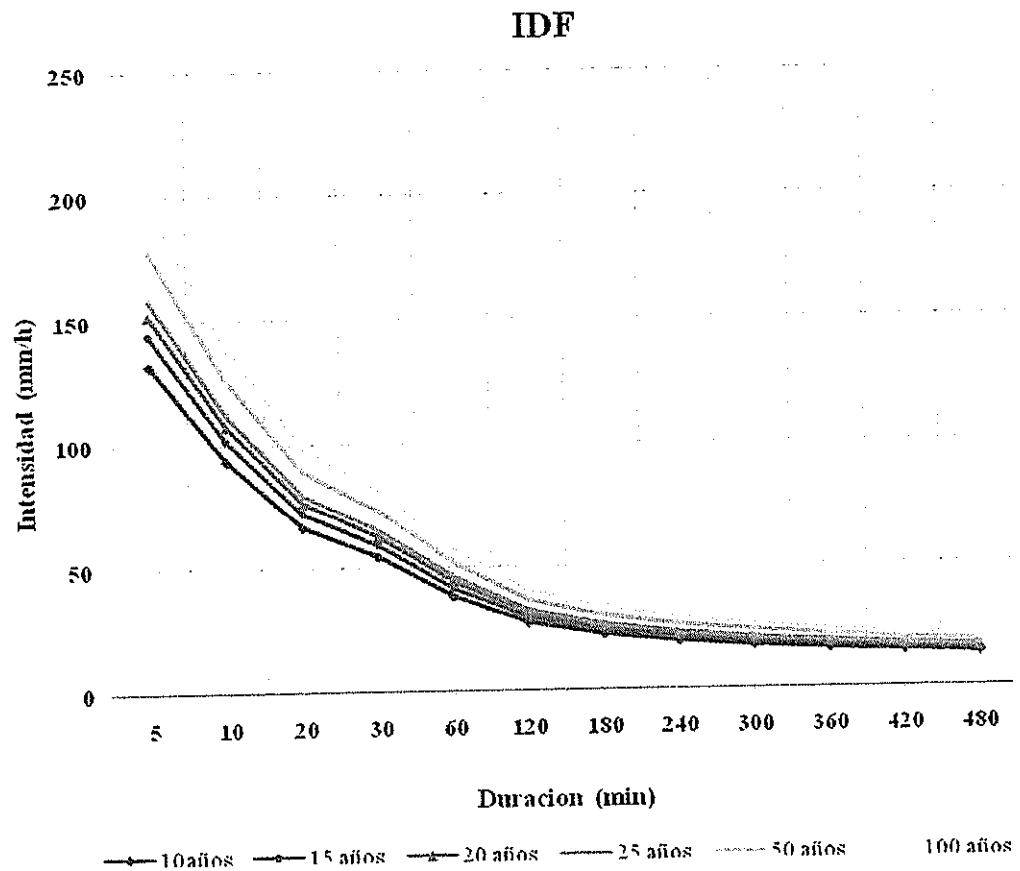
a:  $0.577 \times c - in$

Obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 6.4.3** Intensidades de lluvia en función de la duración y el periodo de retorno.

TR Años	Duración de la lluvia en minutos											
	5	10	20	30	60	120	180	240	300	360	420	480
10	131,99	93,33	65,99	53,88	38,10	26,94	22,00	19,05	17,04	15,56	14,40	13,47
15	143,80	101,68	71,90	58,70	41,51	29,35	23,97	20,76	18,56	16,95	15,69	14,68
20	152,06	107,52	76,03	62,08	43,90	31,04	25,34	21,95	19,63	17,92	16,59	15,52
25	158,43	112,03	79,21	64,68	45,73	32,34	26,40	22,87	20,45	18,67	17,29	16,17
50	178,05	125,90	89,02	72,69	51,40	36,34	29,67	25,70	22,99	20,98	19,43	18,17
100	197,52	139,67	98,76	80,64	57,02	40,32	32,92	28,51	25,50	23,28	21,55	20,16

Graficando los resultados obtenidos en la tabla anterior, se obtiene las curvas IDF, haciendo más sencillo la estimación de las intensidades de las precipitaciones que pudiesen generarse en el futuro.



**Figura 6.4.1** Curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia).

Sin embargo, dado que el análisis usado para la generación de las Curvas IDF, parte del hecho de dividir para 24 la precipitación considerada en un día, sin tomar en cuenta, la duración real de dicha lluvia (por falta de información existente), se decide tomar en cuentas las características del proyecto y escoger un criterio más conservador que el de Grunsky, eligiendo como lluvia de diseño a la que genera un período de retorno de 25 años, esto es 253.72mm.

#### 6.4.1. Método racional

Si bien existen diversos métodos para calcular el Caudal de Diseño, uno de ellos, el Método Racional. Este método de uso frecuente en el mundo entero debido a su simplificación, su uso puede conllevar a errores de gran magnitud, si no se toman en cuenta las limitaciones del mismo.

Es el más utilizado para Presas de cuencas pequeñas con áreas de drenaje no mayores de 500 hectáreas.

Consiste en determinar el caudal mediante la ecuación:

$$Q = 0.278 C I A$$

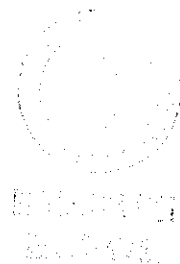
Donde:

Q: caudal, m<sup>3</sup>/s.

C: coeficiente de escorrentía superficial.

I: Intensidad de lluvia en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración y para un determinado período de retorno.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup> = 1.0418 Km<sup>2</sup>.





El coeficiente de escorrentía superficial (C) es la relación entre el volumen de escorrentía superficial sobre el volumen precipitado total, en un intervalo de tiempo. El Manual de Diseño para Drenaje de Lluvias de la sociedad Americana de Ingenieros Civiles, recomienda diferentes valores en función de las características de la cuenca de aportación. El coeficiente de escorrentía se obtiene mediante varios criterios, algunos de ellos se derivan de la siguiente tabla:

**Tabla 6.4.1.1** Coeficientes de escorrentía para los diferentes usos de suelo.  
Fuente: Ministerio de Obras Publicas (MOP).

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETAL	IMPERMEABLE	0,80	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	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEABLE	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTOS VEGETACION 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 DENSA VEGETACION	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

Si se consideran las características de cobertura vegetal mayoritariamente arbustiva, tipo de suelo limo arenoso y arcillo

limoso, así como el hecho que en el futuro existirán áreas cubiertas de concreto y actualmente la Cdla. Ceibos Norte es parte de la Cuenca de Drenaje, así como la Vía Perimetral existiendo un aporte de un área totalmente impermeable, por ello el valor del coeficiente de escorrentía está comprendido entre de 0.5 y 0.56.

A continuación se expone en tabla adjunta la forma como se preciso el cálculo del valor C, en el proyecto.

**Tabla 6.4.1.2** Ponderación del coeficiente de escorrentía en base a las condiciones del terreno de la cuenca en estudio.

Descripción	Área (ha)	Área ponderada	Coficiente C	Coficiente Ponderado
Vaso de Presa	23.85	22.89%	1	0.23
Bosque Semipermeable Sub cuenca Oeste	35.27	33.85%	0.35	0.12
Sin Vegetación Semipermeable Terraza	15.05	14.15%	0.6	0.09
Sin Vegetación Semipermeable Perimetral	10.98	10.54%	0.6	0.06
Bosque Semipermeable Sub cuenca Sur	19.03	18.27%	0.35	0.06
				0.56

Para el cálculo de la intensidad se parte de la ecuación empírica desarrollada por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), para el sector de Cerro Azul es la siguiente:

$$I = a * \ln(Tc) + b$$

Donde:

I: intensidad.

Tc: tiempo de concentración

a , b: son constantes estadísticas determinadas por la UCSG, en función del período de retorno.

El valor asignado de  $a = -37.51$  y el de  $b = 237.62$ , para un tiempo de concentración (Tc) de 27.10 minutos, se tiene una intensidad (I) de 113.9mm/h.

En los estudios y diseños de la autopista Terminal Terrestre Pascuales se determinó una intensidad de 138.87mm/h.

Con las intensidades antes mencionadas se efectúa el cálculo de Caudales, se obtiene lo siguiente:

**Tabla 6.4.1.3** Calculo de caudales por el método racional.

Intensidad de 113.90 mm/h	Intensidad de 138.87 mm/h
$Q=C I A K/3.6$	$Q=C I A K/3.6$
$Q= 18.93 \text{ m}^3/\text{seg}$	$Q= 23.09 \text{ m}^3/\text{seg}$

#### **6.4.2. Método sintético.**

Debido a que los valores de caudales obtenidos son muy altos en relación a las características físicas de la cuenca, se aplica el del método del Hidrograma Sintético.

Para aplicar dicho método, se calcula primero la precipitación neta, que es aquella que genera escorrentía directa. Para lograr este objetivo se requiere determinar el parámetro denominado umbral de escorrentía ( $P_o$ ).

Utilizando la tabla de estimación del umbral de escorrentía (adjunta) se determina la cantidad de infiltraciones, partiendo de la pendiente, las lluvias previas o una condición de sequía, y la cantidad y tipo de vegetación. Así se llega a determinar que el umbral de escorrentía ( $P_o$ ) es 50.74 mm.

---

Tabla 6.4.2.1 Estimación del Umbral de escorrentía Inicial Po (mm).  
Fuente: SCS (Soil Conservation Service)

ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA Po (mm) PARA HUMEDAD PREVIA INTERMEDIA						
Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características Hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Bosques	≥3	H	15	8	6	4
	<3	N	17	11	8	6
Cultivos en tónica	≥3	R/N	20	14	11	8
	<3	H	23	13	8	6
Cercas de riego	≥3	N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Relevo de cultivos pobres	≥3	R	28	17	10	8
	<3	N	30	19	13	10
Relevo de cultivos buenos	≥3	R	32	20	12	9
	<3	N	32	22	14	11
Pastizal	≥3	R/N	43	29	18	13
	<3	Pobre	24	14	8	6
		Medio	33	23	14	9
		Buena	33	23	18	13
		Muy buena	41	27	20	15
		Pobre	30	20	12	9
		Medio	35	23	17	12
		Buena	35	23	18	13
		Muy buena	41	27	20	15
		Pobre	32	20	15	11
Parcelas con leguminosas de cobertura permanente	≥3	Medio	34	23	19	14
	<3	Buena	42	27	20	15
Parcelas con leguminosas de cobertura permanente	≥3	Pobre	31	19	14	11
	<3	Medio	43	29	20	15
		Buena	50	35	25	19
		Muy buena	50	35	25	19
Montes naturales (bosques húmedos tropicales)		Muy buena	40	27	20	15
		Buena	40	24	14	10
		Medio	34	23	18	13
		Óptima	47	31	23	17
		Muy buena	50	35	30	23

Nota: 1. H: zonas húmedas según el índice de humedad.  
R: zonas con un régimen de lluvia de estación prolongada.  
N: zonas que son más secas de lo que se debe considerar considerando a efectos de las curvas de capacidad de retención.  
R/N: zonas intermedias de humedad.  
Pobre, Medio, Buena, Muy buena: se refieren a los niveles de penetración de agua en el suelo.

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Umbral de escorrentía (mm)
Flores permanentes	≥3	5
Flores permanentes	<3	5
Flores temporales	≥3	7
Flores temporales	<3	4
Terrenos granulares sin pavimento		2
Terrenos granulares		15

Considerando el valor de  $P_0$  y la Precipitación de Diseño para un período de retorno de 25 años, esto es  $P = 253.72\text{mm}$  (antes calculada), se determina la precipitación neta acumulada ( $P_n$ ), con ayuda de la fórmula:

$$P_n = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}$$

Así se obtiene que el valor de  $P_n$  es de 177.86 mm. A continuación se calcula el tiempo de concentración (tiempo que demora en recorrer una gota desde el punto más alto de la Cuenca de Drenaje hasta la parte más baja). En este caso, el punto más bajo del recorrido es la cota 41.8m, que es la cresta del vertedor, en tanto que el valor más alto corresponde a la cota 76.

El tiempo de concentración se obtuvo a partir de la relación

$$t_c = 0.3 \left( \frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.77}$$

Donde:  $L = 1.5\text{km}$ . (longitud del cauce) y  $S = 0.0153 \text{ m/m}$  (pendiente media), con lo que se obtiene que el valor de  $T_c$  es de 27.10 minutos.

Para la generación del Hidrograma Sintético (tipo triangular), se utilizan los valores calculados del caudal punta ( $Q_p$ ) y el tiempo punta ( $T_p$ ), que sirven para la obtención de la curva del Hidrograma de Escorrentía Directa (H.E.D), usando la tabla del hidrograma adimensional del SCS, adjunta.

A continuación se determinan los valores para conocer la duración de la precipitación neta ( $D$ ). Al no existir registros limnigráficos de la lluvia seleccionada, dicho valor se determinó de los reportes periodísticos, de las características de la Cuenca de Drenaje y del entorno. Estimándose una duración ( $D$ ) equivalente a 7.66 horas.

El valor caudal punta ( $Q_p$ ), el tiempo punta ( $T_p$ ) y el valor  $D$ , sirven para elaborar el hidrograma de escorrentía directa (H.E.D), utilizando las siguientes relaciones:

Tiempo Punta (horas):

$$t_p = 0.5D + 0.6t_c$$

Tiempo Base (horas):

$$t_b = 2.67t_p$$

Caudal Punta ( $m^3/seg$ ):

$$Q_p = \frac{0.208 P A}{t_p}$$

Donde:

$t_c$ : Tiempo de conocimiento (horas).

D: Duración de la precipitación neta (horas).

P: Precipitación neta (mm).

A: Superficie de la cuenca ( $Km^2$ ).

Luego se determina el tiempo punta, el tiempo base y el caudal punta, así:

$$t_p = 3.77 h$$

$$t_b = 10.07 h$$

$$Q_p = 9.4 m^3 / seg$$

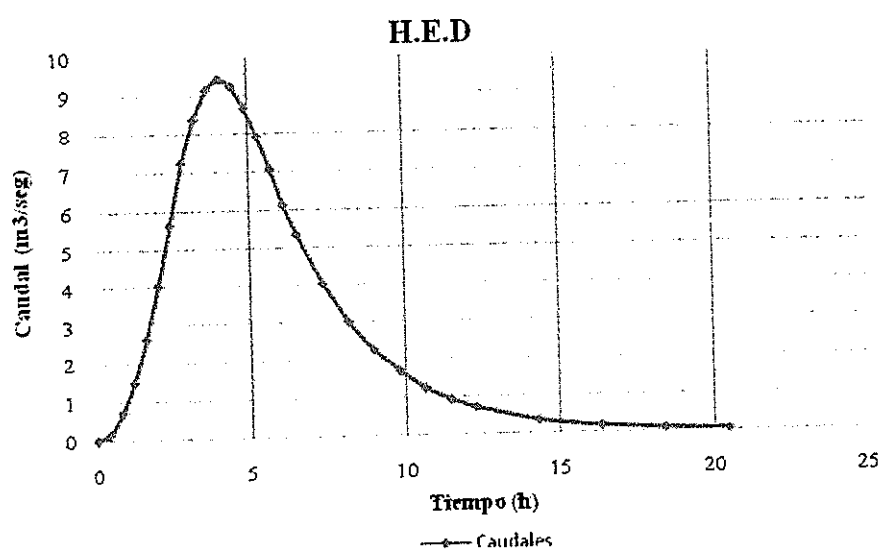

---



**Tabla 6.4.2.2** Hidrograma adimensional del SCS (Soil Conservation Service).

t/tp	Q/Qp	t/tp	Q/Qp
0,0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,65
0,2	0,075	1,6	0,57
0,3	0,16	1,8	0,43
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,6	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1	1	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004

Graficando el caudal  $Q$  en  $m^3/seg$  y el tiempo  $T$ , con ayuda de la tabla y los valores de  $Q_p$  y  $T_p$  se obtiene el siguiente diagrama de escorrentía directa.



**Figura 6.4.2.1** Hidrograma de escorrentía directa.

De acuerdo a los resultados del modelo matemático se determina que el valor del caudal de Diseño es de 9.4 m<sup>3</sup>/seg.

Con la finalidad de verificar la eficiencia del modelo matemático se procedió a comparar, el volumen de agua que se generaría en el caso de que suceda una tormenta igual a la de diseño y que el máximo nivel de embalse fuese en la cota 43 (la cota máxima de embalse es la 42).

El volumen obtenido al sacar el área del Hidrograma es de 185.232,29m<sup>3</sup>. Si se calcula el volumen partiendo de las aportaciones de la cuenca de drenaje se obtiene un valor de 185.297.52m<sup>3</sup>. El error que se determina es del 0.04%, lo que demuestra que el procedimiento seguido es el apropiado.

A partir de la precipitación neta ( $P_n$ ), también se puede deducir que para que el nivel de embalse llegue a la cota 42, se requiere un valor de  $P_n=1.315,62\text{mm}$ , la misma que ocurría en un período lluvioso medianamente intenso.

---

### 6.5. Determinación de la máxima cota de embalse

Una de las consideraciones fundamentales para el diseño de una Presa son las formas en las que esta pueda fallar. Siendo uno de ellos el desborde de una Presa, que puede producirse por condiciones hidrometeorológicas y estas son en la actualidad muy cambiantes, por lo que se deben adoptar muchas seguridades.

De acuerdo a lo antes señalado, una Presa de poca altura, como una de 4 a 8 m de altura, su embalse sería fácilmente llenado en un período altamente lluvioso, habrían altos riesgos de desborde, salvo el caso que se construya un aliviadero sobre dimensionado. Un vertedor grande es mucho más costoso porque gran parte es de hormigón armado; además, la excavación para tener una cota de salida de los excesos del vaso sería de gran magnitud, con todos los costos adicionales que esto deriva.

Una Presa cuyo embalse sea mayor que la cota 41, permite una mejor regulación del embalse ya que en pocos decímetros de elevación de la cota de embalse, se admitirían miles de metros cúbicos, una lluvia muy intensa sólo podría hacer elevar el tirante en el canal de salida del vertedor. Adicionalmente la obra de aliviadero

---

(vertedor) es mucho menos costosa por las dimensiones de la estructura y por la menor excavación que hay que realizar para lograr un canal de desfogue de los caudales.

Relacionando la información anterior con la curva cota-volumen, la capacidad de embalse crece significativamente a partir de un nivel de aguas en la cota 41. Esto determina que elevando uno a tres metros el nivel de embalse en la Presa, se incrementa notablemente la capacidad de regulación del reservorio frente a grandes precipitaciones.

Bajo los parámetros señalados y otros aspectos relacionados a la construcción de la obra de Presa, se considera que la cota 42 es la más conveniente para Nivel de Máximo Embalse (NME). Se estima al momento dejar un bordo libre de 3 m, es decir la corona de la Presa estaría en la cota 45.00, la infraestructura urbana podría desarrollarse también a partir de esa misma cota.

---

### 6.6. Volumen de embalse

Para determinar los volúmenes que se pueden embalsar se ha efectuado las curvas Área – Volumen – Cota, considerando para ello la topografía actual. En el siguiente cuadro se observa, las áreas y volúmenes retenidos en función de la cota de embalse:

Tabla 6.6.1 Cálculo del volumen de embalse y área de inundación.

<i>Cota</i>	<i>Área(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Área Media</i>	<i>Δh</i>	<i>Volumen(m<sup>3</sup>)</i>
43	214285.11	204975.46	1	1252507.095
42	195665.80	187038.06	1	<del>1047531.64</del>
41	178410.32	169913.18	1	860493.58
40	161416.03	150387.58	1	690580.405
39	139359.13	130429.67	1	540192.825
38	121500.20	111476.10	1	409763.16
37	<del>101452.00</del>	<del>91622.20</del>	<del>1</del>	<del>298287.06</del>
36	81792.40	73112.90	1	206664.86
35	64433.39	53059.82	1	133551.965
34	41686.24	33254.18	1	80492.15
33	24822.11	20598.87	1	47237.975
32	16375.62	13259.25	1	26639.11
31	10142.87	7655.73	1	13379.865
30	5168.58	3881.32	1	5724.14
29	2594.06	1842.82	1	1842.82
28	1091.58			

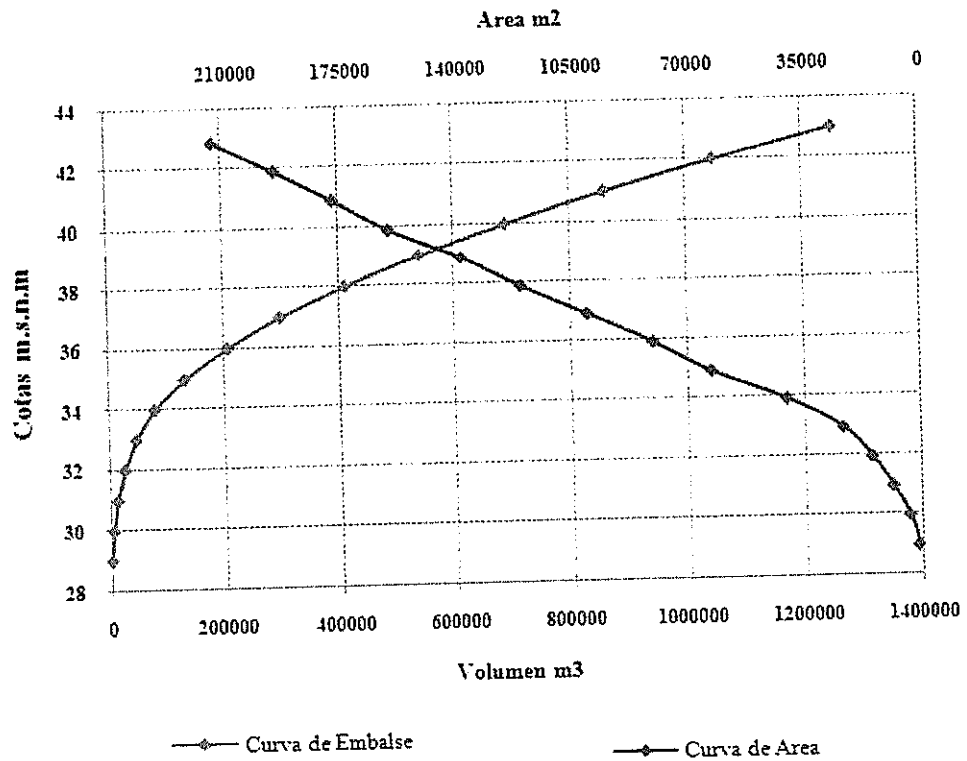


Figura 6.6.1 Curvas de volumen de embalse y Areas de inundacion.

La siguiente curva obtenida de los datos precedentes demuestra la conveniencia de embalsar en cotas altas, de la 41 arriba, ya que con poca elevación de la altura de Presa a partir de esa cota el volumen de embalse se incrementa notablemente:

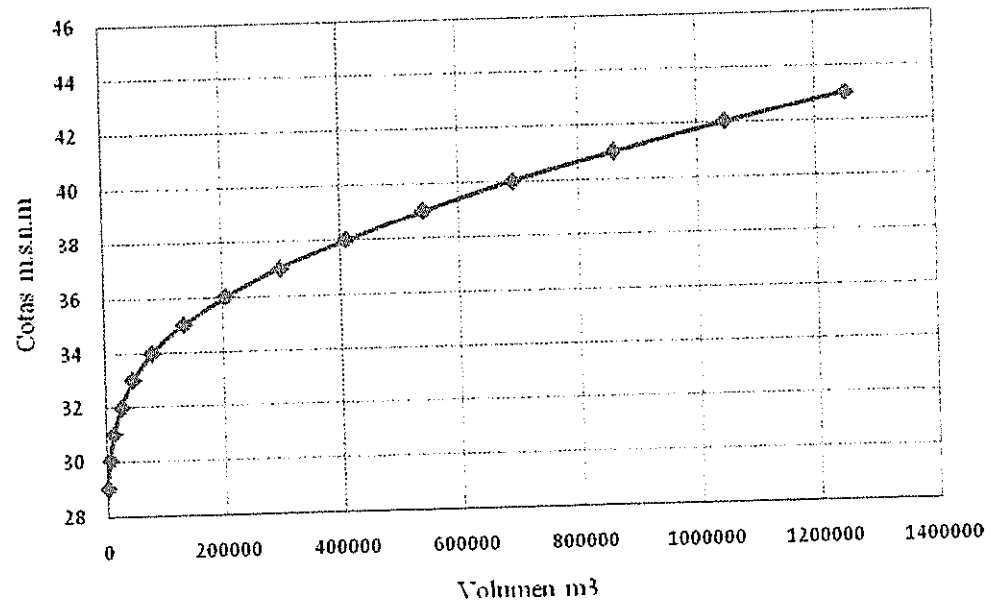


Figura 6.6.2 Curva de volumen de embalse.

# **CAPITULO 7**

## **7. DISEÑO DE LA PRESA**

### **7.1. Determinación del eje de la Presa**

Posterior a analizar los resultados de los estudios previos para el diseño se precede a determinar la ubicación más propicia para colocar esta obra tomando en consideración aspectos importantes como el tipo de terreno que encontramos para la cimentación, la calidad de los empotramientos que posteriormente van a servir como parte de la cimentación para la estabilidad de la presa, disponibilidad y cercanía con los materiales que se pueden utilizar para su construcción y que el embalse sea el de mayor capacidad posible con dimensiones de la obra de represamiento mínimas.

---



Basándonos en los criterios mencionados se determinó una ubicación propicia para la obra ubicada en el sector Norte de los terrenos colindantes a la altura del intercambiador de tráfico de la Av. Juan Tanca Marengo con la Perimetral:

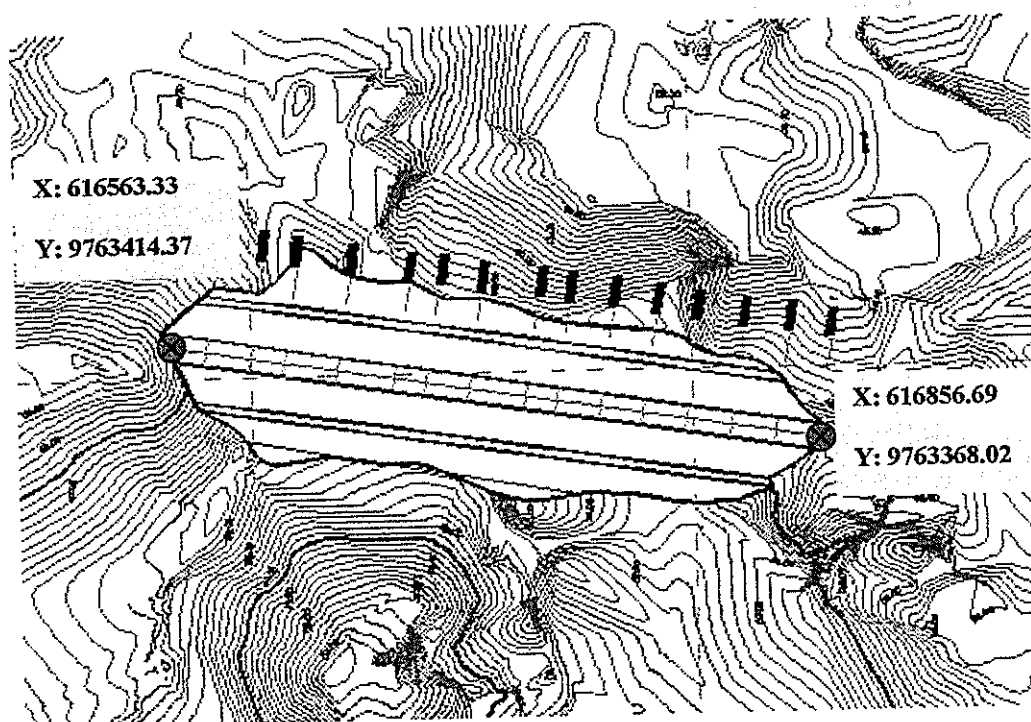


Figura 7.1.1 Eje de implantación de la Presa.

Las coordenadas están en sistema de coordenadas UTM cuyo datum es WGS 84.

## 7.2. Selección del tipo de Presa

Una vez determinada la ubicación más adecuada para la Presa determinamos el tipo de presa a construir. Basándonos primordialmente en los aspectos geológicos.

Con respecto a la altura de la presa es significativo que más del 80% de las presas construidas de menos de 30 m de altura son de materiales sueltos (Presas de Tierra) y que a partir de 150 m de altura el 60% son de hormigón, esto obedece a que en los amplios valles solo admiten presas de poca altura debido a que estos valles se caracterizan por tener materiales sedimentarios o de baja resistencia, además las condiciones de cimentación y de emplazamiento de estructuras auxiliares como son el aliviadero influyen decisivamente en la elección del tipo de presa; para las obras de hormigón, estas estructuras pueden estar contenidas dentro del mismo cuerpo de la presa siendo de esta forma más sencillas y económicas en relación a las estructuras terminales en las presas de materiales sueltos como son las de tierra o escolleras para las cuales estas obras necesariamente deben estar independientes del cuerpo de la presa para garantizar la estabilidad de la misma.

---

Quedando descartada la opción de la construcción de una presa de hormigón ya que el terreno se asemeja más a un valle amplio y por la poca altura de embalse que se piensa represar, queda la opción de construir una presa de material suelto.

Cabe recalcar que el criterio más influyente en las presas de materiales sueltos es la disponibilidad de materiales.

El entorno geológico habitual donde se sitúa estas presas pueden responder a formaciones sedimentarias, suelos aluviales, arcillas sobre consolidadas o rocas blandas.

Con respecto a las características de las cimentaciones cabe distinguir la diferencia entre las presas de tierra y las de pedraplén o escolleras. Las primeras presentan un comportamiento generalmente flexible y transmiten bajas cargas al terreno. Sin embargo, los suelos aluviales flojos, zonas muy alteradas o depósitos de bajas resistencia no son aceptables como terrenos de cimentación. Las presas

---

formadas por pedraplenes o escolleras tienen un comportamiento más rígido y transmiten mayores tensiones a la cimentación.

Dadas las características del terreno se ha determinado por los criterios anteriormente expuestos que el tipo de presa más conveniente para este embalse es la de Tierra.

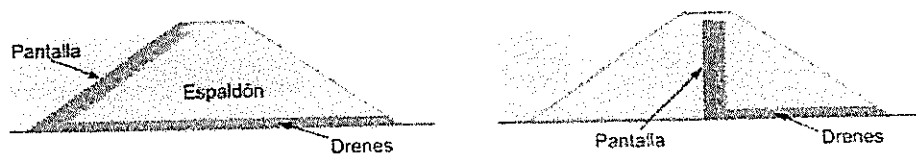
### **7.2.1. Selección del tipo de Presa de Tierra**

Las presas de tierra se caracterizan porque la mayor parte de su terraplén se construye mediante la compactación mecánica de estratos sucesivos, las presas de tierra compactadas pueden ser de tres tipos: de pantalla, homogénea, heterogénea.

#### **De pantalla**

En este tipo de terraplén se construyen con materiales permeables (arenas, gravas o rocas), estableciendo una pantalla fina de material impermeable que constituye una barrera que impide el paso del agua. La posición de la pantalla puede variar desde un manto en el paramento de aguas arriba hasta a un núcleo vertical central. La pantalla puede ser de tierra, hormigón bituminoso u otros materiales.

---

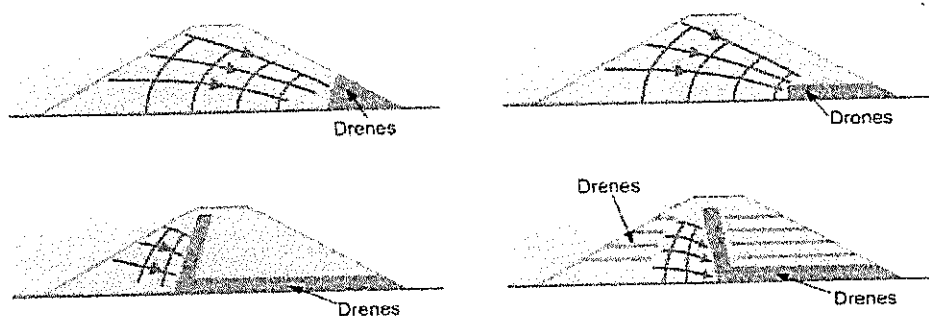


**Figura 7.2.1.1** Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.

Fuente: Ingeniería Geológica de Luis González de Vallejo.

### Homogénea

Este terraplén se compone de material de una solo clase. Este material debe de ser lo suficientemente impermeable como para proporcionar una estanqueidad adecuada y los taludes por exigencia de la estabilidad, deben de ser relativamente tendidos.



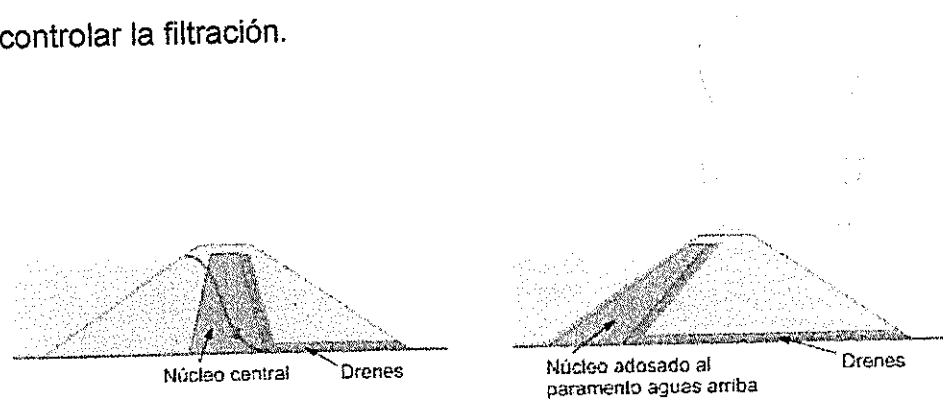
**Figura 7.2.1.2** Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.

Fuente: Ingeniería Geológica de Luis González de Vallejo.

### Heterogéneo o de zonas

Este es el tipo más común de sección de presa de tierra compactada con una sección en el núcleo central impermeable, cubierto por zonas de material considerablemente más permeables.

Las zonas más permeables cumplen la función de protección del núcleo, la zona más permeable del paramento aguas arriba proporcionan estabilidad en los desembalses rápidos y la zona de paramento de aguas abajo cumple la función de dren para controlar la filtración.



**Figura 7.2.1.3** Esquema de tipos de Presa de materiales sueltos.

Fuente: Ingeniería Geológica de Luis González de Vallejo.

Una de las recomendaciones más importantes que nos da el manual de presas pequeñas *Bureau of Reclamation* en el

momento de decidir por un tipo de presa es basarnos en registro estadísticos de obras similares, es decir que este en un medio similar y el fin del proyecto sea el mismo, por lo cual nos valemos de una obra similar que consta dentro de los terrenos del campus, la presa de tierra ubicada en detrás de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.

Esta presa de tierra es de tipo heterogénea o de zonas y ha sido construida en su gran mayoría con material del mismo campus. Su perfecto estado en el que se encuentra en la actualidad, teniendo en cuenta que ha soportado grandes acontecimientos hidrometeorológicos como el fenómeno del niño del 1997-1998 y sismo de alta intensidad nos impulsa a tomar la decisión de optar por una presa de tierra de este tipo, cabe nombrar las ventajas de utilizar presas heterogéneas:

- Permite el empleo de taludes más inclinados lo cual representa la disminución del volumen total del terrapién.
  - Permite emplear gran variedad de materiales.
-

- Permite una mayor utilización de los materiales excavados de los cimientos de la presa, aliviadero, desagüe y otras construcciones anexas.

### **7.3. Diseño de la sección típica**

#### **7.3.1. Alternativas de diseño**

Se señalo que para obtener costos mínimos, la presa debe proyectarse de forma que se obtenga la máxima utilización de la mayor parte de los materiales disponibles, incluyendo el material que debe de excavar para los cimientos. Aliviaderos, desagües, carreteras y otras obras a construir. Aunque estos materiales frecuentemente son menos adecuados de utilizar que los suelos obtenidos de las zonas de préstamos, por economía es conveniente utilizarlos al máximo.

Generalmente los taludes agua arriba de este tipo de presas varían desde 2:1 hasta 4:1 para asegurar la estabilidad; normalmente se toman de 2.5:1 hasta 3:1. A veces los taludes de aguas arriba son más suaves con el fin de eliminar un excesivo costo en su protección.



Los taludes en el paramento aguas abajo de la presa son normalmente de 2:1 cuando el terraplén se proyecta con una zona permeable aguas abajo y de 2.5:1 cuando el dique es impermeable.

Existen consideraciones adicionales para este tipo de presa cuando se desea precisar que taludes son los idóneos, estos parámetros son: el tipo de núcleo y el tipo de material a utilizar para la construcción de las diversas zonas (espaldones, núcleo).

**Tabla 7.3.1.1** Taludes recomendados para pequeñas presas de tierra del tipo heterogéneo sobre cimientos estables. Fuente: Bureau of Reclamation

<i>Tipo</i>	<i>Objeto</i>	<i>Sujeto a desembals e rápido</i>	<i>Clasificación de los materiales de revestimiento</i>	<i>Clasificación de los materiales del núcleo</i>	<i>Taludes aguas arriba</i>	<i>Taludes agua abajo</i>
Zona con núcleo Mínimo A	Cualquiera	No Critico	Escollera, GW, GP, SW (con gravas) o SP (con gravas).	GC, GM, SC, SM, CL, ML, CH o MH	2:1	2:1
Zona con núcleo Máximo	Retención o embalse	No		GC, GM, SC, SM, CL, ML, CH, MH	2:1 2.25:1 2.5:1 3:1	2:1 2.25:1 2.5:1 3:1
Zona con núcleo Máximo	Embalse	Si		GC, GM, SC, SM, CL, ML, CH, MH	2.5:1 2.5:1 3:1 3.5:1	2:1 2.25:1 2.5:1 3:1

### **Tipo de Núcleo**

El núcleo de la sección es de tipo mínimo A, cimiento impermeable o poco permeable como es el cimiento rocoso que adicionalmente posee una pantalla inyectada de hormigón.

*Ancho de corona.*- El ancho de corona depende de diversos factores como:

- La naturaleza de los materiales empleados en el terraplén,
- Altura e importancia de la estructura,
- Necesidad de acondicionar una carretera en ella,
- La posibilidad de su construcción.

La anchura mínima de coronación debe de ser tal que proporcione, con un coeficiente de seguridad adecuado, un gradiente de filtración a través del dique a nivel de embalse lleno. Debido a las dificultades prácticas existentes para determinar este coeficiente, la anchura de coronación como norma se determina empíricamente y con amplitud basándose en la información existente. Se sugiere la formula siguiente:

---

$$w = \frac{z}{5} + 3$$

Donde:

w: el ancho de la corona en metros y,

z: es la altura de la presa en metros desde la parte más baja.

Calculo:

$$\begin{aligned} z: 20 \text{ m} \quad w &= \frac{20}{5} + 3 \\ w &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

El ancho mínimo de la corona es de 7 m, pero como mencionamos anteriormente uno de los factores importantes es la necesidad de proyectar una carretera sobre ella, que es el caso de nuestra obra en la cual se deja previsto a futuro el paso de una carretera que formara parte de una vía perimetral al Parque del Conocimiento y servirá de acceso para el desarrollo de futuros proyectos en las áreas colindantes.

Por esta razón se ha planteado un ancho de corona de 12 m que satisface a una vía de 2 carriles (3.7 cada carril) y sus respectivas bermas.

Con los criterios expuestos determinamos que la sección del terraplén de la presa:

**Tipo de presa:** Presa de tierra heterogénea o de zonas con núcleo central de material impermeable (arcilla).

**Altura máxima:** 20 m.

**Cota de máximo embalse:** 42 m.s.n.m

**Cota de corona:** 45 m.s.n.m

**Longitud:** 297 m.

**Ancho de corona:** 12 m.

**Talud de espaldón aguas arriba:** 2:1

**Talud de espaldón aguas abajo:** 2:1

**Bermas:** 4 m cada 10 m de altura.

### **Filtro**

En muchos casos es necesario un filtro entre la zona impermeable (núcleo) y la semi-permeable (espaldones) aguas abajo y una capa de drenaje debajo de la capa permeable aguas abajo. Estas capas de filtro-drenes deben de cumplir los siguientes criterios.

---

El *Bureau of Reclamation* ha realizado una amplia experimentación y hace las siguientes recomendaciones para satisfacer los criterios de estabilidad del filtro y proporcionar un aumento en la permeabilidad entre la base y el filtro (para el caso del filtro que se encuentra al pie de la Presa aguas abajo, filtro horizontal).

$$1. \frac{D_{15} \text{ del filtro}}{D_{15} \text{ del material de base}} D_{15} \geq 5$$

$$2. \frac{D_{15} \text{ del filtro}}{D_{85} \text{ del material de base}} \leq 5$$

$$3. \frac{D_{85} \text{ del filtro}}{\text{maxima abertura del tubo de drenaje}} \geq 2$$

4. Generalmente el filtro debe de tener una curva granulométrica uniforme para proporcionar permeabilidad y prevenir segregación durante el procesamiento manejo y colocación.

### **Protección del paramento de aguas arriba**

El paramento de aguas arriba debe de estar protegido contra la acción del oleaje producido por el viento en el embalse. Los tipos usuales de protección para taludes son: escolleras vertidas, colocadas a mano y los pavimentos de hormigón.

La protección debe de extenderse desde la coronación de la presa hasta una distancia por debajo del nivel mínimo de agua.

Se ha realizado estudios estadísticos según reportes del *Bureau of Reclamación* y se ha comprobado la superioridad de la protección de escollera vertida además de tener un costo de construcción y mantenimiento más económico comparado con los otros tipos de protección.

La escollera vertida consiste en piedras o fragmentos de rocas vertidas "in situ", en el talud. La roca para escollera debe de ser dura, densa y capaz de resistir meteorización. La mayor parte de las rocas ígneas y metamórficas, muchas de las piedras calizas y algunas areniscas producen excelentes escolleras. Su espesor debe de ser el suficiente para alojar convenientemente

---

el peso y el tamaño de la piedra, se ha optado por un espesor de 0.9 a 1m.

### **7.3.2. Análisis de estabilidad**

Uno de los trabajos que se ha realizado con el mayor detalle y rigurosidad ha sido el análisis de estabilidad de taludes de la Presa, para lo cual, se ha dispuesto del programa GGU Estability de Civil Server.

Este programa posee varias metodologías para determinar la estabilidad de los taludes, entre los métodos que constan:

- Método de Jambu
- Método de Bishop
- Método de bloque deslizante
- Método de bloque cortante

Se realizaron varias corridas del programa analizando la estabilidad de la presa con cada uno de estos métodos mencionados, pero por las condiciones de los materiales de construcción (material granular) y por las fallas que se

---

presentan más frecuentemente en presas de estas características, se definió que el método a emplear es BISHOP.

### **Método de Bishop.**

Este método es de tipo determinístico, por lo tanto en base a ciertos factores conocidos o supuestos en que se encuentra un talud, este método determina si es estable o no.

Este como todos los métodos que se basan en el principio de equilibrio límite analiza y compara las fuerzas tendentes al movimiento de deslizamiento con relación a las fuerzas resistentes que se oponen al mismo. Este análisis proporciona un valor de coeficiente de seguridad "*F*".

$$F = \frac{\text{Fuerzas Estabilizadoras}}{\text{Fuerzas Desestabilizadoras}}$$

Las fuerzas actuando sobre un plano de deslizamiento potencial, sin fuerzas externas que afecte el sistema, son las debidas al peso del material, *W*, la cohesión, *c*, y el Angulo de



fricción,  $\Phi$ , del material del plano, por lo que el coeficiente de seguridad viene dado por:

$$F = \frac{(R_c + R_\phi)}{S}$$

Donde:

$R_c$ : Fuerzas cohesivas =  $c \cdot A$

$R_\phi$ : Fuerza Fricciónales =  $W \cdot \cos\alpha \cdot \text{tg } \Phi$

$S$ : Fuerzas que tienden al deslizamiento =  $W \cdot \text{sen}\alpha$

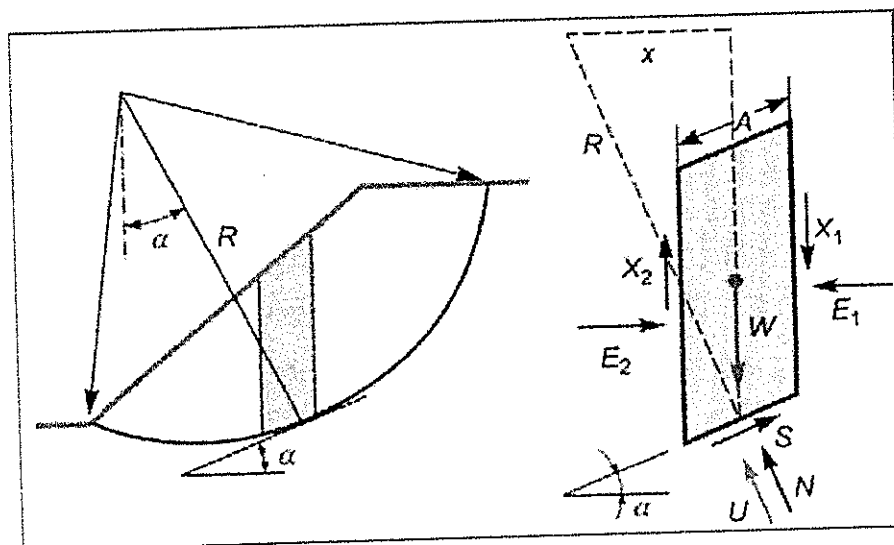
$A$ : Área del plano de rotura.

En caso de existir presiones de agua sobre el plano de falla,  $U$  es la fuerza que ejerce el agua sobre el plano, entonces:

$$R_\phi = (W \cdot \cos\alpha - U) \text{tg } \Phi.$$

Este método analiza las posibles superficies de fallas que puedan presentarse en los taludes, analiza los planos de falla como roturas circulares, y divide la superficie de falla en  $n$  *dovelas (rebanadas verticales)*, considera que las interacciones

entre las dovelas son nulas. El cálculo se lleva a cabo buscando el equilibrio de momentos respecto al centro del arco circular.



**Figura 7.3.2.1** Fuerzas actuantes en una dovela.  
Fuente: Ingeniería Geológica de Luis González de Vallejo.

$$\sum S * R = \sum W * x = \sum W * R \operatorname{sen} \alpha$$

$$F = (c A + N \operatorname{tg} \Phi) / S$$

En el desarrollo del método la variable  $F$  (*Factor de seguridad*) no queda explícita, por lo que para su determinación es necesario realizar un análisis iterativo asumiendo parámetros iniciales hasta que esta variable converja a un valor.

Una vez determinado el coeficiente de seguridad de la primera superficie considerada como posible plano de falla, se considera una nueva superficie y se repite el proceso hasta obtener el coeficiente de seguridad mínimo  $F_{min}$ .

Para realizar este proceso de cálculo empleamos el software GGU Stability, se tomaron en consideración los siguientes parámetros y condiciones de análisis:

- Los dos paramentos de la Presa, con taludes y bermas
  - La disposición y propiedades geomecánicas de los materiales que son parte del terraplén: espaldones, núcleo y filtro.
  - Presa al final de la contracción.
  - Presa con embalse lleno y funcionando en un “fenómeno del Niño”.
  - Presa en desembalse rápido, siendo esta una condición considerada hipotética, ya que no existen posibilidades de ruptura en el Vaso.
  - Aceleraciones sísmicas horizontales y verticales probables en un periodo de retronó de 25 años.
-

**Tabla 5.4.1** Propiedades de los resultados producto de los ensayos de laboratorio.

Propiedades de los materiales					
<i>Material A (núcleo impermeable)</i>			<i>Material B (espaldones)</i>		
Cohesión	$\zeta$	4 T/m <sup>2</sup>	Cohesión	$\zeta$	11 T/m <sup>2</sup>
Peso Especifico	$\gamma$	1800 Kg/m <sup>3</sup>	Peso Especifico	$\gamma$	1592 Kg/m <sup>3</sup>
Angulo de Fricción	$\Phi$	11 °	Angulo de Fricción	$\Phi$	27 °
<i>Material de Cimiento</i>			<i>Filtro</i>		
Cohesión	$\zeta$	120 T/m <sup>2</sup>	Cohesión	$\zeta$	0 T/m <sup>2</sup>
Peso Especifico	$\gamma$	2.22 Kg/m <sup>3</sup>	Peso Especifico	$\gamma$	2000 Kg/m <sup>3</sup>
Angulo de Fricción	$\Phi$	21.8 °	Angulo de Fricción	$\Phi$	30 °

**Tabla 7.3.2.1** Aceleraciones Sísmicas.

Abscisa Analizada	Aceleración Sísmica	
	Horizontal	Vertical
0+060	0.3	0.3
0+100	0.3	0.3
0+120	0.3	0.3
0+133.8	0.3	0.3
0+244.6	0.3	0.3
0+260	0.3	0.3

Una vez definida las propiedades de los materiales (tabla anterior), se procedió a dibujar lo que sería la sección típica de la presa prediseñada en el ítem anterior.

Ingresado la sección de la presa mediante coordenadas se establece el método de cálculo a usar; considerando el hecho

de que las fallas más frecuentes en este tipo de obras son las fallas rotacionales circulares. A continuación con ayuda de las herramientas del programa se procede a ubicar los puntos de los cuales se esbozarán los radios de falla, de los que a su vez se escogerá al más crítico para el análisis.

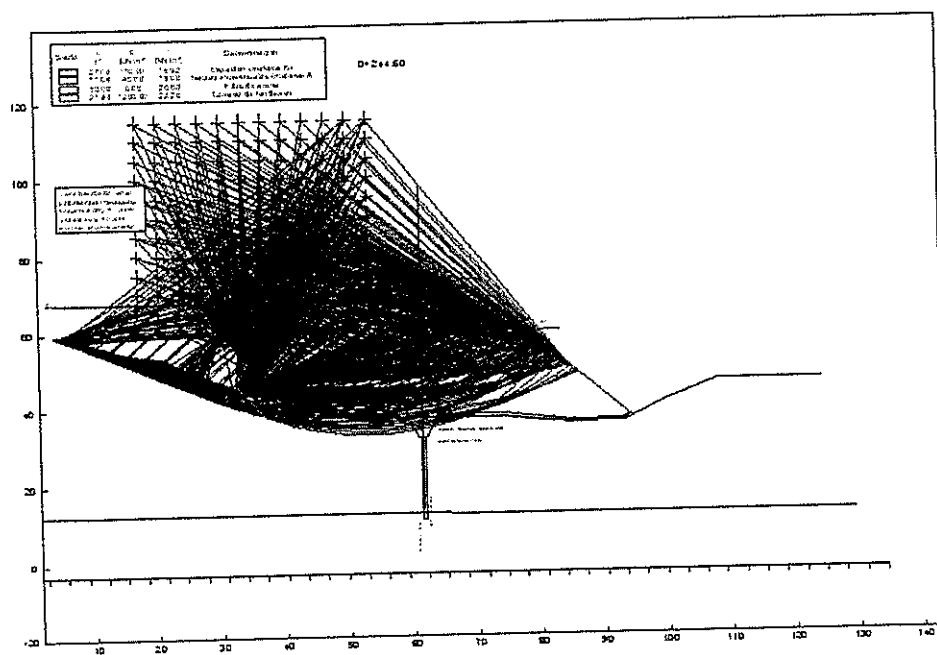


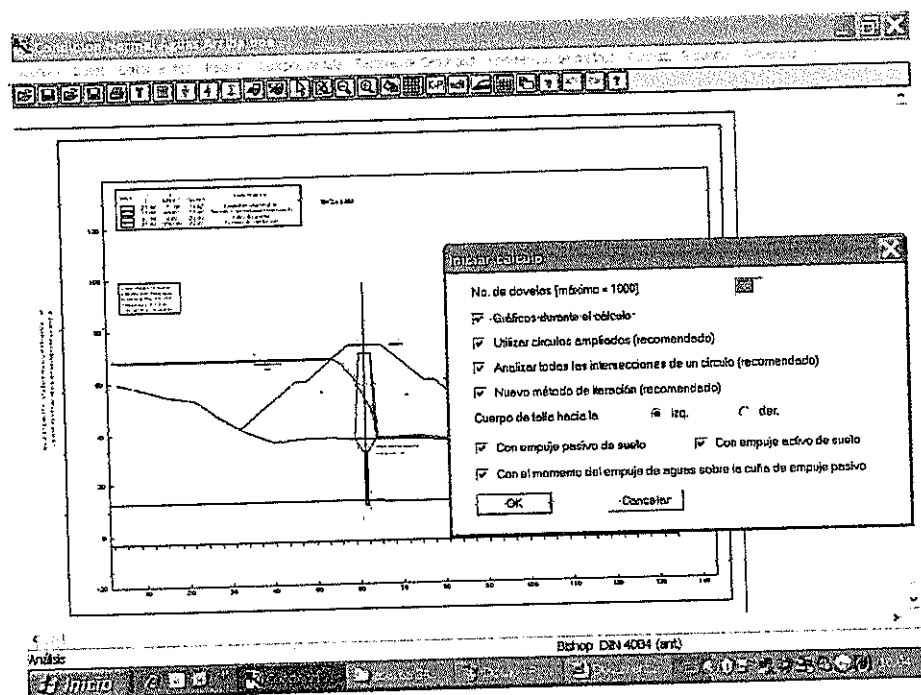
Figura 7.3.2.2 Cálculo iterativo de los planos de falla.

Fuente: GGU Stability.

Trazados los posibles círculos de falla, se selecciona el número de dovelas, la incidencia de los esfuerzos del suelo y de la influencia del nivel freático, conjuntamente con las presiones de

poros, esto con la finalidad de analizar el efecto de las fuerzas intersticiales en el círculo de falla más crítico.

En la gráfica siguiente observamos la explicación anterior y de cómo se efectúa el análisis aguas arriba de la Presa, es decir, en el lado donde se encuentra embalsada el agua.

