



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑO DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE EN EL
SECTOR CHORRO DE LA PARROQUIA SININCAY DEL CANTÓN CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: DIEGO ANDRÉS MEJÍA CALDAS

TUTOR: ING. ALFREDO VLADIMIR VÁZQUEZ ROURA, MSC.

Cuenca - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Diego Andrés Mejía Caldas con documento de identificación N° 0105785448, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 14 de febrero del 2024

Atentamente,



Diego Andrés Mejía Caldas

0105785448

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Diego Andrés Mejía Caldas con documento de identificación N° 0105785448, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Estudio geotécnico para diseño de cimentación del puente en el sector Chorro de la parroquia Sinincay del cantón Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de febrero del 2024

Atentamente,



Diego Andrés Mejía Caldas

0105785448

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alfredo Vladimir Vázquez Roura con documento de identificación N° 0103464103, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑO DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE EN EL SECTOR CHORRO DE LA PARROQUIA SININCAY DEL CANTÓN CUENCA, realizado por Diego Andrés Mejía Caldas con documento de identificación N° 0105785448, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de febrero 2024

Atentamente,



Ing. Alfredo Vladimir Vázquez Roura, MSc.

0103464103

Dedicatoria

A mi abuelo, Ignacio Caldas, cuya memoria y legado han sido la luz guía en este viaje. Aunque ya no estás físicamente conmigo, tú espíritu ha sido compañía constante, inspirándome a alcanzar este logro. Dedico este trabajo a ti, quien me enseñó el valor de la perseverancia, la importancia de la educación y el significado verdadero de la fortaleza. Que este logro sirva como testigo de tú impacto perdurable en mi vida. Tú amor y sabiduría continúan viviendo a través de mis sueños cumplidos.

Diego Andrés Mejía Caldas

Agradecimiento

Agradezco a mi querida familia: a mis padres Faby y Hernán, cuyo amor incondicional, apoyo y sacrificios han sido el pilar de mi vida; a mis tíos María Elena y Esteban, cuya guía y sabiduría me han enseñado a enfrentar los desafíos con valentía y gratitud; y a mis hermanos Santiago y Michelle, compañeros de vida que han aportado alegría, risas y aprendizajes en cada paso de este camino. Cada uno de ustedes ha jugado un papel indispensable en este viaje, ofreciéndome no solo motivación y aliento, sino también la fortaleza necesaria para superar los momentos difíciles. Este logro es tanto mío como suyo, un reflejo del amor, la unidad y el apoyo que me han brindado sin medida. Quiero expresarles mi más profundo agradecimiento por creer en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. Gracias por ser mi refugio y mi mayor fuente de inspiración.

Diego Andrés Mejía Caldas

Resumen

El presente proyecto se enfoca en el estudio geotécnico de la zona “El Chorro” parroquia Sinincay, en la que se planea construir un puente de 2 carriles.

El estudio de suelos es muy importante para cualquier obra civil, ya que se debe tener en cuenta las características del suelo de fundación.

Con este proyecto se lleva a cabo la clasificación del suelo mediante ensayos in situ, recolectando muestras con el ensayo SPT y posteriormente analizándolas en un laboratorio; teniendo así ensayos de granulometría, límites de consistencia y ensayos de corte directo.

Todos estos ensayos son necesarios para poder caracterizar el suelo de fundación, posterior a la recolección de datos, se determina si las dimensiones propuestas para la cimentación cumplen con la Norma Nec – Geotecnia y Cimentaciones, tanto en el deslizamiento como en el volteo.

Palabras claves: geotecnia, cimentaciones,

Abstract

This project focuses on the geotechnical study of the "El Chorro" area in the Sinincay parish, where a 2-lane bridge is planned to be constructed.

Soil study is very important for any civil work, as the characteristics of the foundation soil must be taken into account.

With this project, soil classification is carried out through in situ tests, collecting samples with the SPT test and subsequently analyzing them in a laboratory; thus having granulometry tests, consistency limits, and direct shear tests.

All these tests are necessary to characterize the foundation soil. After data collection, it is determined whether the proposed dimensions for the foundation meet the NEC - Geotechnics and Foundations Standard, both in terms of sliding and overturning.

Key words: geotechnics, foundation.

Índice

1	CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1	ANTECEDENTES.....	11
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3	IMPORTANCIA Y ALCANCE	11
1.4	DELIMITACIÓN	12
1.4.1	<i>Espacial o geográfica.....</i>	12
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	13
1.6	OBJETIVOS	14
1.6.1	<i>Objetivo General</i>	14
1.6.2	<i>Objetivos Específicos</i>	14
1.7	HIPÓTESIS	14
1.7.1	<i>Hipótesis General.....</i>	14
1.7.2	<i>Hipótesis Específica</i>	14
2	CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1	GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS.....	15
2.2	CONSISTENCIA DEL SUELO	15
2.2.2	<i>Limite Líquido (LL)</i>	16
2.2.3	<i>Limite Plástico (LP).....</i>	16
2.2.4	<i>Índice de Plasticidad (IP).....</i>	16
2.3	CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	17
2.4	GRANULOMETRÍA	17
2.4.1	<i>Clasificación AASHTO.....</i>	17
2.4.2	<i>Clasificación SUCS.....</i>	20
2.5	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	21
2.5.1	<i>Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....</i>	21
2.5.2	<i>Ensayo de Corte Directo</i>	22
2.6	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	23
2.7	DISEÑO DE CIMENTACIONES.....	24
2.7.1	<i>Cimentación superficial.....</i>	24
2.7.2	<i>Cimentación profunda</i>	25
2.7.3	<i>Estribos</i>	25
2.7.4	<i>Cálculo de cargas.....</i>	26
2.8	NORMATIVAS Y ESTÁNDARES	27
2.9	IMPACTO DE LA GEODINÁMICA EXTERNA	27
3	CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	27
3.1	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	27
3.1.1	<i>Ensayo SPT.....</i>	27
3.1.2	<i>Ensayo granulométrico.....</i>	29
3.1.3	<i>Ensayo límites de consistencia</i>	30
3.1.4	<i>Ensayo corte directo.....</i>	33
3.2	DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.....	35
3.2.1	<i>Cargas y Estribo.....</i>	35
4	CAPÍTULO 4: RESULTADOS	36
4.1	TRABAJO DE CAMPO.....	36
4.1.1	<i>Correcciones de conteo SPT</i>	36
4.2	TRABAJO DE LABORATORIO.....	43
4.2.1	<i>Sondeo PI – Estribo A</i>	43

4.2.2	<i>Sondeo P2 – Estribo B</i>	49
4.2.3	<i>Parámetros obtenidos del suelo</i>	54
4.2.4	<i>Diseño de muro de gravedad AASTHO.</i>	60
5	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1	CONCLUSIONES	67
5.2	RECOMENDACIONES	69
6	REFERENCIAS	70
7	ANEXOS	71

1 Capítulo 1: Introducción

1.1 Antecedentes

En colaboración con el Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia de Sinincay y la directiva de la comunidad del Chorro, se llevarán a cabo los estudios geotécnicos necesarios para desarrollar el diseño de cimentación del puente en el barrio el Chorro. Actualmente, no existe ningún estudio de suelos en esta zona que permita la construcción del puente.

La construcción del puente es esencial para la comunidad del Chorro. Si bien el barrio contaba con una estructura de madera para la circulación, se pudo constatar durante una visita al sector que dicha estructura está en mal estado, lo que genera preocupación y pone en riesgo a los habitantes del área.

1.2 Descripción del problema

En el sector del Chorro perteneciente a la parroquia de Sinincay, en lugares con terrenos inhóspitos, la construcción del puente puede ser esencial para brindar acceso a comunidades cercanas, permitiendo la distribución de suministros, atención médica y servicios esenciales. No solo se trata de resolver problemas prácticos, sino también de mejorar la calidad de vida de la comunidad al proporcionar acceso a oportunidades educativas, empleo y servicios.

Es una respuesta a la necesidad de superar barreras geográficas o estructurales que de otro modo limitarían la movilidad, el desarrollo y la conectividad de personas y mercancías. La identificación de estos problemas y la planificación adecuada son esenciales para el diseño y la construcción exitosa de un puente.

1.3 Importancia y alcance

- El sector del Chorro está situado en quebradas separadas por un río, por lo que los moradores requieren urgentemente de acceso en el sector.

- El GAD de Sinincay no cuentan con estudios de suelos en el sector del Chorro, por lo cual es necesario la elaboración del presente proyecto para solucionar el problema.
- Mediante el trabajo de titulación se obtendrá el cálculo de la capacidad portante del suelo y el diseño de cimentación previo a la construcción del puente.
- La construcción del puente proporcionará un acceso más seguro y confiable a las comunidades divididas por el río en el sector del Chorro. Esto facilitará el desplazamiento de las personas, la entrega de suministros, la atención médica y la conectividad con otras áreas, lo que en última instancia mejorará la calidad de vida de los residentes.

1.4 Delimitación

1.4.1 Espacial o geográfica

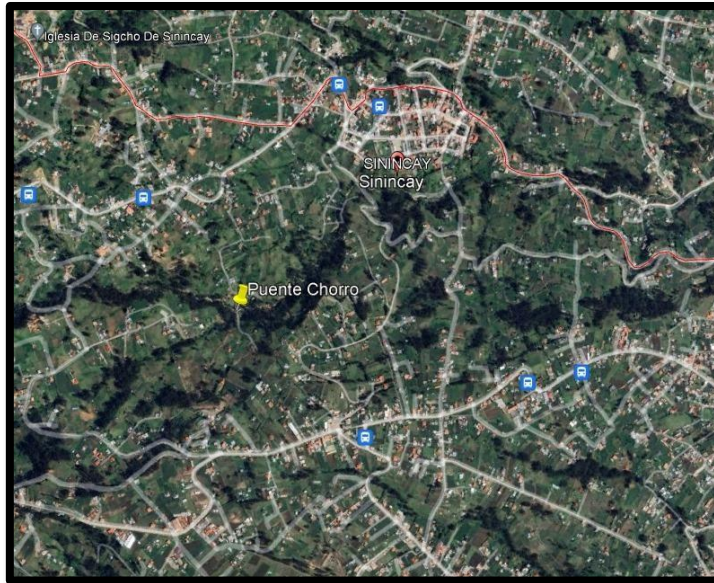
El trabajo de titulación se desarrollará en la Ciudad de Cuenca, específicamente en el barrio el Chorro, perteneciente a la parroquia de Sinincay, geográficamente se ubica en la zona 17M, las coordenadas mediante el sistema UTM WGS84 se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1 - *Coordenadas del sector del proyecto, sistema UTM WGS84.*

Coordenadas	Valor
Coordenadas Este	719835.86 m E
Coordenadas Norte	9684226.68 m N

Nota: Se puede observar las coordenadas exactas de la comunidad del Chorro, donde se realizará el estudio geotécnico, la información ha sido tomada de Google Earth (2023).

Figura 1 - *Ubicación del proyecto.*



Nota: Se puede observar la comunidad del Chorro donde se realizará el estudio del proyecto Google Earth (2023).

1.5 Justificación

La ausencia de estudios de suelos para el diseño de cimentación de un puente plantea una problemática importante en la comunidad, ya que conlleva la construcción de puentes provisionales de madera que resultan inadecuados y colapsan con el tiempo. Esto tiene un impacto negativo en la vida de las personas, ya que se ven obligadas a buscar rutas alternas, que son más largas y consumen mucho tiempo en recorrer, limitando su movilidad y acceso a servicios esenciales.

El presente estudio es de suma importancia, ya que abordará este problema al obtener las características físicas y mecánicas del suelo, lo que permitirá diseñar una cimentación adecuada para la construcción del puente. Al lograr una infraestructura de puente segura y duradera, no solo resolverá el problema de los puentes inadecuados, sino que también tendrá un impacto positivo en la calidad de vida y el desarrollo de la comunidad al garantizar la movilidad humana en el sector.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinar las características físicas y mecánicas del terreno de fundación, con el fin de proponer el tipo de cimentación más adecuada, que permitan desarrollar la ejecución de la obra denominada “Puente El Chorro”.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación.
- Analizar los fenómenos de geodinámica externa que afecten al área del proyecto.
- Proponer el diseño de la cimentación para el puente.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis General

Las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sector Chorro de la Parroquia Sinincay influirán significativamente en la elección adecuada del tipo de cimentación, lo que a su vez tendrá un impacto directo en la seguridad y estabilidad a largo plazo de la estructura. Se espera que el estudio revele patrones específicos de comportamiento del suelo que orienten la toma de decisiones en el diseño de cimentaciones y mejoren la calidad y durabilidad de la infraestructura.

1.7.2 Hipótesis Especifica

A través del estudio geotécnico se establecerán los parámetros iniciales de la mecánica de suelos.

Los parámetros físicos y mecánicos del suelo, nos servirán como base para proponer un diseño de cimentación para el sector Chorro, acorde las normativas ecuatorianas y normas internacionales como la ASTM, AASHTO LRFD.

