

# REGENERACIÓN DEL MIRADOR DE TURI Y ZONAS ALEDAÑAS

## ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

### FASE I

- **CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE**
- **DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS**
- **EMPUJE LATERAL (MUROS)**



**CONSULTOR: ING. JUAN VILLAVICENCIO**

**ESPECIALISTA GEOTECNIA: ING. LUIS MATUTE D. MS**

**FECHA: JUNIO DE 2018**

## Contenido

<b>1 ESTUDIOS PRELIMINARES.....</b>	<b>3</b>
1.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PROYECTO.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 DETERMINANTES DEL ESTUDIO.....	5
1.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	5
1.5 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	6
1.6 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS.....	6
1.7 RECOMENDACIONES.....	7
1.8 CONCLUSIONES.....	7
<b>2 GEOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
2.1 LITOLOGÍA.....	8
2.2 MORFOLOGÍA.....	9
2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	9
<b>3 DISEÑOS GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>10</b>
3.1 TRABAJO DE CAMPO.....	10
3.1.1 Exploración Geotécnica.....	10
3.1.2 Ensayo de Penetración por Cono Dinámico (DCPT).....	12
3.1.3 Sondeos Eléctricos Verticales.....	14
3.2 RESULTADOS DE LABORATORIO.....	15
3.2.1 Ensayos de Clasificación.....	15
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO.....	15
3.4 MODELACIONES GEOTECNIAS PLANIFICADAS.....	18
3.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE CIMENTACIÓN POR TEORÍA DE CAPACIDAD ÚLTIMA (ZONA DE MIRADOR).....	19
3.6 DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	22
3.7 EMPUJE LATERAL.....	29
3.8 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	31
3.9 CONCLUSIONES.....	33

## ESTUDIO GEOTÉCNICO FASE 1

### 1 Estudios Preliminares

#### 1.1 Análisis descriptivo del Proyecto

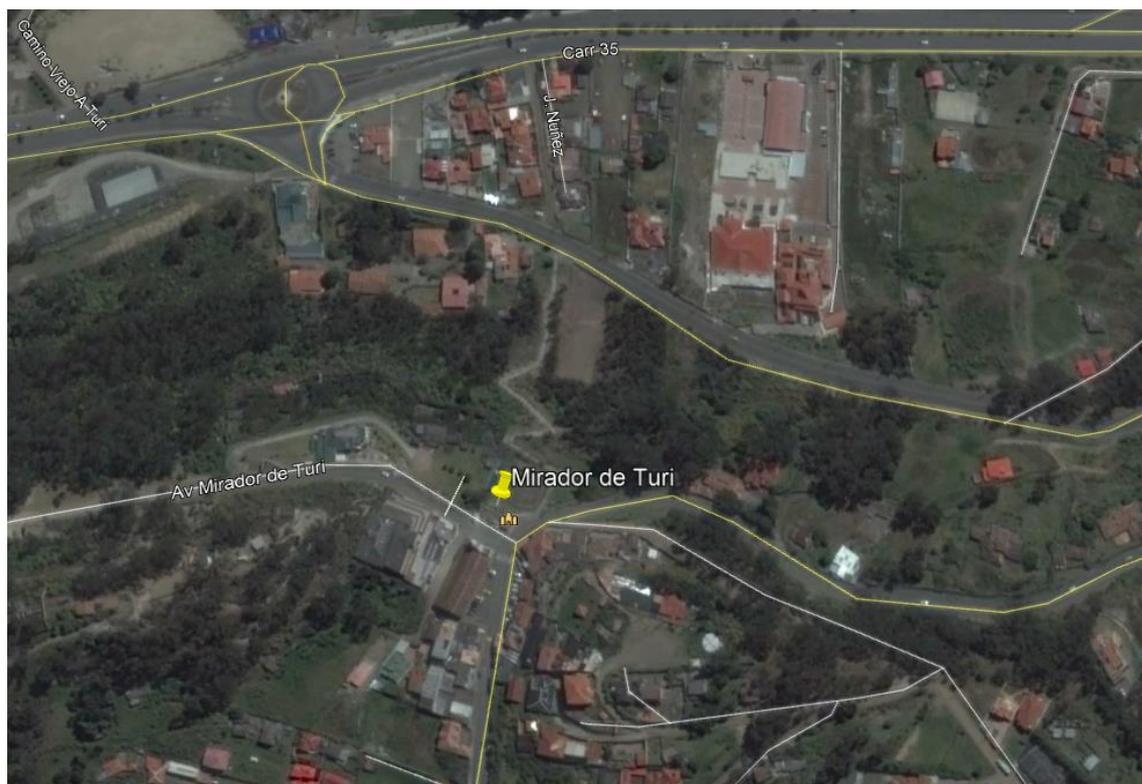
El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca por medio de su fundación "El Barranco", realiza la contratación de los estudios para la regeneración del Mirador de Turi y sus zonas aledañas, para el cual, se ejecutan los estudios geológicos – geotécnicos aplicados a los requerimientos arquitectónicos y estructurales del proyecto. El presente informe corresponde a la fase 1 del Proyecto, que comprende la zona del mirador, incluido la zona de parqueo del mismo. Para la elaboración del presente informe se realizó la inspección del área de estudio, donde se dispuso la excavación de cuatro calicatas para la descripción estratigráfica y extracción de muestras para realizar ensayos de mecánica de suelos, en el Laboratorio de suelos y materiales GEOLAB de la ciudad de Cuenca.

**Figura 1 Esquema de distribución de fases**



El área de estudio se localiza en la Provincia del Azuay, al sur del cantón Cuenca, en la parroquia Turi, en las coordenadas de referencia UTM (WGS 84): 721192 E, 9676813 N.

**Figura 2 Ubicación del Área de Estudio, Google Earth**



## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

- Ejecutar los estudios geológicos – geotécnico aplicados a los requerimientos arquitectónicos y estructurales del proyecto.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el mapa geológico del área de estudio, en el cual se describan las formaciones geológicas presentes en el sitio.
- Ejecución de labores en campo, investigaciones geotécnicas y ensayos de campo.
- Ejecución de ensayos de laboratorio acorde al tipo de materiales encontrados en campo y al tipo de muestras obtenidas.
- Analizar los resultados de laboratorio y las observaciones realizadas en la exploración de campo, con el fin de obtener parámetros geomecánicos, a utilizarse en las modelaciones geotécnicas.
- Cálculo de capacidad portante para las estructuras planteadas dentro del Proyecto.
- Diseño de estructura de pavimentos para la zona del parqueadero y calles aledañas.
- Determinación del empuje del suelo, para el diseño de estructuras de retención.
- Definir recomendaciones constructivas para los distintos aspectos geotécnicos considerados en el proyecto.

### 1.3 Determinantes del Estudio

Para la determinación de los aspectos geotécnicos del proyecto, se realizó la exploración del terreno, mediante cuatro excavaciones a cielo abierto, de las cuales se realizó una descripción litológica y se extrajo muestras representativas para ensayos de laboratorio. Los resultados y observaciones de las exploraciones se pueden revisar en los Anexos correspondiente a Monografías de Calicatas y Resultados de Laboratorio. En las muestras extraídas se realizaron ensayos de clasificación de suelos, con la siguiente finalidad:

- Determinar el tipo de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*
- Determinar parámetros geomecánicos de diseño, mediante la correlación con parámetros geomecánicos recomendados en estudios específicos de la zona, como el Proyecto PRECUPA 1998.

Adicional en campo se realiza ensayos de cono dinámico (DCPT por sus siglas en inglés), con el fin de determinar características geomecánicas de materiales observadas en la exploración, por medio de correlacionar estos resultados con conteos SPT (Standar Penetration Test), para luego correlacionar estos conteos con parámetros geomecánicos.

### 1.4 Metodología de Estudio

Para la elaboración de este informe, se consideran las siguientes actividades:

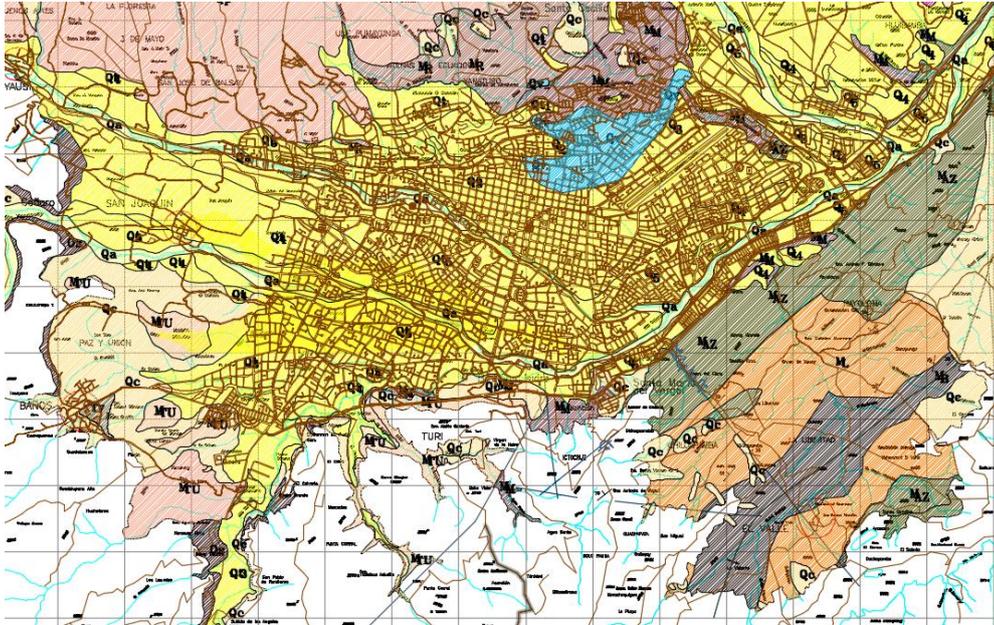
1. Recopilación y revisión de información existente de tipo cartográfico y geológico.
2. Elaboración del mapa geológico del área de estudio, en el cual se describe las formaciones geológicas presentes en el sitio.
3. Elaboración de un plan de investigaciones geotécnicas.
4. Ejecución de labores en campo, esto es, excavación de calicatas, obtención de muestras, ensayos de campo (DCPT).
5. Ejecución de los ensayos de laboratorio acorde al tipo de materiales encontrados en campo y al tipo de muestras obtenidas.
6. Análisis de resultados de laboratorio y determinación de parámetros geomecánicos.
7. Cálculos y modelaciones geotécnicas correspondientes.
8. Cálculo de cantidades de los diseños geotécnicos obtenidos.
9. Elaboración de especificaciones técnicas de los rubros que involucren aspectos geotécnicos.
10. Establecimiento de recomendaciones constructivas.
11. Elaboración del presente informe.

### 1.5 Recopilación y Análisis de información secundaria

Para la ejecución del presente proyecto, previamente en gabinete se realiza la recopilación, sistematización, validación y análisis de la información existente:

- Mapa geológico publicado en el Proyecto PRECUPA en el año de 1998, en escala de información 1:25000, que abarca el área de la cuenca geológica de Cuenca.

**Figura 3 Geología de Cuenca Escala 1:25000**



**Fuente: Proyecto Precupa**

**Elaboración: Cuerpo Suizo de Socorro (CSS); Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)**

- Información de comportamiento geomecánico de los materiales de la cuenca geológica de Cuenca presentada en el informe final de Geología del Proyecto PRECUPA publicado en el año de 1998.
- Cartografía de Cuenca, publica en conjunto con la geología de Cuenca, en escala 1:25000 en el proyecto PRECUPA que incluye ríos, vías, y puntos de interés.

### 1.6 Descripción de procesos

Para el presente proyecto, de acuerdo con los requerimientos arquitectónicos y de obras civiles contemplados, se debe realizar las siguientes modelaciones o cálculos geotécnicos:

- En la zona del actual mirador, como parte de la rehabilitación, se plantean edificaciones y muros, por lo cual para la presente zona se realiza el cálculo de capacidad portante para zapatas corridas y aisladas, y el cálculo de empuje de suelo para el diseño de muros.
- Para el parqueadero del mirador se planifica la reconstrucción de la calzada por lo cual se planifica el diseño de una estructura de pavimentos de acuerdo a las características de los materiales encontrados y a una estimación del tráfico esperado en la zona.

## 1.7 Recomendaciones

- Es recomendable el aplicar para el proyecto métodos de exploración como calicatas debido a su bajo costo, facilidad en la ejecución, y debido a que se pueden obtener muestras inalteradas del material y descripciones claras de los materiales encontrados.
- Se recomienda el distribuir las exploraciones geotécnicas en el área de estudio, de tal manera que se obtenga información de los materiales ubicados en cada zona de emplazamiento de las distintas estructuras emplazadas.
- De acuerdo a los materiales observados en visitas previas a la ejecución del proyecto, se ha constatado la presencia de material no cohesivos por lo cual, se planifica ensayos de laboratorio, como ensayos de clasificación de suelos, y ensayos de campo como DCPT (Dynamic Cone Penetration Test).

## 1.8 Conclusiones

- La información geológica y cartográfica del Proyecto PRECUPA en escala 1:25000 será utilizada para la elaboración del mapa geológico del sitio.
- La información previa obtenida, específicamente la información del Proyecto PRECUPA 98, será de suma importancia debido a que presenta recomendaciones de parámetros geomecánicos para las distintas unidades geológicas, y dichos valores recomendados, servirán para validar los obtenidos para el presente proyecto.
- De acuerdo al tipo de material observado en visitas previas a la ejecución de la presente consultoría, se espera encontrar en el sitio materiales conglomerados, para lo cual se prevé la obtención de parámetros geomecánicos a partir de modelos de retro-análisis.
- Las modelaciones geotécnicas de las intervenciones previamente planificadas para el proyecto serán ejecutas en función de la información obtenida de campo, laboratorio y se basarán en la implantación arquitectónica del mismo.
- Se realizará el cálculo de capacidad portante y empuje de suelo para las estructuras consideradas en la zona del mirador, para las zonas aledañas al mirador, el diseño de un muro de tierra armada, y para las vías y parqueos el cálculo de una estructura de pavimento.

## 2 Geología

El área de la ciudad de Cuenca se encuentra mapeada a detalle desde el punto de vista geológico gracias al Proyecto PRECUPA que presentó su informe final en 1998. El área del mirador Turi, se describe como la Formación Turi y dentro de su área de influencia se

encuentran: Depósitos Aluviales, Depósitos Coluviales, Terrazas aluviales y Fluvio glaciares, Formación Mangán, Formación Azogues, Formación Loyola, y Formación Biblián.

## 2.1 Litología

Las formaciones geológicas que afloran en el sitio de estudio y sus alrededores, se detallan a continuación:

- **Depósitos Aluviales (Da)**

Depósitos recientes post-glaciares (Hológeno) hasta nuestros días, material transportado y depositado por los ríos, el cual forma parte de las llanuras de inundación (especialmente en los valles amplios). Está compuesto por bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición, sus formas van de redondeadas a subangulares según la dinámica y morfología del curso fluvial.

