

# **UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE ALGUNOS BANCOS DE  
LIMO Y ALUVIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA YESCA,  
JALISCO - NAYARIT MEXICO**

**TESIS**

**Presentada por:**

*Bach. Rene Enrique Siles Delgado*

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO**

**TACNA - PERÚ**

**2013**

## **DEDICATORIA**

A las 3 mujeres más especiales en mi vida: Mi madre, mi esposa y mi hija,  
que en los malos y buenos momentos me han apoyado en todo.

## INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
OBJETIVO.....	3
HIPOTESIS.....	4
1 ANTECEDENTES.....	5
2 MARCO TEORICO.....	8
2.1 Presa.....	8
2.2 Tipos de Presas.....	9
2.3 Propósito de las Presas.....	10
2.4 Geotecnia aplicada a grandes presas.....	11
2.5 Presa de materiales sueltos.....	12
2.6 Ensayos geotécnicos que se realizan.....	12
2.7 Permeabilidad.....	14
2.8 Comprensibilidad y Endurecimiento.....	15

2.9	Resistencia al esfuerzo tangencial.....	16
3	MARCO METODOLOGICO.....	18
3.1	Localización y acceso de la P.H. La Yesca.....	18
3.2	Arqueología en el P.H. La Yesca.....	22
3.3	Descripción del proyecto.....	25
3.3.1	Proyecto geométrico.....	27
3.3.1.1	Obras de contención.....	28
3.3.1.2	Obras de generación.....	35
3.3.1.3	Obras de desvío.....	36
3.3.1.4	Obras de excedencias.....	40
3.4	TRABAJO DE CAMPO.....	41
3.4.1	Bancos de arena limosa.....	49
3.4.2	Banco de material impermeable.....	52
3.5	TRABAJOS DE LABORATORIO.....	56
3.5.1	Clasificación y contenido de agua.....	57
3.5.2	Limites líquido y plástico.....	59

3.5.3	Porcentaje de finos.....	60
3.5.4	Granulometría.....	60
3.5.5	Densidad de sólidos menor malla # 4.....	64
3.5.6	Compactación Proctor.....	65
3.5.7	Prueba de dispersión tipo Pinhole.....	68
3.5.8	Triaxial.....	70
3.5.9	Angulo de fricción.....	71
3.6	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.....	72
3.6.1	Bancos de arena – limosa.....	72
3.6.2	Bancos de material impermeable.....	75
4	DISCUSIÓN DEL RESULTADO.....	79
4.1	CONCLUSIONES.....	82
4.2	RECOMENDACIONES.....	83
5	BIBLIOGRAFIA.....	85

## INDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1 LOCALIZACIÓN DEL P.H. LA YESCA
- FIGURA 2 VIAS DE COMUNICACIÓN AL P.H. LA YESCA
- FIGURA 3 MATERIALES ARQUEOLOGICOS CARACTERISTICOS DE LA ZONA EN EL P.H. LA YESCA
- FIGURA 4 ESQUEMA DE UNA PRESA HIDROELECTRICA CON CORTINA DE CARA DE CONCRETO.
- FIGURA 5 SECCION TRANSVERSAL EN EL P.H. LA YESCA
- FIGURA 6 ATAGUIAS AGUAS ARRIBA "EL CAJON"
- FIGURA 7 TUNEL DE DESVIO "EL CAJON"
- FIGURA 8 CORTINA DE REVESTIMIENTO CON CARA DE CONCRETO "EL CAJON"
- FIGURA 9 ESQUEMA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN UNA PRESA.
- FIGURA 10 OBRAS DE DESVIO "EL CAJON"
- FIGURA 11 OPERACIÓN DE TUNELES DE DESVIO "EL CAJON"

FIGURA 12 VISTA DE LAS OBRAS DE EXCEDENCIA EN “EL CAJON”

FIGURA 13 LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIAL (OJO DE AGUA, MANANTIAL, PASO LA YESCA I Y PASO LA YESCA II)

FIGURA 14 LOCALIZACIÓN DE LOS PCA'S BANCO OJO DE AGUA

FIGURA 15 LOCALIZACIÓN DE LOS PCA'S BANCO MANANTIAL

FIGURA 16 LOCALIZACIÓN DE LOS PCA'S BANCO PASO LA YESCA I

FIGURA 17 LOCALIZACIÓN DE LOS PCA'S BANCO PASO LA YESCA II

FIGURA 18 CARTA DE PLASTICIDAD

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1	TIPO Y CANTIDAD DE MATERIAL REQUERIDO PARA LA CONSTRUCCION DEL P.H. LA YESCA
TABLA 2	DATOS DE LABORATORIO DEL BANCO OJO DE AGUA EN EL P.H. LA YESCA
TABLA 3	DATOS DE LABORATORIO DEL BANCO MANANTIAL EN EL P.H. LA YESCA
TABLA 4	RESUMEN DE LOS DATOS DE LABORATORIO MATERIAL ALUVIAL
TABLA 5	DATOS DE LABORATORIO DEL BANCO PASO LA YESCA I EN EL P.H. LA YESCA
TABLA 6	DATOS DE LABORATORIO DEL BANCO PASO LA YESCA II EN EL P.H. LA YESCA
TABLA 7	RESUMEN DE LOS DATOS DE LABORATORIO MATERIAL LIMO

## **ANEXOS**

ANEXO 1 Estudio de los Pozos a cielo abierto (PCA's).

ANEXO 2 Resúmenes de los datos obtenidos en laboratorio.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describen los trabajos de campo y laboratorio correspondientes al estudio que se realizó a los bancos de material limo-arenoso y de material impermeable, para la construcción de los filtros en la cortina de la presa; así como para los núcleos impermeables de las ataguías, a partir de los resultados de campo y laboratorio.

En base a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se podrá decidir si el material es o no aprovechable para la construcción de las estructuras mencionadas al principio.

## **ABSTRACT**

This paper describes the laboratory and field work for the study conducted banks sandy loam material and waterproof, for the construction of the filters in the shade of the dam, as well as for impervious cores of the cofferdams, from the results of field and laboratory.

Based on the results of the tests can determine whether or not the material is usable for the construction of the structures mentioned in the beginning.

## **INTRODUCCION**

El proyecto hidroenergetico La Yesca entro en funcionamiento a finales del año 2012 y tendrá una capacidad de 750 MW, dada la dimensión y la dinámica de la fuerza laboral (aproximadamente 5000 hombres) dentro y fuera de la zona se permitió un sistema organizacional y en equipo para un mayor éxito en el cumplimiento de las metas propuestas.

Aunque en principio, prácticamente cualquier material o conjunto de materiales térreos no solubles y con propiedades estables puede servir para la construcción de una presa de enrocamiento. Sus propiedades mecánicas (resistencia, compresibilidad y permeabilidad) gobernaran la geometría de la cortina. Además, la cantidad y la localización de los materiales disponibles afectaran la distribución y dimensiones de las diferentes zonas del dique.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **Problema General**

Debido a que el proyecto es de gran magnitud se necesita realizar un estudio geotécnico general de los materiales que conformaran la presa, esto se tiene que regir bajo normativas y estándares aceptados por la american society for testing and materials (ASTM), mismo que es el organismo regulador en cuestión geotécnica a nivel mundial.

### **Problema Específico**

Es necesario determinar si los materiales son aptos para ser usados en la conformación de las ataguías y cuerpo de la cortina. Asimismo el material debe tener el volumen potencial requerido según las especificaciones proporcionadas.

Para la determinación del mismo se realizaran ensayos geotécnicos ya comprobados en este tipo de trabajos, mismos que ayudaran a la toma de decisión en la utilización del material señalado.

## **OBJETIVO**

### **Objetivo General**

Determinar mediante procedimientos técnicos definidos los estudios geotécnicos necesarios en los materiales a ser utilizados en las grandes presas.

### **Objetivo Especifico**

Definir si existe el volumen potencial de los bancos de arena limosa y material impermeable son adecuados para ser utilizados en el cuerpo de la cortina y ataguías de la presa La Yesca.

## **HIPOTESIS**

Se partirá de la hipótesis de que los bancos de material limo-arenoso e impermeable, son adecuados para la construcción de filtros y núcleos impermeables de las ataguías respectivamente, ya que se encuentran cercanos al sitio, en cantidad suficiente y con las propiedades adecuadas.

Para comprobar dicha hipótesis se realizarán los trabajos de campo con la inspección y caracterización geotécnica preliminar de los materiales correspondientes a los bancos mediante el muestreo de pozos a cielo abierto.

## **ANTECEDENTES**

La CFE (Comisión Federal de Electricidad) es una empresa paraestatal encargada de generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano.

Su gerencia está integrada por poco más de 300 especialistas en 22 disciplinas, relacionadas principalmente con las ciencias de la tierra y la ingeniería civil, uno de sus muchos proyectos fue el de La Yesca mismo que fue uno de los principales proyectos del ex presidente Felipe Calderón.

El Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, forma parte del Sistema Hidrológico del río Santiago, que comprende a 27 proyectos con un potencial hidroenergético de 4 300 MW, del cual sólo se ha desarrollado el 32% mediante la construcción de seis Centrales. El P.H. La Yesca ocupará el segundo lugar en potencia y el tercer lugar en generación dentro del sistema, después de la Central de Aguamilpa-Solidaridad y de El Cajón.

El diseño empírico está basado sobre precedentes, lo cual se define como “algo que puede usarse como ejemplo de un caso similar”. Los datos de presas precedentes y las condiciones del sitio de una nueva presa son la base del diseño, pero no estrictamente necesarios seguirlos, lo cual es importante y se puede desarrollar avances. La experiencia acumulada ha permitido realizar modificaciones graduales al diseño y a la práctica de construcción. Estas modificaciones se han desarrollado con los objetivos de reducir filtraciones, reducir costos y simplificar la construcción.

El proyecto hidroeléctrico de la Yesca está concebido como una presa de enrocamiento con cara de concreto, la concepción del esquema del proyecto está fundamentada principalmente en la experiencia de conocimiento de obras de similar envergadura en años recientes.

La construcción de la cortina de enrocamiento con cara de concreto requerirá de 7 700 000 m<sup>3</sup> de roca para conformar el cuerpo de la cortina y de 21 800 t de cemento para la ejecución del mismo.

El desarrollo del diseño de las presas con cara de concreto (ECC) está basado principalmente en guías o lineamientos en base a experiencias; sin embargo, los factores que justifican el término de seguridad inherente

## **MARCO TEORICO**

Los estudios de investigación realizadas por el cuerpo técnico de la CFE (comisión federal de electricidad) en la presa El Cajón concluyeron en que el material granular e impermeable de la zona son adecuados para la construcción de la cortina y ataguías.

La presa El Cajón es una central hidroeléctrica ubicada en los causes del río Santiago entro en funcionamiento el año 2007 y es la presa más próxima al de La Yesca.

### **2.1 Presa**

Es una barrera fabricada artificialmente que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero con la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío. Las presas pueden ser utilizadas en diferentes funciones como derivarla a canalizaciones de riego, laminación de avenidas (evitar inundaciones aguas abajo de la presa) o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del almacenamiento en energía cinética y ésta

nuevamente en mecánica al accionar la fuerza del agua un elemento móvil. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica, como se hace en las centrales hidroeléctricas

## 2.2 Tipos de Presas

Los diferentes tipos de presas responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso. En cada caso, las características del terreno y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado.

Existen numerosas clasificaciones, dependiendo de: si son fijas o móviles (hinchables, por ejemplo) su forma o manera de transmitir las cargas a las que se ve sometida los materiales empleados en la construcción. Dependiendo de su forma pueden ser presas de:

- Gravedad
- Contrafuertes

- Arco
- Bóvedas o arcos de doble curvatura
- Mixta, si está compuesta por partes de diferente tipología

Dependiendo del material se pueden clasificar en presa de:

- Hormigón (convencional o compactado con rodillo)
- Mampostería
- Materiales sueltos (de escollera, de núcleo de arcilla, con pantalla asfáltica, con pantalla de hormigón, homogénea)

Las presas hinchables, basculantes y pivotantes suelen ser de mucha menor entidad.

### 2.3 Propósito de las Presas

Esto se entiende cuando clasificamos a las presas por su función y su uso económico

#### 2.4 Geotecnia aplicada a grandes presas

Es constante el incremento de las porciones de la presa de hormigón o materiales sueltos que se construyen actualmente en el mundo. Es así que la necesidad de recurrir a la geotecnia es determinante para la utilización del material. Aquí se ve especialmente sus aspectos resistentes, campo tensional, condiciones estabilizantes para lo que se tiene que basar en un profundo estudio de comportamiento del conjunto presa – cimiento – agua.

Existen 3 etapas que se deben considerar en la construcción de una presa:

- Observación de las presas existentes
- Base técnico – teórica de la estimación de su estabilidad
- Proyecto de la obra nueva

## 2.5 Presa de materiales sueltos

No son excesivos en número, los problemas de las presas de materiales sueltos que no puedan ser analizados en laboratorio. El problema principal de ellos es la permeabilidad ya que el aspecto resistente queda relegado a probetas, si su estructura es granular, merced a las constantes mejoras de la técnica de mejoras de muestras inalteradas. Referente al cuerpo de la presa, son las compactaciones y las propiedades del material resultante, las que tienen que ser experimentadas (IN SITU), para su comparación con las deducidas en laboratorio con muestras consolidadas por los métodos convencionales. El conocimiento en este campo está unido al perfeccionamiento en los ensayos de laboratorio.

## 2.6 Ensayos geotécnicos que se realizan

Bajo este epígrafe incluimos todos aquellos cuya misión es clasificar las tierras y esclarecer la composición mineralógica o estructura atómica de los suelos finos, entre ellos se encuentran:

- Límite de Atterberg

También conocidos como límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

- Granulometría

Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños por una escala granulométrica.

- Análisis químico en general

Es utilizado para obtener datos específicos de la composición química, así se obtendrá la nutritividad, fertilidad y salinidad del mismo.

- Análisis Petrográfico

Se ocupa del estudio e investigación de las rocas, en especial su aspecto descriptivo, composición mineralógica y su estructura.

- Análisis térmico diferencial

Estudia el comportamiento térmico de los materiales, cuando un material se calienta o enfría sufre cambios más o menos importantes mismos que pueden afectar la variación de la masa.

- Difracción por rayos X

Sirve para conocer la composición cristalográfica de los materiales mediante la posición y tipo de átomos que se encuentran en el camino de las haces de rayos X.

Los 3 primeros son los más interesantes para el ingeniero, suficiente en general para sus propósitos. Solo en casos especiales es preciso recurrir a los enumerados en último lugar ya que son técnicas más especializadas.

## 2.7 Permeabilidad

Se realizan normalmente los ensayos siguientes:

- Permeabilidad IN SITU (cargas constantes y variables)

Es útil cuando la estructura está formada por un material que puede considerarse homogéneo, isótropo o anisótropo.

- Permeabilidad indirecta (edómetro y triaxial)

Se determina a través de la curva granulométrica, ensayos permeamétricos y ensayos de campo que pueden ser perforaciones o sondeos en pozos.

- Permeabilidad directa (carga constante y variable)

Aquí se utilizan diferentes técnicas dependiendo del tipo de suelo; para los suelos granulares se emplean el permeámetro de carga constante, cuando el suelo es impermeable se utilizan permeámetros de carga variable, y si existe arenas por debajo del nivel del agua se emplean ensayos de bombeo.