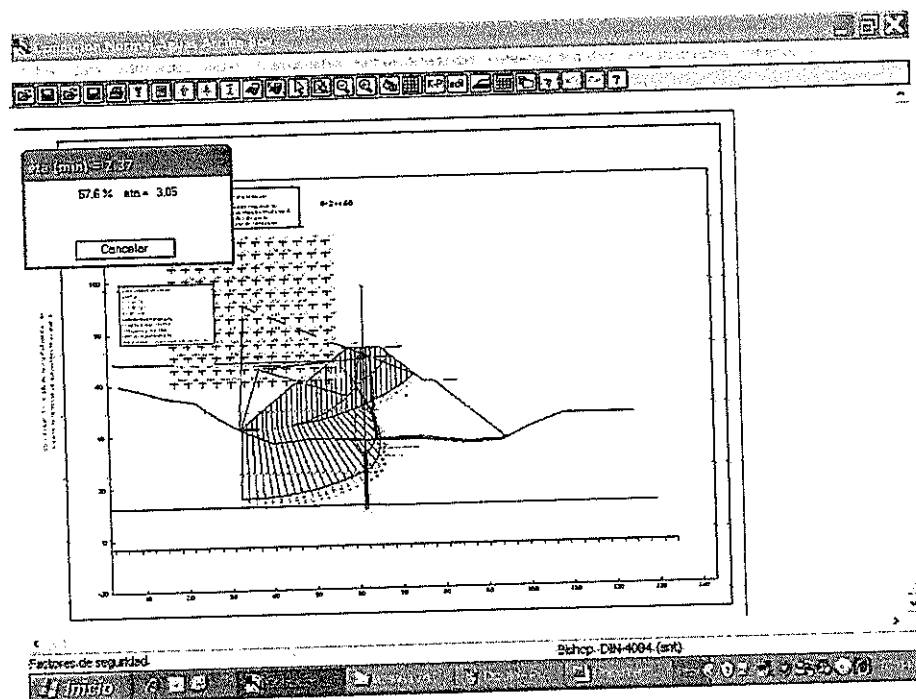


**Figura 7.3.2.3** Parámetros a considerar, definición del nivel freático.

Fuente: GGU Stability.

En la siguiente gráfica se observa como el programa ejecuta el cálculo del Factor de Seguridad, (2.37 hasta ese momento), del

talud aguas arriba de la Presa bajo las condiciones de Embalse a la cota 42, mientras que al mismo tiempo determina el círculo de falla más desfavorable, así como la influencia de la presión de poros por la distribución de las fuerzas intersticiales a lo largo de la Presa.



**Figura 7.3.2.4** Programa en el proceso de cálculo del factor de seguridad.

Fuente: GGU Stability.

Finalmente el programa muestra en pantalla los resultados del cálculo del Factor de Seguridad, el número de iteraciones efectuada de los círculos de falla analizados. En el grafico, se observan las dovelas en el círculo de falla más desfavorable y

de cómo se distribuye las fuerzas intersticiales a lo largo del mismo.

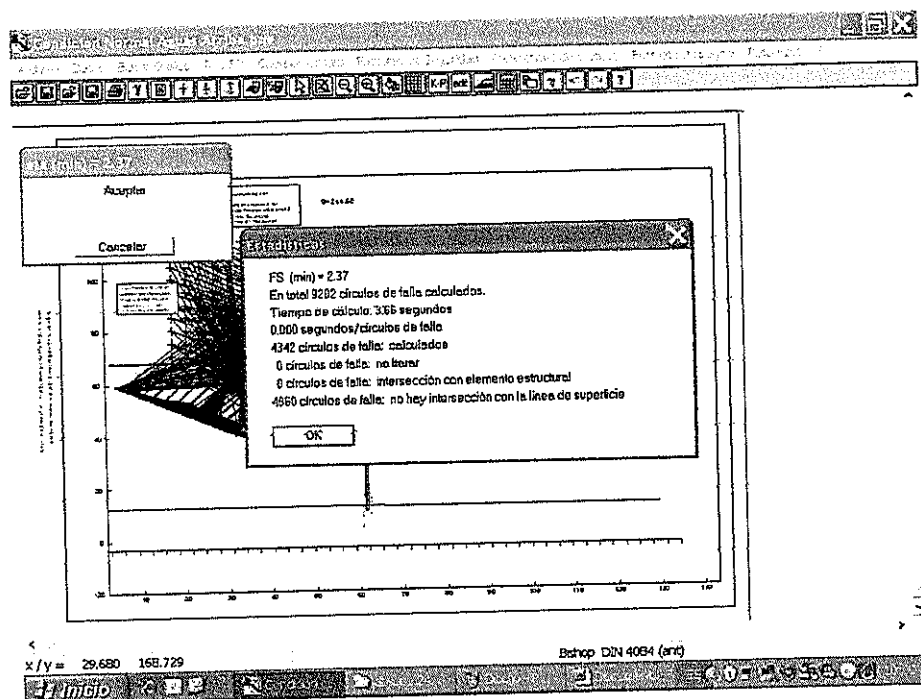


Figura 7.3.2.5 Resultados del proceso de cálculo.

Fuente: GGU Stability.

Los análisis de estabilidad efectuados demostraron que la Presa diseñada será estable aún en condiciones críticas.

Ver análisis de estabilidad en Anexos.



### 7.3.3. Diseño definitivo.

Con los parámetros obtenidos en el análisis anterior se pudo constatar que las dimensiones de la presa son estables en todos los posibles casos de falla antes citados.

El terraplén de la Presa estará constituido por dos espaldones cuyos taludes simétricos a ambos lados, tienen pendiente de 2:1. Tanto aguas arriba, como aguas abajo, se tiene una berma de 4m de ancho, en la cota 37.

En el interior del cuerpo de la Presa se construirá un núcleo simétrico de arcilla impermeable dispuesto desde la cota 43 hacia abajo, para bloquear el flujo a través del terraplén. Tendrá un ancho de 4m en la parte superior, llegando hasta 8 m de ancho en el dentellón.

El dentellón es una trinchera excavada en la cimentación de la parte central de la Presa, cuyo objeto es que el núcleo atraviese las capas de material rocoso suelto, permeables, que estarán bajo el nivel del terraplén. Es importante señalar que la cimentación de los espaldones estará apta luego de realizar la

---

limpia total de las capas superficiales y de eliminar los restos orgánicos descompuestos y los vegetales.

En la cara aguas abajo del núcleo se ha diseñado una capa de filtro de 50 cm de espesor, capa que estará conectada al dren filtro del pie de la Presa, con la finalidad de captar las filtraciones y conducir las hacia el drenaje natural de la quebrada represada. Para el control de las filtraciones a través de la cimentación y empotramientos rocosos (con fracturas) de la Presa, se ha diseñado una pantalla de intersección de flujo la misma que será construida a partir del dentellón del núcleo.

El espaldón aguas arriba será protegido con una capa de enrocado de aproximadamente 1m de espesor, bloques de 0.20 m a 0.30m de diámetro, materiales rocosos que serán volteados y acomodados manualmente sobre una lámina de geotextil no tejido de 4 mm de espesor.

La sección típica de la Presa que se muestra a continuación se hace constar el material B de los espaldones, el material A del núcleo impermeable; las dos bermas de 4m en la cota 37, los

taludes 2:1 (H:V) de los paramentos y la corona de 12 m de ancho en la cota 45.

PERFIL TÍPICO DE LA PRESA

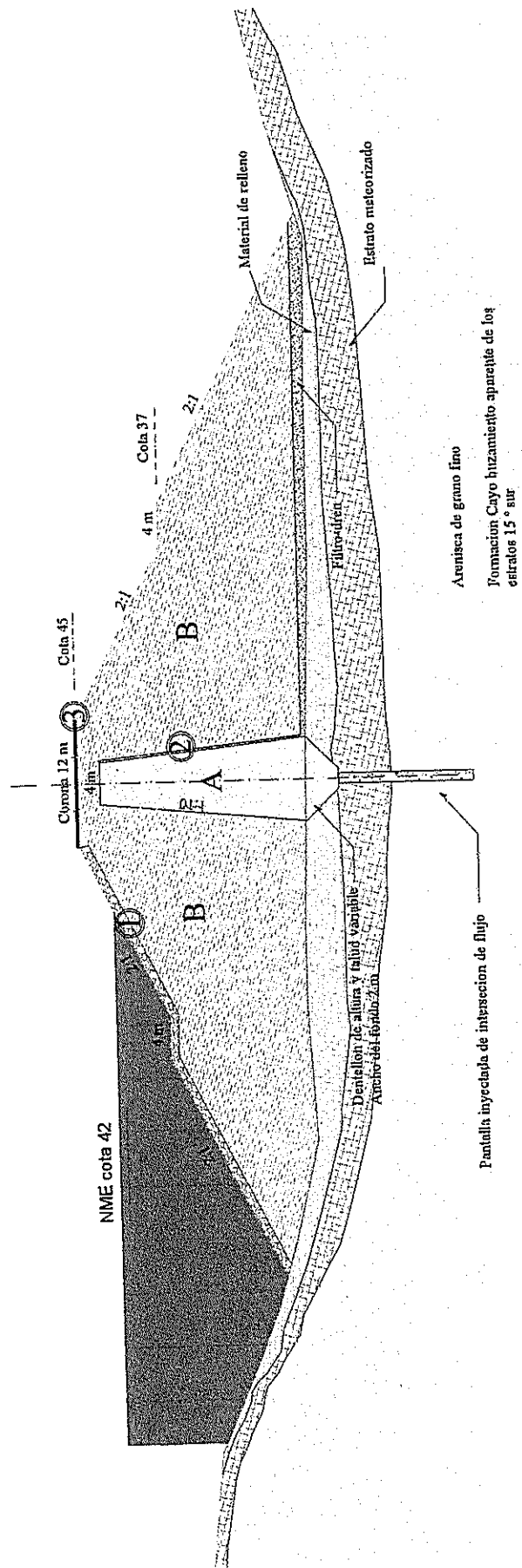


Figura 7.3.3.1 Sección típica de la Presa.

#### 7.4. Cimentación de la Presa

Con las prospecciones geofísicas antes expuestas y las salidas de campo al terreno donde se decidió emplazar la presa se pudo constatar que El cuerpo de la Presa descansará en su totalidad sobre terreno firme, esto es, sobre roca sedimentaria resistente de formación Cayo y capas de fragmentos rocosos y suelos compactados. Los estratos rocosos tienen un buzamiento de  $15^\circ$  inclinados en dirección del vaso y son una secuencia de areniscas de grano fino, limolitas y lutitas, de alta resistencia portante (más de  $1000 \text{ kg/cm}^2$ ).

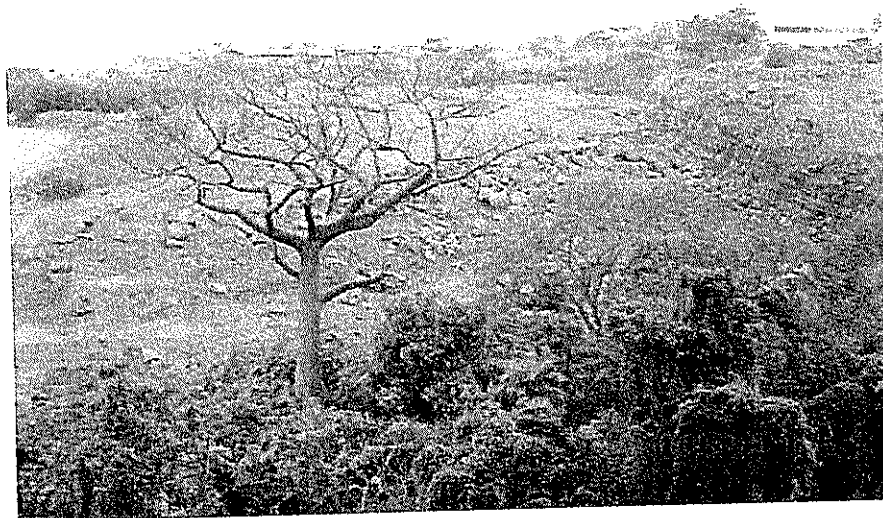


Figura 7.4.1 Imagen del empotramiento derecho de la Presa.

La estratificación es muy favorable para el embalsamiento y para la resistencia portante y al cortante por lo que el cuerpo de la Presa

puede emplazarse en una situación muy segura. Sin embargo, debe ser controlada la posibilidad de infiltraciones a través de las fracturas geotectónicas allí existentes, ya que están orientadas en forma transversal al eje de presa.

### **Empotramientos**

Los apoyos en los costados de la Presa que también se observan en la fotografía anteriormente presentada, son de una pendiente relativamente suave y estarán constituidos íntegramente por roca, por lo que son totalmente estables.

Los parámetros de resistencia y de permisividad al flujo de agua, son los mismos que se tienen en la cimentación y su tratamiento para lograr la *estanquidad* es el mismo.

#### **7.4.1. Análisis de las filtraciones**

Se realizó este análisis para cuantificar el gasto que podría perder el embalse por efecto de la infiltración del agua a través del cuerpo de la presa y por el terreno de fundación (cimentación).

---

Para este análisis se dispuso de 2 métodos; redes de flujo que es una solución grafica de la ecuación de escurrimiento de los líquidos a través de los medios porosos para el flujo en el cuerpo de la Presa y análisis de flujos a través de fracturas para el terreno rocoso de la cimentación.

El análisis de redes de flujo se basa en la ecuación de flujo en medios porosos de Henry Darcy (1856).

$$Q = K i A$$

Donde:

$K$ : Coeficiente de Permeabilidad.

$i$ : Gradiente Hidráulico.

$A$ : Área de drenaje.

La ecuación que presentamos a continuación es una variación de la ecuación de flujo de Darcy que surge de una modelación del flujo bidimensional, fuente: Mecánica de Suelos Practica, Ing. Carmen Terreros de Varela.

$$\frac{Q}{L} = k H \frac{nf}{nd}$$

Q: Caudal o gasto ( $\text{cm}^3/\text{seg}$ ).

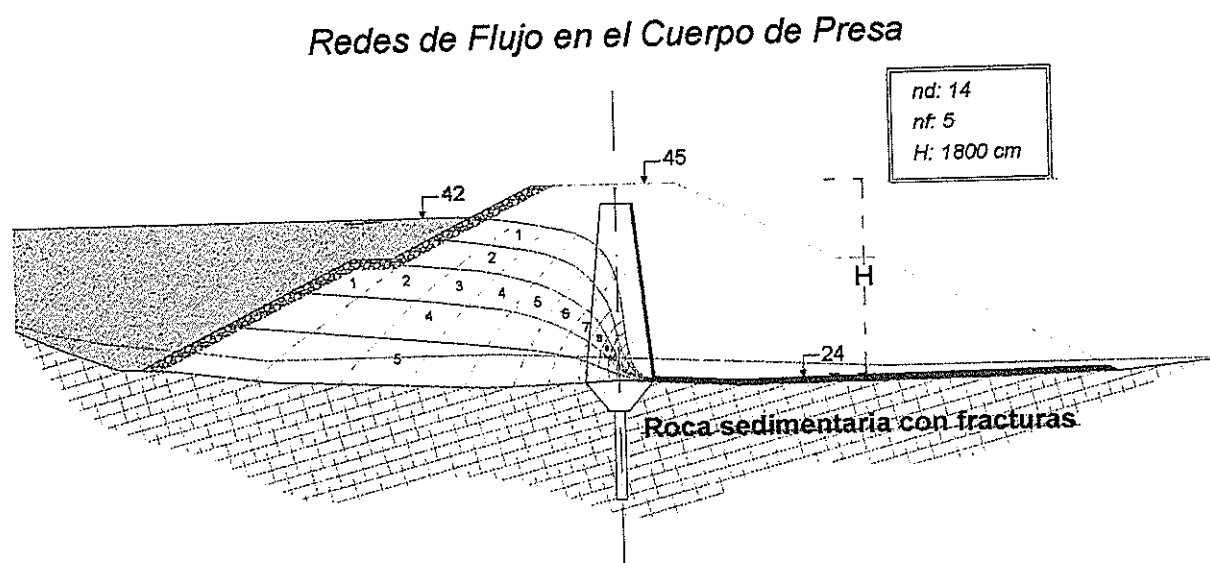
k: Coeficiente de permeabilidad.

H: Perdida de carga en el flujo.

nd: número de canales equipotenciales.

nf: número de canales de flujo.

Los coeficientes de infiltración para los 2 materiales (espaldones y núcleo) se los expuso en el capítulo 4: Estudios Geotécnicos, a continuación se determina el gasto a través del cuerpo de Presa.



**Figura 7.4.1.1** Redes de Flujo en el Cuerpo de la Presa.

Datos:

$K_{\text{espaldones}}: 1.3 \times 10^{-5} \text{ cm/seg.}$

$K_{\text{núcleo}}: 1.5 \times 10^{-8} \text{ cm/seg.}$

$$\frac{Q}{L} = ((0.85)1.3 \times 10^{-5}) + ((0.15)1.5 \times 10^{-8})(1800) \frac{5}{14}$$

$$\frac{Q}{L} = 0.007 \text{ cm}^3 / \text{seg} / \text{cm}$$

$$Q = 0.007 * 29700$$

$$Q = 211 \text{ cm}^3 / \text{seg}$$

Para la determinación del gasto que atraviesa el terreno de fundación, aplicamos las ecuaciones del Dr. Claude Louis para flujo en macizo rocoso, se analiza la conductividad hidráulica en un sistema de fracturas, esto consiste en estimar la velocidad de los flujos en el sistema de fracturas mediante la ecuación:

$$V = K J_f$$

K: Coeficiente de permeabilidad Global

$J_f$ : Gradiente hidráulico.



Se estableció el coeficiente de permeabilidad global (K) mediante la ecuación que propuso el mencionado autor, la misma que se detalla a continuación:

$$K = \frac{e}{b} K_f + K_m$$

Donde:

e: Espesor de las fracturas (cm)

b: Espaciamiento de las fracturas (cm)

Kf: Coeficiente de Permeabilidad en las Fracturas.

Km: Coeficiente de Permeabilidad de los Estratos.

La información para el cálculo se presenta en el cuadro de ensayos Insitu del Capítulo 4 y en Estudio Geológico Capítulo 3. Cabe mencionar que el análisis se efectuó con respecto a una sola familia de fracturas por ser la de mayor incidencia en el sector, teniendo en cuenta que el coeficiente de permeabilidad engloba todas las familias de fracturas de la zona.

Datos:

e: 0.10 cm

b: 100 cm

---

Kf:  $1.65 \times 10^{-2}$  cm/seg.

Km: 0.00 cm/seg.

$$K = 1.167 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$$



El gradiente hidráulico se lo determino partiendo de las premisas:

- El flujo a través de las fracturas es en sentido horizontal y descarga inmediatamente después de atravesar el núcleo, en el filtro.
  - La carga hidráulica va a ser constante en todas las fracturas a lo largo del eje, esta disposición es conservadora ya que la carga en las fracturas cercanas a los estribos es menor, por lo tanto el flujo es más lento y el gasto es menor.
  - Las fracturas van a tener incidencia en los estratos meteorizados y de secuencias de areniscas, lutitas y limolitas que se determinó en base a la prospección
-

geofísica (SEV) que tiene una profundidad máxima de 26 m en el centro del eje de la Presa.

El análisis se lo realizó en condiciones en que la Presa no poseería dentellón de arcilla ni pantalla de intersección de flujo.

*Flujo sin Pantalla Impermeable en estrato Rocoso (cimentación)*

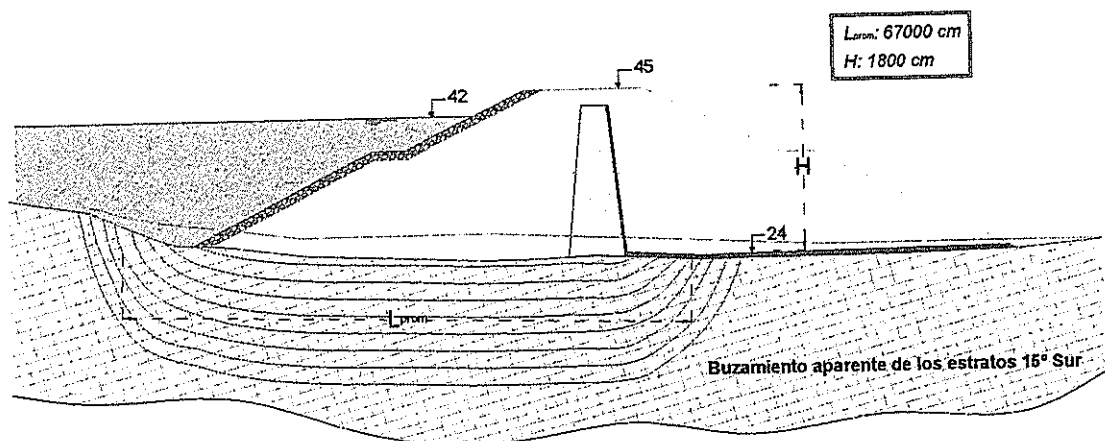


Figura 7.4.1.2 Infiltraciones en el sistema de fracturas del terreno de fundación.

$$J_f = \frac{H}{L}$$

$$J_f = \frac{18000}{67000} = 0.27$$

Determinación de la velocidad en el sistema de fracturas:

$$V = K J_f$$

$$V = 1.167 \times 10^{-5} * 0.27$$

$$V = 3.15 \times 10^{-6} \text{ cm / seg}$$

Ahora se procede a calcular el gasto, estimando un área promedio de la sección longitudinal de la Presa que permitirá infiltración, para lo cual se cuenta con la siguiente información:

Profundidad promedio de las fracturas: 1550 cm

Longitud de eje de Presa: 297 m

Área de la sección de infiltración:  $29700 \times 1550$ : 46035000 cm<sup>2</sup>

$$Q = A * V$$

$$Q = 46035000 * 3.15 \times 10^{-6}$$

$$Q = 145.01 \text{ cm}^3 / \text{seg}$$

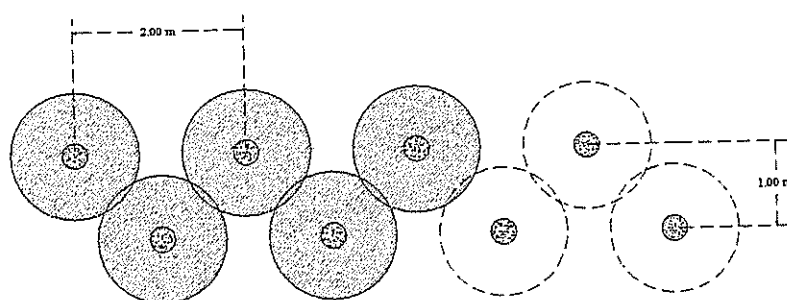
#### 7.4.2. Soluciones para controlar las infiltraciones.

La solución técnica que se da para bloquear las filtraciones consta de dos elementos. El primero constituye el dentellón del núcleo impermeable que se adentran tanto en los materiales sueltos como en niveles rocosos; a continuación se ha diseñado una pantalla de intersección de flujo, inyectando una lechada impermeabilizante a presión, hasta lograr condiciones de estanqueidad.

La pantalla que se logrará mediante la inyección de taladros, con lechadas de cemento y bentonita tratada tendrá una profundidad máxima es de 12m en la parte central y mínima de 3m. en los estribos, todo lo cual se ha determinado en función de la altura de la carga hidrostática que existirá en el embalse.

Se efectuarán perforaciones con taladros de 12 m de profundidad, con un diámetro aproximado de 12.5 cm. Por experiencias previas se conoce que el mínimo radio de acción de la lechada es de 1,5 m, por lo que se logra formar la pantalla, lo que se aprecia en la siguiente vista de planta:

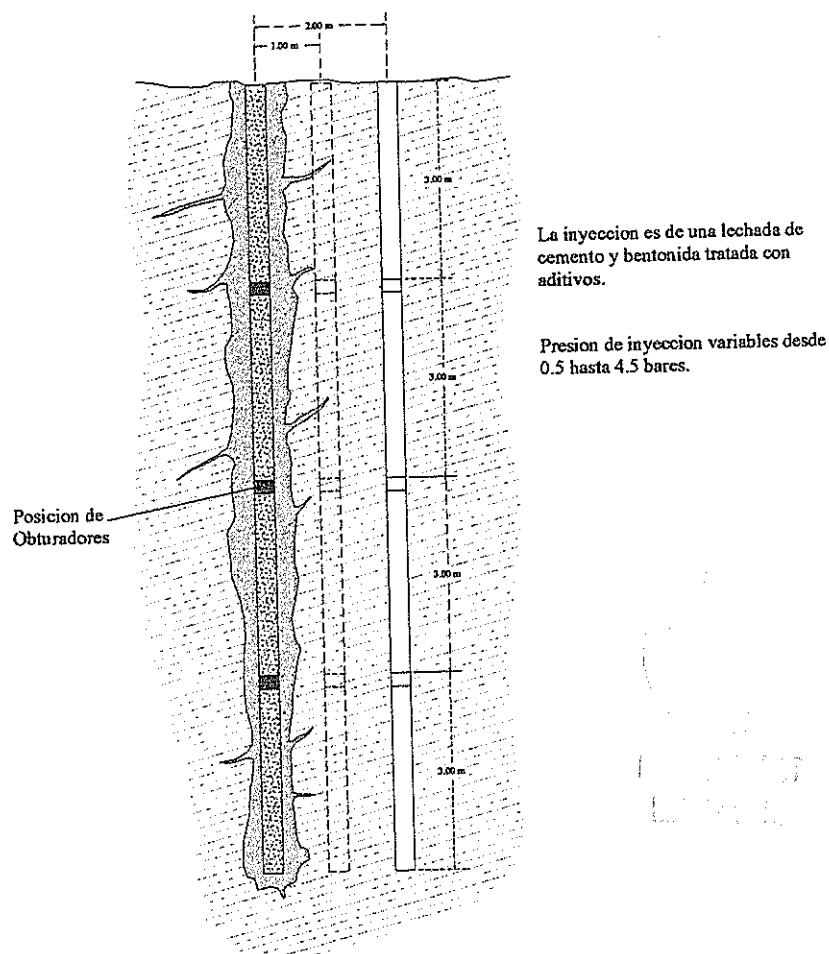
Vista en planta del proceso de Inyeccion



Radio de accion de la inyeccion: 1.50 m

**Figura 7.4.2.1** Vista en planta del proceso de inyección de la pantalla de intersección del flujo.

### Disposicion vertical de las inyecciones



**Figura 7.4.2.1** Sección del proceso de inyección de la pantalla de intersección del flujo.

Para verificar que la pantalla inyectada es impermeable se realizaran nuevas perforaciones en diferente puntos, y en ellas se efectuarán pruebas de inyección de agua tipo Lugeon cuyo resultado mínimo admisible de conductividad hidráulica debe ser de  $1.5 \times 10^{-6}$  cm/seg.

# CAPITULO 8

## 8. DISEÑO DE LA OBRA DE EXCEDENCIA

Un vertedor es una obra civil que cumple la función de regular el caudal que posee un embalse cuando se registran avenidas que no pueden ser represadas en dicho volumen dejando escapar el exceso de agua para posteriormente dirigirlo a un río o cauce natural.

Esta obra es de suma importancia ya que la mayoría de las fallas de las Presas han sido producto de vertedores mal proyectados o de capacidad insuficiente.

El cauce natural que vamos a represar nace de cuencas de drenaje que se encuentran dentro de los terrenos del campus Politécnico que

---

alimentan a este cauce en estaciones invernales, este cauce es captado y redirigido por una alcantarilla que se encuentra ubicada en el lindero norte del GOE, cruza la vía perimetral y continua en canal abierto que atraviesa las cooperativas: Gallegos Lara, Eugenia Cordoves y Lomas de Prosperina y las ciudadelas Florida Norte y sector industrial INMACONSA.

Como es de conocimiento nuestro, aguas abajo de esta obra se encuentran asentadas estas ciudadelas que serian los sectores más afectados en el caso de una falla de la Presa, poniendo en riesgo tanto vidas humanas como pérdidas materiales cuantiosas.

Por las consideraciones acotadas se determinó que la avenida de diseño va a ser la avenida máxima registrada en un periodo razonable de tiempo, por lo que hemos optado por una avenida de 253.72 mm que es producto de la proyección mediante un método estadístico a 25 años de una lluvia de 221.8mm que se registró el 18 de abril del 1998. Esta lluvia fue obtenida de un análisis de precipitaciones máximas diarias mensuales en el periodo de registros continuo desde el año 1995 hasta el 2005 obtenido de los anuarios meteorológicos del INAMHI.

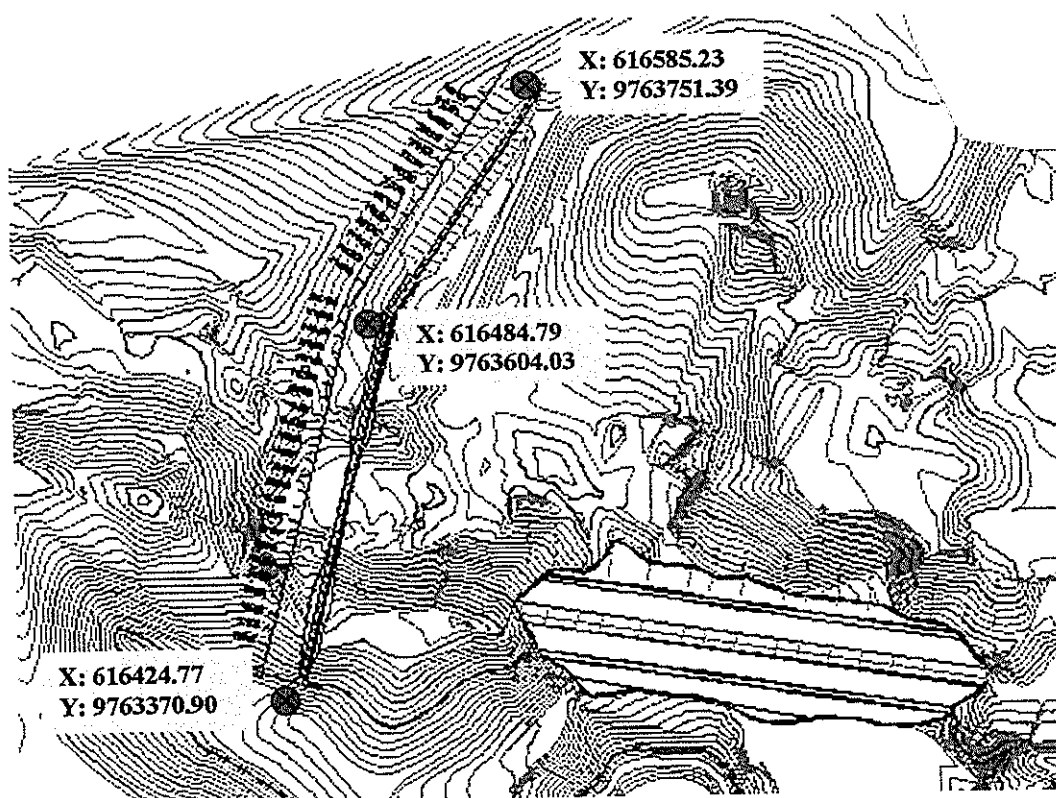
#### **8.1. Determinación de la cota del vertedor.**



Dado que se definió el máximo nivel de embalse a la cota 42, se determinó tentativamente la cota del canal de aproximación (inicio del vertedor) en 41 m.s.n.m. El elemento del aliviadero que controla el nivel del embalse tendrá una altura que regirá que el flujo ocurra cuando el nivel de embalse exceda la cota 42.

## 8.2. Ubicación del eje del vertedor.

El vertedor está ubicado en el sector próximo al estribo derecho de la Presa, precisamente en las siguientes coordenadas:



**Figura 8.2.1** Eje de implantación del Aliviadero.  
Las coordenadas están en sistema de coordenadas UTM cuyo datum es WGS 84.

### 8.3. Diseños del aliviadero.

El vertedor está conformado por cuatro partes: canal de aproximación, sección de control o aliviadero, sección de descarga o rápida, estructura terminal o dissipador de energía y canal excavado de descarga.

#### 8.3.1. Canal de aproximación

Es un canal de hormigón armado que sirve para conducir el agua del embalse hasta la obra de control, tiene el mismo ancho de la obra de control y una longitud de 40 metros.

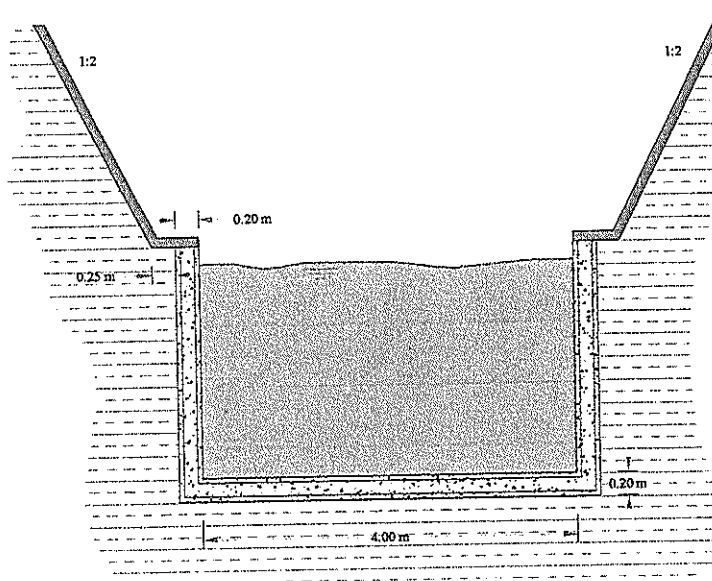


Figura 8.3.1.1 Sección del canal de aproximación.

### **8.3.2. Estructura de Control.**

Este es uno de los componentes más importantes de un vertedor ya que su función es controlar la descarga del agua del embalse cuando el nivel sobrepasa el Nivel de Máximo Embalse (NME), protegiendo a su vez la estabilidad de la presa y evitando la descarga cuando el nivel del embalse está por debajo del NME.

#### **8.3.2.1. Selección del tipo de Vertedor**

Conociendo los diferentes comportamientos que la lámina de flujo de agua puede tomar a lo largo de la obra de excedencia, se presentan diversos análisis para la obra de excedencia, entre estos:

##### **Vertedor de Pared Delgada**

Entiéndase por vertedor de pared delgada a toda placa con perfil de cualquier forma y con la arista aguda.

Tomando en cuenta la facilidad de construcción dadas las condiciones del terreno (roca), se optó que tanto la

---

sección del canal como la del vertedor fuesen rectangulares.

Por ende la ecuación que representa el gasto de agua que pasa por la sección transversal del vertedor está dada por:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu b h^{\frac{3}{2}} \text{ o simplemente } Q = C b h^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: es el caudal en m<sup>3</sup>/seg.

g: la aceleración de la gravedad.

$\mu$ : coeficiente de gasto

b: longitud de cresta (ancho del vertedor).

h: carga hidráulica en metros.

Esta fórmula pese a su sencillez, denota una complicación en la determinación del coeficiente de gasto ( $\mu$ ), y al hecho de que sólo es útil si se garantiza que la

---

superficie inferior de la lámina vertiente tendrá una ventilación adecuada.

Tomando en consideración el hecho que la velocidad de llegada es despreciable, a más de ello con la finalidad de evitar problemas de presiones negativas por la presencia de contracciones laterales se dispuso que la cresta del vertedor fuese de igual ancho que el canal de aproximación.

Dentro de los parámetros de diseño se tomo en cuenta que la cresta del vertedor sea perfectamente horizontal, con un bisel no mayor de 2mm, a más de ello el plano del vertedor debe ser normal al flujo, y la cara aguas arriba perfectamente vertical y lisa.

Para la determinación del coeficiente de gasto usamos la fórmula de Hegly para un  $b=B$ , obtenida del libro de Fundamentos de Hidráulica General de Sotelo pag.246 tabla 7.1.

$$\mu = \left[ 0.6075 + \frac{0.0041}{h} \right] * \left[ 1 + 0.55 * \left( \frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$$

Donde:

$\mu$ : coeficiente de gasto

$h$ : carga hidráulica en metros.

$w$ : altura del paramento en metros.

A continuación se exponen los cálculos del diseño del vertedor de Pared delgada.

Tabla 8.3.2.1.1 Parámetros de Diseño.

Parámetros de Diseño	
Caudal (Q)	9.40 m <sup>3</sup> /seg
Coeficiente C	2.13 L <sup>1/2</sup> T <sup>-1</sup>
b = B	4 m

Con la finalidad de determinar las dimensiones del vertedor se procedió a realizar una serie de iteraciones, donde se usaron como datos el caudal de diseño, determinado en el capítulo 5, una longitud de cresta igual al ancho del canal de aproximación ( $b = B$ ) y un coeficiente de gasto C estimado, siendo la finalidad encontrar valores del paramento y gradiente hidráulico necesarios para calcular un coeficiente de gasto  $\mu$  y por

ende un C, capaz de generar un caudal mayor o igual al de diseño.

Es así como se realizaron 4 intentos, resumidos en la siguiente tabla de resultados.

**Tabla 8.3.2.1.2** Resumen de Iteraciones de vertedor de pared delgada.

c	b	h	w	
2,09	3,8	1,12	0,95	int_1
2,08	3,5	1,17	0,9	int_2
2,11	3,5	1,17	0,9	int_3
2,13	4	1,07	0,8	int_4

En el segundo intento puede verse claramente que se logra un caudal muy cercano al de diseño, obteniendo un valor de  $9.43 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , un gradiente hidráulico de  $1.07$  metros el menor de todos, una longitud de cresta de  $4$  metros y un paramento de  $80$  centímetros.

**Tabla 8.3.2.1.3** Iteraciones de vertedor de pared delgada.

w	h Calculado	h Estimado	u Hegly	C calculado	Q
0.75	1.07	1.07	0.73	2.15	9.51
0.80	1.07	1.07	0.72	2.13	9.43
0.85	1.07	1.07	0.72	2.11	9.35
0.90	1.07	1.07	0.71	2.10	9.29
0.95	1.07	1.07	0.71	2.08	9.22
1.00	1.07	1.07	0.70	2.07	9.16

Debido a las condiciones que la topografía del terreno nos brinda, se hace difícil garantizar la adecuada ventilación de la lámina vertiente, pudiéndose generar problemas en la estabilidad del paramento y desgaste de la superficie del mismo, se opta por analizar un tipo diferente de vertedor que se ajuste a las condiciones del flujo y de la topografía del terreno.

### **Vertedor de Pared Gruesa**

Dícese de aquel vertedor cuya cresta no es una arista afilada, sino una de gran espesor.

En este tipo de vertedores se toma en consideración la relación  $e/h$  (espesor versus gradiente hidráulico), ya que



si se cumple el hecho de  $e/h < 0.67$  la lámina vertiente se separaría de la cresta de igual forma que sucedería en un vertedor de pared delgada. Mientras que si  $e/h > 0.67$ , la lámina vertiente se adhiere a la cresta del vertedor.

Para facilitar tanto el análisis como el cálculo se procedió a nuevamente tratar de diseñar un vertedor de sección rectangular, para esto usaremos el método propuesto por Bazin, el cual usa la ecuación de gasto antes mencionada, pero afectada por un coeficiente de reducción  $\varepsilon_1$ , como se muestra en la ecuación siguiente:

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{3/2}$$

En este caso el coeficiente  $C$  es el de un vertedor de pared delgada, sin contracciones laterales, con descarga libre, mientras que el coeficiente  $\varepsilon_1$  depende de la relación  $e/h$ , según esta ecuación.

$$\varepsilon_1 = 0.7 + \frac{0.185}{e/h}$$

---

Pero solo es válida para relaciones con un valor hasta de  $e/h = 3$ .

Dado que en el procedimiento se necesitan los mismos coeficientes inmersos en la fórmula de vertedores rectangulares de pared delgada, se optó por usar los intentos previos en el primer análisis, de estos, se buscó encontrar una condición tal que se cumpla la relación  $e/h > 0.67$ , y al mismo tiempo se verifica si las dimensiones obtenidas en el análisis de pared delgada sirven para diseñar un vertedor de pared gruesa.

El análisis de los resultados, así como los cálculos se presentan a continuación

**Tabla 8.3.2.1.4** Iteraciones de vertedor de pared gruesa.

int 1	e	e/h	e1	Q
	0,70	0,63	1,00	9,38
	0,75	0,67	0,98	9,19
	0,80	0,71	0,96	9,03
	0,85	0,76	0,94	8,88
	0,90	0,80	0,93	8,76

int 2			
e	e/h	$\epsilon_1$	Q
0,70	0,60	1,01	9,30
0,75	0,64	0,99	9,11
0,80	0,68	0,97	8,94
0,85	0,73	0,95	8,80
0,90	0,77	0,94	8,67

int 3			
e	e/h	$\epsilon_1$	Q
0,70	0,60	1,01	9,43
0,75	0,64	0,99	9,24
0,80	0,68	0,97	9,07
0,85	0,73	0,95	8,92
0,90	0,77	0,94	8,79

int 4			
e	e/h	$\epsilon_1$	Q
0,70	0,65	0,98	9,27
0,75	0,70	0,96	9,09
0,80	0,75	0,95	8,93
0,85	0,79	0,93	8,80
0,90	0,84	0,92	8,68

En los cuatro intentos previos se estimó un ancho de cresta que varía entre 70 y 90 centímetros con la finalidad de establecer una relación e/h, donde la altura de carga fue obtenida de las iteraciones obtenidas en el análisis del aliviadero de pared delgada.

Siendo  $e/h > 0.67$ , la condición necesaria, para que el vertedor de pared gruesa con sección rectangular,

funcione como tal, nos podemos dar cuenta que en ninguno de los intentos pudo cumplir tal condición e igualar el gasto de diseño ( $9.4 \text{ m}^3/\text{seg}$ ), por ende el vertedor de pared gruesa no será usado como obra de demasías.

### **Cimacio**

Este vertedor tiene una sección en forma de S, la que provoca que la lámina de agua se adhiera al perfil del vertedor, evitando el acceso de aire a la cara inferior de la lámina de agua por lo que puede alcanzar casi la máxima eficiencia de descarga. A su vez la sección está dividida en dos partes: la primera por una cresta vertedora que está definida por una curva circular compuesta.

Cuando la cresta del vertedor es redondeada, el coeficiente de gasto  $C$ , aumenta considerablemente respecto del cálculo para uno de pared gruesa. Esto ocurre por una baja en la contracción del chorro sobre el vertedor, pues actúa sobre las partículas una aceleración

---

centrífuga debido a la curvatura de las líneas de corriente.

Y la segunda por la sección aguas abajo definida por la ecuación:

$$\frac{y}{H_0} = -K \left( \frac{x}{H_0} \right)^n$$

Donde  $K$  y  $n$  son constantes y sus valores están regidos por la inclinación del paramento aguas arriba y de la velocidad de llegada.

Nota: Ver el cálculo de la curva en Anexos, la sección del vertedor pueden ver en Plano PPC 11 A.

La descarga sobre la cresta del cimacio está definida por la formula:

$$Q = CLH_e^{3/2}$$

Donde:

Q: Caudal

C: coeficiente de descarga,

L: longitud efectiva de la cresta (ancho de la cresta), y

$H_e$ : carga total sobre la cresta, incluyendo las pérdidas por la velocidad de llegada.

El coeficiente C varía de acuerdo a cinco factores: profundidad de llegada, forma de la cresta, pendiente de la llegada, interferencia con el canal de descarga y tirante del caudal aguas abajo.

Sabiendo el caudal que necesitamos evacuar obtenido de la avenida de diseño (9.4 m<sup>3</sup>/seg) procedemos a realizar un método iterativo en el que ingresamos diversas dimensiones (Carga de diseño ( $H_o$ ), Altura de paramento (P), Longitud de cresta (L), Longitud de canal para determinar la pérdida de carga por fricción, y el coeficiente de descarga (C), que posteriormente será reajustado dependiendo de los factores que se mencionaron anteriormente. Para lo cual se utilizan las graficas 189, 191, 192 y 193 de la biografía adjunta.

---

Los resultados presentes en la siguiente tabla, presentan las mejores condiciones para el correcto desempeño hidráulico de la sección de control cuyas dimensiones son las siguientes:

**Tabla 8.3.2.1.5** Parámetros del diseño óptimo del vertedor de cimacio.

Parámetro	Dimensión
Caudal	9.82 m <sup>3</sup> /seg
Paramento	0.80 m
Carga de diseño	1.15 m
Carga efectiva	1.10 m
Longitud de cresta	4.00 m
Longitud del canal	40.00 m
Perdidas (Velocidad y Fricción)	0.05 m
Co (Coeficiente ajustado)	3.86

La curva inversa al pie del talud que encausa el agua hacia la rápida deben tener la forma tal que impida la erosión del hormigón producto de la fuerza centrífuga que ejercería la lámina de agua cuando el vertedor este trabajando, para lo cual el *Bureau of Reclamation* recomienda la siguiente fórmula:

$$R = \frac{2qv}{p}$$

Donde:

R: radio de curvatura mínimo medido en pies,

q: descarga en pies cúbicos por segundo por pie de ancho,

v: velocidad en pies por segundo,

p: presión dinámica normal ejercida sobre el piso, en libra por pie cuadrado.

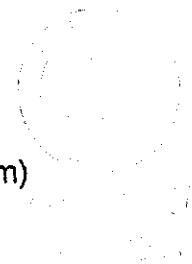
Cálculo:

q: 27.84 pie<sup>3</sup>/seg

v: 17.29 pie/seg

p: 100 lbs/pie<sup>2</sup>.

R: 9.63 pies (2.94 m)



Una vez determinada las dimensiones del vertedor adecuadas podemos determinar la sección del vertedor. Para lo cual se emplean las graficas 187 hoja 1 (para los coeficientes K y n) y grafica 187 hoja 2 (para la sección circular compuesta aguas arriba de la cresta).

En la siguiente figura se detalla el dimensionamiento del vertedor aguas arriba y aguas abajo así como la curva inversa.



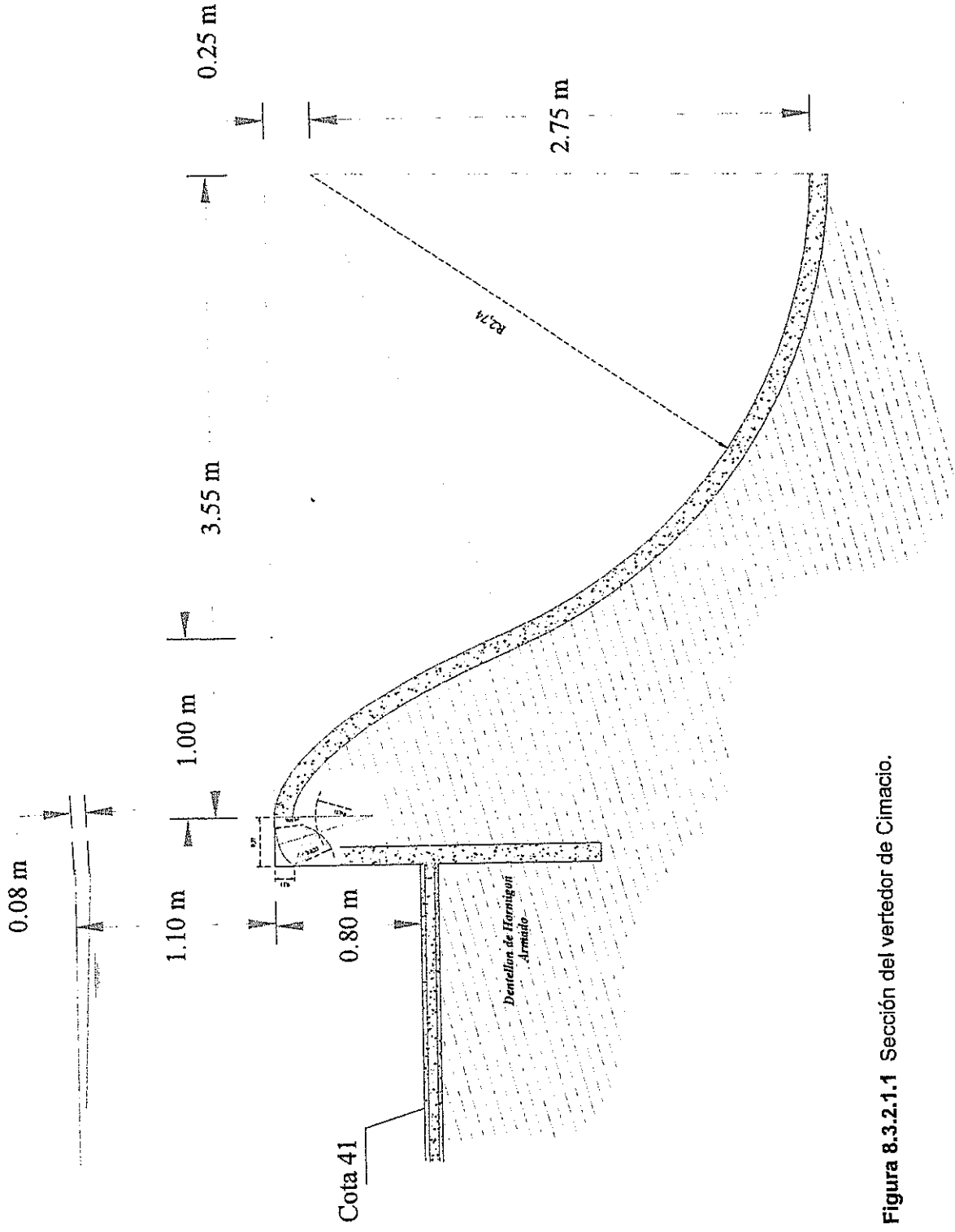
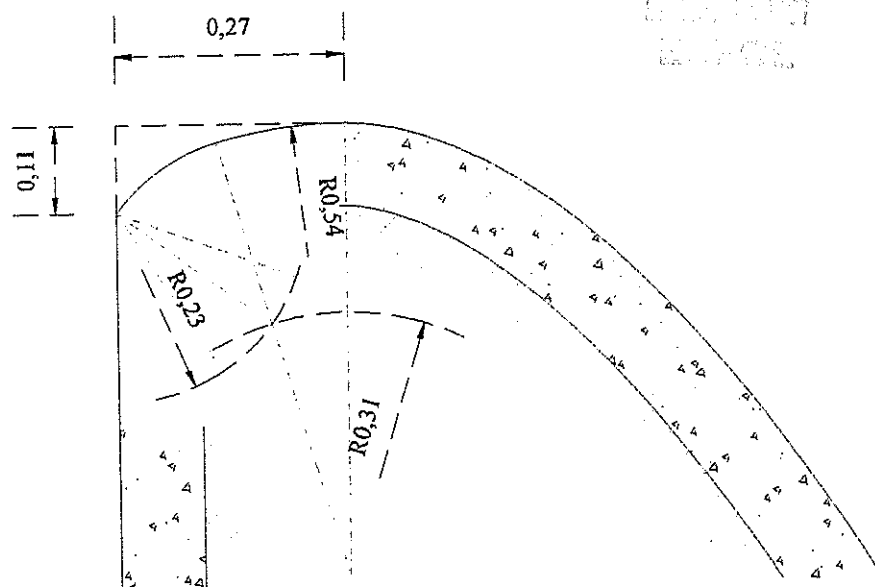


Figura 8.3.2.1.1 Sección del vertedor de Cimacio.



**Figura 8.3.2.1.2** Curva compuesta para la sección de control aguas arriba.

Ver Plano PPC 11A, PPC 11 B Detalles del Aliviadero.

### 8.3.3. Canal de descarga (Rápida)

Su función es conducir el volumen descargado por la sección de control hacia la estructura terminal o estanque amortiguador, generalmente el agua entra a esta parte del vertedor en un régimen supercrítico (*que se puede constatar en el cálculo de la sección de control*) para evitar la formación de un resalto hidráulico cerca de la estructura de control pudiendo ocasionar la erosión del mismo.

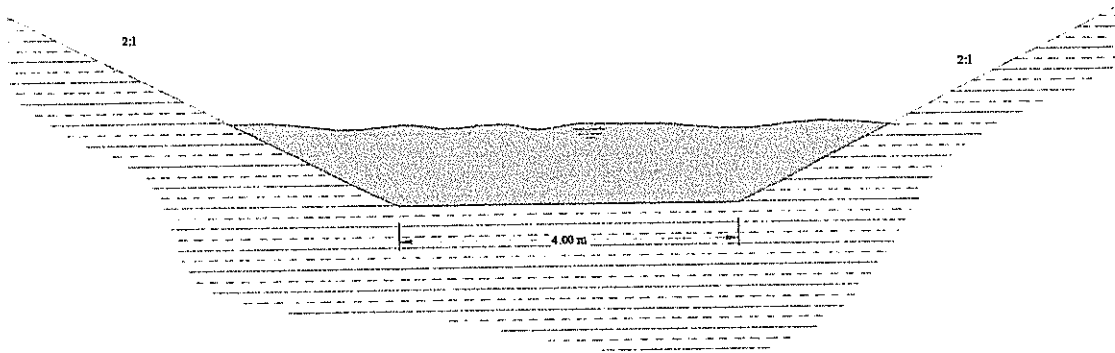


Figura 8.3.5.2 Sección del canal excavado.

$d_2$ : 7.43 pie.

$$\text{bordo libre} = 0.1 * (23.51 + 7.43)$$

$$\text{bordo libre} = 3.09 \text{ pie.}$$

### 8.3.5. Canal revestido y de descarga excavado

Finalmente se termina la estructura del aliviadero con un canal rectangular revestido de hormigón armado de 95 m de longitud, 4 m de ancho, 2.30 m de alto y taludes de 1:1. Continúa con un canal excavado en tierra para la descarga al cauce principal, su longitud es de 135 m, tiene un ancho de solera de 4 m y taludes de 2:1.

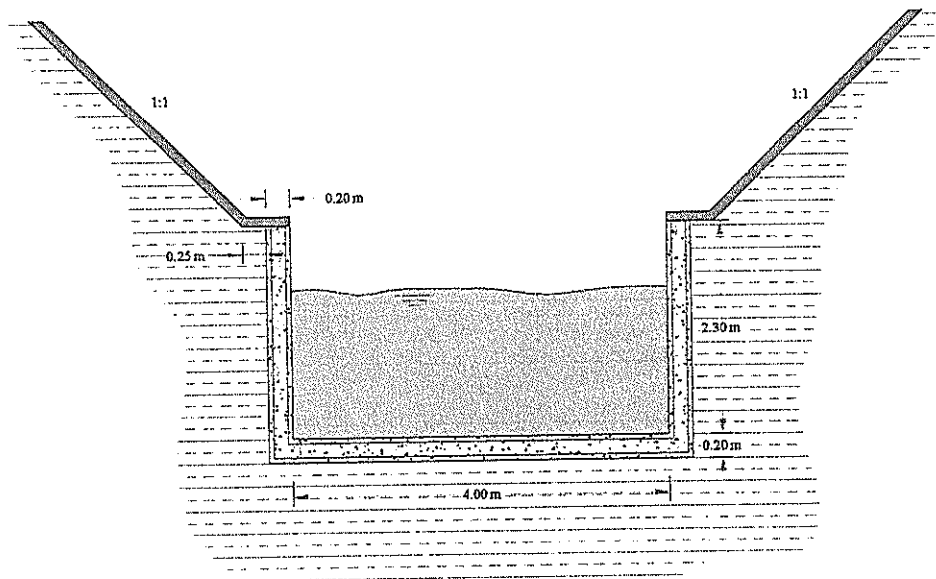


Figura 8.3.5.1 Sección del canal revestido.