- **Depósitos Coluviales (Dc)**

Depósitos de ladera y de pie de talud formados con materiales que han sufrido poco transporte, son muy heterogéneos dependiendo de la zona y el fenómeno inestable que les dio origen: deslizamientos, derrumbes, flujos, etc. De manera general se componen de mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos angulares y subangulares en matriz limo arcillosa con microfragmentos.

- **Terrazas aluviales y fluvio glaciares (T<sub>1-4</sub>)**

Las terrazas (t<sub>1</sub>-t<sub>4</sub>) están formadas por bloques y boleos subangulares a redondeados y subesféricos (ocurrencia 40 y 70%) en matriz de grava areno arcillosa (ocurrencia 60 y 30%), la terraza t<sub>5</sub> está formada por estratos erráticos de arena, limo y depósito aluvial de potencia variada.

- **Formación Turi (PI T)**

Manifiesta una gran variación lateral de su litología, consiste de conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas bien estratificadas. Según Erazo. En la carretera a Turi, se observan conglomerados con aportes volcánicos y areniscas en estratos casi horizontales sobre capas sedimentarias deformadas.

- **Formación Mangán (MM)**

Secuencia de limolitas, lutitas y areniscas finogranulares, en su parte inferior todos de color claro; en su parte media se encuentran lutitas asociadas con vetas de carbón; en la parte superior aflora una arenisca tobácea gruesa café, que se hace conglomerática hacia arriba.

- **Formación Azogues (MPIY)**

Afloramiento a lo largo de toda la cuenca sedimentaria, en los flancos del anticlinal de Cuenca, sinclinal de Azogues y de Cruz Loma. Grandes cortes en areniscas de la Formación Azogues se ven en la autopista Cuenca – Azogues, tramo antes de El Descanso.

Secuencia sedimentaria típicamente clástica. Areniscas tobáceas de grano medio a grueso café amarillentas con capas de lutitas, limolitas y pocas intercalaciones de conglomerados. Se encuentra fauna de moluscos y restos de plantas.

- **Formación Loyola (MI)**

Formación presente en los principales en los flancos del anticlinal de Cuenca y en el flanco oriental del sinclinal de Gualaceo. Actualmente con la apertura de la autopista Cuenca – Azogues se tiene importantes afloramientos en el tramo medio.

Formación sedimentaria clástica finogranular, consiste en una alternancia de lutitas gris oscuro muy fisibles, limolitas que meteorizan a arcillas de color blanco y habano, localmente lentes de areniscas limosas habanas finamente estratificadas con cemento calcáreo, calizas, y mega brechas. En el lado oriental de la cuenca, en la base de la formación ocurren areniscas y conglomerados (básales) en discordancia sobre la Fm. Yunguilla. Abunda yeso, especialmente en las superficies alteradas.

- **Formación Biblián (MB)**

Secuencia sedimentaria clástica. Alternancia de argilitas, limolitas rojizas interestratificadas con areniscas tobáceas de grano fino a grueso y conglomerados con cantos mal sorteados y subangulares de la Fm. Yunguilla, se observa yeso secundario en grietas.

## 2.2 Morfología

La presente área de estudio presenta pendientes altas típicas de los materiales de la formación Turi, por lo cual, para la implantación del actual mirador, se han ejecutado plataformas en relleno, y zonas pronunciadas de corte.

## 2.3 Geología Estructural

Fisuración subvertical por desecación en areniscas, mientras que, para las zonas de conglomerados, se podrían generar fallas locales como caídas de bloques debido al lavado de finos, cuando los taludes se encuentren expuestos a la intemperie y a la acción de las lluvias.

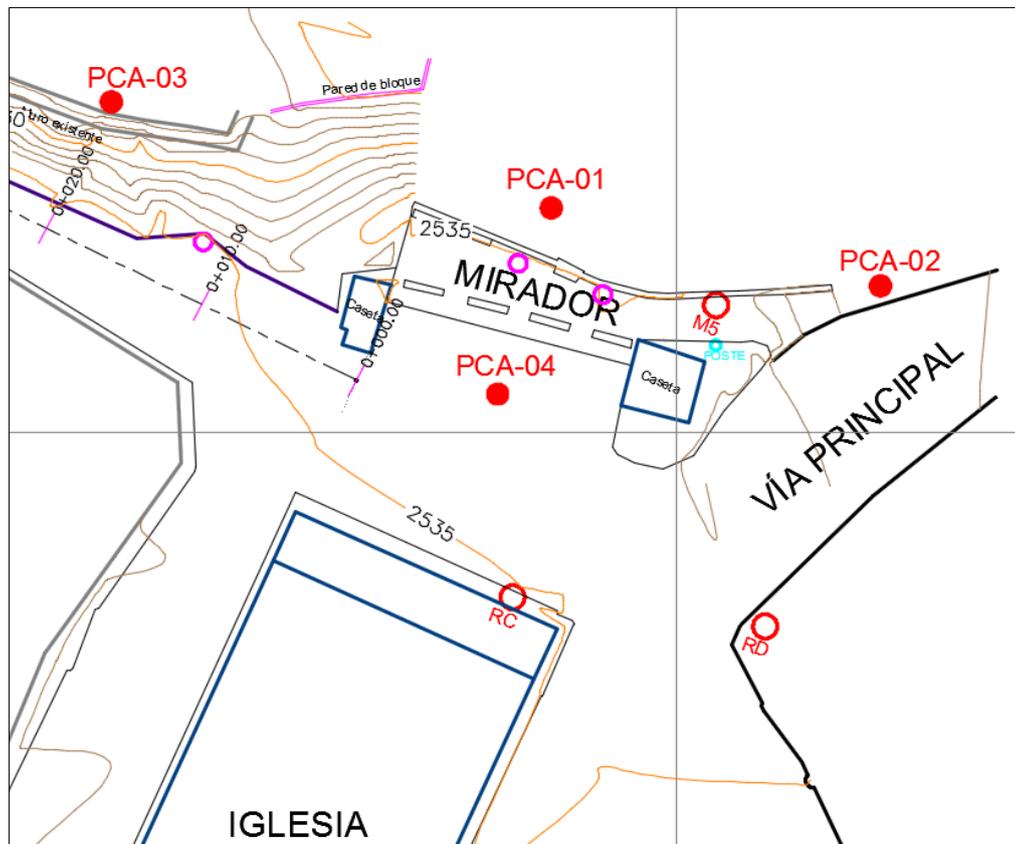
### 3 Diseños Geotécnicos

#### 3.1 Trabajo de Campo

##### 3.1.1 Exploración Geotécnica

Se realizó cuatro calicatas distribuidas en el área de proyecto de tal manera que se obtenga información para las distintas implantaciones arquitectónicas. En las exploraciones se realiza la descripción geológica - geotecnia y se extrae muestras para ensayos de laboratorio. A continuación, se presenta un croquis de ubicación de las calicatas y se realiza la descripción de cada una:

**Figura 4 Ubicación de exploraciones realizadas**



#### **PCA 01 (UTM-WGS84: 721193 E; 9676813 N)**

La calicata tiene una profundidad de 3.00 m, y se pueden identificar 2 tipos de materiales. Se observa una capa vegetal con raíces de 0.20 m al inicio de la calicata.

El primer material se encuentra en toda la profundidad de la calicata, es de tipo limoso de color negro, de baja plasticidad, consistencia media, y con un bajo contenido de arenas y gravas. Se presume que el material corresponde a un relleno realizado durante la construcción de la plataforma del mirador actual.

El segundo material se encuentra hacia el fondo de la calicata, es de tipo areno limoso de color café, con una consistencia entre media y dura, plasticidad baja, y un alto contenido de arenas y gravas. Se presume que este material corresponde a un conglomerado de la formación Turi.

**Foto 1 Excavación y materiales PCA 01**



**PCA 02 (UTM-WGS84: 721212 E; 9676809 N)**

La calicata tiene una profundidad de 2.20 m, y se pueden identificar 2 tipos de materiales. Se observa una capa con raíces de 0.15 m al inicio de la calicata.

El primer material se encuentra hasta los 1.00 m. Es un relleno al volteo colocado en el sitio, corresponde a una mezcla de material fino con basura y escombros (residuos de construcción).

El segundo material se encuentra desde los 1.00 m hasta el fondo de la calicata, es un material de relleno colocado para la conformación de la mesa de la vía, caracterizado por una arena arcillosa de color café, con una plasticidad baja, consistencia entre media y dura, y con un contenido considerable de arenas y gravas.

**Foto 2 Excavación y materiales PCA 02**



**PCA 03 (UTM-WGS84: 721167 E; 9676819 N)**

La calicata tiene una profundidad de 2.60 m, y se pueden identificar 2 tipos de materiales. Se observa una capa con raíces de 0.15 m al inicio de la calicata.

El primer material se encuentra hasta los 2.00 m. Es un material limoso de color café claro, con una plasticidad alta y una consistencia media. Puede corresponder a una facie tobacea degradada de la formación Turi.

El segundo material se encuentra desde los 2.00 m hasta el fondo de la calicata. Es un material areno limoso de color blanco, con una plasticidad y consistencia entre media y alta, y un contenido alto de arenas y gravas.

**Foto 3 Excavación y materiales PCA 03**



**PCA 04 (UTM-WGS84: 721190 E; 9676802 N)**

La calicata tiene una profundidad de 3.00 m, y se pueden identificar 2 tipos de materiales. Se observa una capa de pavimentos de 0.25 m al inicio de la calicata.

El primer material se encuentra hasta los 2.50 m. Es un material limoso de color negro, de baja plasticidad, consistencia media, y con un bajo contenido de arenas y gravas. Se presume que el material corresponde a un relleno realizado durante la construcción de la plataforma del mirador actual. Semejante al primer material observado en la PCA - 01.

El segundo material se encuentra desde los 2.50 m hasta el fondo de la calicata. Es un material areno limoso de color café claro, con una plasticidad media, con una consistencia entre media y alta, y un contenido alto de arenas y gravas.

**Foto 4 Excavación y materiales PCA 04**



### 3.1.2 Ensayo de Penetración por Cono Dinámico (DCPT)

El ensayo de cono dinámico (DCPT) mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural, cuando este se encuentra levemente cementado.

Se realizó un ensayo DCPT con el fin de obtener información sobre el grado de compactación que tiene el material asentado en la parte baja y originado en el corte de la parte superior del terreno. Los resultados de los ensayos de cono dinámico se presentan a continuación. El ensayo se realizó en la calicata PCA-02 a una profundidad de 1.00 m.

**Tabla 1 Ensayo DCPT para PCA 01 prof: 1.75 m**

<b>PROFUNDIDAD (mm)</b>	<b>PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)</b>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	<b>GOLPES ACUMULADOS</b>	<b>DCP (mm/golpe)</b>
100	100	0	0	
200	100	3	3	66.67
300	100	8	11	27.27
400	100	8	19	21.05
500	100	7	26	19.23
600	100	7	33	18.18
700	100	9	42	16.67

**Tabla 2 Ensayo DCPT para PCA 03 prof: 1.10 m**

<b>PROFUNDIDAD (mm)</b>	<b>PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)</b>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	<b>GOLPES ACUMULADOS</b>	<b>DCP (mm/golpe)</b>
100	100	0	0	
200	100	5	5	40.00
300	100	7	12	25.00
400	100	6	18	22.22
500	100	5	23	21.74
600	100	5	28	21.43
700	100	5	33	21.21
800	100	6	39	20.51

**Tabla 3 Ensayo DCPT para PCA 04 prof: 2.50 m**

<b>PROFUNDIDAD (mm)</b>	<b>PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)</b>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	<b>GOLPES ACUMULADOS</b>	<b>DCP (mm/golpe)</b>
100	100	0	0	
200	100	3	3	66.67
300	100	2	5	60.00
400	100	3	8	50.00
500	100	3	11	45.45
600	100	3	14	42.86

**Tabla 4 Ensayo DCPT para PCA 04 prof: 3.00 m**

<b>PROFUNDIDAD (mm)</b>	<b>PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)</b>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	<b>GOLPES ACUMULADOS</b>	<b>DCP (mm/golpe)</b>
100	100	0	0	

200	100	5	5	40.00
300	100	2	7	42.86
400	100	4	11	36.36
500	100	4	15	33.33
600	100	4	19	31.58
700	100	4	23	30.43

### 3.1.3 Sondeos Eléctricos Verticales

A partir de la información geológica se determina que el material del sitio corresponde a la formación Turi, lo cual se constató mediante las exploraciones a cielo abierto (calicatas). Debido a las características geológicas del material, este tipo de materiales no presentan nivel freático superficial, factor que se determina por medio de estos sondeos y no se justifica la ejecución de los mismos.

### 3.2 Resultados de laboratorio

#### 3.2.1 Ensayos de Clasificación

En laboratorio se realizó los ensayos de clasificación a las muestras obtenidas en campo, con los siguientes resultados:

**Tabla 5 Resumen de Resultados de Laboratorio**

RESUMEN RESULTADOS ENSAYO DE CLASIFICACIÓN										
ID	MUESTRA	GRADACIÓN			LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN	
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	Humedad	SUCS	AASHTO
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
PCA-01	1	12%	34%	53%	42.7%	27.9%	14.8%	16.0%	ML	A-7-6
	2	34%	35%	31%	43.5%	26.9%	16.6%	13.8%	SM	A-2-7
PCA-02	1	16%	35%	49%	45.9%	25.9%	20.0%	16.3%	SC	A-7-6
PCA-03	1	10%	25%	65%	83.2%	50.5%	32.7%	27.5%	MH	A-7-5
	2	28%	38%	34%	72.2%	51.6%	20.0%	30.9%	SM	A-2-7
PCA-04	1	24%	35%	41%	44.2%	30.7%	13.5%	20.1%	SM	A-7-5

### 3.3 Análisis de resultados de laboratorio

En base a los resultados de laboratorio y observaciones de campo, se ha establecido que en la zona de la plataforma actual del mirador, se encuentra dos materiales, un material de relleno, que se presume fue colocado en el sitio para generar la plataforma del mirador, que se caracteriza como una mezcla de gravas y arenas con un material fino tipo limo, y que presenta una potencia media de 2.50 m; y un segundo material que corresponde al material de la formación Turi, que se caracteriza como una arena limosa de plasticidad media, con un contenido alto de gravas, clasificado según SUCS como SM, y que se encuentra aproximadamente desde los 2.50 m de profundidad.