2 Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Geotecnia y Mecánica de Suelos

La geotecnia es una rama de la ingeniería civil que se enfoca en el estudio de las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos y las rocas, tanto en la superficie como en el subsuelo. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

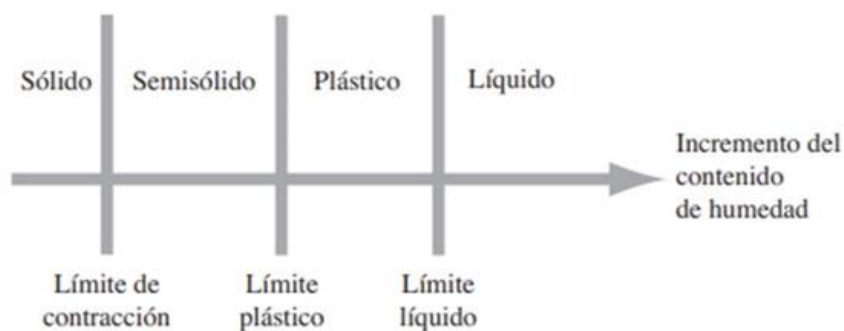
La ingeniería geotécnica abarca una amplia gama de procesos y métodos de investigación, incluidos estudios, pruebas y análisis de suelos. Estas actividades son necesarias para llevar a cabo conocimientos geotécnicos. Estos ensayos son análisis que proporcionan información sobre la composición de materiales del terreno donde se planea la inversión constructiva. Los materiales encontrados incluyen una variedad de arena, arcilla, grava y rocas. (Ramon, 2023)

2.2 Consistencia del suelo

El científico sueco Albert Atterberg desarrolló una técnica para caracterizar la cohesión de suelos que contienen partículas diminutas y contenidos de humedad variables. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

El suelo tiene un bajo contenido de humedad, exhibe características similares a las de un material sólido frágil. Sin embargo, cuando el contenido de humedad es elevado, tanto el suelo como el agua pueden fluir como si fueran un líquido. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

Figura 2 – *Consistencia del suelo.*



Nota: La imagen representa los límites de Atterberg. Fuente: Braja (2013)

2.2.1 Limite Líquido (LL)

El límite líquido es una propiedad del suelo que representa el contenido de humedad en el cual el suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido. Es el contenido de humedad correspondiente a la transición entre un comportamiento plástico y un comportamiento líquido en el suelo. Este límite se determina mediante pruebas de laboratorio. (Vasquez et al., 2021)

El objetivo de este método de evaluación es medir el contenido de humedad del suelo en el momento en que su comportamiento cambia de líquido a plástico. Utiliza un dispositivo mecánico llamado Copa Casagrande que realiza un cierto número de golpes para determinar la fluidez del suelo en condiciones estándar. (Ramon, 2023)

2.2.2 Limite Plástico (LP)

El límite plástico es el contenido de humedad en el cual una muestra de suelo cambia de un estado semisólido a un estado plástico. La práctica más común en laboratorio es realizar “lombrices” de 3 mm de diámetro sin que se rompa. (Ramon, 2023)

El límite plástico es una propiedad del suelo que representa el contenido de humedad en el cual el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido. Es el contenido de humedad correspondiente a la transición entre un comportamiento plástico y un comportamiento frágil en el suelo. Este límite se determina mediante pruebas de laboratorio y es fundamental en la clasificación de suelos finos. (Vasquez et al., 2021)

2.2.3 Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad es una medida de la plasticidad de un suelo, es decir, su capacidad para deformarse sin romperse. Se calcula restando el límite líquido (LL) del límite plástico (PL). Este índice es fundamental en la clasificación de suelos finos y es de gran importancia en la ingeniería civil y geotécnica, ya que proporciona información crucial sobre

el comportamiento del suelo en términos de su plasticidad y su capacidad para soportar cargas y deformaciones. (Vasquez et al., 2021)

El índice de plasticidad (IP) se calcula mediante la resta del LL y el LP.

$$IP = LL - LP$$

2.3 Clasificación de suelos

La clasificación de suelos se refiere al proceso de categorizar los suelos en grupos distintos en función de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades incluyen el contenido de agua, la plasticidad, la resistencia. (O'Kelly, 2021)

La clasificación de suelos, consiste en categorizar y agrupar los suelos según sus características geotécnicas y propiedades relevantes. Los sistemas de clasificación de suelos son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, por sus siglas en inglés) y el Sistema de Clasificación de Suelos de la Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés). (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

2.4 Granulometría

La granulometría se refiere a cómo se distribuyen los diferentes tamaños de partículas en una muestra de suelo. Esta característica es importante, ya que nos brinda detalles sobre la composición del suelo y la proporción de materiales como gravas, arenas y finos presentes en la muestra. (Ramon, 2023)

2.4.1 Clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO clasifica los suelos en dos categorías principales: material granular y material limo-arcilloso. El material granular se subdivide en tres grupos (A-1, A-2 y A-3), mientras que el suelo limo-arcilloso puede subdividirse en cuatro grupos (A-4, A-5, A-6 y A-7). En el caso de los suelos A-1, A-2 y A-7, se realiza una subdivisión

adicional basada en el porcentaje que pasa por el tamiz #200, el Índice de grupo, el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

El proceso de clasificación consiste en identificar la categoría que cumpla con los requisitos del suelo, considerando los valores de granulometría y los límites de consistencia.(Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

El orden de prioridad es el siguiente:

Porcentaje que pasa el Tamiz #200

Índice de Grupo (IG)

Porcentajes que pasan los tamices: #10, #40 y #200

Límite Líquido (LL)

Índice Plástico (IP)

Las figuras 3 y 4 detallan la clasificación según la AASHTO.

Figura 3 – Clasificación de materiales de carretera subrasante.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes							
	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante			Excelente a bueno				

Nota: La imagen nos indica la clasificación del sistema AASHTO. Fuente: Braja

(2013)

Figura 4 – Clasificación de materiales de carretera subrasante.

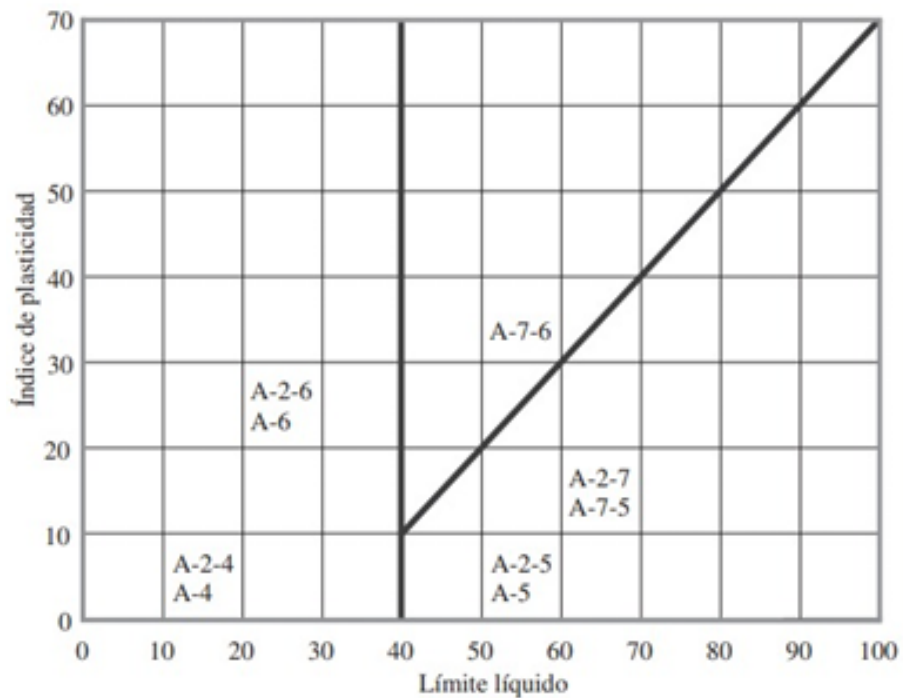
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
 †Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Nota: La imagen nos indica la clasificación del sistema AASHTO. Fuente: Braja

(2013)

Figura 5 – Carta de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6, A-7.



Nota: Representa la carta de plasticidad para los suelos. Fuente: Braja (2013)

2.4.2 Clasificación SUCS

Para el sistema de clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), los suelos de grano grueso que consisten en grava y arena en su estado natural, con menos del 50% que pasa a través del tamiz núm. 200, también se clasifican utilizando símbolos de grupo que comienzan con un prefijo de G o S. En este caso, el prefijo "G" se utiliza para suelos de grava o grava, mientras que el prefijo "S" se utiliza para suelos de arena o suelos arenosos. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

Los suelos de grano fino que tienen un 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200 se clasifican utilizando símbolos de grupo que comienzan con un prefijo de M, C, O o Pt. El prefijo "M" se utiliza para el limo inorgánico, el prefijo "C" se utiliza para la arcilla inorgánica, el prefijo "O" se utiliza para los limos orgánicos y las arcillas orgánicas, y el símbolo "Pt" se utiliza para la turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos. (Braja M. Das & Khaled Sobhan, 2013)

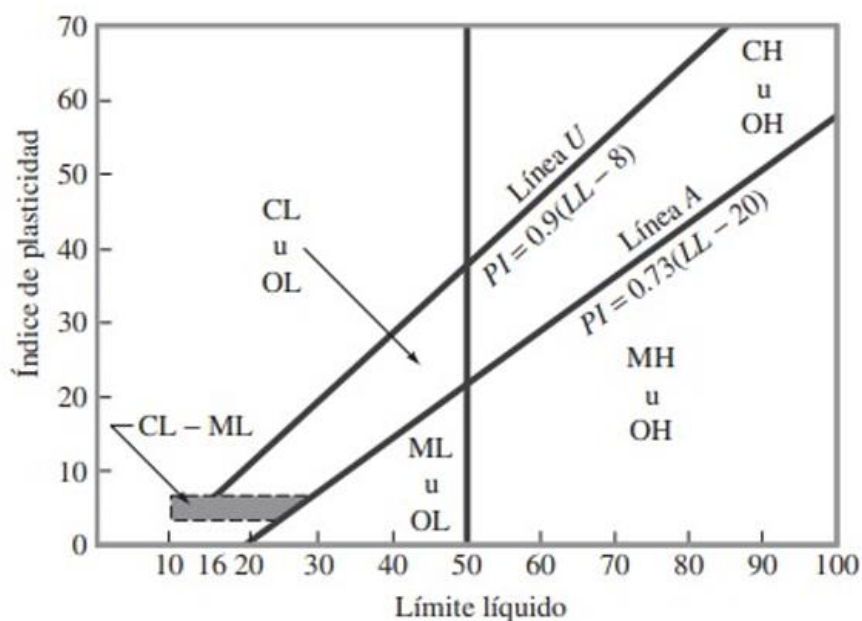
W: bien clasificado

P: mal clasificado

L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)

H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Figura 6– Carta de plasticidad.



Nota: Gráfica de plasticidad en la que se basa el método SUCS. Fuente: Braja (2013)

2.5 Estudios Geotécnicos

Un estudio geotécnico es una evaluación detallada de las propiedades y características del suelo y las rocas en un área específica. Este tipo de estudio se lleva a cabo para comprender la capacidad del suelo para soportar cargas, su comportamiento frente a la excavación, la estabilidad de taludes, la presencia de agua subterránea, entre otros aspectos relevantes para proyectos de ingeniería civil y construcción. (Vasquez et al., 2021)

Los estudios geotécnicos suelen incluir la recopilación de muestras de suelo y roca, pruebas de laboratorio para determinar propiedades mecánicas y físicas, análisis de la composición del suelo, evaluación de la capacidad portante del suelo, y la identificación de posibles riesgos geotécnicos, como la subsidencia, la erosión o la inestabilidad del terreno. (Vasquez et al., 2021)

2.5.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El ensayo de penetración estándar es una prueba dinámica desarrollada in situ muy utilizada en las prácticas de ingeniería, su desarrollo se dio a finales del año 1920 por el

ingeniero Karl Terzaghi y en la actualidad aún se usa en varias partes del mundo. (Aguirre & Yepez, 2019)

El objetivo de este ensayo es determinar: la resistencia de suelos no cohesivos a la penetración del muestreador normalizado, tomar muestras alteradas representativas de suelo, generar correlaciones entre el número de golpes y la compacidad, generar correlaciones mediante tablas o ábacos entre el ángulo de fricción del suelo y la resistencia a la compresión simple. (Aguirre & Yepez, 2019)

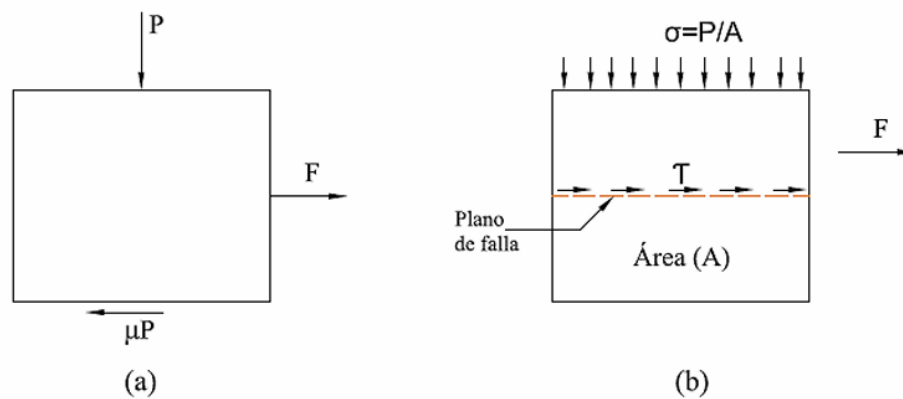
Los datos se usan para el diseño de cimentaciones, para diferentes estructuras de ingeniería ya sea esta, puentes, edificaciones. (Aguirre & Yepez, 2019)

2.5.2 Ensayo de Corte Directo

La resistencia al corte directo es un ensayo cuyo dispositivo fue ideado por el ingeniero Casagrande, el cual permite determinar rápidamente los parámetros de resistencia al corte de un suelo como son el ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) y la cohesión (c). (Aguirre & Yepez, 2019)

En este ensayo la muestra es sometida a dos cargas una vertical (P) y una carga horizontal (F) dando como resultado dos esfuerzos, un esfuerzo normal (σ) y un esfuerzo cortante o tangencial (τ), (ver Fig. 7). En el ensayo, al aplicar estas cargas se induce a la muestra a la falla a través de un plano previamente determinado, plano horizontal. En este plano de falla actuarán los esfuerzos que se han mencionado (σ y τ). (Aguirre & Yepez, 2019)

Figura 7 – Cargas y esfuerzos desarrollados.



(a) Cargas aplicadas a la muestra

(b) Esfuerzos desarrollados

Nota: Cargas y esfuerzos. Fuente: Aguirre V. y Yépez S. (2019)

2.6 Estudios Hidrológicos

Es un proceso que se lo realiza en el lugar de intervención a construir el puente, y su finalidad es poder identificar y predecir el comportamiento del río en todas sus etapas. Este análisis se centra en la recopilación y evaluación de datos relacionados con el flujo del agua, precipitación, socavación, escorrentía y otros factores hidrológicos que pueden influir en la seguridad y la integridad de la estructura del elemento. (Torres, 2013)

Un aspecto importante para tomar en cuenta, y que sin duda determinará aspectos relevantes del cálculo, es la ubicación de las orillas del río y con la mayor exactitud posible referenciarse con el eje de vía para un replanteo adecuado. (Torres, 2013)

La identificación de tres niveles de estiaje ayudará a una claridad relevante como parámetro de diseño, esto se lo deberá hacer en base a datos históricos de la autoridad competente, o en su defecto, por el criterio de los habitantes del sector. (Torres, 2013)

Para ello se recomienda obtener los datos en los siguientes parámetros:

- N1: nivel mínimo de estiaje que dispone el río en cualquier época de año, considere que puede ser nulo.
- N2: nivel normal de estiaje que dispone el río en cualquier época de año

- N3: nivel máximo de estiaje que se produce en las crecientes de río. (Torres, 2013)

Para recolectar la información necesaria, se entablaron diálogos con empleados del GAD de Sinincay, quienes informaron que, desafortunadamente, no existe un archivo histórico de los caudales del río, el cual es el foco del proyecto de obra civil mencionado. Por lo tanto, se llevó a cabo un estudio de campo que incluyó conversaciones con los residentes cercanos al área para obtener una estimación basada en sus experiencias sobre el nivel máximo alcanzado por el río, logrando en algunas ocasiones realizar inspecciones directas. Según la información recabada de los habitantes, se concluye que el río ha alcanzado una altura máxima de 1,20 metros.

