



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN**

**“ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SITIO RÍO TECOLOTÁN,  
PARA LA PRESA DE ALMACENAMIENTO LOS PANALES,  
MUNICIPIO DE CABO CORRIENTES, JALISCO”.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:

**ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA**

PRESENTA:

**MARCO ANTONIO BAUTISTA APARICIO**

ASESOR: DR. JOSÉ MARÍA CHÁVEZ AGUIRRE



ACATLÁN ESTADO DE MÉXICO.

MAYO 2010.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

		Página
	<b>CAPÍTULO I</b>	
1.	<b>Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
	<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>4</b>
	<b>1.2 Geografía y vías de comunicación.....</b>	<b>5</b>
	<b>1.3 Fisiografía.....</b>	<b>7</b>
	<b>1.4 Hidrografía.....</b>	<b>8</b>
	<b>1.5 Sismicidad.....</b>	<b>8</b>
	<b>1.6 Geología regional.....</b>	<b>9</b>
	<b>CAPÍTULO II</b>	
2.1	<b>Geología de la boquilla.....</b>	<b>12</b>
	<b>2.1.1 Levantamiento geológico superficial de la boquilla.....</b>	<b>12</b>
	<b>2.1.2 Estratigrafía.....</b>	<b>12</b>
2.2	<b>Geología del vaso de almacenamiento.....</b>	<b>14</b>
	<b>2.2.1 Levantamiento geológico superficial del vaso.....</b>	<b>14</b>
	<b>2.2.2 Estratigrafía.....</b>	<b>14</b>
	<b>CAPÍTULO III</b>	
3.1	<b>Exploraciones en boquilla.....</b>	<b>17</b>
	<b>3.1.1 Método de Refracción sísmica.....</b>	<b>17</b>
	<b>3.1.1.2 Resultados de la exploración geofísica.....</b>	<b>19</b>
	<b>3.1.2 Método directo.....</b>	<b>20</b>
	<b>3.1.2.1 Programa de sondeos geológicos.....</b>	<b>20</b>
	<b>3.1.2.2 Resultados de los sondeos.....</b>	<b>22</b>
	<b>3.1.3 Pruebas de permeabilidad.....</b>	<b>22</b>
	<b>3.1.3.1 Permeabilidad tipo Lugeon.....</b>	<b>23</b>
	<b>3.1.3.2 Permeabilidad tipo Lefranc.....</b>	<b>28</b>
	<b>CAPÍTULO IV</b>	
4.1	<b>Análisis del macizo rocoso en boquilla.....</b>	<b>32</b>
4.2	<b>Pruebas de laboratorio.....</b>	<b>32</b>
4.3	<b>Caracterización geomecánica.....</b>	<b>34</b>
4.4	<b>Conclusiones.....</b>	<b>36</b>
	<b>CAPÍTULO V</b>	
5.1	<b>Materiales de construcción.....</b>	<b>38</b>
	<b>5.1.1 Banco de agregados.....</b>	<b>39</b>
	<b>5.1.2 Bancos de material impermeable.....</b>	<b>40</b>
	<b>5.1.3 Banco de roca y rezaga.....</b>	<b>41</b>
5.2	<b>Pruebas de laboratorio.....</b>	<b>42</b>
5.3	<b>Conclusiones.....</b>	<b>44</b>

<b>CAPÍTULO VI</b>		
<b>6.1</b>	<b>Selección del tipo de cortina.....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO VII</b>		
<b>7.1</b>	<b>Tratamiento de la cimentación.....</b>	<b>52</b>
	<b>7.1.1 Tapete de consolidación.....</b>	<b>52</b>
	<b>7.1.2 Pantalla de impermeabilización.....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO VIII</b>		
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>54</b>
	<b>8.1 Recomendaciones.....</b>	<b>54</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>
	<b>Lámina 1. Topografía del vaso de Almacenamiento.....</b>	<b>57</b>
	<b>Lámina 2. Planta y perfil de secciones geofísicas de la boquilla.....</b>	<b>58</b>
	<b>Lámina 3. Localización de sondeos geológicos.....</b>	<b>59</b>
	<b>Lámina 4. Recuperaciones y calidad de roca.....</b>	<b>60</b>
	<b>Lámina 5. Variaciones de la permeabilidad.....</b>	<b>61</b>
	<b>Lámina 6. Perfil geológico-geotécnico de la boquilla.....</b>	<b>62</b>
	<b>Lámina 7. Alternativas de selección de Cortina.....</b>	<b>63</b>
	<b>Lámina 8. Pruebas de permeabilidad tipo Lugeon.....</b>	<b>64</b>
	<b>Lámina 9. Pruebas de permeabilidad tipo Lefranc.....</b>	<b>65</b>
	<b>Lámina 10. Localización general de bancos de materiales.....</b>	<b>66</b>
	<b>Lámina 11. Localización de bancos de agregados.....</b>	<b>67</b>
	<b>Lámina 12. Localización de bancos de material impermeable.....</b>	<b>68</b>
	<b>Lámina 13. Localización de bancos de roca y rezaga.....</b>	<b>69</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>70</b>

## **CAPÍTULO I**

## **1. Antecedentes**

### **1.1 Introducción**

El presente estudio es de carácter geotécnico y fue necesario para definir la factibilidad técnica de construcción de la Presa de Almacenamiento "Los Panales", municipio de Cabo Corrientes, Jalisco; se incluyen el conjunto de investigaciones del subsuelo efectuadas mediante perforaciones, excavaciones, pruebas en laboratorio y en campo, con objeto de conocer los parámetros geológicos y geotécnicos hasta la profundidad que afecte el proyecto.

La zona de estudio se localiza en la porción occidental del estado de Jalisco, en la que el sitio de proyecto está sujeto a exploraciones en la que se emplearon tanto métodos directos (sondeos geotécnicos), como indirectos (métodos geofísicos en la modalidad de refracción sísmica).

En la década de los 70's los habitantes de las comunidades de José María Morelos, Llano Grande de Ipala, Villa del Mar (Maito), los Naranjitos y Aquiles Serdán del municipio de Cabo Corrientes, Jalisco; hicieron la solicitud a la extinta SARH, de construir una presa de almacenamiento sobre el Río Tecolotán denominada Los Panales, para beneficiar aproximadamente a 1,540 ha. Durante las décadas de los 70's y 80's, la extinta SARH a través de sus diferentes departamentos realizó una serie de estudios básicos para analizar la viabilidad del proyecto.

Finalmente en el año 2007, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) retoma la información proporcionada por la extinta SARH donde se realizaron los estudios básicos preliminares e inicia con los estudios complementarios para el Estudio de Factibilidad de la Presa de Almacenamiento Los Panales. En el que contempla inicialmente, tres sitios probables para la construcción de la Presa, sin embargo, debido al incremento de superficie a beneficiar, se descarta un sitio; el cual quedaron los sitios Los Panales y Los Conejos, la elección del sitio se determinó de acuerdo a la que presentó los mejores indicadores de rentabilidad, es decir, el menor costo, realizado en su momento y beneficiar con riego una superficie de 6,993 ha., pertenecientes a diversas comunidades del Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco.

Como resultado del Estudio de Factibilidad se tiene que el sitio denominado los Panales, reúne las condiciones favorables tanto geológica, geotécnica, topográficas, hidrológicas e hidráulicas, para la construcción de la presa del proyecto en estudio.

De lo anterior, la CONAGUA en el año 2008 realizó los Estudios Básicos Complementarios y Proyecto Ejecutivo de la Presa de Almacenamiento Los Panales, cuyo objetivo es beneficiar con riego una superficie de 6,993 ha., para las comunidades de José María Morelos, Llano Grande de Ipala, Villa del Mar, Los Naranjitos, Aquiles Serdán, Peregrina de Gómez, Graciano Sánchez y otros, así mismo, brindar protección a las áreas productivas y centros de población situados aguas abajo del sitio.

La presente tesina aborda los principales estudios de carácter geotécnico correspondiente al obtenido de las etapas de Factibilidad e ingeniería básicas, y Proyecto Ejecutivo de la Presa de Almacenamiento Los Panales.

Como anteproyecto de la presa de almacenamiento con fines de riego agrícola, se tiene considerado una cortina vertedora de concreto convencional, ya que por insuficiencia de material impermeable se desechó la alternativa de enrocamiento con núcleo de arcilla (ENA), mientras que una cortina de enrocamiento con cara de concreto (ECC) resultó más costosa, de acuerdo al análisis costo-beneficio realizado en su momento, y que no es el alcance del presente estudio; por lo que, se tiene la finalidad de presentar los estudios realizados para la determinación del tipo de cortina recomendable desde el punto de vista geológico-geotécnico.

## 1.2 Geografía y vías de comunicación

*Ubicación geográfica:* La superficie de estudio geográficamente se encuentra ubicada por los paralelos  $20^{\circ} 15' 30''$  y  $20^{\circ} 18' 30''$  de latitud norte; así como entre los meridianos  $105^{\circ} 32' 00''$  y  $105^{\circ} 38' 30''$  de Longitud Oeste, con una altura media sobre el nivel del mar de 60 a 130 m. El sitio del proyecto se sitúa sobre el Río Tecolotán, entre las rancherías Graciano Sánchez y Junta de Las Chotas, a 39 km del Poblado El Tuito por un camino de terracerías.

*Ubicación política:* El área del proyecto los Panales se encuentra en el Municipio de Cabo Corrientes, Jal. El área de estudio la integran las localidades de los Ejidos José María Morelos, Llano Grande de Ipala, Villa del Mar (Maito), los Naranjitos y Aquiles Serdán, así como la pequeña propiedad de Tecolotán, aledaña a la margen de dicho río.

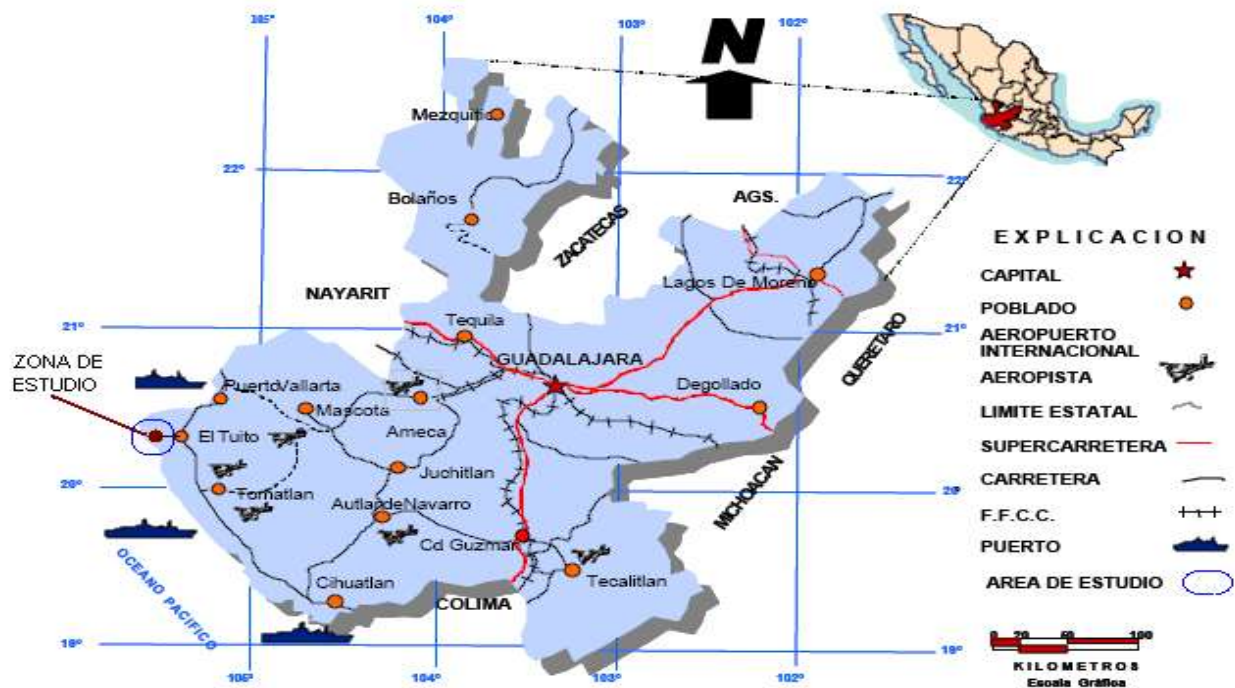


Figura 1. Ubicación Geográfica (INEGI).



Figura 2. Localización del área de estudio (INEGI)



### 1.3 Fisiografía

Fisiográficamente se ubica en la Provincia Altiplanicie Septentrional en las proximidades de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neovolcánico Mexicano. La geomorfología está constituida por un área montañosa en estado de juventud, con altos picos y profundas barrancas de fuertes pendientes.



Figura 3. Vías de acceso al sitio de estudio. (SCT, 1999).

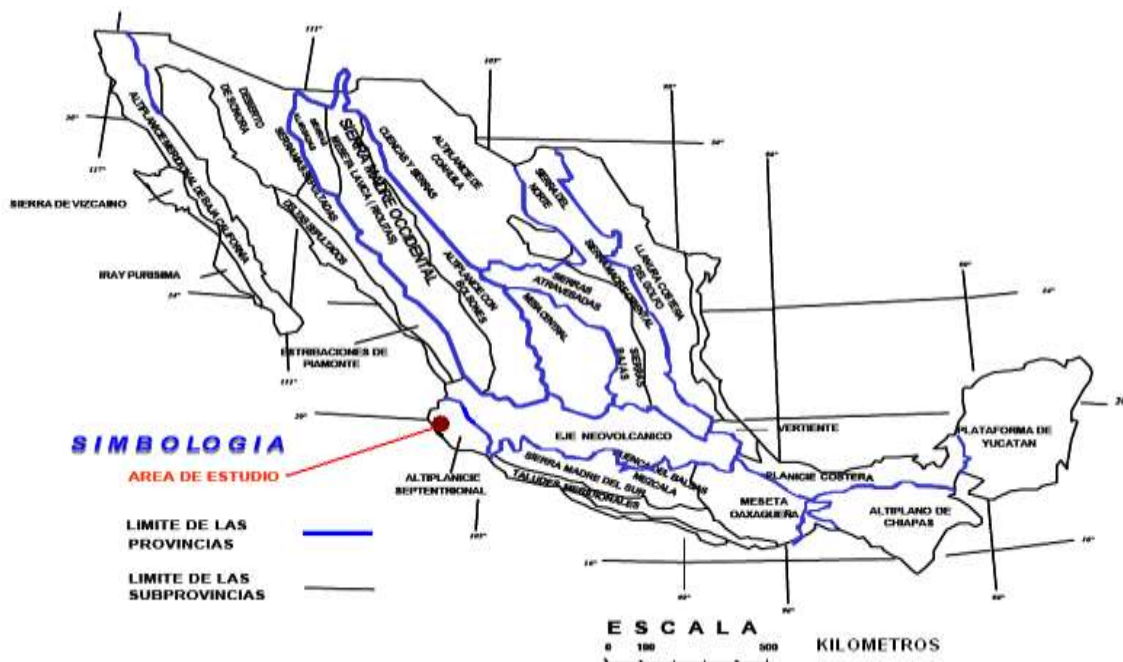


Figura 4. Provincias fisiográficas (INEGI, 1981).

### 1.4 Hidrografía

Está dentro de la cuenca Pacífico Centro y subcuenca Ameca-Tomatlán-Río Cuale. Sus recursos hidrológicos son proporcionados por los ríos: las Juntas, el Tuito, Horcones y Tecolotán. Están también los arroyos: Ipala, Boquita, Puchiteca, Tabo Pilero, Maxeque y Peñita. No existen manantiales de aguas termales en la zona del vaso y en la boquilla; además se encuentran los esteros: Maito, Boquita y Tecolotán en la desembocadura al mar.

### 1.5 Sismicidad

Con base en la carta de Regionalización Sísmica de la República Mexicana el área del proyecto se encuentra situada en la zona D, y de acuerdo a la consistencia de los suelos se clasifica como Tipo I (zona de alta rigidez) con un coeficiente sísmico de  $C_s=0.50$  (Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, 1993).



Figura 5. Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 1993).

## 1.6 Geología regional

Tectónicamente la zona del Sitio de la Boquilla Río Tecolotán, se localiza dentro del bloque Jalisco y ocupa la provincia geológica denominada Batolito de Puerto Vallarta producido por el mecanismo de subducción interactuado por la Placa Rivera, la Placa de Cocos y la Placa Norteamericana (Figura 6); además de la oblicuidad y los diferentes ángulos de la subducción, a lo largo de la Trinchera Mesoamericana.

**El Batolito Puerto Vallarta** (Ks Gr-Gd).-Esta unidad fue definida por Gastil et al. 1978; presenta superficie sana, textura fanerítica equigranular de color blanquizo y de poco fracturamiento, la cual se presenta en forma de complejos ígneos, que pueden ser troncos, diques y apófisis. Esta roca intrusiva se presenta principalmente en forma de batolitos cuya composición en general es de tipo granítico con variaciones de granito a granodiorita, su edad varía del Cretácico Superior al Terciario Inferior.

De acuerdo a su textura ígnea y al aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de sus cristales, se deduce que el efecto de enfriamiento sobre la textura de la roca es bastante directo, lo que produce una textura de tipo fanerítica (granos gruesos), es decir, que su formación proviene de masas de magma que se solidificaron lentamente por debajo de la superficie en un periodo de tiempo sumamente extenso, lo cual origina la formación de granos gruesos que se presentan como masa de cristales intercrecidos, que son aproximadamente del mismo tamaño y lo suficientemente grandes para que los minerales individuales puedan identificarse a simple vista.

Dado que las rocas faneríticas se forman en el interior de la corteza terrestre, su exposición en la superficie de la tierra sólo ocurre después de que la erosión elimina el recubrimiento que una vez rodeó a la cámara magmática.



Figura 6. Geología regional (INEGI, 1976)

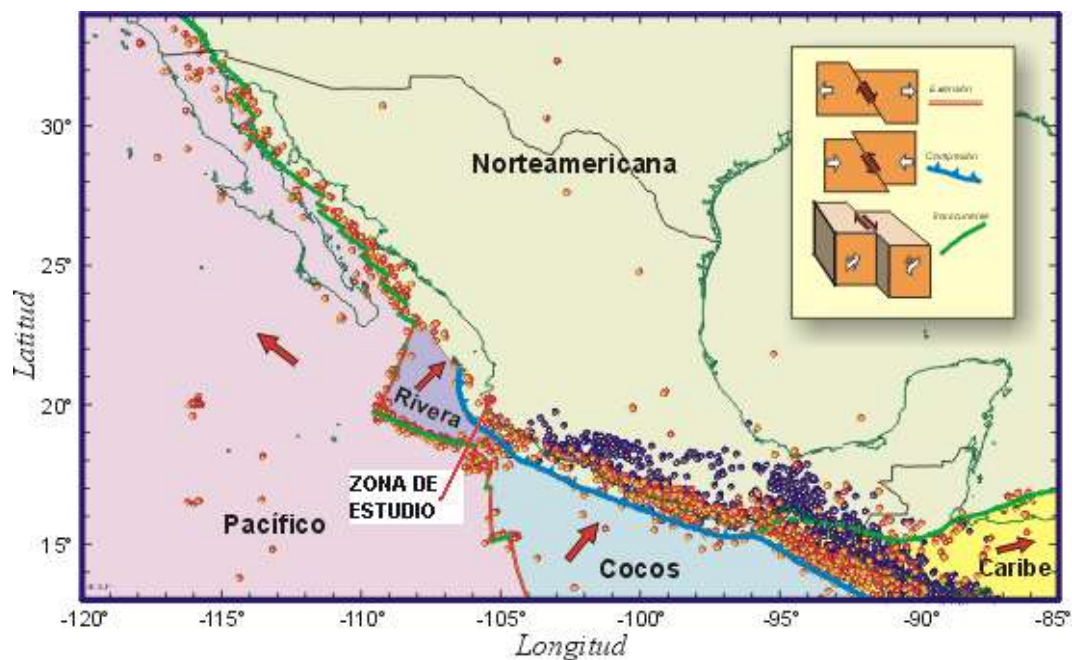


Figura 7. Tectonismo y tipos de fallas (INEGI, 1990)

## **CAPÍTULO II**

## 2.1 Geología de la boquilla

La primera fase del estudio geológico para el diseño de las obras con fines de riego agrícola fue el reconocimiento preliminar, donde se recabó la información regional de tipo general. Este reconocimiento se realizó con el auxilio de cartas geográficas, topográficas, geológicas y de sismicidad regional.

### 2.1.1 Levantamiento geológico superficial de la boquilla

Con el objeto de conocer los aspectos litológicos y estructurales, y formular un modelo geológico-geotécnico de la boquilla, se efectuó el levantamiento geológico superficial de detalle en la faja de terreno que albergará la cortina y obras complementarias del proyecto, apoyado en el plano topográfico; así como de cartografía del sitio obtenida de la geología regional de INEGI.

La boquilla es topográficamente asimétrica, presenta una pendiente más fuerte en la margen derecha y medianamente suave en la izquierda; en ambas márgenes se observan afloramientos de rocas graníticas acentuándose más en la margen derecha, donde la erosión del agua descubre afloramientos de roca poco fracturada, sin estratificación y de intemperización baja.

### 2.1.2 Estratigrafía

La boquilla es topográficamente asimétrica, y presenta las siguientes características geológicas.

**Margen Derecha.** Se presenta una cubierta vegetal cuya profundidad promedio es de 0.60 m representada por material arcilloso, seguido del afloramiento de roca de textura fanerítica (grano de minerales gruesos), representadas por granitos color gris de fracturado a poco fracturado de pendientes fuertes con ángulos superiores a 40° (Fotografía 1).

**Cauce del Río.** Se presentan afloramientos de rocas considerables en magnitud y tamaño tanto aguas abajo como aguas arriba, conservando la unidad de roca representada por granito gris poco fracturado. Se observa depósito aluvial producto de acarreo de épocas recientes representado por arenas de medio a grueso, color café claro cuyo espesor promedio es de 1.20 m (Fotografía 2).

**Margen Izquierda.** Se presenta una cubierta vegetal cuya profundidad promedio es de 1.30 m representada por material arcilloso, seguido de depósitos de suelo residual con espesor promedio de 8.0 m, el cual sobreyace a la unidad de roca granítica fracturada con espesor promedio de 10 m. Seguido de roca granítica poca fracturada como basamento rocoso.

Se realizaron en el eje de la boquilla dos pozos de exploración a cielo abierto, uno por cada margen con la finalidad de precisar el levantamiento geológico superficial de detalle, de los cuales se obtuvo que la margen derecha tiene suelo arcilloso orgánico, correspondiente a la cubierta vegetal cuyo espesor promedio es de 0.60 m y en la margen izquierda es de 1.30 m.



**Fotografía 1.** Margen derecha de la boquilla.



**Fotografía 2.** Vista del cauce de la boquilla.

## 2.2 Geología del vaso de almacenamiento

Se determinó que el tipo de roca que predomina en la zona es granito, con fracturas a nivel regional y sano a nivel local, con fallas principalmente en dirección NW 45° SE, no se presenta actividad volcánica ni hay manantiales. Se presenta alta actividad sísmica debido al tectonismo regional, ocasionado por el desplazamiento de Subducción de la placa Rivera y la placa de Cocos en la placa Norteamericana.

### 2.2.1 Levantamiento geológico superficial del vaso

Apoiado en el plano topográfico, geología regional y verificación física del sitio, las unidades de roca que afloran en la zona de estudio corresponden a rocas graníticas de textura ígnea (granito-granodiorita), las cuales abarcan la mayor parte de la superficie del vaso. Así mismo, se observa la alteración de rocas en las laderas a lo largo del cauce del río Tecolotán, producto de la meteorización del mismo, el cual se ha venido depositando al pie de dichos taludes; así como el depósito de suelo residual observado en los cortes de taludes.

El vaso tiene forma irregular y de pendiente suave (0.8%) por lo que abarca un área muy amplia, cuya superficie es de 550 ha. aproximadamente y su longitud en la parte central (cauce) es de 9.5 km. Ver Lámina 1, Topografía del vaso de almacenamiento en anexo.

Geológicamente a lo largo del cauce que conforma el vaso se caracteriza por lo siguiente; se encuentra cubierto por material aluvial en el cauce, constituido por arenas de grano medio a grueso, café claro y mal graduadas (SP), se infiere un espesor aproximado de 1.20 metros; a lo largo de la zona del cauce se encuentran aflorando rocas graníticas color gris claro.

El vaso está constituido por laderas de montañas predominantes de pendientes fuertes, debido al gran desarrollo que tiene la red fluvial y que a lo largo del cauce se reconocen meandros fijos, las divisiones principales son generalmente valles montañosos y cuyo perfil transversal es asimétrico y en planta su configuración es rectilínea, aunque localmente en arco. En estos elementos de relieves se pueden observar cortezas de intemperismos moderados con espesor variable. Este proceso de alteración química de las rocas se ve favorecido por las condiciones climáticas de temperaturas elevadas y precipitaciones anuales mayores de 1200 mm.

Así mismo, en los cauces de los valles montañosos se observan grandes bloques de rocas graníticas que alcanzan en varios casos 5 m de diámetro; esto habla de la intensidad con que actúan los procesos del intemperismo en las montañas.

### 2.2.2 Estratigrafía

DEPÓSITOS ALUVIALES: Materiales graníticos, producto de la erosión y transporte de las rocas preexistentes de la zona, depositados en los cauces del río y planicies de inundación. En general compuestos por arenas gruesas de tamaño uniforme sin compactar, y presencia de acarreo de bloques de rocas.



DEPÓSITOS DE TALUD: Material fino y fragmentos de roca, producto de la erosión, alteración, con escaso transporte y generalmente acumulados en pie de montes. Compuesto principalmente por limos, arcillas y fragmentos de rocas preexistentes, sin compactar.

DEPÓSITOS RESIDUAL: Material fino y fragmentos de roca, producto de la erosión, alteración y acumulación in situ. Compuesto principalmente por limos, arenas y fragmentos alterados de rocas preexistentes, sin compactar.

GRANITO (Gr-Gd): Unidad constituida por roca de tipo ígneo intrusivo representada por granito y en ocasiones granodiorita con textura fanerítica; se encuentra aflorando en laderas y cauces, producto de la erosión que se ha desarrollado a través del tiempo; que se puede observar en las laderas de la boquilla y el área conformada por el vaso de almacenamiento.