Para cada zona se plantean distintas estructuras como parte del proyecto, y para la modelación geotécnica necesaria para el diseño de estas, se requiere obtener parámetros geomecánicos de los materiales encontrados. Para el material denominado como relleno (ML), se obtendrá los parámetros geomecánicos en función de los DCPT de campo, y dichos parámetros serán validados de acuerdo a las condiciones que presenta el material en el sitio de estudio, mientras que para el material caracterizado como arena de la formación Turi (SM) se obtendrán los parámetros en función de un modelo de retro-análisis aplicado a un talud de la zona.

A partir de los resultados del ensayo DCPT se pueden obtener valores de conteos SPT (Standar Penetration Test), al aplicar las correlaciones propuestas por Marawam M. Shahien y Ahmed Farouk en 2012. El valor resultante directamente es equivalente al N<sub>60</sub> o valor corregido de conteos SPT y las correlaciones son las siguientes:

$$N_{100SH} = 0.2 N_{DCPT}$$

$$N_{100SH} = \frac{0.18N_{60}}{1 - \sqrt{0.012N_{60}}}$$

**Tabla 6 Obtención de valores N<sub>60</sub> SPT a partir de Número de Golpes ensayo DCPT PCA-01  
prof= 1.75 m**

<b>Turi PCA-01 prof:1.75 m</b>		
<b>DCPT</b>		<b>SPT</b>
<b>N DCPT</b>	<b>N100 (SH)</b>	<b>N60</b>
3	0.6	3
8	1.6	6
8	1.6	6
7	1.4	5
7	1.4	5
9	1.8	7

**Tabla 7 Obtención de valores N60 SPT a partir de Número de Golpes ensayo DCPT PCA-04  
prof= 2.50 m**

<b>Turi PCA-04 prof: 2.50 m</b>		
<b>DCPT</b>		<b>SPT</b>
<b>N DCPT</b>	<b>N100 (SH)</b>	<b>N60</b>
3	0.6	3
2	0.4	2
3	0.6	3
3	0.6	3
3	0.6	3

**Tabla 8 Obtención de valores N60 SPT a partir de Número de Golpes ensayo DCPT PCA-04  
prof= 3.00 m**

<b>Turi PCA-04 prof: 3.00 m</b>		
<b>DCPT</b>		<b>SPT</b>
<b>N DCPT</b>	<b>N100 (SH)</b>	<b>N60</b>
5	1.0	4
2	0.4	2
4	0.8	3
4	0.8	3
4	0.8	3

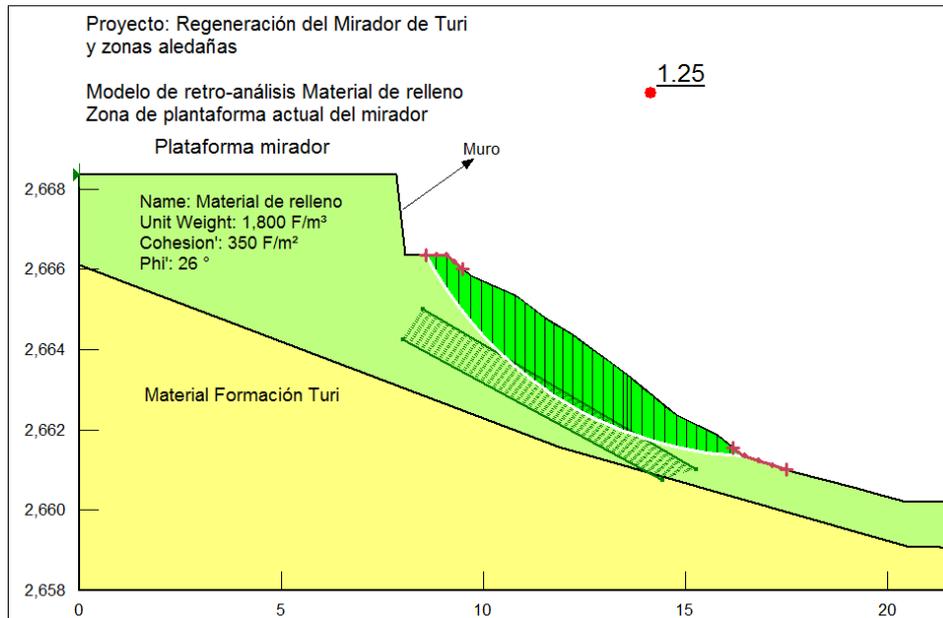
Para el material denominado como relleno, los valores N60 obtenidos pueden ser correlacionados con el ángulo de fricción interna, a partir de la expresión propuesta por Muromachi en 1975, presentada a continuación:

$$\phi = 20 + 3.5 * \sqrt{N60}$$

En función de la expresión de Muromachi, y con un conteo N60 de 4, se obtiene para el material de relleno encontrado en la zona de la plataforma actual del mirador, un ángulo de fricción interna de 27 grados. Sin embargo, debido a la estabilidad que presentan en el área de estudio los taludes de este material, específicamente el talud bajo la plataforma del mirador, el material deberá tener una cohesión para mantenerse estable para la pendiente que presenta dicho talud. Es así, que se realiza un modelo de retro-análisis con la geometría de los taludes observados, un ángulo de fricción de 27 grados (obtenido DCPT N60), y se retro calcula la cohesión hasta obtener un factor de seguridad de los taludes

equivalente a 1.25 (estabilidad temporal del talud). De acuerdo con el modelo se obtiene una cohesión de 350 kg/m<sup>2</sup>, a continuación, se presenta el modelo:

**Figura 5 Modelo de retro análisis material de relleno (zona mirador actual)**

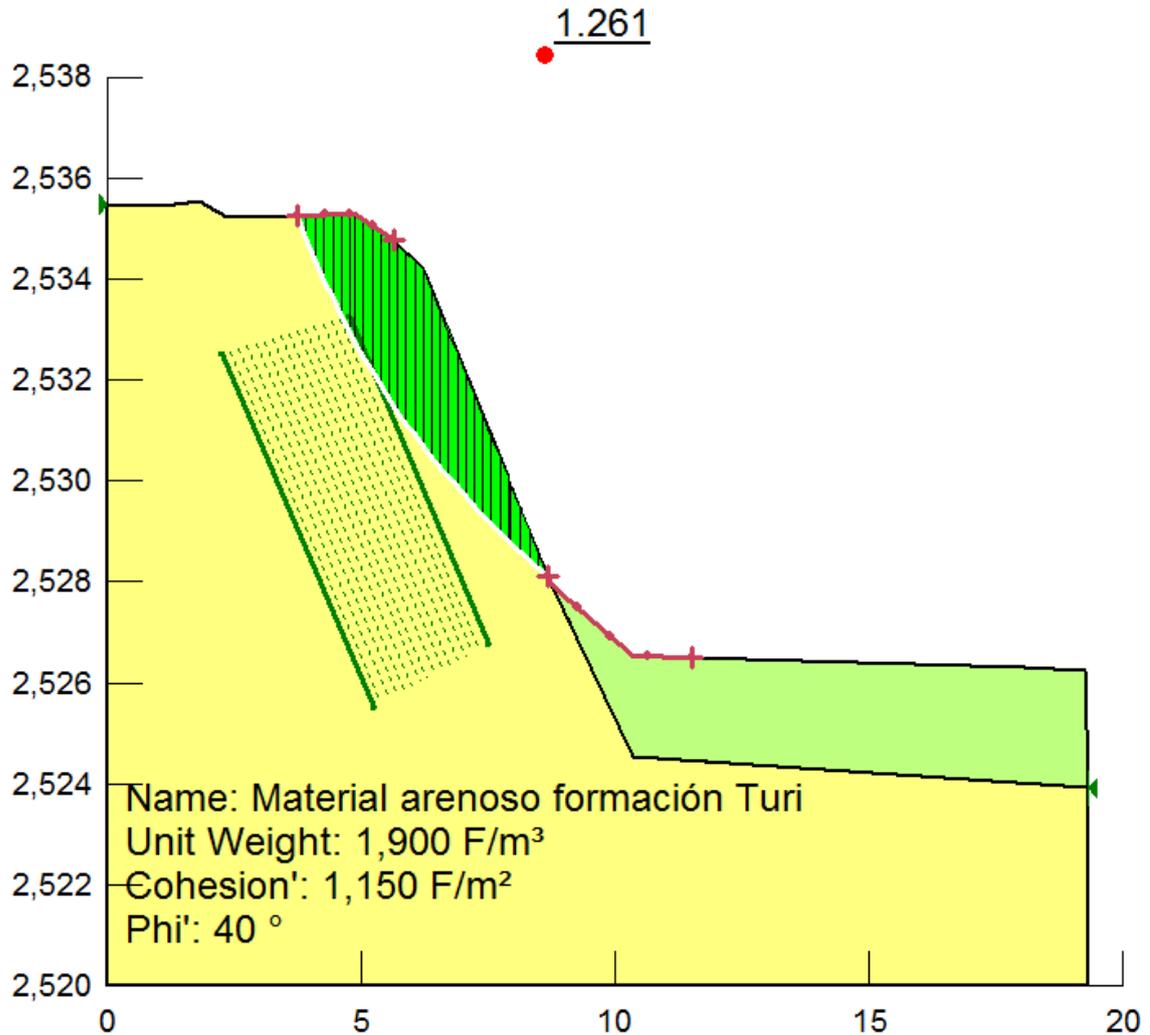


Por último para el material denominado como arena limosa de la formación Turi (SM), debido a la naturaleza del material, granular, los parámetros geomecánicos serán obtenidos a partir de un modelo de retro análisis aplicado a un talud de 9 m de altura, ubicado al costado del mirador actual, partiendo de un ángulo de fricción interna de 40 grados (recomendado para arenas con gravas), y se retro calcula la cohesión del material hasta obtener un factor de seguridad de 1.25, condiciones de estabilidad temporales. Con el retro análisis se obtiene una cohesión de 1150 kg/m<sup>2</sup>. A continuación se presenta la ubicación del talud y el modelo de retro análisis realizado:

**Figura 6 Modelo de retro análisis, material areno limoso formación Turi**

Proyecto: Regeneración del Mirador de Turi  
y zonas aledañas

Modelo de retro-análisis Material de formación Turi

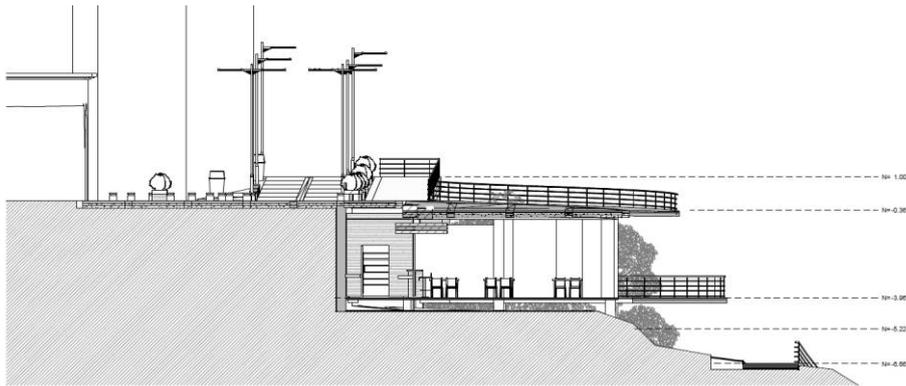


### 3.4 Modelaciones geotecnicas planificadas

Para el presente proyecto, de acuerdo con los requerimientos arquitectónicos y de obras civiles contemplados, se debe realizar las siguientes modelaciones o cálculos geotécnicos:

- En la zona del actual mirador, como parte de la rehabilitación, se plantean edificaciones y muros, por lo cual para la presente zona se realiza el cálculo de capacidad portante para zapatas corridas y aisladas, y el cálculo de empuje de suelo para el diseño de muros. De acuerdo con las implantaciones arquitectónicas, las modelaciones realizadas se realizarán en el caso de empuje lateral para el material denominado como relleno, y en el cálculo de capacidad portante para la arena limosa de la formación Turi.

**Figura 7 Propuesta arquitectónica zona de mirador actual**



3.5 Determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación por teoría de capacidad última (zona de mirador)

A continuación, se presentan los cálculos para la capacidad admisible del suelo de cimentación, para las estructuras a implantarse en la zona del mirador. El cálculo se realizará utilizando las teorías de capacidad última para la cimentación y los materiales corresponden al material arenoso de la formación Turi (SM). El cálculo se ha realizado para una profundidad de entre 0.50 y 1.50 m con la variación de los anchos de zapatas como se observa en cuadros posteriores. Para los cálculos de capacidad portante se ha asumido una cohesión de 0.125 kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 40 grados. Por otra parte, se asume un módulo de elasticidad de 40 MPa, de acuerdo a las recomendaciones encontradas en la literatura específica del tema para materiales de tipo arenas densas.

Parámetros geotécnicos asumidos para la cimentación:

PARÁMETROS	SM	UNIDAD
Peso específico del material de cimentación	2000	Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del hormigón simple	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Profundidad de desplante	0.5 a 1.50	m
Cohesión del material	0.125	Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna	40	°
Nivel freático	----	m

La capacidad portante admisible neta del suelo está definida por la siguiente fórmula dada por Brinch-Hansen y siguiendo las mismas hipótesis de la teoría de Terzaghi pero con la inclusión de factores de corrección adicionales por forma y profundidad de implantación de la zapata.

$$q'_u = cN_c s_c d_c + \sigma'_D (N_q s_q d_q - 1) + 0.5\gamma BN_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

**Dónde:**

$q'_u$ :	Capacidad neta última
$c$ :	Cohesión del material
$\sigma'_D$ :	Esfuerzo efectivo en la base de la zapata
$\gamma$ :	Peso específico del material por debajo del nivel de cimentación
$B$ :	Ancho de la zapata
$N_c, N_q, N_\gamma$ :	Factores de carga de acuerdo al tipo de material
$s_c, s_q, s_\gamma$ :	Factores de modificación por forma
$d_c, d_q, d_\gamma$ :	Factores de modificación por profundidad

**Formulación para los Factores de Forma:**

$$s_c = 1 + 0.2 (B/L) \qquad s_q = 1 + (B/L) * \sin \phi \qquad s_\gamma = 1 - 0.4(B/L)$$

**Formulación de modificación por profundidad:**

$$d_c = 1 + 0.4k \qquad d_q = 1 + 2k * \tan \phi * (1 - \sin \phi) \qquad d_\gamma = 1$$

**Formulación de los Factores de carga de acuerdo al tipo de material:**

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} (\tan \phi)^2 * (45 + \phi/2)$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} \qquad N_\gamma = 1.5 * (N_q - 1) * \tan \phi$$

Para obtener la capacidad admisible se aplica un factor de seguridad a la capacidad última calculada por la fórmula anterior. En general se acepta como buena práctica un factor de seguridad de 3. Por lo tanto:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} = \frac{q_{ult}}{3}$$

**Determinación de asentamientos esperados**

Para el cálculo del asentamiento esperado se ha considerado que la zapata está sometida a la carga máxima admisible que puede soportar. Los parámetros de diseño del suelo son los siguientes:

Parámetros geotécnicos asumidos para la cimentación:

- Módulo de elasticidad del material 40

La fórmula utilizada, que se presenta a continuación, considera que la zapata se comportará como perfectamente rígida:

$$S_e = \frac{B \cdot q_0}{E_s} (1 - \mu_s^2) \cdot \alpha_r$$

**Donde:**

B: Ancho de la zapata.