Adicionalmente, aunque el propósito principal de este documento no incluye estudios hidrológicos detallados para el diseño del puente, se efectuó una inspección de campo que permitió verificar directamente el nivel máximo del caudal, registrándose una altura de 1,32 metros en el sitio específico de la intervención. Estos hallazgos proporcionan datos clave para el proyecto.

2.7 Diseño de Cimentaciones

La parte inferior de una estructura se denomina generalmente cimentación y su función es transferir la carga de la estructura al suelo en que ésta descansa. Una cimentación adecuada diseñada es la que transfiere la carga a través del suelo sin sobre esforzar a éste. Sobre esforzar al suelo conduce a un asentamiento excesivo o bien a una falla cortante del suelo del suelo, provocando daños a la estructura.(Pomaquiza & Solórsano, 2014)

2.7.1 Cimentación superficial

Los elementos verticales de la superestructura, como las columnas o pilas, se prolongan hasta el terreno de cimentación descansando directamente sobre el mediante el ensanchamiento de su sección transversal con el fin de reducir el esfuerzo que se transmite

del suelo. De este tipo son las zapatas aisladas, zapatas corridas, zapatas combinadas y losas de cimentación.(Pomaquiza & Solórsano, 2014)

Las cimentaciones superficiales son aquellas que tienen una razón de profundidad de empotramiento a ancho de aproximadamente menor que cuatro.(Pomaquiza & Solórsano, 2014)

2.7.2 Cimentación profunda

Las cargas de la superestructura son transmitidas por elementos intermedios a suelos resistentes que se encuentran a cierta profundidad. Para alcanzar dicho estrato es necesario el uso de pilotes o pilas perforadas.(Pomaquiza & Solórsano, 2014)

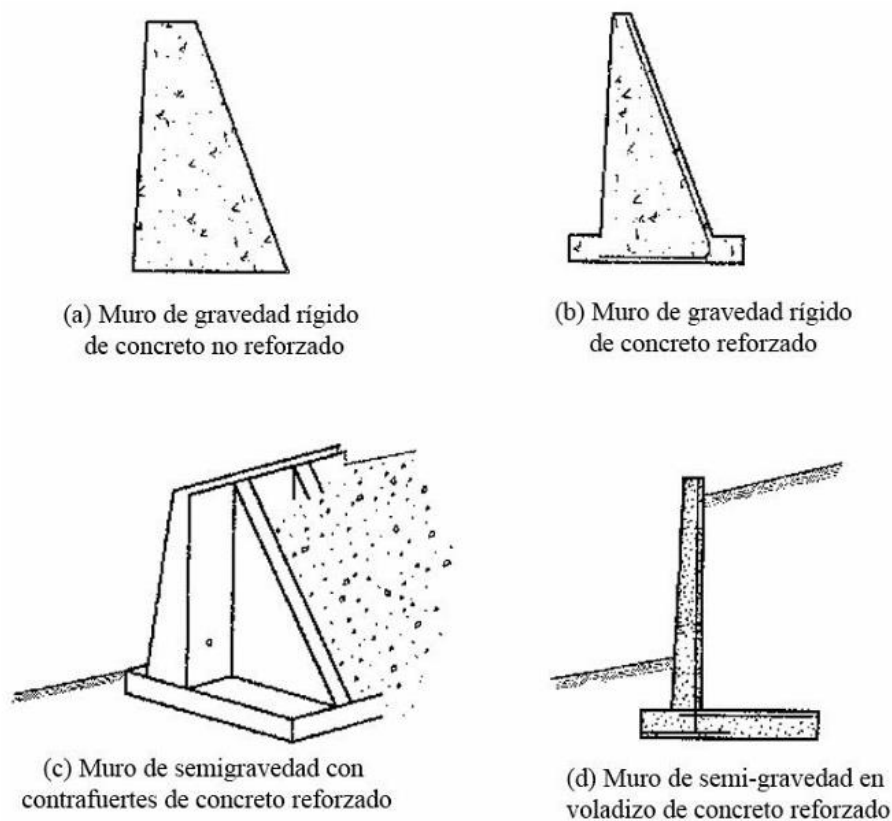
Este tipo de cimentaciones profundas se clasifican de acuerdo en la manera que es diseñada para la transferencia de carga estructural hacia el suelo subyacente.(Pomaquiza & Solórsano, 2014)

2.7.3 Estribos

Son estructuras que sirven de apoyo extremo al puente y que además de soportar la carga de la superestructura sirven de contención de los terraplenes de acceso y por consiguiente están sometidos al empuje de tierra. (Rodríguez, 2022)

Los estribos al igual que los muros de contención pueden ser de gravedad, semi-gravedad, y en voladizo sin gravedad o anclados. (Rodríguez, 2022)

Figura 8–Muros de gravedad.



Nota: Muros de gravedad y semi-gravedad rígidos típicos. Fuente: Rodríguez. (2022)

2.7.4 Cálculo de cargas

El cálculo de cargas es un proceso esencial que implica la determinación de las fuerzas que actúan sobre una estructura debido a su propio peso, los ocupantes, viento, sismos y otras fuerzas externas. (Pomaquiza & Solórsano, 2014)

Para el prediseño de la cimentación, se hará uso de la información obtenida del proyecto previo a la obtención del título denominado “Diseño estructural de un puente con vigas metálicas para la comunidad el Chorro de la parroquia Sinincay, perteneciente al Cantón Cuenca”. Este proyecto, junto con el actual trabajo de titulación, tiene como finalidad ofrecer una solución efectiva a los desafíos que enfrenta la comunidad.

Las cargas consideradas en el análisis son las siguientes:

Carga muerta (DL)

Carga viva (LL)

2.8 Normativas y Estándares

Para el desarrollo del presente trabajo se utiliza la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), y Normas Internacionales como la AASTHON, ASTM, ACI.

Para la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se utiliza la Norma de código NEC-SE-GC Geotécnia y Cimentaciones.

Para la parte técnica se utiliza las normas NTE INEN y de la Sociedad Americana para ensayos y materiales, ASTM. (Chiluisa et al., 2015)

2.9 Impacto de la Geodinámica Externa

La causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes es la socavación, este es un fenómeno hidrodinámico que abarca distintos procesos unos a largo plazo y otros de manera transitoria cuando hay máximas avenidas. (Aguinaga, 2019)

La socavación en un puente es de carácter estimativo y se analiza como erosión potencial, este fenómeno se produce por el estrechamiento del cauce debido a la construcción del puente donde se ocasiona la socavación local alrededor de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río. (Aguinaga, 2019)

El enfoque para analizar la socavación y erosión en este proyecto se basará en métodos analíticos, considerando que el alcance del proyecto no incluye la realización de estudios hidráulicos ni hidrológicos.

3 Capítulo 3: Metodología

3.1 Ensayos de Laboratorio

Para los ensayos de laboratorio se utilizarán las normas NTE INEN y de la Sociedad Americana para ensayos y materiales, ASTM.

3.1.1 Ensayo SPT

Para la realización de este ensayo se debe basar en las normas ASTM D 1586 y la AASHTO T 206. (Aguirre & Yepez, 2019)

3.1.1.1 Cálculos

Para considerar si la muestra contiene alteraciones, la relación de área debe ser menor al 10%.

$$A_r(\%) = \frac{D_0^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100$$

Ar = Relación de área.

Do = Diámetro exterior del muestreador de tubo.

Di = Diámetro interior del muestreador de tubo.

Para el número de golpes en campo se debe sumar el valor de golpes del martillo del segundo y tercer incremento. (Aguirre & Yopez, 2019)

$$N = N_2 + N_3$$

N = Número de penetración medido en campo.

N2 = Número de golpes de martillo del segundo incremento de 15 cm.

N3 = Número de golpes de martillo del tercer incremento de 15 cm.

Para el cálculo del número de penetración estándar corregido para condiciones de campo se ocupará la siguiente fórmula. (Aguirre & Yopez, 2019)

$$N_{60} = \frac{N \cdot n_H \cdot \eta_B \cdot n_S \cdot n_R}{60}$$

N60 = Número de penetración estándar corregido para condiciones de campo

N = Número de penetración medido en campo.

nH = Corrección por eficiencia del martillo (%).

nB = Corrección para el diámetro de la perforación.

nS = Corrección del muestreador.

nR = Corrección por la longitud de la varilla para muestreo.

3.1.2 Ensayo granulométrico

Para realizar la gradación por tamizado se basa en las normas ASTM D 421, ASTM D 422, y AASHTO T 88. (Aguirre & Yepez, 2019)

3.1.2.1 Cálculos

De los pesos retenidos por cada tamiz se procede a encontrar el porcentaje retenido.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{M_r}{M_t} \cdot 100$$

Mr = Masa retenida en el tamiz (g)

Mt = Masa total (g)

Proceder a calcular el porcentaje retenido acumulado, que es la suma o acumulación progresiva de los porcentajes retenidos anteriormente. (Seguir las flechas de la Fig. 9). (Aguirre & Yepez, 2019)

Figura 9 – Esquema de acumulación de porcentajes retenidos.

% Retenido	% Retenido acumulado
a	a
b	a+b
c	a+b+c

Nota: La imagen nos indica de forma esquemática. Fuente: Aguiire V, Yépez S.

(2019)

Porcentaje que pasa:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

3.1.3 Ensayo límites de consistencia

Los límites de consistencia, o conocidos como límites de Atterberg, son usados para caracterizar el comportamiento de suelos con partículas pequeñas, así como la propiedad que presentan para poder deformarse, o sea su plasticidad. (Aguirre & Yepez, 2019)

3.1.3.1 Índice plástico (IP)

Se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, este valor define la plasticidad del suelo arcilloso, siendo nulo para las arenas. (Aguirre & Yepez, 2019)

$$IP = LL - LP$$

Figura 10 – Descripción referencial del suelo según su plasticidad.

Índice Plástico	Plasticidad del suelo
0	No plástico
1-5	Ligeramente plástico
5-10	Baja plasticidad
10-20	Plasticidad media
20 - 40	Alta plasticidad
>40	Muy alta plasticidad

Nota: Norma ASTM D 2487. Fuente: Aguiire V, Yépez S. (2019)

3.1.3.2 Índice de consistencia (Ic)

Se define como la relación entre la diferencia del límite líquido con el contenido de agua y el índice plástico.(Aguirre & Yepez, 2019)

$$I_c = \frac{LL - w}{IP}$$

La consistencia del suelo arcilloso se define en la figura 11.

Figura 11 – Descripción referencial del suelo según su índice de consistencia.

Índice de consistencia	Consistencia
0	Muy fluido
$0 < I_c < 0.5$	Fluido
$0.5 < I_c < 0.75$	Blanda
$0.75 < I_c < 1$	Rígida
$I_c > 1$	Dura

Nota: Norma ASTM D 2487. Fuente: Aguirre V, Yépez S. (2019)

3.1.3.3 Limite liquido (IL)

Para determinar en laboratorio el valor del límite líquido se basa en los ensayos descritos en la norma ASTM D 4318 y la norma AASHTO T 89; en ambas normas se usa el método de Casagrande. (Aguirre & Yépez, 2019)

3.1.3.3.1 Cálculos

Obtener el contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas de los diferentes números de golpes. (Aguirre & Yépez, 2019)

Proceder a ubicar los puntos en la gráfica que representa la relación entre el contenido de humedad ω y el número correspondiente de golpes N. En la parte de la abscisa se encuentra los números de golpes N en escala logarítmica y en las ordenadas el contenido de humedad ω en escala aritmética. (Aguirre & Yépez, 2019)

Proceder a dibujar una línea recta que pase por los tres puntos graficados.

Tomar el contenido de humedad ω correspondiente a la intersección de la línea con la prolongación de la abscisa a 25 golpes como el límite líquido del suelo. Este resultado se debe aproximar al número entero más próximo. (Aguirre & Yépez, 2019)

Figura 12 – *Cuchara de Casagrande*.



Nota: Norma ASTM D 4318, AASHTO T 89. Fuente: Mejía, A. (2024)

3.1.3.4 Limite plástico (LP)

La manera de determinar el límite plástico del suelo es mediante el método de rollitos de 3mm de diámetro y 5 cm aproximadamente de longitud, que empiezan a mostrar desmoronamiento y agrietamiento. Hay que tomar en cuenta que el diámetro de los rollitos fue propuesto por Terzaghi, dado que Atterberg no especificó tal diámetro. (Aguirre & Yepez, 2019)

Para determinar en laboratorio su valor se basa en los ensayos descritos en la norma ASTM D 4318 y la norma AASHTO T 90, en ambas normas se usa el método de los rollos. (Aguirre & Yepez, 2019)

3.1.3.4.1 Cálculos

Obtener el contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas.(Aguirre & Yepez, 2019)

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad mínimo y redondear al número entero más cercano. Este valor será el límite plástico (LP). (Aguirre & Yepez, 2019)

Se debe repetir el ensayo si la diferencia entre los dos límites plásticos de ensayo es mayor al rango aceptable de 1.4 por ciento para un solo operador. (Aguirre & Yépez, 2019)

Figura 13 – Ensayo de “lombrices” de 3mm.

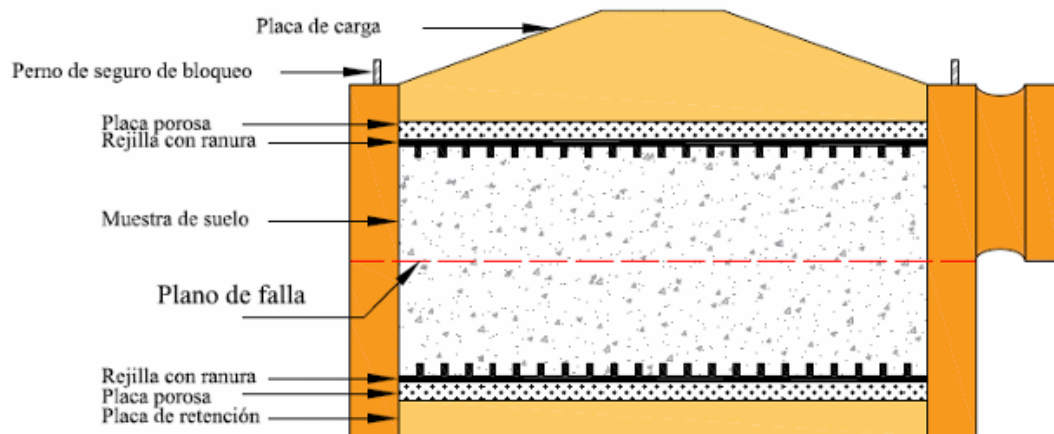


Nota: Norma ASTM D 2487. Fuente: Mejía, A. (2024)

3.1.4 Ensayo corte directo

Para la realización de este ensayo se debe basar en las normas ASTM D 3080 y la AASHTO T 236. (Aguirre & Yépez, 2019)

Figura 14 – Placa de carga.