## 2.8 Comprensibilidad y Endurecimiento

Las variaciones de los suelos naturales o artificialmente compactados en las diversas condiciones de humedad y presión, se determinan en laboratorio mediante los clásicos ensayos endométricos. Se estudian con especial interés los cambios volumétricos destinados a los núcleos impermeables de las presas de escollera con zonas diferenciadas.

Las determinaciones IN SITU en terrenos de cohesión o de grano grueso, se efectúan con los ensayos de carga con placas de diferentes diámetros, entre 30 y 7 cm.

## 2.9 Resistencia al esfuerzo tangencial

Existen diferentes tipos de triaxiales sin consolidación ni drenaje:

- Triaxiales rápidos

En esta prueba tanto la presión hidrostática como la carga axial son aplicadas sin permitir consolidación en la muestra. Los esfuerzos efectivos no se conocen bien.

- Triaxiales lentos

Aquí al espécimen se le aplica pequeños esfuerzos hasta que el suelo falle.

- Compresión simple

En este tipo de prueba los esfuerzos exteriores son nulos, pero existen en la estructura del suelo esfuerzos efectivos no muy bien definidos, debido a tensiones capilares en el agua por el suelo mismo.

- Corte directo

Consiste en hacer deslizar una porción del suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada.

Todas las definiciones que se mencionan son el camino a seguir en una investigación geotécnica para la construcción de una presa, es necesario señalar que esto es un proceso en el que pueden ocurrir errores, ya que los grandes proyectos se exponen a situaciones inesperadas y que depende del personal a cargo en resolver aplicando métodos que se utilizaron en obras de la misma magnitud.

En el caso del P.H. La Yesca mucho tuvo que ver lo ocurrido en el P.H. El Cajón, dicho proyecto se realizó en el mismo río y a una proximidad intermedia de nuestro proyecto, este enfrento retos que no se contemplaban especialmente de carácter climático, lo que nos ayuda a entender de manera más real los problemas que se puedan venir.

## MARCO METODOLOGICO

### 3.1 Localización y Acceso de la P.H. La yesca

El P.H. La Yesca se encuentra en la porción limítrofe entre las entidades federativas de Nayarit y Jalisco, sobre el Río Santiago y se localiza inmediatamente aguas arriba del extremo del embalse de la presa El Cajón.

A 105,00 km al NWW de la Ciudad de Guadalajara y a 22,00 km al NNW de la población de Hostotipaquillo, cabecera municipal en esta zona del estado de Jalisco (figura 1).

El acceso (figura 2), a partir de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, se logra por medio de dos vías alternas que son: 1) La Carretera Federal No. 15 (Guadalajara-Nogales) y 2) La Autopista Guadalajara-Tepic; por la primera ruta, se transitan 92,00 km de la Carretera Federal No. 15, pasando por los poblados de Tequila y Magdalena antes de entroncar a la derecha con carretera pavimentada que se recorre 12, km para llegar al poblado de Hostotipaquillo.

Por la segunda vía, se recorren 72,00 km de la Autopista Guadalajara-Tepic, abandonándola en el poblado de Magdalena para seguir por la carretera Federal No. 15 por espacio de 11,00 km, llegando al entronque referido en la primera alternativa, desde donde, tras recorrer 12,00 km se llega a Hostotipaquillo.

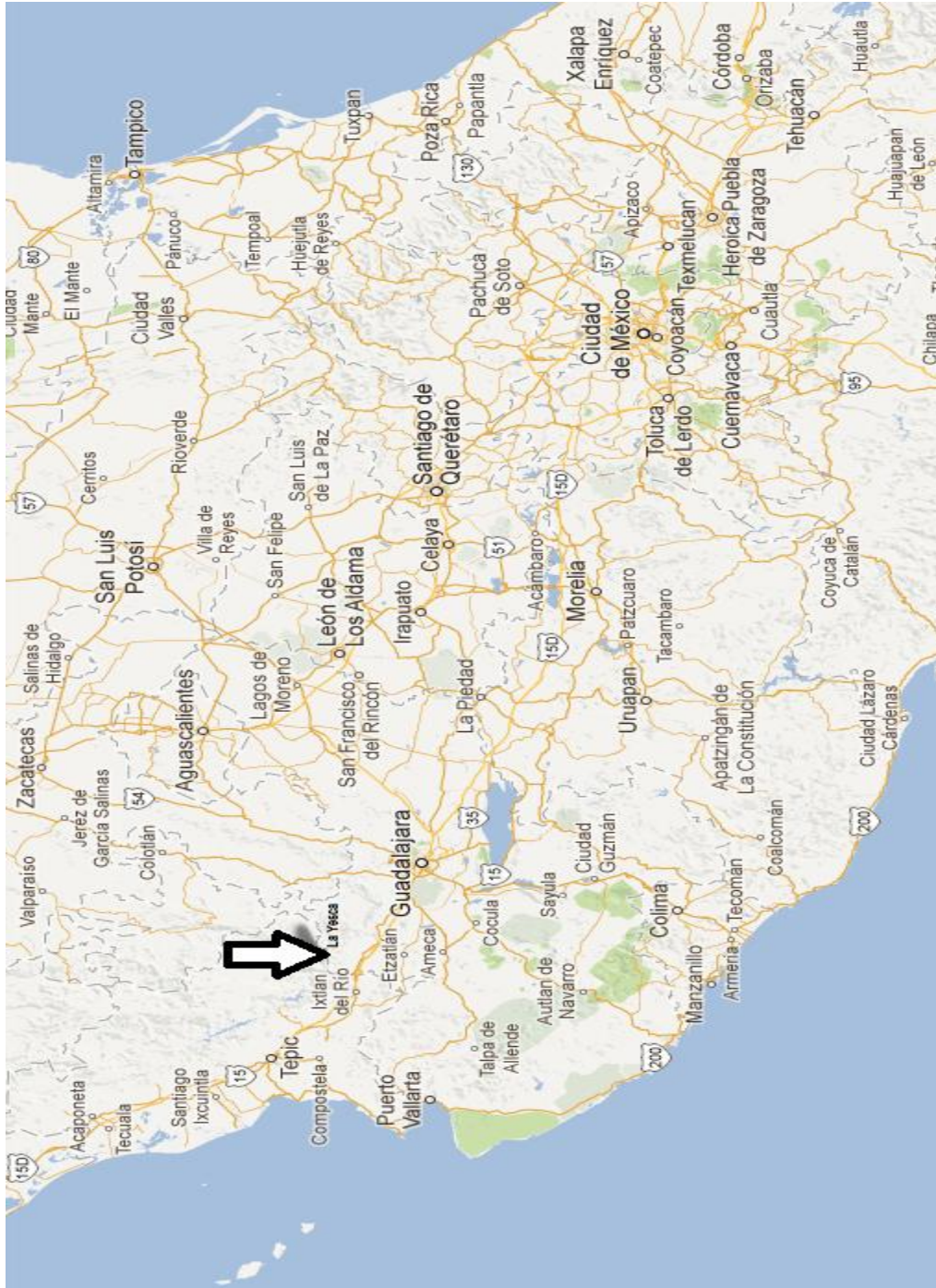
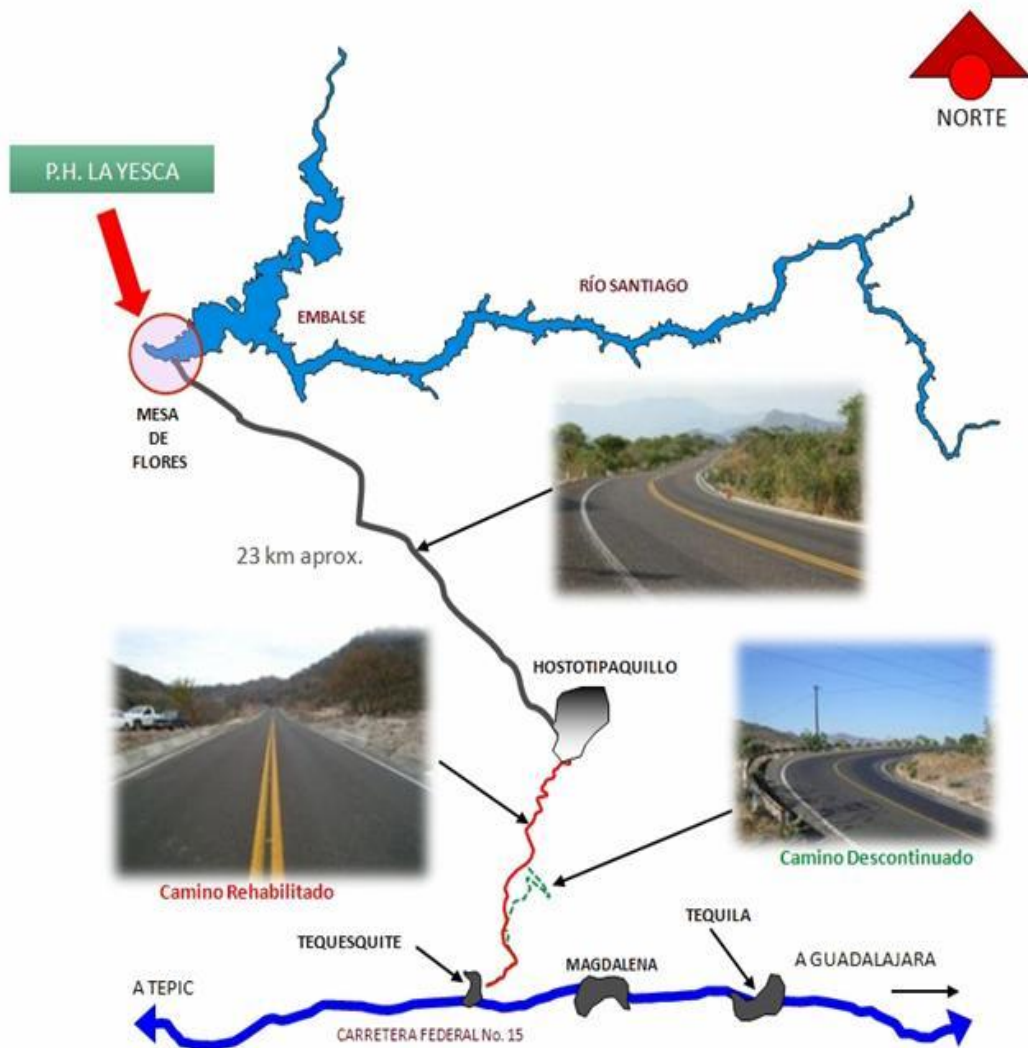


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL P.H. LA YESCA

A partir de esta Cabecera municipal se continúa por un camino de terracería, cuyo tránsito es complicado durante la temporada de lluvias, hasta la comunidad de Mesa de Flores, donde se desvía hacia la izquierda, la vía de penetración construida por CFE hasta la porción del



estrechamiento LA Yesca, por lo que, desde la Ciudad de Guadalajara se realiza un recorrido total promedio de unos 130 km, de los cuales, 104 m son de carretera pavimentada y 26 m de terracería. (Figura 2)

#### FIGURA 2. VIAS DE COMUNICACIÓN AL P.H. LA YESCA

### 3.2 Arqueología en el P.H. La Yesca

Previo a la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca se realizaron labores de investigación arqueológica por parte del Instituto Nacional de Antropología e Historia, en las que se reconocieron 3400 hectáreas con el fin de localizar diferentes evidencias arqueológicas que se pudieran encontrar en la zona, para posteriormente, de ser el caso, protegerlas e investigarlas.

Estas actividades tuvieron una duración de 14 meses de trabajo de campo, durante los cuales se abarco el embalse, la boquilla, los caminos de acceso y la línea de transmisión que actualmente suministra la electricidad requerida para la construcción de esta importante Central Hidroeléctrica.

Se registraron y exploraron más de 20 sitios a lo largo de los ríos Bolaños y Santiago, entre estos destacan el Cerro la Coronilla con antiguas estructuras en su mayoría destruidas por el saqueo; el Cerro Los Cimientos en el que se representan terrazas y algunas casas con entierros acompañados de ofrendas y restos de obsidiana, y el sitio Palo Herrado en el extremo norte del río Santiago, cerca del pueblo de San Mateo de las Cañas, donde se encontraron 52 estructuras de las cuales varias presentan arquitectura circular; además de otros como el sitio La Vega con bases habitacionales cuadradas, Paso del Caimán del tipo Atemajac, El Conchi y La Haciendita.

También se encontró un sitio arqueológico que se conforma por un conjunto cívico ceremonial ubicado junto al río Santiago, cerca de donde va a ser construida la cortina, llamado El Tajo e identificado como un centro ceremonial, en el que se registró una plaza con dos edificios y objetos de metal.

De acuerdo con las interpretaciones del arqueólogo Carlos López Cruz,<sup>1</sup> responsable de los trabajos por parte del Centro INAH-Jalisco, en la zona se reconoce la interacción entre culturas, parentescos y emigración. Probablemente en la época del Epiclásico, asegura que estos sitios se relacionan con las tradiciones Teuchitlán y Tumbas de Tiro.

En la figura 3 se muestra una foto de materiales arqueológicos característicos de la zona.



FIGURA 3. Materiales arqueológicos característicos de la zona en el P.H. La Yesca

### 3.3 Descripción del Proyecto

---

<sup>1</sup> Arqueología en La Yesca – Carlos López Cruz año 2010

La cortina contendrá 23 millones de m<sup>3</sup> y cubrirá casi 3 500 has que se convertirán en un gran lago con agua cada vez más limpia, acarrando los beneficios de generación de electricidad, creación de empleos, además de los climáticos, turísticos, de pesca y acuacultura que fácilmente podemos imaginar.

La cortina de la presa tendrá una altura de 220,5 m y 627,8 m de largo, un volumen de 12 millones de m<sup>3</sup>, equivalente a 12 veces la Pirámide del Sol en Teotihuacán y una cuenca con capacidad para 2 390 millones de m<sup>3</sup>, el equivalente al consumo de agua de la Ciudad de México en dos años.

Es más alta que la cortina de la presa El Cajón, con lo que será una de las más altas del mundo.

Tan sólo el túnel de acceso a ellas tendrá 100 m de largo por 22 m de ancho y 45 m de alto en una gran caverna-fábrica en los intersticios de la montaña.

El río lógicamente deberá ser desviado durante la construcción por dos túneles de desvío. Ambos tendrán 14 m de ancho por 14 m de alto con impresionantes estructuras de fierro que serán forradas con una gruesa capa de concreto de altas especificaciones para evitar el desgaste que pudieran causar las aguas de paso.

A la conclusión de la presa, dichos túneles serán irremediablemente clausurados con unos enormes tapones de 11 700 m<sup>3</sup> de concreto hidráulico de altas especificaciones, midiendo cada uno 80 m de largo por el total de ancho y alto de cada túnel.

Los trabajos principales de la presa consisten en una cortina de enrocamiento con cara de concreto, obra de desvío del río por medio de dos túneles, obra de generación con casa de máquinas subterránea, obra de control y excedencias, integrada por un canal de llamada excavada a cielo abierto.

Con la caída de agua al pasar por las turbinas que harán girar a dos generadores de 375 mw cada uno, en la figura 4 se muestra un esquema de la cortina en el P.H. La Yesca.