Se: Asentamiento inmediato.

Es: Módulo de elasticidad.

us: Relación de Poisson.

qo: Fuerza neta por unidad de área.

$\alpha_r$  : Coeficiente de deformación de la zapata.

De acuerdo al tipo de estructura que se va a emplazar en el terreno en estudio, se ha limitado el asentamiento máximo esperado a 25 mm.

**Resumen de resultados de capacidad portante**

A continuación, se presentan las capacidades admisibles y los diferentes asentamientos inmediatos para varias dimensiones de zapata:

**Tabla 9 Resumen de Resultados de Capacidad Portante para material SM (Zona mirador)**

<b>ZAPATAS CONTINUAS</b>				
<b>Prof.</b> (m)	<b>Ancho</b> (m)	<b>qadm'</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Asentamiento</b> (mm)	<b>Carga Máxima</b> (kg/m)
0.50	1.00	4.53	25.00	45266
0.50	1.50	3.31	25.00	49592
0.50	2.00	2.66	25.00	53199
1.00	1.00	4.53	25.00	45266
1.00	1.50	3.31	25.00	49592
1.00	2.00	2.66	25.00	53199
1.50	1.00	4.53	25.00	45266
1.50	1.50	3.31	25.00	49592
1.50	2.00	2.66	25.00	53199

**Tabla 10 Resumen de Resultados de Capacidad Portante para material SM (Zona mirador)**

<b>ZAPATAS CUADRADAS Y RECTANGULARES</b>					
<b>Prof.</b> (m)	<b>Ancho</b> (m)	<b>Largo</b> (m)	<b>q<sub>adm</sub>'</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Asentamiento</b> (mm)	<b>Carga Máxima</b> (kg)
0.50	0.50	0.50	10.10	9.91	25238
0.50	0.80	0.80	9.66	15.17	61796
0.50	1.20	1.20	9.74	22.94	140202
1.00	0.50	0.50	14.12	13.86	35290
1.00	0.80	0.80	13.91	21.85	89037
1.00	1.20	1.20	10.61	25.00	152805
1.50	0.50	0.50	18.40	18.07	46008
1.50	0.80	0.80	15.92	25.00	101870
1.50	1.20	1.20	10.61	25.00	152805

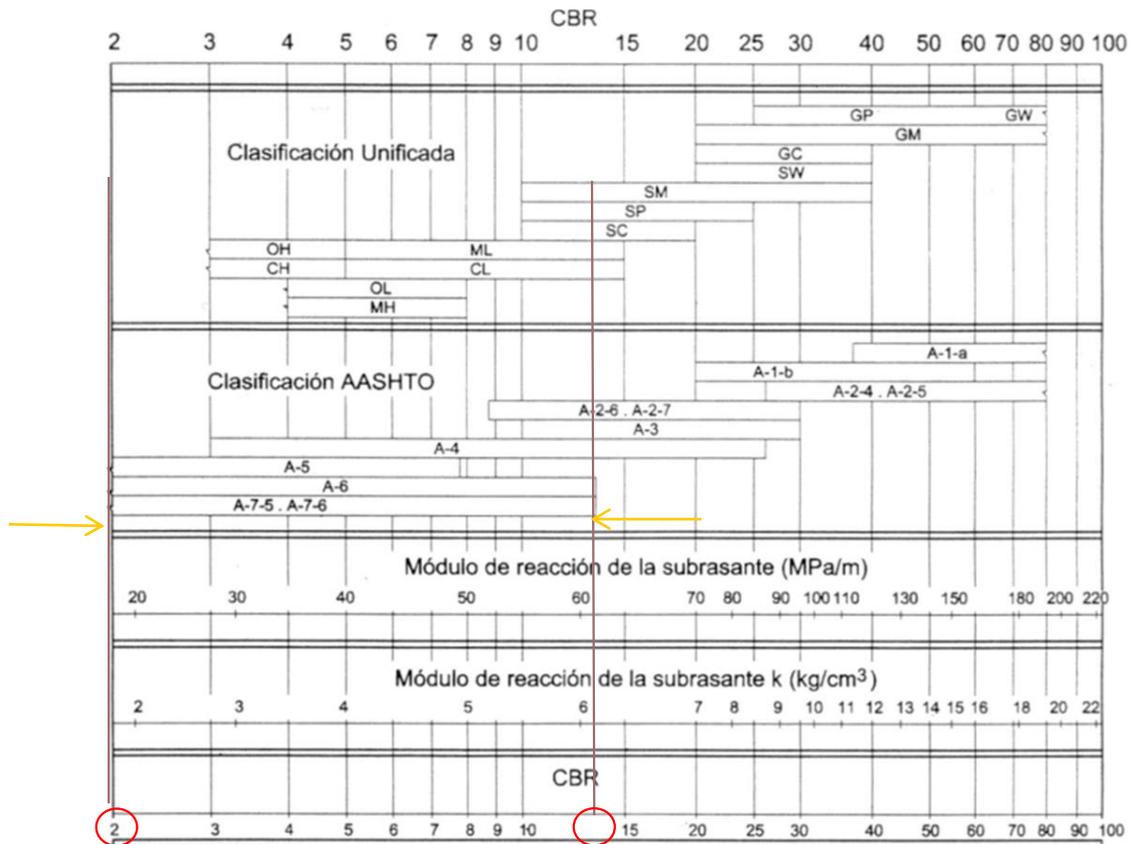
### 3.6 Diseño de estructura de pavimento

Los pavimentos de adoquines, se caracterizan por presentar alta resistencia a las cargas concentradas, la abrasión y a los agentes atmosféricos. Por el espacio reducido del bloque, el pavimento no está sujeto a esfuerzos por cambio térmico que afecta a pavimentos rígidos y se acomodan a pequeños asentamientos del soporte.

Para el presente proyecto se presenta como una alternativa de pavimento de Adoquín, de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos y urbanísticos del mismo.

Una vez realizadas las investigaciones de campo y ensayos de laboratorio, se identificó que la estructura de pavimento se asentará sobre un material areno limoso mezclado con gravas, clasificado según SUCS como SM y según AASHTO como A-7-5 y A-2-7. Se obtuvo un valor de CBR en base a la clasificación del suelo, y en función del siguiente ábaco:

**Tabla 11 Relaciones entre los valores resistencia y clasificación del suelo**



A un material clasificado según AASHTO como A-7-5 le corresponde un rango de valores entre 2% y 14% de CBR, del cual se asume un valor de CBR promedio del rango de 8%. En todo caso, aunque se asume para la estimación del CBR una clasificación A-7-5, el material mayoritariamente se clasifica según AASHTO como A-2-7 a la cual le corresponde un CBR mínimo de 9% y el valor asumido de CBR será castigado con un factor de seguridad de 1.5. El valor de CBR del 8% castigado por un factor de seguridad de 1.5, es del 5%, que será asumido en el diseño.

De acuerdo al valor de CBR de 8% asumido para el diseño, y de acuerdo al número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas se utiliza el método presentado por el TRRL Laboratory Report 1132, debido a que un pavimento de adoquines se comporta de manera similar a uno flexible.

### Tráfico

En cuanto al tráfico de diseño se consideró para el presente estudio una categoría de tráfico tipo 2 al tratarse de una calle secundaria de tráfico alto

**Tabla 12 Categorías de cargas por eje**

Categorías de carga por eje	Descripción	Categorías de carga por eje Tránsito			Máximas cargas por eje (KN)	
		TPD	%	TPDC Diario	Ejes simples	Ejes tándem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200-800	1 a 3	hasta 25	98	160
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). Calles, arterias y carreteras primarias (bajo).	700-5000	5 a 18	40-1000	115	195
3	Calles, arterias y carreteras primarias (medio). Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio).	3000-12000 (2 carriles) 3000-50000 + (4 carriles o más)	8 a 30	500-5000+	133	230
4	Calles, arterias y carreteras primarias y vías expresas (alto). Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto).	3000-20000 (2 carriles) 3000-150000 (4 carriles o más)	8 a 30	1500-8000+	151	267

**Fuente: (Montejo Fonseca, 2006)**

De acuerdo con la categoría de tráfico, se considera un TPD de 2223 vehículos, un porcentaje de vehículos comerciales del 10%, una tasa de crecimiento de tráfico del 4% (acorde a la zona del austro), un periodo de diseño de 15 años, y un factor camión de 1.81, con lo cual se obtien un numero acumulado de ejes equivalentes de 8.2 Tn de 2.6 E 6. A continuación se presentan los cálculos que justifican el valor asumido:

**Tabla 13 Cálculos Tráfico (diseño de pavimentos)**

	Tipo de Vehículo	TPDA proyectado	Factor de Equivalencia de carga	% de distribución de camiones	Factor camión
	Livianos	2000.0	0		0
	Buses	90.0	1.04	40.4	0.42
	2DA	100.0	1.31	44.8	0.59
	2DB	20.0	3.92	9.0	0.35
	3A	13.0	3.84	5.8	0.22
	3S2	0.0	7.00	0.0	0.00
	3S3	0.0	5.03	0.0	0.00
	<b>Total</b>	<b>2223.0</b>	<b>22.15</b>	<b>100</b>	<b>1.58</b>
	<b>Factor Camión :</b>	1.58			
	<b>Porcentaje de Camiones:</b>	10.03%			

**Tránsito esperado durante el período de diseño**

El tránsito esperado durante el periodo de diseño se expresa en términos del número acumulado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N).

- Número acumulado de ejes equivalentes que circulan por el pavimento

$$N_t = TPD \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times FC$$

Donde:	TPD:	Tráfico promedio diario
	A:	Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones)
	B:	Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño. (Tabla: repartición del tránsito)
	r:	Tasa de crecimiento vehicular general o por tipo de vehículo.
	n:	Período de diseño
	FC:	Factor camión

**Datos:**

TPD =	2223	
A =	10	%
B =	100	%
r =	4	%
n =	15	años
FC =	1.58	
<b>Nt=</b>	<b>2622013.5</b>	

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				largo	Ancho	Alto	
2 D			7	5,00	2,60	3,00	
2DA			10	7,50	2,60	3,50	
2DB			18	12,20	2,60	4,10	
3-A			27	12,20	2,60	4,10	
4-C			31	12,20	2,60	4,10	

### Subrasante Mejorada

El método presentado por TRRL Laboratory Report 1132, considera tres tipos de CBR, como se indica en la siguiente tabla y en función de la cual se recomienda diferentes espesores de capa para mejorar la subrasante:

**Tabla 14: Mejorar la capa Subrasante**

CBR %	Espesor mm
1	600
2 a 4	350
≥ 5	Omitir esta capa

En consecuencia, con la tabla y al tener un CBR de diseño de 5%, no es necesario mejorar la subrasante.

### Sub base

Se usará la siguiente tabla para determinar el espesor de la sub base:

**Tabla 15: Espesor de la Sub base**

	Espesor Subbase
1. La subrasante fue mejorada	150 mm
2. No se mejoró la subrasante	225 mm

En este caso la subrasante no fue mejorada por lo que se tiene un espesor de subbase de 225 mm.

## Estructura de Adoquín

La estructura de adoquín sin considerar los materiales granulares, es decir los adoquines, la capa de arena y la base de suelo cemento, se determina en base a las condiciones de tráfico, serviciabilidad y construcción del proyecto, y se detalla en la tabla presentada a continuación:

**Tabla 16 Estimación del espesor de subbase para el diseño de pavimento de adoquín**

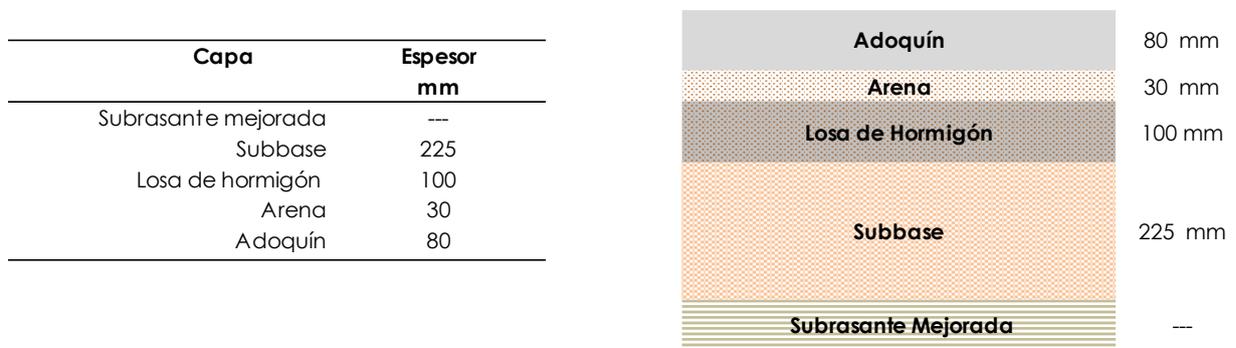
Si la base se utiliza como vía de acceso a la Obra		Hasta 4 unidades ó 50 ejes estándar				Hasta 20 unidades ó 2000 m <sup>2</sup> de comercio ó 200 ejes estándar *		Hasta 50 unidades ó 5000 m <sup>2</sup> de comercio ó 500 ejes estándar		Grandes desarrollos 5000 ejes estándar	
		160	200	225	225	225	225	225	225	225	
Subbase Granular (mm) **		225									
		NUMERO ACUMULADO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONELADAS									
		HASTA 1.5									
		1.5 A 4	4 A 8	8 A 12	12 A 25	x 10 <sup>6</sup>					
Si se tiene tráfico canalizado o condiciones técnicas restringidas para la construcción		SI									
		NO									
BASE DE SUELO CEMENTO (mm)		SE OMITI	100	130	165	200	230				
CAPA DE ARENA (mm)		50	30	30	30	30	30				
ESPESORES DE ADOQUINES (mm)		60 - 80	60 - 80	80	80	80	80	80	80	80	

De la tabla anterior, hay que señalar lo siguiente:

- La subbase de 225 mm que se calcula para esta estructura de pavimento cumple con la condición de que la base se utilice como vía de acceso a la obra.
- De acuerdo con el tráfico obtenido de 2.6 E 6 ejes equivalentes acumulados de 8.2 Ton, se obtiene una estructura de 130 mm de base estabilizada con cemento, capa de arena de 30 mm y adoquín de 80 mm.
- Para garantizar la serviciabilidad de la vía durante su periodo de diseño, se propone el cambio de la capa de base estabilizada con cemento, por una losa de 100 mm de espesor, reforzada con una malla electro soldada, y con juntas de contracción y temperatura.