Nota: Diagrama de arreglo de prueba de corte directo. Fuente: Aguirre, V. Yépez, S. (2019)

3.1.4.1.1 Cálculos

Con las siguientes ecuaciones se determinará la densidad de la muestra durante el ensayo, el esfuerzo normal y el esfuerzo tangencial o de corte. (Aguirre & Yepez, 2019)

$$\rho_v = \frac{H_{m_i}}{H_{m_i} - \Delta_v} \cdot \rho_0$$

$$\sigma = \frac{\rho}{A'}$$

$$A' = \frac{(\rho - \Delta H) \cdot b}{10000}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

ρ_v = Densidad en función del asentamiento (g/cm³)

H_{m_i} = Altura inicial de la muestra de suelo (cm)

Δ_v = deformación vertical (cm)

ρ_0 = Densidad inicial (g/cm³)

σ = Esfuerzo normal (Pa)

P = Fuerza normal que actúa en el espécimen (N)

A = Área de la sección transversal de la muestra (m²)

p = Profundidad (cm)

ΔH = deformación horizontal (cm)

b = base (cm)

A' = Área corregida (m²)

τ = esfuerzo cortante en el plano de falla (Pa)

F = Fuerza de corte (N)

3.2 Diseño de la Cimentación

3.2.1 Cargas y Estribo

En el diseño de la cimentación, se debe tener los parámetros iniciales que son las cargas actuantes y el predimensionamiento de los estribos, para aplicar los parámetros de la normativa AASHTO.

Estos datos fueron proporcionados por el trabajo de titulación “DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE CON VIGAS METÁLICAS PARA LA COMUNIDAD “EL CHORRO” DE LA PARROQUIA SININCAI, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA”

Figura 15 – Cargas Verticales

CARGA	TIPO	V(Kg/m)	Xa (m)	Mv (Kg-m/m)
DC_{ESTR}	DC	23919	2,05	48918
DC_{LOSA}	DC	209	3,3	689
P_{DC}	DC	7000	2,30	16100
P_{DW}	DW	800	2,3	1840
EV	EV	3601	2,70	9713
EH_{1y}	EH	710	3,50	2486
EH_{2y}	EH	119	3,50	416
P_L	LL	7250	2,3	16675
LS_1	LS	384	3,3	1267
LS_{2y}	LS	219	3,50	765
\sum		44211		98869

Nota: Cargas verticales en estribos. Fuente: Gordillo, D (2024)

Figura 16 – Cargas horizontales

CARGA	TIPO	H(Kg/m)	Ya (m)	Mv (Kg-m/m)
EH_{1x}	EH	1595	1,73	2765
EH_{2x}	EH	267	2,60	694
LS_{2x}	LS	491	2,60	1276
WS	WS	150	5,05	758
BR	BR	1692,003332	7,30	12352
$CR + SH + TU =$	$CR + SH + TU$	900	5,05	4545
Σ		5095		22389

Nota: Cargas horizontales en estribos. Fuente: Gordillo, D (2024)

4 Capítulo 4: Resultados

4.1 Trabajo de campo

4.1.1 Correcciones de conteo SPT

En función de los resultados de conteo de campo, se procedió a realizar la corrección de los valores N, teniendo en cuenta las siguientes variables en el procedimiento:

Para determinar el factor de corrección por la eficiencia del equipo, usamos la tabla de Clayton (1990).

Figura 17 – Factor corrección SPT.

Tipo de Equipo	Dispositivo de Lanzamiento	Eficiencia del Equipo
Dona	Cabrestante	0.45
Vástago de peso	Manual	0.72
Automático	Movimiento controlado del martillo	0.60
Dona	Disparo tipo Tombi	0.78 – 0.85
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante y lanzamiento especial	0.65 – 0.67
De seguridad (Safety)	Con dos vueltas en el cabrestante	0.55 -0.60
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante	0.45

Nota: Factor de corrección SPT por eficiencia del equipo. Fuente: Clayton (1990)

En este caso se utilizó un equipo tipo “anillo”, que es recomendado por la Normativa Ecuatoriana de la construcción NEC2015, con ello el factor de corrección se ha determinado en 0.60 (Chiluisa et al., 2015)

Debido al gran número de correlaciones para conteos SPT se basan equipos con una eficiencia de energía del 60%, entonces decimos que el factor de corrección por eficiencia del equipo será: $\frac{0.60}{0.60} = 1$

Para los factores de corrección debido a la longitud de varillaje, método de muestreo y diámetro del sondeo, se obtienen en función de SKemptonn (1986).

Figura 18 – Factor corrección SPT por diámetro de sondeo, método muestreo y longitud de varillas.

Tipo de Equipo	Dispositivo de Lanzamiento	Eficiencia del Equipo
Dona	Cabrestante	0.45
Vástago de peso	Manual	0.72
Automático	Movimiento controlado del martillo	0.60
Dona	Disparo tipo Tombi	0.78 – 0.85
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante y lanzamiento especial	0.65 – 0.67
De seguridad (Safety)	Con dos vueltas en el cabrestante	0.55 -0.60
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante	0.45

Nota: Factor de corrección SPT longitud de varillas. Fuente: Skempton (1986)

Asi mismo Skempton (1986), propone la ecuación para determinar el factor de corrección debido a la presión de confinamiento efectiva.

$$Cn = \frac{2}{1 + Rs}$$

El parámetro Rs se define por:

$$Rs = \frac{\sigma v'}{\rho a}$$

Donde:

pa= presión en función de la profundidad y se ha estandarizado a un esfuerzo vertical de

referencia: $\sigma vr^1 = 1kg / cm^2$

Figura 19 – Tabulación de datos ensayo SPT – Estribo A.

A	Golpes del martillo					
	Profundidad Ensayo		N1	N2	N3	N (campo)
	Desde (m)	Hasta (m)	0 - 15	15 - 30	30 - 45	31 - 45
1	0.00	0.50	7	8	7	15
2	0.50	1.00	6	10	12	22
3	1.25	1.75	5	7	7	14
4	2.00	2.50	5	7	8	15
5	2.75	3.25	7	7	10	17
6	3.50	4.00	8	10	12	22
7	4.25	4.75	12	9	9	18
8	5.00	5.50	16	15	10	25

Nota: Número de golpes. Fuente: propia.

Figura 20 – Correcciones ensayo SPT – Estribo A.

Correcciones				Corregido
Nh	Nb	Ns	Nr	N60
%	%	%	%	
45	1	1	0.85	1.048
45	1	1	0.85	1.164
45	1	1	0.85	1.031
45	1	1	0.85	1.048
45	1	1	0.85	1.081
45	1	1	0.85	1.164
45	1	1	0.85	1.098
45	1	1	0.85	1.214

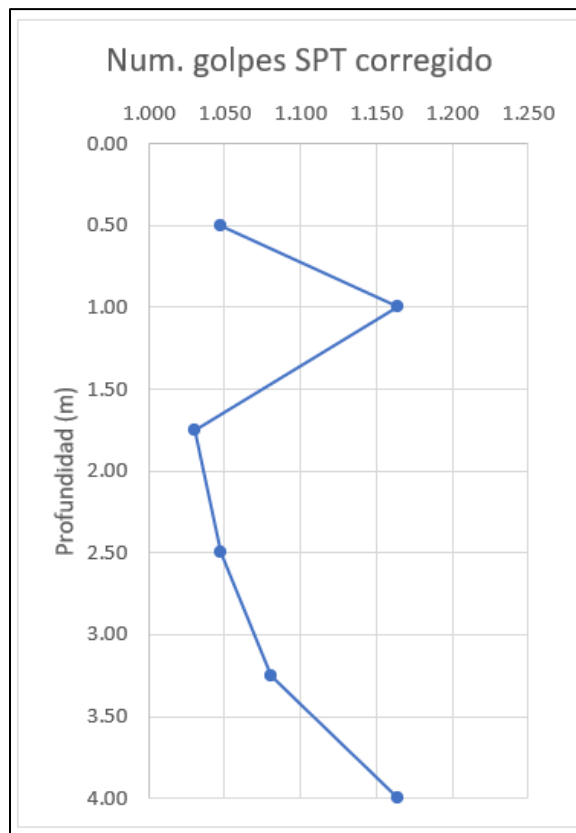
Nota: Correcciones SPT. Fuente: propia.

Figura 21 – Observaciones in situ – Estribo A.

Observaciones In situ	
% Recuperación en campo	Descripción
60%	Arcillas, roca meteorizadas, arcilla roja
5%	Obstrucción por roca
75%	Arcilla naranja
25%	Arcilla, roca meteorizada, roca centimetrica
60%	Arcilla color crema
80%	Arcilla café, roca meteorizada
85%	Roca meteorizada, arcilla roja
15%	Roca meteorizada

Nota: Estribo A. Fuente: propia.

Figura 22 – SPT Corregido – Estribo A.



Nota: Grafica con N60 - Estribo A. Fuente: propia.

Figura 23 – Tabulación de datos ensayo SPT – Estribo B.

B	Golpes del martillo					
	Profundidad Ensayo		N1	N2	N3	N (campo)
	Desde (m)	Hasta (m)	0 - 15	15 - 30	30 - 45	31 - 45
1	0.00	0.50	3	4	4	8
2	0.75	1.00	6	4	5	9
3	1.50	1.75	4	5	4	9
4	2.25	2.50	5	4	5	9
5	3.00	3.25	7	5	7	12
6	3.25	4.25	10	50	50	100

Nota: Número de golpes. Fuente: propia.

Figura 24 – Correcciones ensayo SPT – Estribo B.

Correcciones				Corregido
Nh	Nb	Ns	Nr	N60
%	%	%	%	
45	1	1	0.85	0.931
45	1	1	0.85	0.948
45	1	1	0.85	0.948
45	1	1	0.85	0.948
45	1	1	0.85	0.998
45	1	1	0.85	2.464

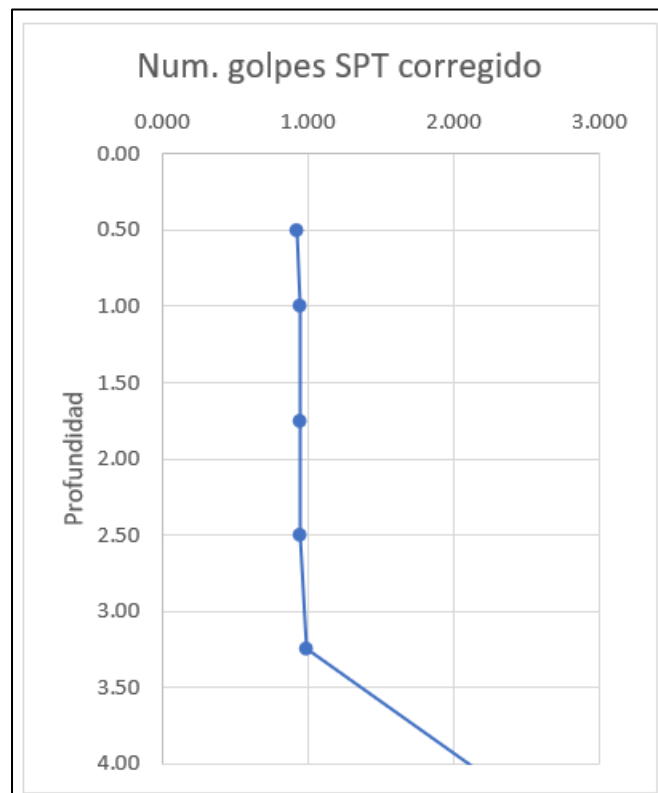
Nota: Correcciones SPT. Fuente: propia.

Figura 25 – Observaciones in situ – Estribo B.

Observaciones In situ	
% Recuperación en campo	Descripción
90%	Arcilla roja, arena
80%	Arcilla roja, arena
80%	Arcilla roja, arena
80%	Roca meteorizada, arcilla roja
70%	Roca consolidada, arcilla roja, arena
15%	Arcilla roja, roca centrimetrica (Rechazo)

Nota: Estribo B. Fuente: propia.

Figura 26 – SPT Corregido – Estribo B.



Nota: Grafica con N60 - Estribo B. Fuente: propia.

4.2 Trabajo de laboratorio

La caracterización geotécnica de las series estratigráficas del subsuelo se describe desde la superficie hacia estratos profundos.

Figura 27 - Ubicación de los estribos A y B.



Nota: Topografía de la comunidad del Chorro donde se realizará el estudio del proyecto Google Earth (2024).

4.2.1 Sondeo P1 – Estribo A

La exploración del estribo A llegó hasta una profundidad de 5.50m.

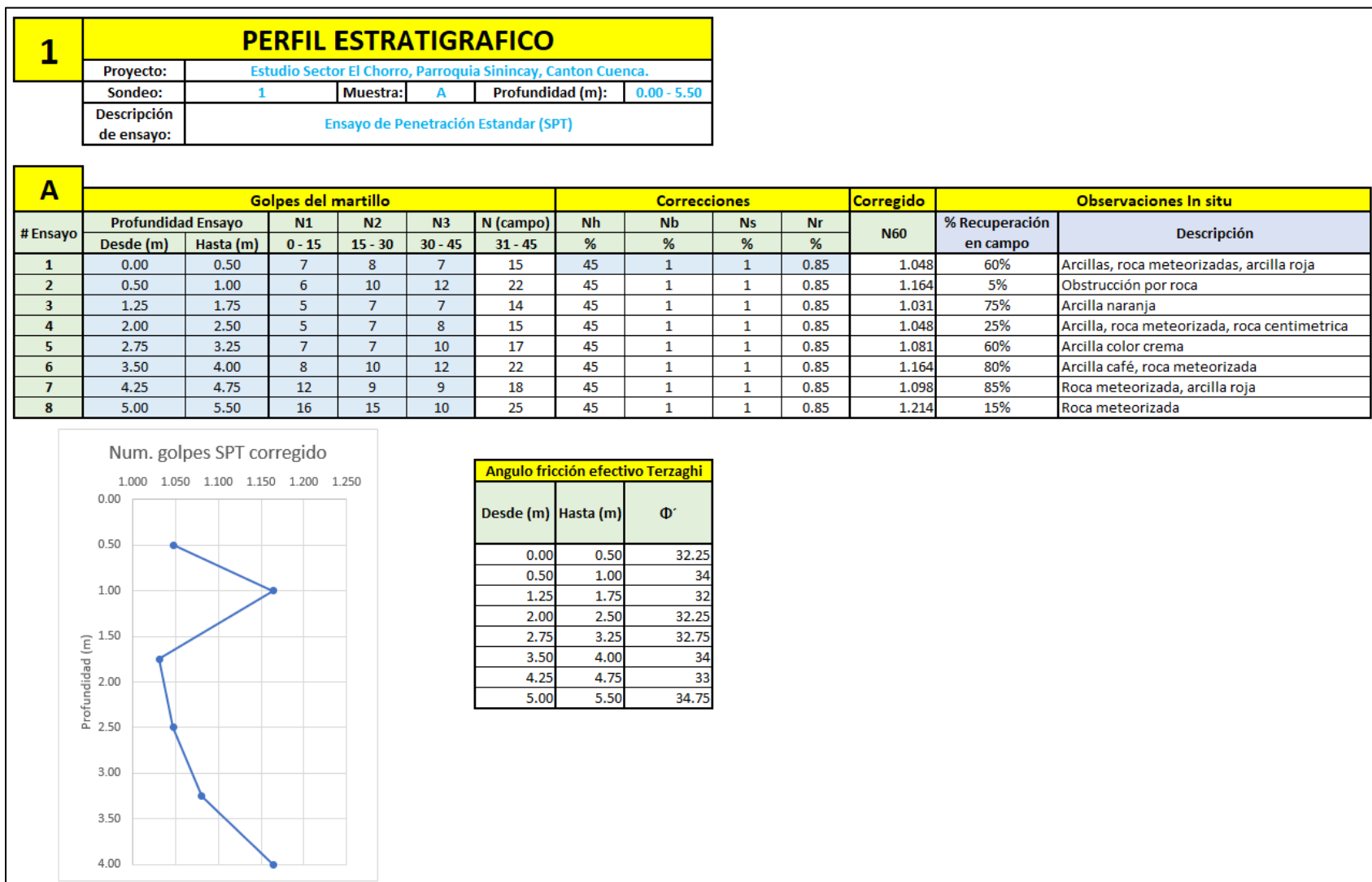
En toda la profundidad se encontró suelos arenosos, teniendo una clasificación según SUCS de un suelo SP – CH, que es una arena mal graduada con arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

La compacidad en este sondeo, se incrementa conforme se profundiza con un Número de golpes SPT desde 7 a 16.