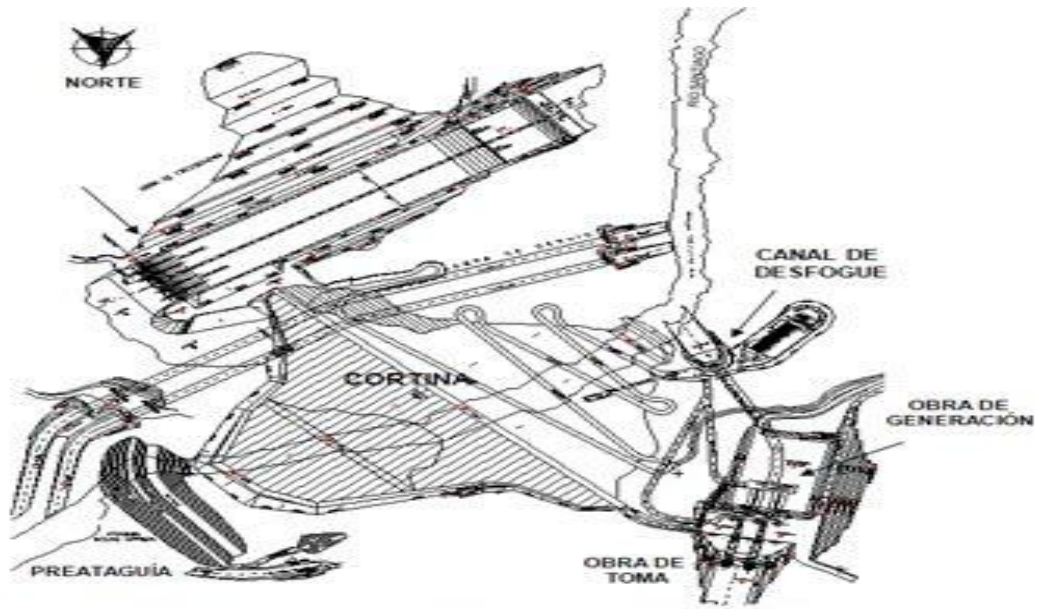


FIGURA 4. Esquema de la cortina en el P.H. la Yesca

### 3.3.1 Proyecto Geométrico

Las obras principales que forman este proyecto son:

- ✓ Obra de contención formada por una cortina de enrocamiento con cara de concreto (ECC). El desplante del plinto en el cauce será al nivel 375,00 y la corona estará en la cota 579,00 por lo que la altura total de la cortina será de 204 m. Aunque es conveniente mencionar que para el desplante del plinto, en el cauce se construirá una reposición de concreto a partir de la elevación 360, 00. Con esto la altura total será

de 219 m. El volumen de material a colocar es del orden de 11,9 millones de m<sup>3</sup>.

- ✓ Obras de generación en margen derecha, constituidas por la casa de máquinas subterránea, obra de toma, tuberías de presión, galería de oscilación y el desfogue.
- ✓ Obra de desvío formada por la preataguía y la ataguía de aguas arriba y por la ataguía de aguas abajo, así como por dos túneles de sección portal de 14x14m, que permitirán manejar una avenida con 100 años de periodo de retorno, en la margen izquierda.
- ✓ Obra de excedencias en margen izquierdo, formado por canal de llamada, obras de control y canal de descarga, con capacidad para desalojar un gasto máximo de descarga de 14,864 m<sup>3</sup>/s.

#### 3.3.1.1Obras de contención

Las obras de contención, como su nombre lo indica tienen como finalidad contener y embalsar el agua, cuya energía potencial se usa para generar energía eléctrica. Estas obras están conformadas por las ataguías de aguas arriba, que incluyen preataguía sobre el Río Santiago, ataguía sobre el arroyo El Carrizalillo y ataguía integrada a la cortina, los

Túneles de desvío 1 y 2, una cortina de materiales graduados con pantalla impermeable y cara de concreto, el plinto sobre el que estará desplantada la cara de concreto y la ataguía de aguas abajo; también se consideran parte de la contención, los bancos de roca para los materiales de cortina, estimando que los volúmenes de materiales que se emplearán para la construcción de las obras de contención serán 11,90 millones de m<sup>3</sup> para la cortina y en las ataguías se utilizarán alrededor de 1,15 millones de m<sup>3</sup>. A continuación, se describen brevemente las características de las obras civiles.

En la figura 5 se presenta la sección transversal de la cortina en el P.H. La yesca.

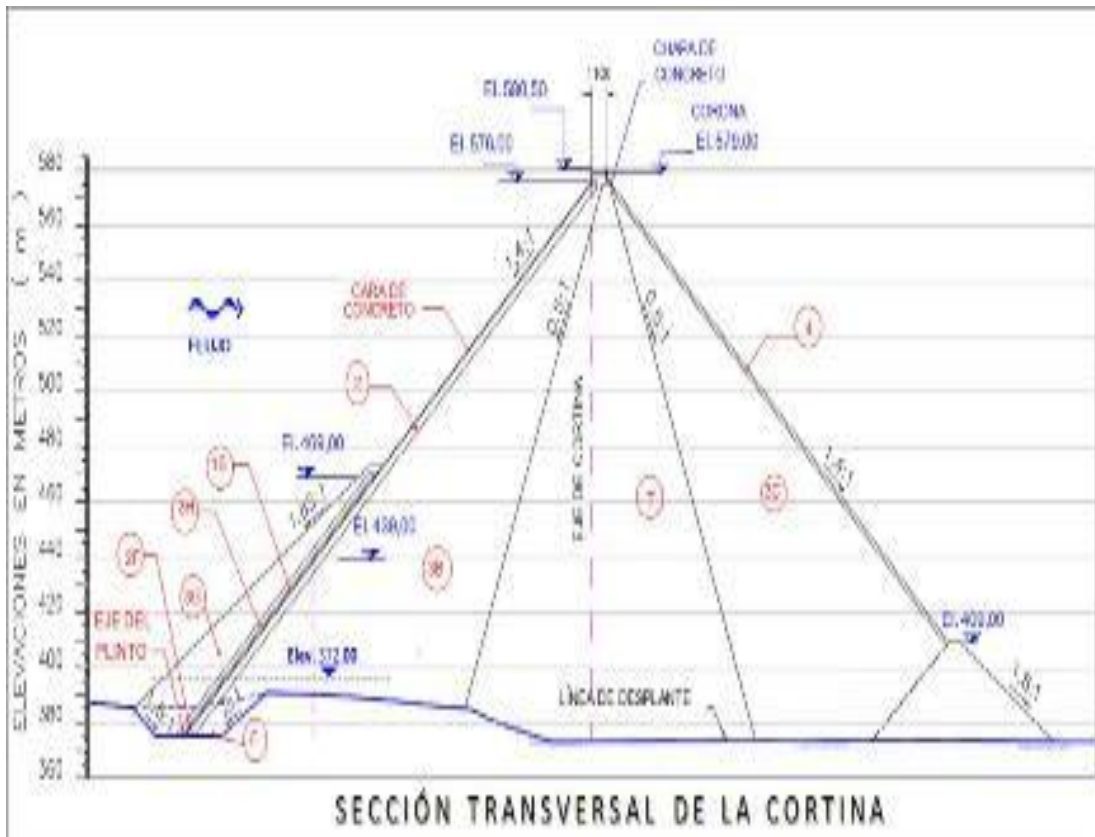


FIGURA 5. Sección transversal de la cortina en el P.H. La yesca

Preataguía de aguas arriba sobre el Río Santiago.- Se trata de un bordo construido de materiales graduados y pantalla impermeable para contener la corriente del Río Santiago canalizándola hacia los túneles de desvío, tiene forma cóncava hacia aguas arriba.



FIGURA 6. ATAGUIAS AGUAS ARRIBA EL CAJON

Ataguía sobre el arroyo El Carrizalillo.- Se trata de un pequeño bordo construido de materiales graduados y pantalla impermeable transversal a la corriente intermitente del arroyo El Carrizalillo para contener y desviar la corriente de este arroyo, tiene como obra asociada un canal de llamada y un canal de descarga, para conducir el agua del arroyo Carrizalillo al Río Santiago y hacia los túneles de desvío. En la figura 6 se muestra un ejemplo de ataguías.

Túneles de desvío.- Consisten en dos túneles paralelos con sección portal de 14,00 m de altura; el túnel 1, más cercano al río, tendrá una longitud de 772,56 m y una pendiente del 0,6 %, mientras que el túnel 2 tendrá 806,35 m de longitud, una pendiente del 1,0 5%, en ambos túneles, la longitud de la obra es sin considerar los canales de llamada ni los canales de descarga.

En la figura 7 se muestra la construcción de los túneles de desvío en el P.H. El Cajón.



## FIGURA 7. TUNELES DE DESVIO EN EL P.H. EL CAJON

Cortina.- Es la más conocida de las estructuras que componen una presa. La cortina es la que contiene y embalsa el agua. Será de tipo enrocamiento con cara de concreto (ECC) esta cara de losas de concreto sirve como pantalla impermeable y soporta la carga hidráulica del embalse. La cara de concreto queda sumergida bajo las aguas cuando finalmente se forma el embalse y consiste en una estructura de concreto armado apoyada en el plinto y la cortina.

En la figura 8 se muestra la cortina de revestimiento con cara de concreto en el P.H. El Cajón.



FIGURA 8. Cortina de revestimiento con cara de concreto en el P.H. El Cajón.

Plinto.- la palabra es de origen italiano y se refiere a una estructura de concreto armado anclada a la roca (también conocida como zapata de cimentación). Sirve para apoyar la cara de concreto y como plataforma para la inyección de la masa de roca. El plinto y la cara de concreto se unen por medio de una junta perimetral de cobre.

Ataguía integrada la cortina.- Se trata de un bordo de materiales graduados y pantalla impermeable que estará integrado al cuerpo de la cortina.

Ataguía de aguas abajo.- Bordo de materiales graduados y pantalla impermeable que evita que el agua descargada por los desvíos invada la zona del cuerpo de la cortina durante el desarrollo de las obras.

### 3.3.1.2 Obras de generación

Las obras de generación se localizan en la margen derecha del Río Santiago y están conformadas por obras superficiales que incluyen una obra de toma y por obras subterráneas que consisten de dos tuberías a presión, una caverna de casa de máquinas y una caverna de galería de oscilación, con un túnel de desfogue. Es aquí donde la energía potencial del agua almacenada (5 mil millones de m<sup>3</sup>) en el lago (de 188 m de profundidad y 60 km de largo), se convertirá gracias a la fuerza de gravedad primero en energía cinética que es utilizada para impulsar la turbina y hacerla girar para producir energía mecánica. Acoplado a la turbina se encuentra el generador, que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica, para regresar después al río.

En la figura 9 se muestra un esquema de generación de energía eléctrica en una presa.

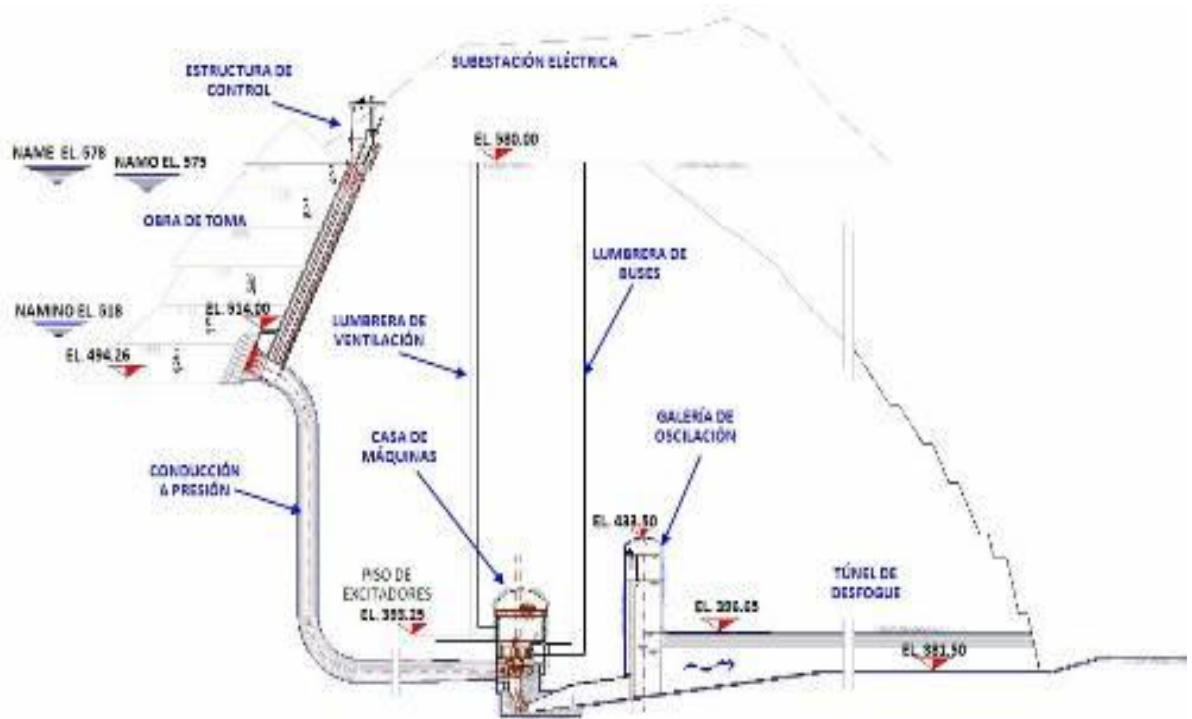


FIGURA 9. Esquema de generación de energía eléctrica en una presa.

### 3.3.1.3 Obras de desvío

En el caso de La Yesca, las obras de desvío consisten en dos túneles de sección portal de 14,0x14,0m localizados en la margen izquierda del río, excavados en roca revestidos d concreto hidráulico en la plantilla y paredes, las obras se complementan con las ataguías construidas con materiales graduados y núcleo impermeable ligadas a una pantalla impermeable.



En la figura 10 se muestra una figura de la construcción de las Obras de desvío.

#### FIGURA 10. OBRAS DE DESVIO EL CAJON

A continuación se describe cada una de las obras que integran la obra de desvío.

Ataguías.- primero se construyen ataguías aguas arriba y aguas abajo. Éstas son pequeñas represas o terraplenes formados de materiales

graduados que tienen un núcleo impermeable. Las ataguías derivan el río para permitir la excavación de los túneles de desvío y luego sirven para encauzarlo hacia los mismos túneles para mantener aislado y seco el espacio entre ambas ataguías, es decir, la zona de construcción de la cortina.

Los materiales para las ataguías se preparan y almacenan con antelación para que exista un suministro continuo y pueda colocarse de acuerdo con lo proyectado. Se transportan desde los sitios de almacenaje mediante equipo de carga y se extienden y compactan con distinto tipo de maquinaria pesada según especificaciones precisas de espesores y pesos de los materiales.

Túneles.- Son conductos subterráneos que se excavan con explosivos a través del macizo rocoso de una de las márgenes del río para poder derivar sus aguas mientras se construye la cortina.

En la figura 11 se muestra un ejemplo de los túneles de desvió en el P.H. El cajón.



FIGURA 11. Operación de túneles de desvió en el P.H. El Cajón.

### 3.3.1.4 Obras de excedencias

La obra de excedencias está proyectada en la margen izquierda e inicia en el canal de llamada (figura 12). Estará controlada por 6 compuertas radiales de 12,00 x 20,70 m, será diseñada para un gasto máximo de 14 864 m<sup>3</sup>/s, cuyo período de retorno es de 10,000 años. El nivel de desplante del canal de llamada del vertedor se ubicará en la cota



FIGURA 12. Vista de las obras de excedencias. El Cajón

552,00. Las principales estructuras que componen las obras de excedencias son: Canal de llamada, Zona de estructuras de control, Canal de descarga y Cubeta deflectora.