## **CAPÍTULO III**

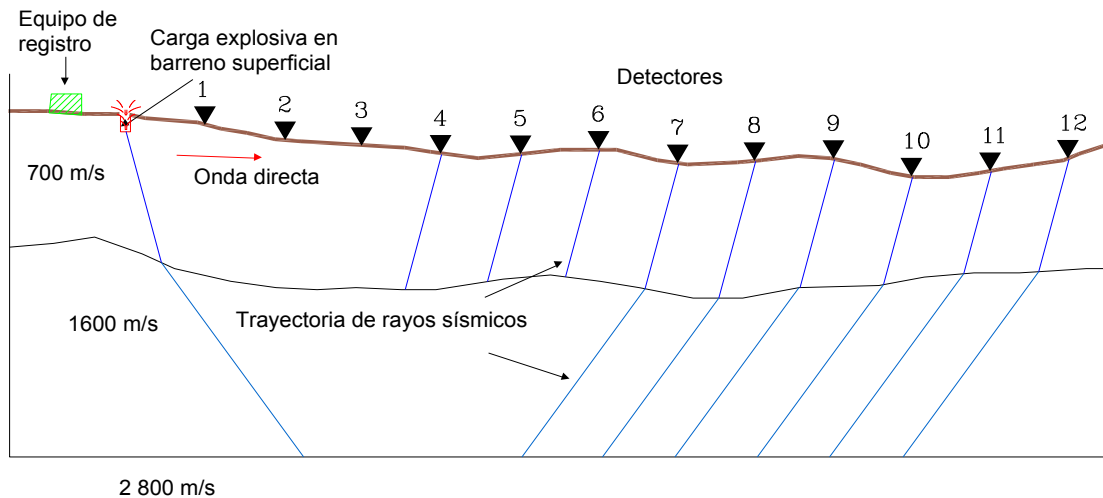
### 3.1 Exploraciones en boquilla

#### 3.1.1 Método de Refracción sísmica

El Método Geofísico de Sísmica de Refracción se utiliza en geotecnia para investigar indirectamente propiedades de los materiales del subsuelo, aprovechando el conocimiento de que la velocidad con la que se transmite la energía en las rocas, es un parámetro correlacionable a sus características físicas relativas, como aspectos de alteración, compacidad, fracturamiento, dragabilidad, cambios litológicos y decompresión, que sirven para determinar la calidad de los materiales sobre los cuales se pretende cimentar las futuras estructuras de ingeniería civil.

Así mismo, con este método es posible determinar las profundidades a las que ocurren cambios significativos de velocidades permitiendo con ésto elaborar modelos de la distribución de los diferentes tipos de materiales y/o sus propiedades físicas.

Este método se basa en las trayectorias del tiempo mínimo utilizado por las ondas sísmica longitudinal (ondas P), para propagarse desde el punto de la superficie donde se generan hasta los diferentes horizontes refractores del subsuelo y de éstos hasta otro punto ubicado en la superficie, en donde las señales son detectadas por una serie de sensores llamados sismo detectores o geófonos, que se colocan alineados con la fuente de energía. Las ondas sísmicas se generan artificialmente por medio de impactos mecánicos en la superficie, como se observa en la siguiente figura.



**Figura 8.** Refracción de las ondas P en el subsuelo.

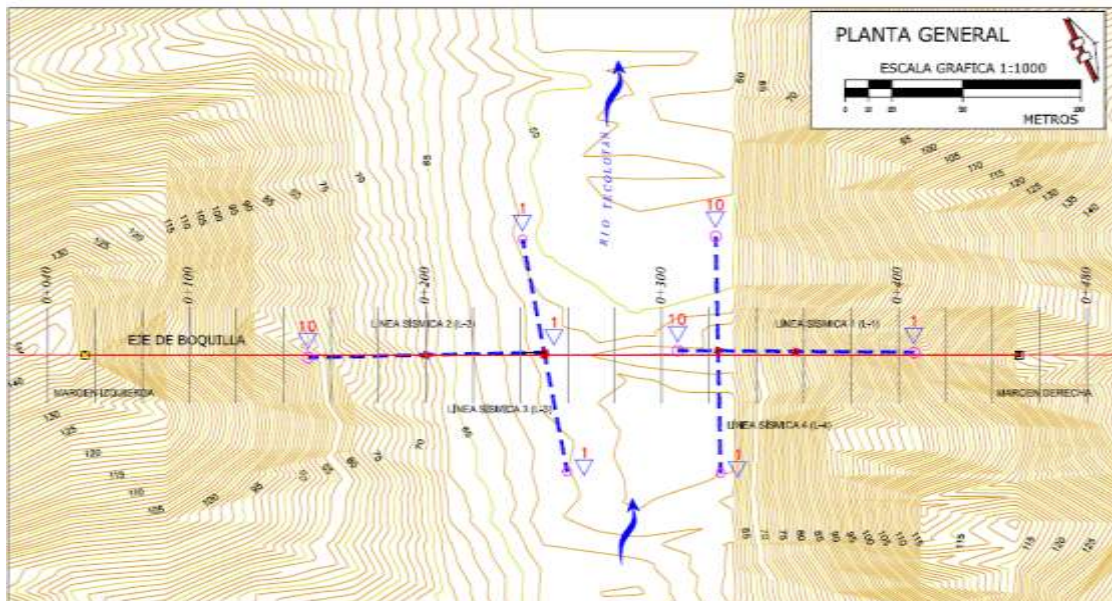
En el eje de la boquilla se realizaron cuatro tendidos sísmicos de refracción, con separación entre geófonos de 10 m, para alcanzar una longitud de 100 m y 30 m de profundidad en promedio de investigación, ya que se utilizó como fuente de energía un tripié con caída de peso de 50 kg., debido a la restricción del uso de explosivos para generar la señal.

Para todas las secciones sísmicas se utilizaron tres puntos de tiro; dos en los extremos a 5 m de separación del primer geófono y uno al centro.

La investigación geosísmica se realizó a lo largo de líneas previamente trazadas en el terreno mediante 4 tendidos sísmicos, cubriendo un total de 400 m de investigación en zona de la boquilla (ver Lámina 2, Planta y Perfil de secciones geofísicas en Anexo); distribuidos el volumen de obra como se indica a continuación.

**Tabla 1.** Volumen de obra del tendido sísmico.

Zona de la Boquilla	Longitud (m)
Margen Derecha	100
Margen Izquierda	100
Sección transversal al Eje en Margen Derecha	100
Sección transversal al Eje en Margen Izquierda	100



**Figura 9.** Planta general del estudio geofísico.

### 3.1.1.2 Resultados de la exploración geofísica

A partir de la información obtenida en los trabajos de campo con el método sísmico de refracción se realizó la interpretación de los cuatro tendidos sísmicos realizados en el sitio.

En los cuales se muestra el terreno zonificado por intervalos de velocidades en m/s, clasificando así el macizo básicamente en 5 unidades A1, A2, B1, B2 y B3.

La descripción de dichas unidades se presenta a continuación:

#### UNIDAD A1

Esta unidad geosísmica presenta velocidades de 218 a 371 m/s, se asocia con la cubierta superficial de relleno aluvial semi-consolidado, constituido principalmente por arenas y fragmentos de roca, con espesor promedio de 2 metros.

#### UNIDAD A2

Se registró con un rango de velocidades de 797 a 945 m/s, se asocia con la cubierta superficial de aluvión semi-consolidado, constituido principalmente por arenas y fragmentos de roca o en su caso una roca granítica intensamente fracturada y alterada con espesor promedio de 2 m.

#### UNIDAD B1

Presenta velocidades de 1,439 y 1,568 m/s, correlacionable con una roca granítica alterada y muy fracturada con espesor de 4 m en promedio. Geohidrológicamente se asocia en que se presentan filtraciones excesivas.

#### UNIDAD B2

Esta unidad geosísmica presenta velocidades de 2,126 a 2,511 m/s, se asocia con una roca granítica ligeramente alterada y de fracturamiento moderado. Se detectó en toda el área de estudio por debajo de los 8 m en promedio, su espesor es de aproximadamente 4 m.

#### UNIDAD B3

Se registró con un rango de velocidades de 3,697 a 5,475 m/s, se correlaciona con un granito compacto y sano. Se presenta como base de las unidades antes descritas, por debajo de los 17 m en promedio, geológicamente es la roca más estable del área de estudio, su espesor es mayor a los 30 m ya que es el basamento rocoso.

Los resultados obtenidos de la investigación geofísica del área de estudio, se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Resumen de unidades geofísicas – geológicas del eje de la boquilla.

UNIDADES GEOSISMICAS	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR PROM. (m)	LITOLOGÍA ASOCIADA	CONDICION GEOLÓGICAS
A1	218 - 371	2.00	CUBIERTA SUPERFICIAL DE RELLENO ALUVIAL SEMI-CONSOLIDADO, CONSTITUIDO PRINCIPALMENTE POR ARENAS Y FRAGMENTOS DE ROCA.	SEMICONSOLIDADOS E INESTABLES.
A2	797 - 945	2.00	CUBIERTA SUPERFICIAL DE RELLENO ALUVIAL COMPACTO, CONSTITUIDO PRINCIPALMENTE POR ARENAS Y FRAGMENTOS DE ROCA Y/O GRANITO INTENSAMENTE ALTERADO Y FRACTURADO.	INESTABLE
B1	1,439 – 1,568	4.00	ROCA GRANÍTICA ALTERADA Y FRACTURADA.	ESTABLE, SIN EMBARGO ES NECESARIO TRATAMIENTO PARA EVITAR FILTRACIONES
B2	2,126 – 2,511	4.00	ROCA GRANÍTICA LIGERAMENTE ALTERADA Y DE FRACTURAMIENTO MODERADO.	ESTABLE
B3	3,697 – 5,475	BASE	ROCA GRANITICA COMPACTA Y SANA	ALTA ESTABILIDAD

### 3.1.2 Método directo

#### 3.1.2.1 Programa de sondeos geológicos

Con el objeto de complementar y afinar la información recopilada con la refracción sísmica sobre las condiciones geológicas del subsuelo del eje de la boquilla, se elaboró el siguiente programa de exploraciones de sondeos geológicos con recuperación de núcleos; así como los ensayos de las pruebas de permeabilidad en tramos de 5.0 m para cada sondeo programado.

Se programaron 11 exploraciones en diámetro NQ, divididas en tres sondeos para cada margen del río, tres sondeos en el cauce y un sondeo hacia aguas arriba y otro aguas abajo del eje de la zona de boquilla.

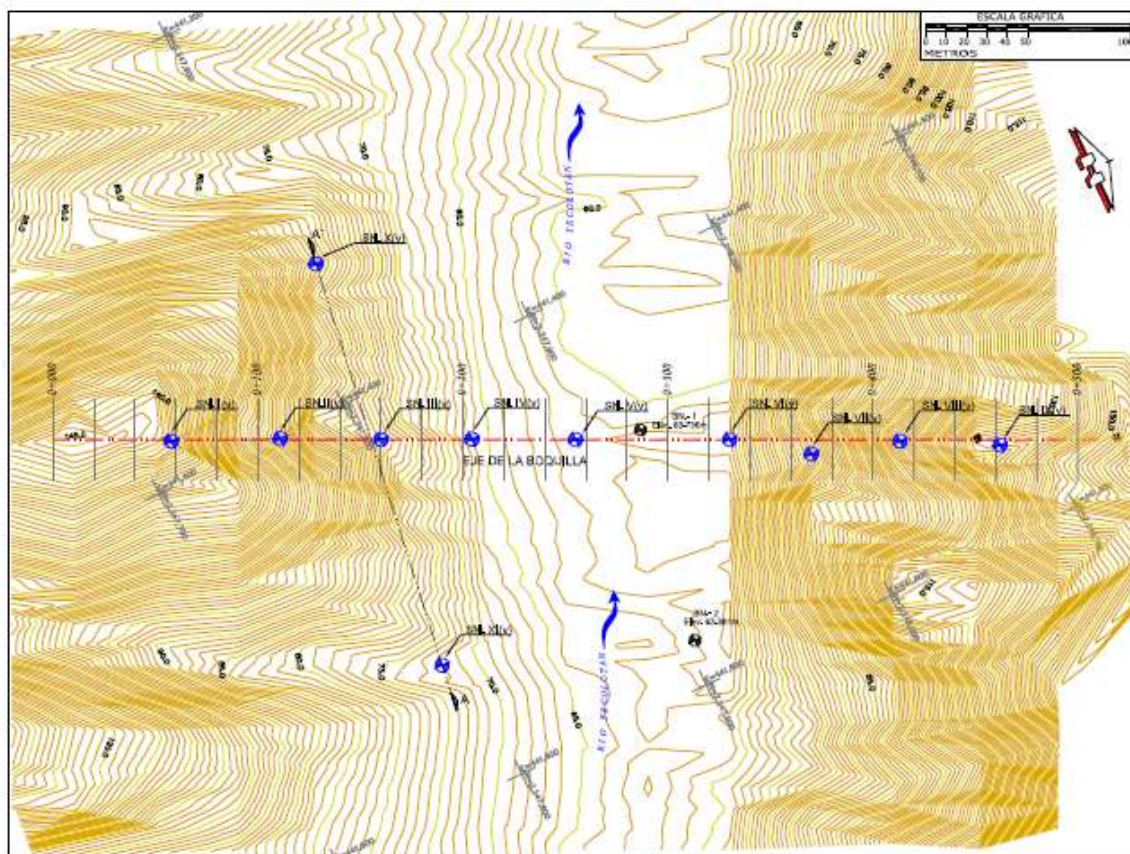
**Tabla 3.** Programa de exploraciones de la boquilla.

Exploración	Estación (m)	Elevación (m)	Profundidad (m)	Observaciones
Sondeo I (v)	0+057	138.29	55.00	Margen izquierda
Sondeo II (v)	0+111	100.55	44.40	Margen izquierda
Sondeo III (v)	0+160	80.49	48.40	Margen izquierda
Sondeo IV (v)	0+205	65.33	47.00	Cauce del río
Sondeo V (v)	0+255	61.38	38.55	Cauce del río
Sondeo VI (v)	0+330	62.70	40.00	Cauce del río
Sondeo VII (v)	0+369	82.14	38.00	Margen derecha

Sondeo VIII (v)	0+413	115.63	38.00	Margen derecha
Sondeo IX (v)	0+462	139.70	38.00	Margen derecha
Sondeo X (v)	0+128	88.79	44.95	86m aguas abajo del cad. 0+128.48 m
Sondeo XI (v)	0+189	72.00	32.05	110.0m aguas arriba del cad. 0+189.32 m

Como puede observarse en la tabla 3, en este programa de exploración se distribuyeron 9 sondeos a lo largo del eje de la boquilla, donde se albergará la cortina vertedora y 1 sondeo aguas arriba y otro aguas abajo, para conformar la sección transversal donde se ubicará la obra de toma para los casos de las cortinas de enrocamiento con núcleo de arcilla (ENA) y con cara de concreto (ECC).

En la siguiente figura se observa la distribución del programa de exploración. Ver Lámina 3, Localización de sondeos geológicos en anexo.



**Figura 10.** Localización de sondeos geológicos.

### 3.1.2.2 Resultados de los sondeos

Geológicamente el Sitio Río Tecolotán en zona de boquilla se caracteriza por presentar una pequeña capa de material aluvial compuesta principalmente por arenas y fragmentos de roca, la cual descansa sobre rocas graníticas con diferente grado de alteración y fracturamiento.

Los resultados arrojados por la sísmica de refracción muestran claramente la distribución de la capa superficial semiconsolidada y los diferentes grados de alteración y fracturamiento de la roca granítica. Sin embargo, con la finalidad de contar con características físicas, se realizaron las exploraciones directas por medio de sondeos mecánicos en diámetro NQ distribuidos como se observa en la tabla 3.

Como resultado de los sondeos realizados en la boquilla se tiene a continuación el modelo geológico del sitio. Ver Lámina 4, Recuperaciones y calidad de roca (RQD).

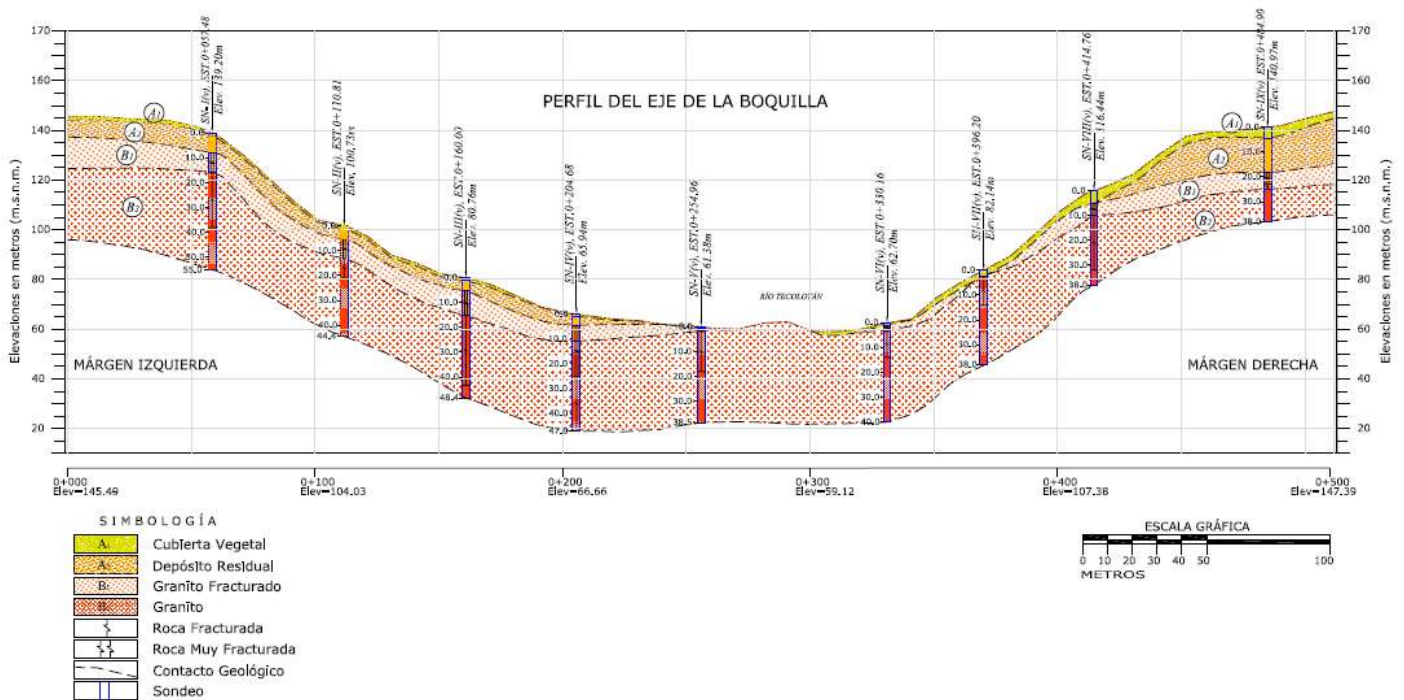


Figura 11. Perfil geológico de la boquilla.

### 3.1.3 Pruebas de permeabilidad

En el eje de la boquilla se realizaron pruebas de permeabilidad tipo Lugeon y Lefranc, con la finalidad de conocer las características geohidrológicas del macizo rocoso y en sus diferentes grados de alteración, las pruebas de permeabilidad se realizaron en los sitios localizados de los sondeos geológicos explorados previamente.



### 3.1.3.1 Permeabilidad tipo Lugeon

Los ensayos Lugeon se realizaron en el interior de los sondeos exploratorios del macizo rocoso, el cual consistió en introducir agua a presión constante de 10 kg/cm<sup>2</sup> en el sondeo, durante un periodo de 5 minutos en tramos en general de 5 m de sondeo, aislando el tramo de ensayo del resto del sondeo mediante dos obturadores; mientras que para el ensayo del fondo solo se empleó un obturador.

La unidad de medición es el Lugeon (U.L.) que corresponde a una absorción de agua de 1 litro por minuto por metro de perforación a una presión constante de 10 kg/cm<sup>2</sup> (l/mín-m).

El criterio utilizado para la clasificación del macizo rocoso en función de la permeabilidad obtenida de los ensayos realizados, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Clasificación del macizo rocoso en función de la permeabilidad.

<i>Unidad Lugeon (U.L.) (l/min/m)</i>	<i>Permeabilidad</i>
0 - 3	Impermeable
3 - 11	Poco permeable
11 - 25	Permeable
25 - 40	Muy permeable
>40	Altamente permeable

Los resultados obtenidos de las pruebas de permeabilidad tipo Lugeon (Ver Lámina 5 en anexo) y las presiones de inyección alcanzada en función de la profundidad en tramos de prueba de 5.0 m en general, se describen en las siguientes tablas y los registros de campo pueden observarse en la Lámina 8, en el anexo del presente estudio.

### Sondeo I (v)

En este sondeo se realizaron 10 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m y la última de 2.0 m, se inició la primera a 8.0 m y finalizó a 55.0 m de profundidad.

**Tabla 5.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo I (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
8.00 – 13.00	11.10	4.6	Poco permeable
13.00 – 18.00	11.58	4.1	Poco permeable
18.00 – 23.00	12.06	5.6	Poco permeable
23.00 – 28.00	12.66	6.4	Poco permeable
28.00 – 33.00	13.14	4.5	Poco permeable
33.00 – 38.00	13.62	0.0	Impermeable

38.00 – 43.00	14.10	0.0	Impermeable
43.00 – 48.00	14.58	0.0	Impermeable
48.00 – 53.00	15.06	0.0	Impermeable
53.00 – 55.00	15.51	0.0	Impermeable

### Sondeo II (v)

En este sondeo se realizaron 7 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inició la primera a 8.0 m y finalizó a 43.0 m de profundidad.

**Tabla 6.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo II (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
8.00 – 13.00	11.10	12.5	Permeable
13.00 – 18.00	11.65	7.1	Poco permeable
18.00 – 23.00	12.13	0.82	Impermeable
23.00 – 28.00	12.61	4.0	Poco permeable
28.00 – 33.00	13.14	0.0	Impermeable
33.00 – 38.00	13.62	0.1	Impermeable
38.00 – 43.00	14.10	0.0	Impermeable

### Sondeo III (v)

En este sondeo se realizaron 8 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 8.30 m y finalizó a 48.40 m de profundidad.

**Tabla 7.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo III (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
8.30 – 13.30	7.13	18.1	Permeable
13.30 – 18.30	11.61	6.9	Poco permeable
18.30 – 23.30	12.09	2.0	Impermeable
23.30 – 28.30	12.58	1.3	Impermeable
28.30 – 33.30	13.08	2.1	Impermeable
33.30 – 38.30	13.69	3.9	Poco permeable
38.30 – 43.30	14.17	3.3	Poco permeable
43.30 – 48.40	14.66	2.9	Impermeable

Cuando no se alcanzó la presión de 10 kg/cm<sup>2</sup>, se utilizó el siguiente criterio de correlación:

El gasto de absorción en litros por minuto y por metro, para la presión P (kg/cm<sup>2</sup>) se tendrá que multiplicar 10/P, admitiendo que hay correlación en línea recta entre presión y gasto.

### Sondeo IV (v)

En este sondeo se realizaron 7 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 11.0 m y finalizó a 47.0 m de profundidad.

**Tabla 8.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo IV (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
11.00 – 16.00	11.40	7.62	Poco permeable
16.00 – 21.00	11.94	4.6	Poco permeable
21.00 – 26.00	12.42	5.3	Poco permeable
26.00 – 31.00	12.90	4.7	Poco permeable
31.00 – 36.00	13.36	0.2	Impermeable
36.00 – 41.00	13.86	2.1	Impermeable
41.00 – 47.00	14.51	0.0	Impermeable

### Sondeo V (v)

En este sondeo se realizaron 7 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 3.0 m y finalizó a 38.0 m de profundidad.

**Tabla 9.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo V (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
3.00 – 8.00	10.58	7.4	Poco permeable
8.00 – 13.00	11.08	0.4	Impermeable
13.00 – 18.00	11.56	0.1	Impermeable
18.00 – 23.00	12.19	0.0	Impermeable
23.00 – 28.00	12.68	0.0	Impermeable
28.00 – 33.00	13.16	0.0	Impermeable
33.00 – 38.00	13.60	0.0	Impermeable

### Sondeo VI (v)

En este sondeo se realizaron 8 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 2.0 m y finalizó a 40.0 m de profundidad.

**Tabla 10.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo VI (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
2.00 – 5.00	10.40	6.3	Poco permeable
5.00 – 10.00	10.78	1.2	Impermeable
10.00 – 15.00	11.28	0.3	Impermeable
15.00 – 20.00	11.76	0.1	Impermeable
20.00 – 25.00	12.35	0.0	Impermeable
25.00 – 30.00	12.87	0.0	Impermeable
30.00 – 35.00	13.35	0.0	Impermeable
35.00 – 40.00	13.80	0.0	Impermeable

### Sondeo VII (v)

En este sondeo se realizaron 7 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 4.0 m y finalizó a 38.0 m de profundidad.

**Tabla 11.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo VII (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
4.00 – 9.00	10.67	5.4	Poco permeable
9.00 – 14.00	11.17	1.6	Impermeable
14.00 – 19.00	11.68	0.0	Impermeable
19.00 – 24.00	12.18	0.0	Impermeable
24.00 – 29.00	12.68	0.0	Impermeable
29.00 – 34.00	13.18	0.0	Impermeable
34.00 – 38.00	13.62	0.0	Impermeable

### Sondeo VIII (v)

En este sondeo se realizaron 7 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 5.0 m y finalizó a 38.0 m de profundidad.

**Tabla 11.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo VIII (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
5.00 – 10.00	10.77	5.7	Poco permeable
10.00 – 15.00	11.27	2.0	Impermeable
15.00 – 20.00	11.77	1.1	Impermeable
20.00 – 25.00	12.28	0.2	Impermeable
25.00 – 30.00	12.77	0.0	Impermeable
30.00 – 34.00	13.22	0.0	Impermeable
34.00 – 38.00	13.62	0.0	Impermeable

### Sondeo IX (v)

En este sondeo se realizaron 4 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 20 m y finalizó a 38.0 de profundidad.

**Tabla 12.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo IX (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
20.00 – 25.00	12.28	4.7	Poco permeable
25.00 – 30.00	12.78	0.9	Impermeable
30.00 – 34.00	13.23	0.0	Impermeable
34.00 – 38.00	13.62	0.0	Impermeable

### Sondeo X (v)

En este sondeo se realizaron 6 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inicio a 17 m y finalizó a 44.95 m de profundidad.