En función de los resultados obtenidos, de las características morfológicas y geológicas de la zona, se puede indicar que el subsuelo del área estudiada está constituido por un estrato de suelos arenosos con arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

Perfil Estratigráfico Estribo A

Figura 28 – Perfil Estratigráfico – Estribo A.

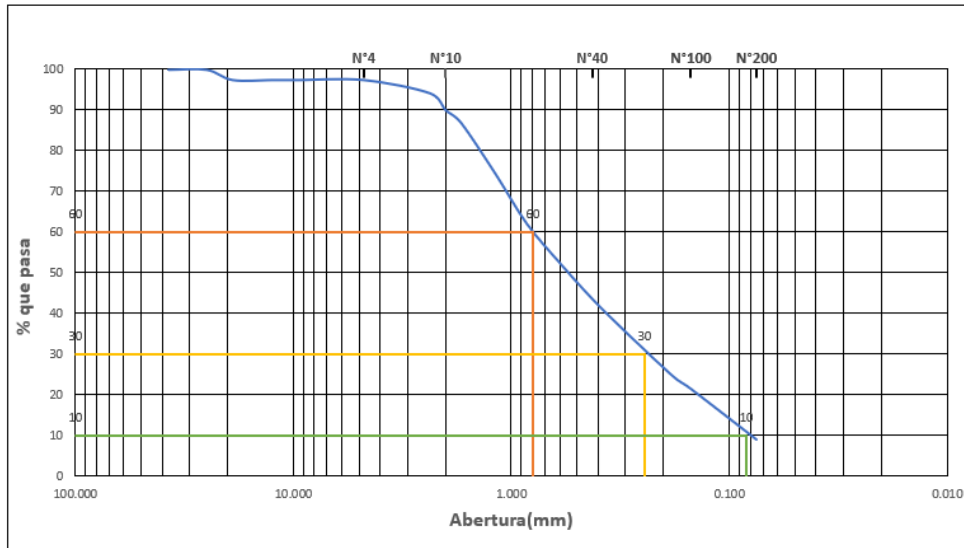


Nota: Estratigrafía - Estribo A. Fuente: propia.

Figura 29 – Clasificación de Suelos – Estribo A.

7	Clasificación de Suelos				
	Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.			
	Sondeo:	7	Muestra:	A7	Profundidad (m):
Descripción del material:		Roca meteorizada, arcilla roja			

TAMIZ (mm)		MASA RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PASANTE ACUMULADO (%)		
N°	mm					% gravas	% arenas
1 1/2	37.5	0	0	0	100		
1"	25	0	0.00	0	100.00		
3/4"	19	17	2.52	17	97.48		
1/2"	12.5	0	0.00	17	97.48	2.52	
3/8"	9.5	0	0.00	17	97.48		85.01
N° 4	4.75	0	0.00	17	97.48		12.46
N° 8	2.36	22	3.26	39	94.21		
N° 10	2	28	4.15	67	90.06		
N° 12	1.7	21	3.12	88	86.94		
N° 16	1.18	85	12.61	173	74.33		
N° 20	0.85	82	12.17	255	62.17		
N° 30	0.6	65	9.64	320	52.52		
N° 40	0.425	60	8.90	380	43.62		
N° 50	0.3	54	8.01	434	35.61		
N° 80	0.18	75	11.13	509	24.48		
N° 100	0.15	20	2.97	529	21.51		
N° 200	0.075	84	12.46	613	9.05		
FONDO		61	9.05	674	0.00		
MASA TOTAL		674	100				



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.797
D30 (mm)	0.245
D10 (mm)	0.084

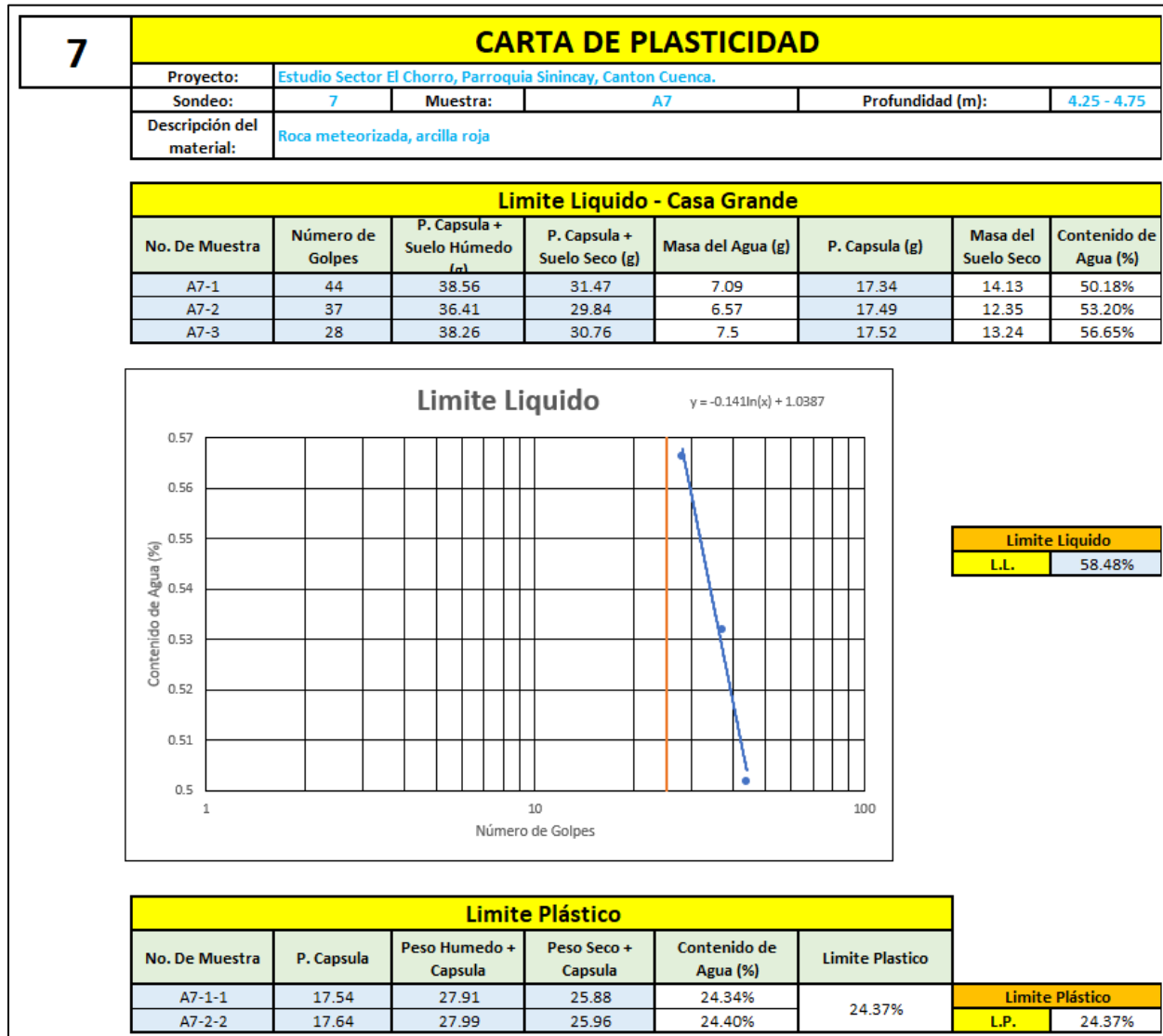
Coeficiente de Uniformidad	
Cu	9.534

Coeficiente de Gradación	
Cc	0.901

Comentarios: SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO

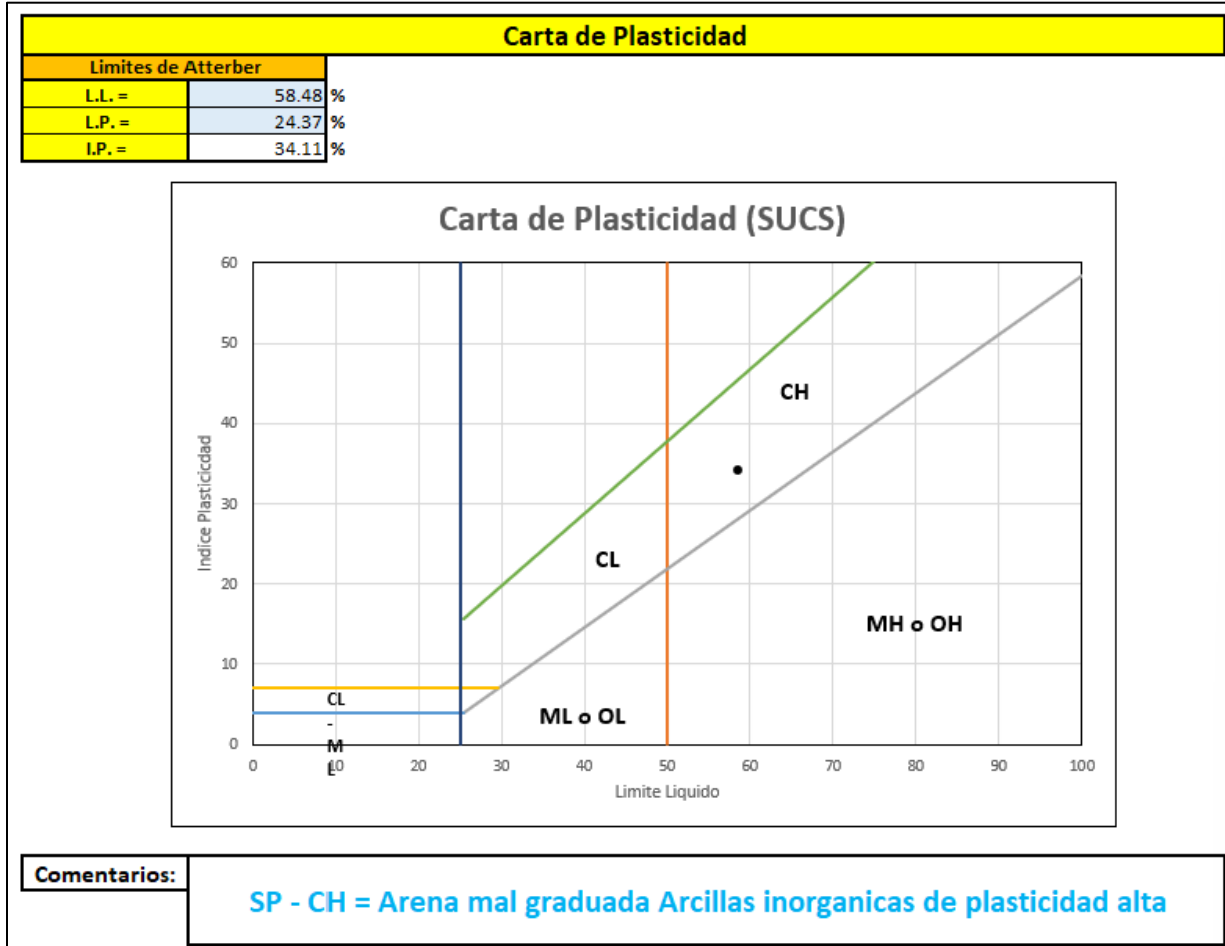
Nota: Clasificación según SUCS - Estribo A. Fuente: propia.

Figura 30 – Límites de Atterberg – Estribo A.



Nota: Clasificación según SUCS - Estribo A. Fuente: propia.

Figura 31 – Clasificación de Suelo – Estribo A.



Nota: Clasificación según SUCS - Estribo A. Fuente: propia.

4.2.2 Sondeo P2 – Estribo B

La exploración del estribo B llegó hasta una profundidad de 4.25m.

En la toma de la muestra B6 a una profundidad de 3.25m a 4.25m, se produce rechazo al ensayo SPT, esto debido a que se encontró roca firme la cual produjo que el ensayo se detuviera, Según recomendaciones NEC2015, los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales según criterio del ingeniero geotécnico.