### 3.4 TRABAJO DE CAMPO

Los bancos de aluvión y limos son depósitos aluviales localizados sobre el cauce del río o en sus márgenes.

Para dar acceso a estos bancos se construyen caminos de terracerías que comunican el cauce del río con plataformas donde se pretende almacenar los materiales. Previamente a la explotación, se procede al acondicionamiento del sitio, consistente en desmonte, despalle y regularización de la superficie.

La explotación de estos bancos se realiza en dos etapas. En la primera mediante el uso de tractores para acumular el material, luego se cargan con cargadores sobre neumáticos con cucharón frontal, el acarreo se

realiza con camiones de volteo a los almacenes asignados, disponiendo de todo el material existente por arriba del nivel del río.

La utilización del aluvión será inicialmente para la construcción de las ataguías y posteriormente, mediante trituración para producir agregados de concreto.

El Limo se utiliza comúnmente para incluirse como parte del material de desplante de las ataguías en presencia de agua y dar impermeabilidad a la cimentación.

Según el gobierno de México considera los estudios geológicos como primordiales ya que influyen en la localización, diseño y construcción de las obras.<sup>2</sup> Es indispensable realizar estudios detallados que permitan conocer la calidad y el estado de los materiales de canteras, mediante sondeos con obtención de muestras, localizados sobre el eje de las obras y hasta la profundidad que ocupe la plantilla de las mismas como mínimo.

---

<sup>2</sup> Reglamento de construcciones para el Distrito Federal – Secretaría de Obras y Servicios año 2004

Desde el punto de vista geológico, en estas obras las características de mayor interés para el proyecto y construcción de las estructuras, son la capacidad de carga del terreno de la cimentación, el grado de impermeabilidad del mismo y el efecto de la humedad sobre los estratos de cimentación.

Siempre que se requiera estudiar más detenidamente las condiciones naturales del proyecto, deberán obtenerse muestras de las diferentes clases de rocas que puedan emplearse como materiales para la construcción o como bases para el desplante de estructuras.

Uno de los factores más importantes es la existencia de material adecuado y en suficiente cantidad para abastecer el volumen de terracerías necesario en la obra. En consecuencia, debe determinarse con la mayor aproximación que sea posible, la capacidad de los bancos de préstamo que sean susceptibles de explotación, ubicados a distancias económicas de acarreo, teniendo delimitados topográficamente los bancos de préstamo, se tomarán las muestras necesarias para su análisis

en el laboratorio. Las muestras serán del tipo alterado para el caso de bancos de préstamo, e inalteradas para determinar las características de la cimentación, cuando se trate de sobre elevación de éste se formará un plano con la caracterización de las bancos de préstamo, indicando su potencialidad y referenciados respecto al eje de la cortina, datos que también pueden incluirse en el plano topográfico de configuración del vaso o de la boquilla, según las circunstancias de sus características de productividad, a simple vista o mediante perforaciones con barreno de suelos o pozos a cielo abierto, que permitan tener una idea de la calidad de los suelos, tomando como factores determinantes: el carácter del suelo, la topografía, el drenaje y la presencia de álcalis; eventualmente pueden tomarse en cuenta otros factores, como el viento, inundaciones, erosión, etc.

Para el estudio de materiales primero es necesario que en los bancos elegidos cumplan con las medidas de protección, los pozos a cielo abierto (PCA's) puede realizarse con tractor o explosivos.

Según especificaciones de la CFE para el material que actuara en el núcleo impermeable de la presa será necesario hacer pruebas de

laboratorio de compresión simple en estado saturado, peso volumétrico y compresión triaxial, para compararlos con las especificaciones del proyecto.

Para las estructuras de tierra se realizarán las pruebas Proctor de los suelos para determinar su humedad óptima, peso volumétrico máximo y contenido de humedad.

Para los materiales de aluvión será necesario que el IP (índice de plasticidad) sea menor al 7%, y para materiales impermeables mayores al 15 %.

La capacidad de extracción del material para la reserva de aluvión según especificaciones de la CFE deberá ser mayor a 40 000,00 m<sup>3</sup>, con un peso volumétrico máximo de 1.6 ton/m<sup>3</sup> mínimo de 1.3 ton/m<sup>3</sup> y para materiales de reserva impermeables deberá tener una capacidad de extracción del material mayor de 1 500,00 m<sup>3</sup>, con un peso volumétrico máximo de 1.8 ton/m<sup>3</sup> mínimo 1.2 ton/m<sup>3</sup>.

En el año 2004 personal de la CFE (comisión federal de electricidad) elaboró el estudio preliminar de los bancos de materiales para la construcción del P.H. La Yesca, Como parte del estudio antes mencionado se identificó tres bancos de arena limosa y diez bancos de material impermeable.

Mas adelante en el año 2005 la CFE agrego dos bancos de arena limosa y cinco de material impermeable, el problema siempre estuvo en ubicar un banco de arena limosa cercano al proyecto ya que por factores climáticos era imposible investigar con PCA's algunos de estos bancos.

En la presente investigación solo nos avocaremos al estudio de 4 bancos de reserva; Dos bancos de aluvión (ojo de agua y manantial) y dos bancos de material impermeable (paso la yesca I y paso la yesca II), se presentaran ubicaciones, estudios de las muestras representativas y las interpretaciones de los mismos para saber si cumplen con los requerimientos en la construcción de la cortina.

Cabe mencionar que las pruebas de campo tuvieron muchas complicaciones debido a que la zona donde se realiza el proyecto es arqueológica y siempre existía el riesgo de que si se encontraba algún vestigio arqueológico de gran interés, el INAH (Instituto Nacional de Arqueología e Historia) tenía las facultades de parar el trabajo que se estaba realizando en el sitio, hasta evaluar cómo proteger o trasladar dicho monumento, esto afectaría enormemente a la empresa constructora en costos, por lo que fue muy reducido el número de pozos a cielo abierto (PCA's) que se realizaron en los bancos de reserva. A continuación se mencionan en la figura 13 las ubicaciones de los bancos.



FIGURA 13. Localización de los bancos de material (Ojo de agua, Manantial, Paso la yesca I y Paso la yesca II).

### 3.4.1 Bancos de arena limosa (Aluvión)

#### 3.4.1.1 Bancos de arena limosa Ojo de Agua.

Se localiza al noreste del río Bolaños a una distancia de 1,0 km del sitio de la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago.

Su ingreso es por el puente paso la yesca y para llegar al proyecto existe un camino de terracería que lleva a un segundo puente ubicado a 1,7 km denominado el “pesero”.

Para su estudio se excavaron 4 PCA's. La profundidad máxima alcanzada en cada uno de los PCA's fue de 3.00 m. Y en ninguno se detectó el nivel freático, a continuación en la Figura 14 se detalla los PCA's de dicho banco.



FIGURA 14. Localización de los PCA's. Banco "Ojo de Agua"

En las figuras 19 al 22 se observan los perfiles estratigráficos de los PCA's excavados en este predio. En la tabla 2 se presenta un resumen de la localización y descripción de los bancos de arena limosa en estudio.

#### 3.4.1.2 Banco de arena limosa Manantial.

Se localiza al sur del río Bolaños y a una distancia de 0,9 km del sitio de la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago. El acceso al Playon es

por una antigua brecha, cuando existe crecida del río es muy común que se cubra con el agua por es desnivel de su superficie.

Para su estudio se excavaron cuatro PCA's. La profundidad máxima alcanzada fue de 3.00 m, y en ninguno se detecto el nivel freático. En la figura 15 se presenta la planta del banco con la ubicación de los PCA's excavados.

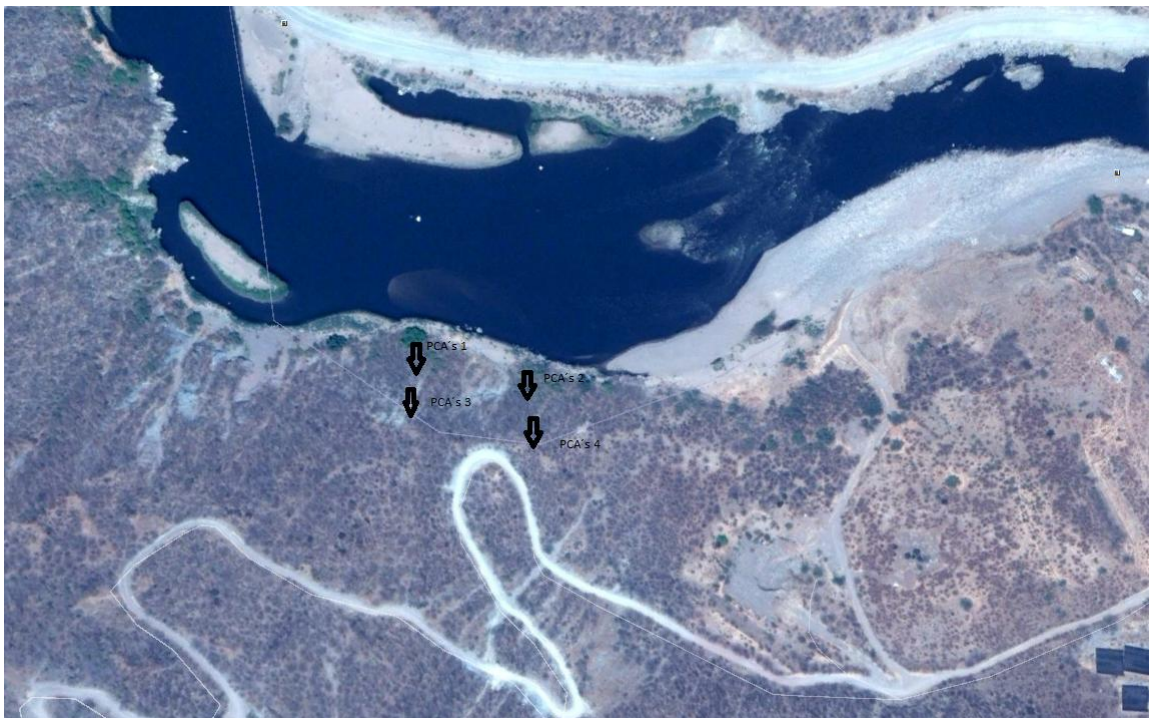


FIGURA 15. Localización de los PCA's. Banco "Manantial"

En las figuras 23 al 26 se observan los perfiles estratigráficos de los PCA's excavados en este predio, y en la tabla 3 se presenta un resumen de la localización y descripción de los bancos de arena limosa en estudio.

### 3.4.2 Bancos de material impermeable (Limo)

#### 3.4.2.1 Bancos de material impermeable Paso la Yesca I.

Se localiza al su del rio Bolaños, a una distancia de 300 m en línea recta de la confluencia de los ríos Santiago y Bolaños. Este banco se encuentra muy cerca del camino principal al proyecto, a la vez es el playón más cercano al puente de Paso la Yesca por lo que es de gran utilidad su explotación.

Para su estudio se excavaron 6 PCA's con una profundidad promedio de 3.00 m, En ninguno de los pozos se detectó el nivel de aguas freáticas.

En las figuras 27 al 32 se muestran las coordenadas y la profundidad alcanzada por cada uno de los PCA's excavados, y en la figura 16 se muestra la planta del banco con la ubicación de los PCA's excavados.

En la tabla 5 se presenta un resumen de la localización y descripción de los bancos de material impermeable en estudio.



FIGURA 16. Localización de los PCA's. Banco "Paso La Yesca I"

#### 3.4.2.2 Banco de material impermeable Paso La Yesca II.

Se localiza al norte del río Bolaños, a una distancia en línea recta de 350 m de la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago. Al igual que el Banco paso la Yesca I este se encuentra ubicado en las cercanías del camino principal a la Presa.

Para su estudio se excavaron 4 PCA's con una profundidad máxima de 3.00 m, y en ninguno de los pozos se detectó el nivel de aguas freáticas. En las figuras 33 al 36 se muestran las coordenadas y la profundidad alcanzada por cada uno de los PCA's excavados, y en la figura 17 se muestra la planta del banco con la ubicación de los PCA's excavados.

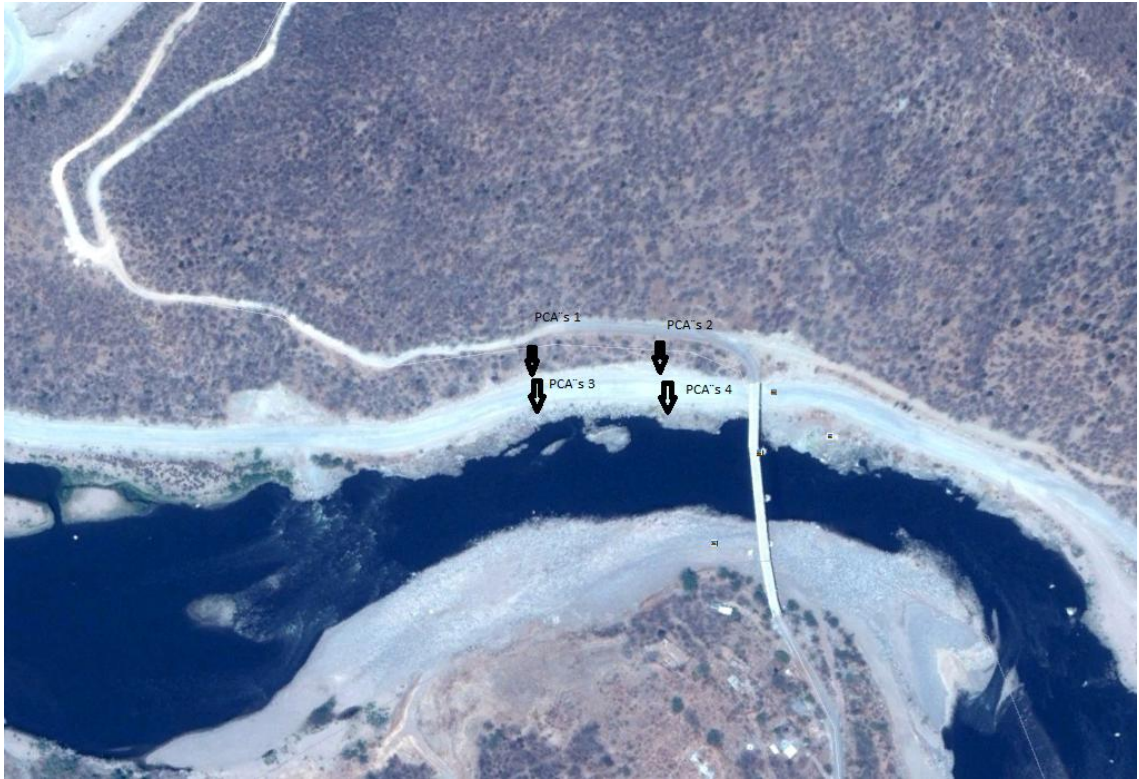


FIGURA 17. Localización de los PCA's. Banco "Paso La yesca II"

En la tabla 6 se presenta un resumen de la localización y descripción de los bancos de material impermeable en estudio.