A continuación, se presenta la estructura obtenida para la vía aleadaña al mirador:

**Figura 8 Estructura de pavimento vía aleadaña de circulación vehicular, vía principal**



- Zona de calzada aplicable estructura de adoquin e=8cm
- Limite Fase 1

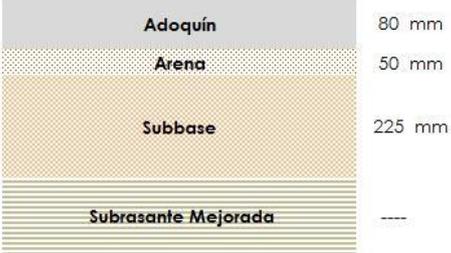
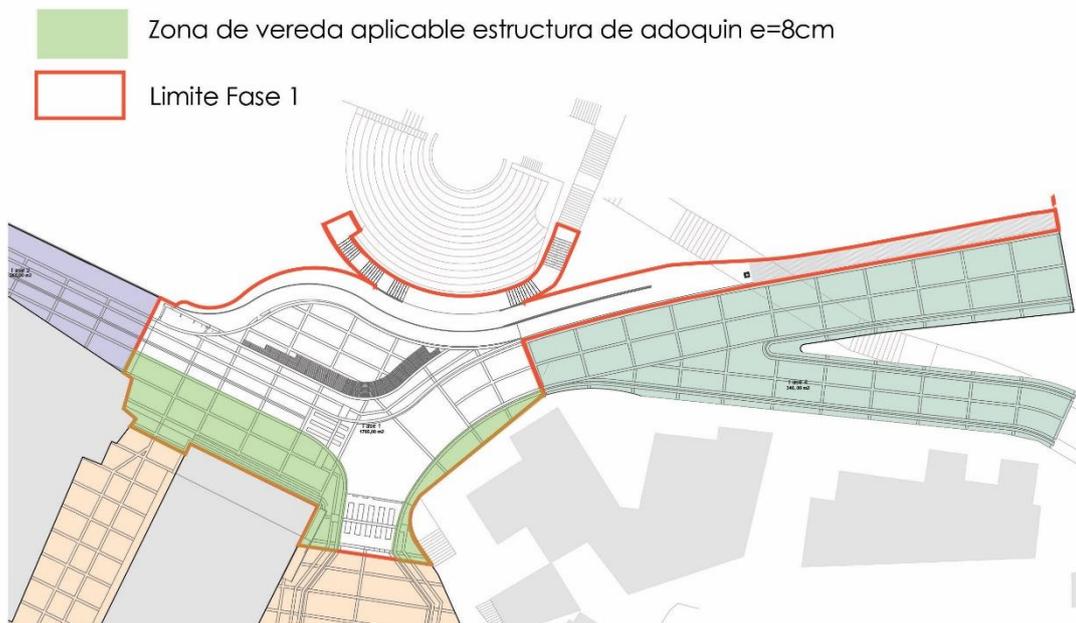


La losa de hormigón debe contar con juntas cada 3.50 m y será reforzada con una malla electro soldada tipo U-196, caracterizada por 1 varilla de 5 mm cada 10 cm. Estas dos medidas ayudaran a evitar efectos de contracción y temperatura en la losa.

Es también necesario el cálculo de la estructura de pavimento para las caminerías del proyecto para lo cual, se toman las consideraciones asumidas en el diseño de pavimento para la vía lateral, con la única diferencia que este pavimento no recibirá carga de tráfico. Del cálculo se obtiene la siguiente estructura:

**Figura 9 Estructura de pavimento caminerías (veredas)**

Capa	Espesor mm
Subrasante mejorada	----
Subbase	225
Base	--
Arena	50
Adoquín	80

### 3.7 Empuje lateral

Para el diseño de muros y estructuras de retención que sean necesarias como parte del proyecto en la zona del mirado de Turi, se puede asumir el empuje activo del suelo, con los correspondientes factores de seguridad que el diseñador de dichos elementos considere necesario.

Para la estimación del empuje activo se utiliza la teoría de empuje de tierras de Rankine que tiene la siguiente formulación:

$$\sigma_h = k_a \cdot \sigma_v - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a}$$

Donde:

$\sigma_h$  : Esfuerzo horizontal en kg/m<sup>2</sup>

- $\sigma_v$ : Esfuerzo vertical en kg/m<sup>2</sup>
- $k_a$ : Coeficiente de empuje activo
- $\phi$ : Angulo de fricción interna del suelo en grados
- $c$ : Cohesión del suelo en kg/m<sup>2</sup>
- $z_0 =$  altura de corte sin sustentación lateral

En base a la ecuación anterior y realizar algunas operación, la ecuación para el empuje lateral de tierras de Rankine es:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}}$$

El coeficiente de empuje activo ( $k_a$ ), teniendo un ángulo de fricción interna de 27° para el material denominado como relleno; se obtiene un valor de  $k_a$  igual a 0.37.

Con una cohesión de 0.35 kg/cm<sup>2</sup>, se obtiene una altura de corte sin sustentación  $z_0$  de 6.00 m, que deberá ser considera como máxima temporal, durante el proceso constructivo.

### 3.8 Recomendaciones Constructivas

En base al análisis realizado, se brindan las siguientes recomendaciones constructivas:

- Con el fin de prevenir que las condiciones geomecánicas del terreno se degraden se deberá mantener abiertas las excavaciones el menor tiempo posible durante el proceso constructivo. De ser necesario y si la excavación se lleva a cabo durante una época de lluvias persistentes se deberá cubrir los taludes de corte con plásticos para evitar la saturación del mismo y el cambio en condiciones geomecánicas del material.
- Para el material denominado como relleno, y ubicado en la zona del mirador, durante el proceso constructivo se puede mantener una altura de corte sin sustentación de 6.00 m, a partir de esta altura se deberá utilizar algún sistema de apuntalamiento.
- El material para rellenos de las estructuras a plantearse en el proyecto en general, debe cumplir con las siguientes especificaciones:
  - Este material debe ser compactado en capas de no más de 30 cm acabadas.
  - La densidad seca a comprobar en campo debe corresponder como mínimo al 95% de lo obtenido mediante el ensayo Proctor Modificado.
  - El material no se aceptará si en los ensayos de laboratorio se comprueba que la densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado es menor a 1800 kg/m.
  - De no cumplir el material de sitio, se debe usar material de mejoramiento o mezclas de material de mejoramiento que cumplan lo indicado.

#### **Especificaciones Estructura de pavimento**

- Longitudinalmente se dividirá la losa de hormigón del pavimento articulado por juntas, siendo la separación máxima de 3.50 m entre ellas. Las mismas tienen como finalidad controlar el agrietamiento longitudinal. En todo caso las losas deberán tener una relación máxima entre lado mayor al menor que no podrá exceder de 1,20.

- La malla para contracción y temperatura de la losa de hormigón debe ser de tipo U 196, caracterizada por una varilla de 5 mm cada 10 cm.
- Las características que debe cumplir la subbase debe ser de tipo II. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%. Deber ser compactada al 100% del Proctor Modificado.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2" (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
N° 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N° 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
N° 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

### 3.9 Conclusiones

Con lo expuesto se presentan las siguientes conclusiones:

- En base a los resultados de laboratorio y observaciones de campo, se ha establecido que en la zona de la plataforma actual del mirador, se encuentra dos materiales, un material de relleno, que se presume fue colocado en el sitio para generar la plataforma del mirador, que se caracteriza como una mezcla de gravas y arenas con un material fino tipo limo, y que presenta una potencia media de 2.50 m; y un segundo material que corresponde al material de la formación Turi, que se caracteriza como una arena limosa de plasticidad media, con un contenido alto de gravas, clasificado según SUCS como SM, y que se encuentra aproximadamente desde los 2.50 m de profundidad.
- Geológicamente el material preponderante en el terreno en estudio pertenece a la formación Turi.
- La capacidad portante del suelo para la zona del mirador y el material denominado como material areno limoso de la formación Turi, ha sido calculada para una profundidad de desplante de 0.50 hasta 1.50 m, con anchos variables de 1.00 a 2.00 m para zapatas continuas y de 0.5 a 1.2 m para la vivienda, en el siguiente cuadro de resumen, se puede observar los rangos de la capacidad portante del suelo, pero para mayor detalle se encuentran en la sección correspondiente del estudio:

<b>Material</b>	<b>q<sub>adm'</sub> min</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>q<sub>adm'</sub> max</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Descripción</b>
SM (F. Turi)	2.66	4.53	Zapata continua (muro parte inferior)
	9.66	15.92	Zapata aislada (vivienda)

- Para el cálculo de muros de retención de la zona del mirador de Turi y considerando el material denominado como Relleno, se debe usar una presión lateral mínima de 0.37 de la presión vertical.
- De los cálculos de estructura de pavimento articulado para la vía aledaña al mirador, vía principal, zona de tránsito vehicular, se obtuvo lo siguiente:
  - Adoquín, espesor = 80 mm
  - Arena, espesor = 30 mm
  - Losa de hormigón  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2 = 100 \text{ mm}$
  - Subbase granular tipo II, espesor = 225 mm

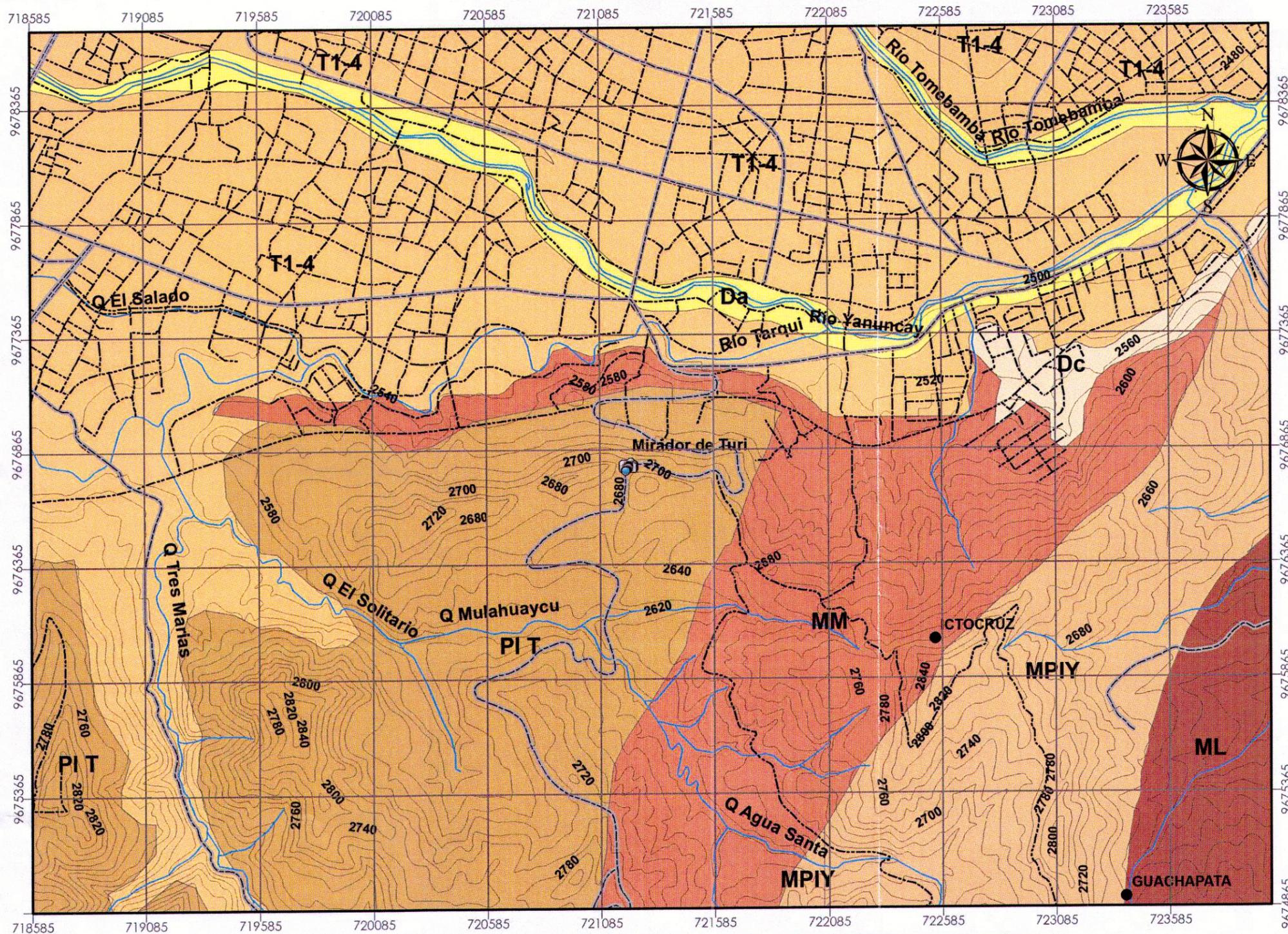
- o Adicional la losa debe ser reforzada con una malla electro soldada tipo U 196.

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Matute D.", with a horizontal line underneath.

Ing. Luis Matute D. MSc

Consultor Geología - Geotecnia

**ANEXO**  
**MAPA GEOLÓGICO**



**UBICACIÓN:**



**SIMBOLOGÍA**

- Curvas de Nivel
- Rios y Quebradas
- Vías



<b>DIBUJO:</b>	DOS
<b>REVISIÓN:</b>	LMD
<b>PROYECTO:</b>	Diciembre, 2017



*Luis Matute Diaz*

**LUIS MATUTE DIAZ**  
Ingeniero geotécnico  
SENECYT No. 1007-02-179169  
ESPECIALISTA GEOTECNICO

*Juan Villavicencio Lopez*

**JUAN VILLAVICENCIO LOPEZ**  
Ingeniero  
SENECYT No. 1007-2016-1756859  
CONSULTOR

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE REGENERACIÓN DE MIRADOR DE TURI Y ZONAS ALEDAÑAS**

**PROYECTO: REGENERACIÓN DE MIRADOR DE TURI Y ZONAS ALEDAÑAS**

**CONTENIDO:**  
FORMACIONES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

**LÁMINA: GEO-001**

**LEYENDA GEOLOGICA**

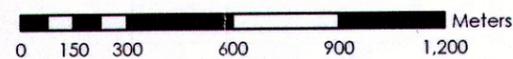
- Da: Depósitos Aluviales
- Dc: Depósitos Coluviales
- T1-4: Terrazas Aluviales y Fluvio glaciares
- PI T: Formación Turi
- MM: Formación Mangán
- MPIY: Formación Azogues
- ML: Formación Loyola
- MB: Formación Biblián

**ESCALA Y PROYECCIONES**

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
DATO HORIZONTAL: SISTEMA GEODESICO MUNDIAL 1984  
WGS84 ZONA 17 S

ESCALA DE IMPRESION: 1:20,000

ESCALA GRAFICA:



1 cm. = 200 m.