Froude, para el diseño de la obra se basó en el número de Froude, para lo cual se realizó un análisis y determinó el número con el que llega el flujo al estanque.

Nota: Ver análisis en Anexos.

Una vez definido en Número de Froude de 3.24 se determino que la sección del vertedor será la tipo I ya establecida por el *Bureau of Reclamation*, para lo cual se utilizaron las figuras 205, para determinar sus dimensiones.

Se calculo bordo libre para esta parte del aliviadero basándonos en una formula empírica:

$$\text{bordo libre} = 0.1(v_1 + d_2)$$

Donde:

$v_1$ : velocidad del flujo a la entrada del estanque amortiguador.

$d_2$ : tirante conjugado del resalto hidráulico.

Cálculo:

$v_1$ : 23.51 pie/seg.

---

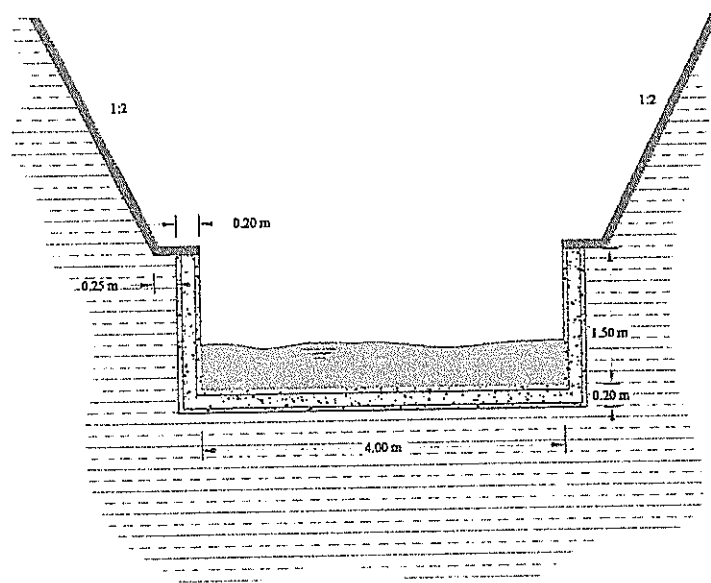


Figura 8.3.3.1 Sección del canal de descarga.

#### 8.3.4. Estructura terminal o dissipador de energía

La estructura terminal cumple la función de disipar la energía del flujo antes de descargar al cauce natural, en concordancia con las características del vertedor que estamos proyectando, un estanque de resalto hidráulico es la opción más viable para reducir la velocidad de salida.

El resalto que se produce en un estanque amortiguador está definido por diferentes factores como son el factor cinético  $\frac{v^2}{gd^2}$  de la descarga en el estanque, el tirante crítico o el número de

Tabla 8.3.3.1 Diseño de sección de la rápida

<i>b</i>	<i>h</i>	<i>n</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>Q</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>Q</i> (Pie/s)	Sentencial	<i>V</i>	<i>F</i>	Sentencia 2
4	0.5	0.02	0.04	0.40	2	10.86	383.44	Ok	5.43	2.44	Supercritico
4	0.6	0.02	0.04	0.46	2.4	14.33	506.18	Ok	5.97	2.45	Supercritico
4	0.7	0.02	0.04	0.52	2.8	18.07	638.20	Ok	6.45	2.45	Supercritico
3.5	0.8	0.02	0.04	0.55	2.8	18.77	662.99	Ok	6.70	2.39	Supercritico
3.5	0.9	0.02	0.04	0.59	3.15	22.27	786.36	Ok	7.07	2.37	Supercritico
3.5	1	0.02	0.04	0.64	3.5	25.89	914.45	Ok	7.40	2.35	Supercritico
3.5	1.1	0.02	0.04	0.68	3.85	29.64	1046.66	Ok	7.70	2.34	Supercritico
3.5	1.2	0.02	0.04	0.71	4.2	33.48	1182.50	Ok	7.97	2.32	Supercritico

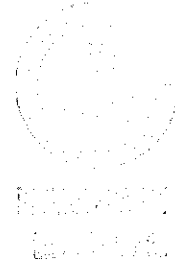
Sentencia 1: Ok es que las dimensiones del canal son eficientes para el caudal de diseño.

Sentencia 2: es el régimen del flujo.

Las dimensiones del canal son:

Ancho: 4 m

Alto: 0.50 m +1.00 m (bordo libre): 1.50 m.



Por las condiciones topográficas y geológicas se determino que la pendiente del canal será suave (4%) para de esta forma prevenir la excavación excesiva, teniendo en cuenta que este canal tiene una longitud de 120 m.

Para dar un margen de seguridad a esta obra y evitar el desborde por efectos de oleaje, avenidas extremas se estableció un bordo libre, que se calculo con la formula empírica citada del *Bureau of Reclamation*:

$$\text{bordo libre} = 2.0 + 0.025v^3 \sqrt{d}$$

Donde:

v: velocidad de flujo,

d: tirante de flujo, (0.50 m)

Cálculo:

v: 17.29 pies<sup>3</sup>/seg.

d: 1.61 pies.

$$\text{bordo libre} = 2.0 + 0.025(17.29)^3 \sqrt{1.61}$$

$$\text{bordo libre} = 3.80 \text{ pies (1.16 m)}$$


---



La presente tabla se realizo para encontrar la sección mas optima y entre los parámetros que se analizaron estuvieron:

- Limitar el ancho de la sección a 4 m que es el ancho de la cresta de la sección de control,
- Evitar en lo posible velocidades de flujo mayores a 5 m/s para evitar erosión del revestimiento del canal,
- Que el régimen del flujo sea supercrítico para lo cual se determino el numero de Froude.

$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Donde:

$F$ : Número de Froude,

$v$ : velocidad del flujo,

$g$ : gravedad,

$d$ : tirante.

---

Se ha investigado y optado por mantener uniforme el ancho del canal con relación a la longitud de cresta (ancho del aliviadero que es de 4 m) debido a que hay un mejor desempeño hidráulico dado que las contracciones o ensanchamiento del canal generarían vórtices que interrumpirían el flujo continuo del gasto.

Para el diseño de las dimensiones de la rápida hemos utilizado la Ecuación de Manning para canales abiertos:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/seg),

n: coeficiente de rugosidad, (para hormigón es de 0.025)

A: area del canal,

R<sub>h</sub>: radio hidráulico

S: pendiente de la línea de energía

---

# CAPITULO 9

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

La construcción de la Presa mitigará el azolve del canal de hormigón que desfoga las aguas lluvias del estero "La Guabita" hacia la perimetral (canal ubicado en el lindero norte del GOE).

Debido a los grandes cambios en la topografía por la explotación pétrea del sector se vieron mermadas las condiciones de drenaje de la cuenca, volviéndola apenas eficiente para alimentar el vaso.

Determinada la característica de los materiales aledaños al sector donde se proyectó la Presa, y a la disponibilidad de este material, ya que gran parte va a ser removida para la formación de las terrazas para la construcción de las edificaciones del PARCON-ESPOL, se concluyo que el tipo de Presa más óptima es de tierra tipo zonada.

Debido a la poca cantidad de datos hidrometeorológicos el método que mejor se ajustó a las condiciones del proyecto fue el método sintético, determinándose con él, el caudal de diseño.

De acuerdo a las condiciones del terreno y propiedades hidráulicas del flujo en el aliviadero, el tipo de sección de control que más se ajusta a las condiciones del proyecto es un Cimacio.

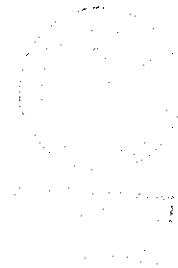
La construcción de la Presa permitirá la solución paisajística y de manejo ambiental del proyecto parque del conocimiento.

---

Debido a las modificaciones previas realizadas en el terreno natural la presa tiene mayores dimensiones y permite embalsar un menor volumen de agua.

Igual criterio que el antes expuesto se tiene en las características del aliviadero que debe tener una mayor longitud y además un considerable tramo de 200m serán en canal abierto sobre terreno removido.

El tratamiento que se propone dar a la cimentación de la Presa, controlara y disminuirá notablemente las infiltraciones.



## 9.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar una limpieza continua del canal de aproximación, esto debido a que los terrenos que van a ser inundados por el embalse han sido afectados por su explotación. Este material tendrá que ser removido continuamente para que no se pierda la sección del canal.

Se recomienda dar un seguimiento a la calidad del agua del embalse, dado que por sus características hidrológicas, el embalse no tiene una alimentación hídrica constante, es decir, solo dispone de cuencos o cauces de escurrimientos que lo alimenta en la etapa invernal, por lo que este permanecerá un gran periodo sin renovarse (en el verano), lo cual podría generar el fenómeno de eutrofización del agua.

Para poder controlar la eutrofización es necesario alimentar a la gran masa de agua con oxígeno por medio de mecanismos mecánicos como: inyección de aire por medio de aireadores flotantes, o por intermedio de aspersores flotantes, el número de estos aireadores

---

serán determinados con los muestreos y caracterización real que registre el embalse.

Se recomienda remover toda la vegetación que se encuentra en ciertos sectores cerca del sector de construcción de Presa y dentro de los límites del embalse, esto debido a que la mezcla de materiales con residuo orgánicos podría producir un plano de falla (discontinuidad) y en el caso del embalse, la descomposición de la materia orgánica aumentaría la demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua.

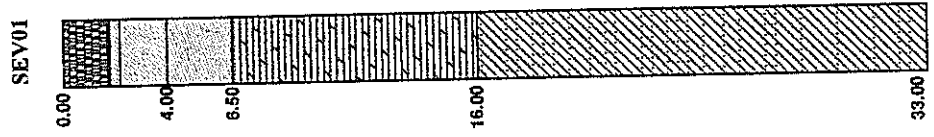
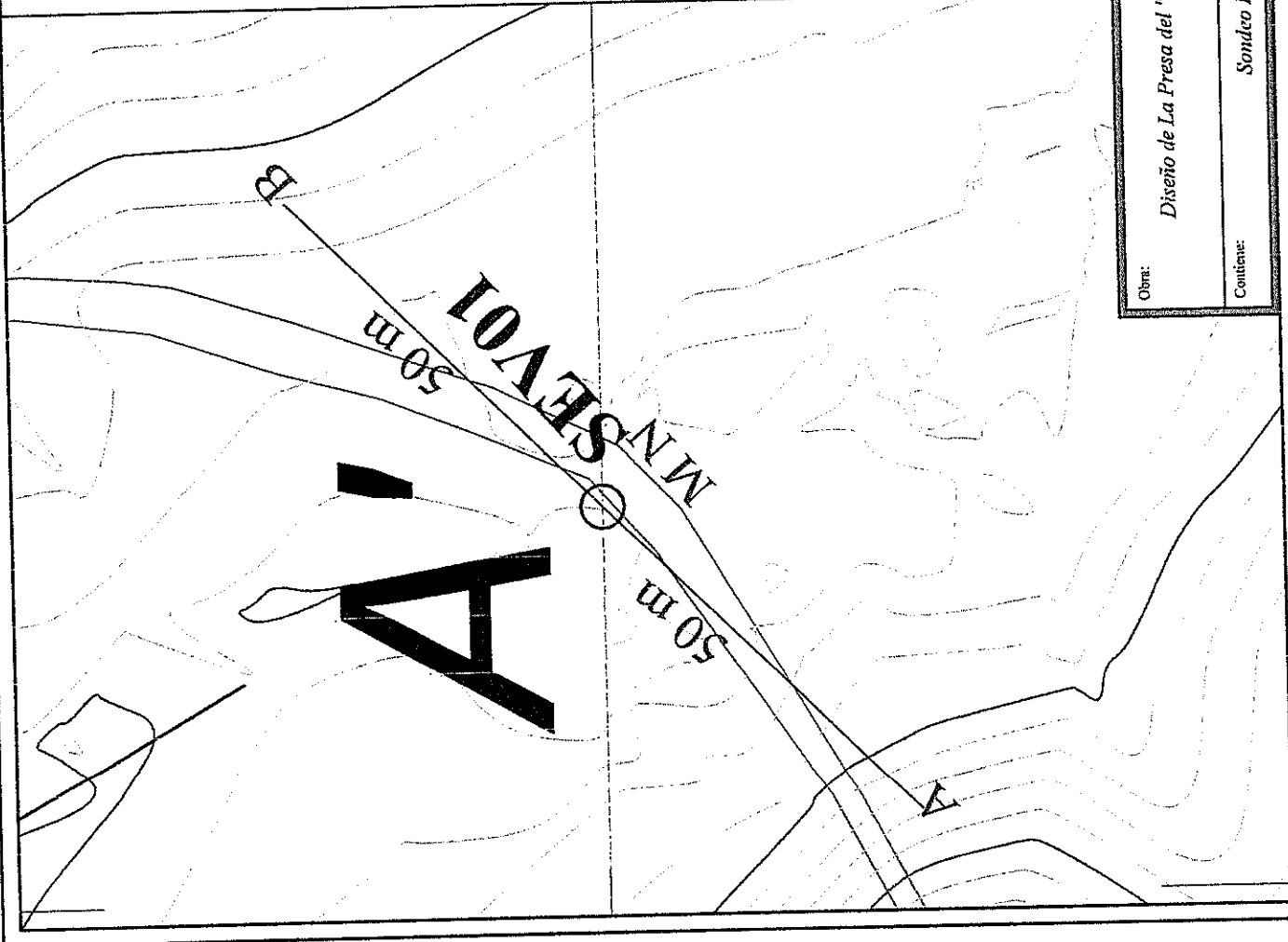
---

## Anexos

- Anexo 1: Prospección Geofísica
  - Anexo 2: Prospección Geotécnica de Campo
  - Anexo 3: Ensayos
  - Anexo 4: Análisis de Estabilidad de la Presa
  - Anexo 5: Proceso de Cálculo del Aliviadero.
-



## Anexo 1: *Prospección Geofísica*



Relieno

N.F.

Suelo limo arcilloso con arenas

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas, meteoriza

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

Secuencia de estratos de areniscas, lutitas

y limolitas, silificados

Obra:

Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"

Contiene:

Sondeo Eléctrico Vertical I

Levanto:

Moisés Loor Sánchez

Revisó:

Ing. Miguel Ángel Chávez Montayo

Dibujó:

Paul González Zambrano

Escala:

sin escala

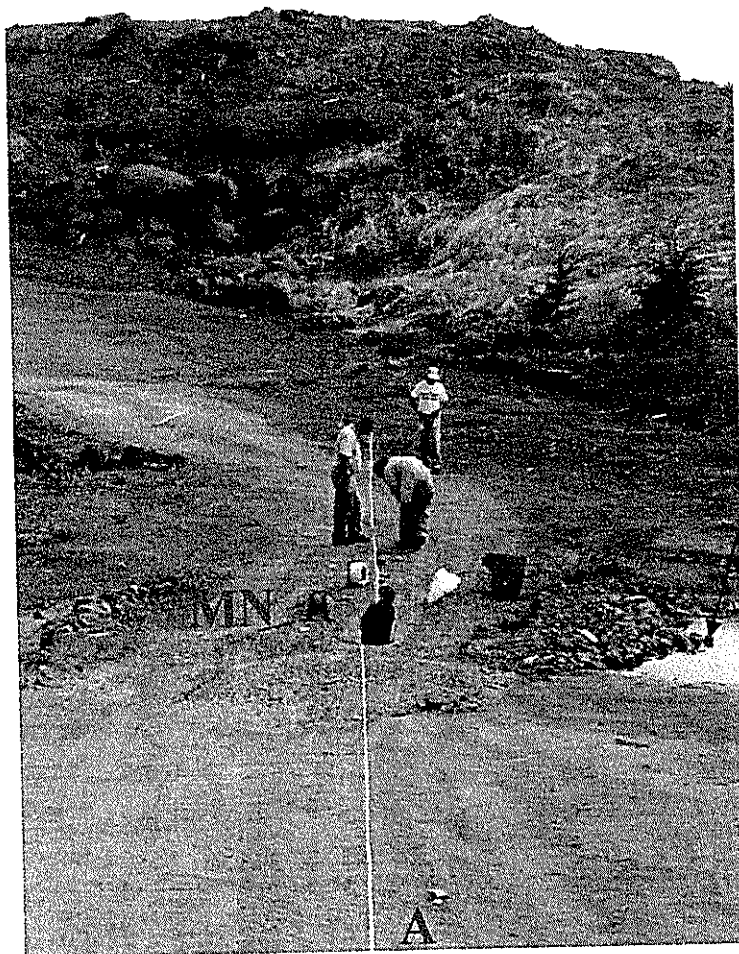
Fecha:

Julio/2009

Laminas:

1/6

# *Schlumberger 1 Bridge.-*

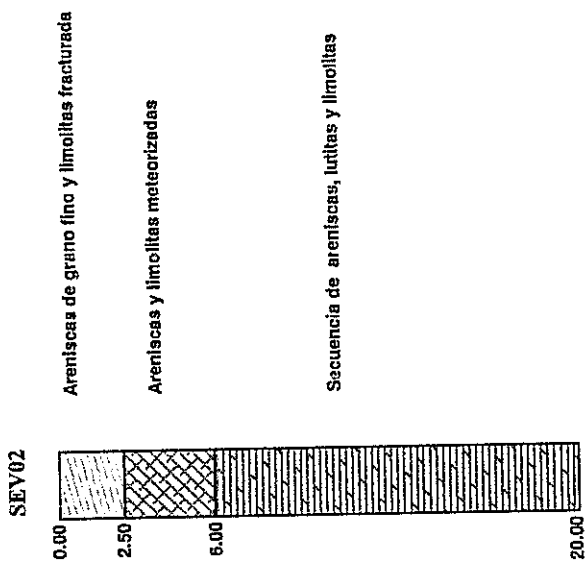
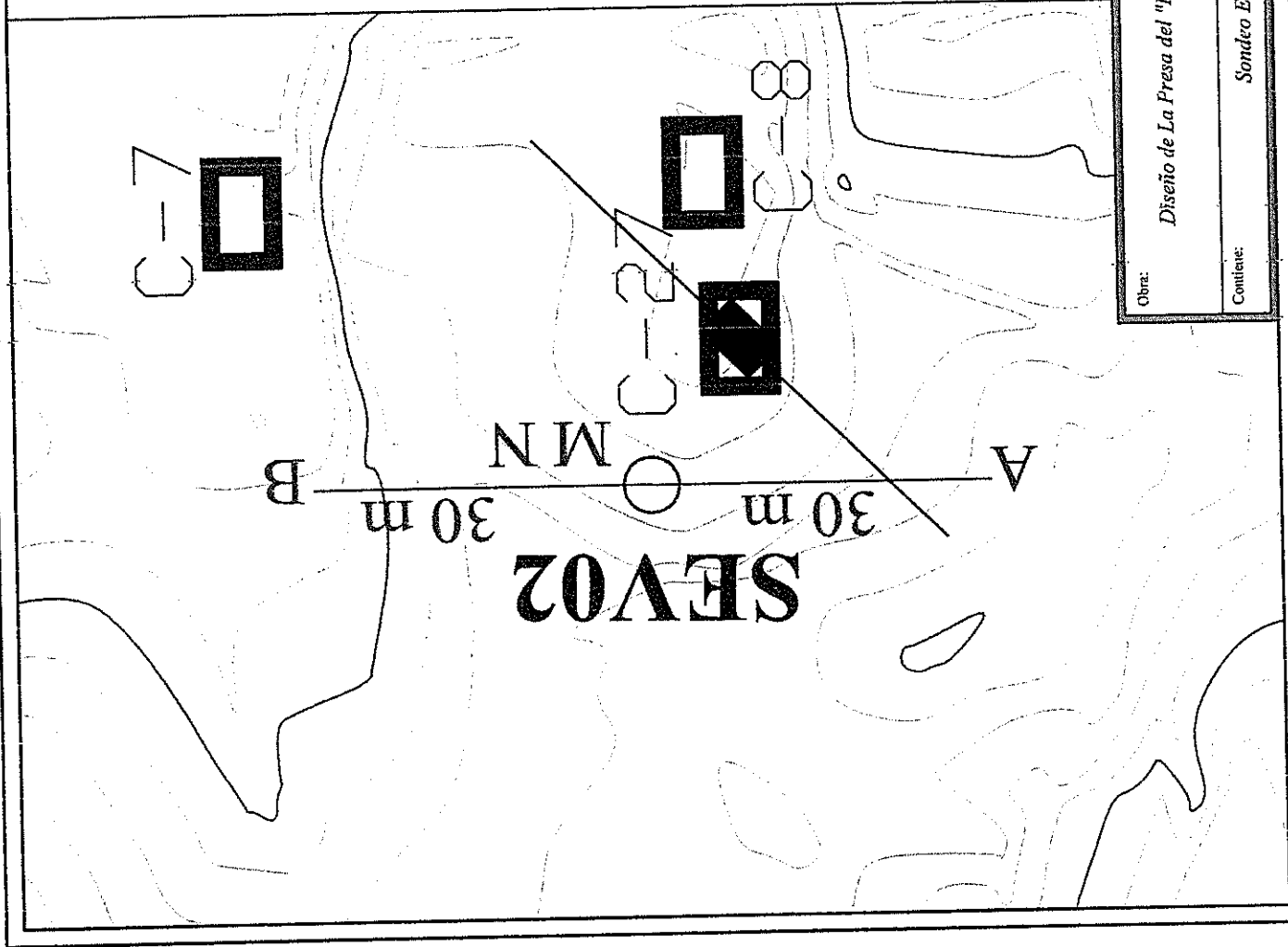


There is a superficial deposit of water



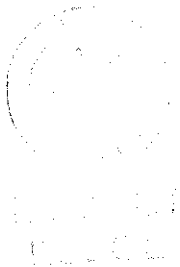


1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960

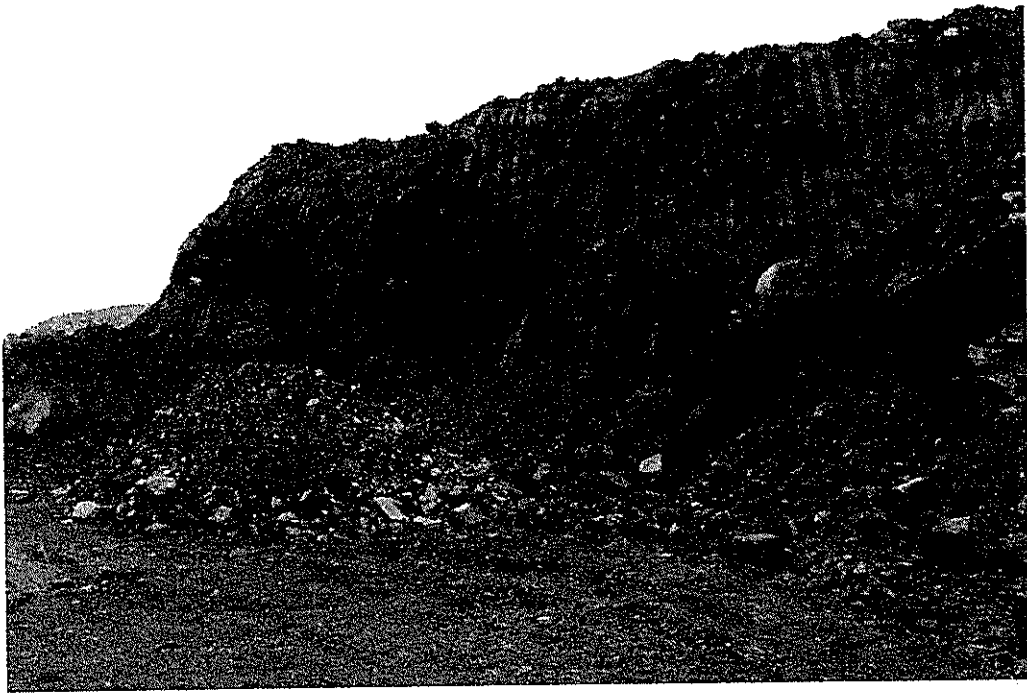


Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>		Levanteo: Moisés Loor Sánchez	Revisor: Ing. Miguel Ángel Clávelez Montoya
Contiene: <i>Sondeo Eléctrico Vertical 2</i>		Dibujo: Raúl González Zambrano	Fecha: Julio/2009
		Escala: Sin escala	Lamina: 2/6

*Schlumberger 2 Terrace.-*



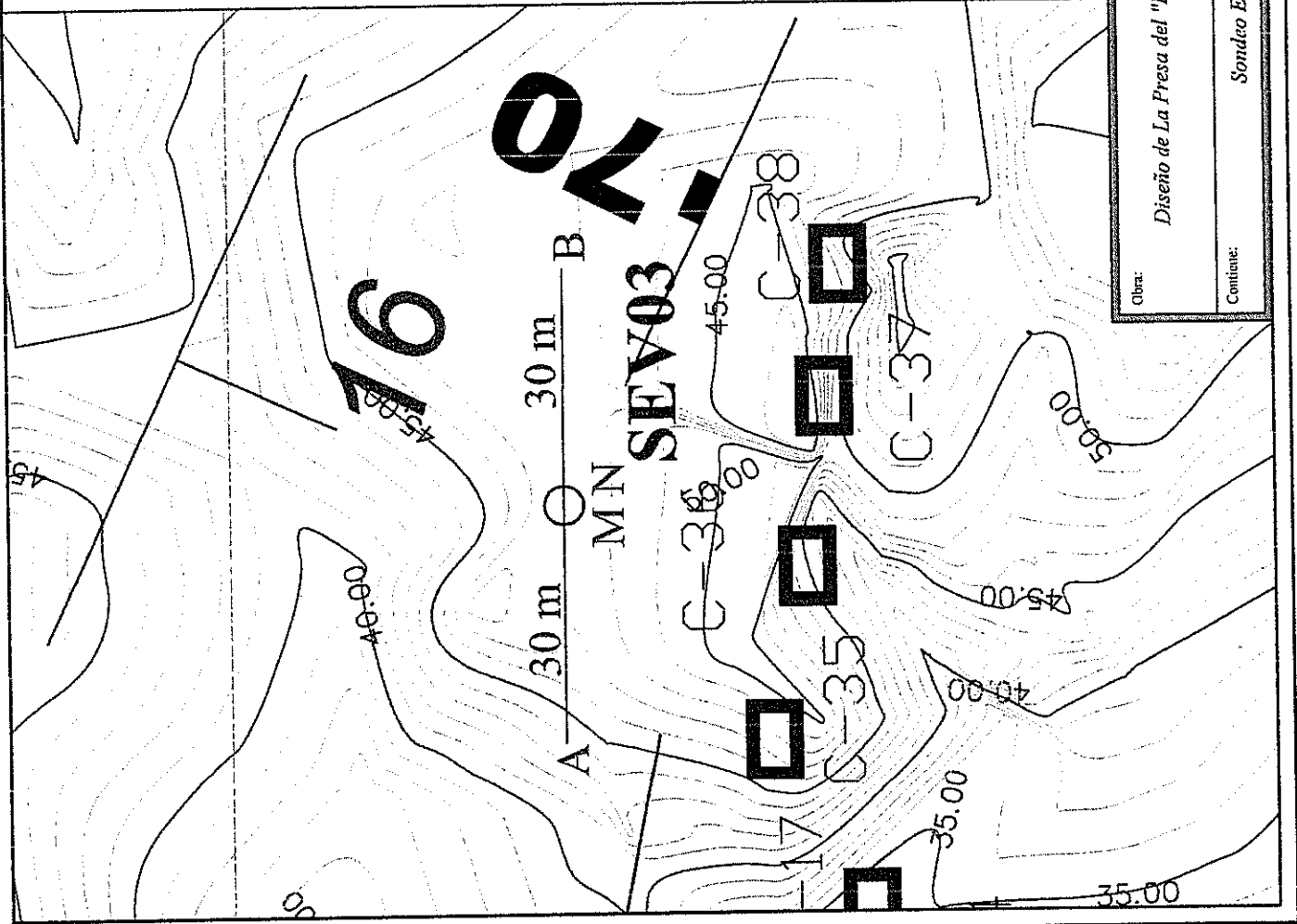




*This photos show some rocky outcrops around the exploration..*

---





SEV03



Roca arenisca estratificada fragmentada

Roca arenisca estratificada

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

Obra:

Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"

Levanteo:

Moisés Loor Sánchez.

Revisor:

Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo

Contante:

Sondeo Eléctrico Vertical 3

Dibujo:

Paúl González Zambrano

Escalá:

Sin escala

Fecha:

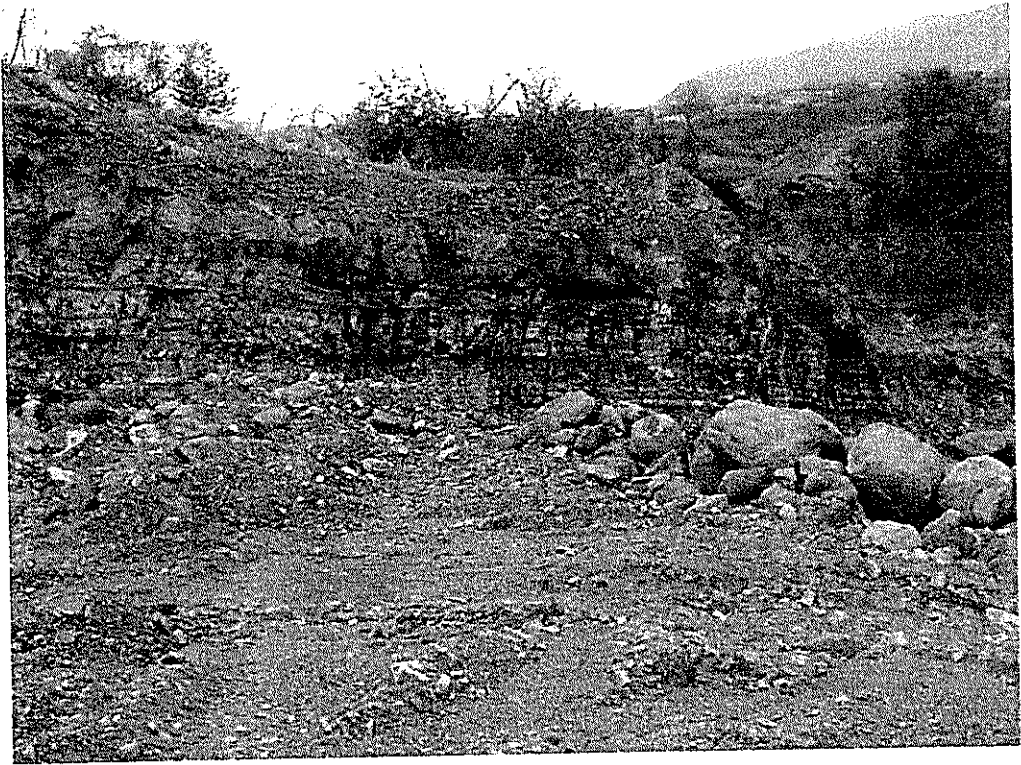
Julio 2009

Lamina:

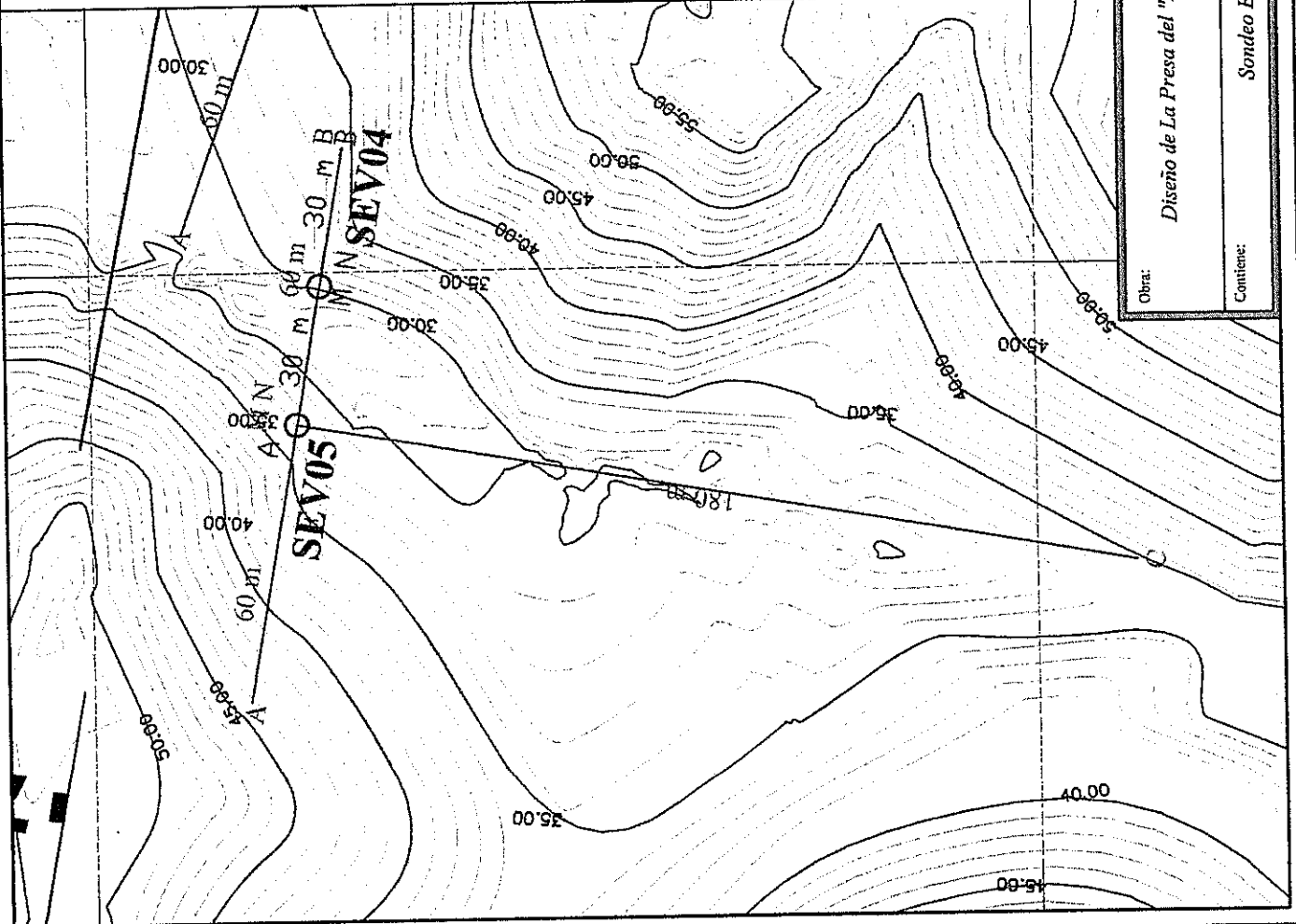
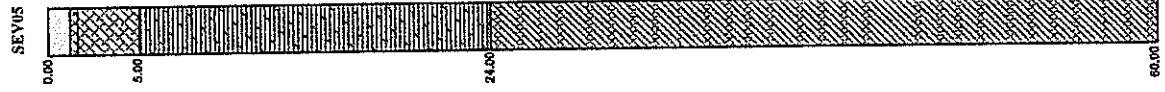
3/6

*Schlumberger 3 Right foundation of dam.-*



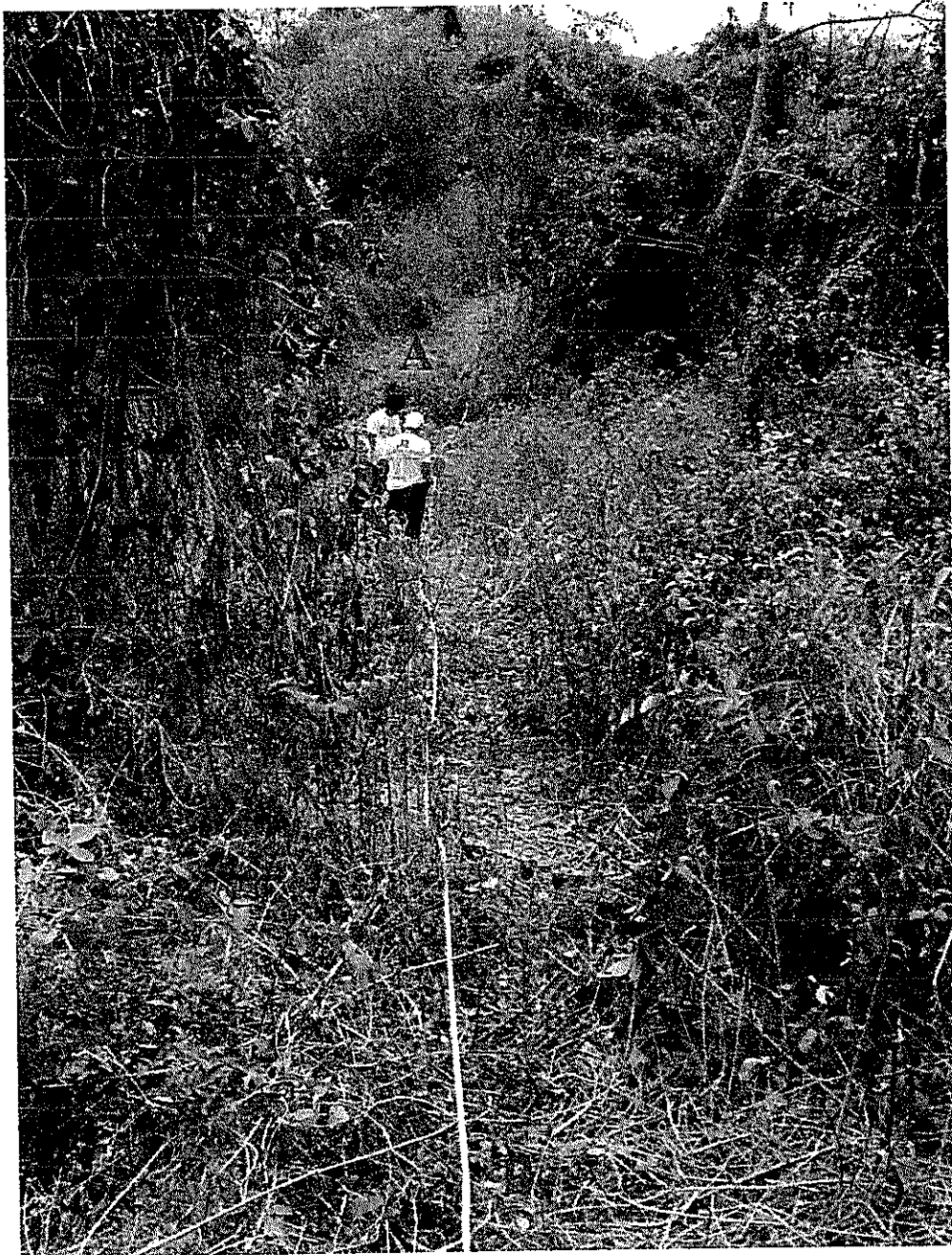


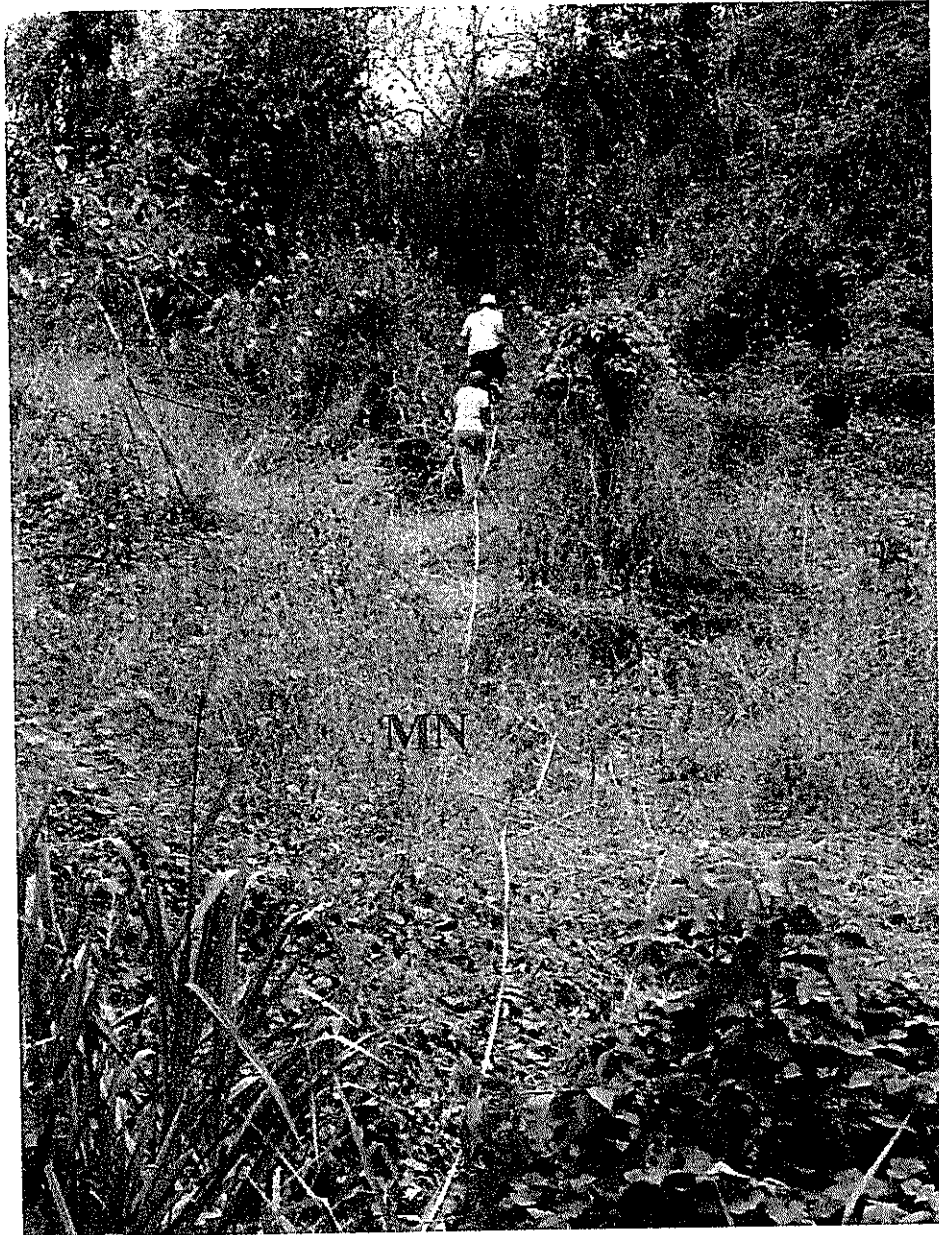




Obra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b>		Reviso: <b>Ing. Miguel Angel Clívez Moncayo</b>	
Levanto: <b>Moisés Lour Sánchez</b>		Fecha: <b>Julio 2009</b>	
Dibujo: <b>Patil González Zambrano</b>		Escala: <b>Sin escala</b>	
Contiene: <b>Sondeo Eléctrico Vertical 4</b>		Lámina: <b>4/6</b>	

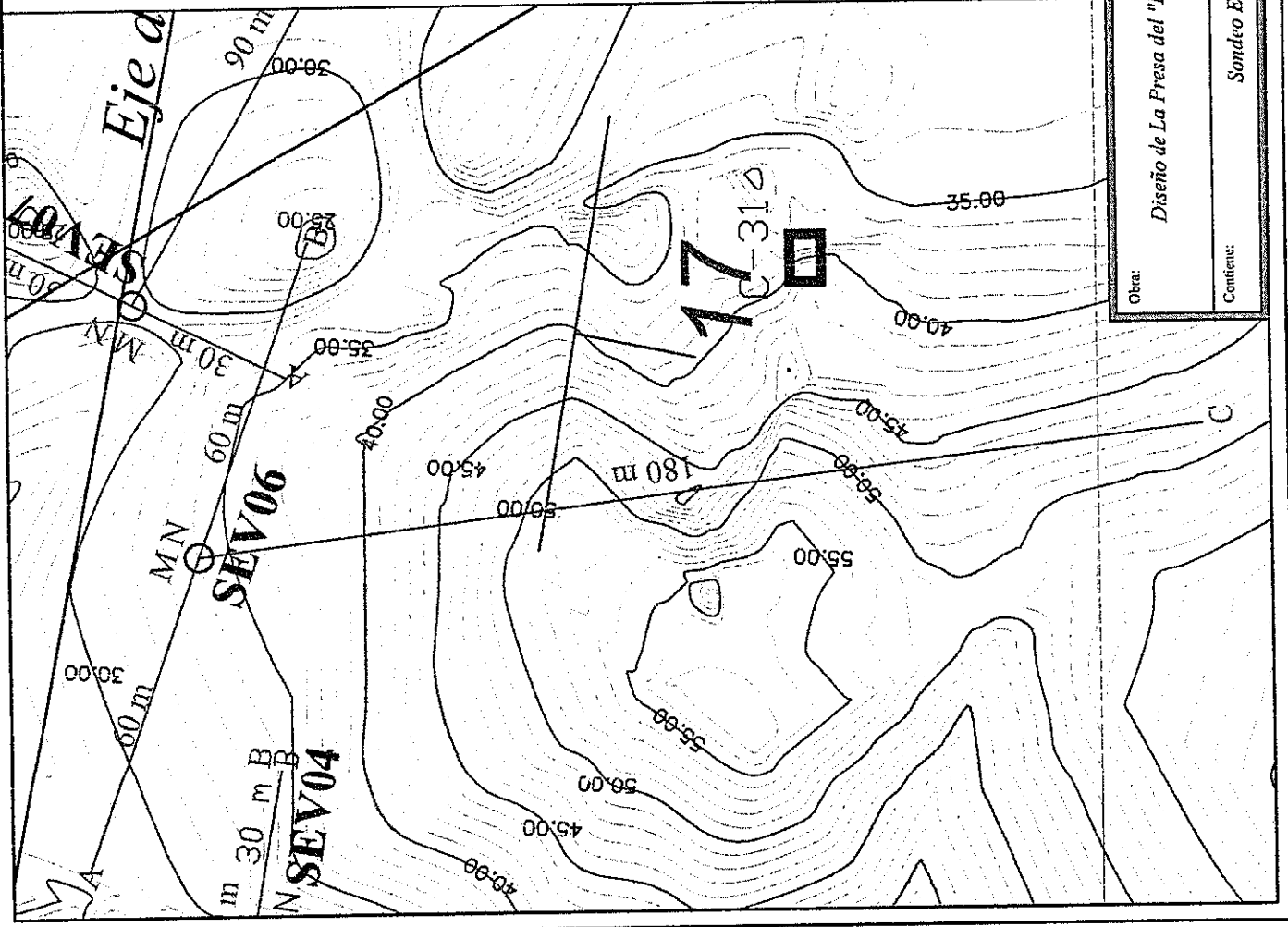
*Schlumberger 4 Left foundation of dam.-*





*We use the same axi for doing the following exploration (Half\_Schlumberger 5).*

---



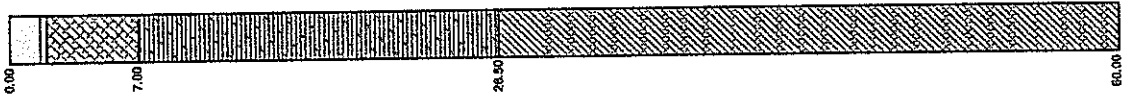
SEV06

Suelo limo arenoso arcilloso con clastos  
N.F.