### 3.7 TRABAJOS DE LABORATORIO

Para comenzar a entender el comportamiento de los materiales, la totalidad de las muestras obtenidas se enviaron a los laboratorios de mecánica de suelos de la Subgerencia de Geotecnia y Materiales (SGM), ubicado en la ciudad de México, donde se les realizaron las pruebas índice; las cuales me proporcionan una idea del comportamiento del material en estudio en comparación con otro, de compactación y de dispersión que se relacionan a continuación:

<b>PROCEDIMIENTO DE PRUEBA</b>	<b>CLAVE</b>	<b>NORMAS DE REFERENCIA</b>	
Contenido natural del agua	LMS-002	ASTM D 2216-98	NMX-C-416-ONNOCE-2003
Límites de consistencias	LMC-003	ASTM D 4318-00	NMX-C-416-ONNOCE-2003
Porcentajes finos	LMS-045	ASTM D 1140-00	NMX-C-0-084-1990
Densidad de sólidos	LMS-007	ASTM D 0854-02	NMX-C-416-ONNOCE-2003

### 3.5.1 Clasificación y contenido de agua (LMS-L02-R2), NMX-C-416-ONNCCE-2003.

Tiene como objetivo identificar a los suelos de manera visual y al tacto en campo y/o laboratorio, a fin de conocer de manera cualitativa sus propiedades mecánicas e hidráulicas.

El método más común de clasificación de suelos, empleado en la ingeniería, es sin lugar a dudas el método conocido como "Sistema Unificado" o "Clasificación SUCS" y que esta descrito en la Norma ASTM D2487, el cual utiliza símbolos para clasificar un suelo, de acuerdo con su tipo y características.

Para clasificar se debe obtener el porcentaje de gravas, arenas y finos que tiene la muestra, en base a la granulometría y a la siguiente tabla:

<b>Partícula</b>	<b>Tamaño</b>
Arcillas	<0,002 mm
Limos	0,002-0,074 mm

Arenas	0,074-4.76 mm
Gravas	4.76 mm-7.60cm

Y para clasificar el material fino se utiliza la carta de plasticidad de acuerdo al  $W_L$  y al  $I_r$ . (figura 18).

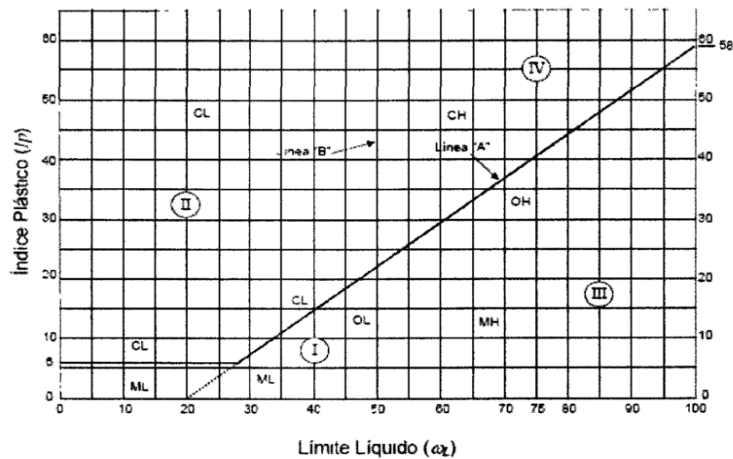


FIGURA  
Carta de  
Plasticidad

18.

Contenido de agua.- es la relación de la masa del agua contenida en un material respecto a la masa del suelo seco de éste después de secarlo en un horno a una temperatura de 110°C en toda la cámara de secado con tolerancia  $\pm 5^\circ\text{C}$ , estufa eléctrica o de gas.

Se utiliza para poder clasificar suelos y estimar su comportamiento cualitativo mediante las correlaciones existentes o para efectos de llevar un control durante la construcción de obras terreas.

### 3.5.2 Límites líquido y plástico (LMS-L03-R2),NMX-C-416-ONNCCE-2003.

Este procedimiento es aplicable a suelos finos plásticos y en general, mezclas de suelo cuya fracción fina es cohesiva. (Material que pasa a través de la malla 0.425mm (N°40)).

Los límites de consistencia (líquido y plástico) se utilizan en los estudios de materiales para la construcción de rellenos y terraplenes. Así como en correlaciones empíricas con otras propiedades físicas del suelo y en la clasificación de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

IP. Es la diferencia entre el LL y LP, y mide el intervalo de contenido de agua en el cual el suelo tiene comportamiento plástico.

### 3.5.3 Porcentaje de finos (menor malla #220), NMX-C-416-ONNCCE-2003.

El objetivo de este procedimiento es establecer el método de prueba para determinar el contenido de partículas más finas que la malla No. 200 (0.075mm) por medio de lavado.

Este procedimiento aplica a toda muestra de suelo fino obtenido de un muestreo alterado o inalterado, ya sea a las partículas de arcilla y a otras que se disgregan por el agua de lavado, mientras que las que son solubles en el agua son separadas durante esta prueba.

### 3.5.4 Granulometría.

Esta prueba consiste en determinar por medio de mallas, la distribución de los tamaños de partículas que constituyen el suelo. (El tamaño de las partículas va desde los tamaños granulares conocidos como gravas y arenas, hasta los finos como la arcilla y el limo).

Por medio de esta técnica se clasifica al suelo utilizando el criterio del SUCS, así como evaluar sus características particulares.

Existen pruebas mecánicas para determinar la granulometría de un suelo. Dentro de este tipo de pruebas encontramos para suelos gruesos el análisis mediante mallas, y para suelos finos el análisis de una suspensión del suelo mediante el hidrómetro (densitómetro).

#### 3.5.4.1 Granulometría por mallas (LMS-L04-R2), NMX-C-416-ONNC-2003)

Este análisis consiste en ordenar en forma descendente una serie de mallas, depositar al suelo previamente seco en el juego de mallas agitándolo en forma horizontal o vertical durante 5 ó 10 minutos en un agitador.

Después se pesa el suelo retenido en cada malla teniendo mucho cuidado de evitar pérdidas de material, posteriormente, se calcula el por ciento retenido en cada malla con respecto al peso de la muestra y el por ciento que pasa respecto a dicho total.

Por último, se gráfica en escala semilogarítmica el por ciento de material que pasa, en peso, y el diámetro de la malla, por lo que forman ambos parámetros un sistema de ejes sobre el cual, una vez graficados los resultados, obtendremos la llamada Curva de Distribución Granulométrica (indica en general el tamaño de los granos y la buena o mala graduación de estos).

A partir de la curva de distribución granulométrica pueden obtenerse dos importantes indicadores que caracterizan a un suelo.

El coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) representa la extensión de la curva de distribución granulométrica, es decir, a mayor extensión de esta curva, se tendrá una mayor variedad de tamaños, lo que es propio de un suelo bien graduado; generalmente esto se cumple en arenas para un  $C_u > 6$ , y en gravas con un  $C_u > 4$ .

El coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) nos indica una curva granulométrica constante, sin "escalones"; esto se cumple tanto en arenas como gravas cuando  $1 < C_c < 3$ .

Por lo tanto ambos coeficientes sirven para indicarnos de una manera práctica y sencilla en el laboratorio cuando un suelo se encuentra bien graduado o mal graduado.

Mediante el método de mallas pueden presentarse problemas para que pasen las partículas por las mallas más finas. Cuando esto sucede, se utiliza el procedimiento de la vía húmeda, o sea, lavar el material para que puedan pasar.

#### 3.5.4.2 Granulometría con hidrómetro (LMS-L05-R3).

Cuando es necesario determinar la granulometría en suelos finos menores a 0.25mm (malla No. 60), y mayores que 0.001, se utiliza el procedimiento denominado del Hidrómetro. El método se basa en el hecho de que la velocidad de sedimentación de partículas en un líquido es función de su tamaño; la Ley de que se hace uso es debida Stokes (que rige la caída libre de una esfera en un líquido).

La Ley de Stokes aplicada a partículas de suelo real, que se sedimentan en agua, es válida solamente en tamaños menores de 0.25mm aproximadamente (ya que tamaños mayores afectarían a la ley de sedimentación considerablemente debido a la turbulencia), pero mayores a 0.1 micra.

#### 3.5.5 Densidad de sólidos menor malla #4 (LMS-L07-R3), NMX-CCE-2003

La densidad de un suelo es un parámetro que no sólo funciona como una propiedad índice sino que también interviene dentro de los cálculos para la determinación de las propiedades mecánicas como en el caso de la compresibilidad de los suelos y esta se puede determinar tanto en laboratorio como en terreno midiendo algunos valores como son: peso, volumen y porcentaje de humedad.

La Densidad es el cociente de la masa con respecto al volumen de los cuerpos, cuya unidad en el sistema internacional de Unidades (SI) es el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ).

La determinación de volumen se hace mediante un método basado en el principio de Arquímedes, el cual consiste en medir alternadamente el empuje que sufre un sólido en aire y en un líquido en donde las densidades del aire y del líquido son conocidas.

#### 3.5.6 Compactación Proctor

Este procedimiento tiene como objeto establecer una guía para determinar la relación contenidos de agua-densidades secas del suelo compactado, para aplicarlos en los métodos constructivos y de control en la compactación de campo.

Contenido de agua óptimo.- es la cantidad de agua que propicia una acción lubricante en el material para obtener el mínimo de vacíos entre sus partículas sólidas al aplicar mecánicamente una energía específica.

Peso volumétrico seco máximo.- es la mayor relación de masa entre volumen que puede obtenerse en una material al reducir al mínimo los vacíos entre sus partículas sólidas al aplicar mecánicamente una energía específica.

Compactación es el mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas de un suelo, por medios mecánicos. Su mayor importancia estriba en el aumento de resistencia y la disminución de deformaciones del suelo. Si es utilizada convenientemente, la compactación aumenta el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

El método es aplicable a los suelos finos plásticos que contengan como máximo 30% en peso de material retenido en la malla 3/4" (19mm) y, en general, a mezclas de suelo cuya fracción fina sea cohesiva, y en los que con este procedimiento se logra definir bien la curva de compactación y la densidad seca máxima.

La prueba se realiza de la misma forma y usando el mismo equipo de la prueba de compactación Proctor estándar, con la diferencia de que al suelo en esta prueba se le aplica una energía mayor, de  $7.5 \text{ kg-cm/cm}^3$ .

Se selecciona una porción representativa del material por ensayar, de manera que se obtengan aproximadamente 15 kg de suelo que pasa por la malla No. 4. Previo al cribado se debe disgregar el suelo con cuidado de no romper los granos individuales.

Se toma una cantidad de suelo suficiente para obtener 2,5kg de suelo para la determinación de cada uno de los puntos de la curva de compactación. Dos con contenido de agua inferiores al óptimo y dos con contenidos de agua superiores.

Se colocan cada una de las capas (generalmente 3), las cuales se compactarán con el número calculado de golpes, tomando en cuenta el martillo, molde y la energía de compactación especificada que para el caso de la prueba a la que se refiere este procedimiento será de  $E=7.5 \text{ kg.cm/cm}^3$ . Los golpes deberán distribuirse uniformemente sobre la superficie de la capa.

El número de golpes se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$N=(E) (V) / (W) (h) (n)$$

Donde:

$E=$  energía de compactación en  $\text{kg.cm/cm}^3$

$W=$ Masa del martillo en kg

$h$ = altura de caída libre del martillo en cm

$N$ = número de golpes por capa

$n$ = número de capas de material

$V$ = volumen de material compactado en el molde en  $\text{cm}^3$

Se determinan el contenido de agua en dos muestras representativas, en la parte superior e inferior de ambas.

Se dibuja la gráfica de densidad seca contra contenido de agua de compactación.

### 3.5.7 Prueba de dispersión tipo Pinhole

El objetivo de esta prueba es establecer los lineamientos para determinar las características de erosión y dispersión de suelos arcillosos por medio del dispositivo Pinhole.

Para llevar a cabo este ensayo se obtienen 300 g de suelo pasados por la malla No. 10 con su contenido natural de agua. La muestra de

suelo se prepara agregando agua destilada o secando al aire hasta llevarla a una humedad cercana ( $\pm 2\%$ ) al contenido de agua a ser usado en el momento de la compactación en la construcción.

Se cierra el molde en la tapa de salida y se coloca una capa de gravilla de 5 cm de espesor aproximadamente y sobre esta capa una malla de acero de 14 hilos.

Se compacta un espécimen de arcilla de 38mm de longitud sobre la malla y la capa de gravilla previamente colocada. El espécimen de arcilla se compactará en cinco capas de igual espesor con 16 apisonadas por capa usando un pisón Harvard con un resorte de 6,8 kg.

Se engrasa la probeta e introduce el niple aproximadamente en el centro de la probeta utilizando únicamente la presión de los dedos. Se perfora la probeta (a través del niple) con una aguja de 1,0mm de diámetro, procurando que esta operación sea un movimiento continuo a través del suelo y que se alcance la capa de gravilla subyacente, cuidando insertar el niple verticalmente, con la finalidad de que el agujero

de la aguja sea normal a la superficie del espécimen. Finalmente se hace fluir agua a través del agujero bajo diferentes cargas y duraciones variables donde la carga, velocidad con el efluente y la turbidez quedan registradas.

### 3.5.8 Triaxial

Debido a que el suelo es un material tan complejo, ninguna prueba bastará por si sola para estudiar todos los aspectos importantes del comportamiento esfuerzo-deformación.

El ensayo Triaxial constituye el método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación. Con este ensayo es posible obtener una gran variedad de estados reales de carga.

Esta prueba es la más común para determinar las propiedades esfuerzo-deformación. Una muestra cilíndrica de un suelo es sometida a una presión de confinamiento en todas sus caras. A continuación se incrementa el esfuerzo axial hasta que la muestra se rompe. Como no existen esfuerzos tangenciales sobre las caras de la muestra cilíndrica, el esfuerzo axial y la presión de confinamiento, son los esfuerzos principal

mayor y principal menor respectivamente. Al incremento de esfuerzo axial, se denomina esfuerzo desviador.

### 3.5.9 Angulo de fricción

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, especialmente si son angulares, presentan una buena trabazón, tendrán fricciones internas altas. En cambio, los suelos finos las tendrán bajas.

La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna"  $f$ , varían de prácticamente  $0^\circ$  para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta  $45^\circ$  o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo  $f$  para arenas es alrededor de  $30^\circ$ .

### 3.6 DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

La geología del sitio es una maza rocosa afectada por un fracturamiento de origen tectónico con orientaciones NW y en menor proporción EW y NE.

El patrón sísmico predominante en la región es de tipo enjambre y se asocia principalmente con las fosas tectónicas de Tepic – Chapala y Chapala – Colima.

A continuación se detalla según los resultados obtenidos la descripción del subsuelo en los diferentes bancos.

#### 3.6.1 Bancos de arena limosa (Aluvión)

##### 3.6.1.1 Banco de arena limosa Ojo de Agua.

Se exploró una superficie aproximada de 1,9 ha. A una profundidad de 3,0 m arrojando un área de estudio de 57 000 m<sup>3</sup> de material.

Las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo correspondientes registraron en promedio los siguientes resultados: contenido natural de agua de 5,1%, el número de golpes varia de 17 a 22 con promedio 20, límite líquido de 27%, límite plástico de 20,5% e índice de plasticidad de 6,4%, con un 67,5% de arenas y 29% de finos, no se encontró nivel freático.

Según datos de granulometría se determinó que el suelo corresponde a arena limosa (SM) con porciones de arcillas aisladas, generalmente de color café claro.

De ensayos de compresión triaxial realizadas en laboratorio se determinó un ángulo de fricción de 32° y una cohesión nula con peso volumétrico de 1.5 ton/m<sup>3</sup>.