**Tabla 13.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo X (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
17.00 – 22.00	12.04	5.2	Poco permeable
22.00 – 27.00	12.52	0.0	Impermeable
27.00 – 32.00	13.00	0.4	Impermeable
32.00 – 37.00	13.48	0.1	Impermeable
37.00 – 41.00	13.92	1.7	Impermeable
41.00 – 44.95	14.32	0.0	Impermeable

### Sondeo XI (v)

En este sondeo se realizaron 5 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5.0 m, se inició a 10 m y finalizó a 32.0 m de profundidad.

**Tabla 14.** Distribución de ensayos Lugeon del sondeo XI (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Presión máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Unidad Lugeon</i>	<i>Permeabilidad</i>
10.00 – 15.00	11.25	0	Impermeable
15.00 – 20.00	11.88	0	Impermeable
20.00 – 24.00	12.31	0	Impermeable
24.00 – 28.00	12.69	0	Impermeable
28.00 – 32.00	12.84	0	Impermeable

#### 3.1.3.2 Permeabilidad tipo Lefranc

Este tipo de pruebas se utilizó para determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos y en rocas muy fracturadas con fines geotécnicos, el cual se realizaron en el interior de los sondeos geológicos a medida que avanzó la perforación.

El presente estudio se utilizó el ensayo tipo Lefranc de flujo constante y se realizaron conforme se avanzó en la perforación de los sondeos, con la finalidad de conocer las condiciones de permeabilidad en los suelos y en rocas muy fracturadas encontradas en la zona de boquilla.

Las pruebas de flujo constante se realizaron en tramos de 3 m de perforación y consistió en inyectar un caudal constante de agua en el sondeo, (previa saturación de la cámara filtrante, ya que no se detectó el nivel de aguas freáticas); señalando la profundidad a la que se estabilizó el nivel de agua con el caudal inyectado; del que se realizó varias observaciones al hacer variar el nivel de agua.

Todas las pruebas Lefranc realizadas se efectuaron conforme se avanzó en la perforación, es decir, una vez que la perforación ha llegado a la profundidad del tramo por probar de acuerdo al proyecto.

De acuerdo a los registros de campo no se detectaron el nivel de aguas freáticas, ya que la exploración se realizó en periodo de estiaje. De forma representativa se puede observar en la Lámina 9 del anexo del presente estudio los registros de campo y comportamiento de permeabilidad de los ensayos realizados.

El criterio utilizado para la clasificación de la permeabilidad obtenida de los ensayos realizados, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Valores relativos de permeabilidad (Terzaghi y Peck, 1976).

<b>Valores K (cm/s)</b>	<b>Permeabilidad Relativa</b>
$>1 \times 10^{-1}$	Muy permeable
$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-3}$	Moderadamente permeable
$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-5}$	Poco permeable
$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-7}$	Muy poco permeable
$>1 \times 10^{-7}$	Impermeable

Cabe señalar que los estratos superiores a lo señalado en el presente estudio, no se consideraron para realizar las pruebas de permeabilidad Lefranc, debido a que corresponden a cubierta vegetal y en ocasiones a suelos residual con contenido de materia orgánica, y que no es conveniente su utilización como material de desplante de cimentación de la cortina, por lo que, dichos materiales serán removidos mediante excavación.

Los resultados obtenidos de las pruebas Lefranc mediante los coeficientes de permeabilidad y los tramos probados en función de la profundidad se describen en las siguientes tablas.

#### **Sondeo IV (v)**

En este sondeo se realizaron 2 pruebas de permeabilidad tipo Lefranc en tramos de 3.0 m, se inicio a 5.0 m y finalizó a 11.0 m de profundidad.

**Tabla 16.** Distribución de pruebas Lefranc del sondeo IV (v).

<b>Tramo (m)</b>	<b>Coef. de permeabilidad K(cm/s)</b>	<b>Permeabilidad</b>
5.00 – 8.00	3.620E-04	Poco permeable
8.00 – 11.00	1.040E-04	Poco permeable

#### **Sondeo VIII (v)**

En este sondeo se realizó 1 prueba de permeabilidad tipo Lefranc del tramo comprendido de 2.0 a 5.0 m de profundidad.

**Tabla 17.** Distribución de pruebas Lefranc del sondeo VIII (v).

<b>Tramo (m)</b>	<b>Coef. de permeabilidad K(cm/s)</b>	<b>Observaciones</b>
2.00 – 5.00	1.030E-03	Moderadamente permeable

### Sondeo IX (v)

En este sondeo se realizaron 2 pruebas de permeabilidad tipo Lefranc en tramos de 3.0 m, se inicio a 11.0 m y finalizó a 17.0 m la profundidad.

**Tabla 18.** Distribución de pruebas Lefranc del sondeo IX (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Coef. de permeabilidad K(cm/s)</i>	<i>Observaciones</i>
11.00 – 14.00	1.160E-04	Poco permeable
14.00 – 17.00	1.180E-04	Poco permeable

### Sondeo X (v)

En este sondeo se realizaron 2 pruebas de permeabilidad tipo Lefranc en tramos de 3.0 m, se inicio a 9.0 m y finalizó a 16.0 m la profundidad.

**Tabla 19.** Distribución de pruebas Lefranc del sondeo X (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Coef. de permeabilidad K(cm/s)</i>	<i>Observaciones</i>
9.00 – 12.00	1.210E-04	Poco permeable
13.00 – 16.00	8.450E-05	Muy poco permeable

### Sondeo XI (v)

En este sondeo se realizaron 2 pruebas de permeabilidad tipo Lefranc en tramos de 3.0 m, se inicio a 4.0 m y finalizó a 10.0 m la profundidad.

**Tabla 20.** Distribución de pruebas Lefranc del sondeo XI (v).

<i>Tramo (m)</i>	<i>Coef. de permeabilidad K(cm/s)</i>	<i>Observaciones</i>
4.00 – 7.00	2.600E-04	Poco permeable
7.00 – 10.00	9.500E-05	Muy poco permeable



## **CAPÍTULO IV**

#### 4.1 Análisis del macizo rocoso en boquilla

##### Clasificación de los Macizos Rocosos

Se han desarrollado diferentes investigaciones y clasificaciones para determinar la calidad de los macizos rocosos, el siguiente es una de ellas, y toma como base los valores de recuperación de las muestras obtenidas durante la perforación y observaciones superficiales directas de campo.

Deere (1963) estableció el criterio más usado para determinar el índice de calidad de la roca RQD (Rock Quality Designation), basada en la recuperación de los núcleos o testigos de las exploraciones y posteriormente calcular la calidad mediante la siguiente fórmula, expresado el resultado en porcentaje (%).

Índice de Calidad de Roca (RQD) = Suma de núcleos  $\geq$  de 10 cm / Longitud perforada  $\times$  100.

Con los valores de RQD, se clasificó la calidad del macizo rocoso de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 21.** Clasificación Ingenieril de la roca RQD – Deere (1963).

<b>RQD (%)</b>	<b>Calidad de Roca (Clasificación)</b>
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Regular
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Con base al criterio descrito anteriormente se determinó el índice de calidad de la roca (RQD) y los resultados se muestran en los registros de campo y anexos; así como la presentación de los perfiles litológicos de acuerdo a los sondeos exploratorios. Así mismo, se realizaron los análisis petrográficos de las muestras seleccionadas en los diferentes procesos de la obtención de los núcleos recuperados.

Está normalmente aceptado que el RQD se establece en núcleos de cuando menos 50 mm de diámetro y cuya longitud sea mayor o igual a 100 mm, recuperados con una perforadora de diamante de doble barril. De lo anterior se obtendrá un valor RQD en %, el cual se le dará para cada tramo perforado.

#### 4.2 Pruebas de laboratorio

De acuerdo a las características geológicas de la boquilla y de la recuperación de núcleos obtenidos de los sondeos geológicos; y con la finalidad de obtener las características físicas y mecánicas que presenta el macizo rocoso, se seleccionaron muestras extraídas por medio de núcleos para la obtención de los parámetros por medio de pruebas de laboratorio de mecánicas de rocas. Los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados se presentan en los siguientes cuadros.

Sondeos No.	Muestra No.	Prof. (m)	Origen	Descripción	Petrografía
SN - II (v)	MTA. - 8	15.0	Ígneo intrusivo	Grandes cristales de cuarzo con extinción recta y ondulante y fracturados, también cuarzo vermicular en mirmekitas, feldespato potásico (ortoclasa) alterado ligeramente a sericita, arcillas y calcita de forma anedral y plagioclasas de forma euedral tabular a anedral alteradas ligeramente a lo mismo que la ortosa y cristales tabulares euedrales a subdrales de biotita alterada considerablemente a clorita.	Granito de Biotita con tendencia a pegmatita-granítica
SN - III (v)	MTA. - 13	14.5	Ígneo intrusivo	Cristales de cuarzo de forma anedral con extinción ondulante y fracturados, feldespato potásico (ortoclasa) y plagioclasas de forma tabular subedral a euedral alterados de ligera a moderadamente a sericita, arcillas, epidota y calcita, también cristales tabulares euedrales de biotita y hornblenda variando de subdrales a anedrales y la última alterada moderadamente a clorita.	Granodiorita de Biotita y hornblenda alterada
SN- IV (v)	MTA. - 12	20.0	Ígneo intrusivo	Cristales de cuarzo con extinción ondulante y fracturados, feldespatos de forma tabular subedral a anedral y alterados moderadamente a sericita, calcita y con intensa deformación en sus maclas indicando que la roca estuvo sujeta a tectonismo y/o presión dirigida, cristales de hornblenda muy fracturados y biotita de forma tabular con sus líneas de crucero deformados y entre estos introducción de sílice y calcita.	Granodiorita de Biotita y hornblenda tectonizado
SN- IV (v)	MTA. - 14	25.0	Ígneo intrusivo	Cristales de cuarzo de forma anedral muy fracturados y con extinción ondulante, cristales subdrales de plagioclasas de forma tabular y moderadamente alteradas a arcillas, y a calcita, englobados en feldespato potásico, también escasos cristales de hornblenda, apatito y granate; con biotita tabular subedral a euedral mostrando deformación en sus líneas de crucero indicando que el material fue sujeto a esfuerzos y presenta alteración moderada a clorita.	Granito de Biotita y hornblenda tectonizado
SN- V (v)	MTA. - 12	15.0	Ígneo intrusivo	Cristales de cuarzo de forma prismática anedral también vermicular en mirmekitas y con extinción recta y ondulante y ligeramente fracturados y cristales de feldespatos alterados ligeramente a sericita, arcillas y calcita, cristales tabulares de micas (biotita y moscovita), la primera alterada moderadamente a clorita, cristales exagonales euedrales de granate.	Granito de dos micas con granate

**Cuadro 1.** Resumen de Análisis Petrográfico en eje de la boquilla.

Sondeos	Muestra No.	Prof. (m)	Peso Vol. Seco (t/m <sup>3</sup> )	Peso Vol. Saturado (t/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
SN - II (v)	MTA. 8	16.00	2.55	2.59	0.20
SN - III (v)	MTA. 13	15.50	2.69	2.73	0.16
SN - IV (v)	MTA. 12	21.00	2.38	2.43	0.22
SN - V (v)	MTA. 12	16.00	2.60	2.62	0.17
SN - VII (v)	MTA. 10	17.00	2.59	2.70	0.18

**Cuadro 2.** Características físicas del macizo rocoso.

Sondeos	Muestra No.	Prof. (m)	Peso Volumétrico (Kg/m <sup>3</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia (qu) (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de Poisson ( $\mu$ )
SN - III (v)	MTA. 10	12.50	2,605	10,820	602	484,725	0.20
SN - III (v)	MTA. 13	16.50	2,824	28,900	1,632	1,876,438	0.27
SN - IV (v)	MTA. 14	25.50	2,667	14,820	850	984,647	0.20
SN - V (v)	MTA. 12	16.00	2,719	17,600	975	1,224,212	0.24

**Cuadro 3.** Características de Resistencia y Módulos de Elasticidad.

Sondeos	Muestra No.	Prof. (m)	Peso Volumétrico (t/m <sup>3</sup> )	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo de Tensión (kg/cm <sup>2</sup> )
SN - II (v)	MTA. 8	17.00	2.619	4000	55.2
SN - III (v)	MTA. 13	16.50	2.761	6030	83.8
SN - IV (v)	MTA. 12	22.00	2.500	1696	23.4
SN - V (v)	MTA. 12	17.00	2.715	6710	93.0

**Cuadro 4.** Características de Resistencia a la tenso-compresión (Brasileña).

### 4.3 Caracterización geomecánica

Se llevó a cabo la caracterización geomecánica de los diferentes materiales encontrados a lo largo de todo el tramo explorado, basado en los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, estudios de geofísica y geológico.

Partiendo de la zona del eje del cauce y hacia el margen izquierdo se encontró primeramente un depósito residual, con un espesor inicial de 4.0 m y se mantiene hasta 10 m en la parte más extrema, este material es poco o nulo cohesivo y no se recomienda su utilización en la construcción de la cortina y mucho menos para el desplante de cimentación.

Pasando el depósito residual se encontró un granito fracturado (unidad B1) de calidad de regular a mala con un espesor promedio de 10 m; este material presenta características geotécnicas factibles para el desplante de la cimentación de la cortina; mediante previo tratamiento de cimentación.

Subyaciendo al granito fracturado, se encontró un granito poco fracturado (unidad B2), de mejores características mecánicas, y por ende resulta viable el desplante de la cimentación de la cortina.

De las muestras obtenidas de los sondeos de exploración, se seleccionaron las muestras más representativas de cada una de las unidades geológicas identificadas anteriormente y se llevaron a laboratorio donde se realizaron las siguientes pruebas y los resultados se enlistaron anteriormente.

- Compresión simple, con obtención de módulos de elasticidad
- Tenso-compresión (Brasileña)

De acuerdo con los resultados del estudio geológico, de la estratigrafía encontrada y de pruebas de laboratorio realizados, se establecen las características para la definición de las propiedades geotécnicas del material subyacente en el eje de la boquilla, para ello se utilizó el siguiente criterio.

### Obtención de parámetros geotécnicos

Se utilizó el software RocLab de Rocscience para determinar los parámetros de esfuerzos del macizo rocoso, el cual se basa en el criterio de falla generalizado de Hoek – Brown y considerando dicha envolvente de falla se obtienen los parámetros equivalentes de Mohr Coulomb, ampliamente conocidos.

Este criterio toman en cuenta las características físicas de la roca y las del macizo rocoso como son, la cantidad y el estado de discontinuidades, la resistencia a la compresión de la roca intacta, entre otras además de su clasificación geológica y algunas propiedades de la roca intacta como el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión simple; de esta manera se obtuvieron los valores de las propiedades mecánicas para cada material donde se desplantará la cortina.

Una vez obtenidos los valores con los criterios antes mencionados, se determino los valores a utilizar en el análisis de la cimentación, esfuerzos y deformaciones, para las unidades en donde se pudiera desplantar la cortina. Ver Lámina 6, Perfil geológico-geotécnico de la boquilla en anexo.

En el siguiente cuadro se muestran los parámetros resultantes del criterio Hoek-Brown en las unidades geotécnicas B1 y B2.

Unidad Geotécnica	Clasificación RMR	Peso Volumétrico $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ ( <sup>o</sup> )	C (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_{um}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
B1	65	2.60	37	39.22	103,770.20	49.08
B2	80	2.70	37	63.54	262,121.10	79.47

**Cuadro 5.** Propiedades mecánicas de las unidades geológicas - geotécnicas.

#### **4.4 Conclusiones**

De acuerdo a los sondeos realizados en la boquilla se presenta un estrato de suelo residual producto de la alteración de la roca granítica, por lo que se requiere su remoción para alojar la cortina de la presa. Así mismo, se presenta el granito muy fracturado en ambas márgenes cuyo espesor promedio es de 10 m subyaciendo al suelo residual. Por lo que, en caso de considerar una cortina de concreto se deberá realizar un tratamiento por medio de un tapete de consolidación para incrementar su resistencia de la unidad geotécnica B1 para el desplante de la cimentación, así como el empleo de una pantalla de impermeabilización, ya que de acuerdo a los resultados de los ensayos Lugeon esta unidad se clasifica como poco permeable.

Finalmente se tiene el basamento rocoso a una profundidad de 15.0 m en promedio representada por la unidad geotécnica B2. A partir de los resultados obtenidos de muestras ensayadas provenientes de los núcleos de recuperación, se cuenta con propiedades físicas y mecánicas favorables para alojar una estructura de cortina vertedora de concreto, en la que se requerirá únicamente el tratamiento mediante una pantalla de impermeabilización para reducir las filtraciones en zonas específicas. Ver Lámina 5, Variaciones de la permeabilidad en el anexo.

El coeficiente sísmico se obtuvo del Manual de Obras Civiles de la CFE y corresponde a un valor de  $C_s=0.50$  de acuerdo a las características geotécnicas del sitio de estudio.

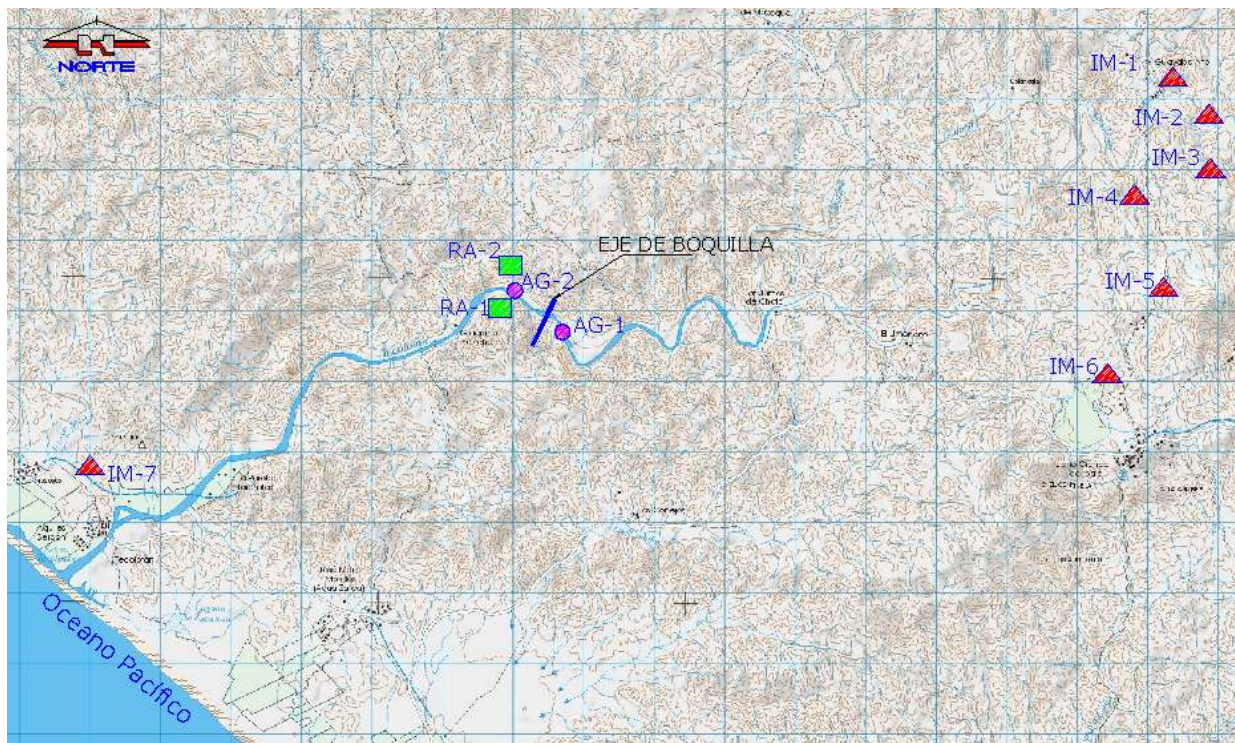
## **CAPÍTULO V**

## 5.1 Materiales de construcción

Con la finalidad de localizar los bancos de préstamos disponibles en la región, se realizaron exploraciones mediante pozos a cielo abierto y perforaciones profundas con recuperación de muestras para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, y cuantificar el volumen de aprovechamiento disponible para la construcción de la Presa de Almacenamiento Los Panales.

Posteriormente se analizaron los tipos de cortinas; así como los volúmenes de materiales requeridos y en función de ello determinar la elección de la cortina recomendable.

Se realizó la recopilación de información mediante cartas topográficas y geológicas de INEGI; así como la investigación de campo en la zona de estudio para cubrir los bancos de préstamo requeridos tales como: Banco de Agregados para concreto (AG), Banco de material Impermeable (IM) para ataguías y Banco de Roca y Rezaga (RA), todos ellos lo más aproximado al eje de la boquilla situada en el municipio de Cabo Corrientes y factibles para su explotación, y cubrir con el potencial requerido para la presa de almacenamiento en estudio.



**Figura 12.** Localización general de bancos de material, INEGI (F13C78) Chacala, Jalisco.

En la siguiente tabla se presenta la simbología utilizada en la figura de localización general de bancos de materiales y uso correspondiente. Ver localización del banco IM-8 en Lámina 10 en el anexo.



**Tabla 22.** Simbología general de Bancos de Materiales.

Simbología	Bancos de material	uso
IM - 1	El Guayabo	Impermeable
IM - 2	El Chimino	Impermeable
IM - 3	El Lechero	Impermeable
IM - 4	Piedras Azules	Impermeable
IM - 5	Las Cañas	Impermeable
IM - 6	Las Tijerinas	Impermeable
IM - 7	Las Ladrilleras	Impermeable
IM - 8	Los Toros	Impermeable
AG - 1	Tecolotán 1	Agregados
AG - 2	Tecolotán 2	Agregados
RA - 1	Roca y Rezaga 1	Enrocamiento y agregados
RA - 2	Roca y Rezaga 2	Enrocamiento y agregados

### 5.1.1 Banco de agregados

Los bancos de agregados (AG) grava-arena, considerados materiales de agregados para la fabricación de concreto necesario para la construcción de la cortina, obra de toma y del vertedor de excedencias, y estructuras complementarias, fueron localizados tanto en las vegas como en el cauce del mismo Río Tecolotán, situados aguas arriba y abajo de la boquilla donde existe depósito aluvial producto de acarreo con características de material arenoso de granulometría homogénea; es decir, arena mal graduada (SP). Ver Lámina 11, Banco de material para agregados (AG-1 y AG-2) en anexo.

En la siguiente tabla se resumen las características principales de los bancos de materiales.

**Tabla 23.** Tratamiento general del banco para agregados.

Simbología	Bancos de agregados	Superficie (ha)	Distancia al eje de la boquilla (km)	Espesores (m)		Volumen disponible (m3)
				Despalme	Aprovechable	
AG-1	Agregados "Tecolotán 1"	1.23	0.8	0.0	0.95	11,685
AG-2	Agregados "Tecolotán 2"	2.73	1.0	0.0	1.00	27,300

### 5.1.2 Bancos de material impermeable

Las características que debe reunir el material impermeable (IM) cobra suma importancia ya que representa el núcleo del cuerpo impermeable de las ataguías y cuya función principal es contener y encauzar el río para dar inicio al tratamiento de la cimentación y el desplante de la cortina.

Los bancos de materiales seleccionados se localizan en general al noreste del eje de la boquilla a una distancia de acarreo promedio de 25.0 kilómetros; para el banco Las Ladrilleras se ubica al suroeste de la boquilla a una distancia de 12.0 kilómetros. La distancia media de acarreo de los bancos de materiales fueron medidos de acuerdo a las vías de acceso existente, el cual consiste de caminos de terracerías en su mayoría, y el tramo próximo a la boquilla es mediante aperturas de brechas.

Los bancos de materiales localizados al noreste presentan arcillas de media a alta plasticidad producto de depósitos de talud en los cerros; en los que se tienen horizontes entre 2.0 y 2.5 m de espesor para la explotación del material.

Cabe señalar que la selección y exploración geotécnica de los ocho bancos de material impermeable, se realizaron para definir el potencial y calidad del mismo; y establecer el tipo de cortina en función de la demanda requerida. Sin embargo, de acuerdo al volumen disponible de 535,455 m<sup>3</sup>, resulta insuficiente el potencial obtenido de todos los bancos de material impermeable explorado, por lo que, no es factible la construcción de una cortina de materiales graduados con núcleo de arcilla. Ver Lámina 12, Banco de material Impermeable en anexo.

**Tabla 24.** Tratamiento general de los bancos impermeables.

Simbología	Bancos de Material Impermeable	Superficie (ha)	Distancia al eje de la boquilla (km)	Espesores (m)		Volumen disponible (m <sup>3</sup> )
				Despalme	Aprovechable	
IM - 1	El Guayabo	2.63	26.5	0.15	1.85	48,655
IM - 2	El Chimino	2.21	27.0	0.10	1.70	37,570
IM - 3	El Lechero	3.03	25.5	0.10	1.60	48,480
IM - 4	Piedras Azules	3.26	24.5	0.20	2.30	74,980
IM - 5	Las Cañas	2.23	23.5	0.20	2.10	46,830
IM - 6	Las Tijerinas	2.03	20.0	0.15	1.80	36,540
IM - 7	Las Ladrilleras	3.80	12.0	0.10	2.00	76,000
IM - 8	Los Toros	8.32	28.0	0.10	2.00	166,400

### 5.1.3 Banco de roca y rezaga

Los bancos de material de roca y rezaga (RA) se encuentran ubicados aguas abajo del eje de la boquilla, este material es de tipo ígneo intrusivo y presenta características de dureza que son apropiados para el banco de roca. Estos materiales se utilizarán para la fabricación de concretos para el cuerpo de la cortina y estructuras complementarias, dichos bancos fueron localizados en ambos márgenes del río Tecolotán, aguas abajo del sitio de proyecto. Así mismo, se realizaron exploraciones mediante sondeos exploratorios para verificar la calidad de roca y el potencial factible de explotación.

- **Banco RA-1.** Este banco de préstamo se ubica en la Margen Izquierda, aproximadamente a 0.8 kilómetros aguas abajo del eje de la boquilla en la margen izquierda del cauce, donde se presenta como afloramiento de rocas graníticas con intemperización moderada a baja, con bajo potencial de explotación de acuerdo a los sondeos geológicos realizados. Ver Lámina 13A, Banco de roca y rezaga (RA-1) en anexo.