**AEXO**  
**MONOGRAFÍA DE CALICATAS**

**EXPLORACIÓN: PCA-01**
**Proyecto:** Regeneración del Mirador de Turi y Zonas Aledañas

**Coordenadas UTM:** 721192.7 E 9676813.1 N

**Datum:** WGS84

**Altitud:** 2532 m s.n.m.

**Profundidad exploración:** 3.00 m

**Nivel Freático:** ----

**Tipo de Excavación:** Manual

**Muestras Extraídas:** 2

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Fotos: Indica el sitio de exploración PCA-01 y materiales encontrados																														
0.00 0.20	Capa vegetal																															
	<p>Material limoso de color negro, de baja plasticidad, consistencia media, y con un bajo contenido de arenas y gravas. Se presume que el material corresponde a un relleno realizado durante la construcción de la plataforma del mirador actual.</p> <table border="0"> <tr> <td><b>Muestra 1</b></td> <td></td> <td><b>Clasificación</b></td> <td></td> <td><b>Gradación:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>42.7%</td> <td>SUCS:</td> <td>ML</td> <td>Grava:</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>27.9%</td> <td>AASTHO:</td> <td>A-7-6</td> <td>Arena:</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>14.8%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>53%</td> </tr> <tr> <td>% Humedad:</td> <td>16.0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		<b>Muestra 1</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>		LL:	42.7%	SUCS:	ML	Grava:	12%	LP:	27.9%	AASTHO:	A-7-6	Arena:	34%	IP:	14.8%			Finos:	53%	% Humedad:	16.0%				
<b>Muestra 1</b>			<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>																											
LL:	42.7%	SUCS:	ML	Grava:	12%																											
LP:	27.9%	AASTHO:	A-7-6	Arena:	34%																											
IP:	14.8%			Finos:	53%																											
% Humedad:	16.0%																															
2.90																																
3.00	<p>Material areno limoso de color café, con una consistencia entre media y dura, plasticidad baja, y un alto contenido de arenas y gravas. Se presume que este material corresponde a un conglomerado de la formación Turi.</p> <table border="0"> <tr> <td><b>Muestra 2</b></td> <td></td> <td><b>Clasificación</b></td> <td></td> <td><b>Gradación:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>43.5%</td> <td>SUCS:</td> <td>SM</td> <td>Grava:</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>26.9%</td> <td>AASTHO:</td> <td>A-2-7</td> <td>Arena:</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>16.6%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>31%</td> </tr> <tr> <td>% Humedad:</td> <td>13.8%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		<b>Muestra 2</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>		LL:	43.5%	SUCS:	SM	Grava:	34%	LP:	26.9%	AASTHO:	A-2-7	Arena:	35%	IP:	16.6%			Finos:	31%	% Humedad:	13.8%				
<b>Muestra 2</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>																												
LL:	43.5%	SUCS:	SM	Grava:	34%																											
LP:	26.9%	AASTHO:	A-2-7	Arena:	35%																											
IP:	16.6%			Finos:	31%																											
% Humedad:	13.8%																															

**EXPLORACIÓN: PCA-02**

**Proyecto:** Regeneración del Mirador de Turi y Zonas Aledañas

**Coordenadas UTM:** 721211.8 E 9676808.6 N

**Datum:** WGS84

**Altitud:** 2532 m s.n.m.

**Profundidad exploración:** 2.20 m

**Nivel Freático:** ----

**Tipo de Excavación:** Manual

**Muestras Extraídas:** 1

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Fotos: Indica el sitio de exploración PCA-02 y materiales encontrados																														
0.00 0.15	Capa vegetal																															
1.00	Relleno al volteo, colocado en el sitio, mezcla de material areno gravoso, con escombros de construcción																															
2.20	<p>Material de relleno colocado para la conformación de la mesa de la vía, caracterizado por una arena arcillosa de color café, con una plasticidad baja, consistencia entre media y dura, y con un contenido considerable de arenas y gravas.</p> <table border="0"> <tr> <td><b>Muestra 1</b></td> <td></td> <td><b>Clasificación</b></td> <td></td> <td><b>Gradación:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>45.9%</td> <td>SUCS:</td> <td>SC</td> <td>Grava:</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>25.9%</td> <td>AASTHO:</td> <td>A-7-6</td> <td>Arena:</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>20.0%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>49%</td> </tr> <tr> <td>% Humedad:</td> <td>16.3%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Muestra 1</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>		LL:	45.9%	SUCS:	SC	Grava:	16%	LP:	25.9%	AASTHO:	A-7-6	Arena:	35%	IP:	20.0%			Finos:	49%	% Humedad:	16.3%					
<b>Muestra 1</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>																												
LL:	45.9%	SUCS:	SC	Grava:	16%																											
LP:	25.9%	AASTHO:	A-7-6	Arena:	35%																											
IP:	20.0%			Finos:	49%																											
% Humedad:	16.3%																															

**EXPLORACIÓN: PCA-03**
**Proyecto:** Regeneración del Mirador de Turi y Zonas Aledañas

**Coordenadas UTM:** 721167.3 E 9676819.3 N

**Datum:** WGS84

**Altitud:** 2525 m s.n.m.

**Profundidad exploración:** 2.60 m

**Nivel Freático:** ----

**Tipo de Excavación:** Manual

**Muestras Extraídas:** 2

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO					Fotos: Indica el sitio de exploración PCA-03 y materiales encontrados
0.00 0.15	Capa vegetal					
	Material limoso de color café, de alta plasticidad, y consistencia media, con un contenido bajo de gravas y alto de arenas.					
	<b>Muestra 1</b> LL: 83.2% LP: 50.5% IP: 32.7% % Humedad: 27.5%	<b>Clasificación</b> SUCS: MH AASTHO: A-7-5	<b>Gradación:</b> Grava: 10% Arena: 25% Finos: 65%			
2.00	Material areno limoso de color blanco, con una plasticidad y consistencia entre media y alta, y un contenido alto de arenas y gravas.					
	<b>Muestra 1</b> LL: 72.2% LP: 51.6% IP: 20.0% % Humedad: 30.9%	<b>Clasificación</b> SUCS: SM AASTHO: A-2-7	<b>Gradación:</b> Grava: 28% Arena: 38% Finos: 34%			
2.60						

**EXPLORACIÓN: PCA-04**
**Proyecto:** Regeneración del Mirador de Turi y Zonas Aledañas

**Coordenadas UTM:** 721189.7 E 9676802.3 N

**Datum:** WGS84

**Altitud:** 2535 m s.n.m.

**Profundidad exploración:** 3.00 m

**Nivel Freático:** ----

**Tipo de Excavación:** Manual

**Muestras Extraídas:** 1

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Fotos: Indica el sitio de exploración PCA-04 y materiales encontrados																														
0.00 0.25	Estructura de pavimento	 																														
	Material limoso de color negro, de baja plasticidad, consistencia media, y con un bajo contenido de arenas y gravas. Se presume que el material corresponde a un relleno realizado durante la construcción de la plataforma del mirador actual. Material semejante al primer material encontrado en la PCA-01.																															
2.50																																
	Material areno limoso de color café claro, con una plasticidad media y una consistencia entre media y alta, y un contenido alto de arenas y gravas.																															
	<table border="0"> <tr> <td><b>Muestra 1</b></td> <td></td> <td><b>Clasificación</b></td> <td></td> <td><b>Gradación:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>44.2%</td> <td>SUCS:</td> <td>SM</td> <td>Grava:</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>30.7%</td> <td>AASTHO:</td> <td>A-7-5</td> <td>Arena:</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>13.5%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td>% Humedad:</td> <td>20.1%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Muestra 1</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>		LL:	44.2%	SUCS:	SM	Grava:	24%	LP:	30.7%	AASTHO:	A-7-5	Arena:	35%	IP:	13.5%			Finos:	41%	% Humedad:	20.1%					
<b>Muestra 1</b>		<b>Clasificación</b>		<b>Gradación:</b>																												
LL:	44.2%	SUCS:	SM	Grava:	24%																											
LP:	30.7%	AASTHO:	A-7-5	Arena:	35%																											
IP:	13.5%			Finos:	41%																											
% Humedad:	20.1%																															
3.00																																

**ANEXO**  
**ENSAYOS DE CAMPO**

**PROYECTO:** Regeneración del mirador de Turi y Zonas Aledañas  
**SOLICITADO POR:** Ing. Juan Villavicencio  
**SITIO DE EXPLORACIÓN:** PCA-01      **PROF:** 1.75 m  
**FECHA:** lunes, 06 de noviembre de 2017

**ENSAYO DCPT (DYNAMIC CONE PENETRATION TEST)**

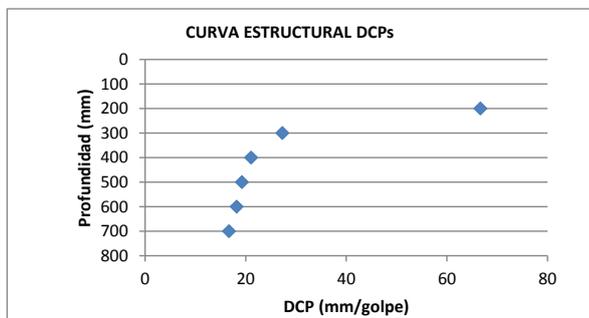
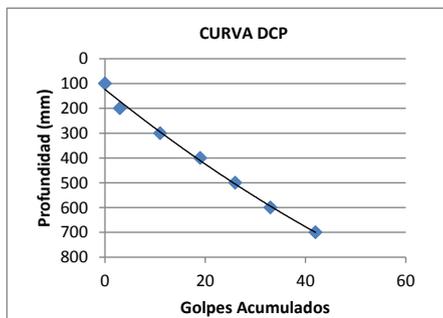
**Ensayo DCPT 1**

**DATUM:** WGS84

**COORDENADAS UTM**

**ESTE:** 721192.7  
**NORTE:** 9676813.1  
**ALTITUD:** 2532 m s.n.m.

PROFUNDIDAD (mm)	PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)	NÚMERO DE GOLPES	GOLPES ACUMULADOS	DCP (mm/golpe)
100	100	0	0	
200	100	3	3	66.67
300	100	8	11	27.27
400	100	8	19	21.05
500	100	7	26	19.23
600	100	7	33	18.18
700	100	9	42	16.67




JEFE DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Regeneración del mirador de Turi y Zonas Aledañas  
**SOLICITADO POR:** Ing. Juan Villavicencio  
**SITIO DE EXPLORACIÓN:** PCA-03      **PROF:** 1.10 m  
**FECHA:** lunes, 06 de noviembre de 2017

### ENSAYO DCPT (DYNAMIC CONE PENETRATION TEST)

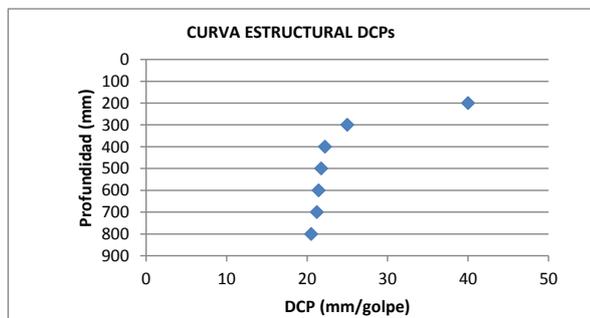
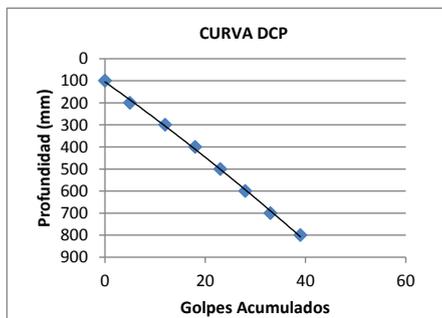
#### Ensayo DCPT 2

**DATUM:** WGS84

#### COORDENADAS UTM

**ESTE:** 721167.3  
**NORTE:** 9676819.3  
**ALTITUD:** 2525 m s.n.m.

PROFUNDIDAD (mm)	PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)	NÚMERO DE GOLPES	GOLPES ACUMULADOS	DCP (mm/golpe)
100	100	0	0	
200	100	5	5	40.00
300	100	7	12	25.00
400	100	6	18	22.22
500	100	5	23	21.74
600	100	5	28	21.43
700	100	5	33	21.21
800	100	6	39	20.51




JEFE DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Regeneración del mirador de Turi y Zonas Aledañas  
**SOLICITADO POR:** Ing. Juan Villavicencio  
**SITIO DE EXPLORACIÓN:** PCA-04      **PROF:** 2.50 m  
**FECHA:** lunes, 06 de noviembre de 2017

**ENSAYO DCPT (DYNAMIC CONE PENETRATION TEST)**

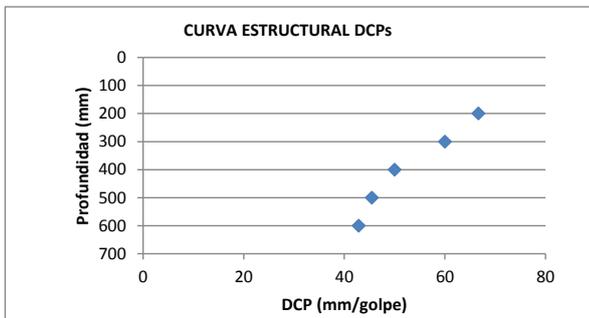
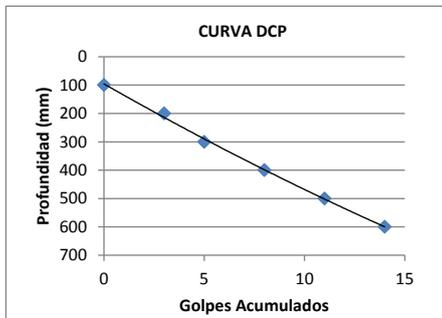
**Ensayo DCPT 3**

**DATUM:** WGS84

**COORDENADAS UTM**

**ESTE:** 721189.7  
**NORTE:** 9676802.3  
**ALTITUD:** 2535 m s.n.m.

PROFUNDIDAD (mm)	PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)	NÚMERO DE GOLPES	GOLPES ACUMULADOS	DCP (mm/golpe)
100	100	0	0	
200	100	3	3	66.67
300	100	2	5	60.00
400	100	3	8	50.00
500	100	3	11	45.45
600	100	3	14	42.86




JEFE DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Regeneración del mirador de Turi y Zonas Aledañas  
**SOLICITADO POR:** Ing. Juan Villavicencio  
**SITIO DE EXPLORACIÓN:** PCA-04      **PROF:** 3.00 m  
**FECHA:** lunes, 06 de noviembre de 2017