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas metaforzadas

Secuencia de estratos de areniscas, lutitas y limolitas

Secuencia de estratos de areniscas, lutitas  
y limolitas, silificados

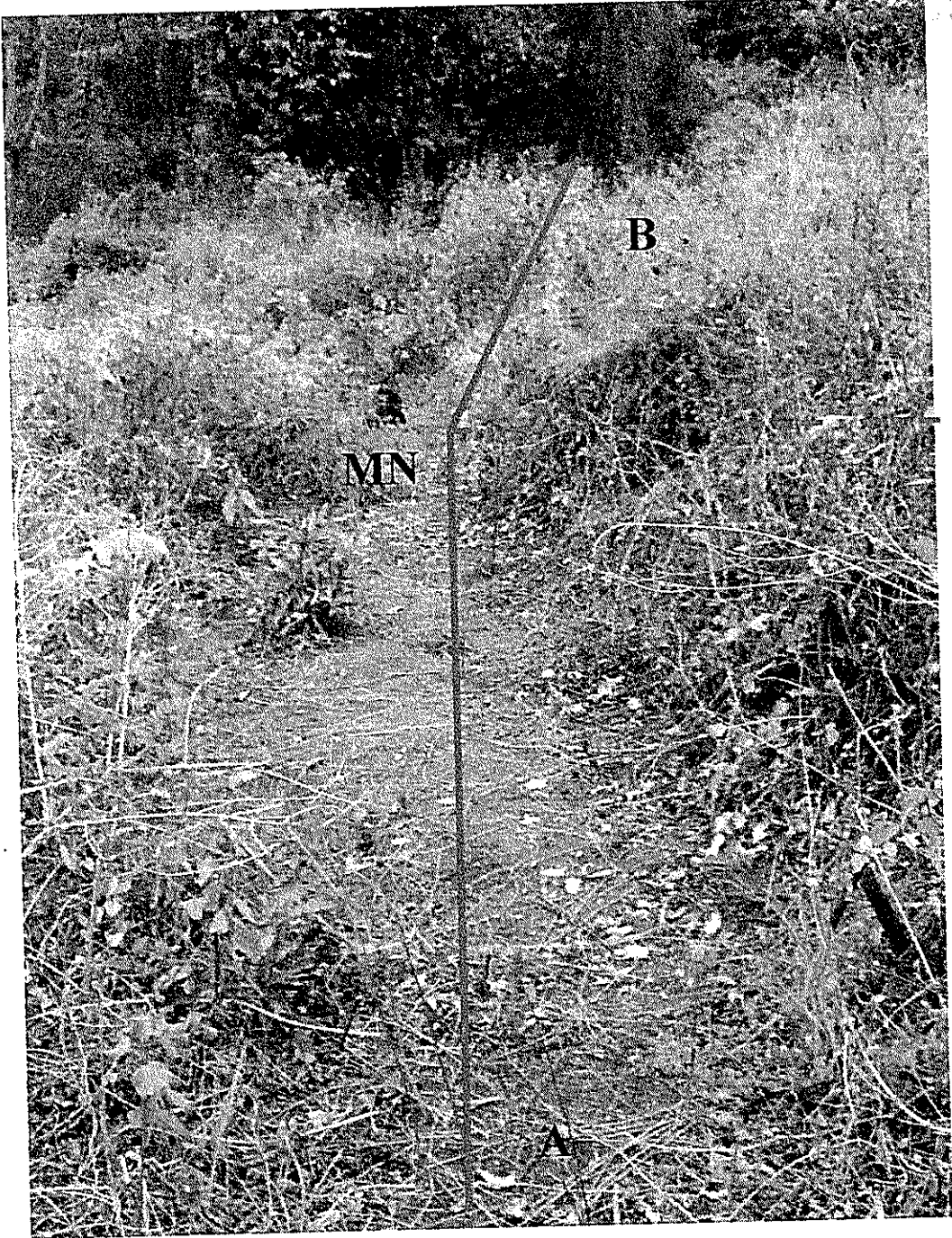


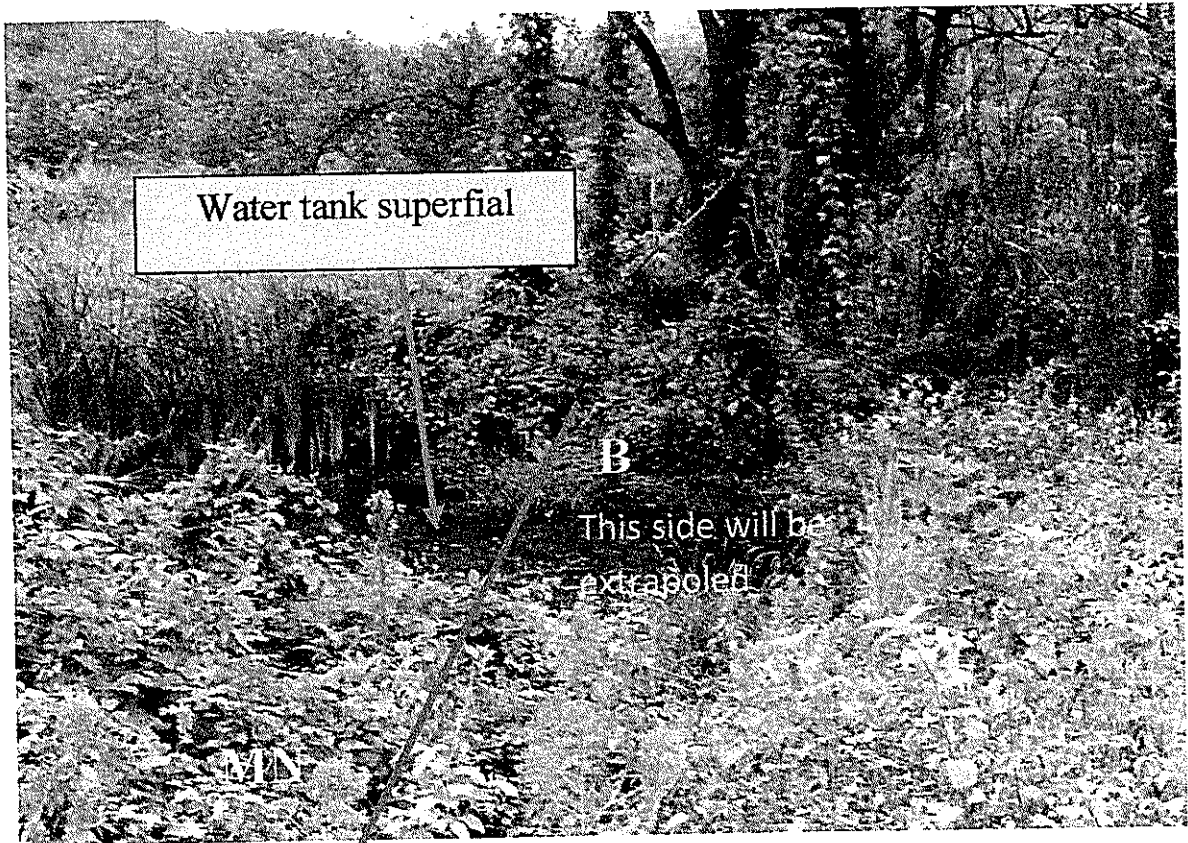
Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"			
Levante:	Miguel Loor Stárcz	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Montayo	
Dibujo:	Paul González Zambrano	Fecha:	Julio/2009	
Contiene:	Sonda Eléctrica Vertical 6		Laminar:	5/6
		Escala:	3m = 1cm	

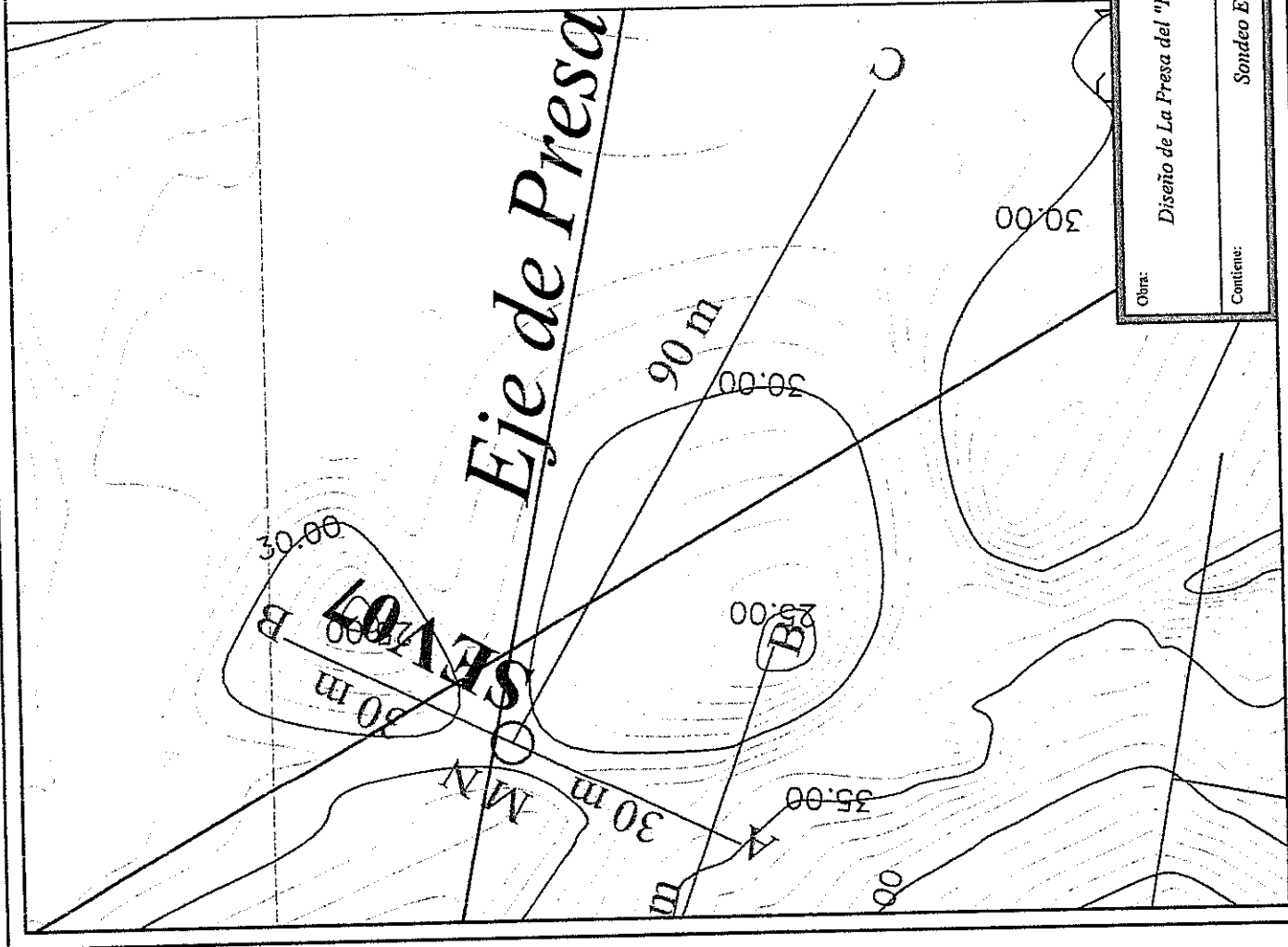


*Half\_Schlumberger 6 Axi of Dam.-*

UNIVERSITY OF  
MADRAS  
LIBRARY







N.F.  
Suelo arcillo limoso con fragmentos

Roca arenisca estratificada meteorizada

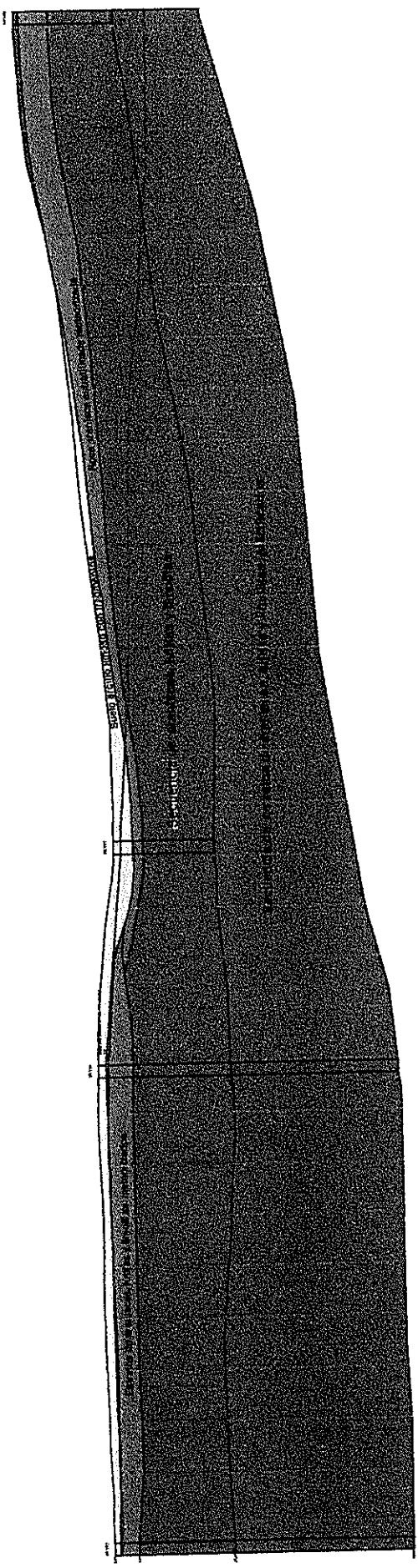
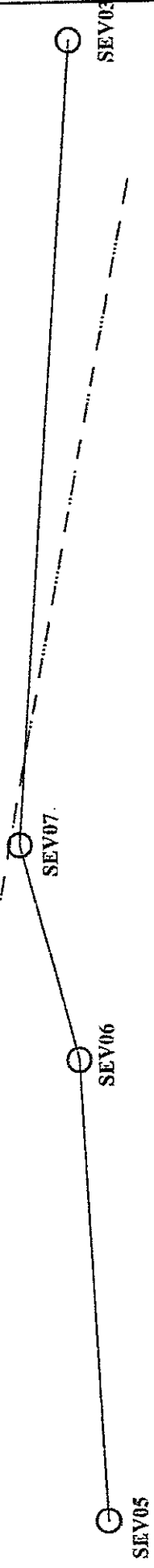
Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

Obras: **Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"**

Contiene: **Sondeo Eléctrico Vertical 7**

Levanto:	Mejís Loor Sánchez	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Montayo
Dibujó:	Paúl González Zambrano	Fecha:	Julio/2009
		Escala:	1:1000
		Lamina:	6/6

*Eje de Presa*

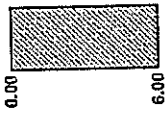


Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	Levantado: Muisés Looy Stáchez		Revisado: Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo	
	Dibujó: Paul González Zambrano		Fecha: Julio/2009	
Contiene: <i>Perfil Geofísico</i>	Escala: <i>sin escala</i>		Laminas: 1/1	

**Anexo 2: *Prospección Geotécnica de Campo***

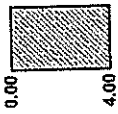
---

C-1



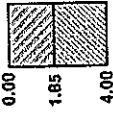
Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

C-2



Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

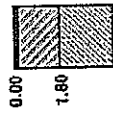
C-3



Arenisca Grawaca

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

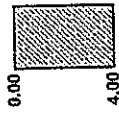
C-4



Suelo meteorizado  
Arenisca Grawaca

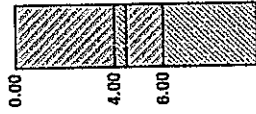
Secuencia de Areniscas Grawaca, lutitas y limolitas

C-5



Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

C-6

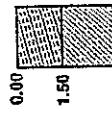


Arenisca Grawaca

Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas  
Arenisca Grawaca

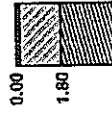


C-7



Arenisca Grawaca con lentes de lutitas  
Secuencia de areniscas, lutitas y limolitas

C-9



Suelo meteorizado  
Arenisca Grawaca

Secuencia de Areniscas Grawaca, lutitas y limolitas

Obra:

Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"

Contiene:

Calicatas

Levante:

Moisés Loor Sánchez

Revisó:

Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo

Dibujo:

Paul González Zambrano

Escala:

1:500

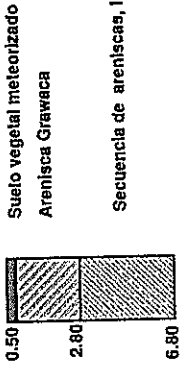
Fecha:

Julio/2009

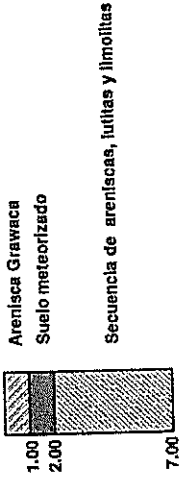
Laminar:

1/5

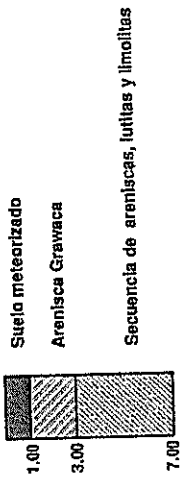
C-12



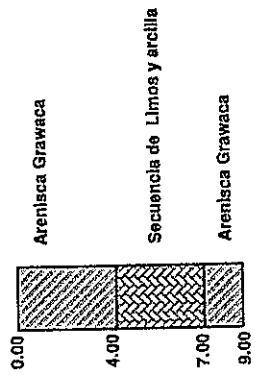
C-11



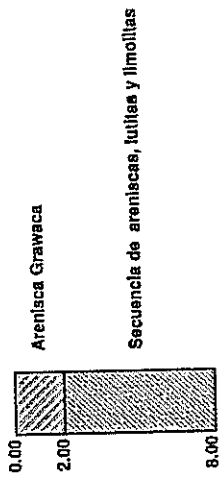
C-10



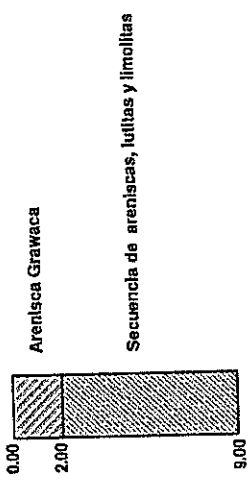
C-15



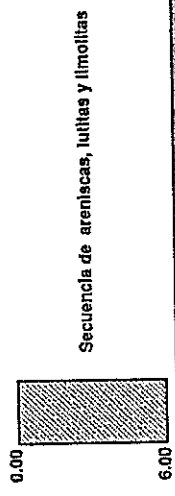
C-14



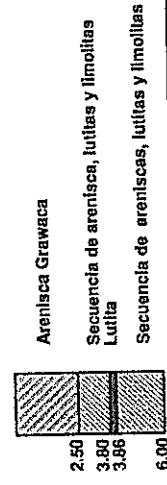
C-13



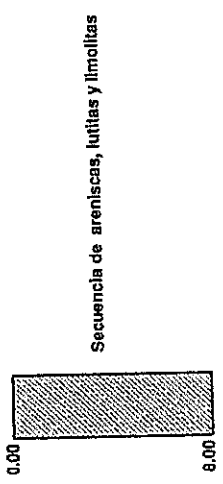
C-18



C-17

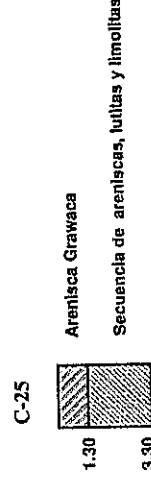
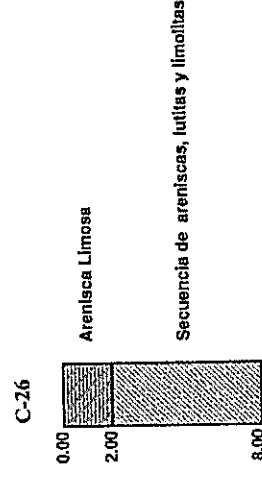
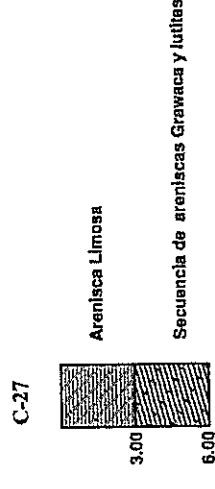
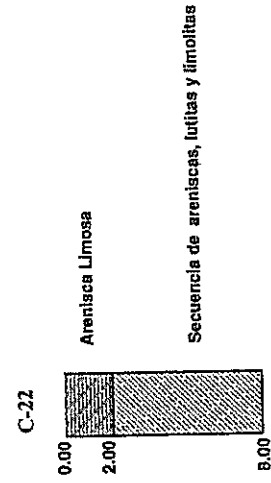
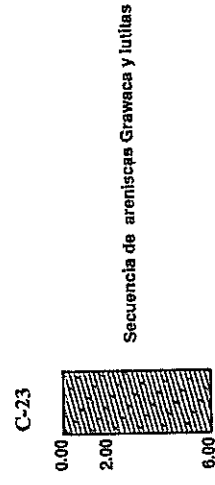
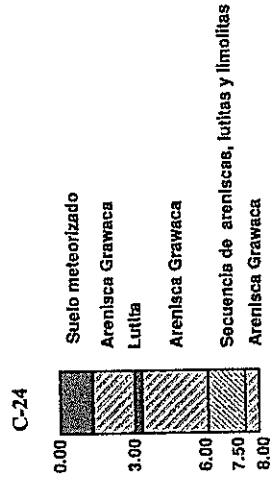
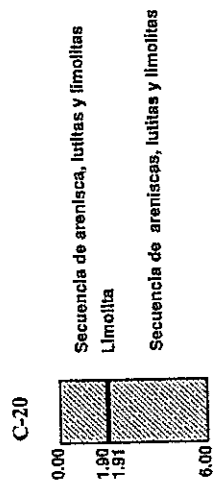
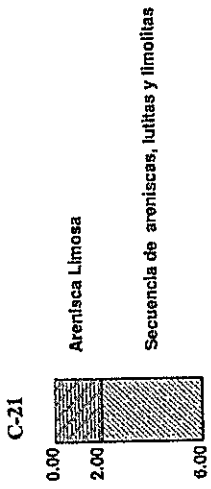


C-16



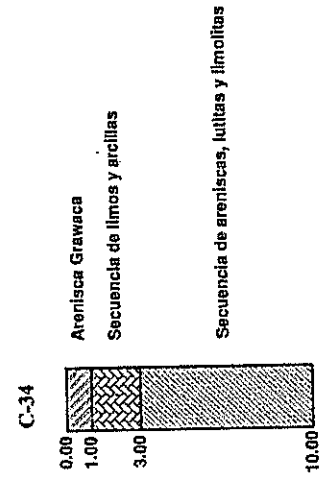
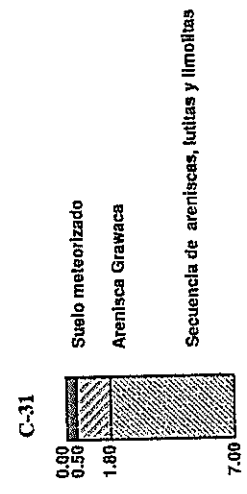
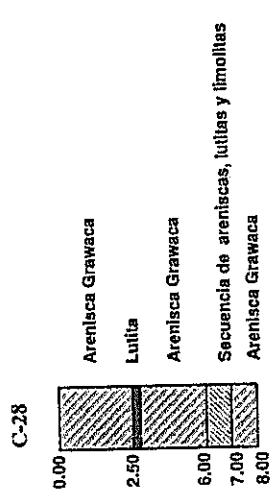
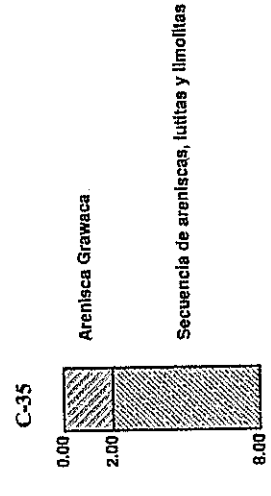
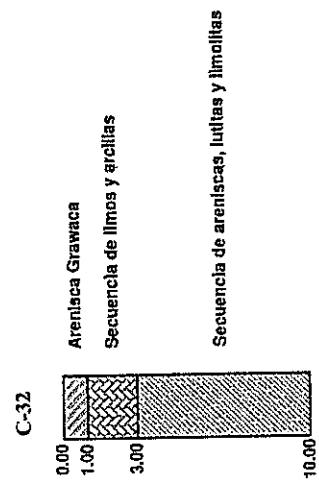
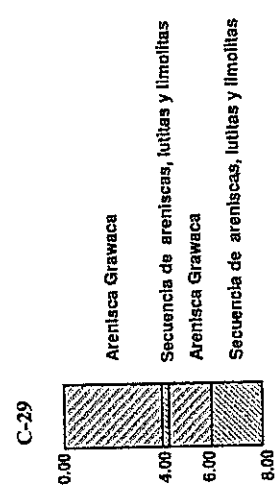
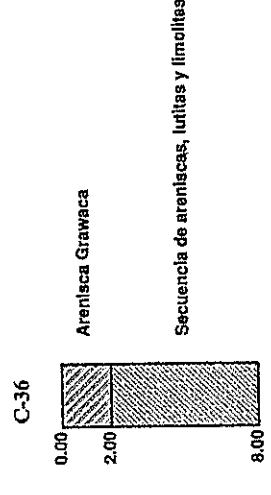
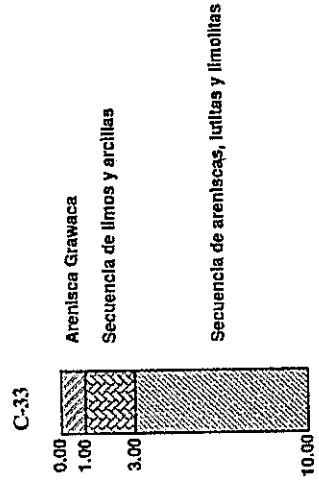
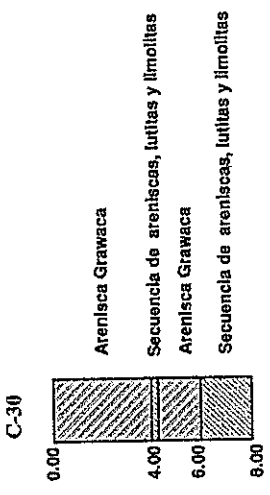
Obra: *Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"*  
 Contiene: *Calicatas*

Levanto:	Mónica Loor Sánchez.	Revisor:	Ing. Miguel Ángel Chávez Mancaño
Dibujo:	Paúl González Zambrano	Escala:	1:1000
		Fecha:	Julio/2009
		Lamina:	2/5



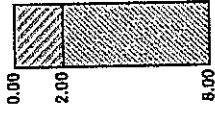
Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	Levantó: Moisés Lora Sánchez.		Revisó: Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo	
	Contiene: <i>Calicatas</i>	Dibujó: Paul González Zambrano	Escala: 1:3000	Fecha: Julio/2009





Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	Levante: Moisés Lour Sánchez		Revisó: Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo	
	Contiene: <i>Calicutas</i>	Dibujo: Paúl González Zanibrano	Escala: 1:3000	Fecha: Julio/2009

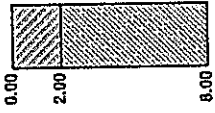
C-37



Arenisca Gravaca

Secuencia de areniscas, lutitas y limollas

C-38



Arenisca Gravaca

Secuencia de areniscas, lutitas y limollas



Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	Levanto: Miguel Loor Sánchez.		Revisor: Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo
	Dibujo: Paúl González Zambrano	Escala: 1:1000	Fecha: Julio/2009
Contiene: <i>Calicatas</i>	Laminar: 5/5		

**Anexo 3: *Ensayos***

---

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo  
 Fuente del Material: x: 615031 y: 9763564  
 Descripción del Material: Material obtenido de las terrezas donde se van a constriuir las edificaciones

Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 Fecha: Mayo, 2009  
 Profundidad: 1.50 m  
 Muestra: 1

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	647.4	34.18	34.18	65.82	
Nº 8					
Nº 10	496.2	26.20	60.38	39.62	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	526.2	27.78	88.16	11.84	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	183	9.66	97.82	2.18	
FONDO	41.3	2.18	100.00	0.00	

**TOTAL** 1894.1

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

## UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616906 y: 9762730 Profundidad: 1.50 m  
 Descripción del Material: Material obtenido de las terrazas donde se van a construir las edificaciones Muestra: 2

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	1432.2	63.03	63.03	36.97	
Nº 8					
Nº 10	353.6	15.56	78.59	21.41	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	305.6	13.45	92.04	7.96	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	143.7	6.32	98.36	1.64	
FONDO	37.2	1.64	100.00	0.00	

TOTAL 2272.3

Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Operador:

E.C.J.

Realizado por:

PAUL GONZALEZ

Verificado por:

Ing. VICENTE LEON

## UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616836 y: 9763326 Profundidad: 1.50 m  
 Descripción del Material: Material del estribo derecho Muestra: 3

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	1350.5	83.11	83.11	16.89	
Nº 8					
Nº 10	115	7.08	90.18	9.82	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	84.1	5.18	95.36	4.64	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	33.5	2.06	97.42	2.58	
FONDO	41.9	2.58	100.00	0.00	

TOTAL 1625

Observaciones:

Operador:

E.C.J.

Realizado por:

PAUL GONZALEZ

Verificado por:

Ing. VICENTE LEON

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616523 y: 9763396 Profundidad: 1.50 m  
 Descripción del Material: Material superficie del estribo izquierdo Muestra: 4

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	4.1	0.84	0.84	99.16	
Nº 8					
Nº 10	4.9	1.01	1.85	98.15	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	28.5	5.87	7.72	92.28	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	133.9	27.57	35.30	64.70	
FONDO	314.2	64.70	100.00	0.00	

TOTAL 485.6

Observaciones: Este material contiene una gran cantidad de finos por encontrarse en una zona que no ha sido explotada

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

## UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616762 y: 9763499 Profundidad: 1.50 m  
 Descripción del Material: \_\_\_\_\_ Muestra: 5

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	1229	84.22	84.22	15.78	
Nº 8					
Nº 10	119	8.15	92.37	7.63	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	44.4	3.04	95.42	4.58	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	9.6	0.66	96.07	3.93	
FONDO	57.3	3.93	100.00	0.00	

TOTAL 1459.3

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Operador: \_\_\_\_\_

E.C.J.

Realizado por: \_\_\_\_\_

PAUL GONZALEZ

Verificado por: \_\_\_\_\_

Ing. VICENTE LEON



## ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616898 y: 9763535 Profundidad: 1.50 m  
 Descripción del Material: Material de buena calidad situado detrás del estribo Muestra: 6  
derechpo de la presa proyectada

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
Nº 4	669.9	47.37	47.37	52.63	
Nº 8					
Nº 10	201.7	14.26	61.63	38.37	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30					
Nº 40	251.6	17.79	79.42	20.58	
Nº 50					
Nº 80					
Nº 100					
Nº 200	153.3	10.84	90.26	9.74	
FONDO	137.8	9.74	100.00	0.00	

TOTAL 1414.3

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: \_\_\_\_\_ Muestra: Para Proctor Material B

Muestra	1	2	3	
Recipiente No.	5	4	7	
Peso en gr.	Peso del Recipiente	129.70	131.10	129.30
	Peso Inicial + Recipiente	2023.80	2404.10	1754.30
	Peso Final + Recipiente	1982.50	2366.90	1712.40
	Peso Inicial	1894.10	2273.00	1625.00
	Peso Final	1852.80	2235.80	1583.10
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)	97.82	98.36	97.42	
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido	2.18	1.64	2.58	

Muestra	4	5	6	
Recipiente No.	L	13	4	
Peso en gr.	Peso del Recipiente	128.50	121.10	140.60
	Peso Inicial + Recipiente	641.10	1579.40	1554.90
	Peso Final + Recipiente	299.90	1522.10	1417.10
	Peso Inicial	512.60	1458.30	1414.30
	Peso Final	171.40	1401.00	1276.50
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)	33.44	96.07	90.26	
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido	66.56	3.93	9.74	

Muestra	7	8	9	
Recipiente No.				
Peso en gr.	Peso del Recipiente			
	Peso Inicial + Recipiente			
	Peso Final + Recipiente			
	Peso Inicial			
	Peso Final			
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)				
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido				

Observaciones: \_\_\_\_\_

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 615031 y: 9763564 Muestra: Arcilla

Muestra		1	2	3
Recipiente No.		5	M	11
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.40	7.90	7.90
	Peso Inicial + Recipiente	41.40	49.90	54.30
	Peso Final + Recipiente	14.20	26.50	16.00
	Peso Inicial	33.00	42.00	46.40
	Peso Final	5.80	18.60	8.10
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		17.58	44.29	17.46
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		82.42	55.71	82.54

Muestra		4	5	6
Recipiente No.		6		
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.10		
	Peso Inicial + Recipiente	41.50		
	Peso Final + Recipiente	15.30		
	Peso Inicial	33.40		
	Peso Final	7.20		
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		21.56		
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		78.44		

Muestra		7	8	9
Recipiente No.				
Peso en gr.	Peso del Recipiente			
	Peso Inicial + Recipiente			
	Peso Final + Recipiente			
	Peso Inicial			
	Peso Final			
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)				
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido				

Observaciones: La muestra 4 se la determino para el ensayo de compresion simple a esta muestra.

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 614787 y: 9763478 Muestra: Arcilla

Muestra		1	2	3
Recipiente No.		A	X3	I
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.60	8.60	7.90
	Peso Inicial + Recipiente	39.70	39.80	64.40
	Peso Final + Recipiente	15.40	14.90	19.40
	Peso Inicial	31.10	31.20	56.50
	Peso Final	6.80	6.30	11.50
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		21.86	20.19	20.35
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		78.14	79.81	79.65

Muestra		4	5	6
Recipiente No.		25		
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.00		
	Peso Inicial + Recipiente	61.70		
	Peso Final + Recipiente	17.20		
	Peso Inicial	53.70		
	Peso Final	9.20		
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		17.13		
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		82.87		

Muestra		7	8	9
Recipiente No.				
Peso en gr.	Peso del Recipiente			
	Peso Inicial + Recipiente			
	Peso Final + Recipiente			
	Peso Inicial			
	Peso Final			
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)				
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido				

Observaciones: La muestra 4 se la determino para el ensayo de compresion simple a esta muestra.

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616840 y: 9763178 Muestra: Arcilla

Muestra		1	2	3
Recipiente No.		9	3	6
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.50	7.90	7.90
	Peso Inicial + Recipiente	45.70	44.30	39.70
	Peso Final + Recipiente	23.70	24.60	19.50
	Peso Inicial	37.20	36.40	31.80
	Peso Final	15.20	16.70	11.60
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		40.86	45.88	36.48
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		59.14	54.12	63.52

Muestra		4	5	6
Recipiente No.		M		
Peso en gr.	Peso del Recipiente	8.20		
	Peso Inicial + Recipiente	51.40		
	Peso Final + Recipiente	15.60		
	Peso Inicial	43.20		
	Peso Final	7.40		
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)		17.13		
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido		82.87		

Muestra		7	8	9
Recipiente No.				
Peso en gr.	Peso del Recipiente			
	Peso Inicial + Recipiente			
	Peso Final + Recipiente			
	Peso Inicial			
	Peso Final			
% Retenido = (Peso Final *100)/(Peso Inicial)				
% Pasante N° 200 = 100% -% Retenido				

Observaciones: La muestra 4 se la determino para el ensayo de compresion simple a esta muestra.

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: \_\_\_\_\_ Muestra: Para Proctor Material B

Muestra	1	2	3
Recipiente No.	5	4	7
Peso en gr. Recipiente + Peso humedo	2263.20	2634.20	1865.90
Recipiente + Peso seco	2023.80	2404.10	1754.30
Agua	239.40	230.10	111.60
Peso del Recipiente	129.70	131.10	129.30
Peso Seco	1894.10	2273.00	1625.00
Contenido de Agua	12.64 %	10.12 %	6.87 %

Muestra	4	5	6
Recipiente No.	L	13	4
Peso en gr. Recipiente + Peso humedo	826.00	1605.80	1730.60
Recipiente + Peso seco	641.10	1579.40	1554.90
Agua	184.90	26.40	175.70
Peso del Recipiente	128.50	120.10	140.60
Peso Seco	512.60	1459.30	1414.30
Contenido de Agua	36.07 %	1.81 %	12.42 %

Muestra			
Recipiente No.			
Peso en gr. Recipiente + Peso humedo			
Recipiente + Peso seco			
Agua			
Peso del Recipiente			
Peso Seco			
Contenido de Agua			

$$W\% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso humedo}) - (\text{recipiente} + \text{peso Seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso Seco}) - (\text{recipiente})} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Observaciones: \_\_\_\_\_

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

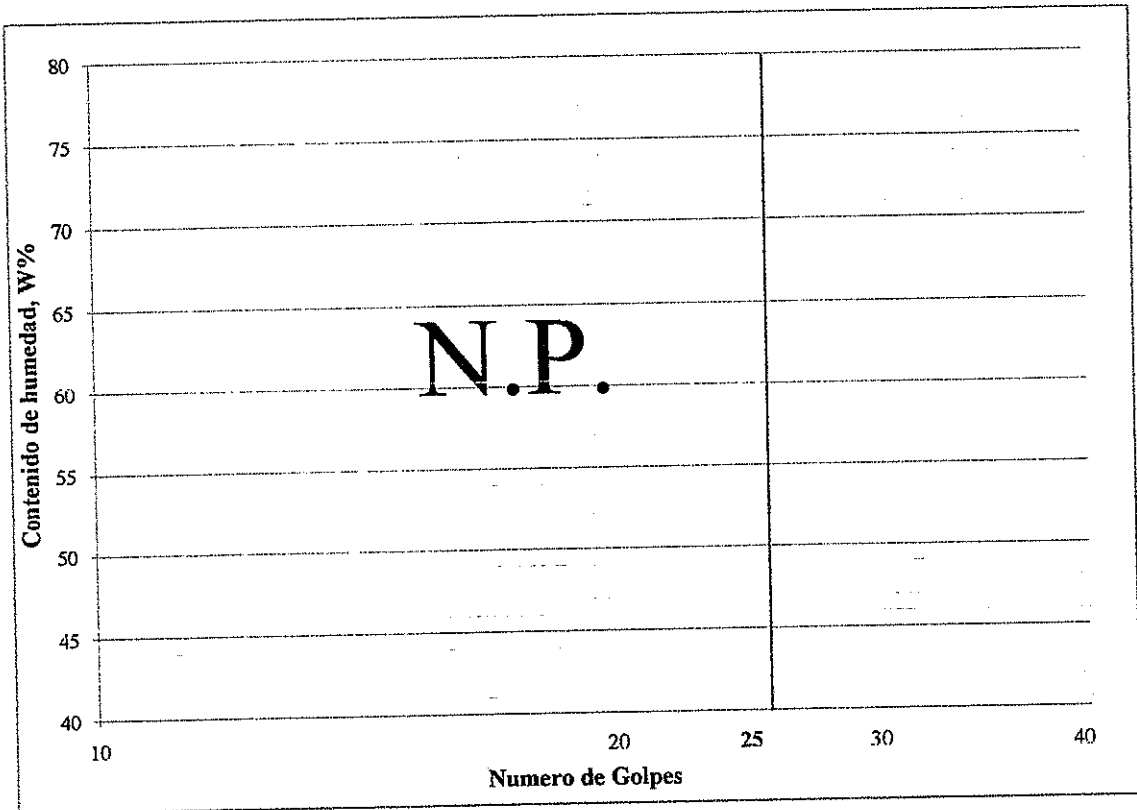
LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**LIMITES DE ATTERBERG**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: \_\_\_\_\_ Muestra: 1-2-3-5-6

**LIMITE LIQUIDO**

PASO No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente No.									
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo								
	Recipiente + peso seco.								
	Agua	Ws							
	Recipiente								
	Peso seco	Ws							
	Contenido de humedad	W							
Numero de golpes									



**LIMITE PLASTICO**

PASO No.		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente No.							
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo						
	Recipiente + peso seco.						
	Agua	Ws					
	Recipiente						
	Peso seco	Ws					
	Contenido de humedad	W					
Limite Plastico							

WL \_\_\_\_\_  
 Wp \_\_\_\_\_  
 Ip \_\_\_\_\_

Simbolo de la carta de plasticidad

Observaciones: \_\_\_\_\_

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

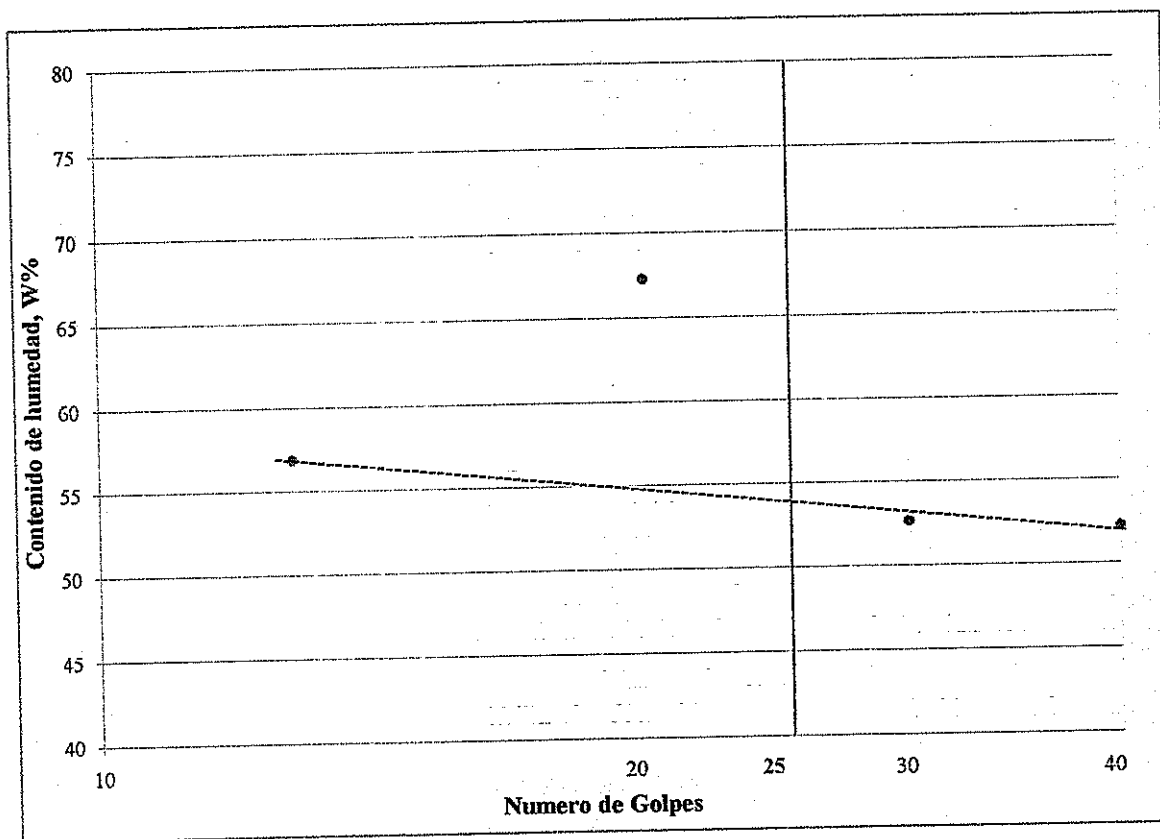
LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**LIMITES DE ATTERBERG**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: \_\_\_\_\_ Muestra: 4

**LIMITE LIQUIDO**

PASO No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente No.		16.00	13.00	RE	P				
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo	28.70	28.30	28.60	28.40				
	Recipiente + peso seco.	22.50	21.50	22.70	22.50				
	Agua	Ws	6.20	6.80	5.90	5.90			
	Recipiente		11.60	11.40	11.50	11.20			
	Peso seco	Ws	10.90	10.10	11.20	11.30			
Contenido de humedad		W	56.88	67.33	52.68	52.21			
Numero de golpes			13	21	30	40			



**LIMITE PLASTICO**

PASO No.		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente No.		F	6	P			
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo	22.00	23.40	22.00			
	Recipiente + peso seco.	19.70	21.00	19.80			
	Agua	Ws	2.30	2.40	2.20		
	Recipiente		11.40	12.20	11.60		
	Peso seco	Ws	8.30	8.80	8.20		
Contenido de humedad		W	27.71	27.27	26.83		
Limite Plastico			27.49				

WL 53.90

Wp 27.49

Ip 26.41

Simbolo de la carta de plasticidad

**CH**

Observaciones: \_\_\_\_\_

Operador: E.C.J.

Realizado por: PAUL GONZALEZ

Verificado por: Ing. VICENTE LEON



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

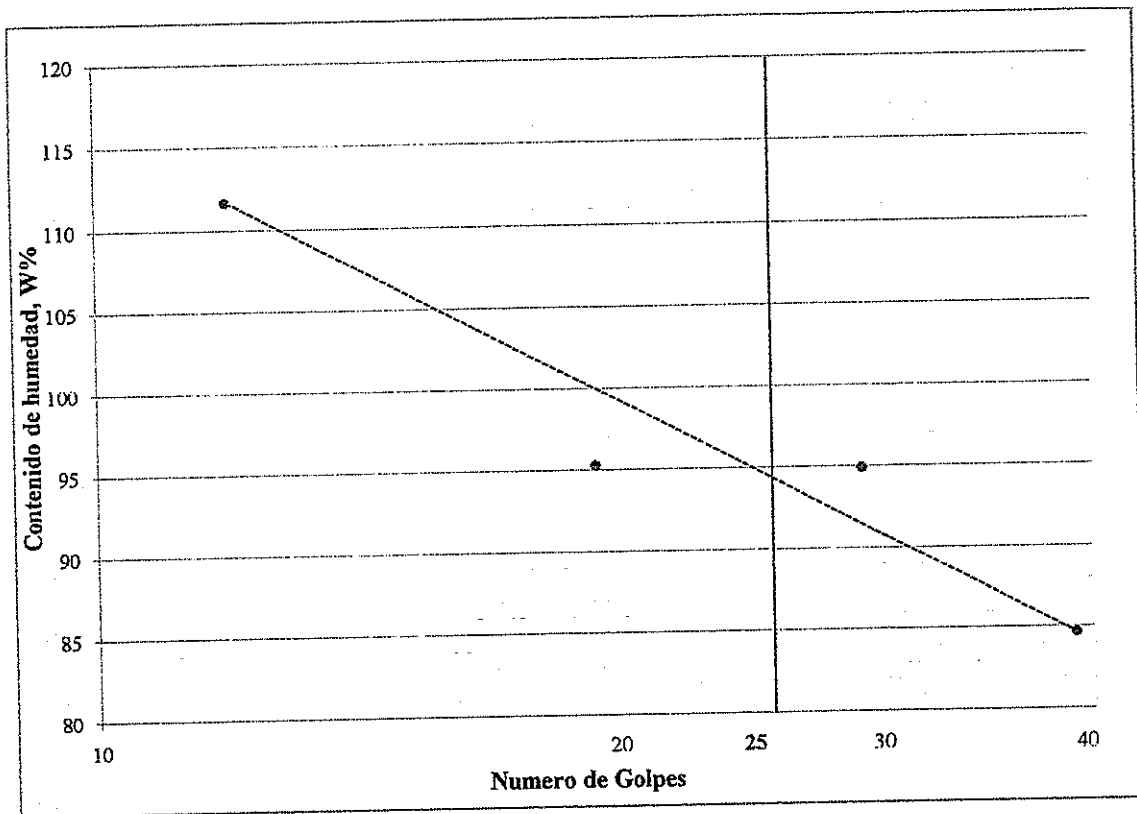
**LIMITES DE ATTERBERG**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo  
 Fuente del Material: x: 615031 y: 9763564

Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 Fecha: Mayo, 2009  
 Muestra: 2

**LIMITE LIQUIDO**

PASO No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente No.		<i>I</i>	<i>RI4</i>	<i>126</i>	<i>143</i>				
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo	27.80	28.20	26.90	27.10				
	Recipiente + peso seco.	19.20	20.10	19.40	19.90				
	Agua	Ws	8.60	8.10	7.50	7.20			
	Recipiente		11.50	11.60	11.50	11.40			
	Peso seco	Ws	7.70	8.50	7.90	8.50			
	Contenido de humedad	W	111.69	95.29	94.94	84.71			
Numero de golpes		12	20	29	39				



**LIMITE PLASTICO**

PASO No.		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente No.		<i>7</i>	<i>105</i>	<i>3</i>			
Peso en gls.	Recipiente + peso humedo	19.60	20.20	20.40			
	Recipiente + peso seco.	17.50	17.80	18.10			
	Agua	Ws	2.10	2.40	2.30		
	Recipiente		11.70	11.40	12.20		
	Peso seco	Ws	5.80	6.40	5.90		
	Contenido de humedad	W	36.21	37.50	38.98		
Limite Plastico		36.86					

WL 94.40

Wp 36.86

Ip 57.55

Simbolo de la carta de plasticidad

**CH**

Observaciones:

Operador: E.C.J.

Realizado por: PAUL GONZALEZ

Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

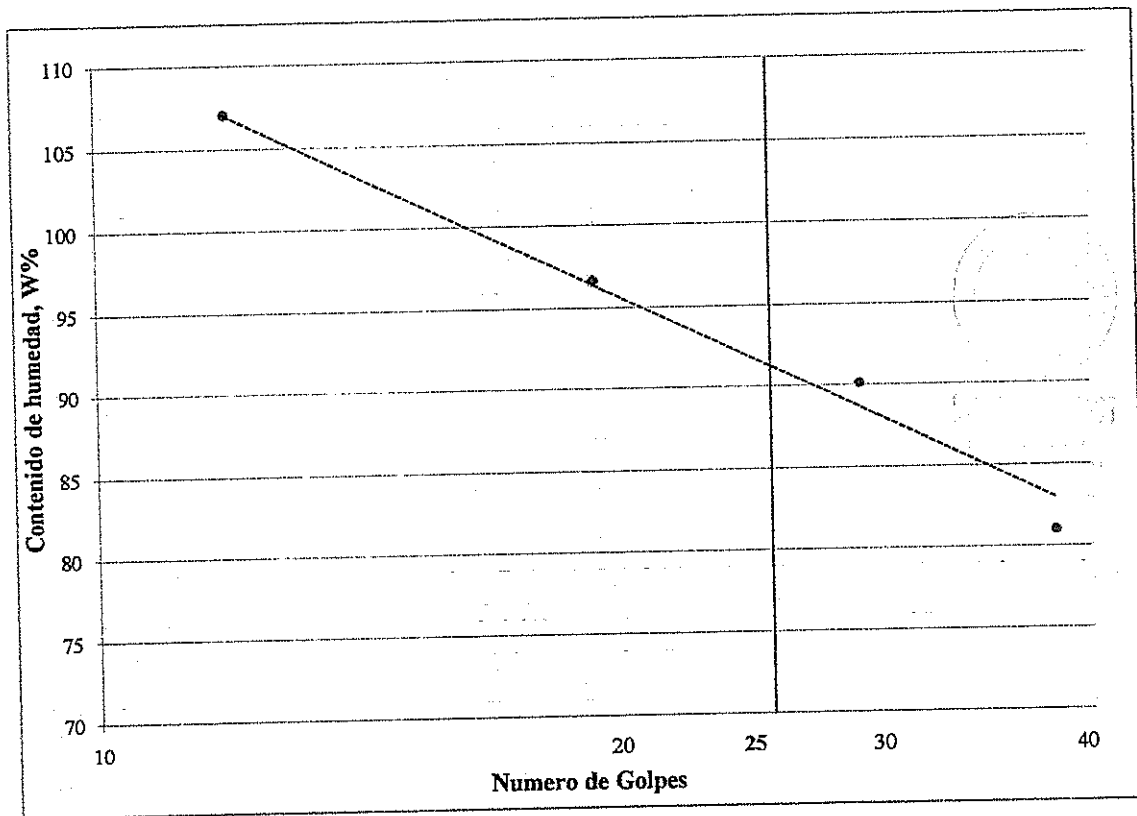
LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**LIMITES DE ATTERBERG**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 619787 y: 9763478 Muestra: 3

**LIMITE LIQUIDO**

PASO No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente No.		11	20	R8	93				
Peso en g/s.	Recipiente + peso humedo	29.10	29.40	29.00	28.00				
	Recipiente + peso seco.	20.00	20.70	20.80	20.70				
	Agua	Ws	9.10	8.70	8.20	7.30			
	Recipiente		11.50	11.70	11.70	11.70			
	Peso seco	Ws	8.50	9.00	9.10	9.00			
	Contenido de humedad	W	107.06	96.67	90.11	81.11			
Numero de golpes		12	20	29	38				



**LIMITE PLASTICO**

PASO No.		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente No.		261	I	VS			
Peso en g/s.	Recipiente + peso humedo	19.70	20.20	19.20			
	Recipiente + peso seco.	17.50	18.00	17.20			
	Agua	Ws	2.20	2.20	2.00		
	Recipiente		11.50	11.50	11.20		
	Peso seco	Ws	6.00	6.50	6.00		
	Contenido de humedad	W	36.67	33.85	33.33		
Limite Plastico		33.59					

WL 91.10

Wp 33.59

Ip 57.51

Simbolo de la carta de plasticidad

**CH**

Observaciones:

Operador: E.C.J.

Realizado por: PAUL GONZALEZ

Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

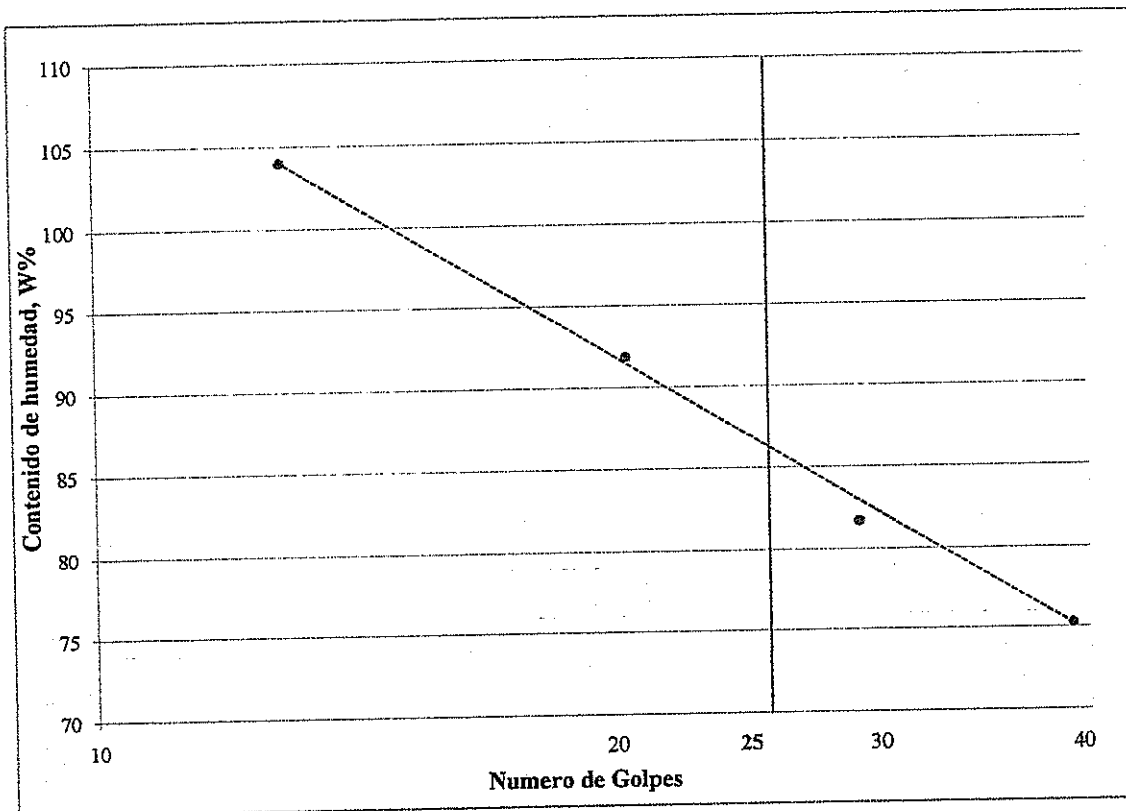
LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**LIMITES DE ATTERBERG**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo Fecha: Mayo, 2009  
 Fuente del Material: x: 616840 y: 9763178 Muestra: 4

**LIMITE LIQUIDO**

PASO No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente No.		<i>FI</i>	<i>E</i>	<i>P</i>	<i>II</i>				
Peso en g/s.	Recipiente + peso húmedo	27.00	28.20	28.10	26.70				
	Recipiente + peso seco.	19.20	20.30	20.50	20.30				
	Agua	Ws	7.80	7.90	7.60	6.40			
	Recipiente		11.70	11.70	11.20	11.80			
	Peso seco	Ws	7.50	8.60	9.30	8.50			
	Contenido de humedad	W	104.00	91.86	81.72	75.29			
Numero de golpes		13	21	29	39				



**LIMITE PLASTICO**

PASO No.		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente No.		<i>F</i>	<i>40</i>	<i>M</i>			
Peso en g/s.	Recipiente + peso húmedo	19.00	20.30	21.30			
	Recipiente + peso seco.	17.10	18.00	18.90			
	Agua	Ws	1.90	2.30	2.40		
	Recipiente		11.30	11.60	11.80		
	Peso seco	Ws	5.80	6.40	7.10		
	Contenido de humedad	W	32.76	35.94	33.80		
Limite Plastico		35.94					

WL 86.30

Wp 35.94

Ip 50.36

Símbolo de la carta de plasticidad

**CH**

Observaciones:

Operador: E.C.J. Realizado por: PAUL GONZALEZ Verificado por: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

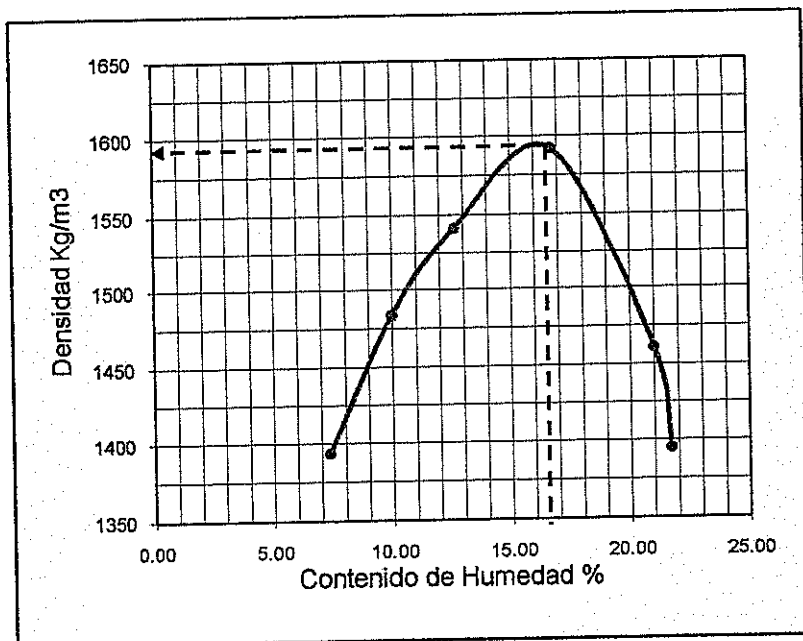
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO**

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup>      PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg      Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25      UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616744 y: 9763118  
 NÚMERO DE CAPAS: 3      MUESTRA: 1  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	ω	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm <sup>3</sup>	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m <sup>3</sup>
EN	5	269.80	253.40	29.70	16.40	223.70	7.33	6.094	1.406	1.073	1.310	1394
70	1	275.50	252.60	23.10	22.90	229.50	9.98	6.222	1.534	1.100	1.395	1484
140	1	226.00	203.20	22.60	22.80	180.60	12.62	6.320	1.632	1.126	1.449	1542
210	W	230.10	200.40	22.70	29.70	177.70	16.71	6.435	1.747	1.167	1.497	1592
280	1	310.00	260.00	21.80	50.00	238.20	20.99	6.350	1.662	1.210	1.374	1461
350	L	345.50	287.90	22.50	57.60	265.40	21.70	6.284	1.596	1.217	1.311	1395



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD: \_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD: 16.71 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1,592 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

**El matirial fue obtenido de las terrazas donde se construiran las edificaciones del Parque del Conocimiento**

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Liquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	%>Nº 4
				NP	NP	-	34.18

P.G.Z  
CALCULADO POR

ING. VICENTE LEON  
VERIFICADO POR

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

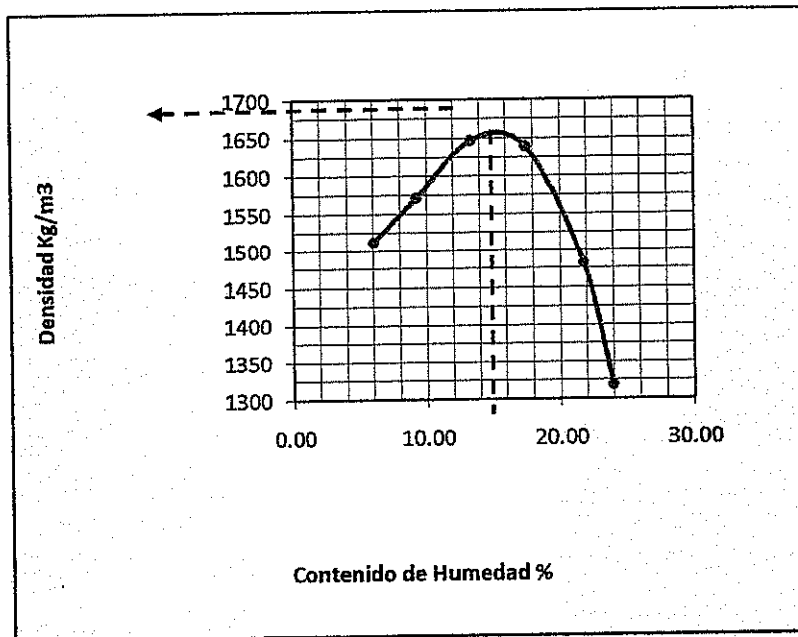
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO**