En la tabla 4 se presenta el resumen de todas las pruebas de laboratorio ejecutadas en las muestras integrales obtenidas de los PCA's correspondientes a este banco.

#### 3.6.1.2 Banco de arena limosa Manantial.

Se exploró una superficie aproximada de 2,1 ha. A una profundidad de 3,0 m arrojando un área de estudio de 63 000 m<sup>3</sup> de material.

Las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo correspondientes registraron en promedio los siguientes resultados: contenido natural de agua de 6,8%, el número de golpes es de 18 a 21 límite líquido de 23,8%, límite plástico de 19,4% e índice de plasticidad de 4,45%, con un 75,25% de arenas y 24,75% de finos, no se encontró nivel freático.

De ensayos de compresión triaxial realizadas en laboratorio se determinó un ángulo de fricción de  $33^{\circ}$  y una cohesión nula con peso volumétrico de  $1.6 \text{ ton/m}^3$ . En la tabla 4 se presenta el resumen de todas las pruebas de laboratorio ejecutadas en las muestras integrales obtenidas de los PCA's correspondientes a este banco.

Según datos de granulometría se determinó que el suelo corresponde a arena limosa (SM)

### 3.6.2 Bancos de material impermeable (Limo)

#### 3.6.2.1 Banco de material impermeable Paso la Yesca I

Se exploró una superficie aproximada de 1,6 Ha. A una profundidad de 3,0 m y en donde solo se pretende aprovechar 1.5 m de los mismos, arrojando un área de estudio de  $24\ 000 \text{ m}^3$  de material.

Las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo correspondientes registraron en promedio los siguientes resultados: contenido natural de agua de 13.5%, el número de golpes fue de 25 a 40

con promedio de 32,5. Límite líquido de 38.7%, límite plástico de 15.2% e índice de plasticidad de 23.5%, con un 38.8% de arenas y 50.3% de finos, no se encontró nivel freático.

De ensayos de compresión triaxial realizadas en laboratorio se determinó un ángulo de fricción variable de 15 a 23°, una cohesión de 3,1 a 9 ton/m<sup>2</sup> y peso volumétrico variable de 1,60 a 1,77 ton/m<sup>2</sup>.

En la tabla 7 se presenta el resumen de todas las pruebas de laboratorio ejecutadas en las muestras integrales obtenidas de los PCA's correspondientes a este banco.

Según carta de plasticidad se determinó que el suelo corresponde a arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad (SC) de consistencia muy fina y dura, de colores café, gris verdoso y café claro.

### 3.6.2.2 Banco de material impermeable Paso la Yesca II.

Se exploró una superficie aproximada de 1,2 Ha. A una profundidad de 3,0 m y en donde solo se pretende aprovechar 1.5 m de los mismos, arrojando un área de estudio de 18 000 m<sup>3</sup> de material.

Las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo correspondientes registraron en promedio los siguientes resultados: contenido natural de agua de 10.4%, el numero de golpes varia de 28 a 40 con un promedio de 34, límite líquido de 35.6%, límite plástico de 15.8% e índice de plasticidad de 19.8%, con un 42.7% de arenas y 56.7% de finos, no se encontró nivel freático.

De ensayos de compresión triaxial realizadas en laboratorio se determino un ángulo de fricción variable de 13 a 22°, una cohesión de 2,8 a 7,2 ton/m<sup>2</sup>, y peso volumétrico variable de 1,60 a 1,77 ton/m<sup>3</sup>.

En la tabla 7 se presenta el resumen de todas las pruebas de laboratorio ejecutadas en las muestras integrales obtenidas de los PCA's correspondientes a este banco.

Según carta de plasticidad se determinó que el suelo corresponde a arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad (SC)

## DISCUSION DEL RESULTADO

Los resultados obtenidos en esta investigación sirvieron para comprobar y aceptar la hipótesis de que si los bancos de arena limosa y material impermeable cuentan con determinados estándares mecánicos y en cantidades por encima del rango solicitando son utilizables en la construcción de la cortina y ataguías de una presa.

Según los cálculos obtenidos en los análisis de laboratorio de los bancos de Aluvión, Ojo de Agua y Manantial cumplen con los requerimientos que exigen para ser explotados, esto si se parte del criterio más generalizado para el diseño de filtros, que se basa en las propiedades granulométricas de los suelos y desprecia la contribución de la cohesión del material, o la resistencia al arrastre por las fuerzas de filtración, esto debido a que la función del material es obturar las fisuras que se pudieran generar en la losa de concreto. Durante la operación de la cortina en proyecto, debe ser un material no plástico por lo que su índice de plasticidad (IP) deberá ser menor o igual al 7%; ya que en algún momento este material puede servir como taponamiento y ayudará a evitar que se vayan haciendo fisuras en el talud que implicarían una falla en la estabilidad del mismo.

Con respecto a los bancos de Limo, Paso la Yesca I y Paso la Yesca II ambos cumplen con los requerimientos para ser explotados, la propiedad más importante de un material impermeable es su resistencia, esta se basa por el índice de plasticidad quien determina las arcillas de plasticidad alta ( $IP > 15$ ) ya que ofrecen la máxima resistencia al arrastre de partículas por las fuerzas de filtración. Por lo general el material para construir el núcleo impermeable de las ataguías debe cumplir en su mayoría con las restricciones de  $IP > 15\%$ , porcentaje de finos  $> 30$  y  $d_{max}$  mínimo de  $13 \text{ kn/m}^3$  referido a la prueba Proctor CFE, utilizando los de  $d_{max}$  mayores en los estratos inferiores, y en las ataguías de aguas arriba, y o ser dispersivo, ( $d_{max}$  es la mayor relación de masa entre volumen que puede obtenerse en un material al reducir al mínimo los vacíos entre sus partículas sólidas al aplicar mecánicamente una energía específica).

Si nos basamos en los datos obtenidos se comprueba que mientras más alto es el porcentaje de arenas es menos el índice plástico y viceversa, asimismo el contenido natural de agua es menor en materiales

no impermeables, siendo mayor el número de golpes en materiales impermeables.

Es importante mencionar que los métodos que se aplicaron fueron gracias a estudios de obras anteriores y que sirvieron para brindar un camino a seguir en las posteriores.

## **CONCLUSIONES**

Los métodos geotécnicos que se utilizaron mostraron la composición del material y como este reaccionaría ante las presiones que pudiera ejercerse en caso de ser conformante del cuerpo de la presa, aquí se demostró que el material si cumple con las normativas dadas por las CFE por consiguiente los bancos de materiales estudiados si son utilizables dentro del ámbito geotécnico.

El estudio volumétrico realizado en los bancos demuestra que si cumplen en la cantidad adecuada para ser utilizables en la conformación del cuerpo de la cortina.

Todos los bancos cumplen con las especificaciones solicitadas y están listas para ser usadas cuando se les requiera ya que la cantidad volumétrica sobrepasa lo estipulado según criterios de la CFE.

Finalmente, se considera importante mencionar que este trabajo representa una fase de aprendizaje fundamental para sucesivos estudios, y que se obtendrá un nivel de calidad más alto mientras se realicen más datos geotécnicos y de instrumentación necesarios en este tipo de proyectos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda la utilización de mas PCA's en el estudio de material de los bancos para tener un mejor escenario de lo que se analiza, la cantidad que se utilizó en los diferentes bancos no es suficiente para el estudio de todo el material en cuestión.

Se recomienda la utilización de más pruebas en la obtención del índice de filtración por tratarse de una obra relacionada con reservorios de agua.

Se recomienda una mayor investigación en las fallas que pudieran existir dentro de la zona donde se construye el P.H. la yesca ya que puede tener una incidencia negativa a futuro.

Se recomienda realizar un estudio de afectación por deslaves que pudiera ocurrir, ya que existen constantes cambios climáticos en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Head, K.H., "**Manual of soil Laboratory Testing**", Volume 3 Effective Stress Tests, ELEC International Limited - Pentech Press, Inglaterra, 1986.
2. Bowles Joseph E., "**Foundation Analysis and Design**", McGraw Hill International Editions, 5<sup>th</sup> Edition, 1997.
3. IIE. II-UNAM. CFE, "**Manual de Diseño de Obras Civiles**", Geotecnia, Tomo B.2.2 Propiedades de los suelos, Comisión Federal de Electricidad, México, 1980.
4. Sherard, J.L., Decker, R.S. Ryker, N.L., "**Piping in Earth Dams of Dispersive Clay**", Purdue Conference on Earth and Earth Supported Structures, Vol III, 1972.
5. Zeevaert L. (1998) "**Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**" Ed. Van Nostrand.
6. Rivera R. (2008) "**Notas del curso de Laboratorio de Mecánica de Suelos I**" Ed. SMMS

7. CFE, GEIC **"Manual de Procedimientos del Departamento de Mecánica de Suelos y Cimentaciones"** México, Marzo 2006.
8. Raúl J. Marsal; Daniel Reséndiz Núñez; **"Presas de Tierra y enrocamiento"** Ed. Limusa, México.
9. Publicaciones de la CFE en su portal oficial
10. ITC biblioteca de estudios geotécnicos área de tesis y publicaciones
11. Biblioteca de geología ICA services
12. Mecánica de Suelos – Juárez Badillo 2010

**ANEXO 1 Estudio de los Pozos a cielo abierto (PCA's).**

**ANEXO 2 Resúmenes de los datos obtenidos en laboratorio.**

<p style="text-align: center;"><b>BANCO DE OJO DE AGUA PH LA YESCA. ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</b></p>	
<p><b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA - 1</b></p>		<p><b>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</b></p> <p>LP 20 40 60 80 W<sub>pat</sub> ●</p>	
<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>			
<p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>		<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p>TIERRA VEGETAL    GRAVA</p> <p>ARENA    MATERIA ORGANICA</p> <p>ARENALIMO    RELLENO</p> <p>LIMO    BOLEOS</p> <p>ARCILLA</p>	
<p><b>FECHA DE INICIO:</b></p> <p><b>FECHA DE TERMINACION:</b></p> <p><b>PROFUNDIDAD FINAL:</b> 3.00 M</p>		<p><b>BANCO PCA-1</b></p> <p><b>SUPERVISOR DE CAMPO:</b></p> <p><b>REVISO:</b></p> <p><b>PROF. N.A.F.</b></p>	
<p><b>POZO A CIELO ABIERTO No.</b></p>		<p><b>FIGURA 22</b></p>	

BANCO DE OJO DE AGUA PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b>		ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO	
PROF. (m)	DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA-2	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 20 W<sub>pat</sub> 40 60 LL 80</p>	OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA
0.00	<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolarios por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>		<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p>TIERRA VEGETAL GRAVA</p> <p>ARENA MATERIA ORGANICA</p> <p>ARENA LIMO RELLENO</p> <p>LIMO ARCIILLA BOLEOS</p>
1.00			
2.00			
3.00			
FECHA DE INICIO:	BANCO	SUPERVISOR DE CAMPO:	FIGURA 23
FECHA DE TERMINACION:	POZO A CIELO	REVISO:	
PROFUNDIDAD FINAL: 3.00 M	ABIERTO No.	PROF. N.A.F.	
	<b>PCA-2</b>		

<p style="text-align: center;"><b>BANCO DE OJO DE AGUA PH LA YESCA, ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</b></p>	
<p><b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA-3</b></p>		<p><b>PORCENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</b></p> <p>▲ LP: 20    W<sub>nat</sub>: 40    ILL: 80</p>	
<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolarios por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>			
<p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>			
<p><b>PROF. (m)</b></p>		<p><b>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</b></p>	
<p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>			
<p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>		<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TIERRA VEGETAL</li> <li>ARENA</li> <li>LIMO</li> <li>ARCILLA</li> <li>GRAVA</li> <li>MATERIA ORGANICA</li> <li>RELLENO</li> <li>BOLEOS</li> </ul>	
<p><b>FECHA DE INICIO:</b> 26/04/2008</p> <p><b>FECHA DE TERMINACION:</b></p> <p><b>PROFUNDIDAD FINAL:</b> 3.00 M</p>		<p><b>BANCO</b></p> <p><b>PCA-3</b></p> <p><b>SUPERVISOR DE CAMPO:</b></p> <p><b>REVISOR:</b> PROF. N.A.F.</p>	
<p><b>POZO A CIELO ABIERTO No.</b></p>		<p><b>FIGURA 24</b></p>	

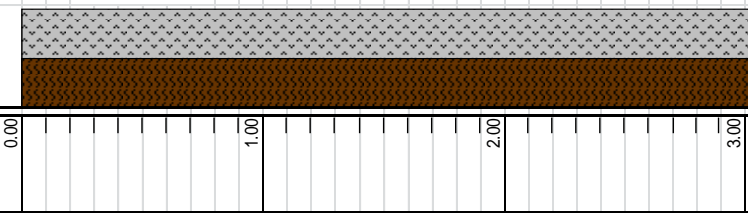
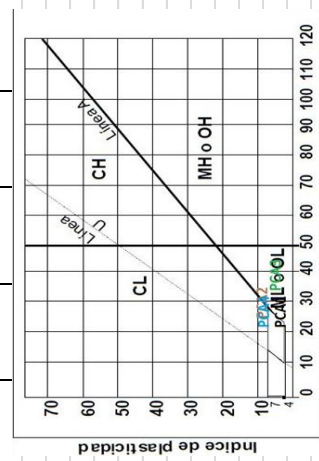
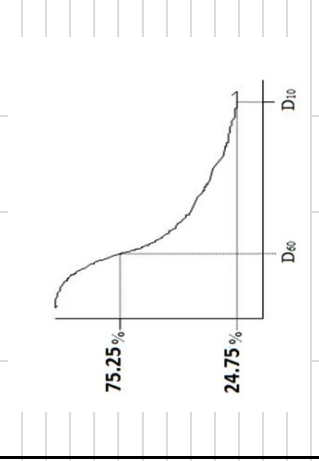
<p style="text-align: center;"><b>BANCO DE OJO DE AGUA PH LA YESCA. ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</b></p>																			
<p><b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</b></p> <p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el rio Bolarios por el puente Paso la Yesca, con camino de terraceria, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>		<p><b>PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</b></p> <p>LPI <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p> <p>W<sub>nat</sub> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span></p> <p>LL <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p> <p>80 <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p> <p>60 <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p> <p>40 <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p> <p>20 <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span> <span style="color: blue;">▲</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">■</span></p>																			
<p><b>PROF. (m)</b></p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>																					
<p><b>INDICE DE PLASTICIDAD</b></p>																					
<p><b>FECHA DE INICIO:</b> 26/04/2008</p> <p><b>FECHA DE TERMINACION:</b> 3.00 M</p> <p><b>PROFUNDIDAD FINAL:</b></p>		<p><b>BANCO</b></p> <p><b>PCA-4</b></p>																			
<p><b>POZO A CIELO ABIERTO No.</b></p>		<p><b>SUPERVISOR DE CAMPO:</b></p> <p><b>REVISO:</b> PROF. N.A.F.</p>																			
<p><b>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</b></p>		<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>TIERRA VEGETAL</td> <td></td> <td>ARENA</td> <td></td> <td>ARCILLA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>GRAVA</td> <td></td> <td>MATERIA ORGANICA</td> <td></td> <td>RELLENO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>BOLEOS</td> </tr> </table>			TIERRA VEGETAL		ARENA		ARCILLA		GRAVA		MATERIA ORGANICA		RELLENO						BOLEOS
	TIERRA VEGETAL		ARENA		ARCILLA																
	GRAVA		MATERIA ORGANICA		RELLENO																
					BOLEOS																