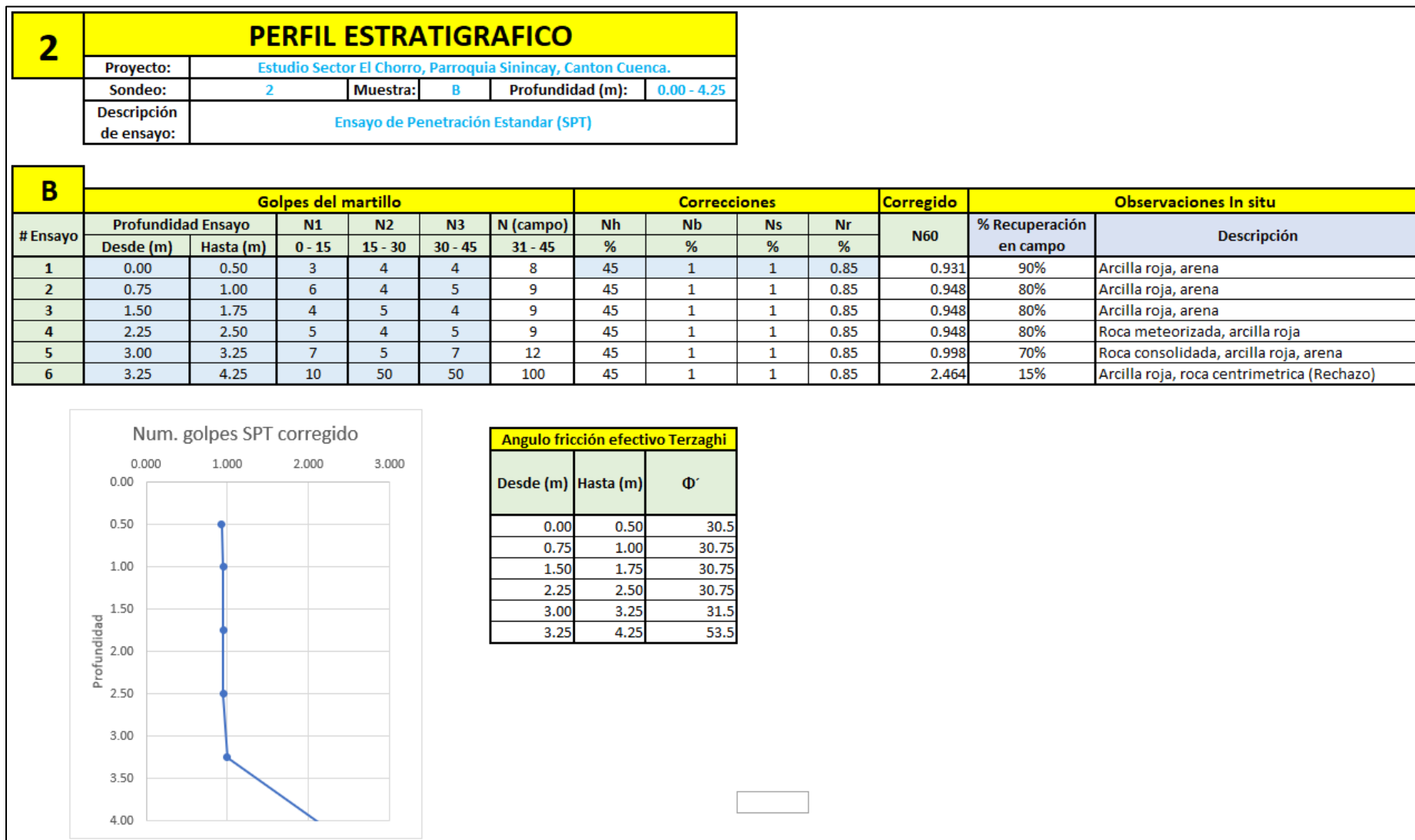
En toda la profundidad se encontró suelos arenosos, teniendo una clasificación según SUCS de un suelo SP – MH, que es una arena mal graduada con arcillas inorgánicas de alta plasticidad

La compacidad en este sondeo, se incrementa conforme se profundiza con un Número de golpes SPT desde 3 a 50.

En función de los resultados obtenidos, de las características morfológicas y geológicas de la zona, se puede indicar que el subsuelo del área estudiada está constituido por un estrato de suelos arenosos con arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

Perfil Estratigráfico Estribo B

Figura 32 – Perfil Estratigráfico – Estribo B.



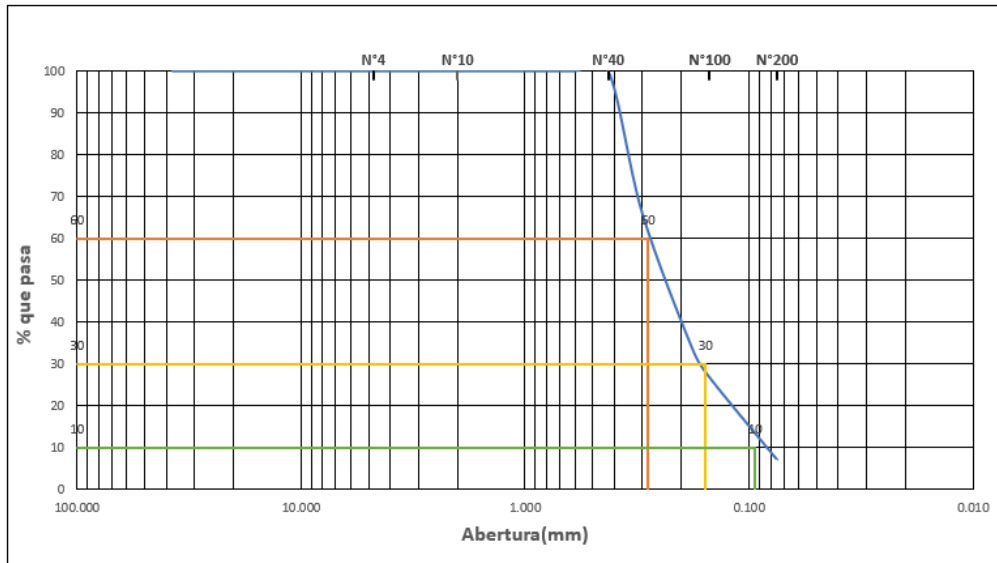
Nota: Estratigrafía - Estribo B. Fuente: propia.

Figura 33 – Clasificación de Suelos – Estribo B.

4	Clasificación de Suelos				
	Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.			
	Sondeo:	4	Muestra:	B4	Profundidad (m):
Descripción del material:		Roca meteorizada con arcilla roja			

TAMIZ (mm)		MASA RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PASANTE ACUMULADO (%)
N°	mm				
1 1/2	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0.00	0	100.00
3/4"	19	0	0.00	0	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0	100.00
3/8"	9.5	0	0.00	0	100.00
N° 4	4.75	0	0.00	0	100.00
N° 8	2.36	0	0.00	0	100.00
N° 10	2	0	0.00	0	100.00
N° 12	1.7	0	0.00	0	100.00
N° 16	1.18	0	0.00	0	100.00
N° 20	0.85	0	0.00	0	100.00
N° 30	0.6	0	0.00	0	100.00
N° 40	0.425	0	0.00	0	100.00
N° 50	0.3	19	33.93	19	66.07
N° 80	0.18	18	32.14	37	33.93
N° 100	0.15	4	7.14	41	26.79
N° 200	0.075	11	19.64	52	7.14
FONDO		4	7.14	56	0.00
MASA TOTAL		56	100		

% gravas	0.00
% arenas	80.36
% finos	19.64



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.283
D30 (mm)	0.156
D10 (mm)	0.094

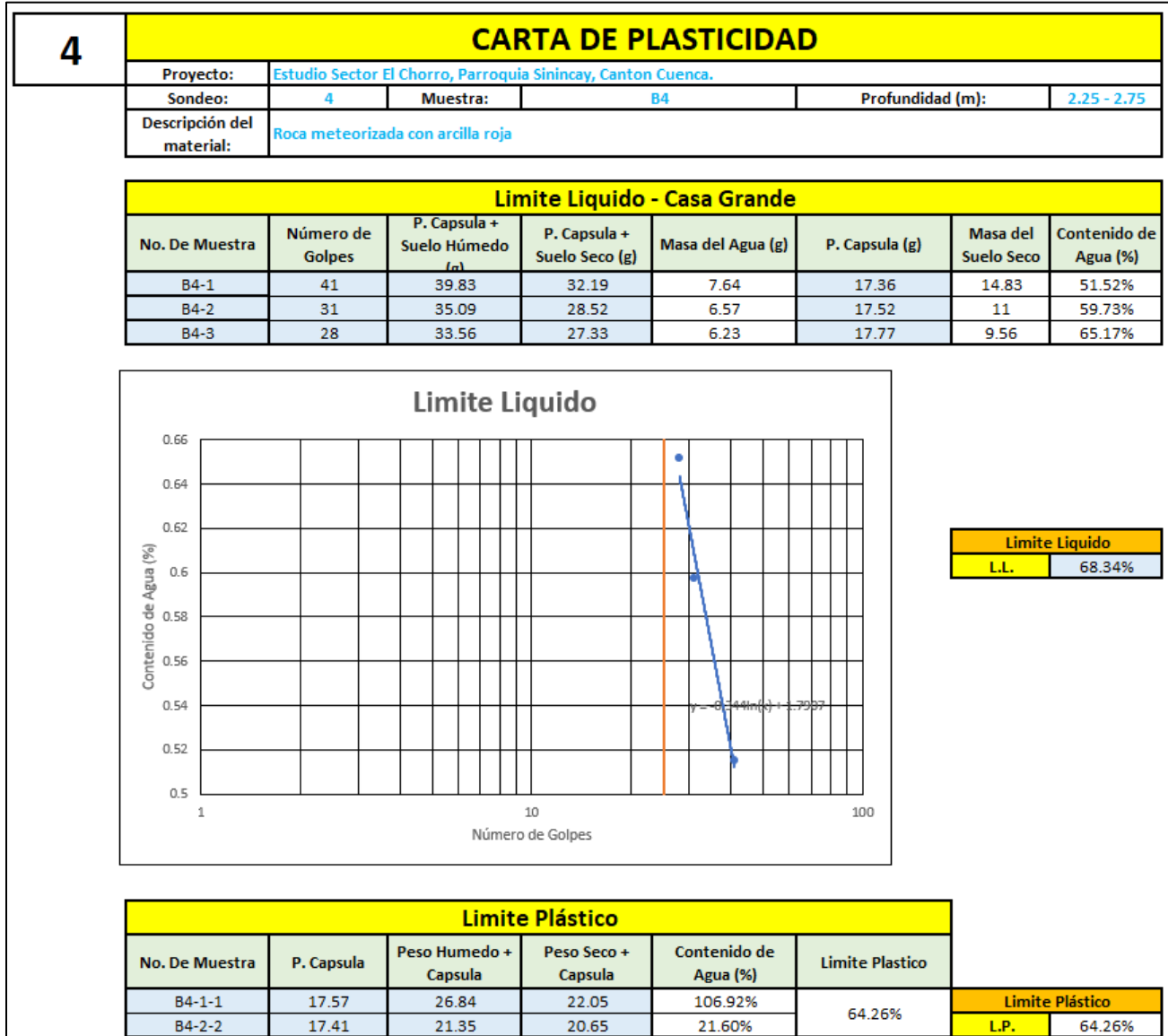
Coeficiente de Uniformidad	
Cu	3.004

Coeficiente de Gradación	
Cc	0.920

Comentarios: SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO

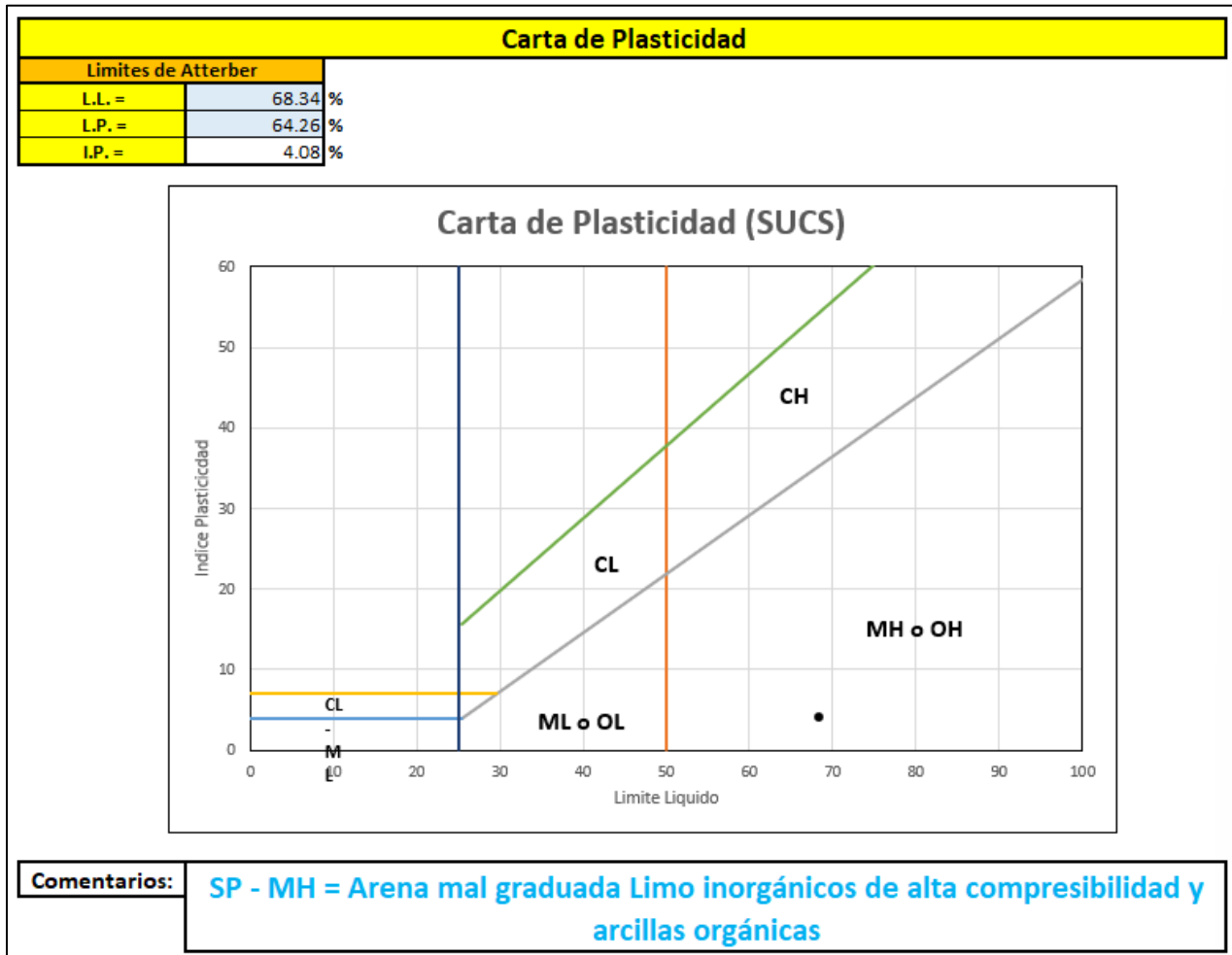
Nota: Clasificación según SUCS - Estribo B. Fuente: propia.

Figura 34 – Límites de Atterberg – Estribo B.