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup>      PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg      Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25      UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616906 y: 9762730  
 NÚMERO DE CAPAS: 3      MUESTRA: 2  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA cm <sup>3</sup>	RECIPIENTE Nº	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE grs	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE grs	PESO DE RECIPIENTE grs	PESO DE AGUA grs	PESO SECO grs	ω %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO kg	PESO TIERRA HÚMEDA Wh kg	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA kg	DENSIDAD SECA kg/m <sup>3</sup>
EN	X	154.60	147.00	21.00	7.60	126.00	6.03	6.195	1.507	1.060	1.421	1512
80	1	264.70	244.20	22.60	20.50	221.60	9.25	6.302	1.614	1.093	1.477	1572
160	V	296.50	265.10	30.30	31.40	234.80	13.37	6.443	1.755	1.134	1.548	1647
240	W	295.20	254.70	22.70	40.50	232.00	17.46	6.498	1.810	1.175	1.541	1639
320	A	343.40	287.60	31.40	55.80	256.20	21.78	6.385	1.697	1.218	1.393	1482
400	14	329.40	270.20	23.00	59.20	247.20	23.95	6.225	1.537	1.239	1.240	1319



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:

\_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD:

15.10 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:

1,655 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

El matirial fue obtenido de las terrazas donde se construiran las edificaciones del Parque del Conocimiento

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Líquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	%>Nº 4
				NP	NP	-	63.04

P.G.Z  
CALCULADO POR

ING. VICENTE LEON  
VERIFICADO POR

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

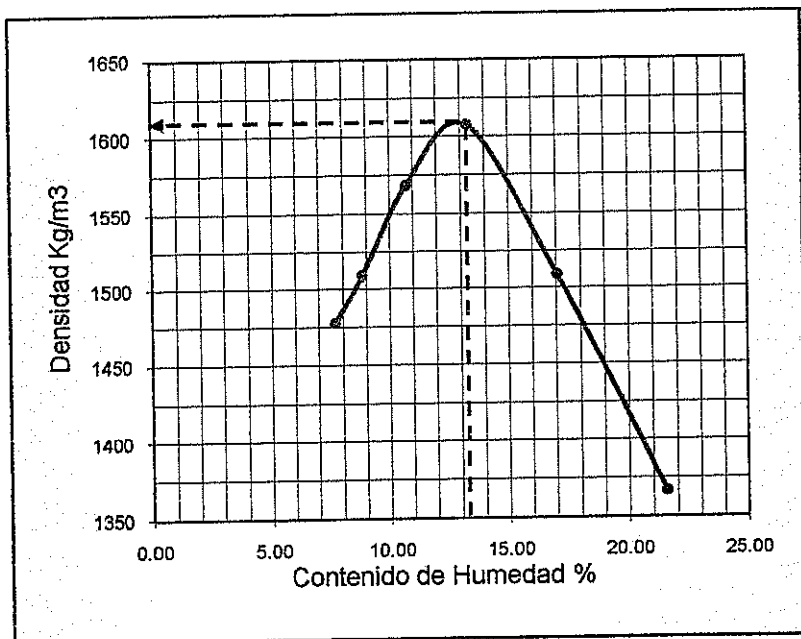
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO**

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup>      PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg      Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25      UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616839 y: 9763326  
 NÚMERO DE CAPAS: 3      MUESTRA: 3  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	ω	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm <sup>3</sup>	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m <sup>3</sup>
EN	1	229.30	214.60	23.10	14.70	191.50	7.68	6.184	1.496	1.077	1.389	1478
80	1	215.10	199.40	21.80	15.70	177.60	8.84	6.232	1.544	1.088	1.419	1509
160	6	298.70	272.00	22.50	26.70	249.50	10.70	6.320	1.632	1.107	1.474	1568
240	9	248.30	221.70	21.80	26.60	199.90	13.31	6.400	1.712	1.133	1.511	1607
320	13	323.10	280.30	29.20	42.80	251.10	17.05	6.348	1.660	1.170	1.418	1509
400	E	308.20	257.40	21.90	50.80	235.50	21.57	6.250	1.562	1.216	1.285	1367



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:

\_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD:

13.00 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:

1,612 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

Material del estribo derecho

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Líquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	%>Nº 4
				NP	NP	-	83.1

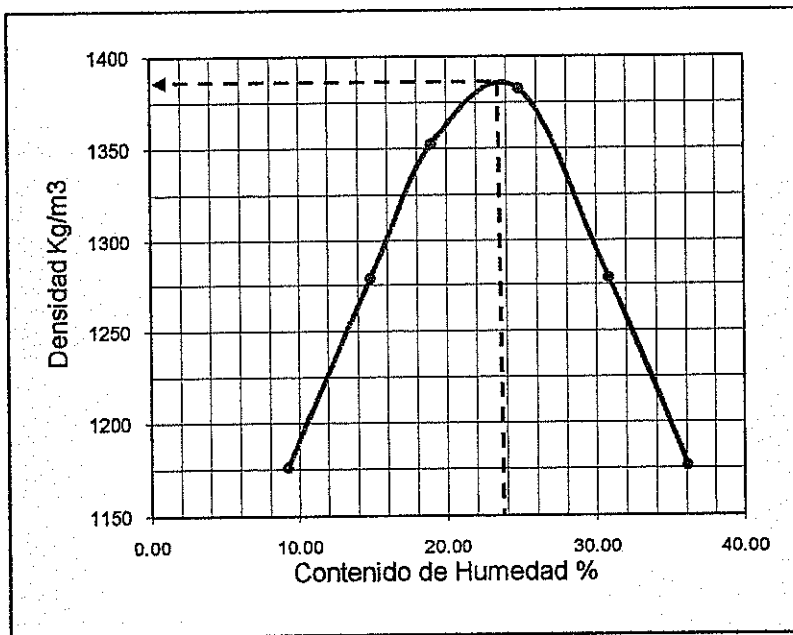
P.G.Z  
CALCULADO POR

ING. VICENTE LEON  
VERIFICADO POR

# ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup>      PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg      Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25      UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616523 y: 9763396  
 NÚMERO DE CAPAS: 3      MUESTRA: 4  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	ω	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm <sup>3</sup>	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m <sup>3</sup>
EN	11	224.30	207.80	28.10	16.50	179.70	9.18	5.895	1.207	1.092	1.105	1176
100	1	200.60	178.40	28.60	22.20	149.80	14.82	6.068	1.380	1.148	1.202	1279
200	90	199.90	172.90	30.40	27.00	142.50	18.95	6.200	1.512	1.189	1.271	1352
300	1	249.40	205.80	30.10	43.60	175.70	24.82	6.310	1.622	1.248	1.300	1382
400	23	226.20	179.90	29.80	46.30	150.10	30.85	6.261	1.573	1.308	1.202	1279
500	13	295.80	224.70	27.70	71.10	197.00	36.09	6.193	1.505	1.361	1.106	1176



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD: \_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD: 23.90 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1,382 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

Material superficial del estribo izquierdo

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Líquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	%>Nº 4
		CH		53.9	27.49	26.41	0.86

P.G.Z  
CALCULADO POR

ING. VICENTE LEON  
VERIFICADO POR

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

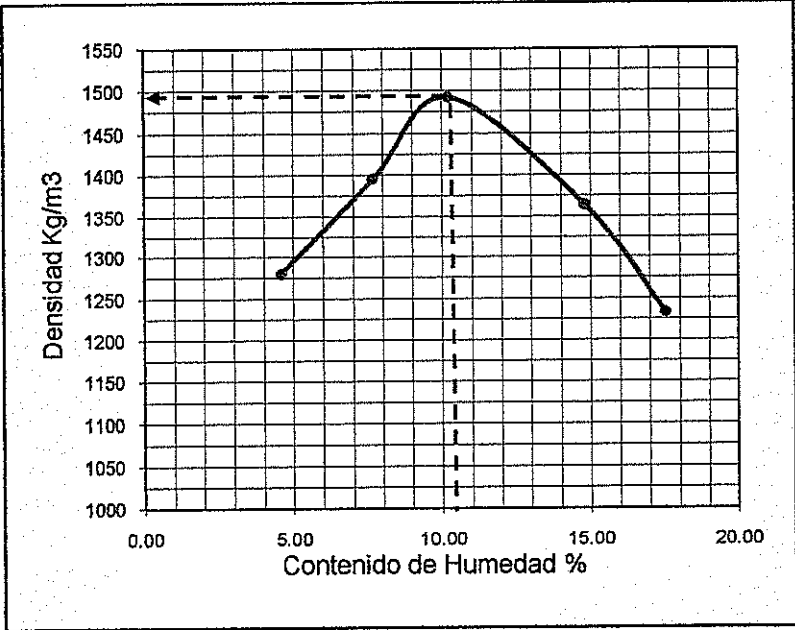
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO**

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup>      PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg      Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25      UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616762 y: 9763499  
 NÚMERO DE CAPAS: 3      MUESTRA: 5  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	ω	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm <sup>3</sup>	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m <sup>3</sup>
EN	3	171.50	165.00	22.90	6.50	142.10	4.57	5.946	1.258	1.046	1.203	1280
60	T	204.80	192.30	29.10	12.50	163.20	7.66	6.100	1.412	1.077	1.312	1395
12	1	250.10	229.10	23.20	21.00	205.90	10.20	6.234	1.546	1.102	1.403	1492
18	2	228.00	201.50	22.50	26.50	179.00	14.80	6.160	1.472	1.148	1.282	1364
24	5	260.50	226.10	29.70	34.40	196.40	17.52	6.050	1.362	1.175	1.159	1233



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD: \_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD: 10.40 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1,492 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Líquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	% > N° 4
				NP	NP	-	84.22

P.G.Z  
CALCULADO POR

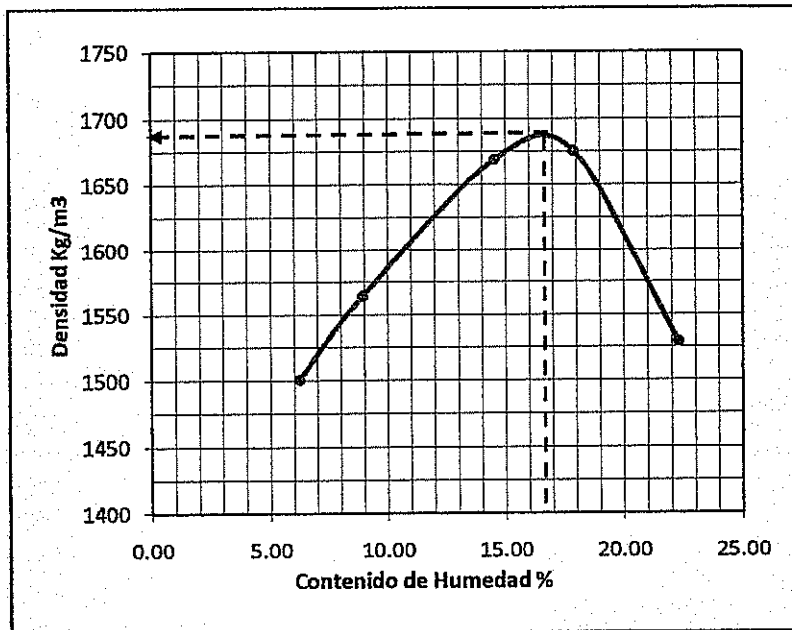
ING. VICENTE LEON  
VERIFICADO POR



# ENSAYO PROCTOR - MODIFICADO

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000940 m<sup>3</sup> PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento  
 PESO DEL CILINDRO: 4.688 kg Solicitado por: Ing. Miguel Angel Chávez  
 NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: 25 UBICACIÓN: Campus Gustavo Galindo x: 616898 y: 9763535  
 NÚMERO DE CAPAS: 3 MUESTRA: 6  
 FECHA: Mayo 16 de 2009

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	ω	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + ω/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm <sup>3</sup>	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m <sup>3</sup>
EN	A	232.40	220.60	31.40	11.80	189.20	6.24	6.187	1.499	1.062	1.411	1501
80	14	234.20	216.90	23.00	17.30	193.90	8.92	6.290	1.602	1.089	1.471	1565
160	3	224.60	199.00	22.90	25.60	176.10	14.54	6.485	1.797	1.145	1.569	1669
240	T	306.50	264.40	29.10	42.10	235.30	17.89	6.545	1.857	1.179	1.575	1676
320	13	400.60	332.90	29.20	67.70	303.70	22.29	6.446	1.758	1.223	1.438	1529
400	9	438.30	355.90	21.80	82.40	334.10	24.66	6.350	1.662	1.247	1.333	1418



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD: \_\_\_\_\_ %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD: 16.80 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1,685 kg/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

El material fue obtenido de un material de buena calidad situado detrás del estribo derecho de la Presa

Muestra Nº.	PROF.	CLASIFICACIÓN	G <sub>s</sub>	Lim. Líquido	Lim. Plást.	Índice Plást.	%>Nº 4
				NP	NP	-	47.36

P.G.Z  
 CALCULADO POR

ING. VICENTE LEON  
 VERIFICADO POR

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE**

PROYECTO **Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento**

UBICACIÓN **Campus Gustavo Galindo x :615031 y :9763564** FECHA **Mayo de 2009**

Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: **1.5 mts.** Muestra: **2**

Altura Inicial: **7.2 cm** Altura final: \_\_\_\_\_ cm.

CARGA		DEFORNACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0.1362	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>
9.0	1.23	0.010	0.00353	0.99647	10.215	0.12000
20.0	2.72	0.020	0.00706	0.99294	10.251	0.26573
31.0	4.22	0.030	0.01058	0.98942	10.288	0.41041
46.0	6.27	0.040	0.01411	0.98589	10.324	0.60683
56.0	7.63	0.050	0.01764	0.98236	10.362	0.73611
63.0	8.58	0.060	0.02117	0.97883	10.399	0.82515
68.0	9.26	0.070	0.02469	0.97531	10.436	0.88743
72.0	9.81	0.080	0.02822	0.97178	10.474	0.93623
73.0	9.94	0.090	0.03175	0.96825	10.513	0.94579
74.5	10.15	0.100	0.03528	0.96472	10.551	0.96170
75.0	10.22	0.110	0.03881	0.96119	10.590	0.96462
76.0	10.35	0.120	0.04233	0.95767	10.629	0.97389
76.0	10.35	0.130	0.04586	0.95414	10.668	0.97030
75.0	10.22	0.140	0.04939	0.95061	10.708	0.95400
		0.150				
		0.160				

**NOTAS**

ESQUEMA DE LA ROTURA

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

W<sub>+R</sub> = 53.5    W<sub>O</sub> = 41.5  
W<sub>O</sub> = 41.5    W<sub>R</sub> = 8.1  
W<sub>W</sub> = 12.0    W<sub>S</sub> = 33.4

W = 35.93 %

PESO UNITARIO

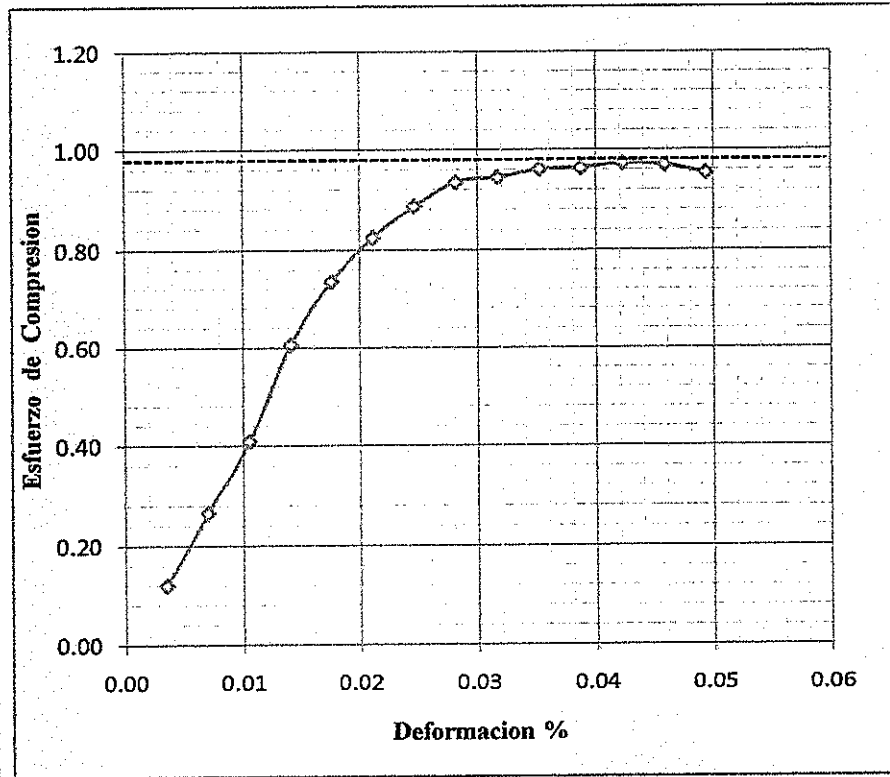
W<sub>m</sub> = 129.3    gramos  
V = 73.28    cm<sup>3</sup>  
Y = W<sub>m</sub> / V  
Y = 1.764    Kg/m<sup>3</sup>

Operador : **E.C.J.**

Calculado por : **P.G.Z**

Verificado por: **V.L.T**

Observaciones :  
**qu= 0.974 kg/cm2**



PROYECTO **Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento**

UBICACIÓN **Campus Gustavo Galindo x :614787 y :9763478** FECHA **Mayo de 2009**

Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: **1.5** mts. Muestra: **3**

Altura Inicial: **7.2** cm Altura final: \_\_\_\_\_ cm.

CARGA		DEFORNACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0.1362	DIAL LC-8 0.001"	E = AH/H		CORREGIDA A <sub>o</sub> /(1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
30.0	4.09	0.010	0.00353	0.99647	10.215	0.40001	ESQUEMA DE LA ROTURA
56.0	7.63	0.020	0.00706	0.99294	10.251	0.74404	
75.0	10.22	0.030	0.01058	0.98942	10.288	0.99294	
89.0	12.12	0.040	0.01411	0.98589	10.324	1.17409	
99.0	13.48	0.050	0.01764	0.98236	10.362	1.30133	
108.0	14.71	0.060	0.02117	0.97883	10.399	1.41454	
114.0	15.53	0.070	0.02469	0.97531	10.436	1.48774	
118.0	16.07	0.080	0.02822	0.97178	10.474	1.53437	
124.0	16.89	0.090	0.03175	0.96825	10.513	1.60654	
129.0	17.57	0.100	0.03528	0.96472	10.551	1.66523	
132.0	17.98	0.110	0.03881	0.96119	10.590	1.69773	
133.0	18.11	0.120	0.04233	0.95767	10.629	1.70431	
134.0	18.25	0.130	0.04586	0.95414	10.668	1.71080	
135.0	18.39	0.140	0.04939	0.95061	10.708	1.71719	
136.0	18.52	0.150	0.05292	0.94708	10.747	1.72349	
137.0	18.66	0.160	0.05644	0.94356	10.788	1.72970	
138.0	18.80	0.170	0.05997	0.94003	10.828	1.73581	
139.0	18.93	0.180	0.06350	0.93650	10.869	1.74183	
140.0	19.07	0.190	0.06703	0.93297	10.910	1.74775	
140.0	19.07	0.200	0.07056	0.92944	10.951	1.74114	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD  
 $W_{+R} = 80.0$      $W_O = 61.7$   
 $W_O = 61.7$      $W_R = 8.0$   
 $W_W = 18.3$      $W_S = 53.7$   
 $W = 34.08$  %

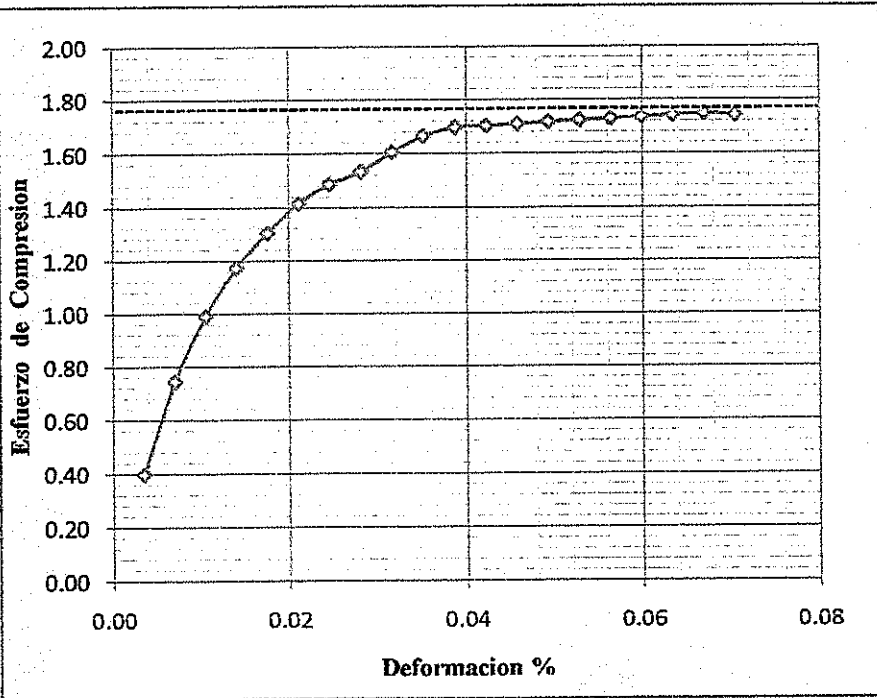
PESO UNITARIO  
 $W_m = 131.6$  gramos  
 $V = 73.28$  cm<sup>3</sup>  
 $Y = W_m / V$   
 $Y = 1.796$  Kg/m<sup>3</sup>

Operador : **E.C.J.**

Calculado por : **P.G.Z**

Verificado por : **V.L.T**

Observaciones : **qu= 1.748 kg/cm2**



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

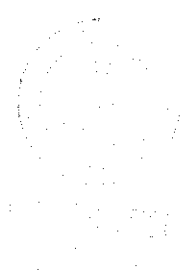
**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE**

PROYECTO **Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento**  
 UBICACIÓN **Campus Gustavo Galindo x :616840 y :9763178** FECHA **Mayo de 2009**  
 Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: **1.5 mts.** Muestra: **4**  
 Altura Inicial: **7.2 cm** Altura final: \_\_\_\_\_ cm.

CARGA		DEFORNACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0.1362	DIAL LC-8 0.001"	E = AH/H		CORREGIDA A <sub>o</sub> /(1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>
10.0	1.36	0.010	0.00353	0.99647	10.215	0.13334
22.0	3.00	0.020	0.00706	0.99294	10.251	0.29230
37.0	5.04	0.030	0.01058	0.98942	10.288	0.48985
49.0	6.67	0.040	0.01411	0.98589	10.324	0.64641
62.0	8.44	0.050	0.01764	0.98236	10.362	0.81498
73.0	9.94	0.060	0.02117	0.97883	10.399	0.95612
80.0	10.90	0.070	0.02469	0.97531	10.436	1.04403
88.0	11.99	0.080	0.02822	0.97178	10.474	1.14428
93.0	12.67	0.090	0.03175	0.96825	10.513	1.20490
96.0	13.08	0.100	0.03528	0.96472	10.551	1.23924
100.0	13.62	0.110	0.03881	0.96119	10.590	1.28616
102.0	13.89	0.120	0.04233	0.95767	10.629	1.30706
104.0	14.16	0.130	0.04586	0.95414	10.668	1.32778
106.0	14.44	0.140	0.04939	0.95061	10.708	1.34831
107.0	14.57	0.150	0.05292	0.94708	10.747	1.35598
108.0	14.71	0.160	0.05644	0.94356	10.788	1.36356
109.0	14.85	0.170	0.05997	0.94003	10.828	1.37104
109.0	14.85	0.180	0.06350	0.93650	10.869	1.36589

**NOTAS**

ESQUEMA DE LA ROTURA



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

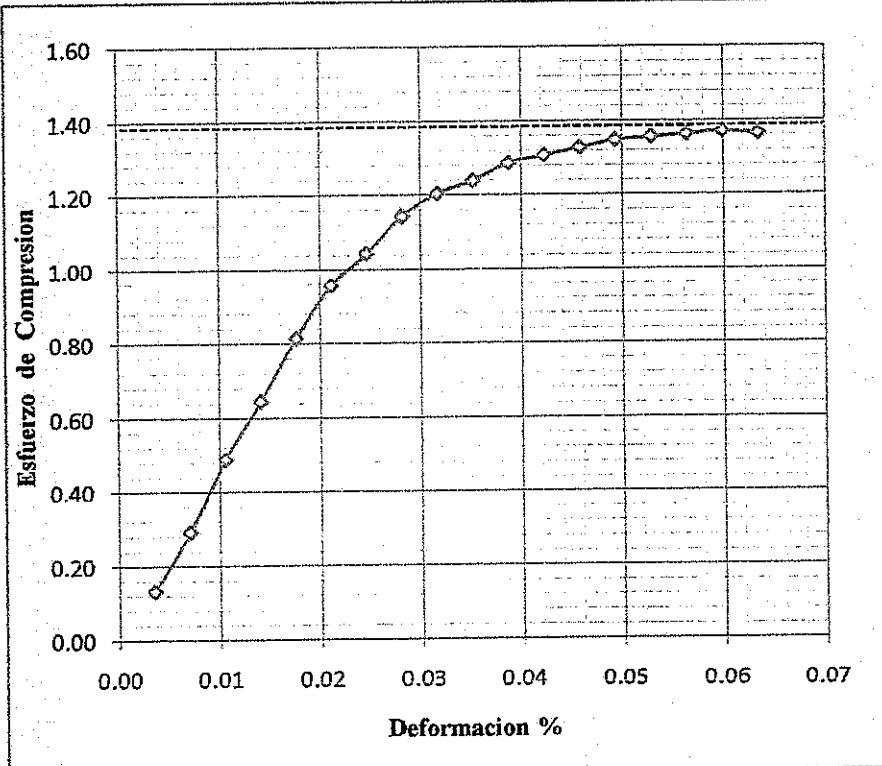
W<sub>+R</sub> = 64.1      W<sub>O</sub> = 51.4  
 W<sub>O</sub> = 51.4      W<sub>R</sub> = 8.2  
 W<sub>W</sub> = 12.7      W<sub>S</sub> = 43.2

W = 29.40 %

PESO UNITARIO

W<sub>m</sub> = 132.9      gramos  
 V = 73.28      cm<sup>3</sup>  
 Y = W<sub>m</sub> / V

Y = 1.814      Kg/m<sup>3</sup>



Operator : **E.C.J.**

Calculado por : **P.G.Z**

Verificado por: **V.L.T**

Observaciones : **qu= 1.371 kg/cm2**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**CORTE DIRECTO**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento

Fecha: Junio, 2009

PERFORACION: Campus Gustavo Galindo

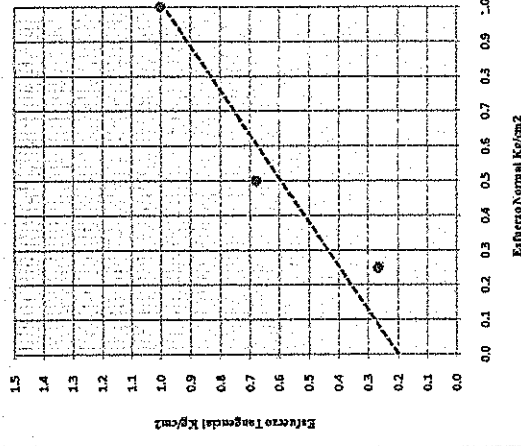
Profundidad: 1.50 m

Area: 31.67 cm<sup>2</sup>

1

Desplazamiento Horizontal " 0.0001	Carga V: 8 Kg		Carga V: 16 Kg		Carga V: 32 Kg	
	Carga T 0.0001 * Kg	$\sigma T$ Kg/cm <sup>2</sup>	Carga T 0.0001 * Kg	$\sigma T$ Kg/cm <sup>2</sup>	Carga T 0.0001 * Kg	$\sigma T$ Kg/cm <sup>2</sup>
10	40	0.177	60	0.266	78	0.346
20	55	0.244	105	0.466	125	0.554
30	60	0.266	140	0.621	155	0.687
40	60	0.266	153	0.678	180	0.798
50	55	0.244	150	0.665	200	0.887
60	52	0.231	144	0.638	216	0.958
70	48	0.212801	138	0.612	222	0.984
80					226	1.002
90					218	0.966
100					214	0.949
110					212	0.940
120						
130						

**GRÁFICO**



$\sigma V$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma T$ Kg/cm <sup>2</sup>	COHESION (C):	2.00 T/m <sup>2</sup>
0.25	0.266	FRICCION	21.80 g
0.50	0.678	( $\phi$ ):	
1.00	1.002		

Observaciones:   
 Diametro: 6.35 cm   
 H: 2.54 cm   
 V: 80.44 cm 3

Calculado: PAUL GONZALEZ   
 Verificado: Ing. VICENTE LEON

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

**CORTE DIRECTO**

PROYECTO: Diseño de Presa Parque del Conocimiento

PERFORACION: Campus Gustavo Galindo

Area: 31.67 cm<sup>2</sup>

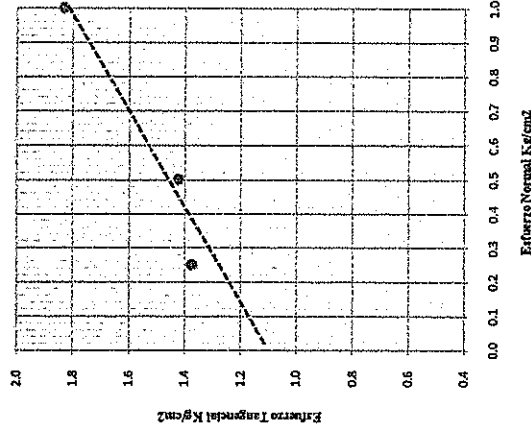
Fecha: Junio, 2009

Profundidad: 1.50 m

Muestra: 3

Desplazamiento Horizontal 0.0001 "	Carga V: 8 Kg		Carga V: 16 Kg		Carga V: 32 Kg	
	0.0001 "	Kg	0.0001 "	Kg	0.0001 "	Kg
10	265	37.21	244	34.26	280	39.31
20	295	41.42	296	41.56	315	44.23
30	308	43.24	318	44.65	357	50.12
40	310	43.52	321	45.07	277	38.89
50	300	42.12	318	44.65	295	41.42
60	294	41.28	314	44.09	410	57.56
70			310	43.52	413	57.99
80					411	57.70
90					408	57.28
100						
110						
120						
130						

**GRÁFICO**



$\sigma_V$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_T$ Kg/cm <sup>2</sup>	COHESION (C):	11.00 T/m <sup>2</sup>
0.25	1.374	FRICCION (φ):	27.00 °
0.50	1.423		
1.00	1.831		

PH: _____	gr. _____	PH: _____	gr. _____
PS: _____	gr. _____	PS: _____	gr. _____
PR: _____	gr. _____	PR: _____	gr. _____
W: _____	gr. _____	W: _____	gr. _____

Observaciones:

Diametro: 6.35 cm

H: 2.54 cm

V: 80.44 cm<sup>3</sup>

Calculado: PAUL GONZALEZ

Verificado: Ing. VICENTE LEON







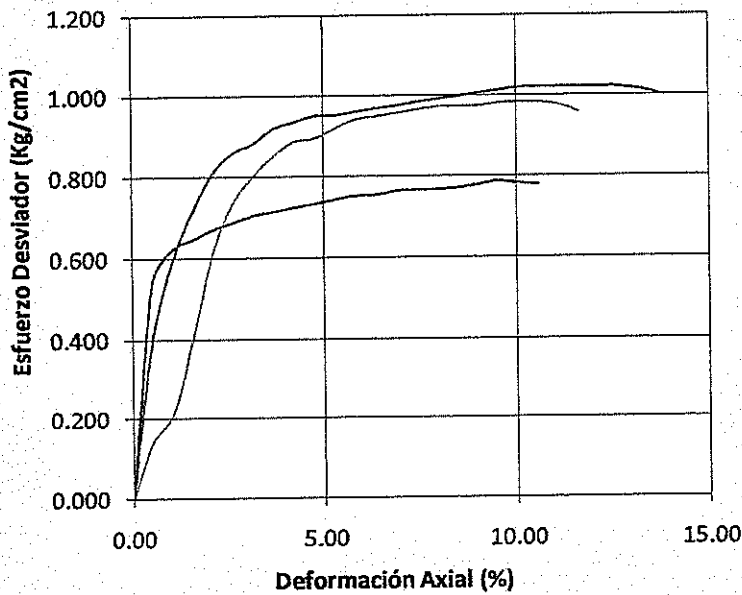


PROYECTO Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento  
 UBICACIÓN Campus Gustavo Galindo x :615031 y :9763564 Fecha Mayo de 2009  
 Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: 1.5 mts. Muestra: 1  
 Método de Ensayo: \_\_\_\_\_ Tipo de Ensayo: UU  
 Saturación: \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Controlado: \_\_\_\_\_ Def. Cont. \_\_\_\_\_  
 Calculado por: V.L.T Verificado por: V.M.L Operador: E.C.J

Cohesión : ( c ) = 0.45 kg/cm<sup>2</sup>

Fricción : ( Ø ) = 3°

**Esfuerzos Desviadores**

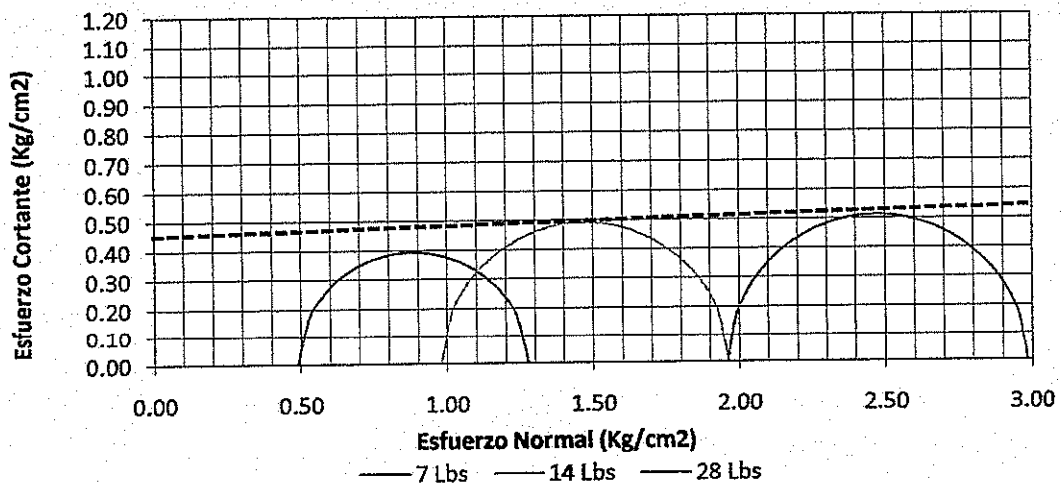


**ESFUERZOS**

Principal menor $\sigma_3$		Desviador Max. ( $\sigma_1 - \sigma_3$ )
lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
7.00	0.490	0.787
14.00	0.980	0.982
28.00	1.960	1.021

Observaciones:

**Circulo de Mohr**







UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

LAB. Ing. Dr. ARNALDO RUFILLI

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL. DEFORMACIÓN CONTROLADA

PROYECTO Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento  
 UBICACIÓN Campus Gustavo Galindo x :614787 y :9763478 FECHA Mayo de 2009  
 Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: 1 mts. Muestra: 3  
 Tipo de Ensayo UU Presión de Cámara: 28 lb/plg<sup>2</sup>  
 Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Consolidación: \_\_\_\_\_  
 Altura Inicial: 7.2 cm Altura final: 6.6 cm

CARGA		DEFORNACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0.1452	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>c</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
31.0	4.50	0.015	0.00529	0.99471	10.233	0.43987	ESQUEMA DE LA ROTURA
50.0	7.26	0.030	0.01058	0.98942	10.288	0.70570	
68.0	9.87	0.045	0.01588	0.98413	10.343	0.95462	
79.0	11.47	0.060	0.02117	0.97883	10.399	1.10308	
88.0	12.78	0.075	0.02646	0.97354	10.455	1.22211	
94.0	13.65	0.090	0.03175	0.96825	10.513	1.29834	
100.0	14.52	0.105	0.03704	0.96296	10.570	1.37366	
103.0	14.96	0.120	0.04233	0.95767	10.629	1.40709	
105.0	15.25	0.135	0.04763	0.95238	10.688	1.42649	
108.0	15.68	0.150	0.05292	0.94708	10.747	1.45910	
110.0	15.97	0.165	0.05821	0.94179	10.808	1.47781	CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD W <sub>+R</sub> = 83.3    W <sub>O</sub> = 64.4 W <sub>O</sub> = 64.4    W <sub>R</sub> = 7.9 W <sub>W</sub> = 18.9    W <sub>S</sub> = 56.5  W = 33.45 %
111.0	16.12	0.180	0.06350	0.93650	10.869	1.48287	
112.0	16.26	0.195	0.06879	0.93121	10.931	1.48777	
114.0	16.55	0.210	0.07408	0.92592	10.993	1.50573	
115.0	16.70	0.225	0.07938	0.92063	11.056	1.51026	
116.0	16.84	0.240	0.08467	0.91533	11.120	1.51464	
117.0	16.99	0.255	0.08996	0.91004	11.185	1.51886	
118.0	17.13	0.270	0.09525	0.90475	11.250	1.52294	
119.0	17.28	0.285	0.10054	0.89946	11.317	1.52686	
120.0	17.42	0.300	0.10583	0.89417	11.384	1.53063	
121.0	17.57	0.315	0.11113	0.88888	11.451	1.53426	PESO UNITARIO W <sub>m</sub> = 134.6    gramos V = 73.28    cm <sup>3</sup> Y = W <sub>m</sub> / V  Y = 1.837    Kg/m <sup>3</sup>
122.0	17.71	0.330	0.11642	0.88358	11.520	1.53773	
123.0	17.86	0.345	0.12171	0.87829	11.589	1.54105	Operator :  <b>E.C.J.</b>
124.0	18.00	0.360	0.12700	0.87300	11.660	1.54421	
125.0	18.15	0.375	0.13229	0.86771	11.731	1.54723	
125.0	18.15	0.390	0.13758	0.86242	11.803	1.53780	
125.0	18.15	0.405	0.14288	0.85713	11.875	1.52836	Calculado por :  <b>V.L.T</b>
124.0	18.00	0.420	0.14817	0.85183	11.949	1.50677	
							Verificado por:  <b>V.M.L</b>
							Observaciones :









# ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL. DEFORMACIÓN CONTROLADA

PROYECTO

Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento

UBICACIÓN Campus Gustavo Galindo x :616840 y :9763178

FECHA Mayo de 2009

Perforación No.

Profund: 1.5 mts.

Muestra: 4

Tipo de Ensayo UU

Presión de Cámara: 28 lb/plg<sup>2</sup>

Aparato

Esfuerzo de Consolidación:

Altura Inicial: 7.2 cm

Altura final: 6.6 cm

CARGA		DEFORNACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0.1452	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
31.0	4.50	0.015	0.00529	0.99471	10.233	0.43987	ESQUEMA DE LA ROTURA
58.0	8.42	0.030	0.01058	0.98942	10.288	0.81861	
83.0	12.05	0.045	0.01588	0.98413	10.343	1.16520	
98.0	14.23	0.060	0.02117	0.97883	10.399	1.36838	
112.0	16.26	0.075	0.02646	0.97354	10.455	1.55541	
118.0	17.13	0.090	0.03175	0.96825	10.513	1.62983	
126.0	18.30	0.105	0.03704	0.96296	10.570	1.73081	
132.0	19.17	0.120	0.04233	0.95767	10.629	1.80327	
140.0	20.33	0.135	0.04763	0.95238	10.688	1.90199	
145.0	21.05	0.150	0.05292	0.94708	10.747	1.95897	
149.0	21.63	0.165	0.05821	0.94179	10.808	2.00176	
152.0	22.07	0.180	0.06350	0.93650	10.869	2.03059	
156.0	22.65	0.195	0.06879	0.93121	10.931	2.07225	
159.0	23.09	0.210	0.07408	0.92592	10.993	2.10010	
162.0	23.52	0.225	0.07938	0.92063	11.056	2.12750	
164.0	23.81	0.240	0.08467	0.91533	11.120	2.14139	
165.0	23.96	0.255	0.08996	0.91004	11.185	2.14199	
166.0	24.10	0.270	0.09525	0.90475	11.250	2.14244	
167.0	24.25	0.285	0.10054	0.89946	11.317	2.14274	
168.0	24.39	0.300	0.10583	0.89417	11.384	2.14289	
170.0	24.68	0.315	0.11113	0.88888	11.451	2.15557	
173.5	25.19	0.330	0.11642	0.88358	11.520	2.18685	
177.0	25.70	0.345	0.12171	0.87829	11.589	2.21760	
180.0	26.14	0.360	0.12700	0.87300	11.660	2.24160	
183.0	26.57	0.375	0.13229	0.86771	11.731	2.26515	
184.0	26.7168	0.390	0.13758	0.86242	11.803	2.26364	
185.0	26.8620	0.405	0.14288	0.85713	11.875	2.26197	
185.0	26.8620	0.420	0.14817	0.85183	11.949	2.24801	
183.0	26.5716	0.435	0.15346	0.84654	12.024	2.20989	
							Operador : E.C.J.
							Calculado por : V.L.T
							Verificado por : V.M.L
							Observaciones :

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

W<sub>+R</sub> = 49.9 W<sub>O</sub> = 39.7W<sub>O</sub> = 39.7 W<sub>R</sub> = 7.9W<sub>W</sub> = 10.2 W<sub>S</sub> = 31.8

W = 32.08 %

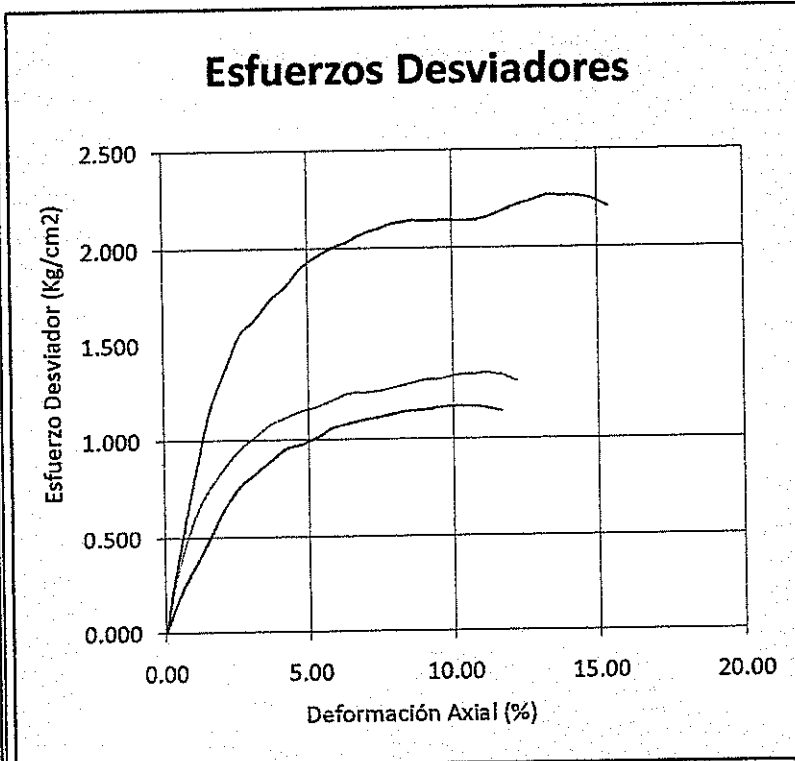
PESO UNITARIO

W<sub>m</sub> = 135.1 gramosV = 73.28 cm<sup>3</sup>Y = W<sub>m</sub> / VY = 1.844 Kg/m<sup>3</sup>

PROYECTO Diseño de Presa de Tierra Parque del Conocimiento  
 UBICACIÓN Campus Gustavo Galindo x :616840 y :9763178 Fecha Mayo de 2009  
 Perforación No. \_\_\_\_\_ Profund: 1.5 mts. Muestra: 4  
 Método de Ensayo: \_\_\_\_\_ Tipo de Ensayo: UU  
 Saturación: \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Controlado: \_\_\_\_\_ Def. Cont. \_\_\_\_\_  
 Calculado por: V.T.L Verificado por: V.M.L Operador: E.C.J

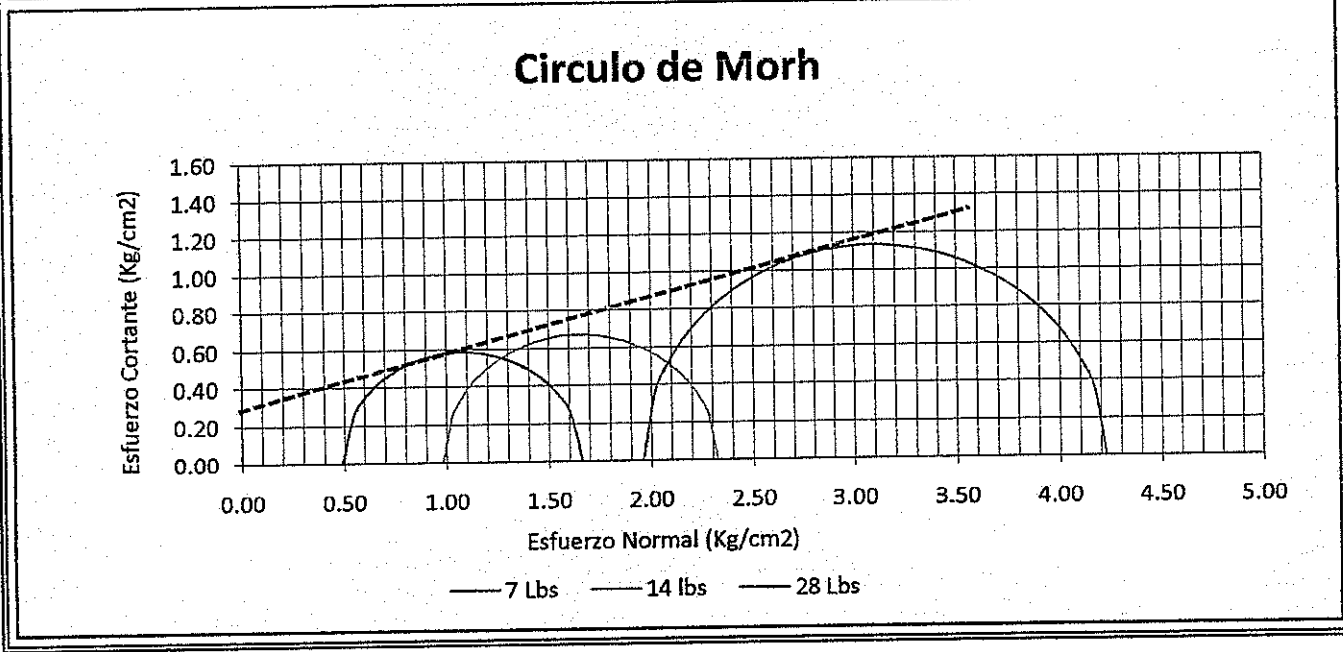
Cohesión : ( c ) = 0.3 kg/cm<sup>2</sup>

Fricción : ( Ø ) = 16.7°



ESFUERZOS		
Principal menor $\sigma_3$	Desviador Max. $(\sigma_1 - \sigma_3)$	
lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
7.00	0.490	1.174
14.00	0.980	1.344
28.00	1.960	2.265

Observaciones:





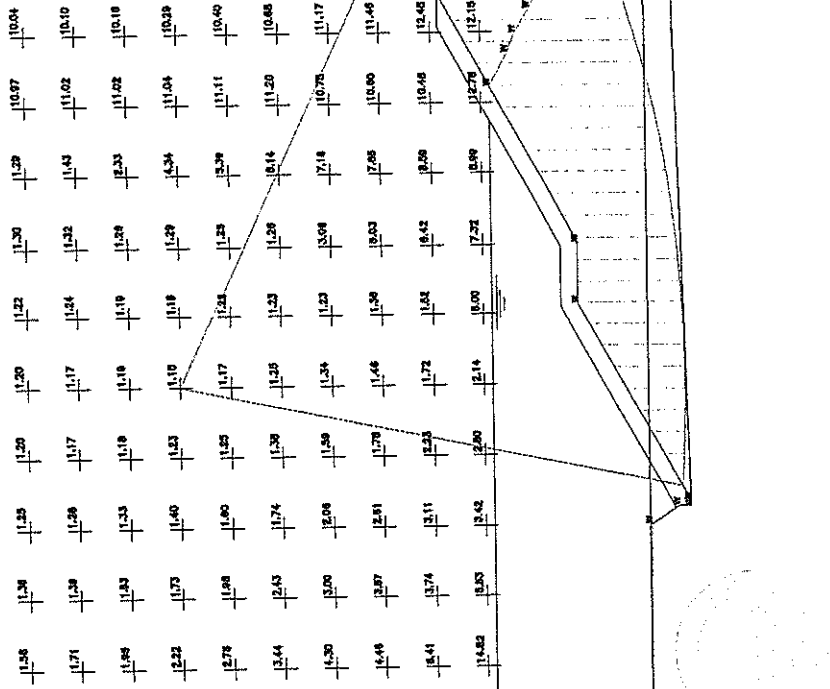
**Anexo 4: *Análisis de Estabilidad de la Presa***

---





Suelo	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Denominación
1	27.00	110.00	15.92	Espeleón (material B)
2	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
3	50.00	0.00	20.00	Filón de arcilla
4	21.80	1200.00	22.20	Terrazo de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 1.15$

$X_m = 27.58 \text{ m}$

$Y_m = 125.01 \text{ m}$

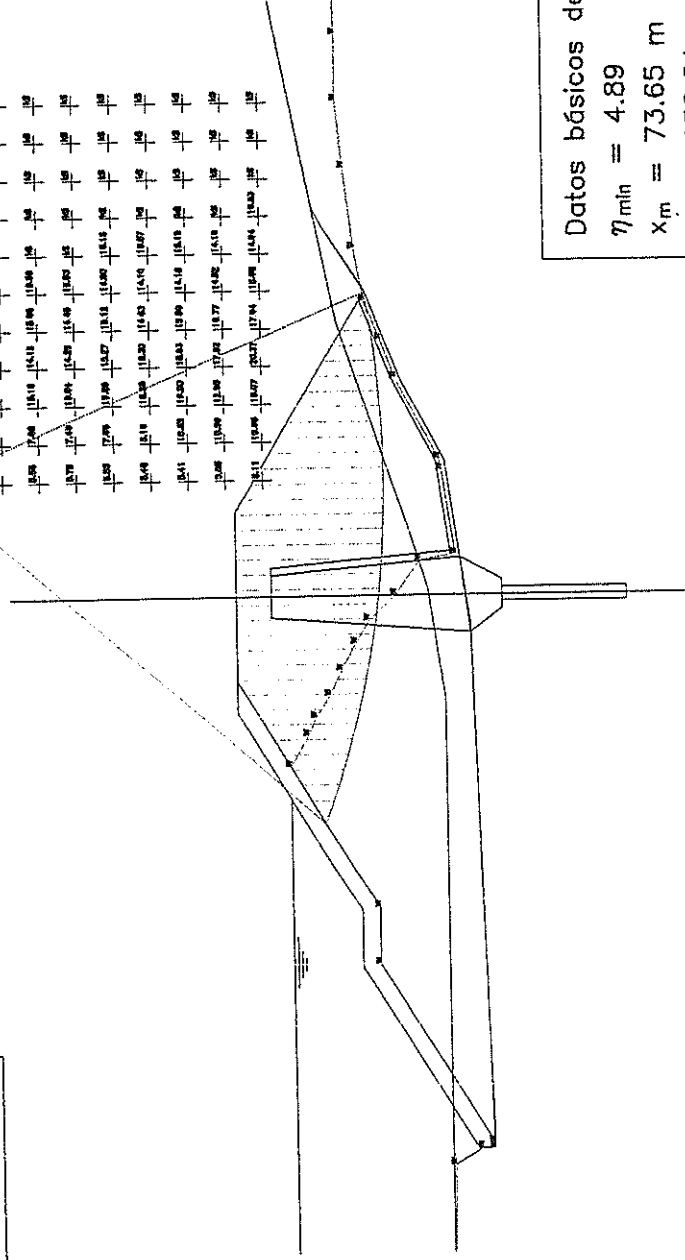
$R = 62.16 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

Obj.:  Discos de La Presa del "Parque del Conocimiento"	Software:	GCU - Stability (Civil Serv)		Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez-Moscoso	
	Programó:	Rodrigo Carrero Rodríguez		Fecha:	Julio 2009	
Contend:	Abscisa 0+060: Desembalse Rápido Aguas Arriba			Laminar:	3/4	

Suelo	$\phi$ [°]	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
□	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
□	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
□	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
□	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación

15.07	15.67	15.45	15.45	15	15	15	15	15	15
15.08	15.30	15.42	15.43	15.45	15	15	15	15	15
15.09	15.44	15.48	15.49	15.50	15	15	15	15	15
15.10	15.40	15.18	15.13	15.09	15.08	15	15	15	15
15.11	15.40	15.34	15.30	15.28	15	15	15	15	15
15.12	15.30	15.20	15.07	15.11	15.02	15.15	15	15	15
15.13	15.10	15.20	15.43	15.45	15.47	15	15	15	15
15.14	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.15	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.16	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.17	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.18	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.19	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.20	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.21	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.22	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.23	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.24	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.25	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.26	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.27	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.28	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.29	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.30	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.31	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.32	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.33	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.34	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.35	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.36	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.37	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.38	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.39	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.40	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.41	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.42	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.43	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.44	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.45	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.46	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.47	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.48	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.49	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.50	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.51	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.52	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.53	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.54	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.55	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.56	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.57	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.58	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.59	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.60	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.61	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.62	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.63	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.64	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.65	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.66	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.67	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.68	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.69	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.70	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.71	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.72	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.73	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.74	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.75	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.76	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.77	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.78	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.79	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.80	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.81	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.82	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.83	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.84	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.85	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.86	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.87	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.88	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.89	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.90	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.91	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.92	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.93	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.94	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.95	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.96	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.97	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.98	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
15.99	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15
16.00	15.20	15.20	15.23	15.20	15.18	15	15	15	15