BANCO MANANTIAL PH LA YESCA. ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT		ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO									
DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS	PORCENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %	OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA									
<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>	<p>▲</p> <p>LP 20    Wnat 40    ILL 80</p>										
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>CL</p> <p>MH o OH</p> <p>Limite Líquido</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <table border="1"> <tr> <td>TIERRA VEGETAL</td> <td>GRAVA</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>MATERIA ORGANICA</td> </tr> <tr> <td>LIMO</td> <td>RELLENO</td> </tr> <tr> <td>ARCILLA</td> <td>BOLEOS</td> </tr> </table>		TIERRA VEGETAL	GRAVA	ARENA	MATERIA ORGANICA	LIMO	RELLENO	ARCILLA	BOLEOS
TIERRA VEGETAL	GRAVA										
ARENA	MATERIA ORGANICA										
LIMO	RELLENO										
ARCILLA	BOLEOS										
<p>FECHA DE INICIO: 28/04/2008</p> <p>FECHA DE TERMINACION: 3.00 M</p> <p>PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>BANCO</p> <p>PCA-1</p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO:</p> <p>REVISOR: PROF. N.A.F.</p>	<p>FIGURA 26</p>								


BANCO MANANTIAL PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b>		ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO	
PROF. (m)	DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 120 Wnat 40 Wp 60 ILL 80</p>	OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA
0.00	<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>	<p>Índice de plasticidad</p> <p>Límite Líquido</p>	
1.00			
2.00			
3.00			
FECHA DE INICIO:	POZO A CIELO ABIERTO No.	BANCO <b>PCA-2</b>	SUPERVISOR DE CAMPO:
FECHA DE TERMINACION:			REVISOR:
PROFUNDIDAD FINAL:	3.00 M		PROF. N.A.F.
			FIGURA 27

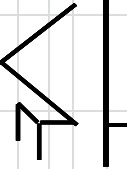
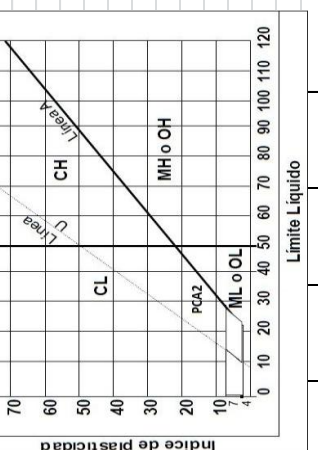
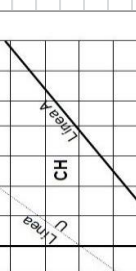
**SIMBOLOGIA**

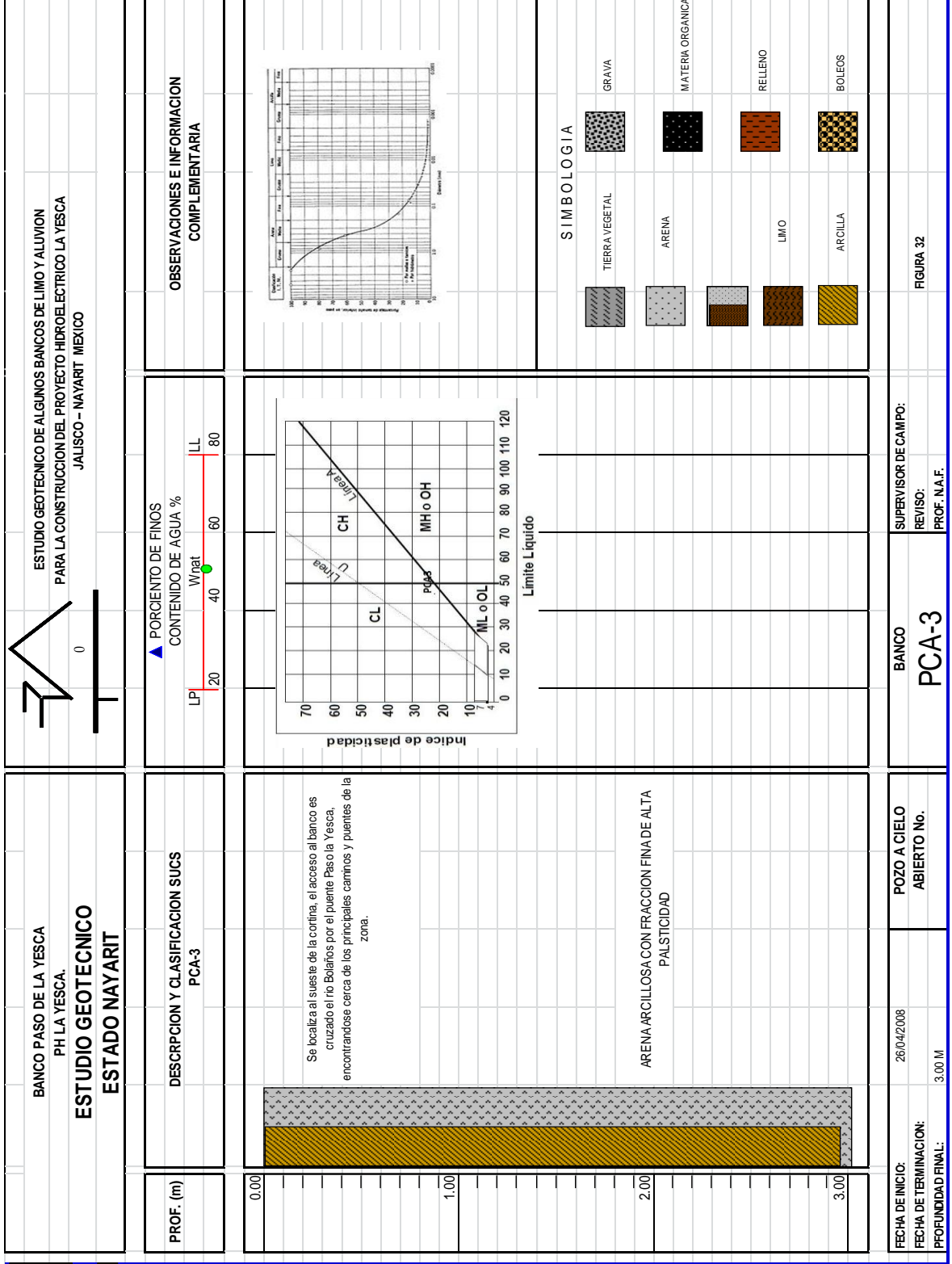
	TIERRA VEGETAL		GRAVA
	ARENA		MATERIA ORGANICA
	LIMO		RELLENO
	ARCILLA		BOLEOS

BANCO MANANTIAL PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b>		ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO	
PROF. (m)	DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS	 <p>Se localiza al s ueste de la corrina, el acceso al banco es cruzado el rio Boletinos por el puente Paso la Yesca, con camino de terraceria, o por el antiguo camrno de Mesa de Flores.</p>	OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA
		 <p>Indice de plasticidad</p> <p>Limite Liquido</p>	 <p>75.25 %</p> <p>24.75 %</p> <p>D<sub>60</sub></p> <p>D<sub>10</sub></p>
		<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 20</p> <p>W<sub>pat</sub> 40</p> <p>LL 80</p>	
		<p>TIERRA VEGETAL</p> <p>ARENA</p> <p>LIMO</p> <p>ARCILLA</p> <p>GRAVA</p> <p>MATERIA ORGANICA</p> <p>RELLENO</p> <p>BOLEOS</p>	
FECHA DE INICIO:	POZO A CIELO ABIERTO No.	BANCO	FIGURA 28
FECHA DE TERMINACION:		PCA-3	
PROFUNDIDAD FINAL:	3.00M	SUPERVISOR DE CAMPO: REVISO: PROF. N.A.F.	

<p style="text-align: center;"><b>BANCO MANANTIAL PH LA YESCA. ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</b></p>																									
<p><b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</b></p>		<p><b>PORCENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</b></p> <p>LPI <span style="color: red;">■</span> W<sub>nat</sub> <span style="color: green;">●</span> ILL</p> <p>20 40 60 80</p>																									
<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el rio Bolaritos por el puente Paso la Yesca, con camino de terraceria, o por el antiguo camino de Mesa de Flores.</p>																											
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>			<p><b>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</b></p>																								
<p><b>FECHA DE INICIO:</b></p> <p><b>FECHA DE TERMINACION:</b></p> <p><b>PROFUNDIDAD FINAL:</b> 3.00 M</p>		<p><b>BANCO</b></p> <p><b>PCA-4</b></p>	<p><b>SUPERVISOR DE CAMPO:</b></p> <p><b>REVISOR:</b></p> <p><b>PROF. N.A.F.</b></p>																								
<p><b>POZO A CIELO ABIERTO No.</b></p>		<p><b>FIGURA 29</b></p>																									
<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>TIERRA VEGETAL</td> <td></td> <td>ARENA</td> <td></td> <td>GRAVA</td> <td></td> <td>MATERIA ORGANICA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>LIMO</td> <td></td> <td>RELLENO</td> <td></td> <td>BOLEOS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ARCILLA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					TIERRA VEGETAL		ARENA		GRAVA		MATERIA ORGANICA				LIMO		RELLENO		BOLEOS				ARCILLA				
	TIERRA VEGETAL		ARENA		GRAVA		MATERIA ORGANICA																				
			LIMO		RELLENO		BOLEOS																				
			ARCILLA																								



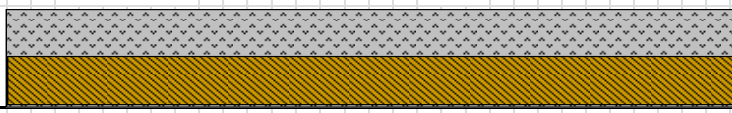
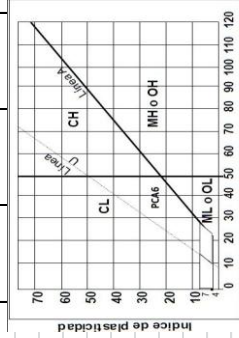
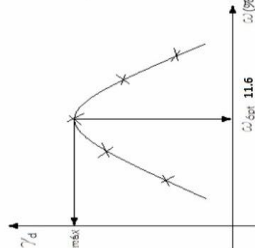
<p>BANCO PASO DE LA YESCA PHI LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>	<p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p> 
<p>PROF. (m)</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA - 1</p>
<p>0.00</p>	<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Boleños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p>
<p>1.00</p>	<p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PALSTICIDAD</p>
<p>2.00</p>	
<p>3.00</p>	


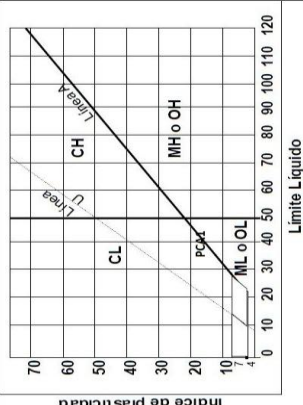
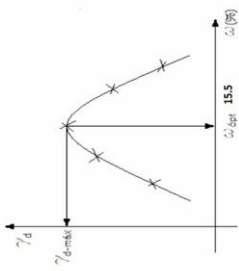
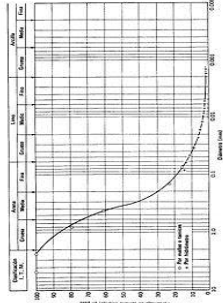
<p>BANCO PASO DE LA YESCA PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>	 <p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA-2</p> <p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Pasola Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p> <p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PALSTICIDAD</p>
<p>▲ PORCENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 120</p> <p>Wnat 40</p> <p>LL 80</p>	
<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>	
<p>FIGURA DE INICIO: FECHA DE TERMINACION: PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>BANCO <b>PCA-2</b></p> <p>SUPERVISOR DE CAMPO: REVISOR: PROF. N.A.F.</p>
<p>TIERRA VEGETAL</p> <p>ARENA</p> <p>ARENA LIMO</p> <p>LIMO</p> <p>ARCILLA</p>	<p>GRAVA</p> <p>MATERIA ORGANICA</p> <p>RELLENO</p> <p>BOLEOS</p>
<p>FECHA DE INICIO:</p>	<p>POZO A CIELO ABIERTO No.</p>
<p>FECHA DE TERMINACION:</p>	<p>FIGURA 31</p>
<p>PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>3.00 M</p>



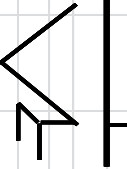
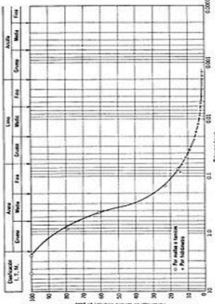
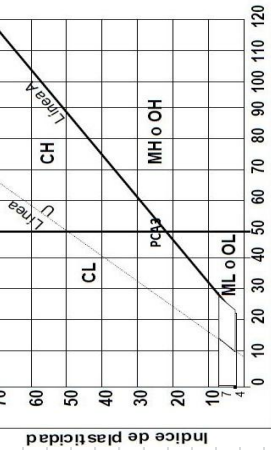








<p>BANCO PASO DE LA YESCA PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO</b> <b>ESTADO NAYARIT</b></p>	<p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>	
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</p> <p>Se localiza al sueste de la corina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p> <p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCIÓN FINA DE ALTA PALSTICIDAD</p>	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>W<sub>nat</sub> ●</p> <p>LL 80</p> <p>60</p> <p>40</p> <p>20</p> <p>LPI</p>
<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>		<p>Si plotamos los valores de (<math>\gamma_d</math> vs <math>\sigma_v</math>) tenemos Figura 1.</p> <p>Figura 1: Curva de compactación Proctor.</p>
<p>SIMBOLOGIA</p>	<p>TIERRA VEGETAL</p> <p>ARENA</p> <p>LIMO</p> <p>ARCILLA</p> <p>GRAVA</p> <p>MATERIA ORGANICA</p> <p>RELLENO</p> <p>BOLEOS</p>	<p>BANCO</p> <p>POZO A CIELO ABIERTO NO.</p> <p>PCA-4</p>
<p>FECHA DE INICIO:</p> <p>FECHA DE TERMINACION:</p> <p>PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>26/04/2008</p> <p>3.00 M</p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO: REVISOR: PROF. N.A.F.</p> <p>FIGURA 33</p>


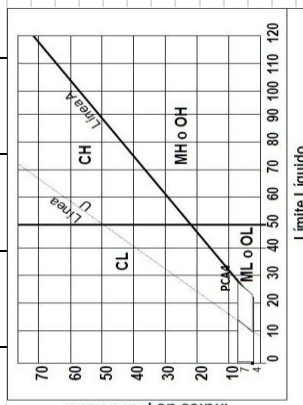
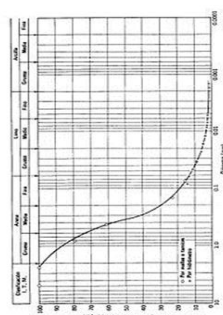
<p style="text-align: center;"><b>BANCO PASO DE LA YESCA</b> PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO</b> <b>ESTADO NAYARIT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION</b> PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>
<p><b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</b></p>	<p><b>PORCIENTO DE FINOS</b> CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>▲ LP   20   40   60   80   LL</p> <p>● W<sub>nat</sub></p>
<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p>	
<p>0.00</p>	<p><b>INDICE DE PLASTICIDAD</b></p>
<p>1.00</p>	<p>Limite Líquido</p>
<p>2.00</p>	<p><b>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PALSTICIDAD</b></p>
<p>3.00</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 20px;">  TIERRA VEGETAL         </li> <li style="margin-right: 20px;">  ARENA         </li> <li style="margin-right: 20px;">  LIMO         </li> <li style="margin-right: 20px;">  ARCILLA         </li> <li style="margin-right: 20px;">  GRAVA         </li> <li style="margin-right: 20px;">  MATERIA ORGANICA         </li> <li style="margin-right: 20px;">  RELLENO         </li> <li style="margin-right: 20px;">  BOLEOS         </li> </ul>
<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>	
<p>FECHA DE INICIO:</p>	<p>BANCO</p>
<p>FECHA DE TERMINACION:</p>	<p>POZO A CIELO</p>
<p>PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>ABIERTO No.</p>
<p>26/04/2008</p>	<p>PCA-5</p>
<p>3.00 M</p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO:</p>
<p>REVISO:</p>	<p>FIGURA 34</p>
<p>PROF. N.A.F.</p>	