En este banco se realizaron cuatro sondeos en los que se obtuvieron los siguientes resultados:

**Sondeo I (v).**- De 0.0 a 5.80 m presenta arena gruesa poco limosa y de 5.80 a 12.50m roca ígnea intrusiva representada por granito gris correspondiente al Batolito Vallarta de acuerdo a la geología regional, con bajo grado de alteración por meteorización, y recuperaciones promedio de 88% y RQD de 54%, por lo que se cuenta con roca de regular calidad. De 12.50 a 26.0 m de profundidad se obtuvo roca granítica gris poco fracturada con recuperaciones promedio de 92% y RQD de 76%, lo que indica roca de buena calidad.

**Sondeo II (v).**- De 0.0 a 8.0 m se tiene arena gruesa poco limosa y de 8.0 a 34.0 m de profundidad se tiene material residual producto de la alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica.

**Sondeo III (v).**- De 0.0 a 10.50 m se tiene arena gruesa poco limosa y de 10.50 a 18.0 m de profundidad se tiene material residual producto de la alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica.

**Sondeo IV (v).**- De 0.0 a 12.0 m se tiene arena gruesa poco limosa y de 12.0 a 15.0 m de profundidad se tiene material residual producto de la alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los sondeos exploratorios en este banco de roca, cuenta con una superficie reducida y en consecuencia menor volumen para aprovechamiento, por lo que, no resulto conveniente seguir con los sondeos profundos.

- **Banco RA-2.** Este banco de préstamo se ubica aproximadamente a 1.5 kilómetros aguas abajo del eje de la boquilla, situado en la margen derecha del cauce, se presenta como afloramiento de rocas graníticas con intemperización de baja a moderada de acuerdo con los sondeos geológicos realizados. Ver Lámina 13B, Banco de roca y rezaga (RA-2) en anexo.

En este banco se realizaron tres sondeos en los que se obtuvieron los siguientes resultados:

**Sondeo I (v).** De 0.0 a 1.50 m se tiene cubierta vegetal y material orgánica, y de 1.50 a 4.0 m presenta arena fina limosa y de 4.0 a 7.0 m se tiene arena gruesa poco limosa producto de la

alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica. De 7.0 a 16.0 m se tiene roca ígnea intrusiva representada por granito gris correspondiente al Batolito Vallarta de acuerdo a la geología regional, con alteración por meteorización y fracturamiento, con recuperaciones promedio de 67% y RQD de 31%, por lo que se cuenta con roca de mala calidad. Y de 16.0 a 26.0 m de profundidad se obtuvo roca granítica gris poco fracturada con recuperaciones promedio de 92% y RQD de 57%, lo que indica roca de regular calidad.

**Sondeo II (v).** De 0.0 a 1.60 m se tiene cubierta vegetal y material orgánica, y de 1.60 a 5.50 m se tiene arena gruesa poco limosa producto de la alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica. De 5.50 a 12.50 m se tiene roca ígnea intrusiva representada por granito gris correspondiente al Batolito Vallarta de acuerdo a la geología regional, con alteración por meteorización y fracturamiento, con recuperaciones promedio de 65% y RQD de 29%, por lo que se cuenta con roca de mala calidad. Y de 12.50 a 21.0 m de profundidad se obtuvo roca granítica gris poco fracturada con recuperaciones promedio de 80% y RQD de 52%, lo que indica roca de regular calidad. De 21.0 a 26 m de profundidad se obtuvo granito gris poco fracturado con recuperaciones promedio de 96% y RQD de 78%, lo que indica roca de buena calidad.

**Sondeo III (v).** De 0.0 a 1.50 m se tiene cubierta vegetal y material orgánica, y de 1.50 a 4.0 m se tiene arena gruesa poco limosa producto de la alteración y acumulación *in situ* de la roca granítica. De 4.0 a 15.50 m se tiene roca ígnea intrusiva representada por granito gris, con alteración por meteorización y fracturamiento, se obtuvo una recuperación promedio de 86% y RQD de 65%, por lo que se cuenta con roca de regular calidad. Y de 15.50 a 22.50 m de profundidad se obtuvo roca granítica gris poco fracturada con recuperaciones promedio de 80% y RQD de 63%, lo que indica roca de regular calidad. De 22.50 a 31.0 m de profundidad se obtuvo granito gris poco fracturado con recuperaciones promedio de 97% y RQD de 94%, lo que indica roca de muy buena calidad.

La localización de este banco es conveniente dada la distancia del sitio de proyecto.

**Tabla 25.** Tratamiento general del banco de Roca y rezaga.

Simbología	Bancos de Roca y Rezaga	Superficie (ha)	Distancia al eje de la boquilla (km)	Espesores (m)		Volumen disponible (m <sup>3</sup> )
				Despalme	Aprovechable	
RA - 1	Roca y Rezaga 1	1.74	0.8	6.00	20.00	348,000
RA - 2	Roca y Rezaga 2	20.0	1.5	6.00	22.00	4,400,000

## 5.2 Pruebas de laboratorio

De acuerdo a las exploraciones realizadas en los bancos de materiales, se obtuvieron muestras representativas por medio de pozos a cielo abierto (PCA); para el caso de los bancos de material para Agregados e Impermeables, para el de Roca y Rezaga, se extrajeron núcleos de recuperación de los sondeos geológicos realizados para su posterior análisis en laboratorio.

- Pruebas de laboratorio en Banco de agregados AG-1 y AG-2.

Tabla 26. Características del Banco de agregados AG-1.

Muestra No.	Granulometría			S.U.C.S	Peso volumétrico (t/m <sup>3</sup> )		Abrasión "Los Ángeles"		Módulo de Finura (%)	Lavado de finos (%)
	G (%)	S (%)	F (%)		Suelto	Compacto	100 Rev.	500 Rev.		
PCA.- 01	3.6	96.3	0.1	SP	1.47	1.60	10.80	29.60	3.48	0.03
PCA.- 02	4.8	94.2	1.0	SP	1.47	1.62	9.70	28.35	3.70	0.86
PCA.- 03	5.9	93.2	0.9	SP	1.45	1.61	10.30	29.20	3.30	0.75

Tabla 27. Características del Banco de agregados AG-2.

Muestra No.	Granulometría			S.U.C.S	Peso volumétrico (t/m <sup>3</sup> )		Abrasión "Los Ángeles"		Módulo de Finura (%)	Lavado de finos (%)
	G (%)	S (%)	F (%)		Suelto	Compacto	100 Rev.	500 Rev.		
PCA.- 01	8.9	90.8	0.3	SP	1.47	1.61	10.10	27.60	3.25	0.85
PCA.- 02	9.1	90.5	0.4	SP	1.47	1.62	9.20	24.50	3.43	0.34
PCA.- 03	13.6	85.9	0.6	SP	1.46	1.63	10.00	27.70	2.77	1.14
PCA.- 04	0.4	98.7	0.9	SP	1.47	1.61	9.58	24.75	3.31	0.62
PCA.- 05	12.9	86.5	0.6	SP	1.48	1.61	10.20	27.80	2.68	0.62

- Pruebas de laboratorio en Banco de Material Impermeable.

Tabla 28. Propiedades mecánicas de bancos de material impermeable.

Banco de Material	Muestra No.	S.U.C.S.	Análisis granulométrico			Límites de Atterberg			Contenido natural de agua $\omega$	Densidad de Sólidos $S_s$	Prueba Proctor	
			G %	S %	F %	LL %	LP %	Ip -			$\gamma_d$ kg/m <sup>3</sup>	$\omega_o$ %
PIEDRAS AZULES	PCA.- 1	CH	0.0	19.8	80.2	59.9	17.8	42.1	29.4	2.64	1,685	22.4
	PCA.- 2	CH	1.1	21.2	77.7	56	17.1	38.9	26.5	2.61	1,696	20.5
	PCA.- 3	CH	1.1	18.2	80.7	68.8	32.5	36.3	27.3	2.62	-	-
LAS CAÑAS	PCA.- 1	CL	0.2	36.8	63.0	47.4	13.3	34.1	5.8	2.65	1,640	21
	PCA.- 2	SC	0.0	56.1	43.9	50.7	20.1	30.6	22.8	2.68	1,790	16.8
	PCA.- 3	CL	0.5	35.2	64.3	45.1	12.9	32.2	19	-	-	-
LAS LADRILLERAS	PCA.- 1	SC	0.0	65.1	34.9	24.8	9.4	15.4	11	2.62	1,781	17
	PCA.- 2	CL	0.0	22.0	78.0	22.3	6.8	15.5	9.2	2.61	1,765	17.6
	PCA.- 3	SC	1.6	68.8	29.6	28.4	12.5	15.9	11.4	-	-	-
LAS TIJERINAS	PCA.- 1	SC	0.3	55.4	44.3	55.3	17.8	37.4	17.3	2.47	1,624	20.8
LOS TOROS	PCA.- 1	SC	0.0	56.1	43.9	28.9	14.1	14.8	3.3	2.46	1,870	12.4

Cabe mencionar que para el caso de los bancos de material impermeable, se realizó el muestreo en aquellos bancos que cubrían una mayor superficie, así como considerando el espesor para su aprovechamiento.

- Pruebas de laboratorio en Banco de Roca y Rezaga

**Tabla 29.** Características del Banco de Roca y Rezaga (RA-1).

<i>Peso Vol. Seco</i> <i>γ (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Vol. Saturado</i> <i>γ (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Absorción</i> %	<i>Intemperismo Acelerado</i> %	<i>Resistencia (qu)</i> <i>(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Velocidad sónica</i> <i>(m/s)</i>	<i>Método de excavación</i>
2.62	2.64	0.23	1.50	1,200.0	3,400	Explosivos controlado

**Tabla 30.** Características del Banco de Roca y Rezaga (RA-2).

<i>Peso Vol. Seco</i> <i>γ (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Vol. Saturado</i> <i>γ (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Absorción</i> %	<i>Intemperismo Acelerado</i> %	<i>Resistencia (qu)</i> <i>(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Velocidad sónica</i> <i>(m/s)</i>	<i>Método de excavación</i>
2.66	2.68	0.21	4.00	980.0	3,100	Explosivos controlado
2.67	2.69	0.17	7.61	860.0	2,700	Explosivos controlado

### 5.3 Conclusiones

El banco de material para agregados (grava-arena) para la fabricación de concreto dispone de *38,985 m<sup>3</sup>*, sin embargo cuenta únicamente con material para agregado fino; por lo que, si se desea obtener el agregado grueso y fino se recomienda la explotación del banco de roca y rezaga, ya que resultaría menos costoso.

Para el banco de material impermeable de las muestras ensayadas se tienen resultados satisfactorios donde se cuenta con propiedades físicas y mecánicas aceptables para la utilización como cuerpo impermeable ya sea en la cortina y/o para ataguías; y se dispone de un volumen de *535,455 m<sup>3</sup>*. Por lo que, que en el siguiente capítulo se determinará el volumen requerido para cada una de las alternativas de cortinas.

El banco de Roca y rezaga de acuerdo a los sondeos realizados, cuenta con una calidad de regular a buena y una superficie de explotación suficiente, por lo que su explotación será mediante explosivos controlados y se dispone de un volumen de *4,748,000 m<sup>3</sup>* para aprovechamiento.

## **CAPÍTULO VI**

## 6.1 Selección del tipo de cortina

Con base en las exploraciones geológicas-geotécnicas realizadas en la zona de boquilla y bancos de materiales, se tienen las siguientes consideraciones:

El sitio de la presa de almacenamiento Los Panales se encuentra situado sobre la corriente del Río Tecolotán, cuya ubicación de la boquilla se encuentra delimitada con las coordenadas  $20^{\circ}19'40.16''$  de Latitud Norte y  $105^{\circ}33'33''$  Longitud Oeste.

El sitio de estudio se ubica en el Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco; en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. El vaso de almacenamiento del proyecto cubre una extensión aproximada de 550 ha, en una formación geológica representada principalmente por granito y granodiorita.

El análisis para la selección del tipo de cortina de la presa de almacenamiento se basó considerando los siguientes estudios:

- Estudio Hidrológico
- Estudio Topográfico
- Estudio Geológico
- Estudio Geotécnico
- Estudio de Bancos de Materiales
- Sismicidad

Así mismo, se consideró aquella que presentara los mejores indicadores de rentabilidad (costo-beneficio) para el beneficio de riego de 6993 ha. Dicho análisis se realizaron, sin embargo, no es el alcance del presente estudio.

### a. Alternativa Cortina de Concreto

Está constituida de concreto común y concreto reforzado de resistencia que señale el proyecto, consiste en una sección trapecial con un ancho de corona 6.0 m y talud aguas arriba con paramento vertical hasta el nivel de azolve y de 0.20:1 hasta el desplante de la cortina, para el talud aguas abajo de 0.8:1. Tiene una longitud máxima de corona 395 m y sección máxima de cortina 73.50m de altura, longitud de cresta vertedora de 100 m con carga máxima de 3.50m para un gasto de diseño de 1,360  $m^3/s$ , la obra de toma se diseñó con un gasto de 6,000 l/s para abastecer la demanda de riego.

La cortina de concreto estará conformada además por las siguientes estructuras:

- Galería de inspección
- Obra de toma
- Obra de desvío



La ventaja que representa este tipo de cortina es que el vertedor estará alojado dentro del cuerpo de la cortina y de igual forma la obra de toma; así mismo la longitud de tubería de la obra de toma resulta más corta y representa menos costo. Bajo estas consideraciones resulta competitiva con respecto a la alternativa de materiales graduados.

La sección de la cortina se muestra en la Lámina 7A en el anexo del presente estudio y los volúmenes principales de materiales requeridos se enlistan en la siguiente tabla.

**Tabla 31.** Volumen principal de materiales requeridos de cortina de concreto.

<i>Concepto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
<i>Excavación</i>	196666	m <sup>3</sup>
<i>Relleno</i>	902	m <sup>3</sup>
<i>Concreto f'c=300 kg/cm<sup>2</sup></i>	8910	m <sup>3</sup>
<i>Concreto f'c=200 kg/cm<sup>2</sup></i>	1710	m <sup>3</sup>
<i>Concreto f'c=150 kg/cm<sup>2</sup></i>	86534	m <sup>3</sup>
<i>Concreto f'c=130 kg/cm<sup>2</sup></i>	224605	m <sup>3</sup>
<i>Acero de refuerzo</i>	189072	kg

### **b. Alternativa Cortina de Enrocamiento con Núcleo de Arcilla (ENA)**

Las características de este tipo de cortina son: núcleo impermeable, zona de transición y enrocamiento. Estará constituida por un núcleo impermeable central formado por arcilla con taludes simétricos, filtros de grava y arena, respaldos permeables formados por rezaga, grava y arena, con paramentos exteriores protegidos contra el oleaje y la erosión a base de enrocamiento semiacomodado formando un talud exterior generalmente de 2:1.

La cortina de materiales graduados estará conformada además por las siguientes estructuras:

- Obra de toma
- Obra de excedencias
- Obra de desvío

La desventaja que representa esta alternativa se debe a que las obras complementarias (obra de toma y excedencias), no se pueden ubicar en el cuerpo de la cortina, por lo que se tendrá un costo adicional para la construcción de dichas estructuras fuera del cuerpo de la cortina.

La sección de la cortina se muestra en la Lámina 7B en el anexo del presente estudio y los volúmenes principales de materiales requeridos se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 32. Volumen principal de materiales requeridos en cortina de Enrocamiento con núcleo de arcilla.

<i>Concepto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
<i>Excavación</i>	22,766	m <sup>3</sup>
<i>Revestimiento de Corona</i>	1,020	m <sup>3</sup>
<i>Enrocamiento</i>	689,731	m <sup>3</sup>
<i>Filtro (grava-arena)</i>	43,055	m <sup>3</sup>
<i>Rezaga de roca</i>	1,129,448	m <sup>3</sup>
<i>Material impermeable (núcleo)</i>	701,759.9	m <sup>3</sup>

### c. Alternativa Cortina de Enrocamiento con Cara de Concreto (ECC)

La característica principal de este tipo de cortina es aquella cuyo componente estructural principal es un enrocamiento compactado y la pantalla impermeable constituida por una losa de concreto cubriendo el talud de aguas arriba de la presa.

La sección de este tipo de cortina, se describe mediante las siguientes zonas (Cooke, 1997) principales.

**Zona 1.** La zona 1B, generalmente es un limo con arena fina, actúa como un sellador de grietas o juntas abiertas, al ser arrastrado por el flujo del agua, reduciendo de esta manera las posibles filtraciones. La zona 1A actúa solo como soporte de la zona 1B.

**Zona 2F.** Está compuesta por un filtro procesado de 38 mm de tamaño máximo. Tiene como fin minimizar filtraciones si una junta impermeable falla al servir como filtro de retención del limo sellante que se coloque bajo agua.

**Zona 2.** Material semipermeable constituido por grava- arena bien graduada con 6 a 12% de material menor que malla 200. Constituye el apoyo principal de la cara de concreto y por su baja permeabilidad sirve a su vez, como una barrera para reducir filtraciones ante el eventual agrietamiento de la cara de concreto.

**Zona 3A.** Es una transición entre el material 2 y 3B. Funciona a manera de filtro del material 2.

**Zona 3B.** Es el enrocamiento principal y soporta la carga del agua, y limita la deflexión de la cara de concreto.

**Zona 3C.** Recibe muy poca carga de agua. Su asentamiento principal es durante la construcción y en ocasiones presenta asentamientos a largo plazo cuando es colocado en seco.

**Zona T.** Es una transición entre la zona 3B y 3C. Su dimensión depende principalmente de la calidad del enrocamiento. Evita tener un cambio brusco en los parámetros de resistencia al corte y

deformabilidad de los enrocamientos utilizados, lo que evita concentraciones de esfuerzos y deformaciones.

**Cimentación del Plinto.** El criterio es remover suelos, rocas sueltas y materiales no consolidados hasta descubrir roca en toda la zona del plinto y de los materiales 2 y 3A. En general, se aceptan desplantar el plinto sobre roca ligeramente alterada, no erosionable y susceptible de ser inyectada para consolidación e impermeabilización.

La cortina de enrocamiento con cara de concreto estará conformada además por las siguientes estructuras:

- Obra de toma
- Obra de excedencias
- Obra de desvío

El criterio de diseño de este tipo de presa generalmente se basa en la experiencia y en los estudios de diseños precedentes, así como en la aplicación de análisis teóricos validados en las obras ya construidas.

La ventaja de este tipo de presas de ECC tienen una alta resistencia contra las acciones sísmicas, ya que se tienen registros que solo han sufrido asentamientos relativamente pequeños aun ante sismos de gran magnitud, sin que se llegue a una falla catastrófica.

La sección de la cortina se muestra en la Lámina 7C en el anexo del presente estudio y los volúmenes principales de materiales requeridos se enlistan en la siguiente tabla.

**Tabla 33.** Volumen principal de materiales requeridos en cortina Enrocamiento con cara de concreto.

<i>Concepto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
<b><i>Cortina</i></b>		
<i>zona 1A</i>	19,536	m <sup>3</sup>
<i>zona 1B</i>	5,343	m <sup>3</sup>
<i>Cara de concreto</i>	18,525	m <sup>3</sup>
<i>Zona 2</i>	29,640	m <sup>3</sup>
<i>Zona 2F</i>	1,040	m <sup>3</sup>
<i>Zona 3A</i>	40,033	m <sup>3</sup>
<i>Zona 3B</i>	379,088	m <sup>3</sup>
<i>Zona 3C</i>	412,585	m <sup>3</sup>
<i>Zona T</i>	601,920	m <sup>3</sup>
<i>Concreto desplante</i>	28,500	m <sup>3</sup>
<i>Revestimiento de concreto en corona</i>	255,000	m <sup>3</sup>
<b><i>Total enrocamiento</i></b>	<b>1,433,626</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

### **Elección de la Cortina.**

Uno de los aspectos relevantes en el diseño de la presa es la disponibilidad de materiales, ya que su escasez o abundancia de material influye directamente en el proyecto del tipo de cortina.

Como resultado del estudio de bancos de materiales que se realizó en la zona de estudio se han localizado varios bancos de material impermeable con un potencial muy bajo; así como la dispersividad entre ellos; lo que representa una insuficiencia para cubrir el volumen requerido para la construcción de una cortina de enrocamiento con núcleo de arcilla (ENA).

De lo anterior, se tiene que la cortina rígida de concreto común y la de enrocamiento con cara de concreto resultan factibles, esto debido a que existe material en cantidad suficiente para satisfacer la demanda de los volúmenes requeridos. El material de agregado para concreto se recomienda obtener de los bancos de roca y rezaga (AG-1 y AG-2).

Sin embargo, la cortina de enrocamiento con cara de concreto (ECC) los costos de construcción de las estructuras complementarias (obra de toma, obra de excedencias y obra de desvío) resultan elevados en comparación con la cortina vertedora de concreto común; ya que esta cortina tiene la ventaja de albergar dichas estructuras en el cuerpo de la misma.

Considerando los datos anteriores se observa que una cortina vertedora de concreto común, construida a base de concreto común, es la que resulta más atractiva, desde el punto de vista económico. Lo anterior, de acuerdo al análisis costo – beneficio que no es el alcance del presente estudio, sin embargo se realizaron.

## **CAPÍTULO VII**

## **7.1 Tratamiento de la cimentación**

Con la información recopilada y generada durante el desarrollo de la exploración geológica y de geotecnia; así como de los resultados obtenidos de los sondeos mecánicos realizados, se plantea el tratamiento de la cimentación.

En la zona donde se tiene proyectada la cortina vertedora de concreto común, será necesario hacer una remoción del suelo y roca superficial muy alterada y fracturada, posteriormente se deberá aplicar un tratamiento de consolidación, con el objeto de mejorar las condiciones geohidrológicas de la roca de desplante, ya que de acuerdo a los ensayos de permeabilidad Lugeon en la unidad geotécnica B1 donde se tiene destinado el desplante de la cimentación, se obtienen resultados de poco permeables.

### **7.1.1 Tapete de consolidación**

Con la finalidad de aumentar las características de resistencia de la roca se realizará un tratamiento de la cimentación, el cual consiste de un tapete de inyecciones para consolidación de la zona que presenta fracturas.

El tratamiento de cimentación mediante inyecciones tiene como finalidad formar un tapete de consolidación que abarque la traza de desplante de la cortina.

### **7.1.2 Pantalla de impermeabilización**

Con el objeto de reducir la permeabilidad en el desplante de la cimentación, se realizará el tratamiento mediante una pantalla impermeable y el tapete de consolidación se realizará con perforaciones inyectadas en varias líneas paralelas al eje de la cortina.

La separación de los barrenos para la pantalla será de 5.0 m y una profundidad de 15.0 m a partir de la superficie de limpias de desplante. La separación de las perforaciones para el tapete de consolidación será en una cuadrícula de 5.0 m de lado y una profundidad de 10.0 m a partir de la superficie de limpia de desplante.

Las perforaciones de la pantalla impermeable estarán separadas 5.0 m entre sí y tendrán una profundidad de 15.0 m en dirección vertical sobre el eje de la boquilla.

Para el tapete de consolidación se tendrá una separación de 5.0 m entre sí y una profundidad de 10.0 m en las líneas paralelas al eje de la cortina.

## **CAPÍTULO VIII**

## **8. CONCLUSIONES**

Se concluye finalmente, con base en la información del presente estudio y considerando las alternativas de tipos de cortina y bancos de materiales, que una estructura de concreto convencional presenta ventajas significativas ya que la obra de desvío puede ser alojada en la zona inferior del cuerpo de la cortina.

Así mismo, la estructura de la obra de excedencias (vertedor) estará alojada en el cuerpo de la cortina evitando los volúmenes de obras con la construcción de un vertedor en canal lateral como en el caso de la cortina de Enrocamiento con cara de concreto (ECC). Respecto a la obra de toma será de menor longitud la tubería de acero.

De lo anterior, se tiene que la cortina vertedora de concreto común resulta el adecuado para la presa de Almacenamiento Los Panales, ya que representó el de menor costo en comparación con la de enrocamiento con cara de concreto (ECC), el cual tiene un costo adicional debido a la construcción de las estructuras complementarias alojadas fuera del cuerpo de la cortina.

Así mismo, los tiempos de construcción de la cortina de concreto convencional resultan menor en comparación con la enrocamiento con cara de concreto.

Con base en los estudios de bancos de materiales se presenta escasez de material impermeable y en consecuencia insuficiencia en el potencial requerido para la construcción de una cortina de enrocamiento con núcleo de arcilla (ENA).

### **8.1 Recomendaciones**

Con base en a las características geológicas, geotécnicas y bancos de materiales, una cortina vertedora de concreto convencional es más atractiva desde el punto de vista económico y constructivo, ya que presenta la ventaja de albergar las obras de desvío, obras de excedencias y obra de toma en el cuerpo de la cortina, por lo que se considera el tipo de cortina recomendable.

El nivel de desplante de la cortina se realizara en la unidad geotécnica B1 en roca fracturada a una profundidad de 15 m en ambas márgenes, mientras que el cauce a 5.0 m de profundidad en promedio. Ver Lámina 7A, Arreglo general de Cortina de concreto en el anexo.

En general el tratamiento de la cimentación, se realizará excavaciones de limpia superficial para la remoción del suelo y de la roca muy alterada correspondiente a la cubierta vegetal y del suelo residual mediante el empleo de tractor y excavadoras, y se complementará con trabajos de detalle realizado con equipo manual, pico y martillo neumático, con el objeto de que la superficie quede lo suficientemente limpia.



Así mismo, se retirará, la roca alterada o muy fracturada para corregir la divergencia de las laderas hacia aguas abajo y el perfil transversal de la roca eliminando desplomes y posibles escalones que pudiera existir. La excavación en los empotramientos de la cortina para retirar la roca alterada se deberá hacer en forma cuidadosa y empleando técnicas de excavación controlada.

En la superficie final sobre la que se desplantará la cortina no deberán existir cambios abruptos en la pendiente de la superficie de desplante, con el objeto de minimizar el riesgo de fracturamiento transversal de la cortina producido por asentamiento diferencial.