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 4.89$

$X_m = 73.65 \text{ m}$

$Y_m = 130.64 \text{ m}$

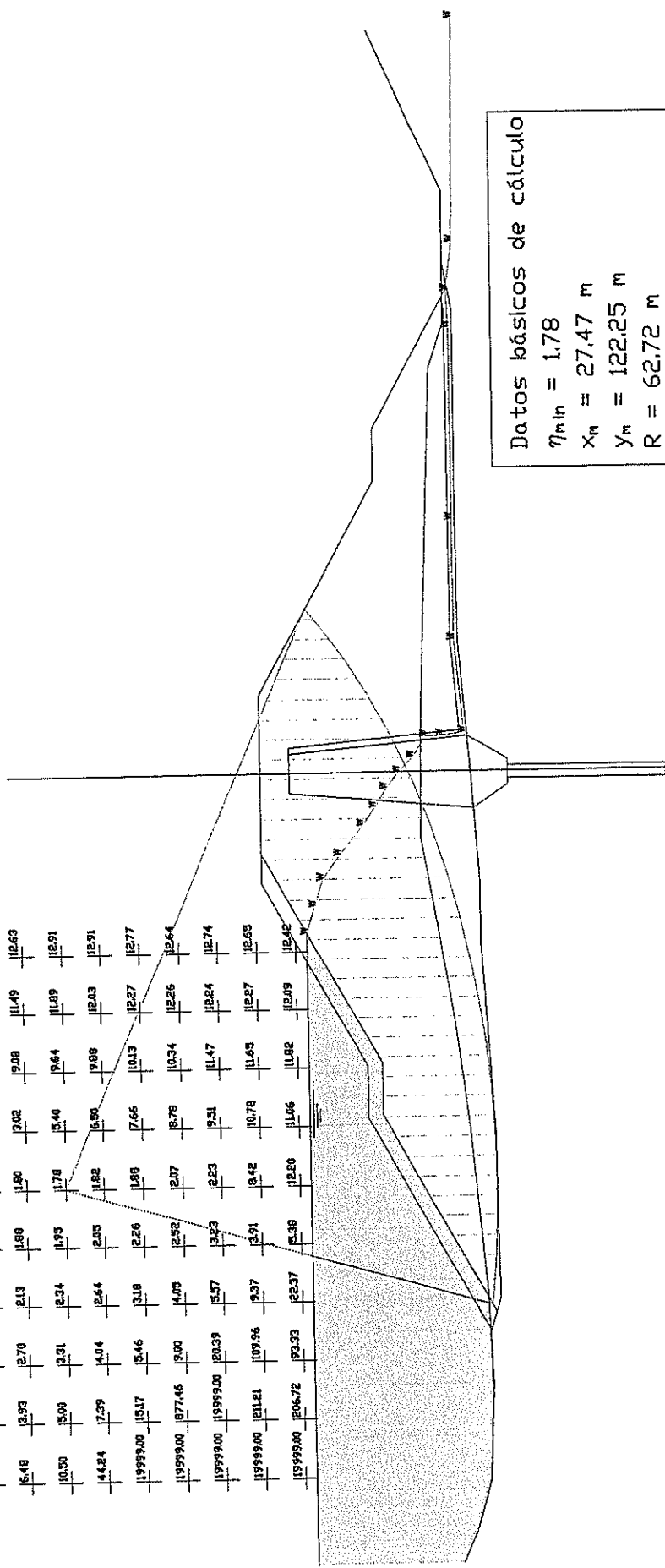
$R = 56.03 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntische

Obra:  <i>Diseno de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	So. Incar: GGU - Stability (Civil Server)	Revisó: Ing. Miguel Ángel Cárdenas, Mucayo	Loc.: 4/4
	Programa: Rodrigo Carrón Rodríguez	Fecha: Julio 2009	Escala: Sin escala
Contenido: <i>Abscisa 0+060: Desembalse Rápido Aguas Abajo</i>			

Suelo	$\delta$	$c$	$\gamma$	Denominación
□	27.00	110.00	15.92	espaldón
□	11.00	40.00	18.00	núcleo
□	30.00	0.00	20.00	filtro
□	21.80	12000.00	22.20	terreno de fundación

4.75	3.18	2.42	1.82	1.80	1.83	1.846	11.61	12.74
5.48	3.93	2.70	1.88	1.80	2.02	1.908	11.49	12.63
10.50	3.00	3.31	1.93	1.78	3.40	1.964	11.89	12.91
14.24	1.29	4.04	2.03	1.82	4.30	1.986	12.03	12.91
19.99.00	15.17	3.46	2.26	1.88	7.66	10.13	12.27	12.77
19.99.00	877.46	3.00	2.52	2.07	18.78	10.34	12.26	12.64
19.99.00	19.99.00	3.57	3.23	2.23	19.51	11.47	12.84	12.74
19.99.00	111.21	3.37	3.91	3.42	10.78	11.65	12.27	12.65
19.99.00	206.72	3.33	4.38	12.20	11.66	11.82	12.09	12.42



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 1.78$

$X_m = 27.47 \text{ m}$

$Y_m = 122.25 \text{ m}$

$R = 62.72 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:

Horizontal  $eh/g = 0.3000$

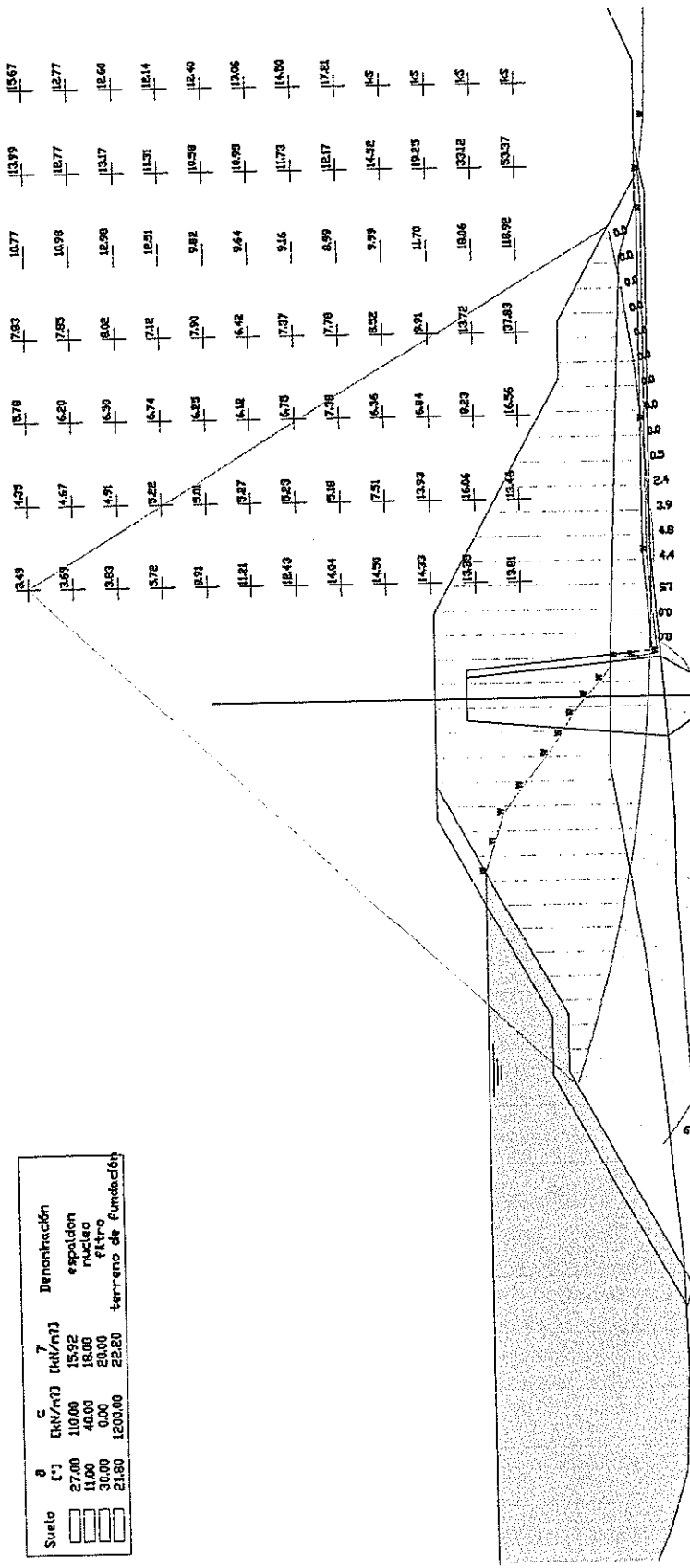
Vertical  $ev/g = 0.3000$

Fórmula según Kuntsche

Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Mancayo	
Software:	GGU - Stability (Civil Server)		Fecha:	Julio 2009	
Programó:	Rodrigo Carrión Rodríguez		Escala:	Sin escala	
Contiene:	Abscisa 0+100: Condiciones Normales Aguas Arriba		Lamina:	1/4	



Suelo	c	$\phi$	$\gamma$	Denominación
1	27.00	110.00	15.92	espaldon
2	11.00	40.00	18.00	nucleo
3	30.00	0.00	20.00	filtro
4	21.80	1200.00	22.20	terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 3.49$

$X_{\eta} = 73.55 \text{ m}$

$Y_{\eta} = 146.82 \text{ m}$

$R = 82.90 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:

Horizontal  $eh/g = 0.3000$

Vertical  $ev/g = 0.3000$

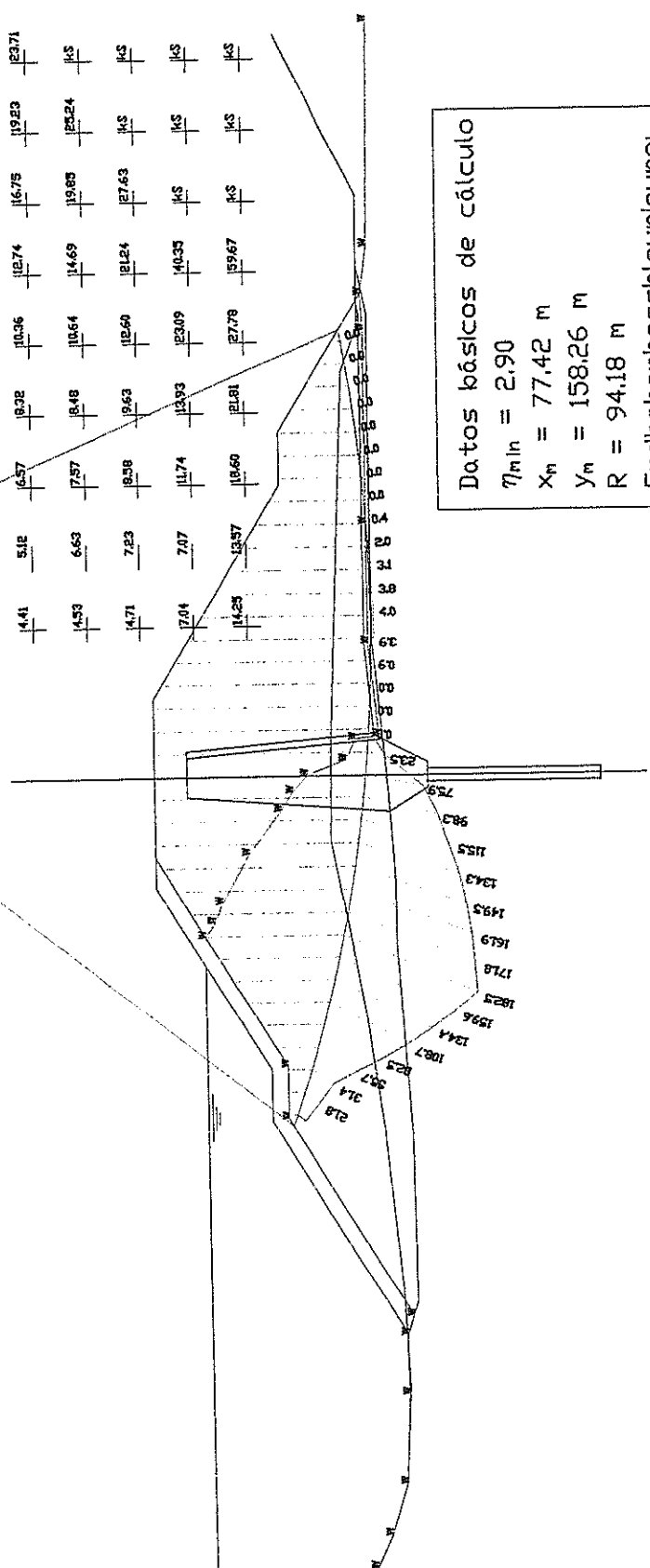
Fórmula según Kuntsche

Obra:	Disiño de La Presa del "Parque del Conocimiento"	
	Software:	GGU - Stability (Civil Server)
Contiene:	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Cláveza Moncayo
	Programó:	Rodrigo Carrión Rodríguez
	Fecha:	Julio 2009
	Escala:	sin escala
	Laminas:	2/4



Suelo	$\delta$ [°]	C [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
1	27.00	110.00	15.92	espaldón
2	11.00	40.00	18.00	núcleo
3	30.00	0.00	20.00	filtro
4	21.30	1200.00	22.20	terreno de fundación

12.90	3.39	14.57	7.13	13.03	12.70	13.02	17.41	15.42
13.24	4.01	13.70	7.59	11.89	14.30	15.02	19.27	13.82
13.23	4.39	15.20	10.18	12.80	13.86	14.57	13.59	14.73
13.40	4.59	15.38	7.81	14.25	13.66	13.04	14.38	15.47
13.67	4.39	16.88	10.01	11.46	12.58	12.99	13.43	17.62
13.84	4.92	16.64	13.94	10.00	12.00	12.86	15.49	17.73
14.31	5.62	17.56	10.03	10.19	12.54	14.37	18.33	20.37
14.41	5.12	16.37	10.32	10.36	12.74	16.75	19.23	23.71
14.59	6.63	17.57	10.48	10.64	14.69	19.85	23.24	KS
14.71	7.23	18.38	10.63	12.50	12.24	27.63	KS	KS
17.04	7.07	11.74	13.93	12.09	10.35	KS	KS	KS
14.25	13.57	18.60	12.81	27.78	19.67	KS	KS	KS



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 2.90$

$X_n = 77.42 \text{ m}$

$Y_n = 158.26 \text{ m}$

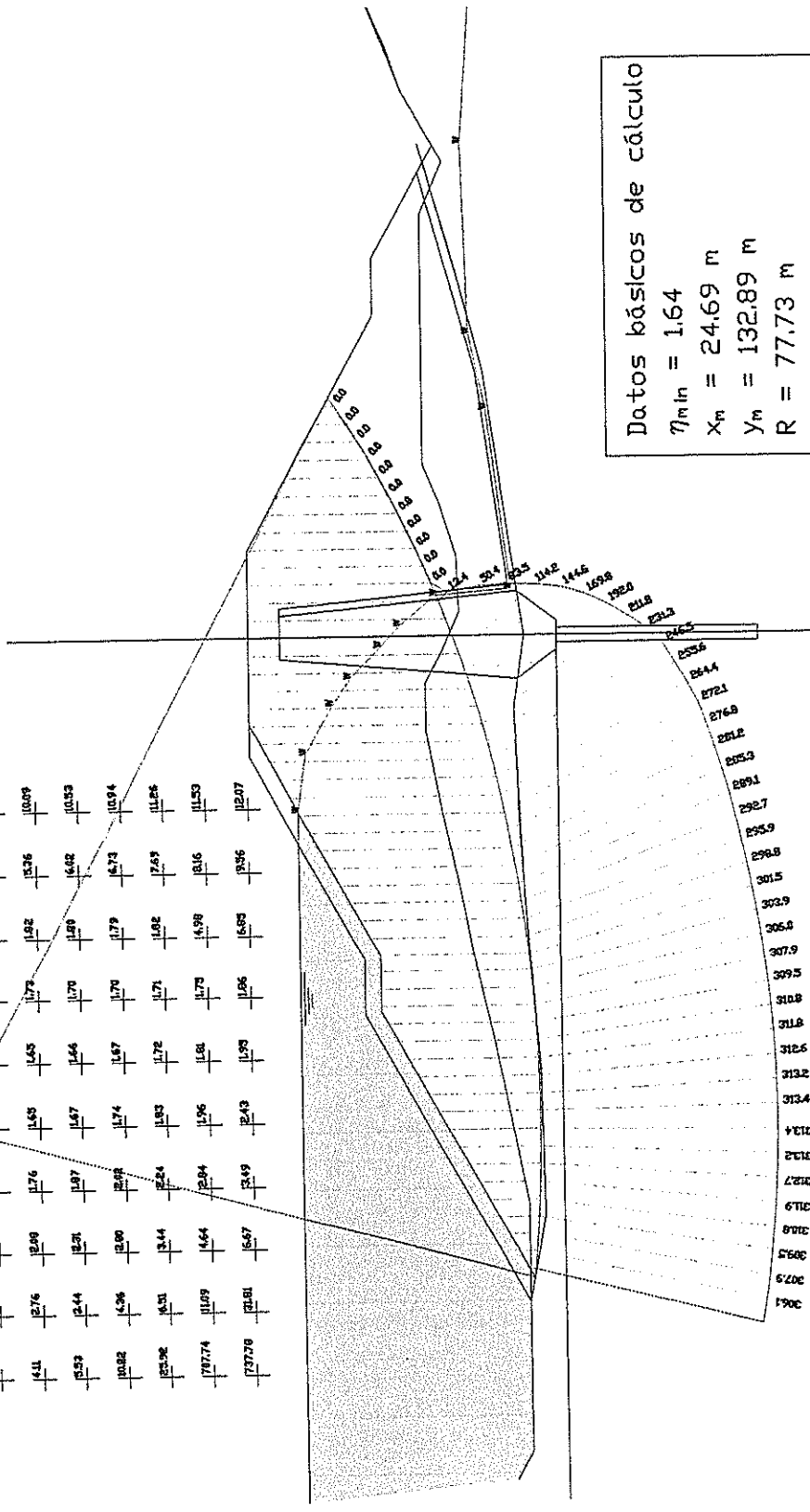
$R = 94.18 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kurtsche

Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Revisor:	Ing. Miguel Ángel Chaves Moncayo
Programa:	Rodrigo Carrión Rodríguez	Fecha:	Julio 2009
Escala:	sin escala	Laminar:	4/4
Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		
Condición:	Abscisa 0+100: Desembalse Rápido Aguas Abajo		

Suelo	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Denominación
1	27.00	10.00	15.92	espaldón
2	11.00	40.00	18.00	núcleo
3	30.00	0.00	20.00	filtro
4	21.80	1200.00	22.20	nat fundación

12.19	11.92	11.75	11.71	11.67	11.73	11.80	11.94	12.07	12.15
12.38	12.00	11.78	11.68	11.69	11.70	11.78	11.91	12.06	12.13
12.73	12.09	11.83	11.70	11.64	11.69	11.75	11.87	12.07	12.06
13.26	12.39	11.94	11.72	11.65	11.67	11.74	11.85	12.07	12.10
14.11	12.76	12.00	11.76	11.65	11.65	11.73	11.82	12.06	12.09
15.53	12.44	12.21	11.87	11.67	11.64	11.70	11.80	12.02	12.03
16.82	12.96	12.80	12.08	11.74	11.67	11.70	11.79	12.03	12.04
18.98	14.31	13.44	12.24	11.83	11.72	11.71	11.82	12.03	12.06
19.74	11.09	11.64	12.04	11.96	11.81	11.73	11.88	12.06	12.03
17.78	11.81	11.67	11.49	12.43	11.93	11.86	11.85	12.07	12.07



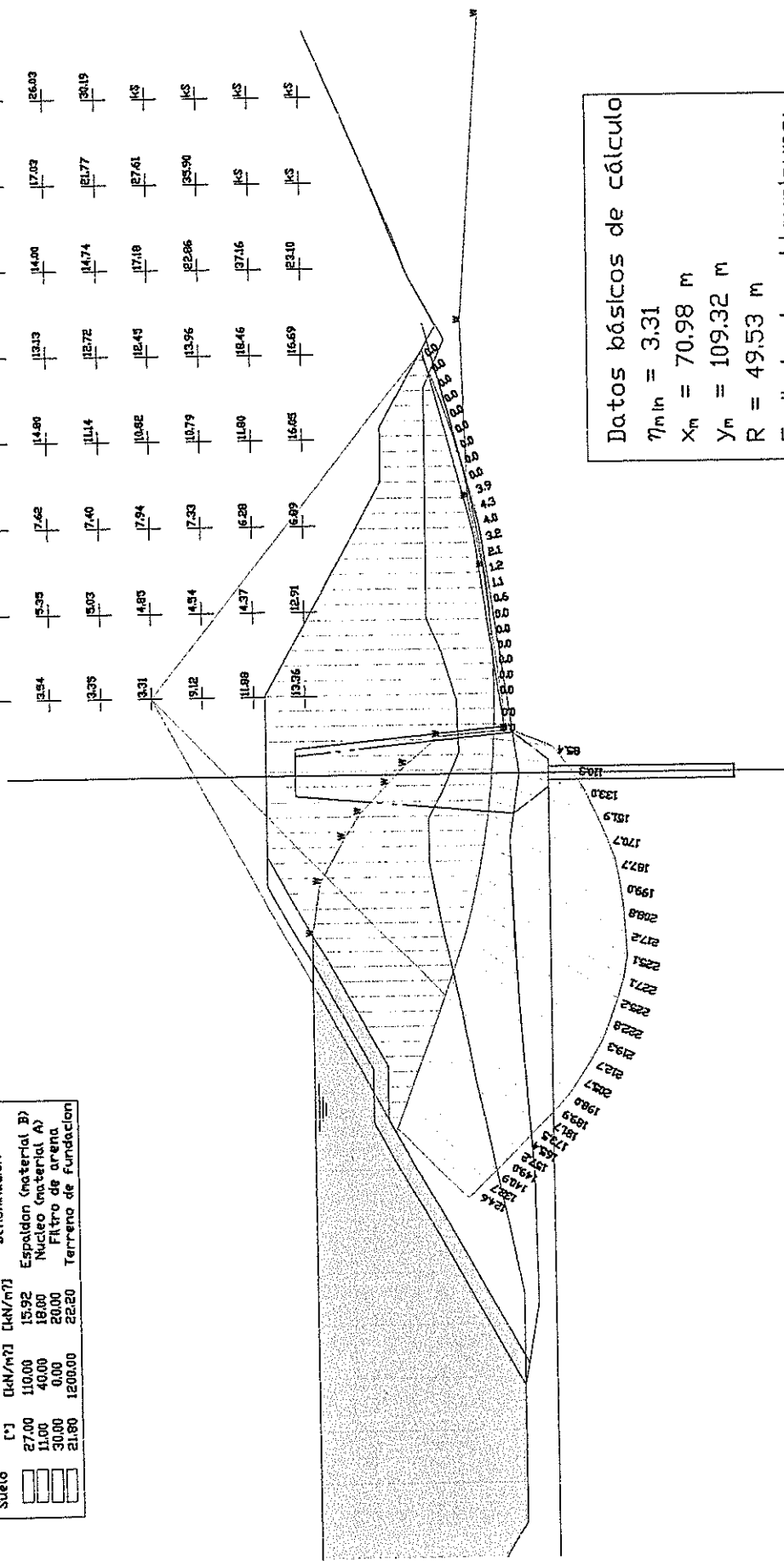
Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 1.64$   
 $X_m = 24.69$  m  
 $Y_m = 132.89$  m  
 $R = 77.73$  m

Erdbebenbeschleunigung!  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

Obra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b> Contiene: <b>Abseisa 0+120: Condiciones Normales Aguas Arriba</b>	Software: <b>GGU - Stability (Civil Server)</b>	Revisó: <b>Ing. Miguel Angel Chatez Moncayo</b>
	Programa: <b>Rodrigo Camón Rodríguez</b>	Fecha: <b>Julio 2009</b>
	Escala: <b>5m cada</b>	Láminas: <b>1/4</b>

Suelo	$\theta$ [°]	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
[Symbol]	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
[Symbol]	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
[Symbol]	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
[Symbol]	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

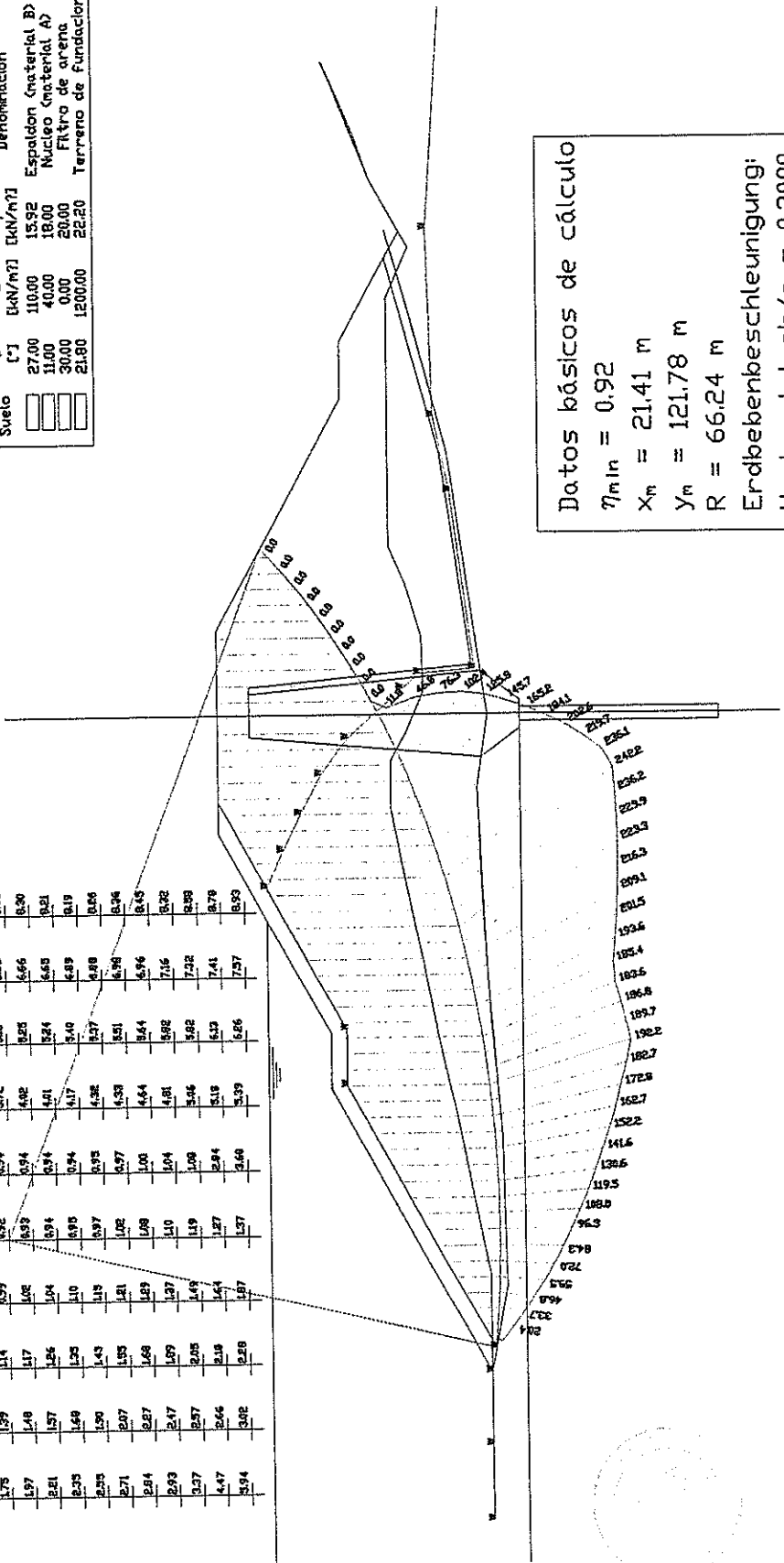
$\eta_{in} = 3.31$   
 $X_m = 70.98 \text{ m}$   
 $Y_m = 109.32 \text{ m}$   
 $R = 49.53 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

Odra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b>	Software: GGU - Stability (Civil Server)	Revisó: Ing. Miguel Ángel Cidvez Moncayo
	Programó: Rodrigo Carrón Rodríguez	Fecha: Julio 2009
Contiene: Abscisa 0+120: Condiciones Normales Aguas Abajo	Escala: Sin escala	Lámina: 2/4

1.38	1.13	1.01	0.975	0.974	0.970	0.931	0.89	0.559	0.76
1.48	1.17	1.03	0.97	0.975	0.96	0.94	0.96	0.58	0.63
1.55	1.23	1.07	0.97	0.93	0.95	0.959	0.97	0.72	0.88
1.64	1.31	1.10	0.96	0.94	0.93	0.98	0.91	0.70	0.47
1.75	1.39	1.14	0.99	0.92	0.94	0.972	0.95	0.68	0.38
1.87	1.48	1.17	1.02	0.93	0.94	1.02	0.95	0.65	0.30
2.01	1.57	1.26	1.04	0.94	0.94	1.01	0.94	0.65	0.21
2.35	1.68	1.25	1.10	0.95	0.94	1.07	0.90	0.63	0.13
2.55	1.80	1.43	1.15	0.97	0.95	1.06	0.88	0.68	0.06
2.71	2.07	1.55	1.21	1.02	0.97	1.08	0.91	0.70	0.04
2.84	2.27	1.68	1.33	1.08	1.00	1.04	0.94	0.96	0.15
2.93	2.47	1.89	1.37	1.10	1.04	1.01	0.92	1.16	0.32
3.37	2.87	2.05	1.49	1.19	1.06	1.06	0.92	1.22	0.88
4.47	3.66	2.18	1.64	1.27	1.04	1.15	0.93	1.41	0.78
5.94	3.82	2.28	1.87	1.37	1.00	1.39	0.96	1.97	0.93

Suelo	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
▬	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
▬	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
▬	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
▬	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{in} = 0.92$

$X_m = 21.41 \text{ m}$

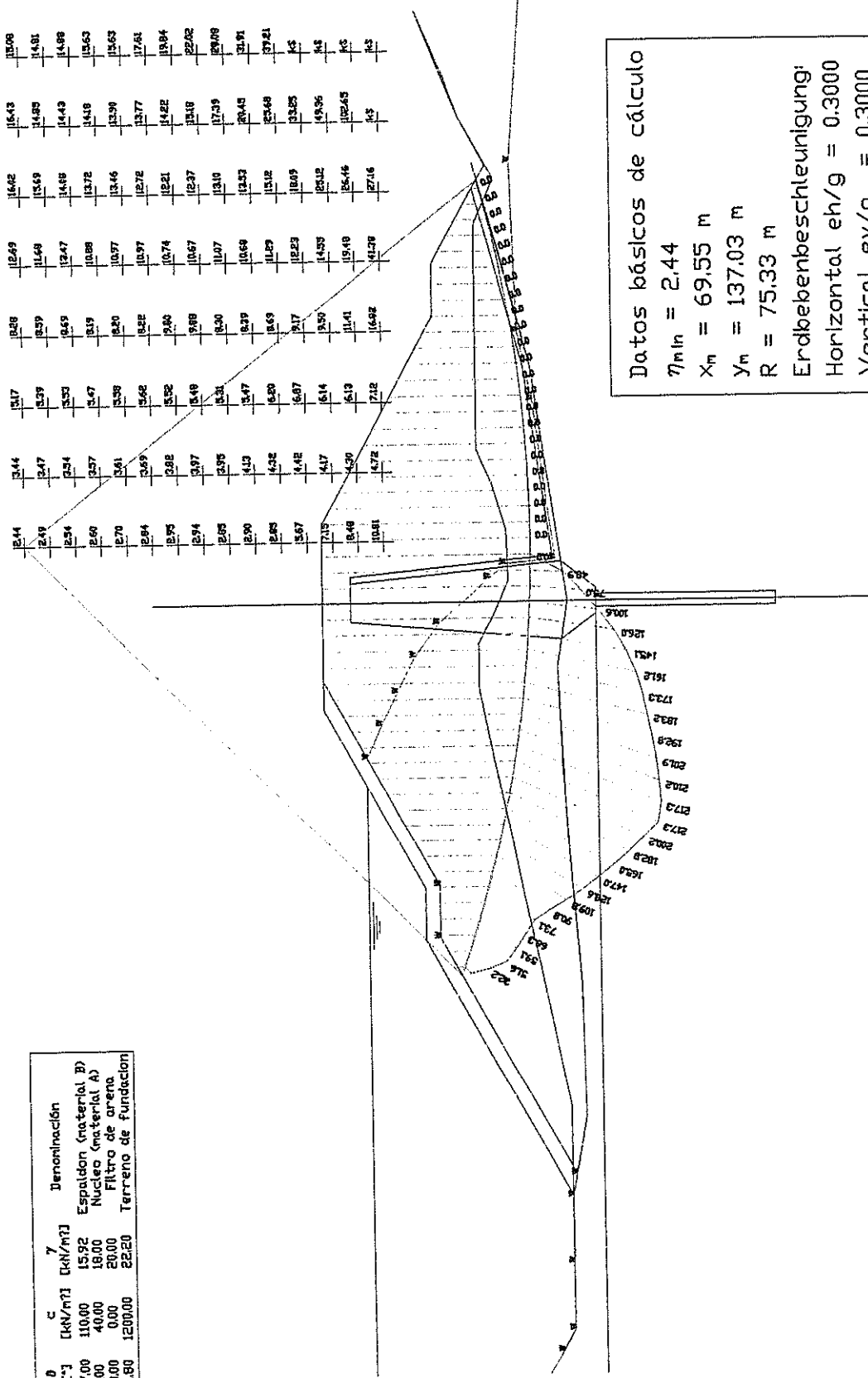
$Y_m = 121.78 \text{ m}$

$R = 66.24 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

Obra: <b>Disaño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b> Contiene: <b>Abscisa (0+120): Desembalse Rápido Aguas Arriba</b>	Software: <b>GGU - Stability (Civil Server)</b>	Revisó: <b>Ing. Miguel Angel Clúñez Moncayo</b>
	Programó: <b>Rodrigo Carrión Rodríguez</b>	Fecha: <b>Julia 2009</b>
	Escala: <b>Sin escala</b>	Lámina: <b>3/4</b>

Suelo	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
1	27.00	110.00	15.22	Espaldón (material B)
2	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
3	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
4	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 2.44$

$X_m = 69.55 \text{ m}$

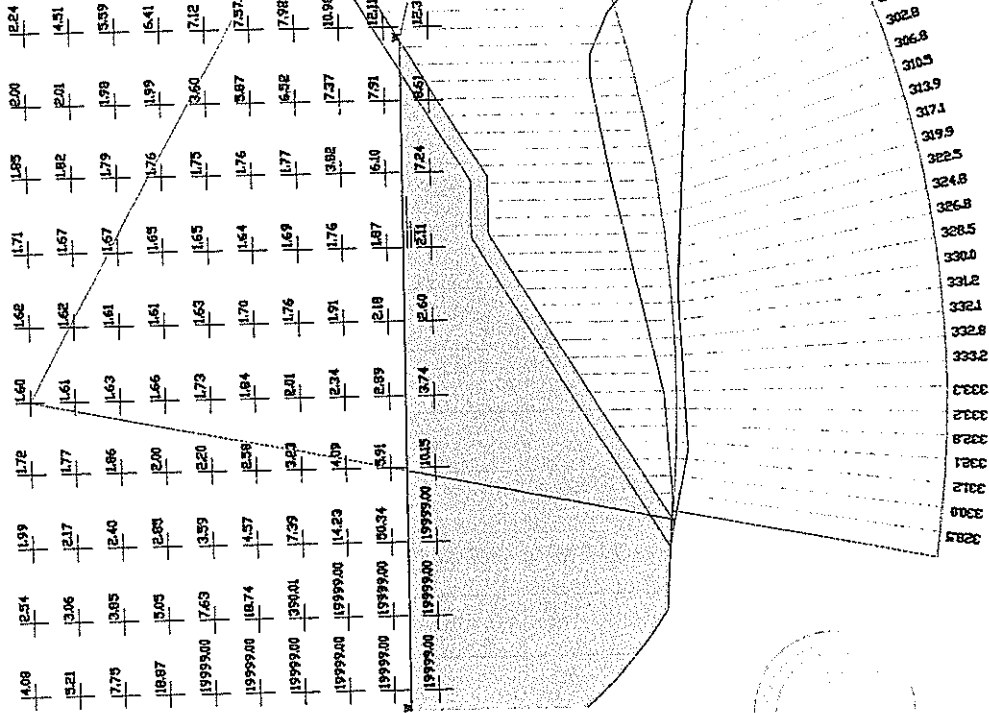
$Y_m = 137.03 \text{ m}$

$R = 75.33 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntzsche

Otra:	Software: GGU - Stability (Civil Server)		Revisor: Ing. Miguel Angel Chávez Moncayo
	Programó: Rodrigo Cambán Rodríguez		Fecha: Julio 2009
Obra: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Escala: Sin escala	Laminas: 4/4
Contiene: Abscisa 0+120; Desembalse Rápido Aguas Abajo			

Suelo	$\phi$ [°]	C [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
	27.00	10.00	15.92	Espaldón (Material B)
	11.00	40.00	18.00	Núcleo (Material A)
	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
	21.00	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 1.60$

$X_m = 20.28 \text{ m}$

$Y_m = 132.84 \text{ m}$

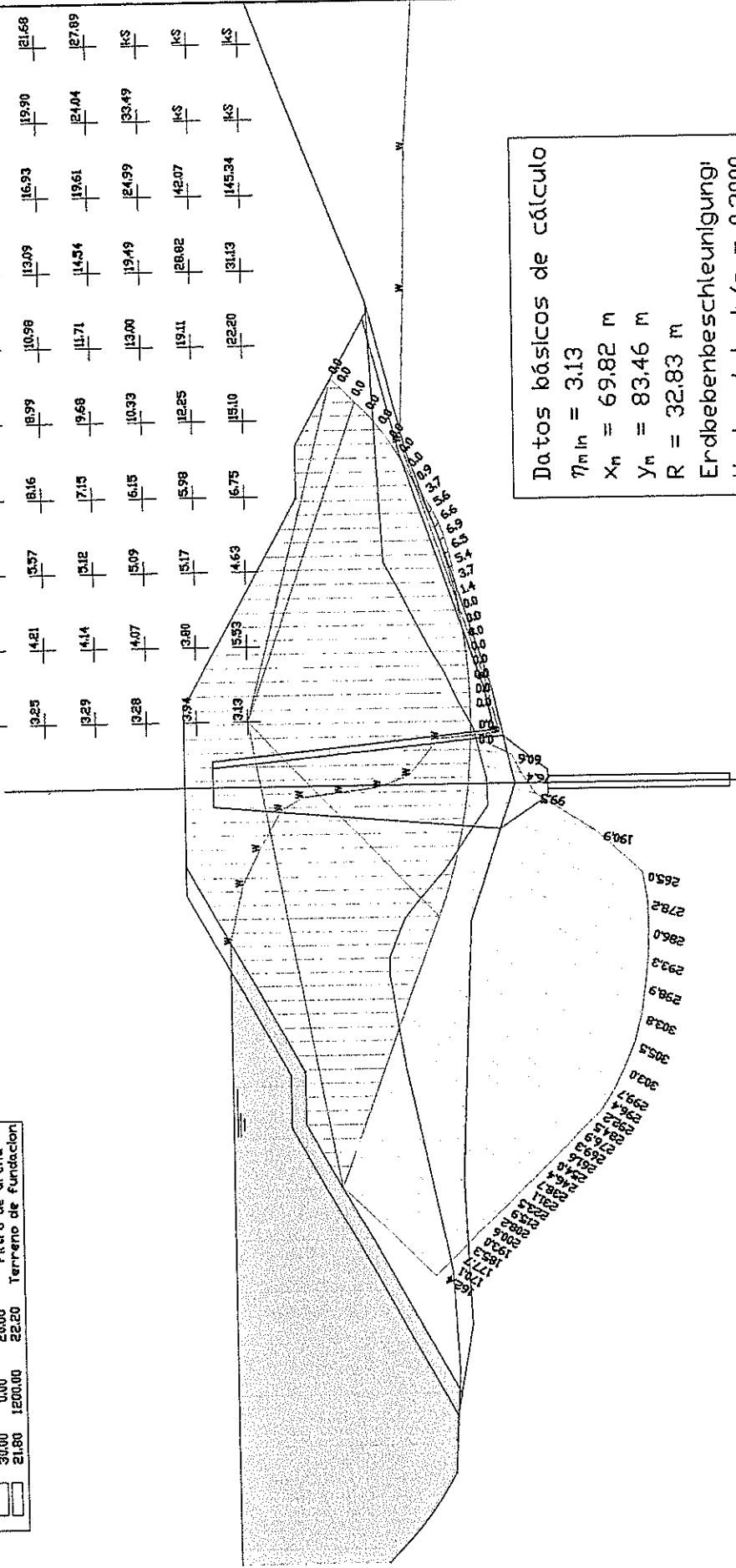
$R = 79.67 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"	
Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Revisó:
Programó:	Rodrigo Carrión Rodríguez	Ing. Miguel Ángel Cárquez Moncayo
Escala:	sin escala	Fecha:
Lamina:	1/4	Julio 2009
Contiene:	Abscisa 0+133.80: Condiciones Normales Aguas Arriba	



Suelo	$\beta$ [°]	C [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
▨	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
▨	11.00	40.00	16.00	Núcleo (material A)
▨	39.00	0.00	20.00	Filtro de arena
▨	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 3.13$   
 $X_n = 69.82 \text{ m}$   
 $Y_n = 83.46 \text{ m}$   
 $R = 32.83 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
Vertical  $ev/g = 0.3000$   
Fórmula según Kuntzsche

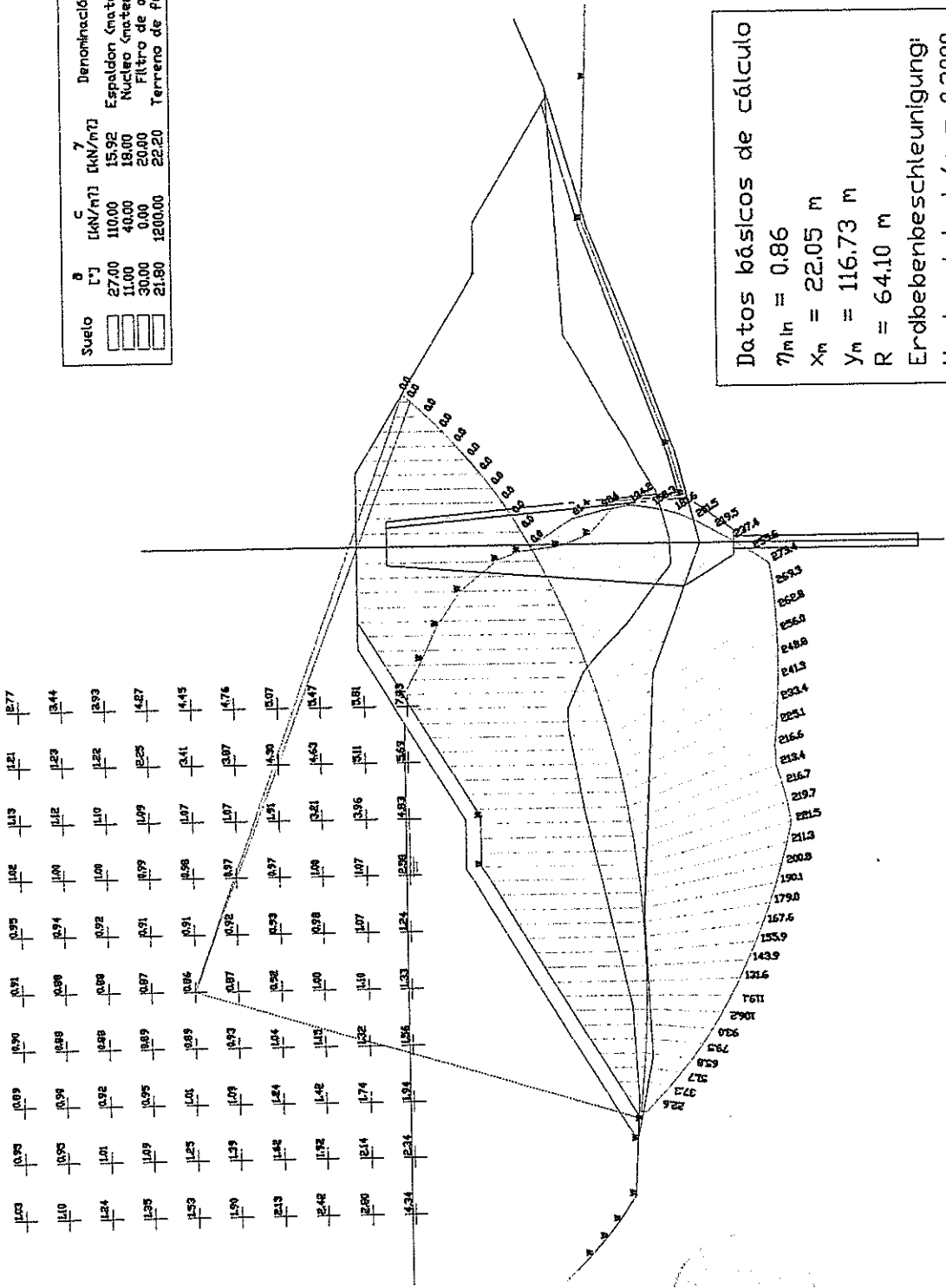
Obr.: <b>Diseto de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b>	Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Reviso:	Ing. Miguel Ángel Chávez Meneayo
	Programá:	Rodrigo Carrán Rodríguez	Fecha:	Julio/2009
Comiene: <b>Abscisa 0+133.80: Condiciones Normales Aguas Abajo</b>	Escala:	sin escala	Locuinar:	2/4

Suelo	$\theta$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
▬	27.00	10.00	15.92	Espaldón (material B)
▬	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
▬	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
▬	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación

Datos básicos de cálculo

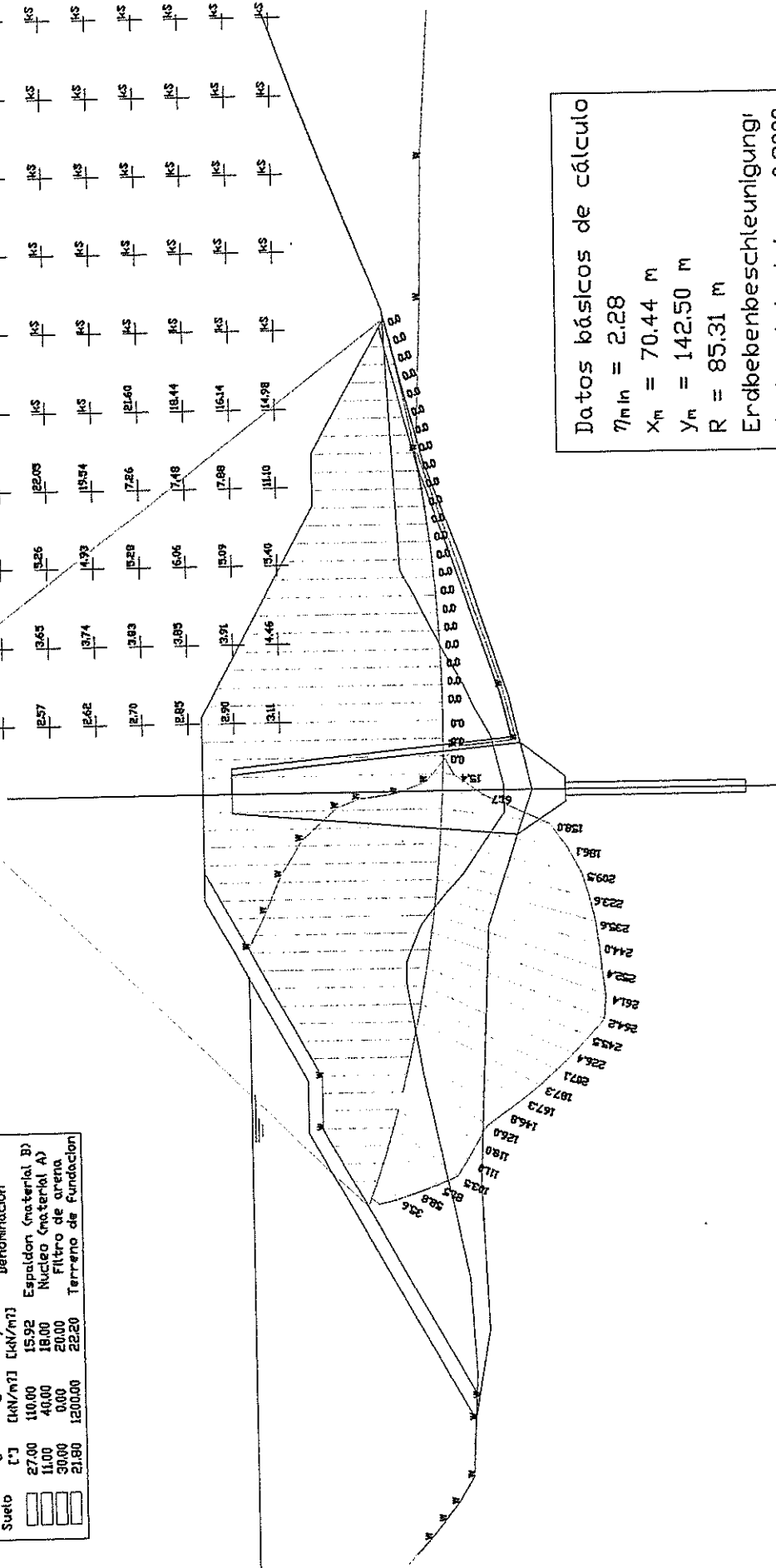
$\eta_{min} = 0.86$   
 $X_m = 22.05 \text{ m}$   
 $Y_m = 116.73 \text{ m}$   
 $R = 64.10 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $e_h/g = 0.3000$   
 Vertical  $e_v/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche



Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisor:	Ing. Miguel Angel Cárvez Moncayo
	Contiene: Abscisa 0+133.80: Desembalse Rápido Aguas Arriba		Software:	GGU - Stability (Civil Server)
			Programa:	Rodrigo Cambán Rodríguez
			Fecha:	Julio 2009
			Laminas:	3/4

Suelo	$\delta$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
□	27.00	110.00	15.92	Espaldon (material B)
□	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
□	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
□	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 2.28$

$X_m = 70.44 \text{ m}$

$Y_m = 142.50 \text{ m}$

$R = 85.31 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:

Horizontal  $eh/g = 0.3000$

Vertical  $ev/g = 0.3000$

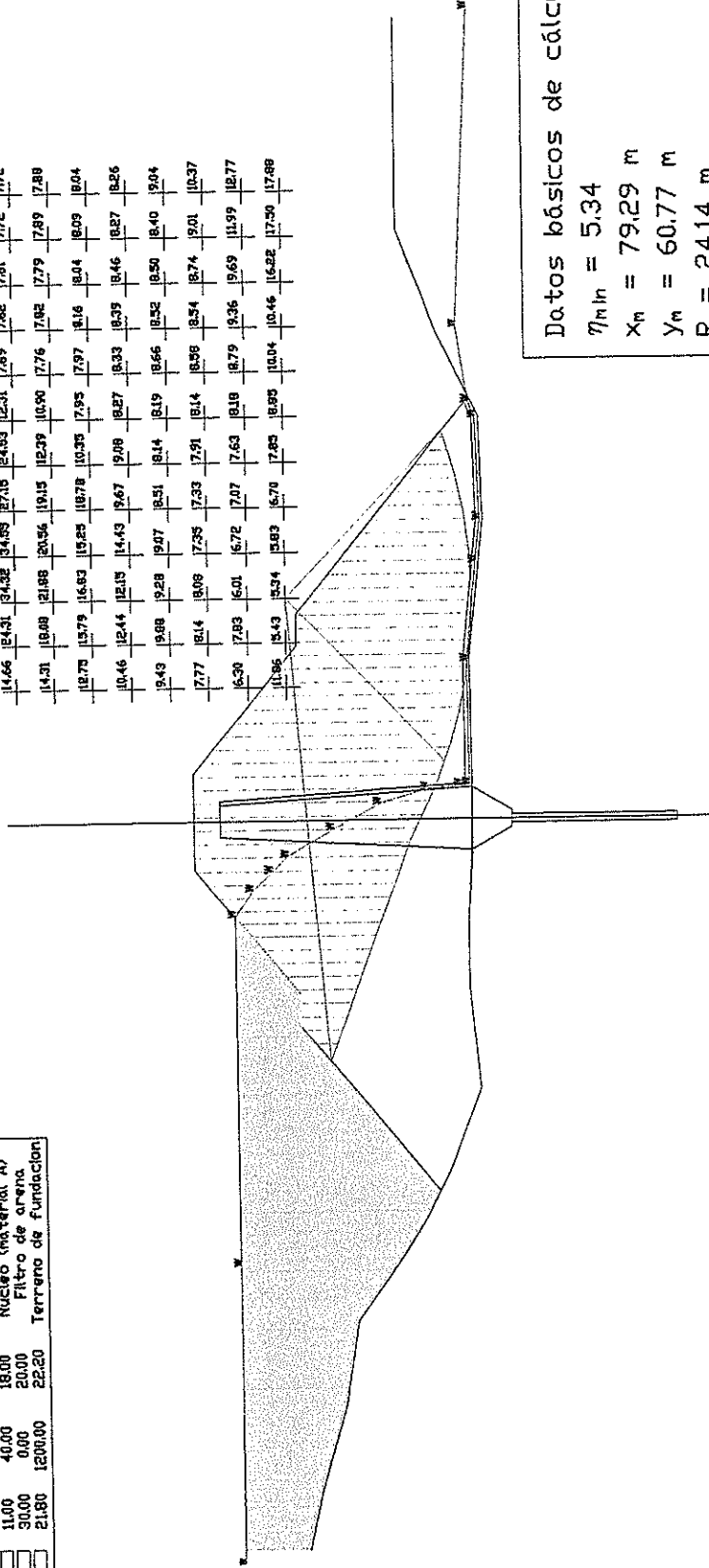
Fórmula según Kuntsche

Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo		
	Contiene: Abscisa 0+133.80: Desembalse Rápido Aguas Abajo		Software:	GCU - Stability (Civil Server)		
			Programó:	Rodrigo Carrón Rodríguez	Fecha:	Julio/2009
			Escala:	sin escala	Laminas:	4/4



Suelo	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Denominación
█	27.00	110.00	15.92	Espaldon (material B)
█	11.00	40.00	18.00	Nucleo (material A)
█	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
█	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación

10.11	14.81	21.89	31.76	44.89	40.91	49.22	60.64	75.43	19.97	7.73	17.80
11.00	15.97	28.44	34.41	46.10	40.30	44.99	56.30	64.76	80.6	7.76	17.62
11.97	18.73	34.37	37.59	47.59	40.98	41.43	39.03	16.58	7.70	7.57	17.64
13.31	21.32	40.99	61.96	49.31	41.80	34.14	18.08	7.66	7.59	7.73	17.55
19.09	22.49	36.97	48.70	41.87	28.37	33.09	12.95	7.71	7.69	7.68	17.62
14.66	14.31	34.32	34.89	27.15	24.83	12.31	7.69	7.62	7.81	7.72	17.72
14.31	18.08	21.88	20.56	19.15	12.39	10.90	7.76	7.82	7.79	7.89	17.89
12.73	13.79	16.83	15.29	18.78	10.35	7.95	7.97	8.16	8.04	8.09	18.04
10.46	12.44	12.15	14.43	8.67	9.88	8.27	8.33	8.35	8.46	8.27	8.26
19.43	19.88	9.28	9.17	8.51	8.14	8.19	8.66	8.52	8.50	8.40	9.04
7.77	12.14	8.08	7.95	7.33	7.91	8.14	8.58	8.54	8.74	9.01	10.37
16.30	7.83	6.01	6.72	7.07	7.63	8.18	8.79	9.36	9.69	11.99	12.77
11.86	15.43	15.94	15.83	16.70	18.85	10.46	16.82	17.30	17.88		



Datos básicos de cálculo

$\eta_{lm} = 5.34$

$X_m = 79.29 \text{ m}$

$Y_m = 60.77 \text{ m}$

$R = 24.14 \text{ m}$

Erdbenbeschleunigung:

Horizontal  $eh/g = 0.3000$

Vertical  $ev/g = 0.3000$

Fórmula según Kuntsche

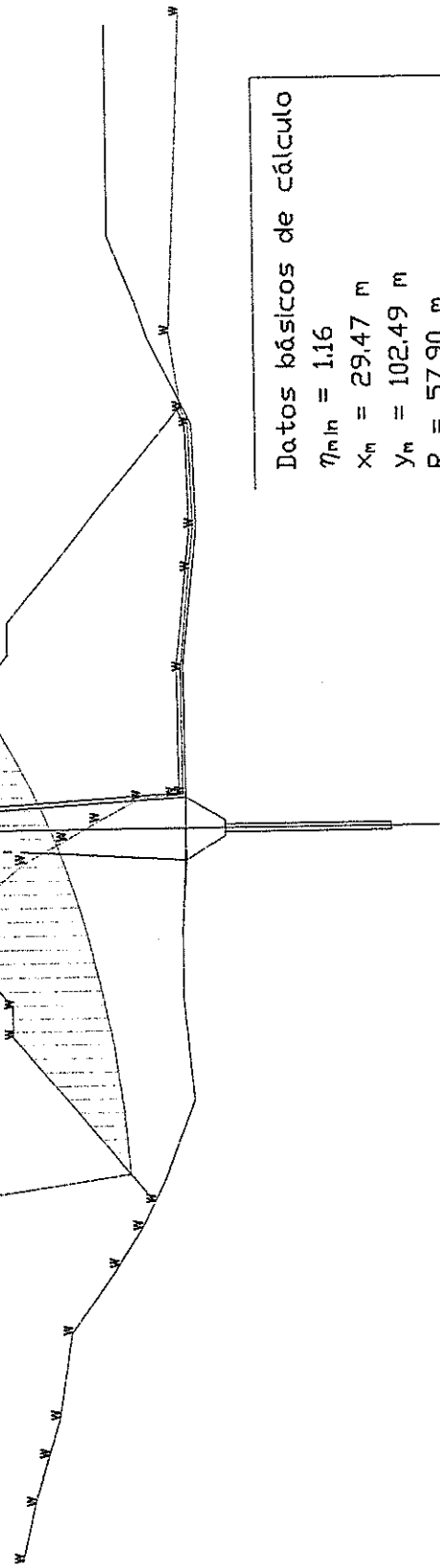
Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Reviso:	Ing. Miguel Ángel Cláveza Moncayo	
	Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Fecha:	Julio 2009	
Contiene:	Abscisa 0+244.60: Condiciones Normales Aguas Abajo		Programó:	Rodrigo Cantón Rodríguez	Laminar:
			Escala:	Sin escala	
					2/4

Suelo	$\theta$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
1	27.00	10.00	15.92	Espeleón (material B)
2	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
3	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
4	21.90	1200.00	22.20	Terreno de Fundación

13.72	13.75	13.78	13.81	13.84	13.87	13.90	13.93	13.96	13.99	14.02	14.05	14.08	14.11	14.14	14.17	14.20	14.23	14.26	14.29	14.32	14.35	14.38	14.41	14.44	14.47	14.50	14.53	14.56	14.59	14.62	14.65	14.68	14.71	14.74	14.77	14.80	14.83	14.86	14.89	14.92	14.95	14.98	15.01	15.04	15.07	15.10	15.13	15.16	15.19	15.22	15.25	15.28	15.31	15.34	15.37	15.40	15.43	15.46	15.49	15.52	15.55	15.58	15.61	15.64	15.67	15.70	15.73	15.76	15.79	15.82	15.85	15.88	15.91	15.94	15.97	16.00	16.03	16.06	16.09	16.12	16.15	16.18	16.21	16.24	16.27	16.30	16.33	16.36	16.39	16.42	16.45	16.48	16.51	16.54	16.57	16.60	16.63	16.66	16.69	16.72	16.75	16.78	16.81	16.84	16.87	16.90	16.93	16.96	16.99	17.02	17.05	17.08	17.11	17.14	17.17	17.20	17.23	17.26	17.29	17.32	17.35	17.38	17.41	17.44	17.47	17.50	17.53	17.56	17.59	17.62	17.65	17.68	17.71	17.74	17.77	17.80	17.83	17.86	17.89	17.92	17.95	17.98	18.01	18.04	18.07	18.10	18.13	18.16	18.19	18.22	18.25	18.28	18.31	18.34	18.37	18.40	18.43	18.46	18.49	18.52	18.55	18.58	18.61	18.64	18.67	18.70	18.73	18.76	18.79	18.82	18.85	18.88	18.91	18.94	18.97	19.00	19.03	19.06	19.09	19.12	19.15	19.18	19.21	19.24	19.27	19.30	19.33	19.36	19.39	19.42	19.45	19.48	19.51	19.54	19.57	19.60	19.63	19.66	19.69	19.72	19.75	19.78	19.81	19.84	19.87	19.90	19.93	19.96	19.99	20.02	20.05	20.08	20.11	20.14	20.17	20.20	20.23	20.26	20.29	20.32	20.35	20.38	20.41	20.44	20.47	20.50	20.53	20.56	20.59	20.62	20.65	20.68	20.71	20.74	20.77	20.80	20.83	20.86	20.89	20.92	20.95	20.98	21.01	21.04	21.07	21.10	21.13	21.16	21.19	21.22	21.25	21.28	21.31	21.34	21.37	21.40	21.43	21.46	21.49	21.52	21.55	21.58	21.61	21.64	21.67	21.70	21.73	21.76	21.79	21.82	21.85	21.88	21.91	21.94	21.97	22.00	22.03	22.06	22.09	22.12	22.15	22.18	22.21	22.24	22.27	22.30	22.33	22.36	22.39	22.42	22.45	22.48	22.51	22.54	22.57	22.60	22.63	22.66	22.69	22.72	22.75	22.78	22.81	22.84	22.87	22.90	22.93	22.96	22.99	23.02	23.05	23.08	23.11	23.14	23.17	23.20	23.23	23.26	23.29	23.32	23.35	23.38	23.41	23.44	23.47	23.50	23.53	23.56	23.59	23.62	23.65	23.68	23.71	23.74	23.77	23.80	23.83	23.86	23.89	23.92	23.95	23.98	24.01	24.04	24.07	24.10	24.13	24.16	24.19	24.22	24.25	24.28	24.31	24.34	24.37	24.40	24.43	24.46	24.49	24.52	24.55	24.58	24.61	24.64	24.67	24.70	24.73	24.76	24.79	24.82	24.85	24.88	24.91	24.94	24.97	25.00	25.03	25.06	25.09	25.12	25.15	25.18	25.21	25.24	25.27	25.30	25.33	25.36	25.39	25.42	25.45	25.48	25.51	25.54	25.57	25.60	25.63	25.66	25.69	25.72	25.75	25.78	25.81	25.84	25.87	25.90	25.93	25.96	25.99	26.02	26.05	26.08	26.11	26.14	26.17	26.20	26.23	26.26	26.29	26.32	26.35	26.38	26.41	26.44	26.47	26.50	26.53	26.56	26.59	26.62	26.65	26.68	26.71	26.74	26.77	26.80	26.83	26.86	26.89	26.92	26.95	26.98	27.01	27.04	27.07	27.10	27.13	27.16	27.19	27.22	27.25	27.28	27.31	27.34	27.37	27.40	27.43	27.46	27.49	27.52	27.55	27.58	27.61	27.64	27.67	27.70	27.73	27.76	27.79	27.82	27.85	27.88	27.91	27.94	27.97	28.00	28.03	28.06	28.09	28.12	28.15	28.18	28.21	28.24	28.27	28.30	28.33	28.36	28.39	28.42	28.45	28.48	28.51	28.54	28.57	28.60	28.63	28.66	28.69	28.72	28.75	28.78	28.81	28.84	28.87	28.90	28.93	28.96	28.99	29.02	29.05	29.08	29.11	29.14	29.17	29.20	29.23	29.26	29.29	29.32	29.35	29.38	29.41	29.44	29.47	29.50	29.53	29.56	29.59	29.62	29.65	29.68	29.71	29.74	29.77	29.80	29.83	29.86	29.89	29.92	29.95	29.98	30.01	30.04	30.07	30.10	30.13	30.16	30.19	30.22	30.25	30.28	30.31	30.34	30.37	30.40	30.43	30.46	30.49	30.52	30.55	30.58	30.61	30.64	30.67	30.70	30.73	30.76	30.79	30.82	30.85	30.88	30.91	30.94	30.97	31.00	31.03	31.06	31.09	31.12	31.15	31.18	31.21	31.24	31.27	31.30	31.33	31.36	31.39	31.42	31.45	31.48	31.51	31.54	31.57	31.60	31.63	31.66	31.69	31.72	31.75	31.78	31.81	31.84	31.87	31.90	31.93	31.96	31.99	32.02	32.05	32.08	32.11	32.14	32.17	32.20	32.23	32.26	32.29	32.32	32.35	32.38	32.41	32.44	32.47	32.50	32.53	32.56	32.59	32.62	32.65	32.68	32.71	32.74	32.77	32.80	32.83	32.86	32.89	32.92	32.95	32.98	33.01	33.04	33.07	33.10	33.13	33.16	33.19	33.22	33.25	33.28	33.31	33.34	33.37	33.40	33.43	33.46	33.49	33.52	33.55	33.58	33.61	33.64	33.67	33.70	33.73	33.76	33.79	33.82	33.85	33.88	33.91	33.94	33.97	34.00	34.03	34.06	34.09	34.12	34.15	34.18	34.21	34.24	34.27	34.30	34.33	34.36	34.39	34.42	34.45	34.48	34.51	34.54	34.57	34.60	34.63	34.66	34.69	34.72	34.75	34.78	34.81	34.84	34.87	34.90	34.93	34.96	34.99	35.02	35.05	35.08	35.11	35.14	35.17	35.20	35.23	35.26	35.29	35.32	35.35	35.38	35.41	35.44	35.47	35.50	35.53	35.56	35.59	35.62	35.65	35.68	35.71	35.74	35.77	35.80	35.83	35.86	35.89	35.92	35.95	35.98	36.01	36.04	36.07	36.10	36.13	36.16	36.19	36.22	36.25	36.28	36.31	36.34	36.37	36.40	36.43	36.46	36.49	36.52	36.55	36.58	36.61	36.64	36.67	36.70	36.73	36.76	36.79	36.82	36.85	36.88	36.91	36.94	36.97	37.00	37.03	37.06	37.09	37.12	37.15	37.18	37.21	37.24	37.27	37.30	37.33	37.36	37.39	37.42	37.45	37.48	37.51	37.54	37.57	37.60	37.63	37.66	37.69	37.72	37.75	37.78	37.81	37.84	37.87	37.90	37.93	37.96	37.99	38.02	38.05	38.08	38.11	38.14	38.17	38.20	38.23	38.26	38.29	38.32	38.35	38.38	38.41	38.44	38.47	38.50	38.53	38.56	38.59	38.62	38.65	38.68	38.71	38.74	38.77	38.80	38.83	38.86	38.89	38.92	38.95	38.98	39.01	39.04	39.07	39.10	39.13	39.16	39.19	39.22	39.25	39.28	39.31	39.34	39.37	39.40	39.43	39.46	39.49	39.52	39.55	39.58	39.61	39.64	39.67	39.70	39.73	39.76	39.79	39.82	39.85	39.88	39.91	39.94	39.97	40.00	40.03	40.06	40.09	40.12	40.15	40.18	40.21	40.24	40.27	40.30	40.33	40.36	40.39	40.42	40.45	40.48	40.51	40.54	40.57	40.60	40.63	40.66	40.69	40.72	40.75	40.78	40.81	40.84	40.87	40.90	40.93	40.96	40.99	41.02	41.05	41.08	41.11	41.14	41.17	41.20	41.23	41.26	41.29	41.32	41.35	41.38	41.41	41.44	41.47	41.50	41.53	41.56	41.59	41.62	41.65	41.68	41.71	41.74	41.77	41.80	41.83	41.86	41.89	41.92	41.95	41.98	42.01	42.04	42.07	42.10	42.13	42.16	42.19	42.22	42.25	42.28	42.31	42.34	42.37	42.40	42.43	42.46	42.49	42.52	42.55	42.58	42.61	42.64	42.67	42.70	42.73	42.76	42.79	42.82	42.85	42.88	42.91	42.94	42.97	43.00	43.03	43.06	43.09	43.12	43.15	43.18	43.21	43.24	43.27	43.30	43.33	43.36	43.39	43.42	43.45	43.48	43.51	43.54	43.57	43.60	43.63	43.66	43.69	43.72	43.75	43.78	43.81	43.84	43.87	43.90	43.93	43.96	43.99	44.02	44.05	44.08	44.11	44.14	44.17	44.20	44.23	44.26	44.29	44.32	44.35	44.38	44.41	44.44	44.47	44.50	44.53	44.56	44.59	44.62	44.65	44.68	44.71	44.74	44.77	44.80	44.83	44.86	44.89	44.92	44.95	44.98	45.01	45.04	45.07	45.10	45.13	45.16	45.19	45.22	45.25	45.28	45.31	45.34	45.37	45.40	45.43	45.46	45.49	45.52	45.55	45.58	45.61	45.64	45.67	45.70	45.73	45.76	45.79	45.82	45.85	45.88	45.91	45.94	45.97	46.00	46.03	46.06	46.09	46.12	46.15	46.18	46.21	46.24	46.27	46.30	46.33	46.36	46.39	46.42	46.45	46.48	46.51	46.54	46.57	46.60	46.63	46.66	46.69	46.72	46.75	46.78	46.81	46.84	46.87	46.90	46.93	46.96	46.99	47.02	47.05	47.08	47.11	47.14	47.17	47.20	47.23	47.26	47.29	47.32	47.35	47.38	47.41	47.44	47.47	47.50	47.53	47.56	47.59	47.62	47.65	47.68	47.71	47.74	47.77	47.80	47.83	47.86	47.89	47.92	47.95	47.98	48.01	48.04	48.07	48.10	48.13	48.16	48.19	48.22	48.25	48.28	48.31	48.34	48.37	48.40	48.43	48.46	48.49	48.52	48.55	48.58	48.61	48.64	48.67	48.70	48.73	48.76	48.79	48.82	48.85	48.88	48.91	48.94	48.97	49.00	49.03	49.06	49.09	49.12	49.15	49.18	49.21	49.24	49.27	49.30	49.33	49.36	49.39	49.42	49.45	49.48	49.51	49.54	49.57	49.60	49.63</
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

1.20	1.18	1.22	1.20	1.22	1.33	1.43	1.50	1.62	1.76	1.91
1.25	1.20	1.18	1.21	1.24	1.27	1.35	1.42	1.48	1.60	1.75
1.24	1.24	1.21	1.19	1.19	1.23	1.34	1.38	1.48	1.59	1.71
1.28	1.22	1.18	1.17	1.21	1.24	1.29	1.34	1.46	1.58	1.70
1.39	1.27	1.21	1.18	1.17	1.18	1.24	1.36	1.44	1.54	1.67
1.50	1.34	1.27	1.22	1.20	1.21	1.24	1.32	1.40	1.51	1.66
1.80	1.50	1.32	1.26	1.21	1.16	1.18	1.26	1.36	1.52	1.69
2.30	1.60	1.51	1.30	1.23	1.16	1.18	1.26	1.38	1.51	1.69
2.96	2.39	1.89	1.49	1.28	1.19	1.17	1.20	1.31	1.47	1.68
4.85	3.20	2.46	1.91	1.52	1.39	1.18	1.19	1.29	1.48	1.65
5.37	4.99	3.59	2.58	1.97	1.47	1.26	1.20	1.28	1.44	1.72
11.79	6.16	4.76	4.06	2.77	2.04	1.54	1.32	1.29	1.46	1.74
79.57	18.26	7.53	4.59	4.87	3.05	2.14	1.58	1.41	1.49	1.90

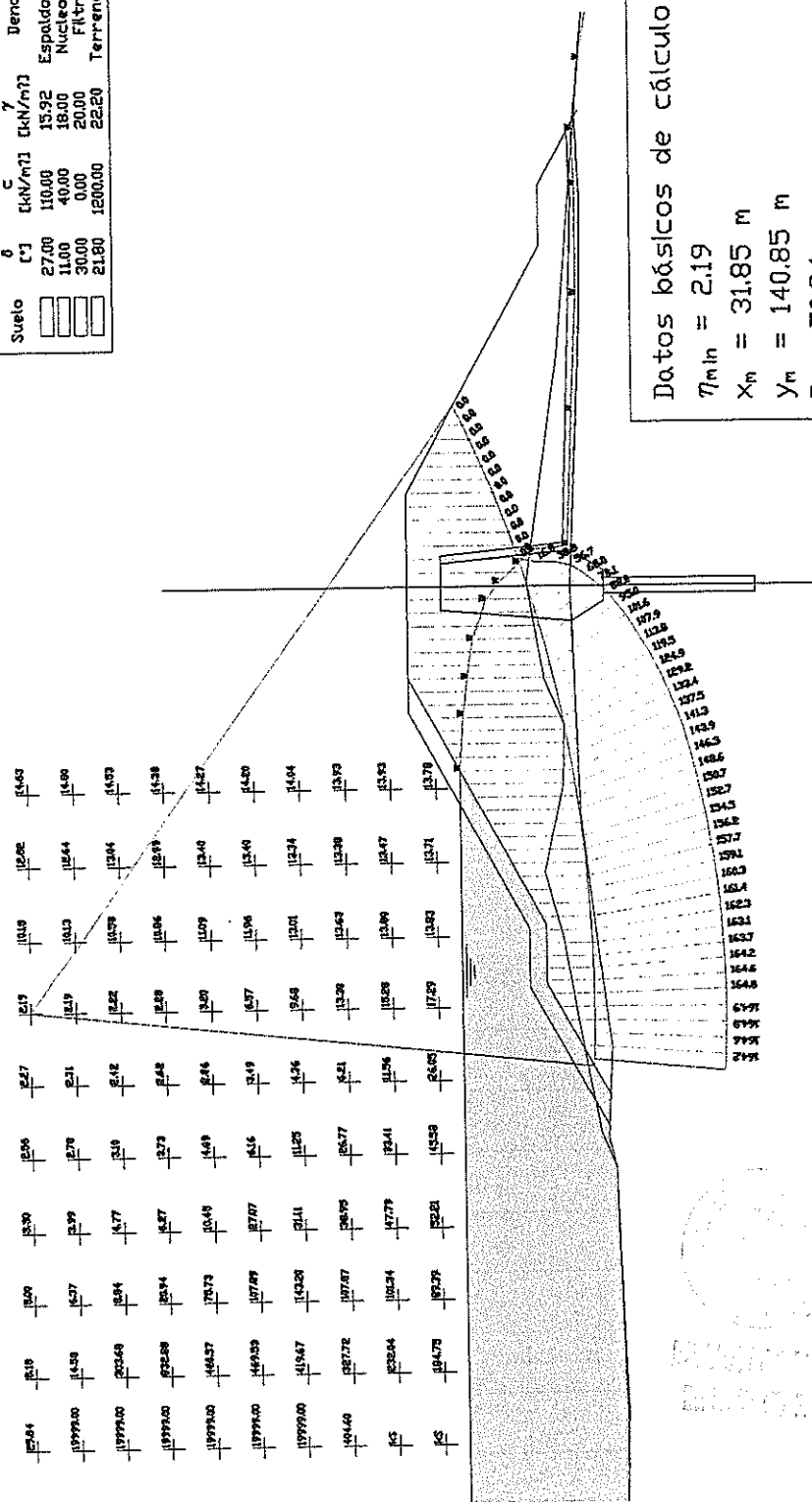
Suelo	$\delta$ E'j	C [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
	27.00	110.00	15.92	Espaldon (material B)
	11.00	40.00	18.00	Nucleo (material A)
	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



**Datos básicos de cálculo**  
 $\eta_{min} = 1.16$   
 $X_m = 29.47 \text{ m}$   
 $Y_m = 102.49 \text{ m}$   
 $R = 57.90 \text{ m}$   
 Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal eh/g = 0.3000  
 Vertical ev/g = 0.3000  
 Fórmula según Kuntsche

Obra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b>	Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Montecayo
	Programó:	Rodrigo Carrión Rodríguez	Fecha:	Julio 2009
Confite:	Escala:	sin escala	Laminas:	4/4
	Abstracta 0+244.60; Desembalse Rápido Aguas Abajo			

Suelo	$\phi$ (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Denominación
1	27.00	10.00	15.92	Espaldón (material B)
2	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
3	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
4	21.80	1200.00	22.20	Terrera de fundación



Datos básicos de cálculo

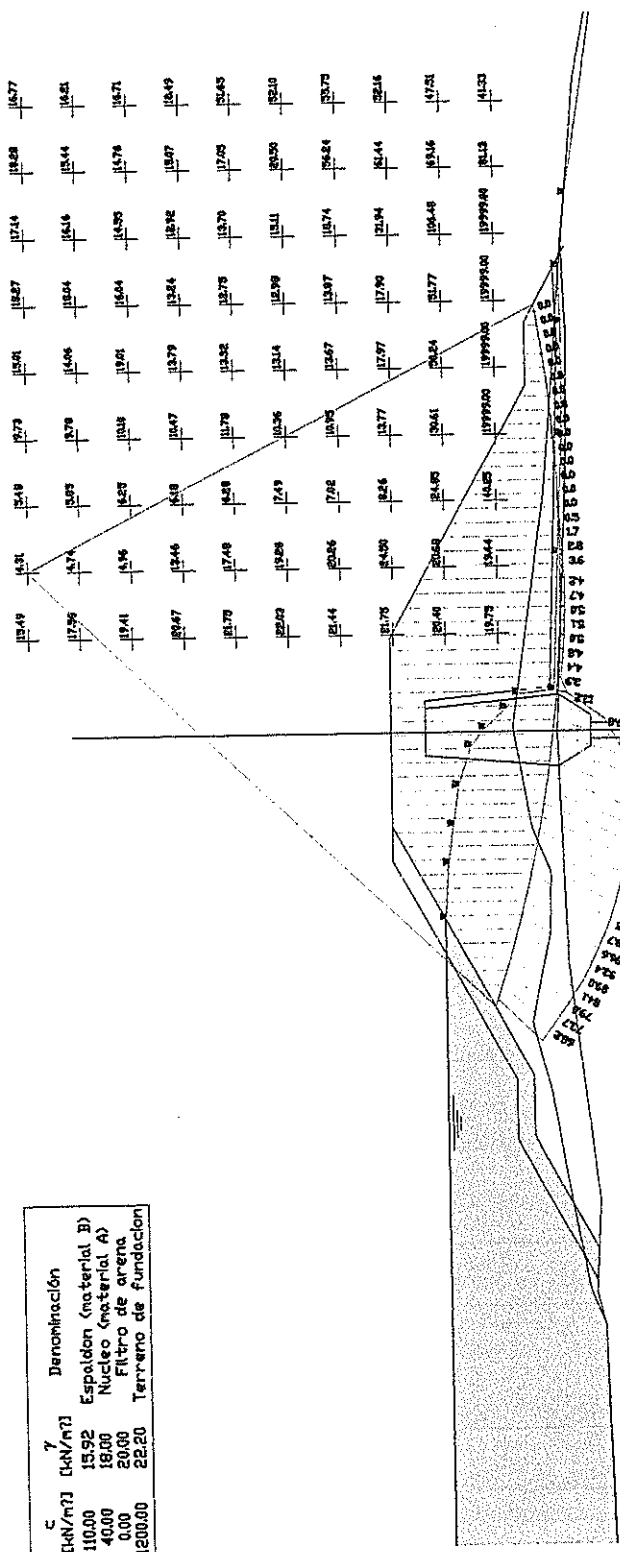
$\eta_m \ln = 2.19$   
 $X_m = 31.85 \text{ m}$   
 $Y_m = 140.85 \text{ m}$   
 $R = 70.84 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntzsche

Odra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b> Comitente: <b>Abseisa 0+260; Condiciones Normales Aguas Arriba</b>	Software: <b>GGU - Stability (Civil Server)</b>	Revisó: <b>Ing. Miguel Ángel Calvéz Montecayo</b>
	Programá: <b>Rodrigo Camión Rodríguez</b>	Fecha: <b>Julio 2009</b>
	Escala: <b>sin escala</b>	Lámina: <b>1/4</b>



Suelo	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
□	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
□	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
□	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
□	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

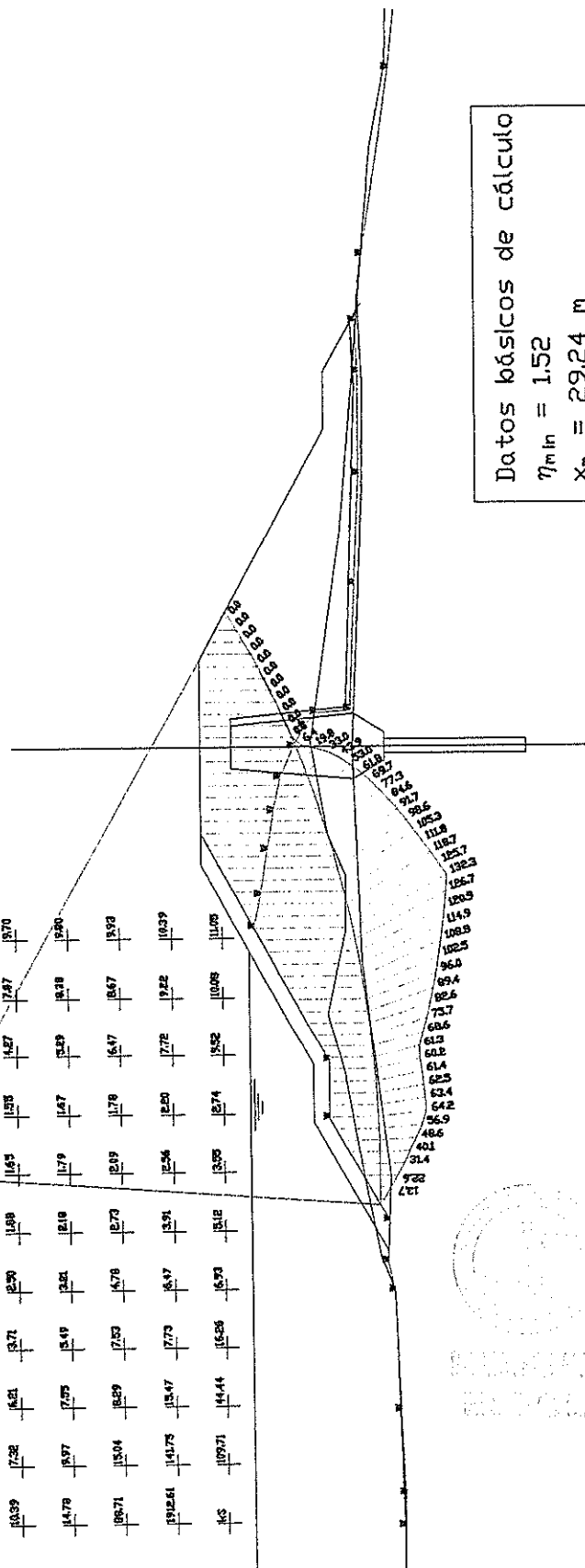
$\eta_m \ln = 4.31$   
 $X_m = 76.27 \text{ m}$   
 $Y_m = 137.30 \text{ m}$   
 $R = 65.57 \text{ m}$   
 Erdbebenbeschleunigung!  
 Horizontal eh/g = 0.3000  
 Vertical ev/g = 0.3000  
 Fórmula según Kuntsche



Obra: <b>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</b>	Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Reviso:	Ing. Miguel Angel Chávez Montero
	Programo:	Rodrigo Carrón Rodríguez	Fecha:	Julio 2009
Contiene:	Abscisa 0+260: Condiciones Normales Aguas Abajo		Escala:	sin escala
			Laminas:	2/4

13.06	12.49	11.99	11.73	11.57	11.53	11.56	11.69	11.69	11.23
13.41	12.87	12.22	11.90	11.65	11.52	11.53	11.58	11.63	11.23
13.18	12.36	11.67	11.05	11.69	11.55	11.58	11.63	11.42	11.27
11.62	11.41	11.19	11.35	11.86	11.59	11.52	11.57	11.44	11.25
11.67	11.63	11.09	11.86	12.17	11.69	11.56	11.59	11.24	11.54
11.89	11.52	11.21	11.71	12.50	11.68	11.65	11.53	11.27	11.70
11.47	11.97	11.51	11.49	12.21	12.10	11.79	11.67	11.53	11.78
11.67	11.04	11.59	11.53	11.78	12.73	12.09	11.78	11.67	11.93
11.12.61	11.17.5	11.5.47	11.7.73	11.5.17	11.3.31	11.5.56	11.2.20	11.7.72	11.2.22
11.5	11.09.71	11.4.4.4	11.5.2.6	11.5.7.3	11.5.1.2	11.3.0.5	11.2.7.4	11.5.2	11.0.0.5

Suelo	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
□	27.00	110.00	15.92	Espaldón (material B)
□	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
□	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
□	21.50	1200.00	22.20	Terrazo de Fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 1.52$

$X_m = 29.24 \text{ m}$

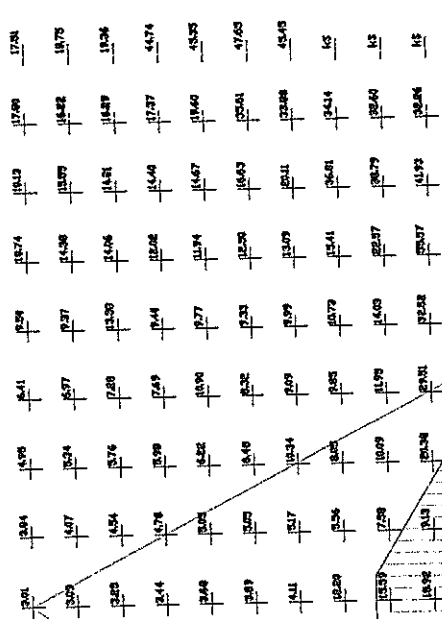
$Y_m = 131.82 \text{ m}$

$R = 62.49 \text{ m}$

Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntsche

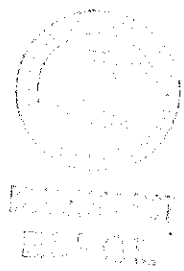
Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Software:	GGU - Stability (Civil Servet)	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Chávez Montecayo	
	Contiene:	Abscisa 0+260; Desembalse Rápido Aguas Arriba		Programó:	Rodrigo Carrión Rodríguez	Fecha:	Julio 2009
				Escala:	5:1	Lamina:	3/4

Suelo	$\theta$ [°]	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Denominación
▬	27.00	110.00	19.92	Espaldón (material B)
▬	11.00	40.00	18.00	Núcleo (material A)
▬	30.00	0.00	20.00	Filtro de arena
▬	21.80	1200.00	22.20	Terreno de fundación



Datos básicos de cálculo

$\eta_{min} = 3.01$   
 $X_m = 69.01 \text{ m}$   
 $Y_m = 135.22 \text{ m}$   
 $R = 62.87 \text{ m}$   
 Erdbebenbeschleunigung:  
 Horizontal  $eh/g = 0.3000$   
 Vertical  $ev/g = 0.3000$   
 Fórmula según Kuntzsche



Obra:	Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		
Contiene:	Abscisa 0+260: Desembalse Rápido Aguas Abajo		
Software:	GGU - Stability (Civil Server)	Revisó:	Ing. Miguel Ángel Clavéz Moncayo
Programó:	Rodrigo Carrón Rodríguez	Fecha:	Julio 2009
Escala:	5m escala	Laminas:	4/4

**Anexo 5: *Proceso de Cálculo del Aliviadero***

---

Estación Radio Sonda registro de lluvias diarias máximas registradas

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	MAX (mm)
Enero	-	-	-	46.4	72.1	30.2	82.6	24	23.8	40.2	19.4	30.6	63.7	-	52.4	82.6
Febrero	-	75.7	-	79	104.3	75.7	85.5	51.1	64.2	131.2	91.9	122	-	12.5	64.8	131.2
Marzo	113.6	-	-	46.7	68.5	135.7	151.2	54.3	142.2	171.2	116.9	29.4	-	95.9	49.1	171.2
Abril	-	-	-	9.9	46.1	52.4	221.8	60.4	74.7	73.6	174.2	-	48.7	57.2	3.8	221.8
Mayo	-	-	-	12.3	1.1	88.2	82.3	6.9	107.4	2.2	-	-	-	0.4	15.7	107.4
Junio	-	-	-	1.5	-	16.5	32	1.3	4.3	-	-	0.5	-	-	0.8	32
Julio	-	-	-	2.6	0.6	64.4	8	-	-	0.5	-	0.3	0.2	-	-	64.4
Agosto	-	-	-	-	0.5	7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	7.3
Septiembre	-	-	-	0.1	0.5	5.7	0.3	1.3	1	-	-	-	2.1	-	0.3	5.7
Octubre	-	-	-	0.5	-	46.6	0.3	0.4	-	-	2.1	-	-	-	1	46.6
Noviembre	-	-	-	0.9	0.4	168.3	0.1	0.5	-	-	-	-	-	0.2	1.1	168.3
Diciembre	-	-	130.6	1.5	7.5	190.6	0.2	21.9	1	0.5	5.7	11.5	-	11.3	21.7	190.6
Max	113.6	75.7	130.6	79	104.3	190.6	221.8	60.4	142.2	171.2	174.2	122	63.7	95.9	64.8	

Cálculo de la curvatura del vertedor de cimacio aguas abajo con la ecuación:

$$\frac{y}{H_0} = -K \left( \frac{x}{H_0} \right)^n$$

Propiedades del vertedor	
Longitud de cresta (L):	4.00 m
Tirante de agua (H <sub>0</sub> ):	1.15 m
Paramento (P):	0.80 m
Perdida por velc. (H <sub>a</sub> ):	0.085 m

Datos obtenidos en Ábacos	
X <sub>c</sub>	0.282
Y <sub>c</sub>	0.11
K	0.512
n	1.840
R1	0.564
R2	0.235

Aguas Abajo del Origen:			
Pies		Metros	
X	Y	X	Y
0	0.00	0.00	0.00
0.1	-0.01	0.03	0.00
0.2	-0.02	0.06	-0.01
0.3	-0.05	0.09	-0.02
0.4	-0.08	0.12	-0.03
0.5	-0.13	0.15	-0.04
0.6	-0.18	0.18	-0.05
0.7	-0.24	0.21	-0.07
0.8	-0.30	0.24	-0.09
0.9	-0.38	0.27	-0.11
1	-0.46	0.30	-0.14
1.1	-0.54	0.34	-0.17
1.2	-0.64	0.37	-0.19
1.3	-0.74	0.40	-0.22
1.4	-0.85	0.43	-0.26
1.5	-0.96	0.46	-0.29
1.6	-1.08	0.49	-0.33
1.7	-1.21	0.52	-0.37
1.8	-1.34	0.55	-0.41
1.9	-1.48	0.58	-0.45
2	-1.63	0.61	-0.50
2.1	-1.78	0.64	-0.54
2.2	-1.94	0.67	-0.59
2.3	-2.11	0.70	-0.64
2.4	-2.28	0.73	-0.69
2.5	-2.46	0.76	-0.75
2.6	-2.64	0.79	-0.81
2.7	-2.83	0.82	-0.86
2.8	-3.03	0.85	-0.92
2.9	-3.23	0.88	-0.98
3	-3.44	0.91	-1.05

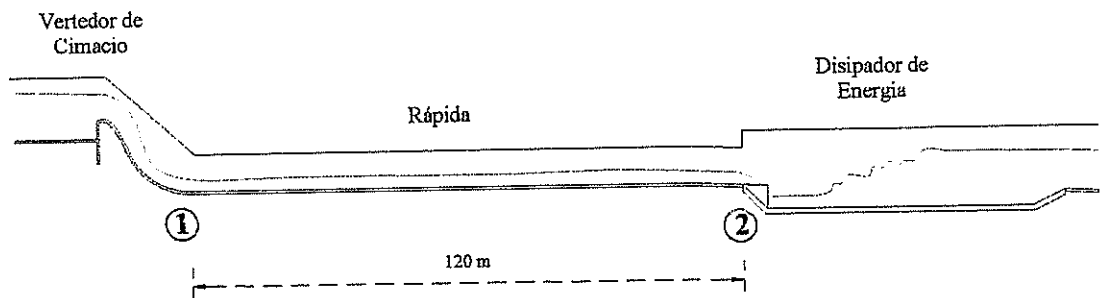


*Determinación del Numero de Froude para ver si es necesario una obra de disipación de energía en al vertedor.-*

$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Donde:

*F*: Número de Froude,  
*v*: velocidad del flujo,  
*g*: gravedad,  
*d*: tirante.



Datos Punto 1:

$V = 17.29$  pie/seg.  
 $g = 32.4$  pie/seg<sup>2</sup>  
 $d(h) = 0.5$  m. (1.64 pie)

$$F = \frac{17.29}{\sqrt{(32.2)(0.5)}} = 2.44 \text{ SUPERCRITICO}$$

*Aplicamos el principio de continuidad de Bernulli entre el punto 1 y 2.-*

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} + \Delta f - \Delta z$$

*Calculo de  $\Delta f$*

$$\Delta f = S * L \quad L = 120 \text{ m } (393.7 \text{ pie})$$

$$S = \left( \frac{(V * n)}{1.486 * R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left( \frac{(17.29 * 0.02)}{1.486 * (1.64)^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0.03$$

$$\Delta f = 0.03 * 393.7$$

$$\Delta f = 11.81 \text{ pie}$$

Calculo de  $\Delta z$

$$\Delta z = m * L \quad m = 4\%$$

$$\Delta z = 0.04 * 393.7$$

$$\Delta z = 15.75 \text{ pie}$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + (\Delta z - \Delta f) * 2g}$$

$$V_2 = \sqrt{17.29^2 + (15.75 - 11.81) * 2(32.2)}$$

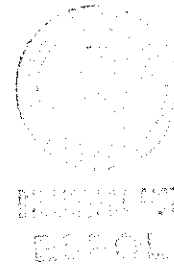
$$V_2 = 23.51 \text{ pie / seg}$$

Datos Punto 2:

$$V = 23.51 \text{ pie/seg.}$$

$$g = 32.4 \text{ pie/seg}^2$$

$$d(h) = 0.5 \text{ m. } (1.64 \text{ pie})$$



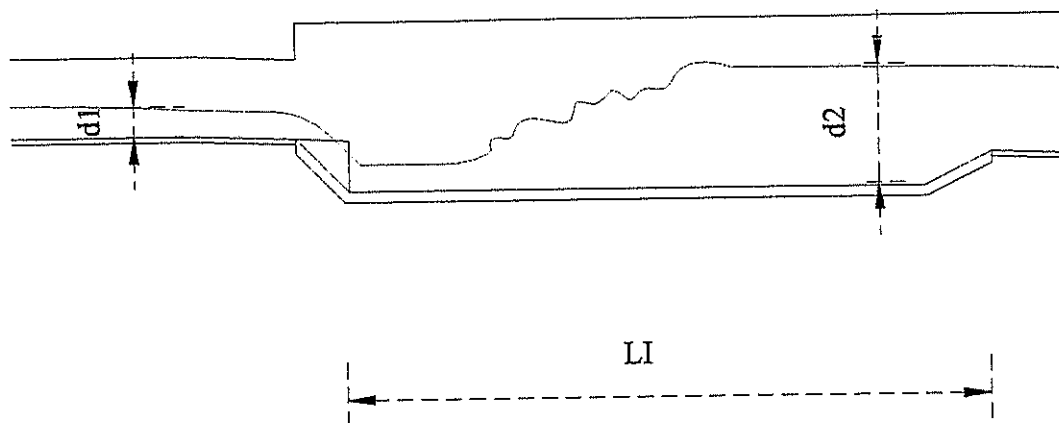


$$F = \frac{23.51}{\sqrt{(32.2)(1.64)}} = 3.24$$

*Diseño del Estanque Amortiguador (Estructura Terminal).-*

Con el Número de Froude 3.24, el estanque amortiguador será tipo I

*Disipador de Energía Tipo I*



Datos:  
d1: 0.50 m (1.64 ft)  
F: 3.24

Utilizamos la recta  $\frac{T.A}{d2} = 1.1$  (Tirante de agua real / Tirante 2) = +10%

Establecemos como tirante de agua real a d2, y determinamos que:

$$\frac{d2}{d1} = 4.53$$

$$d2 = 4.53 * d1$$

$$d2 = 7.43 \text{ ft } (2.26 \text{ m})$$

## Longitud del Estanque

Datos:

F: 3.24

d2: 7.43 ft

Determinamos que la relación es  $\frac{LI}{d2} = 5.42$

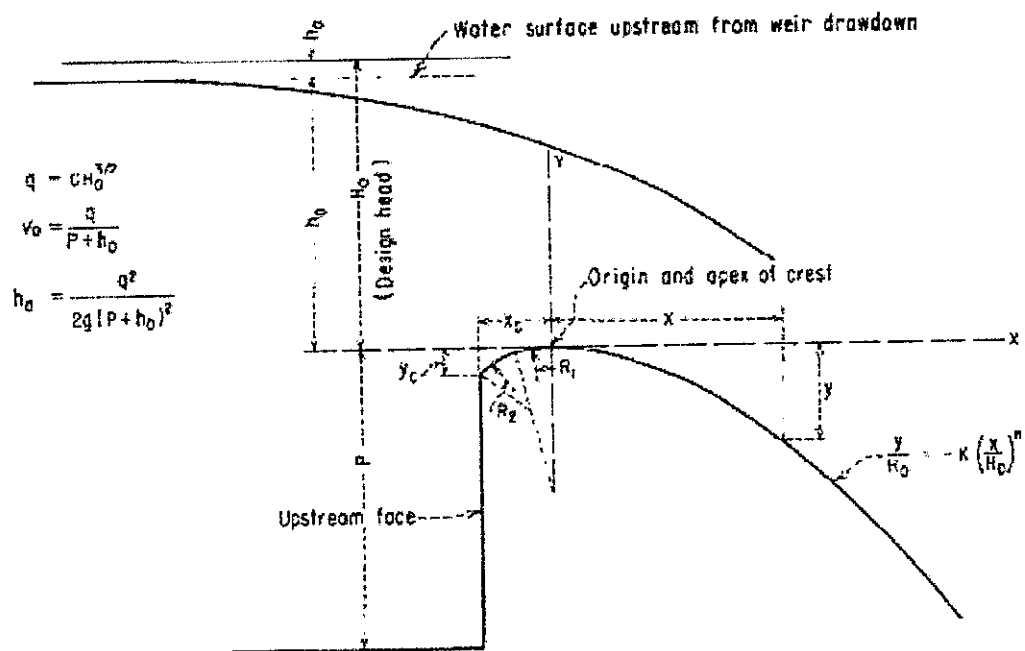
$$LI = 5.42 * d2$$

$$LI = 40.27 \text{ ft (12.27 m)}$$

$$LI = 12.30 \text{ m}$$

---

## DESIGN OF SMALL DAMS



$$q = C H_0^{3/2}$$

$$v_0 = \frac{q}{P + h_0}$$

$$h_d = \frac{q^2}{2g(P + h_0)^2}$$

(A) ELEMENTS OF NAPPE-SHAPED CREST PROFILES

*(Elementos de las secciones de la Cresta con la forma de la lamina vertiente.)*

Figura 187 Parte 1.- Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora.

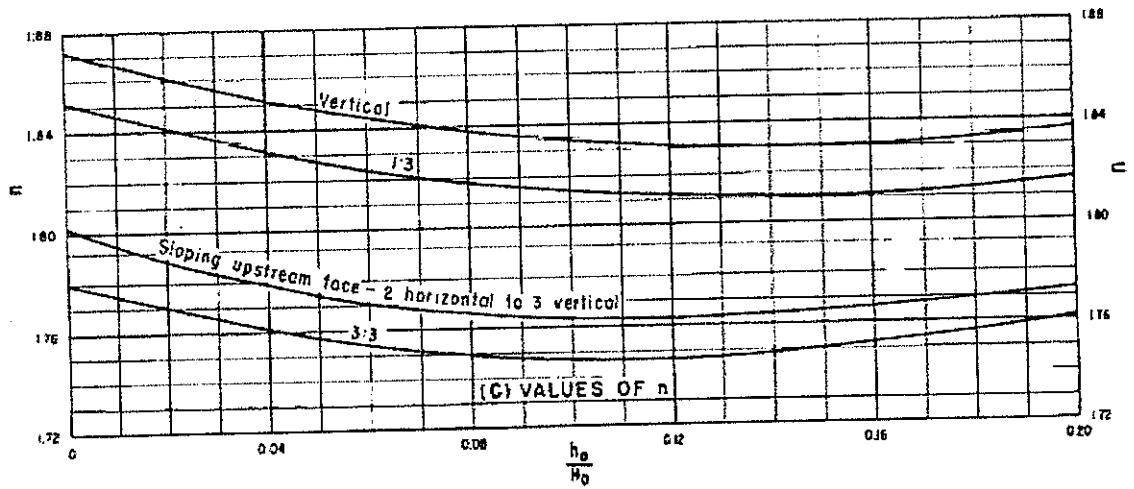
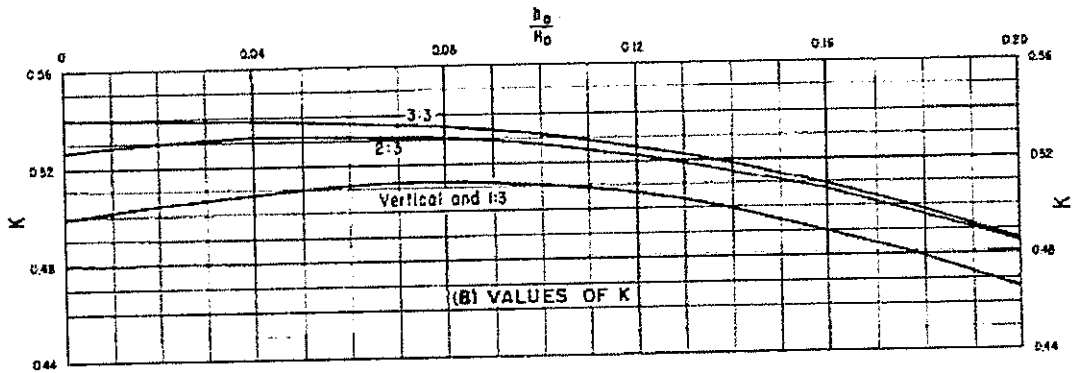


Figura 187 Parte 1.- Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora.

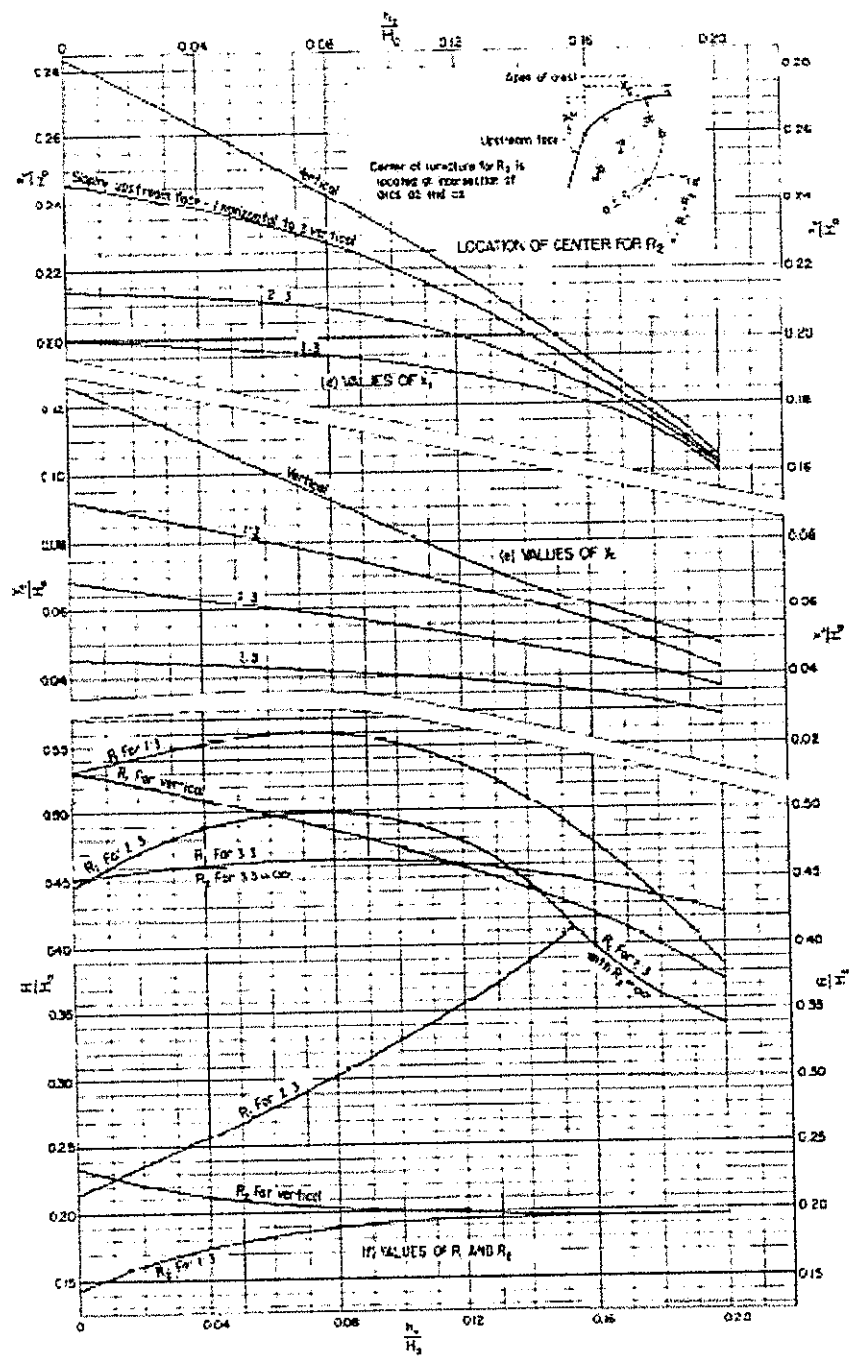


Figura 187 Parte 2.- Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora.

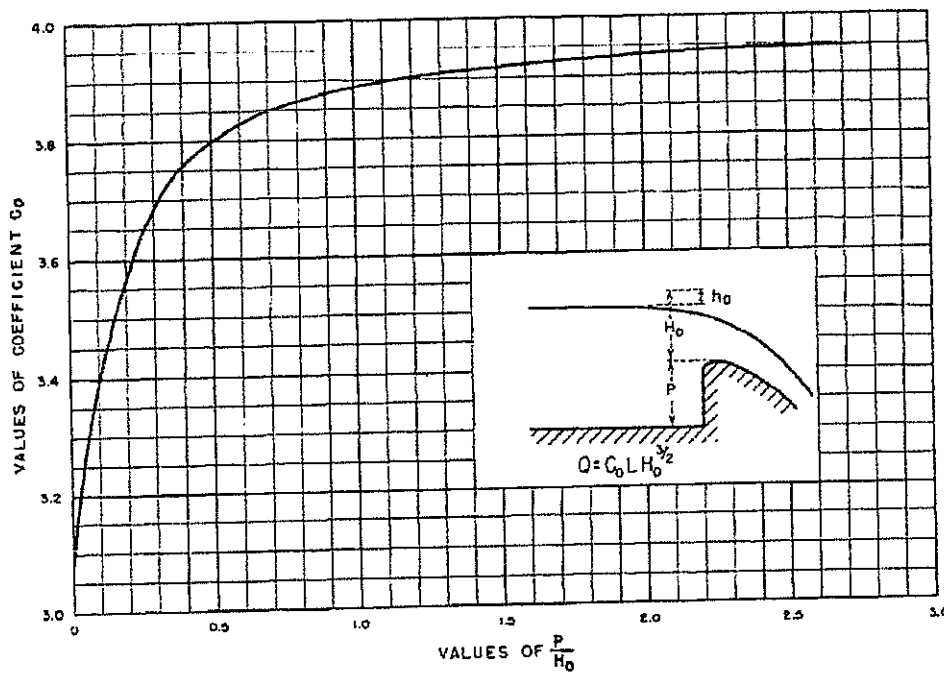


Figura 189.-Coeficiente de descarga para las crestas de cimacio en pared vertical.