### ENSAYO DCPT (DYNAMIC CONE PENETRATION TEST)

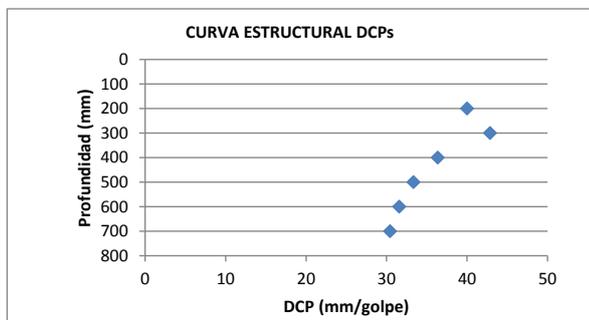
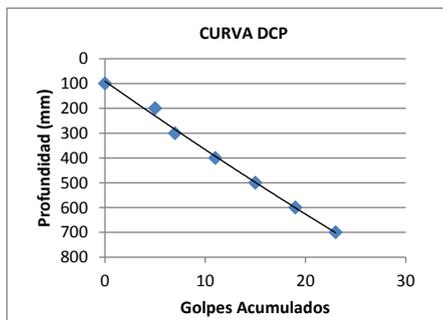
#### Ensayo DCPT 4

**DATUM:** WGS84

#### COORDENADAS UTM

**ESTE:** 721189.7  
**NORTE:** 9676802.3  
**ALTITUD:** 2535 m s.n.m.

PROFUNDIDAD (mm)	PROFUNDIDAD ENTRE LECTURA (mm)	NÚMERO DE GOLPES	GOLPES ACUMULADOS	DCP (mm/golpe)
100	100	0	0	
200	100	5	5	40.00
300	100	2	7	42.86
400	100	4	11	36.36
500	100	4	15	33.33
600	100	4	19	31.58
700	100	4	23	30.43

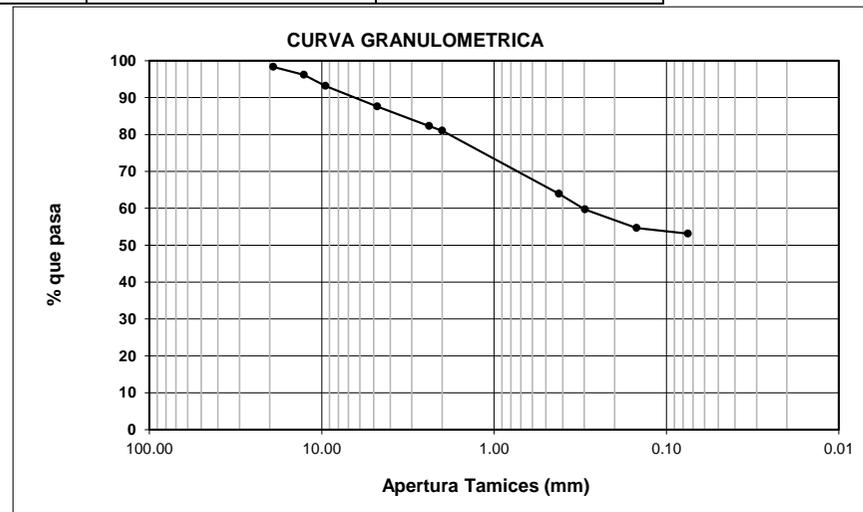



JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL		
	68	58	67	14	32	17	65	41	57	
Número de tarro	68	58	67	14	32	17	65	41	57	
Muestra húmeda + tarro (gr)	20.24	20.43	20.42	22.25	7.12	7.32	7.05	49.95	45.97	
Muestra seca + tarro (gr)	16.27	16.12	16.31	17.35	6.94	7.17	6.88	43.95	40.51	
Peso de tarro (gr)	6.64	5.99	6.91	6.58	6.30	6.63	6.27	6.84	6.12	
Peso de agua (gr)	3.97	4.31	4.11	4.90	0.18	0.15	0.17	6.00	5.46	
Peso muestra seca (gr)	9.63	10.13	9.40	10.77	0.64	0.54	0.61	37.11	34.39	
Porcentaje de humedad	41.2%	42.5%	43.7%	45.5%	28.1%	27.8%	27.9%	16.2%	15.9%	
Número de golpes	32	27	20	16	27.9%			16.0%		

FRACCION FINA						
Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)		500				
Peso seco antes de lavado (gr)		431.0				
Peso seco después de lavado (gr)		202.2				
Peso seco total después del ensayo		202.1				
Error		0.05%				
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10	7.2	7.2	7.2	1.7	98.3
1/2"	12.70	9.3	9.3	16.5	3.8	96.2
3/8"	9.52	12.8	12.8	29.3	6.8	93.2
Nº 4	4.76	24.1	24.1	53.4	12.4	87.6
Nº 8	2.38	23.1	23.1	76.5	17.7	82.3
Nº 10	2.00	5.3	5.3	81.8	19.0	81.0
Nº 40	0.42	73.5	73.6	155.4	36.1	63.9
Nº 50	0.297	18.3	18.3	173.7	40.3	59.7
Nº 100	0.149	21.7	21.7	195.4	45.3	54.7
Nº 200	0.075	6.6	6.6	202	46.9	53.1
FONDO		0.2	229.0	431.0	100.0	



D <sub>10</sub> =	
D <sub>30</sub> =	
D <sub>60</sub> =	0.304

C <sub>u</sub> =	
C <sub>G</sub> =	

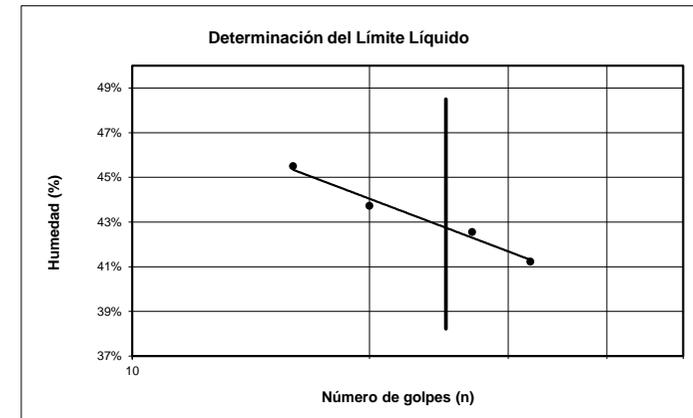
% Grava	12%
% Arena	34%
% Finos	53%

L. Líquido	42.7%
L. Plástico	27.9%
I. Plasticidad	14.8%
H. Natural	16.0%
I. Liquidez	-0.80

SUCS ML  
 AASHTO A-7-6 (6)



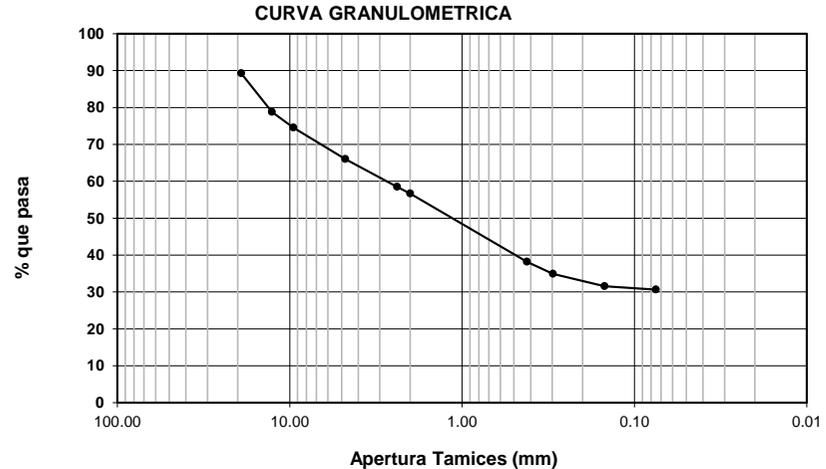
ING. LUIS MATUTE



	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL	
	153	187	180	153	137	9	25	30	7	48
Número de tarro	153	187	180	153	137	9	25	30	7	48
Muestra húmeda + tarro (gr)	30.20	29.36	31.00	32.87	29.98	7.90	7.46	7.12	45.89	46.77
Muestra seca + tarro (gr)	25.88	24.68	26.77	27.52	25.03	7.71	7.25	6.90	41.15	41.90
Peso de tarro (gr)	15.59	13.65	16.97	15.52	14.16	7.01	6.46	6.08	6.78	6.69
Peso de agua (gr)	4.32	4.68	4.23	5.35	4.95	0.19	0.21	0.22	4.74	4.87
Peso muestra seca (gr)	10.29	11.03	9.80	12.00	10.87	0.70	0.79	0.82	34.37	35.21
Porcentaje de humedad	42.0%	42.4%	43.2%	44.6%	45.5%	27.1%	26.6%	26.8%	13.8%	13.8%
Número de golpes	35	32	25	20	17	26.9%			13.8%	

**FRACCION FINA**

Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500					
Peso seco antes de lavado (gr)	439.3					
Peso seco después de lavado (gr)	304.8					
Peso seco total después del ensayo	304.8					
Error	0.00%					
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10	47.3	47.3	47.3	10.8	89.2
1/2"	12.70	45.8	45.8	93.1	21.2	78.8
3/8"	9.52	18.8	18.8	111.9	25.5	74.5
Nº 4	4.76	37.2	37.2	149.1	33.9	66.1
Nº 8	2.38	33.4	33.4	182.5	41.5	58.5
Nº 10	2.00	7.8	7.8	190.3	43.3	56.7
Nº 40	0.42	81.2	81.2	271.5	61.8	38.2
Nº 50	0.297	14.5	14.5	286	65.1	34.9
Nº 100	0.149	14.6	14.6	300.6	68.4	31.6
Nº 200	0.075	4.1	4.1	304.7	69.4	30.6
FONDO		0.1	134.6	439.3	100.0	



D <sub>10</sub> =
D <sub>30</sub> =
D <sub>60</sub> = 2.740

C <sub>u</sub> =
C <sub>G</sub> =

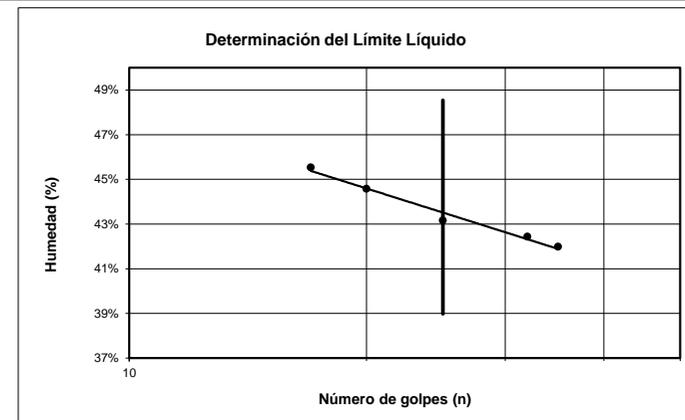
% Grava 34%
% Arena 35%
% Finos 31%

L. Líquido 43.5%
L. Plástico 26.9%
I. Plasticidad 16.6%
H. Natural 13.8%
I. Liquidez -0.79

SUCS SM  
 AASHTO A-2-7 (0)

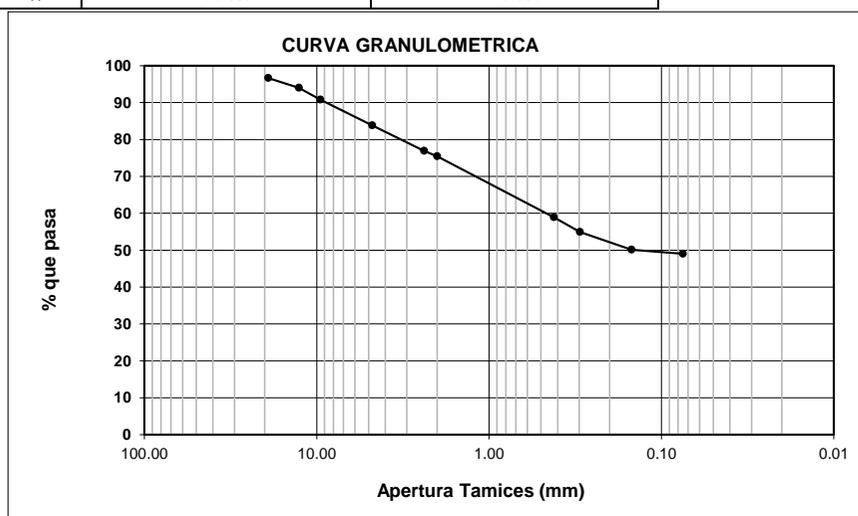


ING. LUIS MATUTE



	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL		
	107	152	105	130	151	140	122	200	58	60	
Número de tarro	107	152	105	130	151	140	122	200	58	60	
Muestra húmeda + tarro (gr)	27.83	28.16	27.07	30.51	27.26	16.43	16.71	15.63	45.08	42.76	
Muestra seca + tarro (gr)	23.76	24.26	23.28	25.97	23.00	16.22	16.51	15.43	39.65	37.62	
Peso de tarro (gr)	14.30	15.52	15.05	16.40	14.31	15.42	15.70	14.68	5.99	6.24	
Peso de agua (gr)	4.07	3.90	3.79	4.54	4.26	0.21	0.20	0.20	5.43	5.14	
Peso muestra seca (gr)	9.46	8.74	8.23	9.57	8.69	0.80	0.81	0.75	33.66	31.38	
Porcentaje de humedad	43.0%	44.6%	46.1%	47.4%	49.0%	26.3%	24.7%	26.7%	16.1%	16.4%	
Número de golpes	35	30	25	20	17	25.9%			16.3%		

FRACCION FINA						
Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)		500				
Peso seco antes de lavado (gr)		430.1				
Peso seco después de lavado (gr)		219.2				
Peso seco total después del ensayo		219.2				
Error		0.00%				
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10	14.4	14.4	14.4	3.3	96.7
1/2"	12.70	11.5	11.5	25.9	6.0	94.0
3/8"	9.52	13.6	13.6	39.5	9.2	90.8
Nº 4	4.76	30.0	30	69.5	16.2	83.8
Nº 8	2.38	29.7	29.7	99.2	23.1	76.9
Nº 10	2.00	6.4	6.4	105.6	24.6	75.4
Nº 40	0.42	71.0	71	176.6	41.1	58.9
Nº 50	0.297	17.1	17.1	193.7	45.0	55.0
Nº 100	0.149	20.8	20.8	214.5	49.9	50.1
Nº 200	0.075	4.7	4.7	219.2	51.0	49.0
FONDO			210.9	430.1	100.0	