<p>BANCO PASO DE LA YESCA PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>	 <p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>	<p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>																
<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</p>	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> 	<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>																
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p>  <p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PALSTICIDAD</p>	 <p>Si plotearmos los valores de (<math>w_p</math> vs <math>w_L</math>) tenemos Figura 1.</p>  <p>Figura 1: Curva de compactación Proctor.</p>																
<p>FECHA DE INICIO:</p> <p>FECHA DE TERMINACION:</p> <p>PROFUNDIDAD FINAL: 3.00 M</p>	<p>BANCO</p> <p><b>PCA-6</b></p> <p>SUPERVISOR DE CAMPO:</p> <p>REVISOR:</p> <p>PROF. N.A.F.</p>	<p>FIGURA 35</p>																
<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>TIERRA VEGETAL</td> <td></td> <td>GRAVA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ARENA</td> <td></td> <td>MATERIA ORGANICA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LIMO</td> <td></td> <td>RELLENO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ARCILLA</td> <td></td> <td>BOLEOS</td> </tr> </table>			TIERRA VEGETAL		GRAVA		ARENA		MATERIA ORGANICA		LIMO		RELLENO		ARCILLA		BOLEOS	
	TIERRA VEGETAL		GRAVA															
	ARENA		MATERIA ORGANICA															
	LIMO		RELLENO															
	ARCILLA		BOLEOS															

<p>BANCO PASO DE LA YESCA II PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>	 <p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>	<p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA - 1</p> <p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p> <p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD</p>	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 20 W<sub>pat</sub> 40 60 80 LL</p>  <p>Indice de plasticidad</p> <p>Limite Liquido</p> <p>Si plotamos los valores de (<math>\gamma_p</math> vs <math>\phi</math>) tenemos Figura 1.</p>  <p>Figura 1: Curva de compactación Proctor.</p>
<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>		<p>SIMBOLOGIA</p> <p>TIERRA VEGETAL GRAVA</p> <p>ARENA MATERIA ORGANICA</p> <p>ARENA LIMO RELLENO</p> <p>LIMO</p> <p>ARCILLA BOLEOS</p>
<p>FECHA DE INICIO:</p> <p>FECHA DE TERMINACION:</p> <p>PROFUNDIDAD FINAL: 3.00 M</p>	<p>BANCO</p> <p>POZO A CIELO ABIERTO NO.</p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO: REVISO: PROF. N.A.F.</p> <p>FIGURA 36</p>

<p>BANCO PASO DE LA YESCA II PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO ESTADO NAYARIT</b></p>	<p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>											
<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA-2</p> <p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p> <p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD</p>	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP 120 W<sub>pat</sub> 40 60 80 LL</p>										
<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>		<p>SIMBOLOGIA</p> <table border="0"> <tr> <td>TERRA VEGETAL</td> <td>GRAVA</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>MATERIA ORGANICA</td> </tr> <tr> <td>ARENA LIMO</td> <td>RELLENO</td> </tr> <tr> <td>LIMO</td> <td>BOLEOS</td> </tr> <tr> <td>ARCILLA</td> <td></td> </tr> </table>	TERRA VEGETAL	GRAVA	ARENA	MATERIA ORGANICA	ARENA LIMO	RELLENO	LIMO	BOLEOS	ARCILLA	
TERRA VEGETAL	GRAVA											
ARENA	MATERIA ORGANICA											
ARENA LIMO	RELLENO											
LIMO	BOLEOS											
ARCILLA												
<p>FECHA DE INICIO:</p> <p>FECHA DE TERMINACION:</p> <p>PROFUNDIDAD FINAL: 3.00 M</p>	<p>BANCO <b>PCA-2</b></p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO: REVISO: PROF. N.A.F.</p> <p>FIGURA 37</p>										

<p style="text-align: center;"><b>BANCO PASO DE LA YESCA II</b> PH LA YESCA. <b>ESTUDIO GEOTECNICO</b> <b>ESTADO NAYARIT</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION</b> PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>	
<p>PROF. (m)</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS PCA-3</p>	<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p>
<p>0.00</p>	<p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p>	
<p>1.00</p>	<p>ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD</p>	
<p>2.00</p>		<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 20px;">TIERRA VEGETAL </li> <li style="margin-right: 20px;">GRAVA </li> <li style="margin-right: 20px;">ARENA </li> <li style="margin-right: 20px;">MATERIA ORGANICA </li> <li style="margin-right: 20px;">LIMO </li> <li style="margin-right: 20px;">RELLENO </li> <li style="margin-right: 20px;">ARCILLA </li> <li style="margin-right: 20px;">BOLEOS </li> </ul>
<p>3.00</p>		
<p>FECHA DE INICIO:</p>	<p>BANCO</p>	<p>SUPERVISOR DE CAMPO:</p>
<p>FECHA DE TERMINACION:</p>	<p>PCA-3</p>	<p>REVISO:</p>
<p>PROFUNDIDAD FINAL:</p>	<p>POZO A CIELO ABIERTO No.</p>	<p>FIGURA 38</p>
<p>26/04/2008</p>	<p>3.00 M</p>	<p>PROF. N.A.F.</p>

<p><b>BANCO PASO DE LA YESCA II</b> PH LA YESCA.</p> <p><b>ESTUDIO GEOTECNICO</b> <b>ESTADO NAYARIT</b></p>	 <p>ESTUDIO GEOTECNICO DE ALGUNOS BANCOS DE LIMO Y ALUVION PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA JALISCO - NAYARIT MEXICO</p>	<p>PROF. (m)</p> <p>0.00</p> <p>1.00</p> <p>2.00</p> <p>3.00</p>	<p>DESCRIPCION Y CLASIFICACION SUCS</p> <p>Se localiza al sueste de la cortina, el acceso al banco es cruzado el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.</p> <p>ARENA ARROLLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD</p>	<p>▲ PORCIENTO DE FINOS CONTENIDO DE AGUA %</p> <p>LP   20   40   60   80   LL</p> <p>W<sub>nat</sub> ●</p> 	<p>OBSERVACIONES E INFORMACION COMPLEMENTARIA</p> 	<p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>TIERRA VEGETAL</li> <li>ARENA</li> <li>LIMO</li> <li>ARCILLA</li> <li>GRAVA</li> <li>MATERIA ORGANICA</li> <li>RELLENO</li> <li>BOLEOS</li> </ul>	<p>BANCO</p> <p>PCA-4</p> <p>SUPERVISOR DE CAMPO: REVISO: PROF. N.A.F.</p>	<p>FECHA DE INICIO: 26/04/2008</p> <p>FECHA DE TERMINACION: 3.00 M</p> <p>POZO A CIELO ABIERTO No.</p> <p>FIGURA 39</p>
---	--	--	---	--	---	--	--	---

BANCO	PCA	coordenadas geográficas		Prof. PCA (m)	Muestra N°	Profundidad (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP	SUCS	G (%)	A (%)	F (%)	Dispersión Pin-Hole
		Lat.	Long.												
OJO DE AGUA	PCA-1	21.191764	104.080041	3,00	INTEGRAL	0-3	4.6	25.4	18.5	6.9	SM	1	64	35	
	PCA-2	21.191624	104.079501	3,00	INTEGRAL	0-3	5.5	28.3	22.6	5.7	SC	0	68	32	
	PCA-3	21.191444	104.079958	3,00	INTEGRAL	0-3	4.4	27.3	19.9	7.4	SM	2	72	26	
	PCA-4	21.191262	104.079472	3,00	INTEGRAL	0-3	6.2	26.8	21.1	5.7	SM	1	66	23	
					Promedio	3,00	5.175	26.95	20.525	6.425		1	67.5	29	

Nomenclatura

W	Contenido natural de agua (%)	A	Porcentaje de Arena
LL	Límite Líquido (%)	F	Porcentaje de finos
LP	Límite Plástico (%)	Ss	Densidad de sólidos
IP	Índice Plástico (%)	M	Porcentaje de Limo
G	Porcentaje de grava	C	Porcentaje de Arcilla

BANCO	PCA	COORDENADAS GEOGRAFICAS		Prof. PCA (m)	Muestra N°	Profundidad (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP	SUCS	G (%)	A (%)	F (%)	Dispersión Pin-Hole
		Lat.	Long.												
MANANTIAL	PCA-1	21.188316	104.078954	3,00	INTEGRAL	0-3	6.2	22.2	18.6	3.6	SM	0	72	28	
	PCA-2	21.188379	104.077985	3,00	INTEGRAL	0-3	7.5	24.5	17.9	6.6	SM	0	77	23	
	PCA-3	21.188229	104.07888	3,00	INTEGRAL	0-3	6.7	25.5	21.2	4.3	SM	0	75	25	
	PCA-4	21.188119	104.078016	3,00	INTEGRAL	0-3	6.9	23.1	19.8	3.3	SM	0	77	23	
					Promedio	3,00	6.825	23.825	19.375	4.45		0	75.25	24.75	

Nomenclatura

W	Contenido natural de agua (%)	A	Porcentaje de Arena
LL	Límite Líquido (%)	F	Porcentaje de finos
LP	Límite Plástico (%)	Ss	Densidad de sólidos
IP	Índice Plástico (%)	M	Porcentaje de Limo
G	Porcentaje de grava	C	Porcentaje de Arcilla

TABLA 4 RESUMEN DE LOS BANCOS DE MATERIAL LIMO-ARENOSO

BANCO	REGIMEN DE PROPIEDAD	DESCRIPCION DEL MATERIAL	SUCS	UBICACIÓN Y ACCESO	AREA APROX. (ha)	ESPESOR APROX. (m)	VOLUMEN ESTIMADO (m <sup>3</sup> )	DESPALME	OBSERVACIONES
OJO DE AGUA	ZONA FEDERAL	Arena Limosa	SM	se localiza al sureste de la cortina, el acceso al banco es cruzando el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores	1.9	3.0	5.7	0	
MANANTIAL	ZONA FEDERAL	Arena Limosa	SM	se localiza al sureste de la cortina, el acceso al banco es cruzando el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, con camino de terracería, o por el antiguo camino de Mesa de Flores	2.1	3.0	6.3	0	
							Volumen total de material areno limoso estimado =	120,000 m <sup>3</sup>	

BANCO	PCA	COORDENADAS GEOMÉTRICAS		Prof. PCA (m)	Muestra N°	Profundidad (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP	SUCS	G (%)	A (%)	F (%)	Ss	Proctor CFE		Hidrometro		Dispersión Pin-Hole	
		Lat.	Long.													Wopt (%)	Yd max (kg/m <sup>3</sup> )	M (%)	C (%)		
PASO LA YESCA I	PCA-1	21.189415	104.075629	3,00	INTEGRAL	0-3	12,9	35,6	14,5	21,1	SC	0	44	56							
	PCA-2	21.189421	104.074888	3,00	INTEGRAL	0-3	11,4	33,5	12,4	21,1	SC	0	38	62							
	PCA-3	21.189486	104.074263	3,00	INTEGRAL	0-3	15,6	41,2	16,0	25,2	SC	0	41	59							
	PCA-4	21.189172	104.075518	3,00	INTEGRAL	0-3	14,6	47,3	15,5	31,8	SC	2	41	57	2,6					8 (25) (dispersión)	
	PCA-5	21.189178	104.074963	3,00	INTEGRAL	0-3	13,1	38,8	19,6	19,2	SC	0	33	67							
	PCA-6	21.189171	104.074207	3,00	INTEGRAL	0-3	13,8	36,0	13,3	22,7	SC	3	36	61	2,6						9 (25) (dispersión)
Promedio							13,57	36,73	15,22	23,52		1,25	38,83	60,33	2,60			3,95	6,10		

Nomenclatura

W	Contenido natural de agua (%)	A	Porcentaje de Arena
LL	Límite Líquido (%)	F	Porcentaje de Finos
LP	Límite Plástico (%)	Ss	Densidad de sólidos
IP	Índice Plástico (%)	M	Porcentaje de Limo
G	Porcentaje de grava	C	Porcentaje de Arcilla

TABLA 6 BANCO PASO LA YESCA II, PH LA YESCA

BANCO	PCA	coordenadas geográficas		Prof. PCA (m)	Muestra N°	Profundidad (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP	SUCS	G (%)	A (%)	F (%)	Ss (%)	Proctor CFE		Hidrometro		Dispersión Pin-Hole
		Lat.	Long.													Wopt (%)	Yd max (kg/m3)	M (%)	C (%)	
PASO LA YESCA II	PCA-1	21.189415	-104.075629	3,00	INTEGRAL	0-3	11.0	35.0	16.3	18.7	SC	0	51	49	2.6	15.3	16.2			
	PCA-2	21.189421	-104.074890	3,00	INTEGRAL	0-3	13.0	35.8	12.2	23.6	SC	0	38	62						
	PCA-3	21.189486	-104.074263	3,00	INTEGRAL	0-3	9.1	43.9	18.8	25.1	SC	0	41	59						
	PCA-4	21.189172	-104.075518	3,00	INTEGRAL	0-3	8.8	28	16.1	11.9	SC	2	41	57						
					Promedio	3,00	10.48	35.68	15.85	19.83		0.50	42.75	56.75	2.60	3.83	4.05			

Nomenclatura

- W A Contenido natural de agua (%)
- LL F Límite Líquido (%)
- LP Ss Límite Plástico (%)
- IP M Índice Plástico (%)
- G C Porcentaje de grava
- A Porcentaje de Arena
- F Porcentaje de finos
- Ss Densidad de sólidos
- M Porcentaje de Limo
- C Porcentaje de Arcilla

TABLA 7 RESUMEN DE LOS BANCOS DE MATERIAL IMPERMEABLE

BANCO	REGIMEN DE PROPIEDAD	DESCRIPCION DEL MATERIAL	SUCS	UBICACION Y ACCESO	AREA APROX. (m <sup>2</sup> )	ESPESOR APROX. (m)	VOLUMEN ESTIMADO (m <sup>3</sup> )	DESVALME	OBSERVACIONES
PASO LA YESCA I	ZONA FEDERAL	ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD	SC	se localiza al sureste de la cortina, el acceso al banco es cruzando el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.	1.6	1.5	2.4	0	
PASO LA YESCA II	ZONA FEDERAL	ARENA ARCILLOSA CON FRACCION FINA DE ALTA PLASTICIDAD	SC	se localiza al sureste de la cortina, el acceso al banco es cruzando el río Bolaños por el puente Paso la Yesca, encontrándose cerca de los principales caminos y puentes de la zona.	1.2	1.5	1.8	0	
Volumen total de material arenoso limoso estimado =								42,000 m <sup>3</sup>	