Nota: Clasificación según SUCS - Estribo B. Fuente: propia

. Figura 35 – Clasificación de Suelo – Estribo B

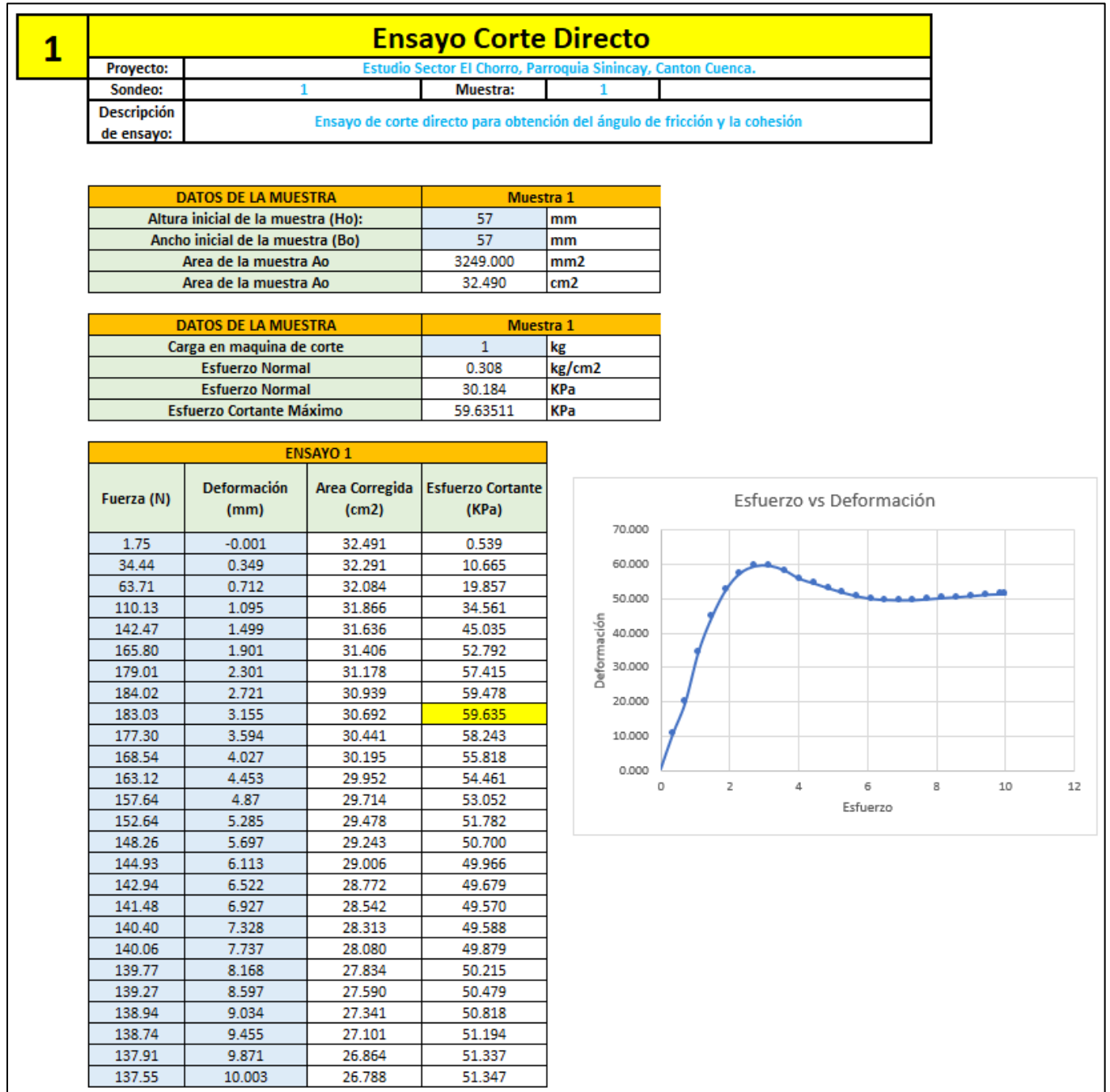


Nota: Clasificación según SUCS - Estribo B. Fuente: propia.

4.2.3 Parámetros obtenidos del suelo

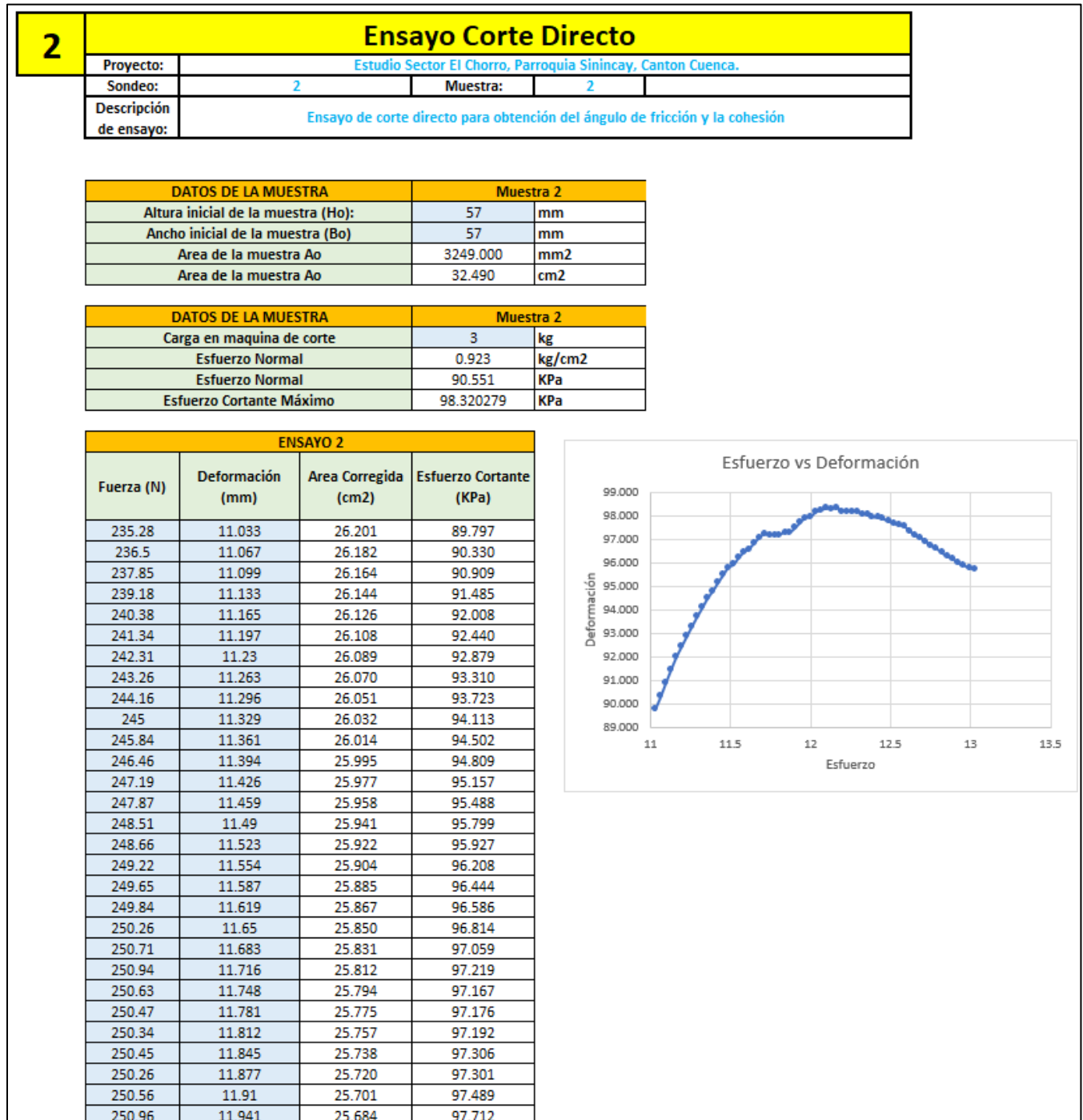
Para la obtención del ángulo de fricción y cohesión, se analizan los datos del ensayo de corte. .

Figura 36 – Ensayo 1 - Corte Directo



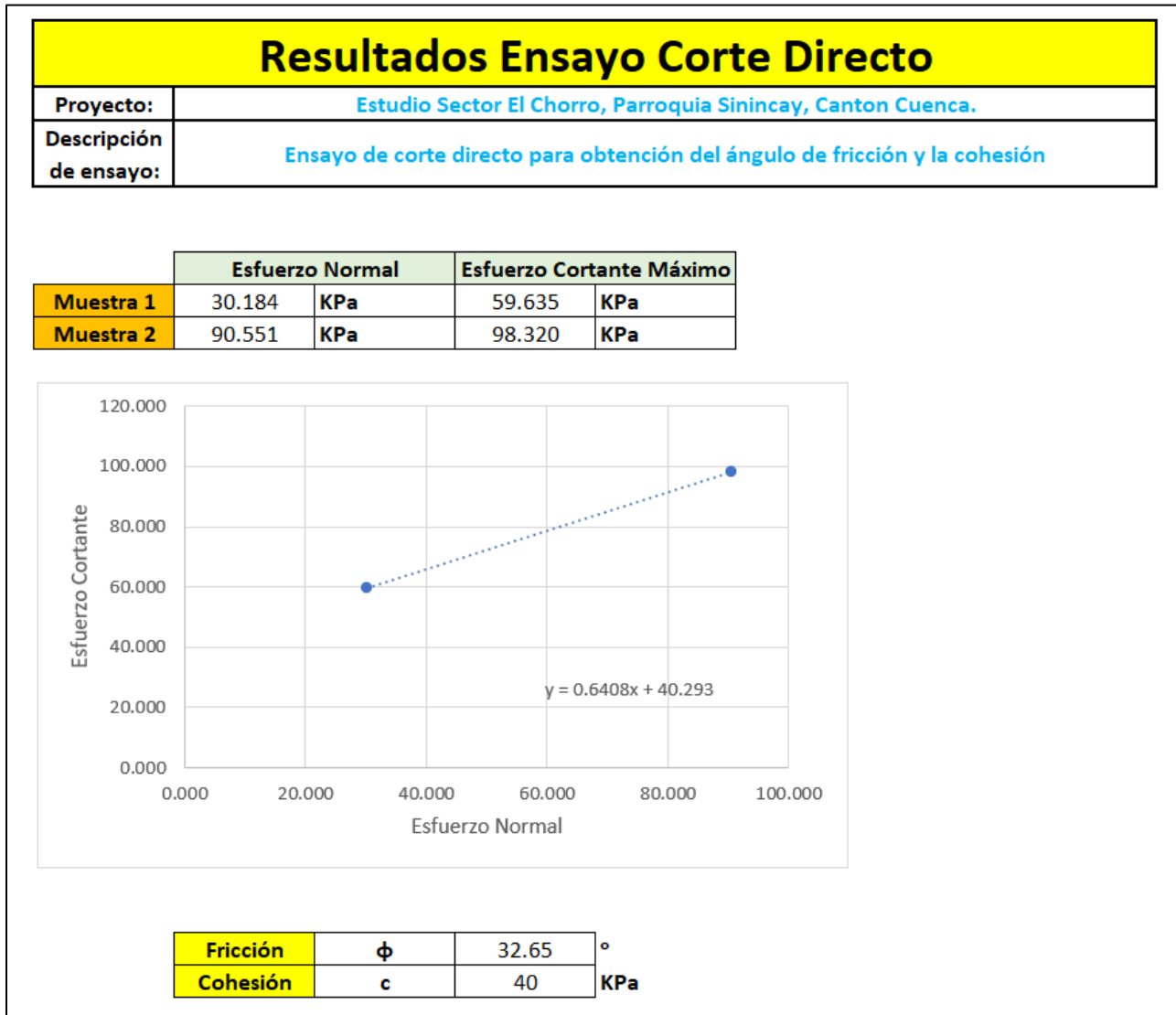
Nota: Ensayo de Corte Directo. Fuente: propia.

Figura 37 – Ensayo 2 - Corte Directo



Nota: Ensayo de Corte Directo. Fuente: propia.

Figura 38 – Resultados de ensayo Corte Directo



Nota: Corte Directo. Fuente: propia.

Para determinar los parámetros resistentes del suelo donde se asentarán los estribos, se recurre a la ecuación de Terzaghi:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot b \cdot N_y \cdot s_y$$

q_u : capacidad de carga

c: cohesión y peso específico del suelo.

Df: Profundidad de la cimentación.

$$q = \gamma * Df$$

b: ancho de la zapata

Nc, Nq, N γ : Factores dependen del ángulo de fricción del suelo

sc, s γ : Factores dependen de la forma del cimient.

Figura 39 – Capacidad de carga Terzaghi

CAPACIDAD DE CARGA - METODO DE TERZAGHI			
DATOS			
γ_{suelo}	16	Kn/m ³	
ϕ	32.65	°	
c	40	Kn/m ²	
B	3.5	m	
Df	5.5	m	
fs	3.5		
q	88.00	Kn/m ²	$q = Df * \gamma_{suelo}$
Coefficientes de Reducción			
ϕ'	23.13	°	$\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3} * \tan\phi\right)$
c'	26.67	Kn/m ²	$c' = \frac{2}{3} * c$
TIPO DE FALLA			
GENERAL	LOCAL		
a	a'		
3.770	2.510		
Factores de Capacidad de Carga			
$b = -250,5\phi^6 + 663,9\phi^5 - 715,3\phi^4 + 389,6\phi^3 - 108,3\phi^2 + 18,115\phi + 0,003063$			
Nq	Nq'	$N_q = \frac{a^2}{2a \cdot \cos^2(45 + \phi/2)}$	b b'
30.87	10.38		3.140 2.334
Nc	Nc'	$a = e^{(0,75 \pi - \phi/2) \tan \phi}$	Coefficiente de empuje pasivo
46.62	21.95		$K_{py} = b * \tan^2\left(45 + \frac{\phi + 33}{2}\right)$
Nγ	Nγ'	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	Kpy Kpy'
30.17	6.15	$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$	67.466 25.180

Nota: Capacidad por Terzaghi. Fuente: propia.

Figura 40 – Carga última y admisible / Terzaghi

Factores de forma			
Factor de forma "s _j "	Continua	Circular	Cuadrada
s _c	1.0	1.3	1.3
s _γ	1.0	0.6	0.8

Sc	1.0
Sy	1.0

Capacidad carga última		
TIPO DE FALLA		
GENERAL	LOCAL	
qu	qu'	
5426.10	1670.48	KN/m ²

Capacidad carga admisible		
TIPO DE FALLA		
GENERAL	LOCAL	
qadm	qadm'	
1550.31	477.28	KN/m ²

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

$$q_{adm.} = \frac{q_u}{F_s}$$

Nota: Capacidad por Terzaghi. Fuente: propia.