## 9. ANEXOS

**LÁMINA 1. Topografía del vaso de Almacenamiento**

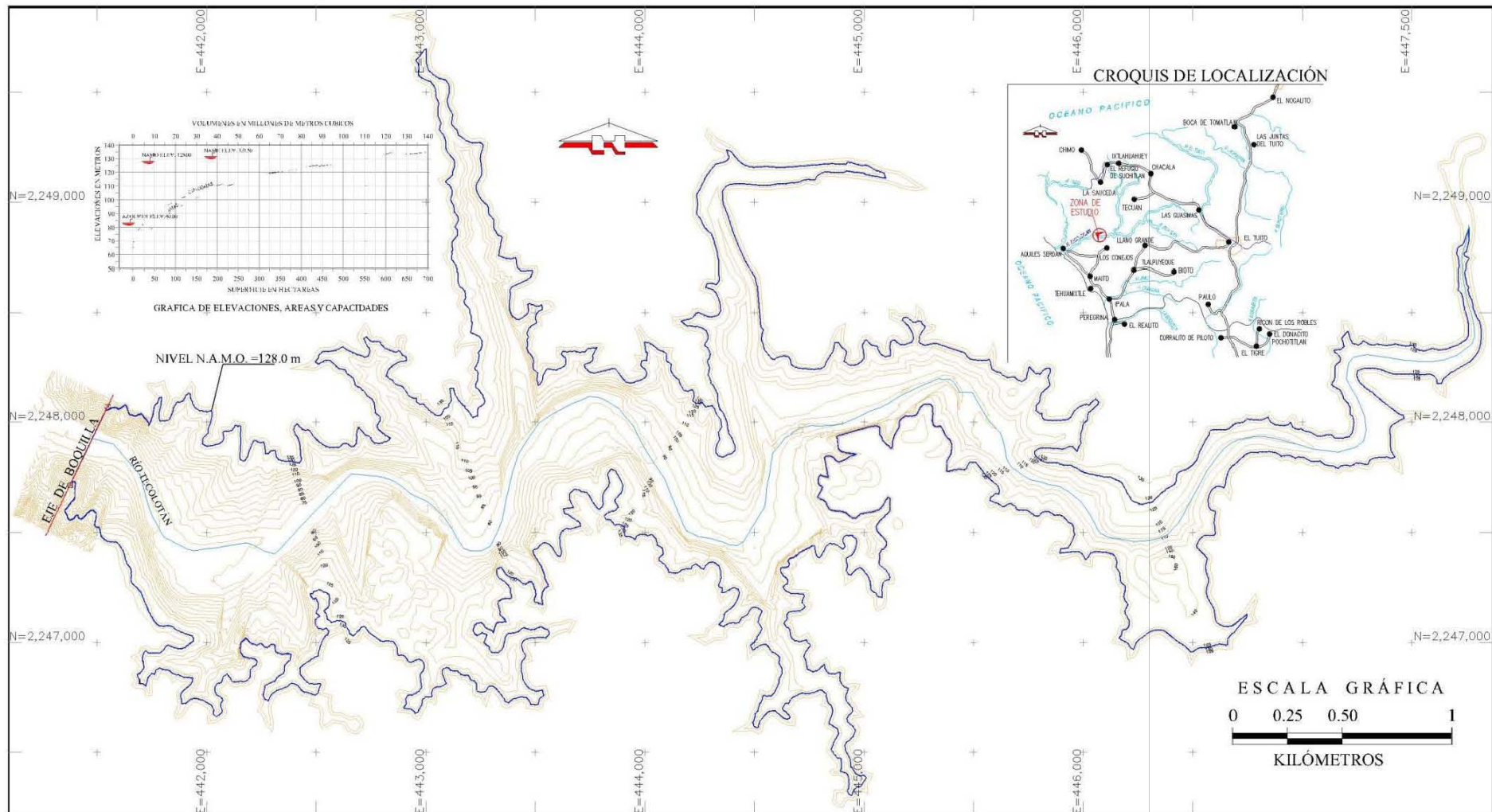
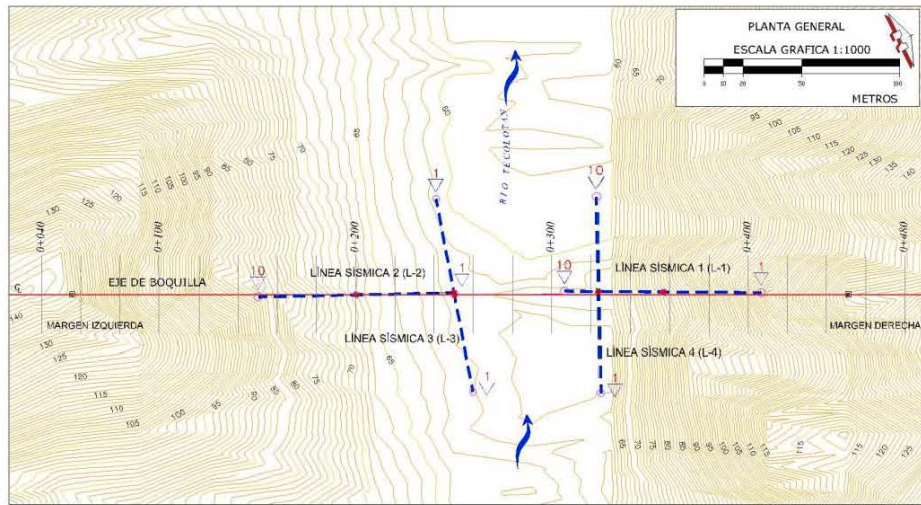


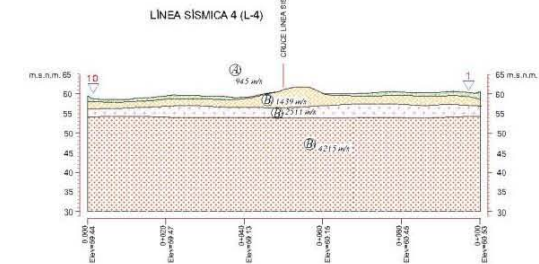
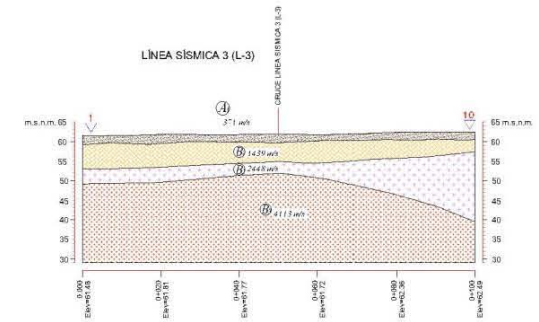
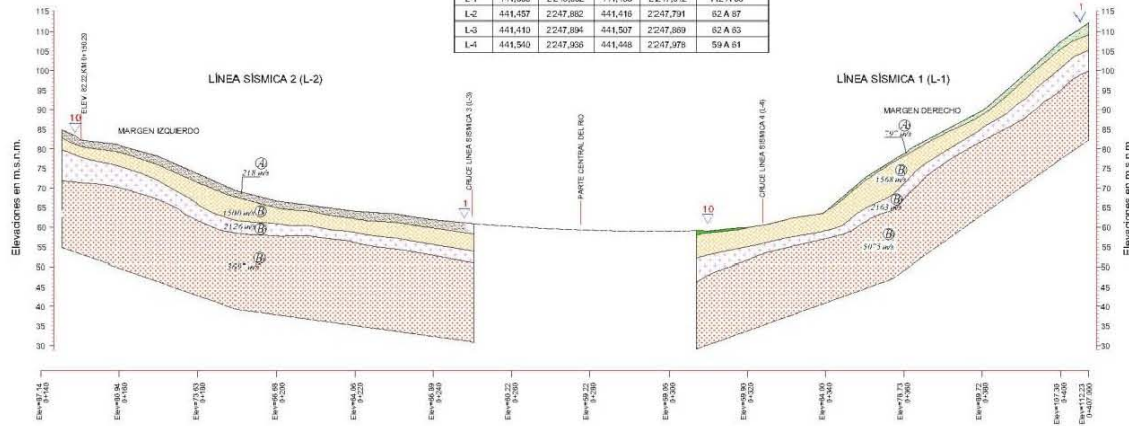
LÁMINA 1.- TOPOGRAFÍA DEL VASO DE ALMACENAMIENTO

**LÁMINA 2.      Planta y perfil de secciones geofísicas de la boquilla**



COORDENADAS UTM DE LINEAS SÍSMICAS

LÍNEA	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ELEV. (mnm)
L-1	441,530	2248,032	441,485	2247,942	112 A 59
L-2	441,457	2247,882	441,416	2247,791	82 A 87
L-3	441,410	2247,894	441,507	2247,869	82 A 83
L-4	441,540	2247,936	441,448	2247,978	59 A 61



SIMBOLOGÍA:

- LÍNEA SÍSMICA
- UNIDAD GEOSÍSMICA
- CONTACTO GEOSÍSMICO
- VALOR DE VELOCIDAD EN METROS POR SEGUNDO
- SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEF)
- CONTACTO GEOSÍSMICO DIFERIDO

EXPLICACIÓN GENERAL:

- VELOCIDADES DE 218-271 m/s. SE ASOCIA CON LA CUBIERTA SI VERIFICAR DE BELLEPEQUE. SEAL CONSTITUIDO POR ARENAS Y FRAGMENTOS DE ROCA GRAFITICA. INTERMEDIO DE CONTACTO SEDI-MENTARIA.
- VELOCIDADES DE 70-95 m/s. SE ENFERE A LA CUBIERTA SI VERIFICAR DE ALU. VERI SEMI CONSOLIDADO. CONSTITUIDO POR ARENAS Y FRAGMENTOS DE ROCA SEMI CONSOLIDADA.
- VELOCIDADES DE 1479-1558 m/s. SE CORRELACIONA CON UNA ROCA GRANITICA CUARTIZADA Y FRACTURADA.
- VELOCIDADES DE 2126-2311 m/s. SE ASOCIA CON UNA ROCA GRANITICA LIGERAMENTE ALTERADA Y DE FRACTURAMIENTO ROTACIONADO.
- VELOCIDADES DE 3697-5475 m/s. SE RELACIONA CON UN GRANITO (BASAMENTO) COMPACTO Y SANO.

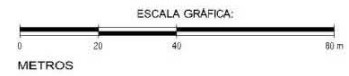
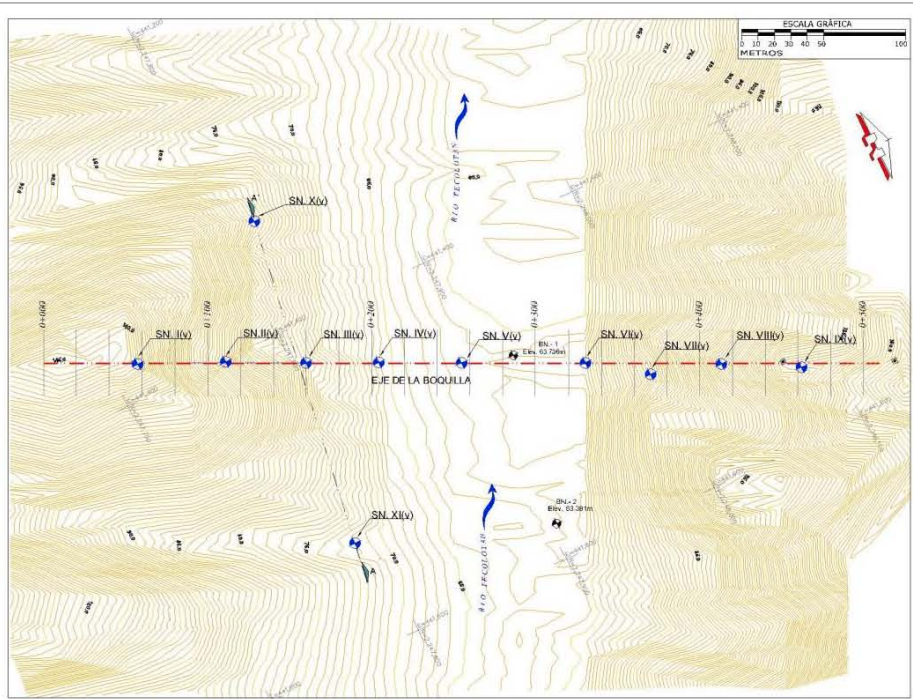
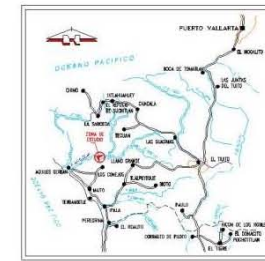


LÁMINA 2.- PLANTA Y PERFIL DE SECCIONES GEOFÍSICAS DE LA BOQUILLA

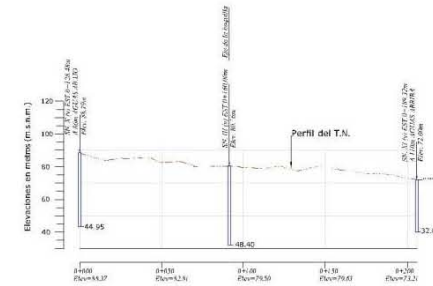
**LÁMINA 3. Localización de sondeos geológicos**



PLANTA TOPOGRÁFICA



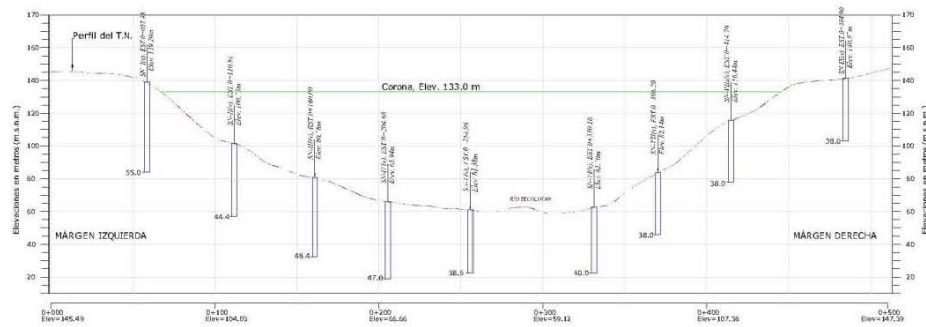
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CORTE A - A'

SIMBOLOGÍA

Soedeo exploratorio (v)



PERFIL POR EL EJE DE LA BOQUILLA



LÁMINA 3.- LOCALIZACIÓN DE SONDEOS GEOLÓGICOS



**LÁMINA 4.      Recuperaciones y calidad de roca**

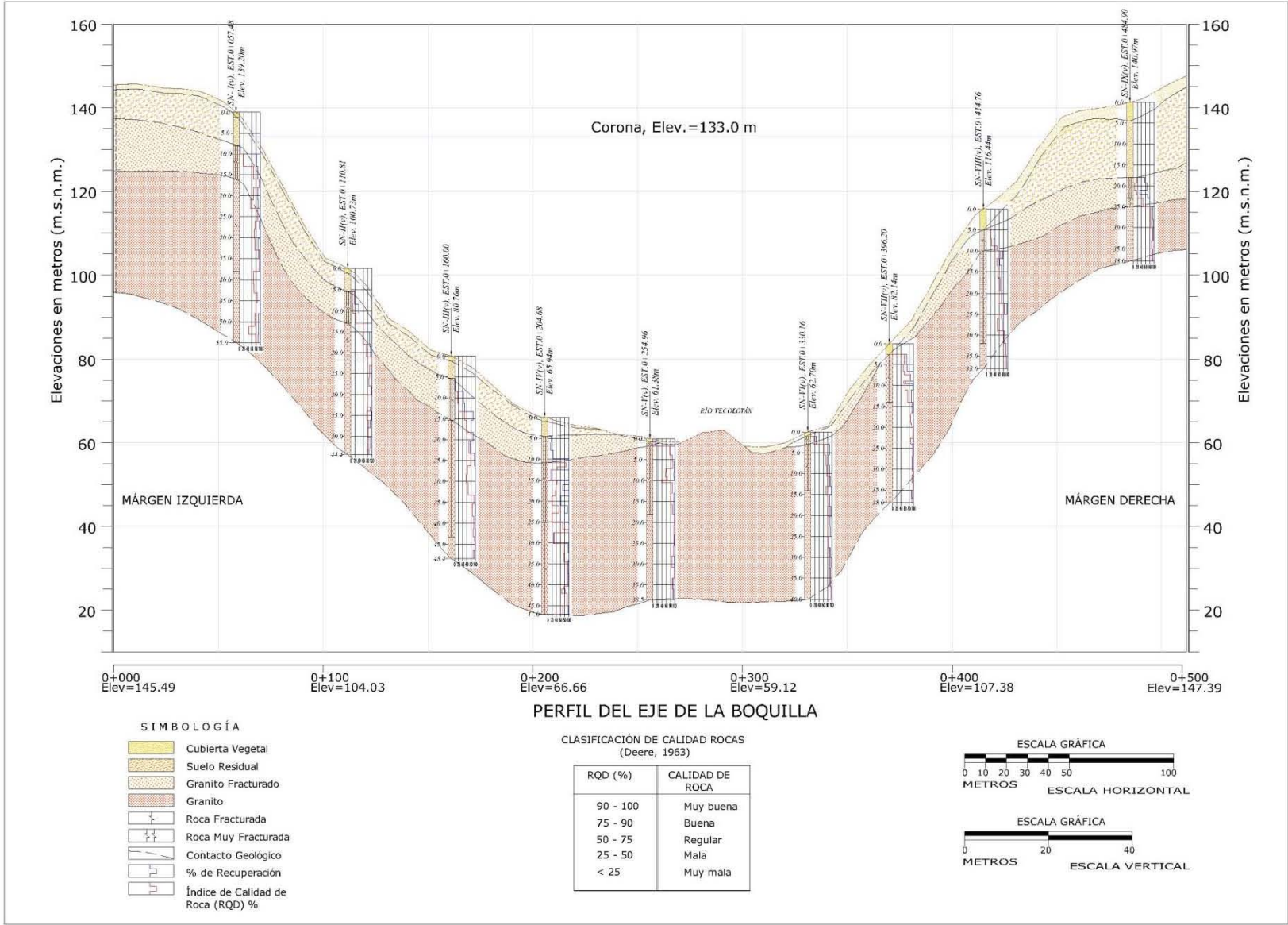


LÁMINA 4.- RECUPERACIONES Y CALIDAD DE ROCA (RQD)

**LÁMINA 5. Variaciones de la permeabilidad**

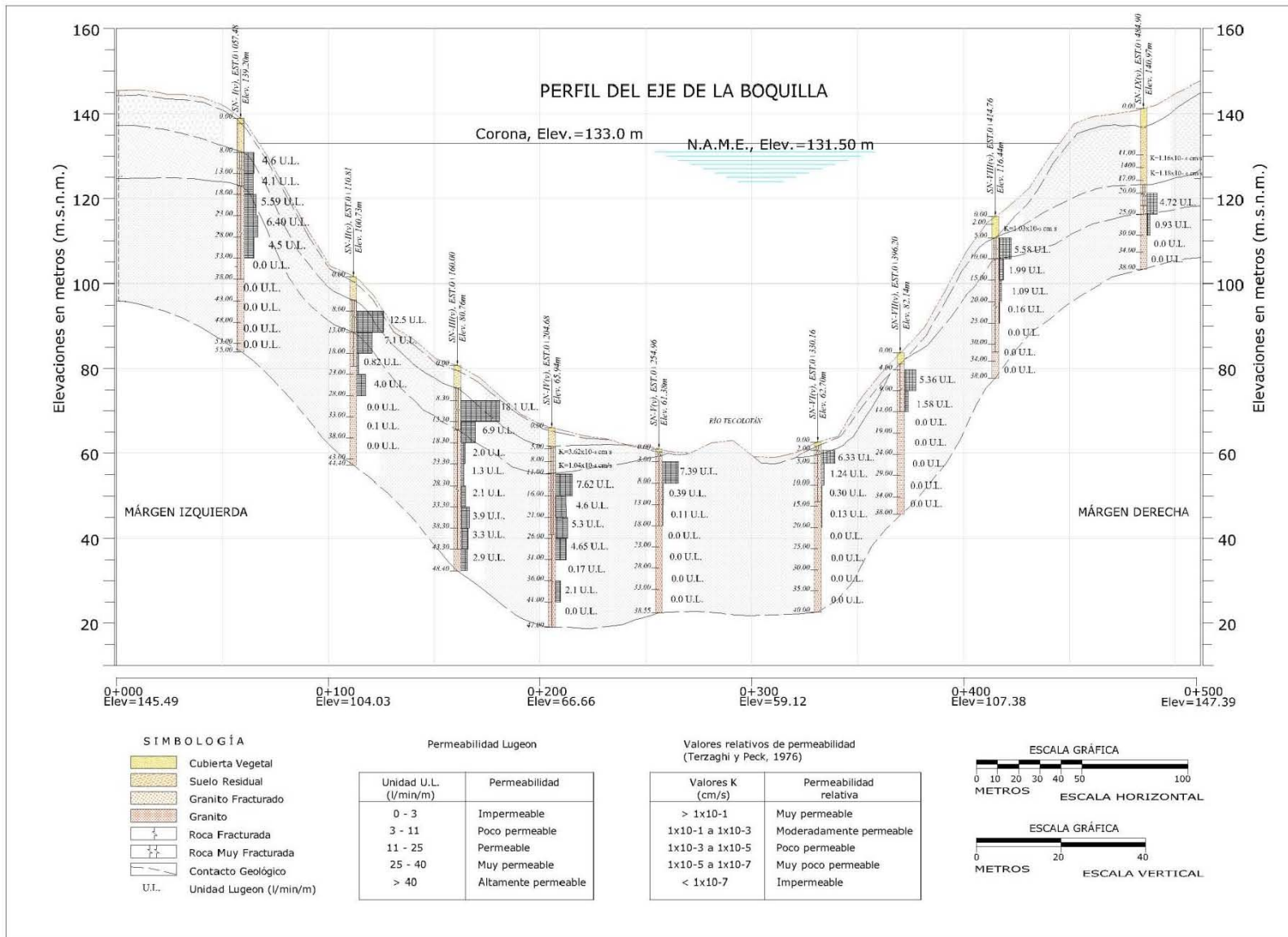


LÁMINA 5.- VARIACIONES DE LA PERMEABILIDAD

**LÁMINA 6. Perfil geológico-geotécnico de la boquilla**

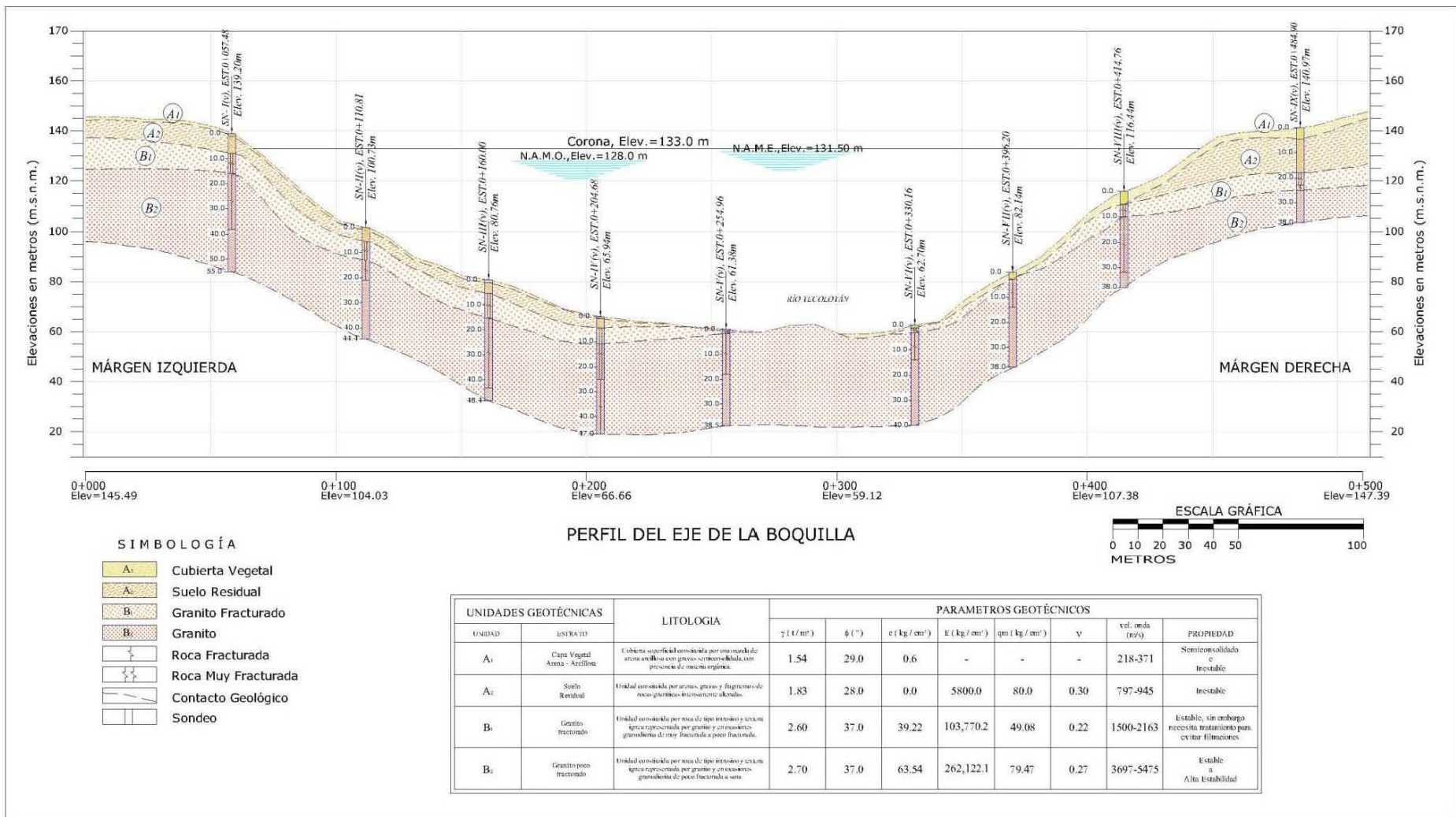
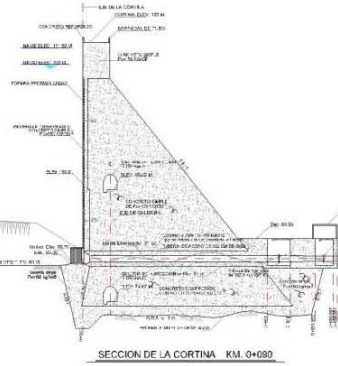
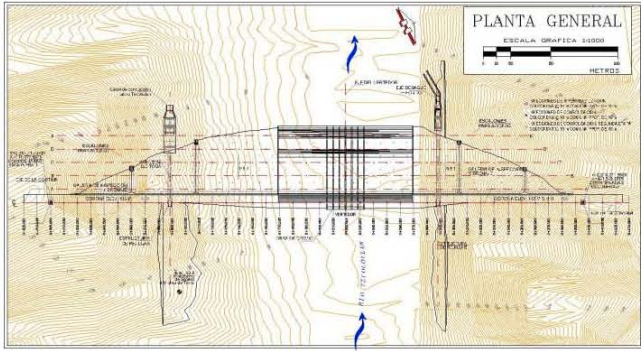
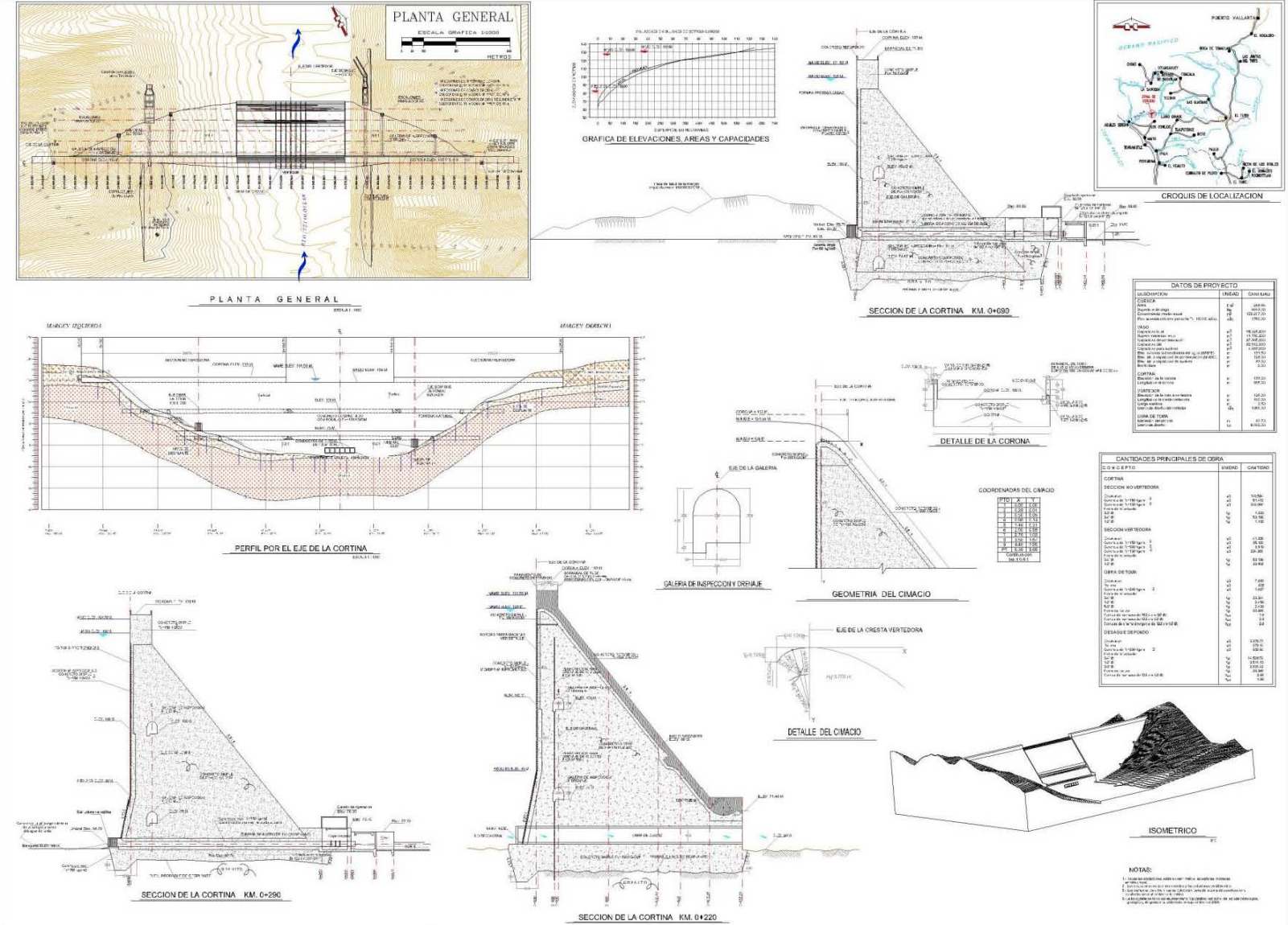
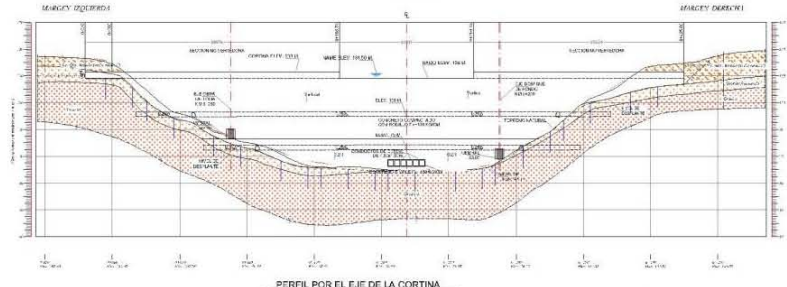