D <sub>10</sub> =	
D <sub>30</sub> =	
D <sub>60</sub> =	0.464

C <sub>u</sub> =	
C <sub>g</sub> =	

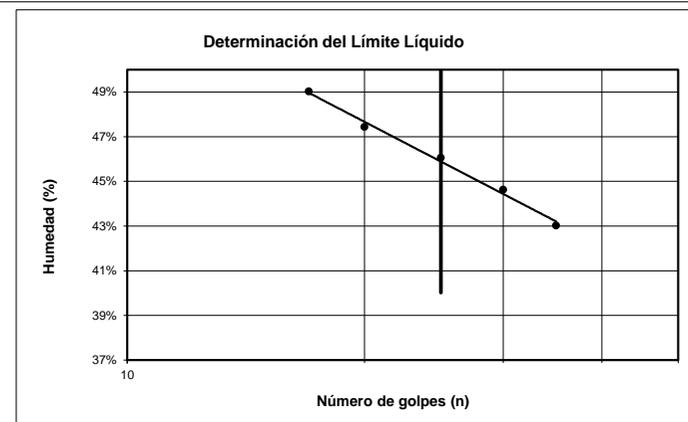
% Grava	16%
% Arena	35%
% Finos	49%

L. Líquido	45.9%
L. Plástico	25.9%
I. Plasticidad	20.0%
H. Natural	16.3%
I. Liquidez	-0.48

SUCS SC  
 AASHTO A-7-6 (7)



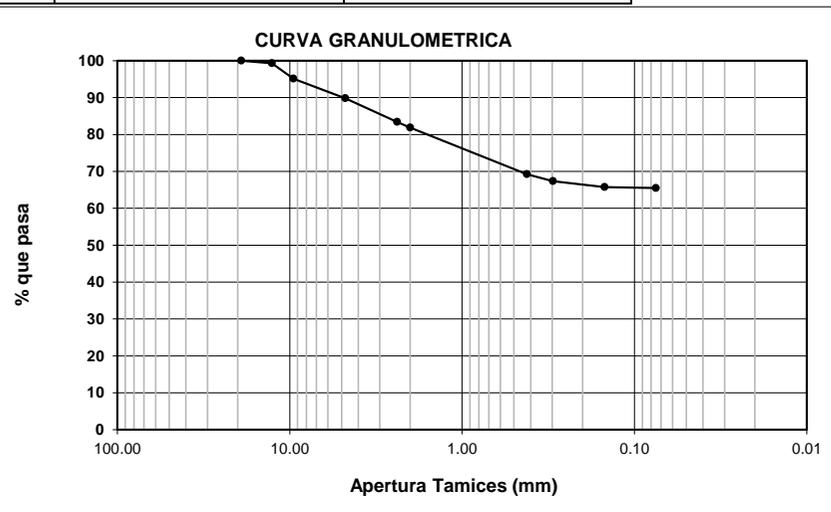
ING. LUIS MATUTE



	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL		
	170	98	183	132	197	202		70	94	66
Número de tarro	170	98	183	132	197	202		70	94	66
Muestra húmeda + tarro (gr)	26.94	25.62	26.57	26.45	14.61	17.58		41.60	51.64	50.21
Muestra seca + tarro (gr)	21.87	20.77	21.46	21.13	14.33	17.32		33.93	42.65	40.51
Peso de tarro (gr)	15.41	14.74	15.72	15.36	13.78	16.80		6.69	8.13	6.31
Peso de agua (gr)	5.07	4.85	5.11	5.32	0.28	0.26		7.67	8.99	9.70
Peso muestra seca (gr)	6.46	6.03	5.74	5.77	0.55	0.52		27.24	34.52	34.20
Porcentaje de humedad	78.5%	80.4%	89.0%	92.2%	50.9%	50.0%		28.2%	26.0%	28.4%
Número de golpes	32	28	19	16	50.5%			27.5%		

**FRACCION FINA**

Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500					
Peso seco antes de lavado (gr)	392.1					
Peso seco después de lavado (gr)	135.5					
Peso seco total después del ensayo	135.4					
Error	0.07%					
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10		0	0	0.0	100.0
1/2"	12.70	2.6	2.6	2.6	0.7	99.3
3/8"	9.52	16.6	16.6	19.2	4.9	95.1
Nº 4	4.76	20.6	20.6	39.8	10.2	89.8
Nº 8	2.38	25.4	25.4	65.2	16.6	83.4
Nº 10	2.00	5.9	5.9	71.1	18.1	81.9
Nº 40	0.42	49.3	49.4	120.5	30.7	69.3
Nº 50	0.297	7.6	7.6	128.1	32.7	67.3
Nº 100	0.149	6.1	6.1	134.2	34.2	65.8
Nº 200	0.075	1.1	1.1	135.3	34.5	65.5
FONDO		0.2	256.8	392.1	100.0	



<b>D<sub>10</sub></b> =
<b>D<sub>30</sub></b> =
<b>D<sub>60</sub></b> =

<b>C<sub>u</sub></b> =
<b>C<sub>G</sub></b> =

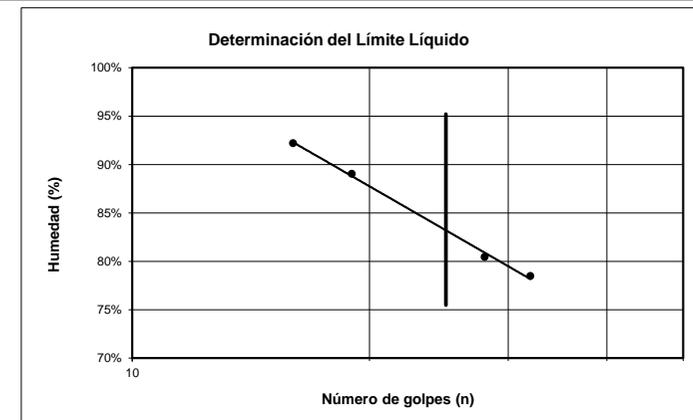
<b>% Grava</b>	10%
<b>% Arena</b>	24%
<b>% Finos</b>	65%

<b>L. Líquido</b>	83.2%
<b>L. Plástico</b>	50.5%
<b>I. Plasticidad</b>	32.7%
<b>H. Natural</b>	27.5%
<b>I. Liquidez</b>	-0.70

**SUCS MH**  
**AASHTO A-7-5** (24)



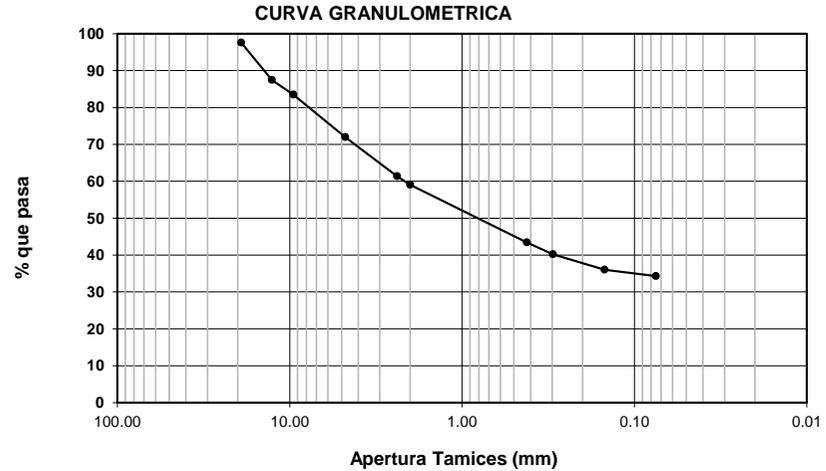
ING. LUIS MATUTE



	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL		
	71	19	61	22	66	72	60	4	14	4	40
Número de tarro	71	19	61	22	66	72	60	4	14	4	40
Muestra húmeda + tarro (gr)	20.72	15.62	16.73	15.21	17.52	8.00	7.58	8.47	43.67	47.13	46.14
Muestra seca + tarro (gr)	15.03	11.99	12.42	11.67	12.68	7.58	7.11	7.95	35.14	37.06	37.25
Peso de tarro (gr)	6.77	6.89	6.47	6.92	6.31	6.73	6.22	6.96	6.96	6.58	7.07
Peso de agua (gr)	5.69	3.63	4.31	3.54	4.84	0.42	0.47	0.52	8.53	10.07	8.89
Peso muestra seca (gr)	8.26	5.10	5.95	4.75	6.37	0.85	0.89	0.99	28.18	30.48	30.18
Porcentaje de humedad	68.9%	71.2%	72.4%	74.5%	76.0%	49.4%	52.8%	52.5%	30.3%	33.0%	29.5%
Número de golpes	35	28	25	20	16	51.6%			30.9%		

**FRACCION FINA**

Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500					
Peso seco antes de lavado (gr)	381.9					
Peso seco después de lavado (gr)	250.9					
Peso seco total después del ensayo	250.8					
Error	0.04%					
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10	9.3	9.3	9.3	2.4	97.6
1/2"	12.70	38.6	38.6	47.9	12.5	87.5
3/8"	9.52	15.3	15.3	63.2	16.5	83.5
Nº 4	4.76	44.0	44	107.2	28.1	71.9
Nº 8	2.38	40.4	40.4	147.6	38.6	61.4
Nº 10	2.00	8.7	8.7	156.3	40.9	59.1
Nº 40	0.42	59.8	59.9	216.2	56.6	43.4
Nº 50	0.297	12.1	12.1	228.3	59.8	40.2
Nº 100	0.149	16.0	16	244.3	64.0	36.0
Nº 200	0.075	6.6	6.6	250.9	65.7	34.3
FONDO		0.0	131.0	381.9	100.0	



D <sub>10</sub> =	
D <sub>30</sub> =	
D <sub>60</sub> =	2.147

C <sub>u</sub> =	
C <sub>g</sub> =	

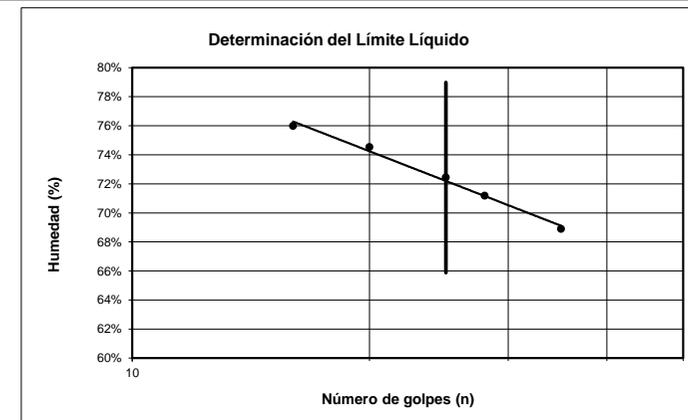
% Grava	28%
% Arena	38%
% Finos	34%

L. Líquido	72.2%
L. Plástico	51.6%
I. Plasticidad	20.6%
H. Natural	30.9%
I. Liquidez	-1.00

SUCS SM  
 AASHTO A-2-7 (2)



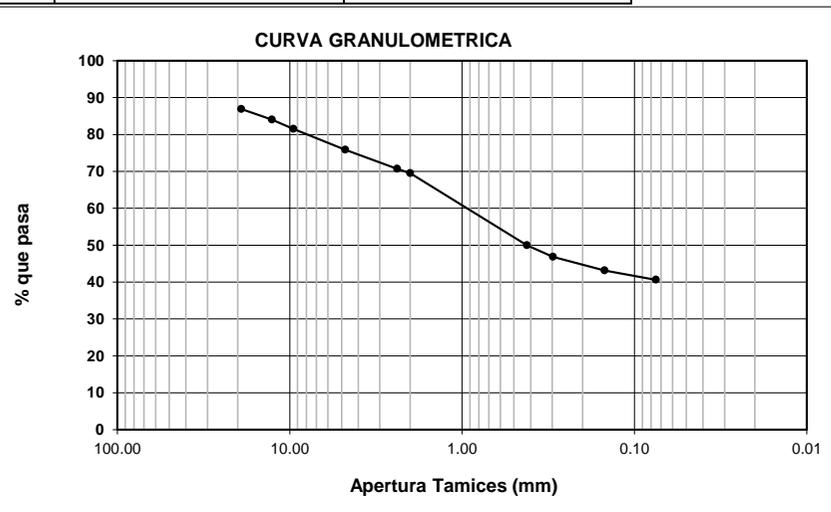
JEFE DE LABORATORIO



	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM.NATURAL		
	20	45	46	48	40	64	5	51	134	195	202
Número de tarro	20	45	46	48	40	64	5	51	134	195	202
Muestra húmeda + tarro (gr)	16.61	17.77	19.27	16.06	19.68	8.41	8.60	7.65	75.79	66.09	76.12
Muestra seca + tarro (gr)	13.83	14.47	15.53	13.15	15.66	8.07	8.26	7.35	64.92	57.66	66.62
Peso de tarro (gr)	7.15	6.79	7.09	6.69	7.07	6.98	7.15	6.36	14.18	14.79	16.81
Peso de agua (gr)	2.78	3.30	3.74	2.91	4.02	0.34	0.34	0.30	10.87	8.43	9.50
Peso muestra seca (gr)	6.68	7.68	8.44	6.46	8.59	1.09	1.11	0.99	50.74	42.87	49.81
Porcentaje de humedad	41.6%	43.0%	44.3%	45.0%	46.8%	31.2%	30.6%	30.3%	21.4%	19.7%	19.1%
Número de golpes	36	30	25	22	17	30.7%			20.1%		

**FRACCION FINA**

Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500					
Peso seco antes de lavado (gr)	416.5					
Peso seco después de lavado (gr)	247.5					
Peso seco total después del ensayo	247.5					
Error	0.00%					
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10	54.5	54.5	54.5	13.1	86.9
1/2"	12.70	12.1	12.1	66.6	16.0	84.0
3/8"	9.52	10.4	10.4	77	18.5	81.5
Nº 4	4.76	23.6	23.6	100.6	24.2	75.8
Nº 8	2.38	21.4	21.4	122	29.3	70.7
Nº 10	2.00	5.1	5.1	127.1	30.5	69.5
Nº 40	0.42	81.2	81.2	208.3	50.0	50.0
Nº 50	0.297	13.1	13.1	221.4	53.2	46.8
Nº 100	0.149	15.5	15.5	236.9	56.9	43.1
Nº 200	0.075	10.5	10.5	247.4	59.4	40.6
FONDO		0.1	169.1	416.5	100.0	



D <sub>10</sub> =
D <sub>30</sub> =
D <sub>60</sub> = 0.936

C <sub>u</sub> =
C <sub>G</sub> =

% Grava	24%
% Arena	35%
% Finos	41%

L. Líquido	44.2%
L. Plástico	30.7%
I. Plasticidad	13.5%
H. Natural	20.1%
I. Liquidez	-0.79

SUCS SM  
 AASHTO A-7-5 (2)



ING. LUIS MATUTE