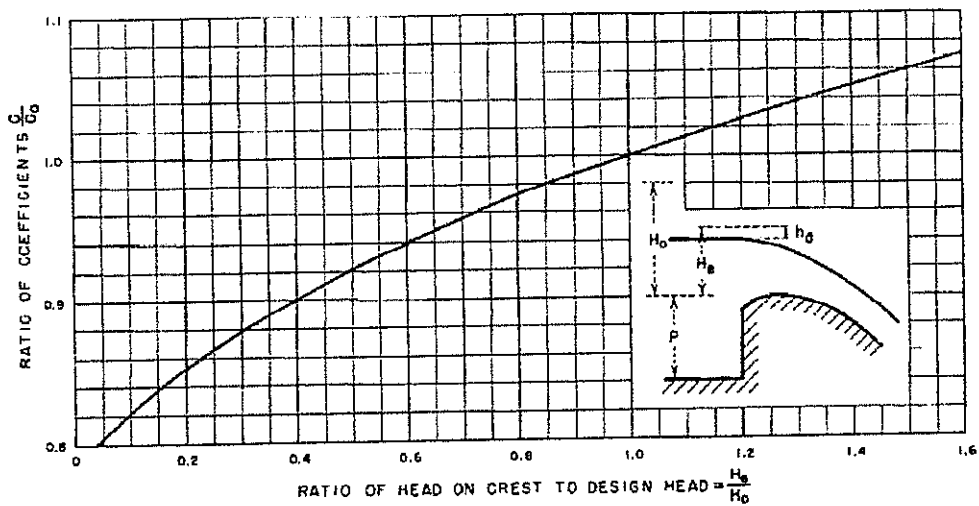


Figura 190.-Coeficiente de descarga para cargas diferentes a las del proyecto.

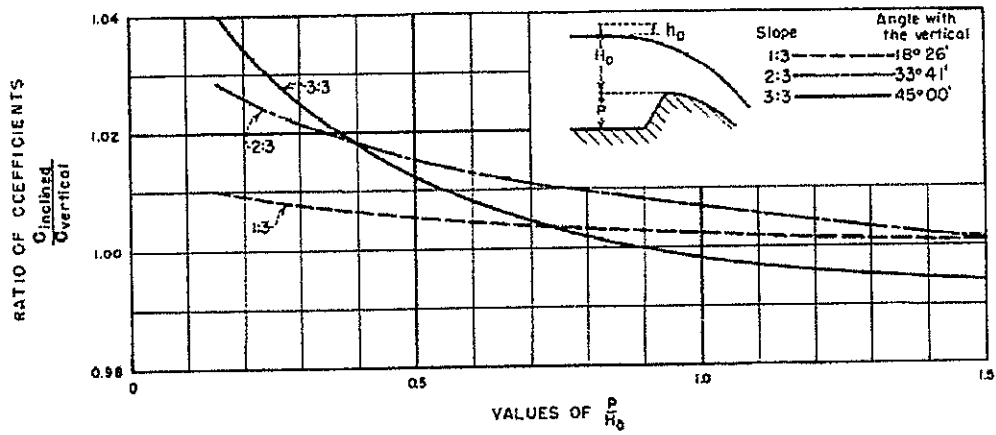


Figura 191.-Coeficiente de descarga para una cresta de cimacio con parámetros de aguas arriba inclinado.

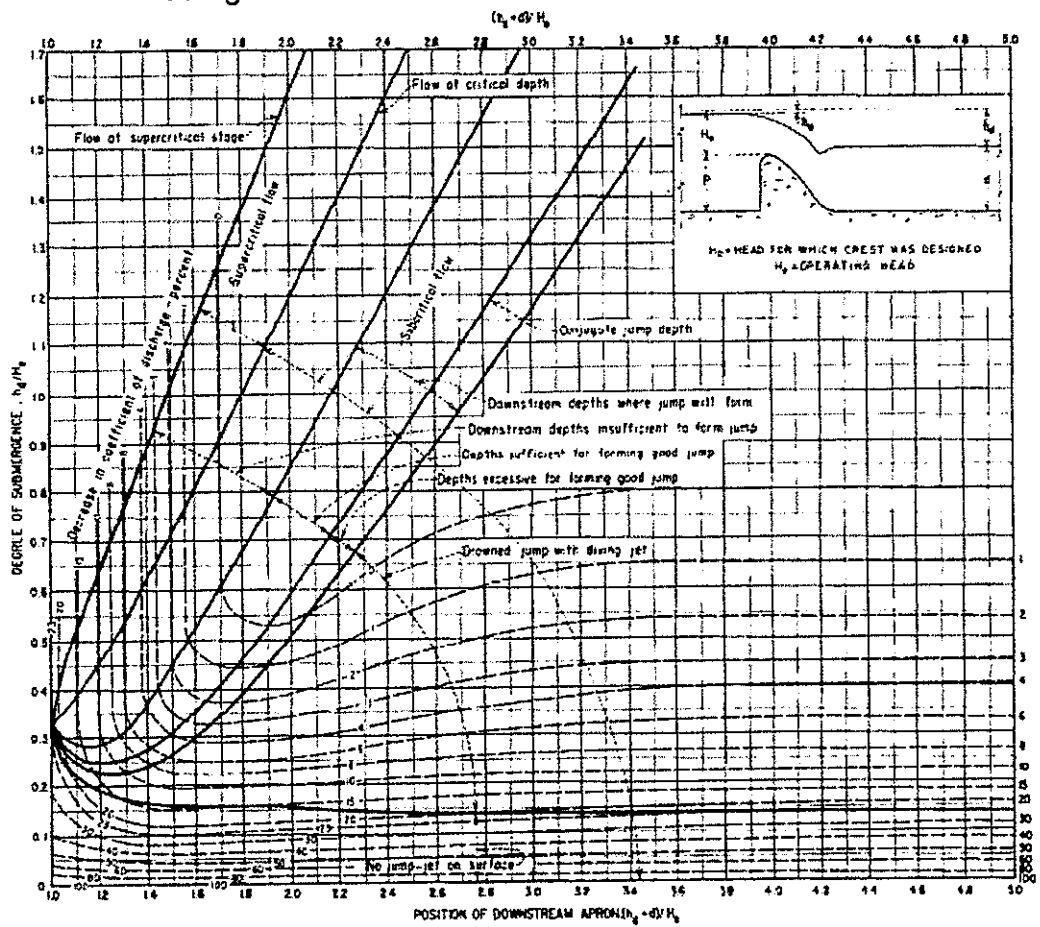


Figura 192.-Efectos de los factores de agua abajo en la capacidad de los vertedores.

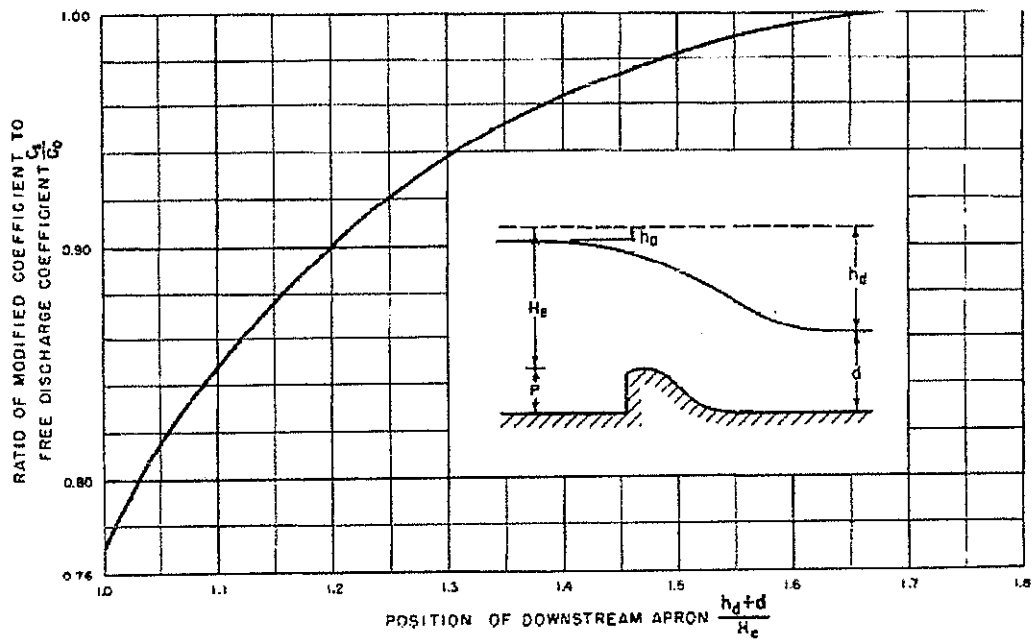


Figura 193.-Efectos de los factores de agua abajo en la capacidad de los vertedores.

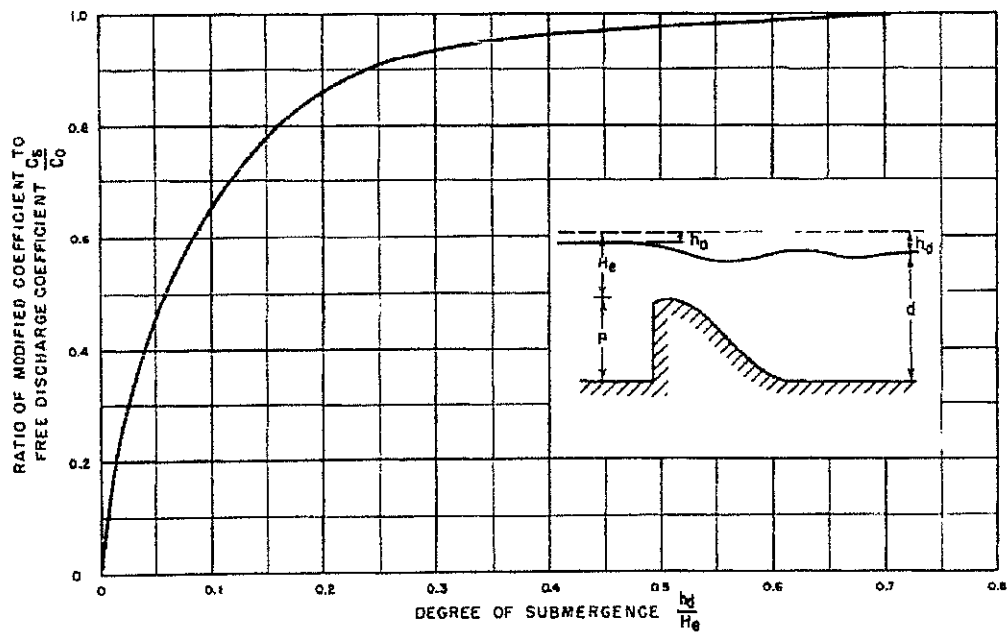
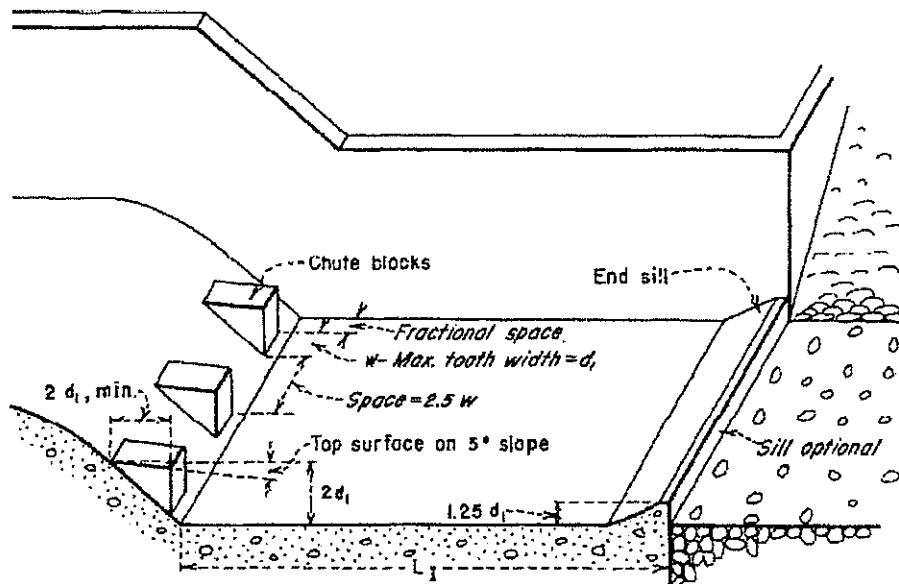


Figura 194.-Relacion de los coeficientes de descarga debida al efecto del lavadero.





(A) TYPE IX BASIN DIMENSIONS

(Dimensiones del Estanque tipo I)

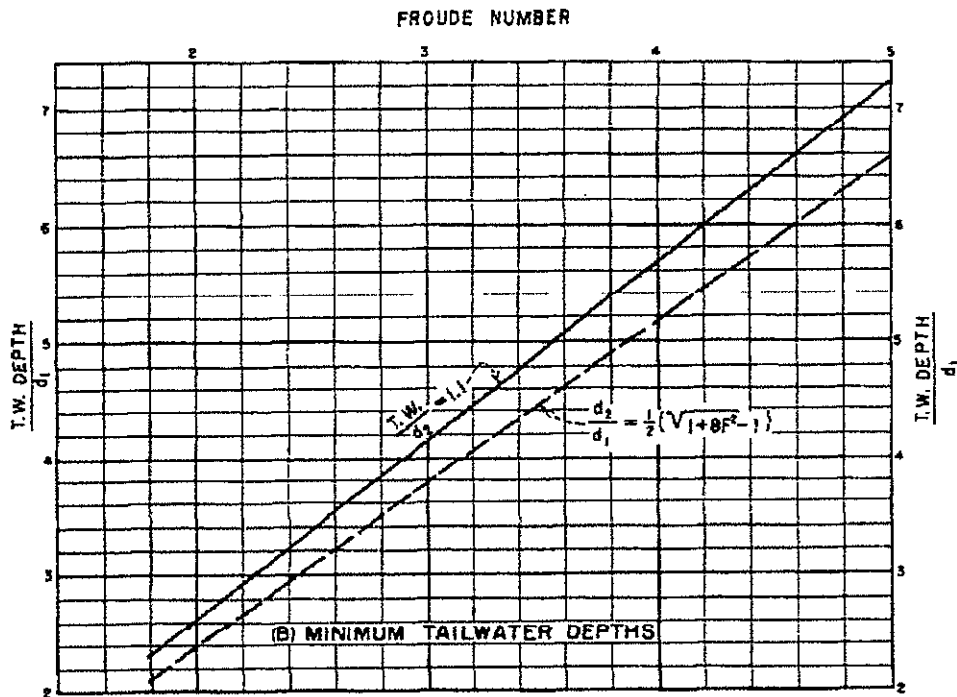


Figura 205.-Características de los estanques amortiguadores para número de Froude entre 2.5 y 4.5.

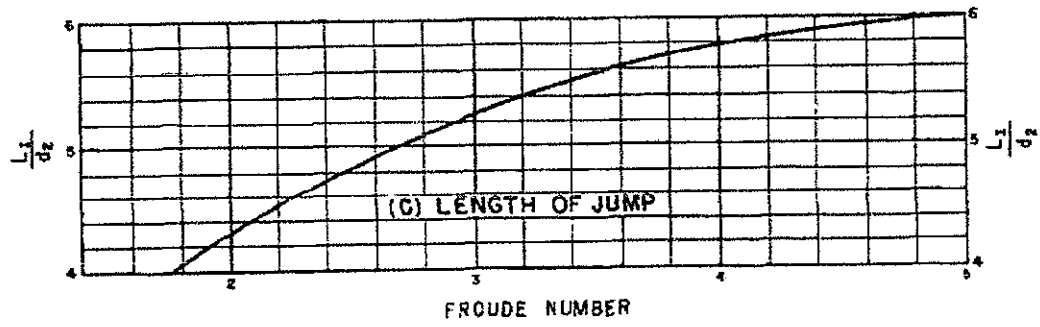
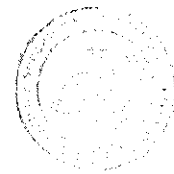


Figura 205.-Características de los estanques amortiguadores para número de Froude entre 2.5 y 4.5.



UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES  
DILIMAN

## Bibliografía

Bureau of Reclamation (1983).- "Diseño de Presas Pequeñas". CIA. Editorial Continental, 639 pp.

Aparicio, F.J. (1997).- "Fundamentos de Hidrología de Superficie". Limusa, 303pp.

Ferrer. F.J. (1993).- "Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas". CEDEX, Centro de estudios Hidrográficos, 75 pp.

Chow, V.; D.R. Maidment y L.W. Mays (1994).- "Hidrología Aplicada". Mc Graw Hill, 580 pp.

Montoya (2000).- "Hidráulica de canales abiertos". Folleto, 95 pp.

Chow, V.; J.G. Saldarriaga (1994).- "Hidráulica de Canales Abiertos". Mac Graw Hill, 667 pp.

---

Sotelo (1998).- Fundamentos de Hidráulica General. Editorial LIMUSA, SA.,  
561 pp.

Gonzalez de Ferrer, L. (2002).- "Ingeniería Geológica". Pearson Education,  
727 pp.

Terreros C., Lituma V. "Mecánica de Suelos Laboratorio". Facultad de  
Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (1995).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (1996).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (1997).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (1998).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

---

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (1999).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2000).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2001).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2002).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2003).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2004).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2005).- "Anuario hidrológico".  
Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

---

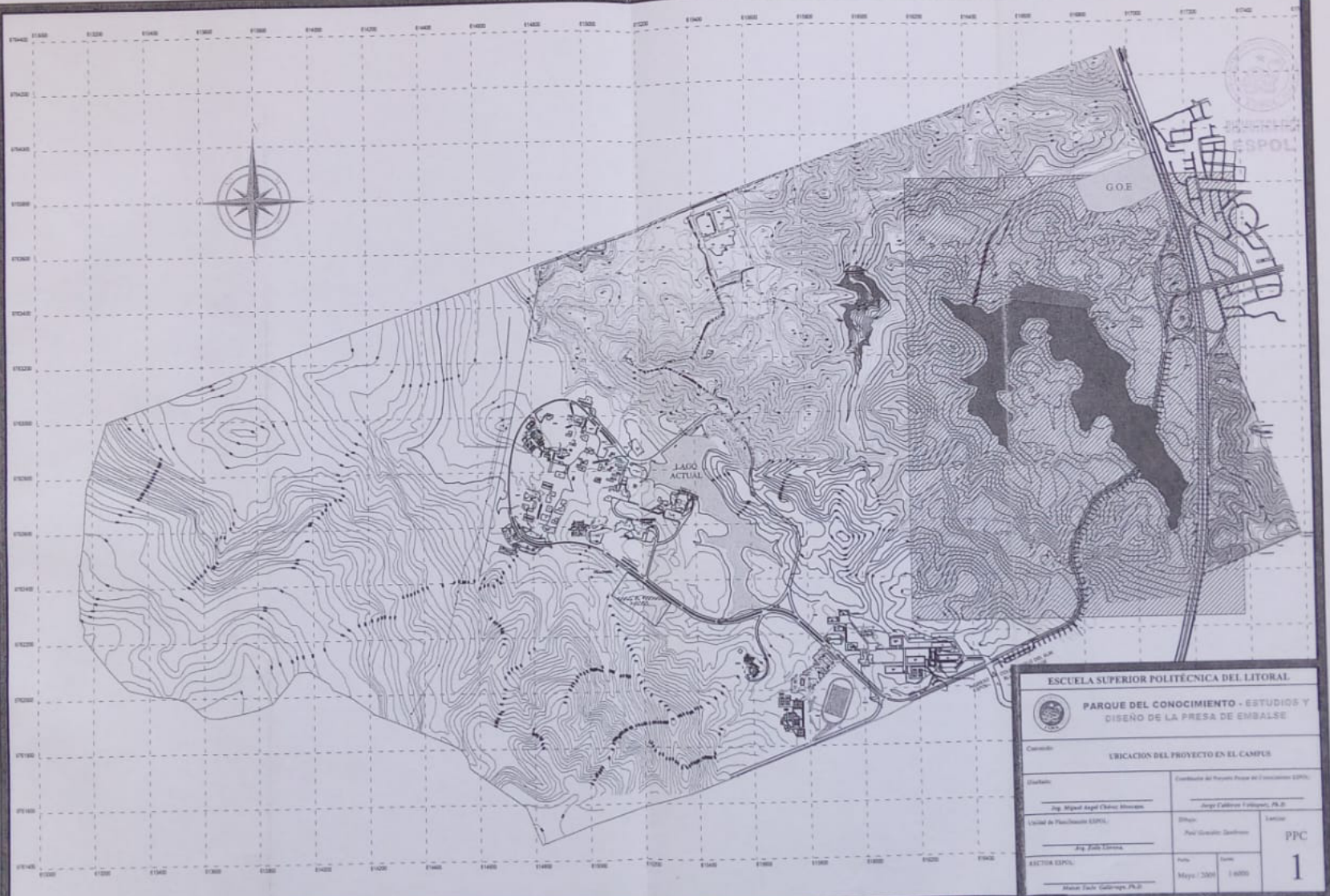
Instituto nacional de metereologia e hidrologia (2006).- "Anuario hidrológico".

Ministerio de Energia y Minas, 173 pp.

---

## Planos

- Ubicación General del Proyecto en el Campus Politécnico PPC 1
  - Levantamiento Topográfico PPC 2
  - Mapa Geológico y Prospección Geotécnica de Campo PPC 3
  - Prestamos y Canteras PPC 4
  - Cuenca de Drenaje PPC 5
  - Capacidad del Reservorio PPC 6
  - Ubicación General del Cuerpo de Presa, Aliviadero y Vaso PPC 7
  - Diseño de Presa PPC 8
  - Secciones Transversales de la Presa PPC 9
  - Diseño del Aliviadero PPC 10
  - Diseño de las Partes del Aliviadero I PPC 11 A
  - Diseño de las Partes del Aliviadero II PPC 11 B
-

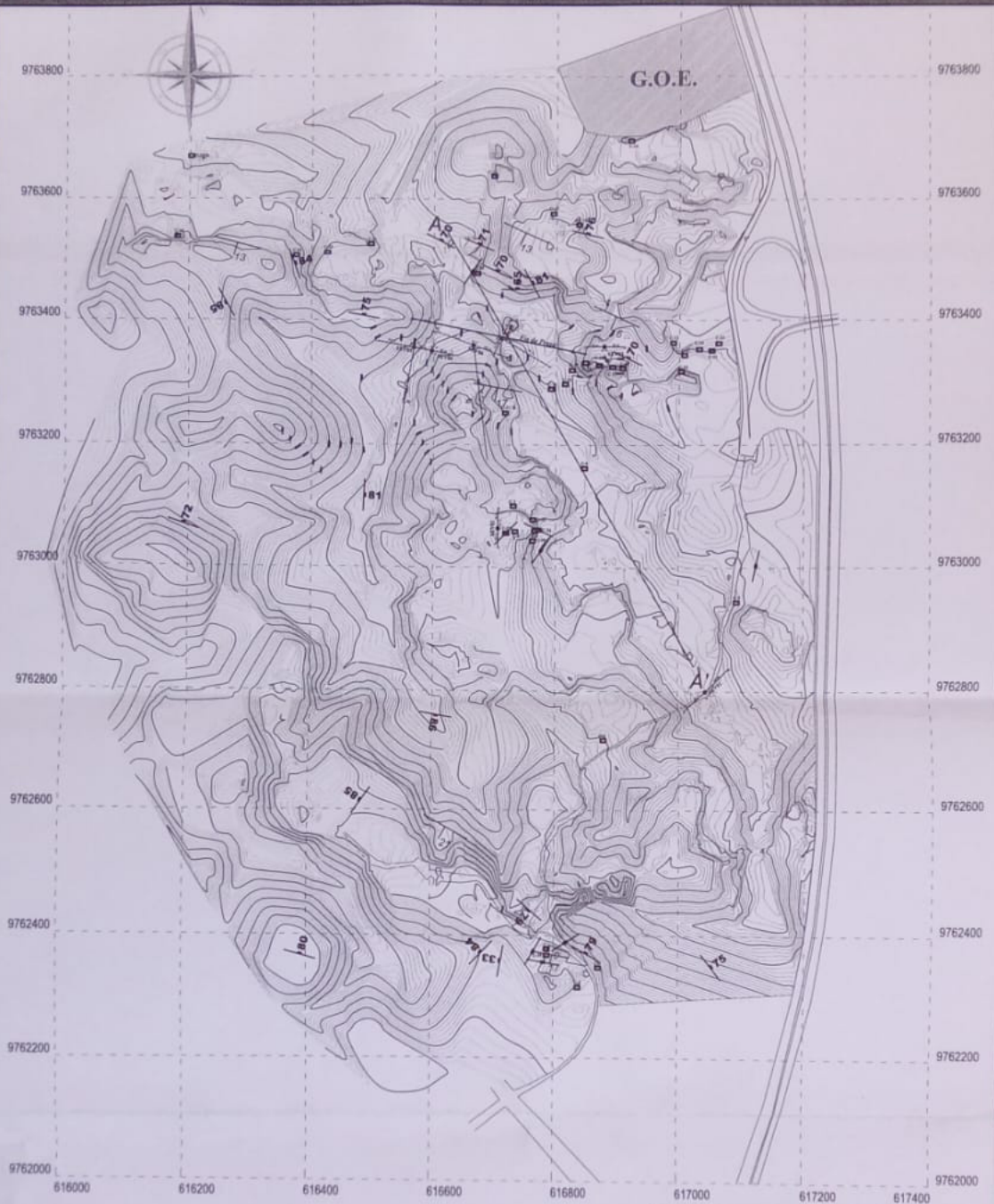


<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
<b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE</b>			
<b>UBICACION DEL PROYECTO EN EL CAMPUS</b>			
Carrera:			
Diseño:		Coordinador del Proyecto Presa de Embalse (COPPE):	
Ing. Miguel Ángel Chávez Obregon		Ingeniero Edilberto F. Velasco, P.E.B.	
Unidad de Planeación (UPN):		Diseño:	
Ing. Edilberto		Ingeniero Oscar Guzmán Gutiérrez	
AECTUA ESPOL:		Fecha:	
Módulo Tech. Geomática, P.E.B.		Mayo/2005	
		Lugar:	
		10000	

PPC  
1



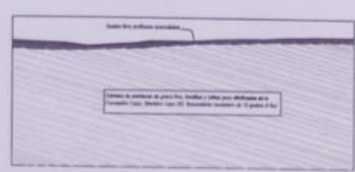




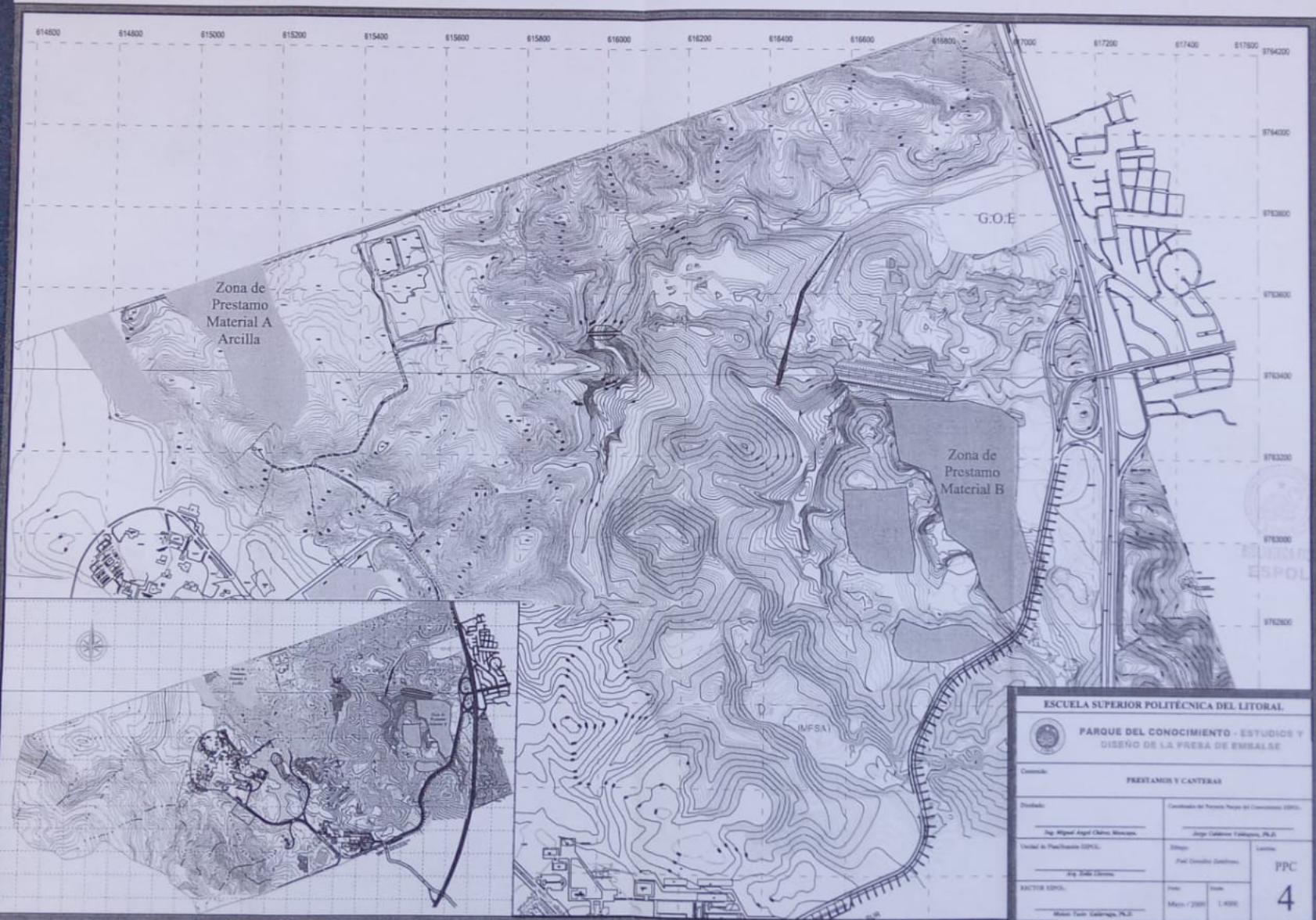
**SIMBOLOGIA**

- Rumbos y Direccionamiento de Estratos
- Rumbos y Direccionamiento de Discontinuidades
- Discontinuidades con 30 grados de basement
- Cisternas
- Sonidos Electricos Vertical

**PERFIL GEOLOGICO A-A'**



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
<b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE</b>			
<b>MAPA GEOLOGICO Y PROSECCION GEOTECNICA DE CAMPO</b>			
Cursante:			
Nombre:		Coordinador del Proyecto: Profesor Ad. Convencional ESPOL:	
Especialidad:		Jorge Calderon Fallagas, Ph.D.	
Unidad de Planeación ESPOL:		Lugar:	
Ing. Roberto Herrera		Paulo Gonzalez Zambrano	
FACTOR ESPOL:		Fecha:	
Módulo Técnico: Geología, Ph.D.		Mayo / 2009	
		Escala: 1:3000	
			<b>PPC</b>
			<b>3</b>



Zona de Prestamo Material A Arcilla

Zona de Prestamo Material B

G.O.E

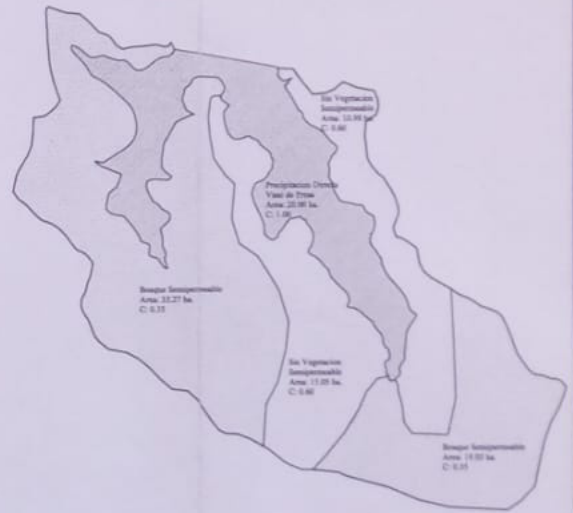
M.F.S.A.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
 <b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE ENBALSE</b>			
Comando: <b>PRESTAMOS Y CANTERAS</b>			
Diseñado:		Coordinado del Proyecto: <small>Proyecto del Comisariado (COP)</small>	
Ing. Miguel Ángel Chávez Mancera		Jorge Calderín Valdivia, P.L.S.	
Unidad de Planeación (UPC):		Área:	
Ing. Jaime Gómez		Prof. Guadalupe Gutiérrez	
FACTIBILIDAD (COP):		Escala:	
Miguel Ángel Chávez Mancera, P.L.S.		Max: 1/2000    Min: 1/4000	
		Miguel Ángel Chávez Mancera, P.L.S.	
			<b>PPC</b>  <b>4</b>



Ponderación del Coeficiente C por los diversos Usos del Suelo

Descripción	Área (ha)	Área ponderada	Cuadrante	Cuanto ponderado
Uso de Pesca	10.00	10.00%	1	0.25
Reserva Semipermanente Cautivada	25.07	25.07%	2.00	0.50
San Vigatorio Semipermanente Turismo	20.00	20.00%	3.00	0.75
San Vigatorio Semipermanente Agricultura	20.00	20.00%	3.00	0.75
Reserva Semipermanente Carbon Negro	15.00	15.00%	4.00	0.37
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00%</b>		<b>0.34</b>



Simbología

- Límite de Cuenca de Drenaje
- Curvas de Nivel de Terreno no inundado
- Área de Cuenca de Drenaje
- Curvas de Nivel de Vaso de Pesca

Nota:

Los coeficientes C han sido determinados de "Apuntes de Clases de Hidrología" Autor: Ing. B. Montoya C.

Los coeficientes fueron determinados de la columna de pendientes de terreno Meías (5% - 20 %)

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE ERIBALDÉ**

---

Carrizalito: **CUENCA DE DRENAJE**

---

Profesor: Ing. Miguel Ángel Chávez Montoya	Asesorado: M. Ricardo Pizarro del Corredor (EPFL)
Localidad de Planificación (EPFL): Apto. 2466 Gómez	Dirección: Calle General Jordana
INSTITUCIÓN: Mineduc. Tecn. - Hidrología, P.O.	Fecha: Mayo - 2007

Curso: **PPC**


5

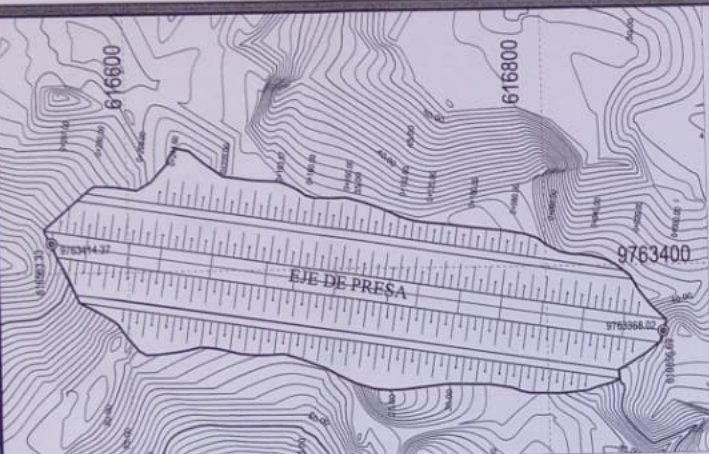


616000 616200 616400 616600 616800 617000 617200

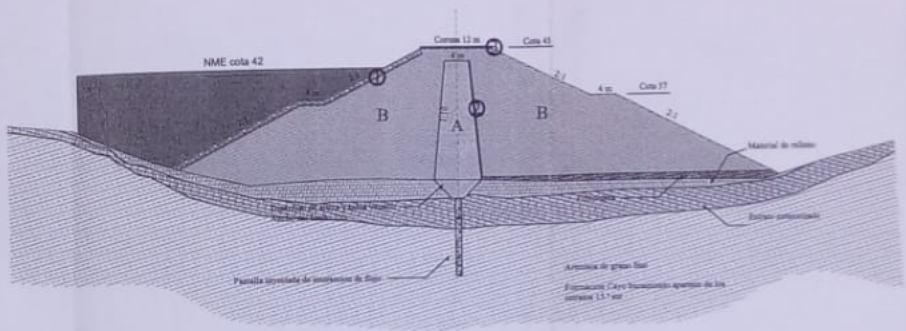
9764000  
9763800  
9763600  
9763400  
9763200  
9763000  
9762800  
9762600  
9762400  
9762200



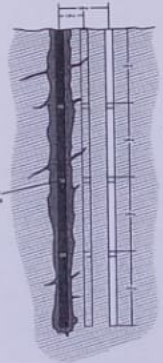
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>		
 <b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE Y YAMÓ</b>		
Cursado: <b>UBICACION GENERAL DE CUERPO DE PRESA, ALVIADERO Y YAMÓ</b>		
Creador:		Coordinador del Proyecto Técnico del Curso: <b>INGENIERO</b>
Prof. Miguel Angel Chávez Martínez		Ing. Guillermo Velázquez, P.R.
Unidad de Planificación: <b>ENPL</b>		Oficina: <b>Plan Operativo Académico</b>
Ing. Raúl Torres		Fecha: <b>Mayo / 2008</b>
Autor del Mapa: <b>Manuel León Velázquez, P.R.</b>		Escala: <b>1:4000</b>
		<b>PPC</b> <b>7</b>



PERFIL TIPO DE LA PRESA

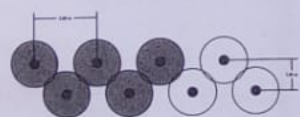


Disposición vertical de las inyecciones

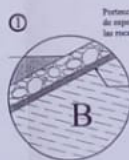


La inyección se de una tubulada de aluminio y laminada con un aditivo.  
 Profundidad de inyección variable desde 0.2 hasta 4.3 metros.

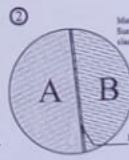
Vista en planta del proceso de inyección



Radio de acción de la inyección: 1.50 m



Profundidad de cerramiento de 0.90 m de espesor, 0 de 0.20 - 0.30 m de las rocas.

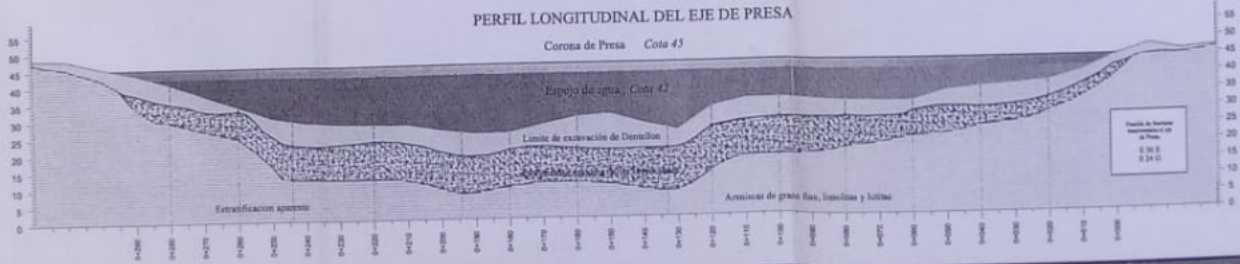


Material Tipo A Arena limosa.

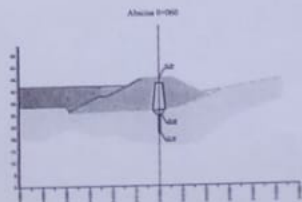
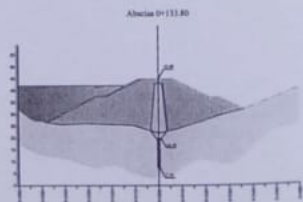
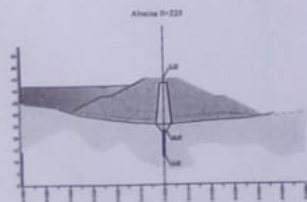
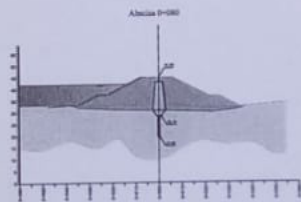
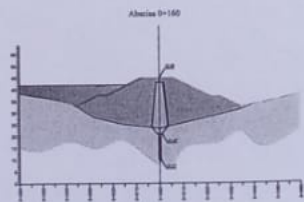
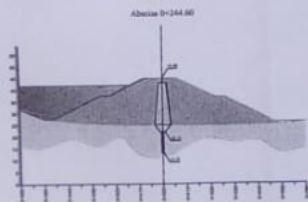
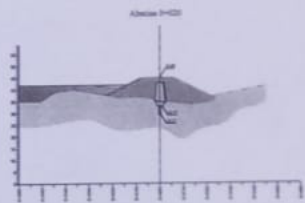
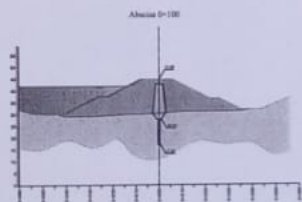
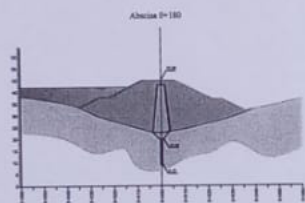
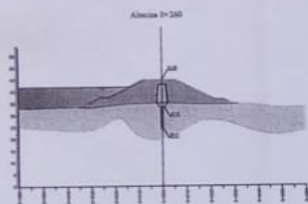
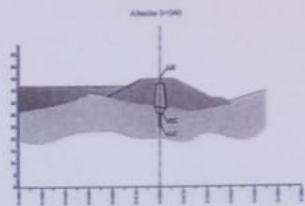
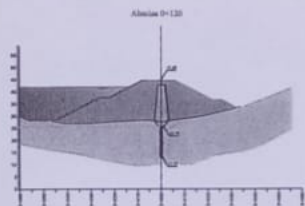
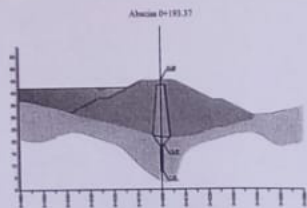
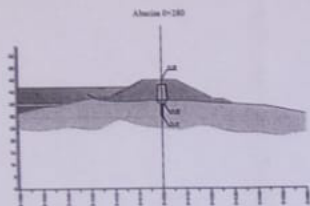



Material de base Tipo 1 (MT01) espesor de 0.20 m.

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE PRESA



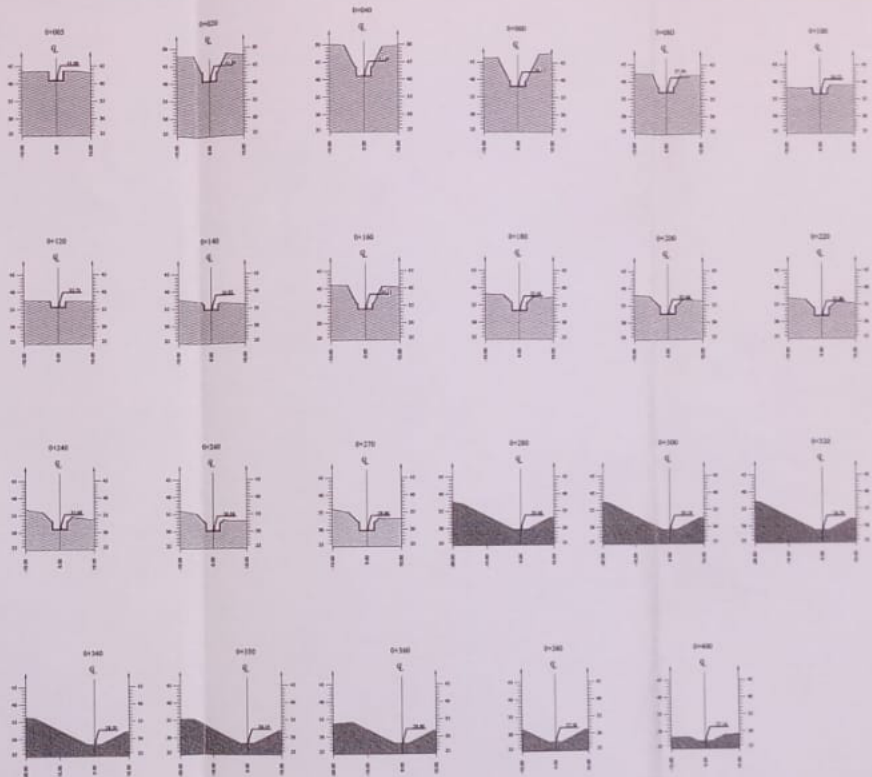
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
<b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE</b>			
Carrera:		DISEÑO DE LA PRESA	
Docentes:		Coordinador del Proyecto: Profesor del Departamento 1995.	
Ing. Miguel Ángel Chávez Alvarado		Ing. Carlos Trujillo, Ph.D.	
Unidad de Planeación DUN:		Diseño:	
Prof. Claudio Zamora		Ing. José Gómez	
SECTOR EMBAL:		Fecha: Mayo / 2009	
Módulo Técnico: Geotecnia Ph.D.		Sede: San Rafael	
			8



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
 <b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE ENBALE</b>			
<b>SECCIONES TRANSVERSALES DE LA PRESA</b>			
Diseñador: Ing. Miguel Ángel Torres Alvarado		Coordinador de Proyecto: Profesor del Departamento: EPMO. Jorge Calderín Paredes, Ph.D.	
Unidad de Planeación EPMO: Ing. Sulei Gómez		Oficina: Paul Claudio Jordán	
AUTORA EPMO: María Yule Calderín, Ph.D.		Fecha: Mayo 2008	Lugar: San Sebastián
			PPC <b>9</b>



9763800

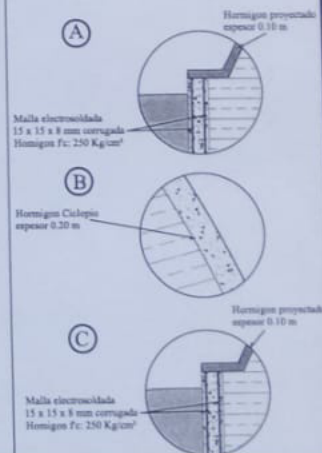
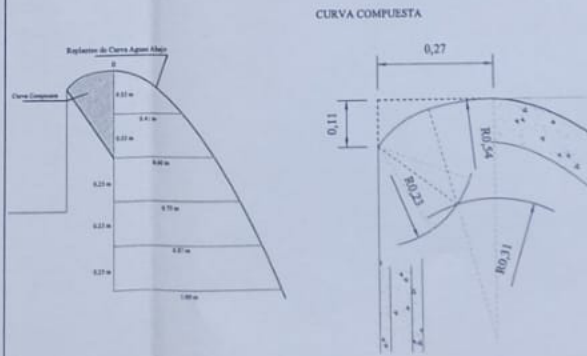
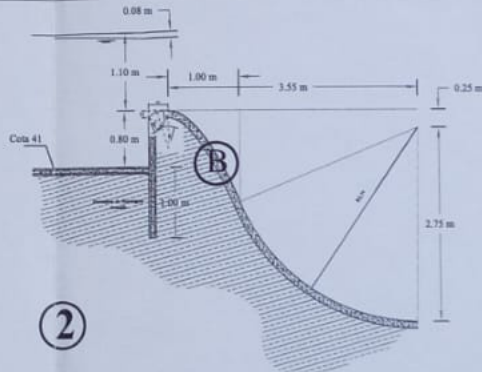
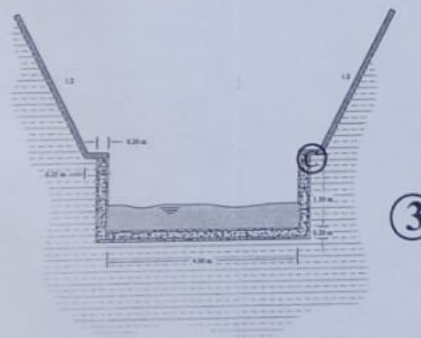
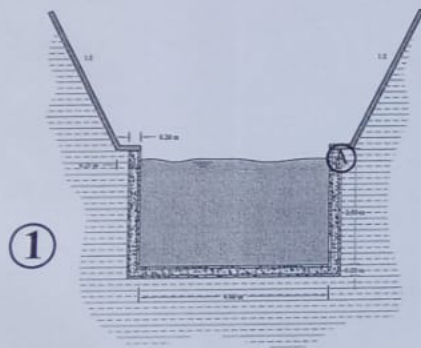
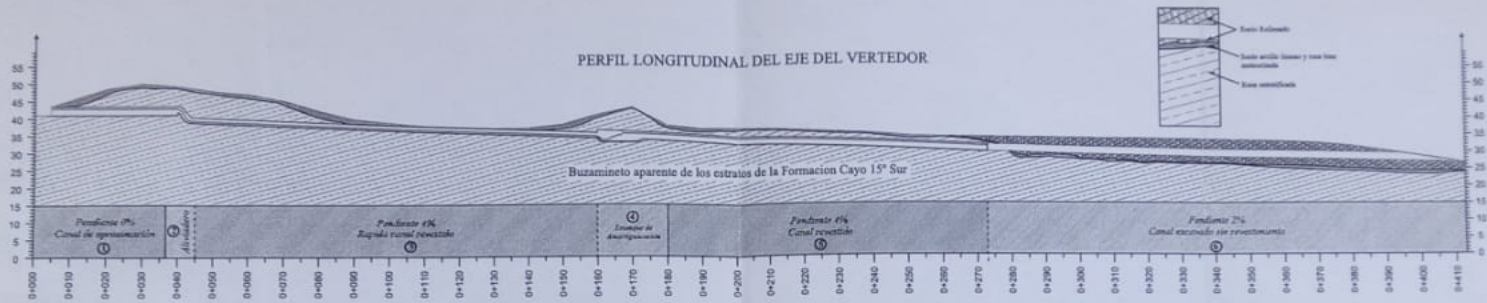


PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL VERTEDOR



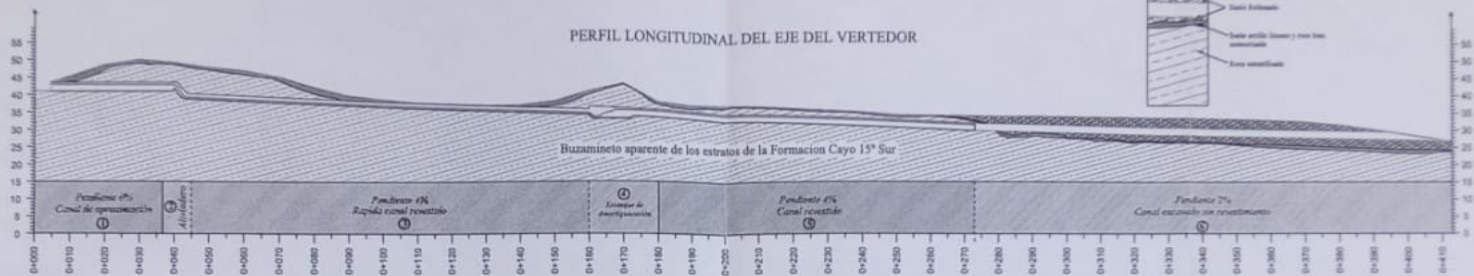
INSTITUTO  
ESPOL

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>	
<b>PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE</b>	
<b>DISEÑO DEL ALIVIADERO</b>	
Creador: <b>DISEÑO DEL ALIVIADERO</b>	
Diseñado: <b>Ing. Miguel Ángel Chávez Mena</b>	Coordinado por: <b>Ing. Calderón Faldague, Ph.D.</b>
Unidad de Planeación ESPOL: <b>Ing. Jaime Salazar</b>	ESPOL: <b>Prof. Gerardo Zambrano</b>
Autor: <b>Ing. Jaime Salazar</b>	
ACTOR: <b>ESPOL</b>	Fecha: <b>Mayo / 2009</b>
Lugar: <b>Six Tarachi</b>	
Módulo: <b>Tec. Construcción P.A.J.</b>	
<b>PPC</b>	
<b>10</b>	

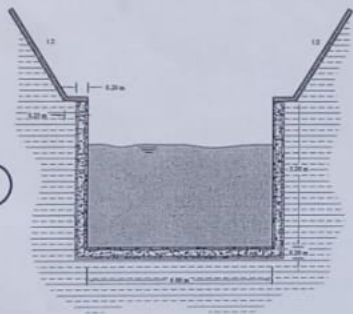


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE			
Contenido			
DISEÑO DE LAS PARTES DEL ALTIWADERO			
Diseñado:	Coordinado del Proyecto: Profesor del Departamento 1095.		
Ing. Miguel Ángel Chávez Mena	Ing. Carlos Rodríguez, P.E.		
Unidad de Planeación EPFL:	Diseño:	Lector:	
Ing. José Lora	Prof. César Zamora	PPC	
AUTORA EPFL:	Fecha:	Día:	11A
Mónica Tosti Gutiérrez, P.E.	Mayo / 2008	Ene. 2008	

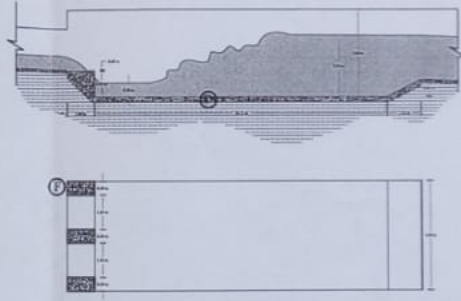
PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DEL VERTEDOR



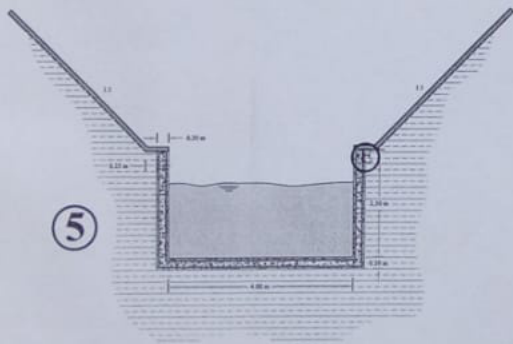
4



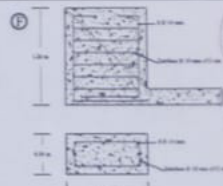
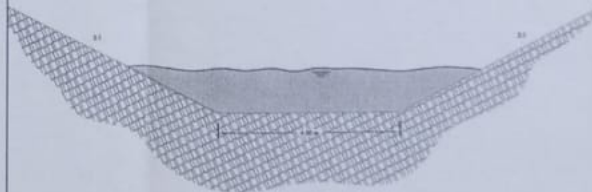
DETALLE DE EL ESTANQUE AMORTIGUADOR



5



6



Malla electrosoldada  
15 x 15 x 8 mm corrugada  
Hormigón Fc: 250 Kg/cm<sup>2</sup>

Hormigón proyectado  
espesor 0.10 m

Malla electrosoldada  
15 x 15 x 8 mm corrugada  
Hormigón Fc: 250 Kg/cm<sup>2</sup>

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y  
DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE

Curso:

DISEÑO DE LAS PARTES DEL ALVIADERO

Diseño:

Ing. Miguel Ángel Chávez Montoya

Clasificación del Proyecto: Proyecto del Departamento EDPD

Ing. Calderón Villalón, P.E.

Unidad de Planeación IDPD

Unidad de Planeación IDPD

Ing. Edilberto

Prof. Claudio Jiménez

ESCUELA IDPD

Fecha: Mayo / 2008

Sin escala

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

PPC

11B