LÁMINA 6.- PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA BOQUILLA

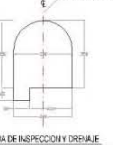
**LÁMINA 7. Alternativas de selección de Cortina**



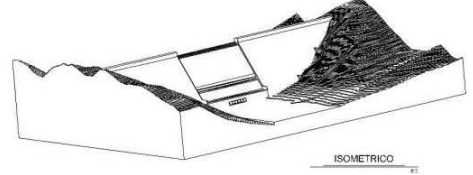
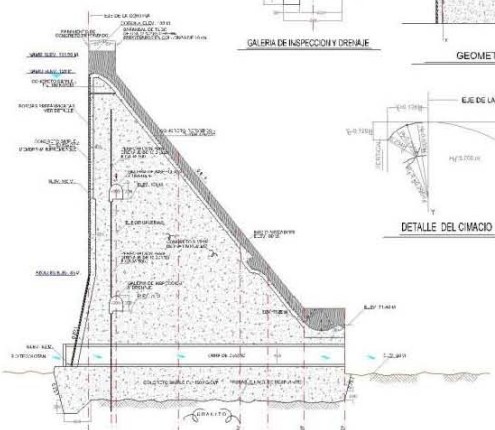
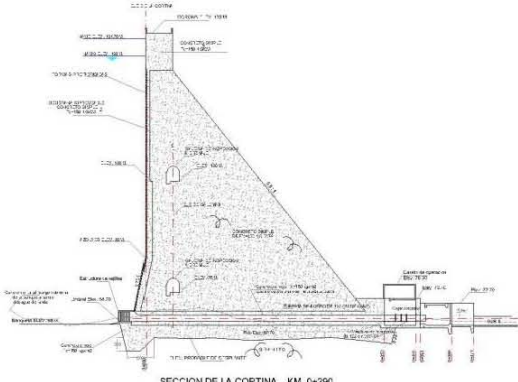
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
TIPO DE OBRAS	1	CONCRETO
TIPO DE PISO	1	METRO CUBICO
TIPO DE PAREDE	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO



DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO
TIPO DE OBRAS	1	METRO CUADADO



LINEA	NO.	X	Y
1	1	1000	1000
1	2	1000	2000
1	3	1000	3000
1	4	1000	4000
1	5	1000	5000
1	6	1000	6000
1	7	1000	7000
1	8	1000	8000
1	9	1000	9000
1	10	1000	10000
1	11	1000	11000
1	12	1000	12000
1	13	1000	13000
1	14	1000	14000
1	15	1000	15000
1	16	1000	16000
1	17	1000	17000
1	18	1000	18000
1	19	1000	19000
1	20	1000	20000

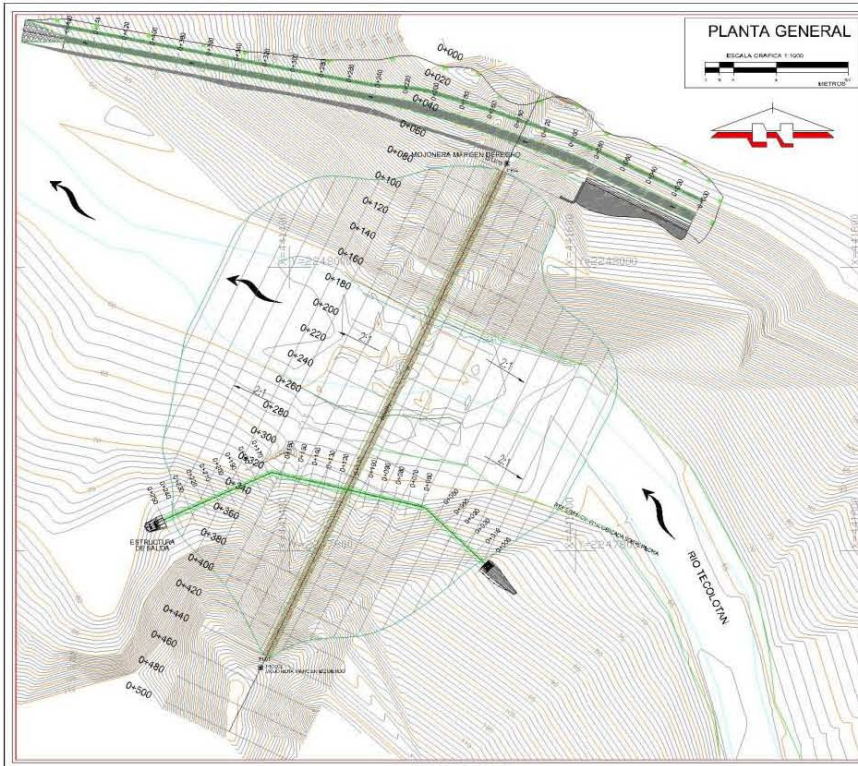


NOTAS:

1. Se ha considerado un nivel de agua de 1.00 m.
2. El nivel de agua de 1.00 m es un nivel de agua de 1.00 m.
3. El nivel de agua de 1.00 m es un nivel de agua de 1.00 m.
4. El nivel de agua de 1.00 m es un nivel de agua de 1.00 m.

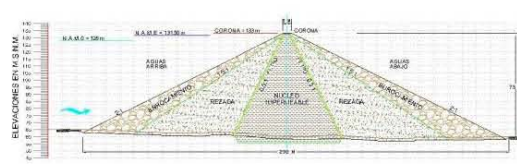
LÁMINA 7A.- ALTERNATIVA DE CORTINA DE CONCRETO





PERFIL POR EL EJE DE LA CORTINA

PLANTA GENERAL



SECCION MAXIMA DE LA CORTINA



SECCION POR EL EJE DE LA OBRA DE TOBA



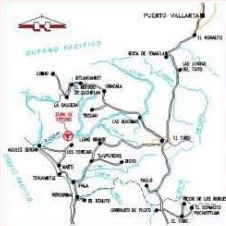
GRAFICA DE ELEVAIONES, AREAS Y CAPACIDADES

**CUADRO DE CONSTRUCCION DE LA CORTINA**

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (MILLONES DE DOLÁR)	VALOR TOTAL (MILLONES DE DOLÁR)
1.01	m <sup>2</sup>	1,000,000	0.10	100.00
1.02	m <sup>3</sup>	200,000	1.00	200.00
1.03	m	500	0.20	100.00
1.04	m <sup>2</sup>	10,000	0.10	1,000.00

ELEVA. AREAS Y CAPACIDADES

ELEVACION (M.S.N.M.)	AREA (HA)	CAPACIDAD (MLN. M <sup>3</sup> )
180	0	0
160	100	100
140	200	200
120	300	300
100	400	400
80	500	500
60	600	600
40	700	700
20	800	800
0	900	900



CRUQUIS DE LOCALIZACION

CANTIDADES ESTIMADAS

CORTINA			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	
Estructuras	m <sup>2</sup>	220,000.00	
Revoque de la cortina	m <sup>2</sup>	1,070.00	
Revoque de la corona	m <sup>2</sup>	999,770.00	
Filtro (arena gruesa)	m <sup>2</sup>	6,635.00	
Filtración de roca	m <sup>2</sup>	1,177,608.00	
Módulo de drenaje	m <sup>2</sup>	701,700.00	
Anchura	m	1,992.2,200	
Tratamiento de los sedimentos	m <sup>3</sup>	5,914,190.00	
Tratamiento de los vertederos			

VERTEDOR			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	
Estructuras	m <sup>2</sup>	114,163.00	
Concreto en obras	m <sup>3</sup>	2,364.00	
Cimentación armada (1-100kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	1,200.00	
Revoque de mampolines	m <sup>2</sup>	12,240.00	

OBRA DE TOBA			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	
Estructuras	m <sup>2</sup>	3973,800.00	
Revoque	m <sup>2</sup>	1998,600.00	
Concreto simple (1-100kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	791,600.00	
Cemento armado (1-100kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	900.00	
Revoque de mampolines	m <sup>2</sup>	74,140.00	
Tubos de acero de 150 cm (60' g)	m	280.00	
Tubos de acero de 150 cm (60' g)	m	1.00	
Valvulas de compuerta (50 cm (20' g))	pie	1.00	
Valvulas de compuerta (50 cm (20' g))	pie	280.00	
Módulos de flujo de 150 cm (60' g)	pie	1.00	
Módulos de flujo de 150 cm (60' g)	pie	1.00	

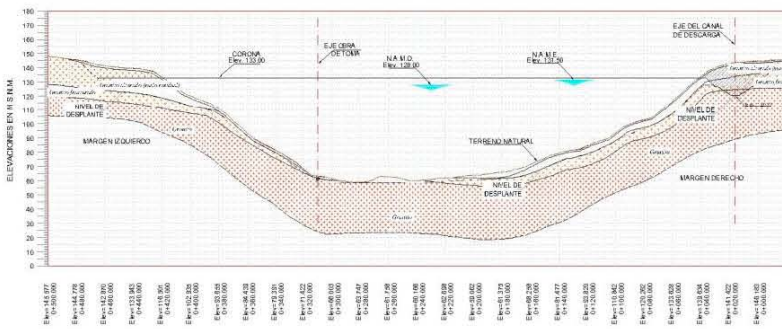
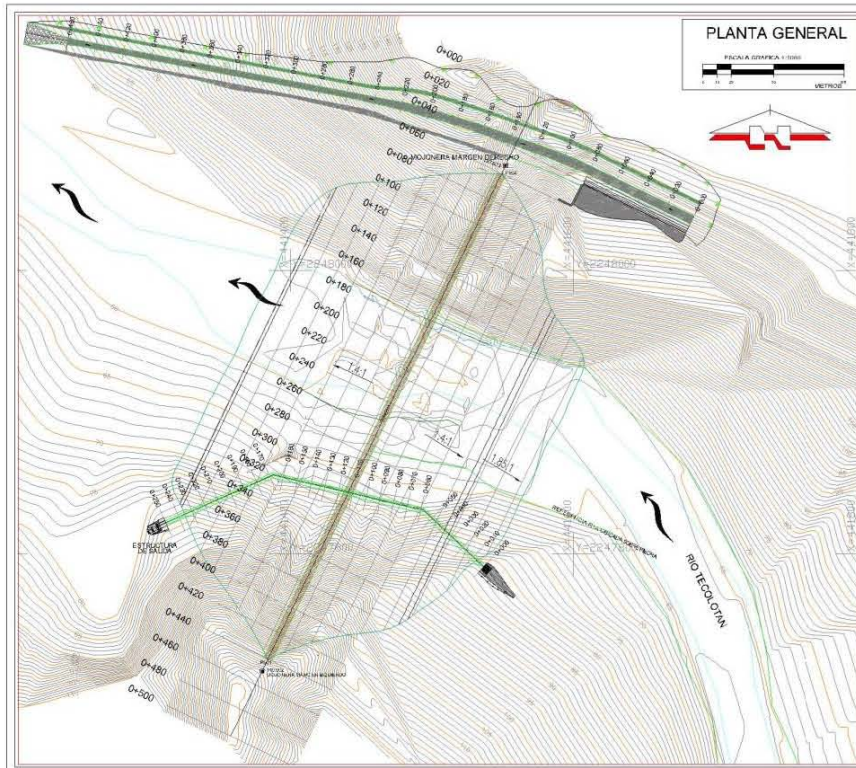
DIMENSIONAMIENTOS HIDRAULICOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Concreto por metro cuadrado	m <sup>2</sup>	240,000
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Proyección máxima (sección El Tobar - Canal General)	m	1,807.00
Revoque exterior	m <sup>2</sup>	9,081,000.00
Capacidad total del canal (cantidad de capacidad)	m <sup>3</sup>	87,735,200.00
Capacidad de núcleo	m <sup>3</sup>	82,841,900.00
Cantidad de concreto para el núcleo de operación	m <sup>3</sup>	4,734,297.28
Volúmenes para todos los tipos de canal	m <sup>3</sup>	4,613,779.92
Densidad de masa de concreto	m <sup>3</sup>	2,573.00
Tronco de mampolines	m <sup>2</sup>	8,983.00
Estructuras de concreto de la cortina	m <sup>2</sup>	1,000,000.00
Estructuras de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>2</sup>	3,999,000.00
Estructuras de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>2</sup>	60.00
Estructuras de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>2</sup>	61.00
Estructuras de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>2</sup>	68.00
Estructuras de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>2</sup>	125.00
Anchura máxima de la cortina (para 110,000 años de vida)	m	1,088.00
Cantidad de concreto de la cortina (sección El Tobar)	m <sup>3</sup>	46.00
Cemento de la cortina	m <sup>3</sup>	2.00
Anchura máxima de la cortina para 110,000 años de vida	m	1,000,000.00
Cargas de la cortina	m	2.00
Elevación máxima de la cortina (sección El Tobar)	m	131.00
Cargas de la cortina	m	2.00
Elevación máxima de la cortina (sección El Tobar)	m	45.00
Cargas de la cortina	m	2.00
Elevación máxima de la cortina (sección El Tobar)	m	19.00
Cargas de la cortina	m	0.00
Troncos de mampolines	m <sup>2</sup>	280.00
Estructuras de concreto de la cortina	m <sup>2</sup>	131.00
Longitud de la cortina	m	240.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00
Área de la corona	m <sup>2</sup>	1,362.00

DATOS DEL CANAL LATERAL KM. 0+000 AL KM. 0+215

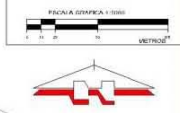
Características	1,000 m de ancho	Tronco	4.16 m
Profundidad	0.60 m	Área húmeda	88.44 m <sup>2</sup>
Tubo	1.5 m	Perímetro	32.88 m
Pendiente	0.010	Radio hidráulico	2.79 m
	0.010/100	Velocidad	19.13 m/s

- NOTAS:**
1. Todos los acabados están en metros, excepto las indicadas en otro sentido.
  2. Las elevaciones se indican en metros sobre el nivel del mar y las distancias en kilómetros.
  3. Las mampolines y los muros se colocarán fuera de la zona de construcción y de edificación (zona de sombra).
  4. Los datos del proyecto se obtienen del catastro del Instituto Registral y Catastral y de los planos de topografía de 2008.
  5. Los hidráulicos fueron generados con el software HEC-RAS 4.1.0.0.
  6. El estudio hidráulico de la cortina se realizó con los datos de la obra y se utilizó el método de la corriente para el cálculo de la capacidad de inundación y el método de la corriente para el cálculo de la capacidad de inundación.
  7. El estudio hidráulico de la cortina se realizó con los datos de la obra y se utilizó el método de la corriente para el cálculo de la capacidad de inundación y el método de la corriente para el cálculo de la capacidad de inundación.
  8. El costo de la obra de la cortina se estimó en base a los precios de los materiales de construcción y el costo de los servicios de ingeniería.
  9. Los costos de los materiales de construcción se estimaron en base a los precios de los materiales de construcción y el costo de los servicios de ingeniería.
  10. La obra de la cortina se realiza en forma de contrato de obra y se estima en base a los precios de los materiales de construcción y el costo de los servicios de ingeniería.
  11. Las cantidades para el transporte de los materiales de construcción se estimaron en base a los precios de los materiales de construcción y el costo de los servicios de ingeniería.
  12. El estudio de los costos de construcción se realizó en base a los precios de los materiales de construcción y el costo de los servicios de ingeniería.



PERFIL POR EL EJE DE LA CORTINA

PLANTA GENERAL



SECCION MAXIMA DE LA CORTINA



SECCION POR EL EJE DE LA OBRA DE TOMA



GRAFICA DE ELEVACIONES, AREAS Y CAPACIDADES

CUADRO DE CONSTRUCCION DE LA CORTINA

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	1.00	m <sup>2</sup>	1.00
2.00	2.00	m <sup>2</sup>	2.00
3.00	3.00	m <sup>2</sup>	3.00
4.00	4.00	m <sup>2</sup>	4.00
5.00	5.00	m <sup>2</sup>	5.00
6.00	6.00	m <sup>2</sup>	6.00
7.00	7.00	m <sup>2</sup>	7.00
8.00	8.00	m <sup>2</sup>	8.00
9.00	9.00	m <sup>2</sup>	9.00
10.00	10.00	m <sup>2</sup>	10.00

ELEV. AREAS Y CAPACIDADES

ELEVACION (M.S.N.M.)	AREA (HA)	CAPACIDAD (M <sup>3</sup> )
180	0.00	0.00
170	0.00	0.00
160	0.00	0.00
150	0.00	0.00
140	0.00	0.00
130	0.00	0.00
120	0.00	0.00
110	0.00	0.00
100	0.00	0.00
90	0.00	0.00
80	0.00	0.00
70	0.00	0.00
60	0.00	0.00
50	0.00	0.00
40	0.00	0.00
30	0.00	0.00
20	0.00	0.00
10	0.00	0.00

DIMENSIONAMIENTOS HIDRAULICOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Control de apertura del	adm	1.00
Área de la vertiente	m <sup>2</sup>	288.84
Perímetro de la vertiente	m	1.742.10
El área de la vertiente	m <sup>2</sup>	1.037.52
El volumen de la vertiente	m <sup>3</sup>	93.841.988.00
Capacidad de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	87.552.349.00
Capacidad de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	82.841.184.00
Capacidad de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	7.734.207.00
Capacidad de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	2.625.292.00
Volumen de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	4.413.729.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	371.25
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	9.293.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	1.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	2.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	3.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	4.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	5.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	6.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	7.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	8.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	9.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	10.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	11.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	12.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	13.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	14.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	15.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	16.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	17.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	18.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	19.000.00
Operación de almacenamiento de la vertiente	m <sup>3</sup>	20.000.00

DATOS DEL CANAL LATERAL KM 0+000 AL KM 0+215

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	1.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	2.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	3.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	4.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	5.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	6.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	7.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	8.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	9.000.00
Canal de drenaje	m <sup>2</sup>	10.000.00



CROQUIS DE LOCALIZACION

CANTIDADES ESTIMADAS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m <sup>3</sup>	255.00
Reconstrucción de la cortina	m <sup>3</sup>	2.700
Zona III Enrocamiento	m <sup>3</sup>	79.200
Zona IV Llave de concreto	m <sup>3</sup>	3.240
Zona V Llave de concreto	m <sup>3</sup>	26.880
Zona VI Fillo de concreto 20 cm	m <sup>3</sup>	1.040
Zona VII Enrocamiento en concreto	m <sup>3</sup>	401.800
Zona VIII Enrocamiento en concreto	m <sup>3</sup>	479.088
Zona IX Enrocamiento en concreto	m <sup>3</sup>	412.368
Zona X Tronco de concreto 20 x 20	m <sup>3</sup>	401.800
Canal de drenaje	m <sup>3</sup>	16.200
Control de la planta	m <sup>3</sup>	29.200
Tubo de drenaje	m <sup>3</sup>	1.00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m <sup>3</sup>	111.145.00
Control de la planta	m <sup>3</sup>	2.344.00
Canal de drenaje	m <sup>3</sup>	1.200.00
Área de drenaje	m <sup>2</sup>	12.400.00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación	m <sup>3</sup>	3673.4000
Reconstrucción	m <sup>3</sup>	1046.4000
Control de la planta	m <sup>3</sup>	751.8000
Canal de drenaje	m <sup>3</sup>	235.0000
Área de drenaje	m <sup>2</sup>	14.145.0000
Tubo de drenaje	m <sup>3</sup>	1.0000
Tubo de drenaje	m <sup>3</sup>	26.0000
Válvula de drenaje	m <sup>3</sup>	1.00
Válvula de drenaje	m <sup>3</sup>	265.0000
Medidor de flujo	m <sup>3</sup>	1.00
Medidor de flujo	m <sup>3</sup>	1.00

- NOTAS:
1. Todos los alcances están en metros, no en pies ni en pulgadas.
  2. Las superficies se indican en metros cuadrados y los volúmenes en metros cúbicos.
  3. Los muestreos y los ensayos se realizaron en la zona de construcción y de explotación de la cortina.
  4. La obra del proyecto de construcción del canal lateral incluye: canal de drenaje, tuberías, tuberías y válvulas de drenaje, medidores de flujo, etc.
  5. La planificación para la obra de construcción de la obra de drenaje de la cortina está en función de la programación de la obra de construcción de la cortina y de la programación de la obra de construcción de la obra de drenaje de la cortina.
  6. El proyecto de construcción de la obra de drenaje de la cortina está en función de la programación de la obra de construcción de la cortina y de la programación de la obra de construcción de la obra de drenaje de la cortina.

**LÁMINA 8. Pruebas de permeabilidad tipo Lugeon**



**ENSAYES DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEON**

**GRAFICA DE PRUEBAS LUGEON**

PROYECTO : **PROYECTO EJECUTIVO DE LA PRESA DE ALMACENAMIENTO LOS PANALES, MUNICIPIO DE CABO CORRIENTES, JALISCO**

LOCALIZACION: **EJE BOQUILLA DEL RIO TECOLOATAN, CABO CORRIENTES, JAL.**

PRESION 7.13 kg/cm2 = **18.1 U.L.**

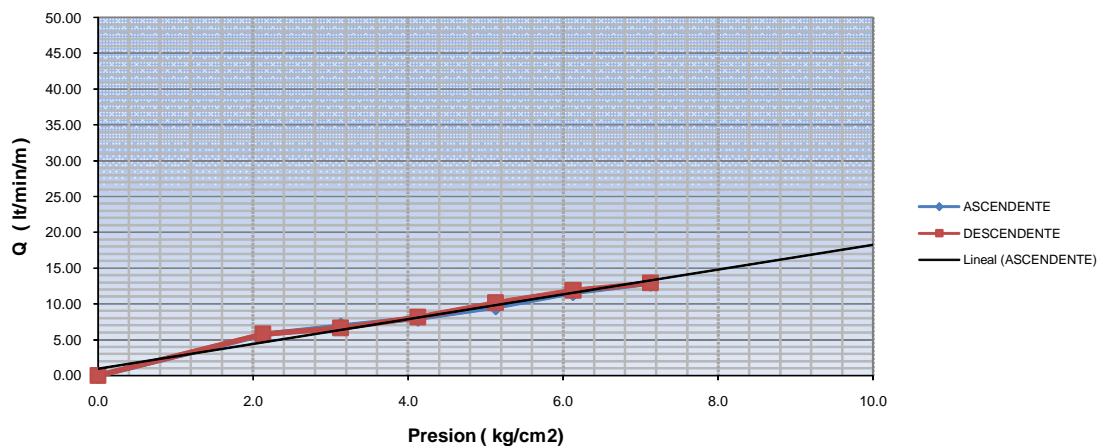
TRAMO DE PRUEBA: **SERIE 1**

ALTURA DEL MANOMETRO DESDE EL T.N. (P) : **0.50 m**

FECHA: **23/09/2008**

SONDEO No.: **3, CAD. 0+160 EN EL EJE DE LA BOQUILLA**

TRAMO : **8.30** A **13.30** M



COLUMNA= 1.13 L = 5.00 m

MANOMETRO ( KG/CM2 )		PRESIÓN ( KG/CM2 )		VOLUMEN ASCENDENTE (lts)	VOLUMEN DESCENDENTE (lts)	TIEMPO (min)	Q ( lts / min )		Q ( lts / min / m )	
0	6.00	-	7.13				0	64.56	0	12.91
1.00	5.00	2.13	6.13	142.50	296.70	5.00	28.50	59.34	5.70	11.87
2.00	4.00	3.13	5.13	173.00	253.50	5.00	34.60	50.70	6.92	10.14
3.00	3.00	4.13	4.13	200.30	204.20	5.00	40.06	40.84	8.01	8.17
4.00	2.00	5.13	3.13	240.60	165.50	5.00	48.12	33.10	9.62	6.62
5.00	1.00	6.13	2.13	290.70	144.60	5.00	58.14	28.92	11.63	5.78
6.00	-	7.13	-	322.80	-	5.00	64.56	-	12.91	-

OBSERVACIONES:

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EL TRAMO DE PRUEBA A UNA PRESION DE 7.08 KG/CM2, MEDIANTE EXTRAPOLACION SE CONSIDERA PERMEABLE.

**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEON  
REGISTRO DE CAMPO**

PROYECTO: PROYECTO EJECUTIVO DE LA PRESA DE ALMACENAMIENTO LOS PANALES.  
LOCALIZACIÓN: SITIO LOS PANALES, MUNICIPIO DE CABO CORRIENTES, JALISCO.

FECHA: 12 DE SEPTIEMBRE DE 2008.

BOQUILLA: RIO TECOLOATAN, LOS PANALES SONDEO No. EXP. IV (v) N.A.F. (m): - PRUEBA: SERIE 1  
REALIZÓ: PROTYC, SA DE CV. ESTACION: 0+204.68 TRAMO DE PRUEBA (m): 11.0 A 16.0 ELEV. BROCAL: 65.65 M.SN.M.  
ELEV. T. N.: 65.94 M.SN.M.

PRESIONES ASCENDENTES					PRESION DE PRUEBA Kg/cm <sup>2</sup>	PRESIONES DESCENDENTES					ESQUEMA	
VOLUMEN DE AGUA (lts)	TIEMPO (min)	GASTOS (Q) l/min	MANOMETRO H1 Kg/cm <sup>2</sup>	COLUMNA H2 Kg/cm <sup>2</sup>		MANOMETRO H1 Kg/cm <sup>2</sup>	COLUMNA H2 Kg/cm <sup>2</sup>	VOLUMEN DE AGUA (lts)	TIEMPO (min)	GASTOS (Q) l/min		
101.60	5	20.3	2.00	1.21	3.46	2.00	1.21	103.5	5	20.70		
102.00	5	20.4	4.00	1.21	5.46	4.00	1.21	105.0	5	21.00		
161.20	5	32.2	6.00	1.21	7.46	6.00	1.21	163.0	5	32.60		
189.00	5	37.8	8.00	1.21	9.46	8.00	1.21	187.8	5	37.56		
217.00	5	43.4	10.00	1.21	11.46							
												TIPO DE BOMBA: MOYNO 3L6
												DIAM. DEL MEDIDOR DE AGUA: 3/4"
												MARCA DEL MANÓMETRO: INFRA
												DIÁM. DE TUBERÍA: 1/2"
												CODOS: 1
											NIPLES: 5	
											COPLES: 8 DE 1/2"	
											REDUCCIONES: 1 - 3/4 A 1/2	
											ALTURA DEL MANOMETRO DESDE EL T.N.: P= 1.05 m	
											PROFUNDIDAD DEL MANTO FREÁTICO: MF (Ha) = - m	
											LONGITUD DEL TRAMO DE PRUEBA L= 5.00 m	
											DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN: D= NQ	
											OBTURADOR TIPO: NEUMATICO	
											PROFUNDIDAD DE PRUEBA: Z = 16.00 m	
											PROFUNDIDAD DEL EMPAQUE: H= 11.00 m	

**ENSAYES DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEON**

**GRAFICA DE PRUEBAS LUGEON**

PROYECTO : PROYECTO EJECUTIVO DE LA PRESA DE ALMACENAMIENTO LOS PANALES, MUNICIPIO DE CABO CORRIENTES, JALISCO

LOCALIZACION: EJE BOQUILLA DEL RIO TECOLOTAN, CABO CORRIENTES, JAL.

PRESION 11.40 kg/cm2 = **7.62 U.L.**

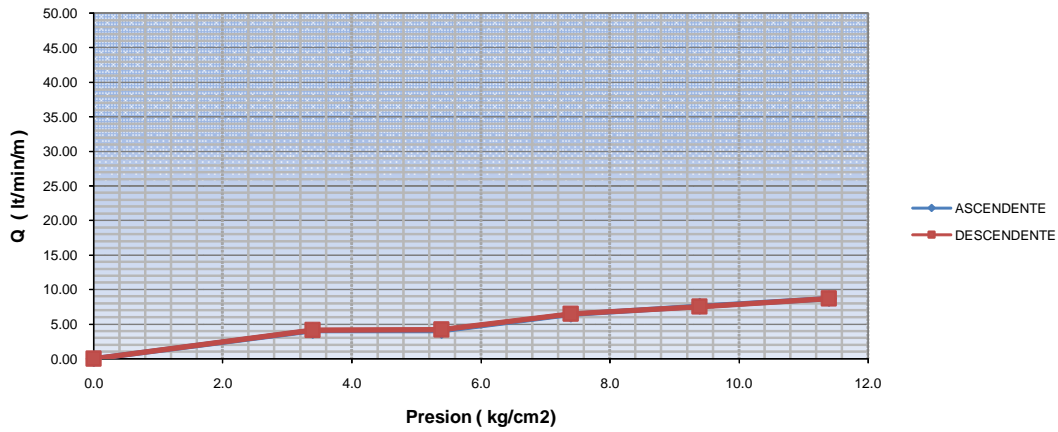
TRAMO DE PRUEBA: SERIE 1

ALTURA DEL MANOMETRO DESDE EL T.N. (P) : 0.45 m

FECHA: 16/09/2008

SONDEO No.: EXP. IV (v), CAD. 0 + 204.677, EN EL EJE DE LA BOQUILLA.

TRAMO : 11.00 A 16.00 M



COLUMNA= 1.40 L= 5.00 m

MANOMETRO ( KG/CM2 )		PRESIÓN ( KG/CM2 )		VOLUMEN ASCENDENTE (Its)	VOLUMEN DESCENDENTE (Its)	TIEMPO (min)	Q ( lts / min )		Q ( lts / min / m )	
0	10.00	-	11.40		217.00		0	43.40	0	8.68
2.00	8.00	3.40	9.40	101.60	187.80	5.00	20.32	37.56	4.06	7.51
4.00	6.00	5.40	7.40	102.00	163.00	5.00	20.40	32.60	4.08	6.52
6.00	4.00	7.40	5.40	161.20	105.00	5.00	32.24	21.00	6.45	4.20
8.00	2.00	9.40	3.40	189.00	103.50	5.00	37.80	20.70	7.56	4.14
10.00	-	11.40	-	217.00	-	5.00	43.40	-	8.68	-

OBSERVACIONES:

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EL TRAMO DE PRUEBA A UNA PRESION DE 11.40 KG/CM2, MEDIANTE EXTRAPOLACION SE CONSIDERA POCO PERMEABLE.

**LÁMINA 9. Pruebas de permeabilidad tipo Lefranc**

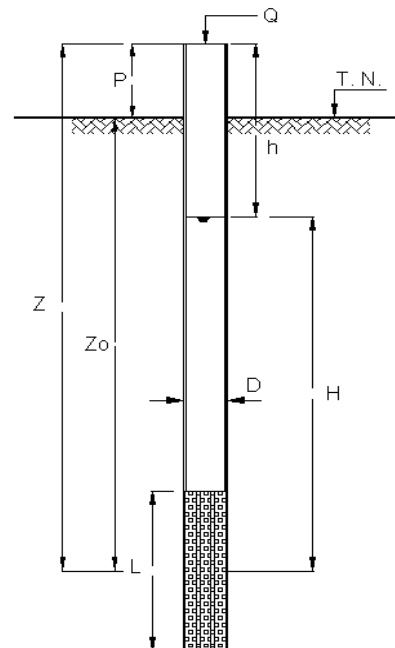


**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC  
REGISTRO PARA OBSERVACIONES  
GASTO CONSTANTE**

**Gasto constante**

EXPLOR. IV(v), Cad. 0+204.68 m		Fecha : 12 SEP. DE 2008	
D=Diametro de tubería "NX" (m)	0.0762	Elev. del Terreno Natural (T.N.)	65.33 m
M.F. = Superficie del manto freático (m)	No detectado	C.F.=Camara filtrante "L"	3.00 m
Zo = Dist. del centro C.F. al Terreno Nat. (m)	6.500	Tramo de prueba:	5.00 - 8.00 m
P=Dist. Del T.N. a la boca del ademe.(m)	0.500	Prueba No.	1 m

CAUDAL APLICADO Y CARGA	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5
Volúmen filtrado (Its)	120	120	120	120	120
Tiempo de observación (seg)	20	22	23	22	21
Q - Gasto de prueba (Its/seg)	6.000	5.455	5.217	5.455	5.714
Z - Profundidad al centro de camara filtrante (m)	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
h - Prof. Nivel Estable (m)	1.000	0.850	0.900	1.100	1.000
H - Carga	6.000	6.150	6.100	5.900	6.000



- T.N.= Elevación del terreno natural
- D = Diámetro de la tubería
- P = Distancia del T.N. a la boca del ademe
- Z = Profundidad al centro de la C.F.
- Zo = Profundidad del centro de C.F. al T. N.
- h = Profundidad del nivel estable del espejo de agua
- H = Carga hidráulica
- L = Longitud de cámara filtrante
- C.F. = Cámara filtrante
- No se detectó manto freático

**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC  
REGISTRO DE CALCULO DE PERMEABILIDAD  
GASTO CONSTANTE**

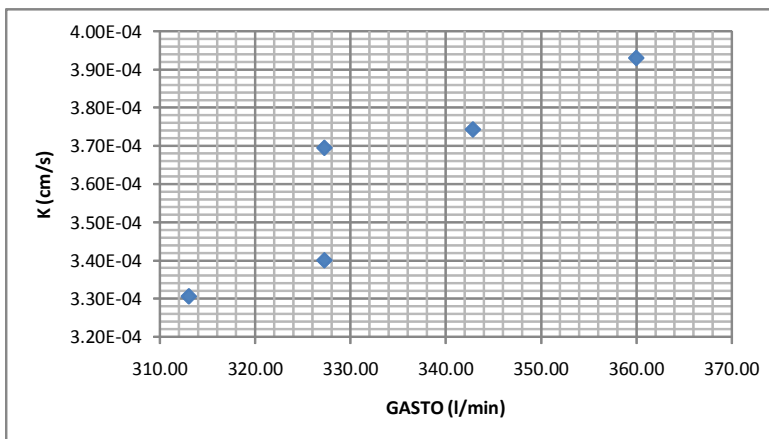
**Gasto constante**

EXPLOR. IV(v), Cad. 0+204.68 m		Fecha :	12 SEP. DE 2008
D=Diametro de tubería "NX" (m)	0.0762	Elev. del Terreno Natural (T.N.)	65.33 m
C.F.=Camara filtrante "L" (m)	3.00	Tramo de prueba	5.00 - 8.00 m
		Prueba No.	1 m

Observación	VOLUMEN (lts)	GASTO (lts/min)	CAUDAL (m³/seg)	H	Q	Q/H	K= C (Q/H) (m/seg)	K (cm/seg)
1	120.00	360.00	0.00600000	6.000	0.00010194	0.000016989	3.930E-06	3.930E-04
2	120.00	327.27	0.00545455	6.150	0.00009041	0.000014701	3.401E-06	3.401E-04
3	120.00	313.04	0.00521739	6.100	0.00008719	0.000014293	3.307E-06	3.307E-04
4	120.00	327.27	0.00545455	5.900	0.00009424	0.000015973	3.695E-06	3.695E-04
5	120.00	342.86	0.00571429	6.000	0.00009708	0.000016180	3.743E-06	3.743E-04
<b>3.62E-04</b>								

L =	<b>3.00</b>
D =	<b>0.0762</b>
L/D =	<b>39.37</b>

9.000
0.0058064
9.0058064
3.00096758
6.00096758
78.7528554
1.89626631
0.63208877
<b>C = 0.23134449</b>

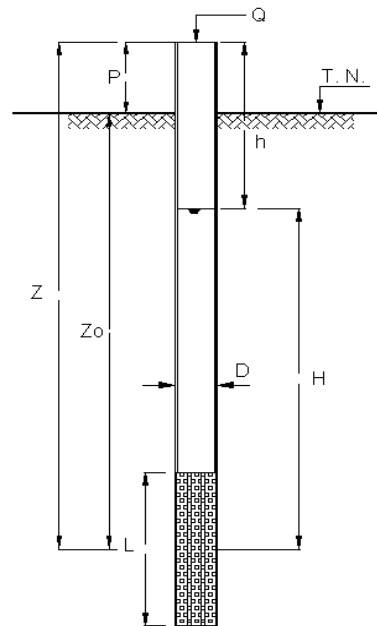


**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC  
REGISTRO PARA OBSERVACIONES  
GASTO CONSTANTE**

**Gasto constante**

EXPLOR. IX (v), Cad. 0 + 462.15 m		Fecha : 14 NOV. DE 2008	
D=Diametro de tubería "NX" (m)	0.0762	Elev. del Terreno Natural (T.N.)	139.70 m
M.F. = Superficie del manto freático (m)	No detectado	C.F.=Camara filtrante "L"	3.00 m
Zo = Dist. del centro C.F. al Terreno Nat. (m)	15.500	Tramo de prueba:	14.00 - 17.00 m
P=Dist. Del T.N. a la boca del ademe.(m)	0.800	Prueba No.	2 m

CAUDAL APLICADO Y CARGA	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5
Volúmen filtrado (lts)	85	85	85	85	85
Tiempo de observación (seg)	22	21	20	21	22
Q - Gasto de prueba (lts/seg)	3.864	4.048	4.250	4.048	3.864
Z - Profundidad al centro de camara filtrante (m)	16.300	16.300	16.300	16.300	16.300
h - Prof. Nivel Estable (m)	7.000	7.500	7.400	7.500	7.300
H - Carga	9.300	8.800	8.900	8.800	9.000



- T.N.= Elevación del terreno natural
- D = Diámetro de la tubería
- P = Distancia del T.N. a la boca del ademe
- Z = Profundidad al centro de la C.F.
- Zo = Profundidad del centro de C.F. al T. N.
- h = Profundidad del nivel estable del espejo de agua
- H = Carga hidráulica
- L = Longitud de cámara filtrante
- C.F. = Cámara filtrante
- No se detectó manto freático

**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC  
REGISTRO DE CALCULO DE PERMEABILIDAD  
GASTO CONSTANTE**

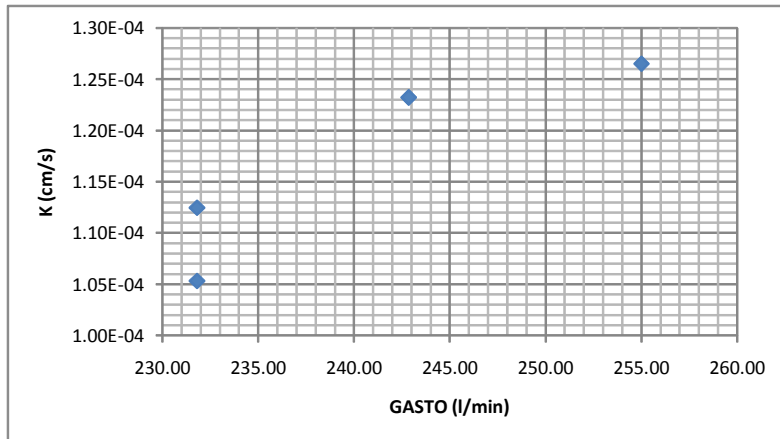
**Gasto constante**

EXPLOR. IX (v), Cad. 0 + 462.15 m	Fecha :	14 NOV. DE 2008
D=Diametro de tuberia "NX" (m) 0.0762	Elev. del Terreno Natural (T.N.)	139.70 m
C.F.=Camara filtrante "L" (m) 3.00	Tramo de prueba	14.00 - 17.00 m
	Prueba No.	2 m

Observación	VOLUMEN (lts)	GASTO (lts/min)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg)	H	Q	Q/H	K= C (Q/H) (m/seg)	K (cm/seg)
1	85.00	231.82	0.00386364	9.300	0.00004235	0.000004554	1.053E-06	1.053E-04
2	85.00	242.86	0.00404762	8.800	0.00004689	0.000005328	1.233E-06	1.233E-04
3	85.00	255.00	0.00425000	8.900	0.00004868	0.000005469	1.265E-06	1.265E-04
4	85.00	242.86	0.00404762	8.800	0.00004689	0.000005328	1.233E-06	1.233E-04
5	85.00	231.82	0.00386364	9.000	0.00004376	0.000004862	1.125E-06	1.125E-04
<b>1.18E-04</b>								

L =	<b>3.00</b>
D =	<b>0.0762</b>
L/D =	<b>39.37</b>

	9.000
	0.0058064
	9.0058064
	3.00096758
	6.00096758
	78.7528554
	1.89626631
	0.63208877
<b>C =</b>	<b>0.23134449</b>



**LÁMINA 10. Localización general de bancos de materiales**

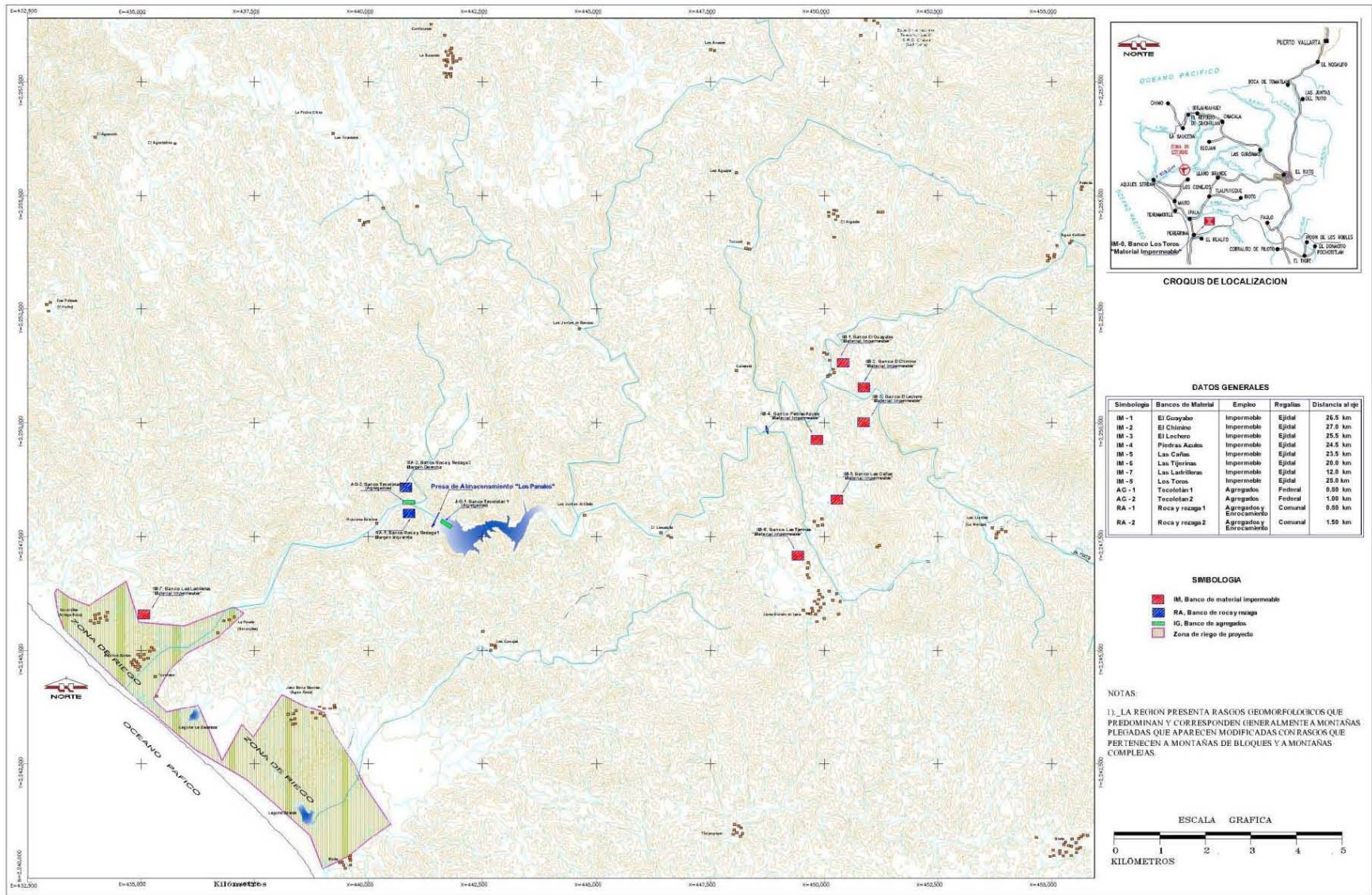


LÁMINA 10.- LOCALIZACIÓN GENERAL DE BANCOS DE MATERIALES.

**LÁMINA 11. Localización de bancos de agregados**

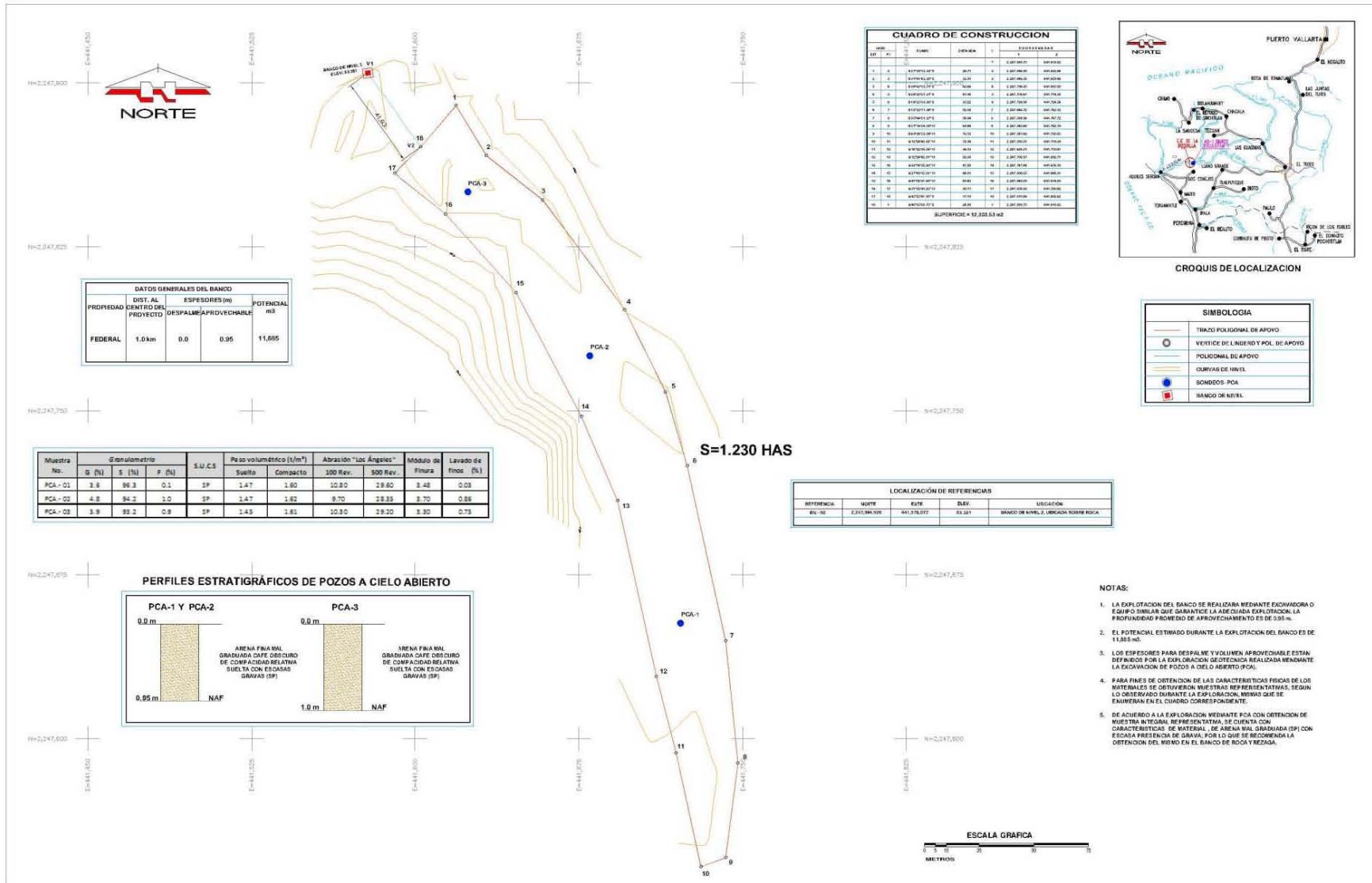


LÁMINA 11A.- BANCO DE MATERIAL PARA AGREGADOS (AG-1).



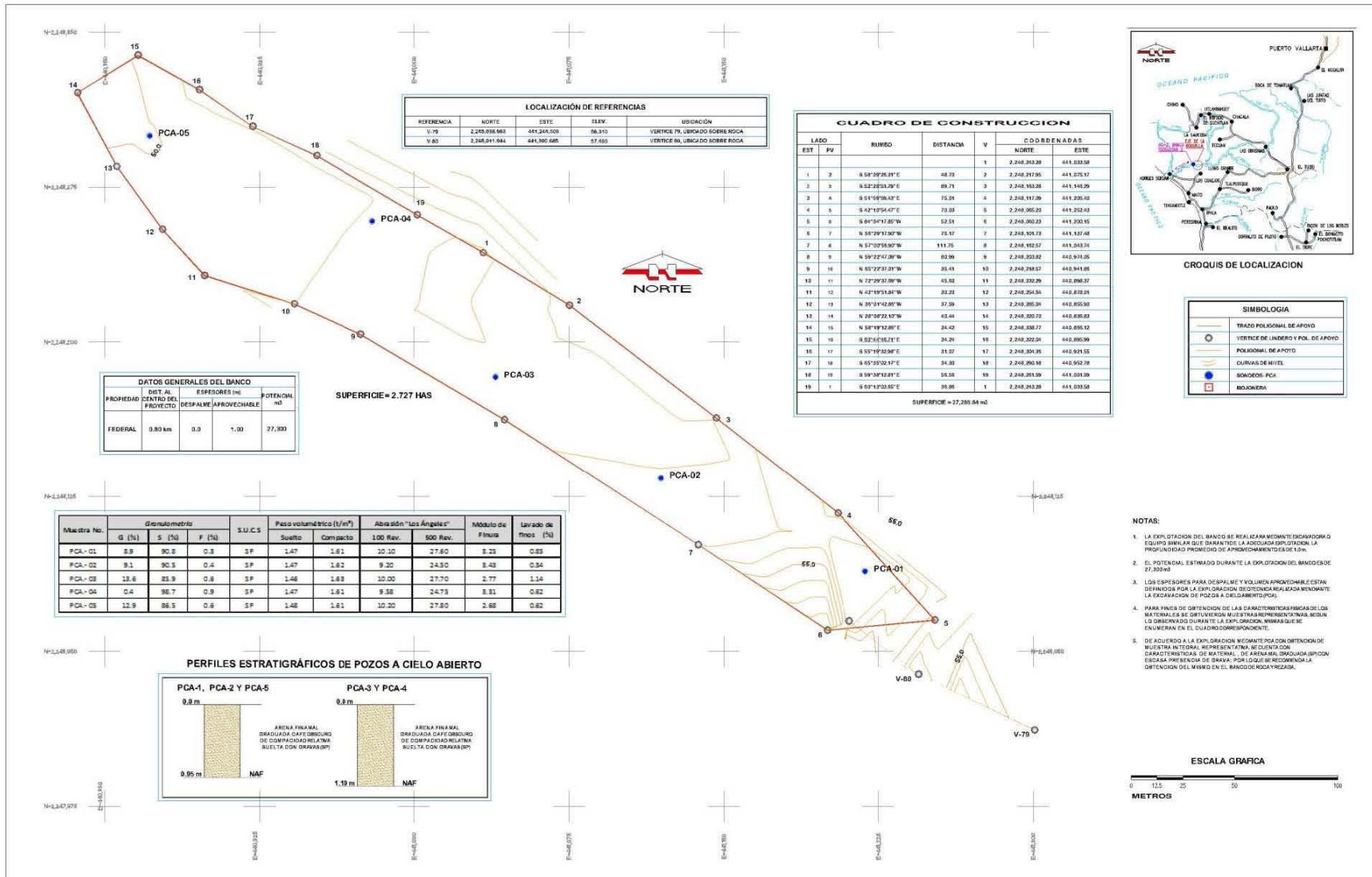
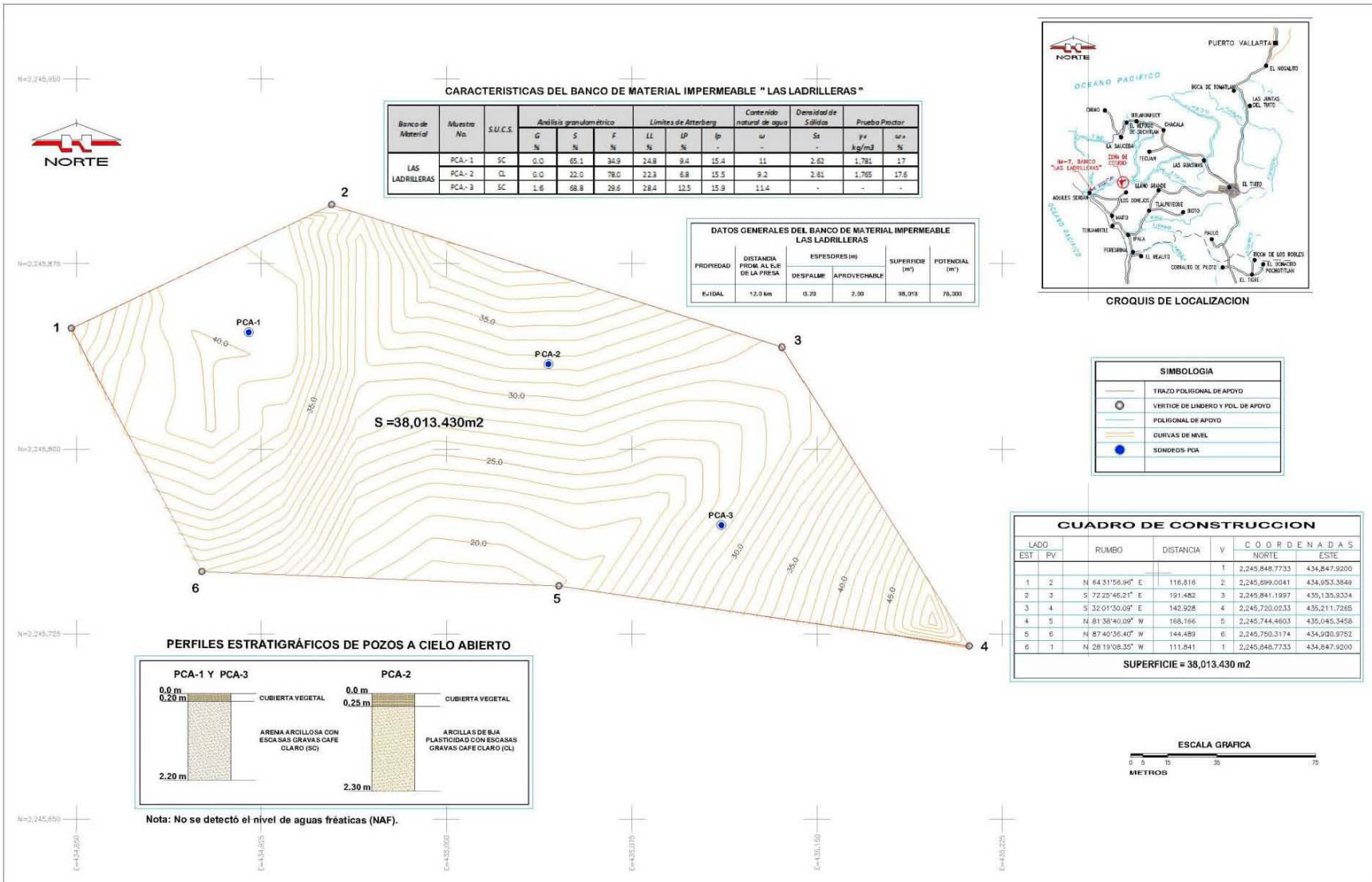


LÁMINA 11B.- BANCO DE MATERIAL PARA AGREGADOS (AG-2).

**LÁMINA 12. Localización de bancos de material impermeable**

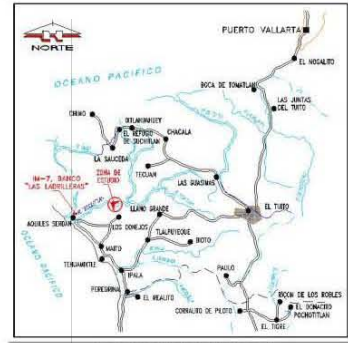


**CARACTERISTICAS DEL BANCO DE MATERIAL IMPERMEABLE " LAS LADRILLERAS "**

Banco de Material	Muestra No.	S.U.C.S.	Análisis granulométrico			Límites de Atterberg			Contenido natural de agua		Densidad de Sólidos		Prueba Proctor	
			G %	S %	F %	LL %	LP %	Ip %	w	Sa	w <sub>p</sub>	w <sub>L</sub>		
LAS LADRILLERAS	PCA-1	SC	0.0	85.1	34.9	24.8	9.4	15.4	11	2.62	1.781	1.7		
	PCA-2	CL	0.0	22.0	78.0	22.3	6.8	15.5	9.2	2.61	1.765	17.6		
	PCA-3	SC	1.6	68.8	29.6	28.4	12.5	15.9	11.4	-	-	-	-	

**DATOS GENERALES DEL BANCO DE MATERIAL IMPERMEABLE LAS LADRILLERAS**

PROPIEDAD	DISTANCIA PROMEDIO AL RÍO DE LA PRESA	ESPESORES (m) DESPALME APROVECHABLE	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	POTENCIAL (m)
ELUDAL	12.0 km	0.29	2.93	38.018
			38,018	76,000



**SIMBOLOGIA**

	TRAZO POLIGONAL DE APOYO
	VERTICES DE LIMITE Y PDL DE APOYO
	POLIGONAL DE APOYO
	CURVAS DE NIVEL
	SEMEDIOS-PCA

**CUADRO DE CONSTRUCCION**

LADO EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					NORTE	ESTE
1	2	N 64°31'56.90" E	116.818	2	2,245,848.7733	434,847.9200
2	3	S 72°25'46.21" E	191.482	3	2,245,841.1997	435,135.9334
3	4	S 32°01'50.00" E	142.928	4	2,245,724.0233	435,211.7265
4	5	N 81°38'40.00" W	168.166	5	2,245,744.4603	435,045.3458
5	6	N 87°40'36.40" W	144.489	6	2,245,750.3174	434,900.9752
6	1	N 28°19'08.35" W	111.841	1	2,245,848.7733	434,847.9200

**SUPERFICIE = 38,013.430 m<sup>2</sup>**



Nota: No se detectó el nivel de aguas freáticas (NAF).



LÁMINA 12A.- BANCO DE MATERIAL IMPERMEABLE, LAS LADRILLERAS (IM-7).

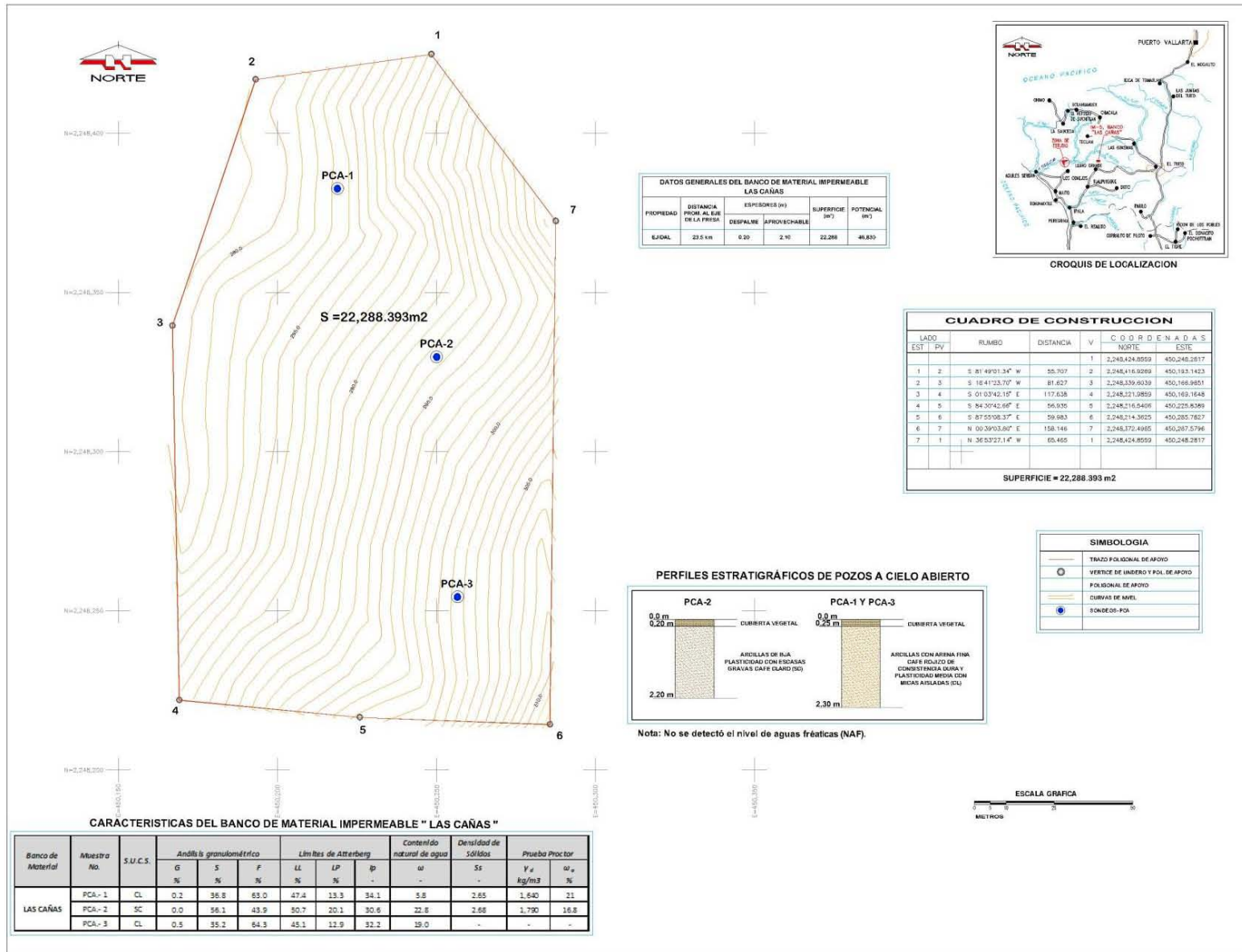


LÁMINA 12B.- BANCO DE MATERIAL IMPERMEABLE, LAS CAÑAS (IM-5).

**LÁMINA 13. Localización de bancos de roca y rezaga**

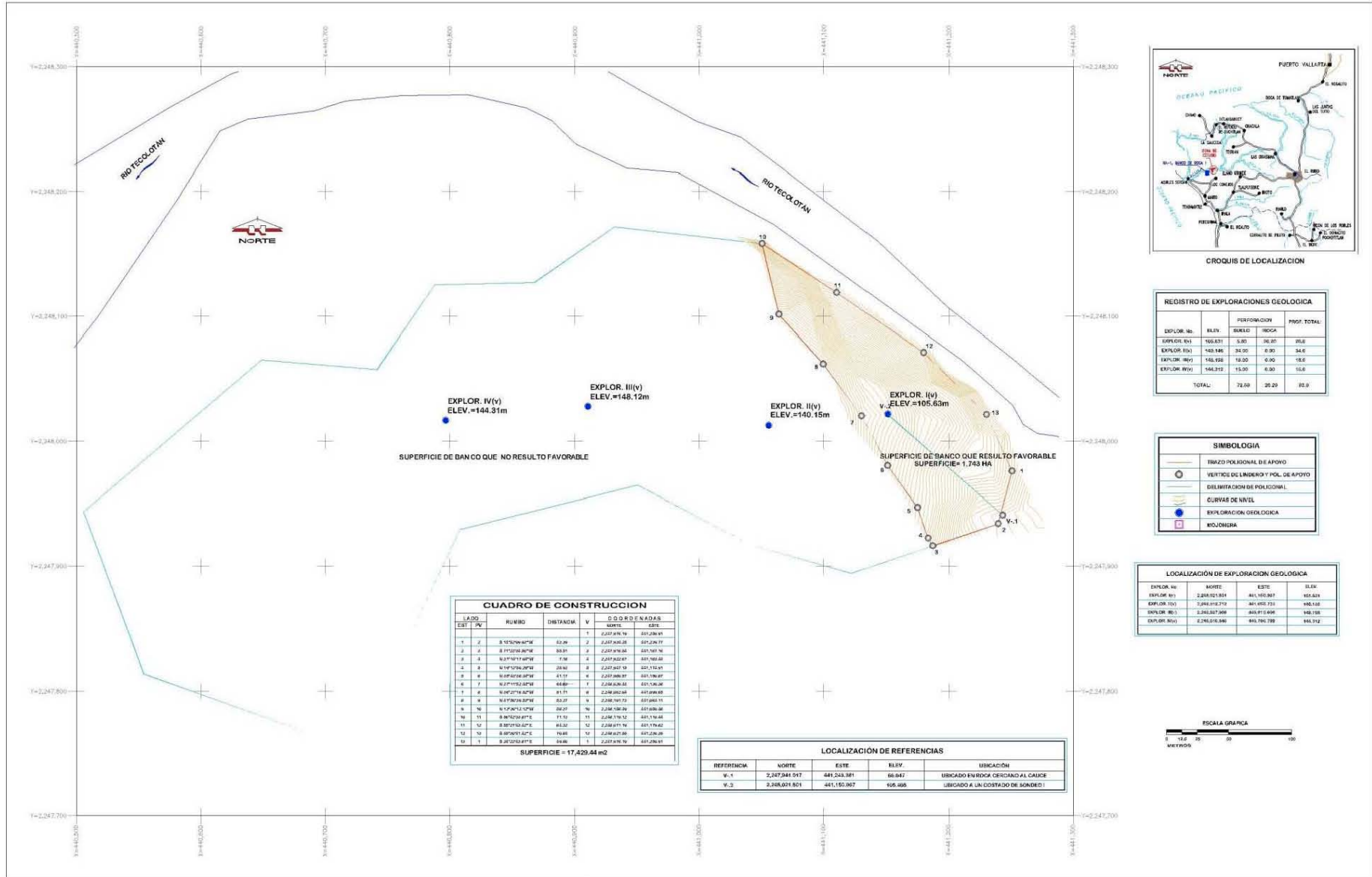
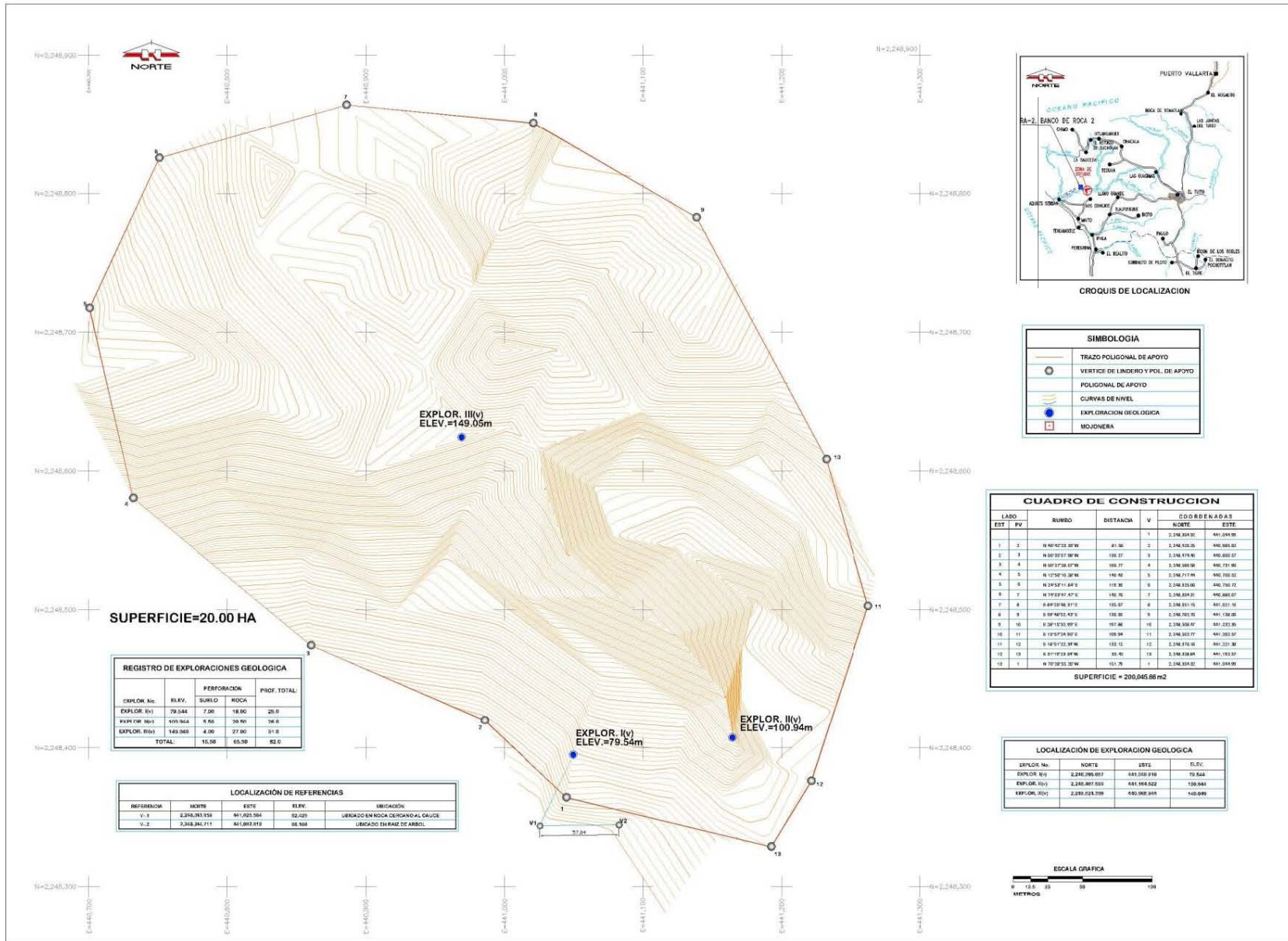


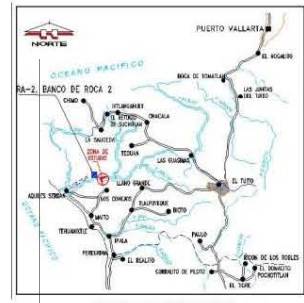
LÁMINA 13A.- LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE ROCA Y REZAGA (RA-1).



**SUPERFICIE=20.00 HA**

REGISTRO DE EXPLORACIONES GEOLOGICA				
EXPLOR. No.	EL.EV.	PERFORACION	PROF. TOTAL	
		SURCO	ROCA	
EXPLOR. I(v)	79.544	7.00	18.00	25.0
EXPLOR. II(v)	100.944	6.60	30.00	36.6
EXPLOR. III(v)	143.068	4.00	27.00	31.0
<b>TOTAL:</b>		<b>15.50</b>	<b>65.50</b>	<b>82.0</b>

LOCALIZACION DE REFERENCIAS				
REFERENCIA	NORTE	ESTE	EL.EV.	UBICACION
V-1	2,248,353.958	841,023.364	52.225	UBICADO EN ROCA CERCA AL CAUCE
V-2	2,248,244.711	841,023.819	56.109	UBICADO EN RAZ DE ARBOL



SIMBOLOGIA	
	TRAZO POLIGONAL DE APOYO
	VERTICE DE LINDERO Y POL. DE APOYO
	POLIGONAL DE APOYO
	CURVAS DE NIVEL
	EXPLORACION GEOLOGICA
	MOJONERA

CUADRO DE CONSTRUCCION							
LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						NORTE	ESTE
1	2		N 40°42'23.20" W	41.56	2	2,248,353.95	841,023.99
2	3		N 80°33'57.00" W	150.27	3	2,248,174.90	840,880.57
3	4		N 80°37'34.07" W	160.77	4	2,248,048.00	840,731.90
4	5		N 10°26'10.20" W	150.42	5	2,248,211.06	840,750.52
5	6		N 24°51'48" E	119.30	6	2,248,323.00	840,750.72
6	7		N 70°03'47" E	140.76	7	2,248,354.31	840,880.57
7	8		S 40°32'46.31" S	150.57	8	2,248,353.15	841,021.10
8	9		S 90°42'14" S	150.00	9	2,248,203.15	841,150.00
9	10		S 20°12'21.99" E	157.00	10	2,248,354.57	841,221.25
10	11		S 10°32'34.93" E	100.94	11	2,248,353.77	841,283.57
11	12		S 14°51'23.34" W	153.12	12	2,248,318.10	841,221.30
12	13		S 81°19'23.04" W	55.40	13	2,248,338.84	841,193.57
13	1		N 00°20'30.50" W	151.76	1	2,248,354.52	841,024.99

**SUPERFICIE = 200,045.86 m<sup>2</sup>**

LOCALIZACION DE EXPLORACION GEOLOGICA			
EXPLOR. No.	NORTE	ESTE	EL.EV.
EXPLOR. I(v)	2,248,268.897	841,039.518	79.544
EXPLOR. II(v)	2,248,067.503	841,104.522	100.944
EXPLOR. III(v)	2,248,224.339	840,958.845	143.068

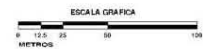


LÁMINA 13B.- LOCALIZACIÓN DE BANCO DE ROCA Y REZAGA (RA-2).

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Estudio de Factibilidad del Proyecto Presa de Almacenamiento Los Panales, Jalisco. CONAGUA 2007.
2. Estudios Básicos Complementarios y Proyecto Ejecutivo de la Presa de Almacenamiento Los Panales, municipio de Cabo Corrientes, Jalisco. CONAGUA 2008.
3. Monografía Geológica del Estado de Jalisco, Servicio Geológico Mexicano 1992.
4. Gastil et. al. (1978), Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico –Minera Puerto Vallarta, Jalisco.
5. Ciencias de la Tierra, Tarbuck y Lutgens, sexta edición 2003.
6. Geotecnia en Ingeniería de Presas, IMTA México 2001.
7. Ingeniería Geológica, Luis I. González de Vallejo, edit. Prentice Hall, Madrid 2002.
8. Manual de diseño de obras Civiles, C.F.E. Clasificación de Suelos y Rocas (B.1.2), Exploración y Muestras de suelos (B.2.1), Tratamientos de Macizos Rocosos (B.3.5).
9. CFE (1993) Diseño por Sismo, Manual de diseño de obras civiles, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas.
10. Deere D. U. (1963), Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes, Rock Mech. Eng. Geol.
11. Cook J. B. (1997), Development in High Concrete Face Rockfill Dams, Hidropower and Dams, 1997.