También utilizaremos los parámetros resistentes del suelo con la ecuación de Meyerhof:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

$$q_u = c N_c s_c d_c + q^* N_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

qu: capacidad de carga

c: cohesión γ peso específico del suelo.

q= γ *Df

b: ancho de la zapata

Nc,Nq,N γ : Factores dependen del ángulo de fricción del suelo

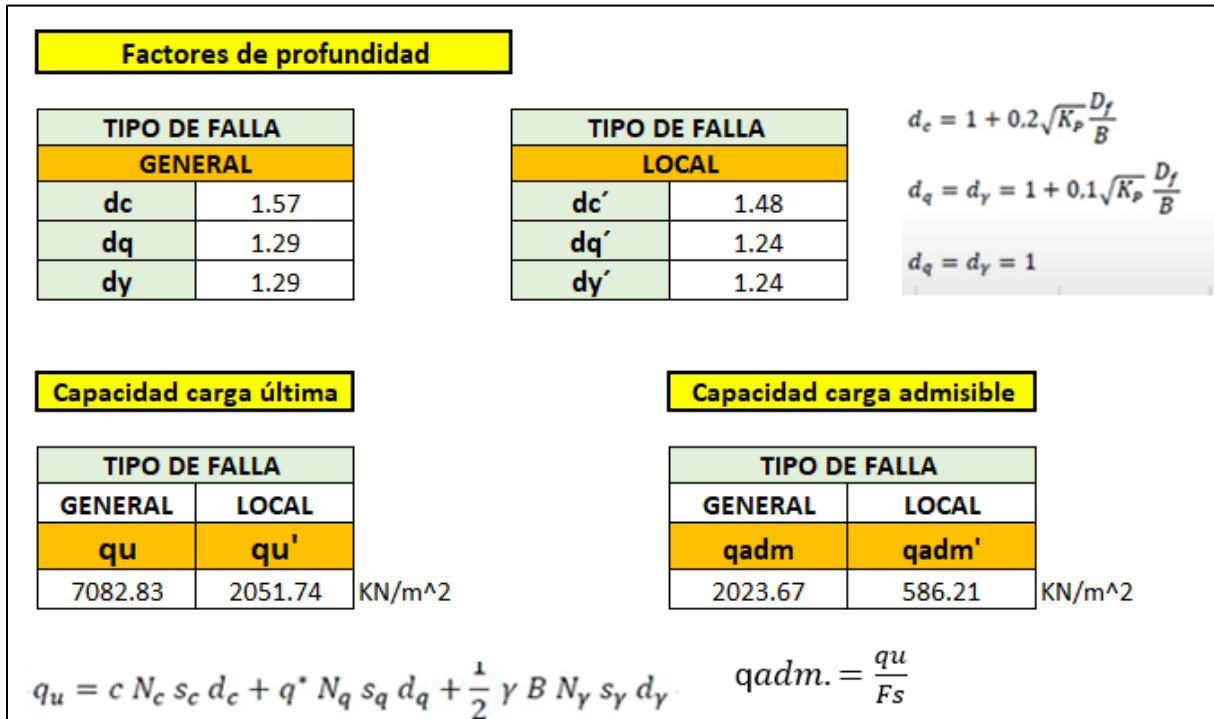
sc,sq, s γ : Factores dependen de la forma del cimiento.

Figura 41 – Capacidad de carga Meyerhof

CAPACIDAD DE CARGA - METODO DE MEYERHOF			
DATOS			
γ_{suelo}	16	Kn/m ³	
ϕ	32.65	°	
c	40	Kn/m ²	
B	3.5	m	
L	9.9	m	
D_f	5.5	m	
f_s	3.5		
q	88.00	Kn/m ²	$q = D_f * \gamma_{\text{suelo}}$
Coefficientes de Reducción			
ϕ'	23.13	°	$\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3} * \tan\phi\right)$
c'	26.67	Kn/m ²	$c' = \frac{2}{3} * c$
Factores de Capacidad de Carga			
N_q	N_q'		
25.03	8.78		$N_q = e^{\pi \tan\phi} \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$
N_c	N_c'		
37.50	18.21		$N_c = (N_q - 1) \cot\phi$
N_y	N_y'		
24.63	4.93		$N_y = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Factores de forma			
K_p	K_p'		
3.343	2.294		$\left[K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)\right]$
TIPO DE FALLA GENERAL		TIPO DE FALLA LOCAL	
S_c	1.24	S_c'	1.16
S_q	1.12	S_q'	1.08
S_y	1.12	S_y'	1.08
		$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}$	Para cualquier ϕ
		$s_q = s_y = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$	Para $\phi > 10^\circ$
		$s_q = s_y = 1$	Para $\phi = 0^\circ$

Nota: Capacidad por Meyerhof. Fuente: propia.

Figura 42 – Carga última y admisible / Meyerhof

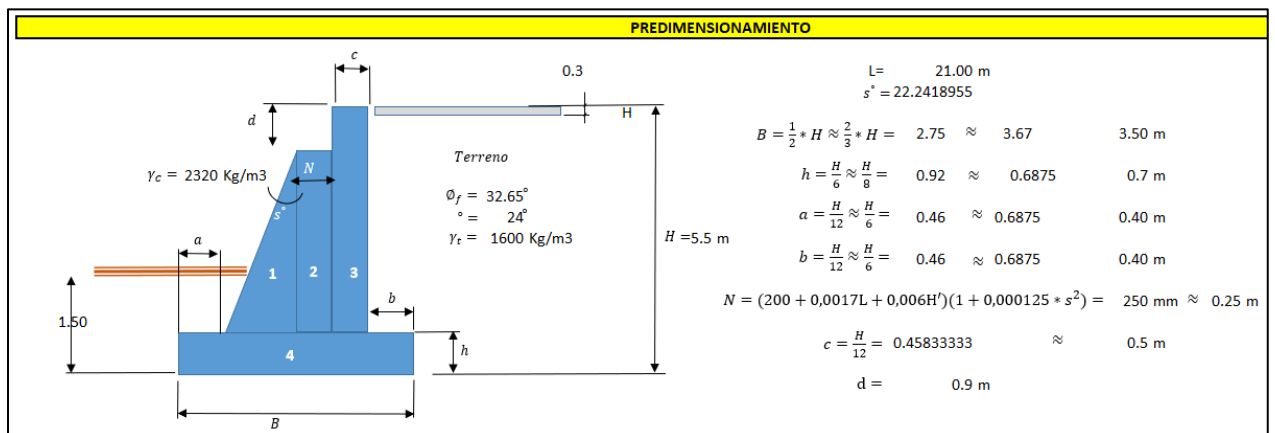


Nota: Capacidad por Meyerhof. Fuente: propia.

4.2.4 Diseño de muro de gravedad AASTHO.

Para el diseño de este elemento se realiza una estimación inicial de predimensionamiento para poder incluir los demás parámetros que establece la normativa AASHTO.

Figura 43 – Predimensionamiento muro

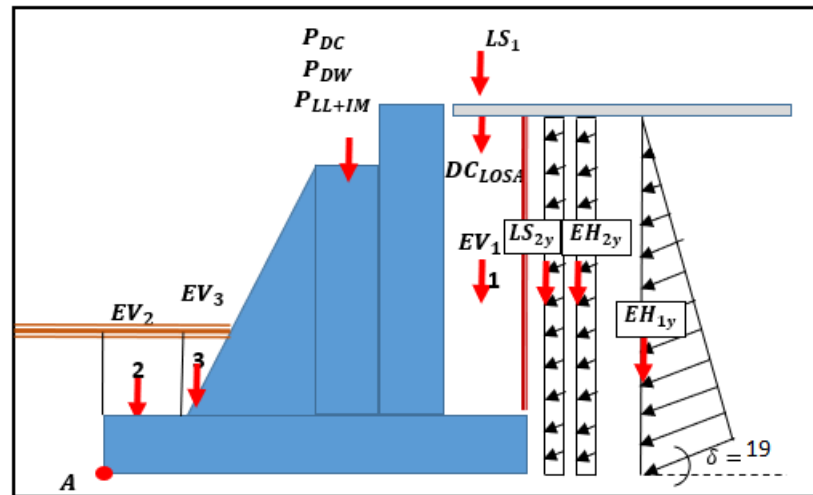


Nota: Muro de Gravedad. Fuente: propia.

Con estos parámetros iniciales se procede a realizar las estimaciones de las cargas verticales y horizontales con las implicaciones de los empujes activos y pasivos en el estribo.

Para el predimensionamiento se toma en cuenta el cálculo de cargas realizado en el trabajo de titulación denominado “Diseño estructural de un puente con vigas metálicas para la comunidad El Chorro de la parroquia Sinincay, perteneciente al cantón cuenca.”

Figura 44 –Cargas verticales aplicadas.



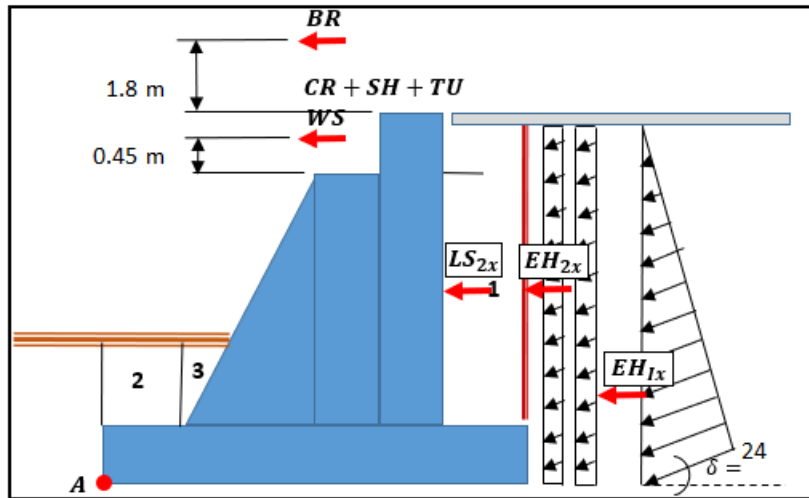
Nota: Cargas aplicadas. Fuente: Gordillo, D. Pesantez, J. (2024)

Figura 45 –Cargas verticales.

CARGAS VERTICALES				
CARGA	TIPO	V(Kg/m)	Xa (m)	Mv (Kg-m/m)
DC_{ESTR}	DC	23919	2.05	48918
DC_{LOSA}	DC	209	3.3	689
P_{DC}	DC	7000	2.30	16100
P_{DW}	DW	800	2.3	1840
EV	EV	3601	2.70	9713
EH_{1y}	EH	2356	3.50	8246
EH_{2y}	EH	394	3.50	1380
P_L	LL	7250	2.3	16675
LS_1	LS	384	3.3	1267
LS_{2y}	LS	725	3.50	2537
$\Sigma \square$		46639		107366

Nota: Cargas verticales. Fuente: Gordillo, D. Pesantez, J. (2024)

Figura 46–Cargas horizontales aplicadas.



Nota: Cargas horizontales aplicadas. Fuente: Gordillo, D. Pesantez, J. (2024)

Figura 47 – Combinaciones de carga.

COMBINACIONES DE CARGA										
ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSy}	γ_{EH}	γ_{LSx}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$
Resistencia I	1.25	1.50	1.35	1.75	1.75	1.50	1.75	0.00	1.75	0.50
Resistencia III	1.25	1.50	1.35	0.00	0.00	1.50	0.00	1.40	0.00	0.50

CARGAS VERTICALES V_u											
TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		Σ
CARGA	DC_{ENTR}	DC_{LOVA}	P_{DC}	P_{DW}	EV	EH_{1y}	EH_{2y}	P_{LL+IM}	LS_x	LS_y	
Resistencia I	29899	261	8750	1200	4862	3534	591	12688	672	1269	63725
Resistencia III	29899	261	8750	1200	4862	3534	591	0	0	0	49097

MOMENTOS POR CARGAS VERTICALES M_u											
TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		Σ
CARGA	DC_{ENTR}	DC_{LOVA}	P_{DC}	P_{DW}	EV	EH_{1y}	EH_{2y}	P_{LL+IM}	LS_x	LS_y	
Resistencia I	61148	861	20125	2760	13113	12369	2069	29181	2218	4440	148284
Resistencia III	61148	861	20125	2760	13113	12369	2069	0	0	0	112445

Nota: Combinaciones de carga. Fuente: Gordillo, D. Pesantez, J. (2024)

Figura 48 – Cargas y momentos horizontales.

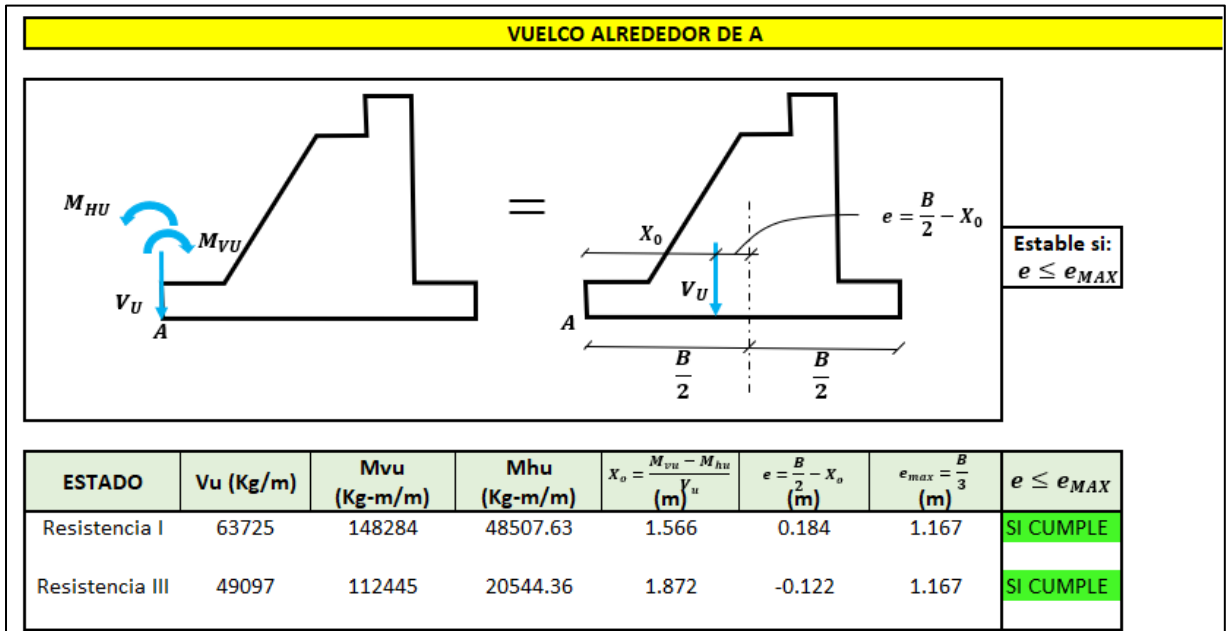
CARGAS HORIZONTALES V_u							
TIPO	EH		LS	WS	BR	$CR + SH + TU$	
CARGA	EH_{1x}	EH_{2x}	LS_{2x}	WS	BR	$CR + SH + TU$	Σ
Resistencia I	7938	1328	2849	0	2961	450	15526
Resistencia III	7938	1328	0	210	0	450	9926

MOMENTOS POR CARGAS HORIZONTALES M_u							
TIPO	EH		LS	WS	BR	$CR + SH + TU$	
CARGA	EH_{1x}	EH_{2x}	LS_{2x}	WS	BR	$CR + SH + TU$	Σ
Resistencia I	13759	3453	7408	0	21615	2273	48508
Resistencia III	13759	3453	0	1061	0	2273	20544

Nota: Cargas horizontales. Fuente: Gordillo, D. Pesantez, J. (2024)

Una vez contamos con las fuerzas y momentos actuantes, la normativa ASSTHO solicita la comprobación de cumplimiento de vuelco, deslizamiento y presión actuante.

Figura 49 – Vuelco alrededor de A.



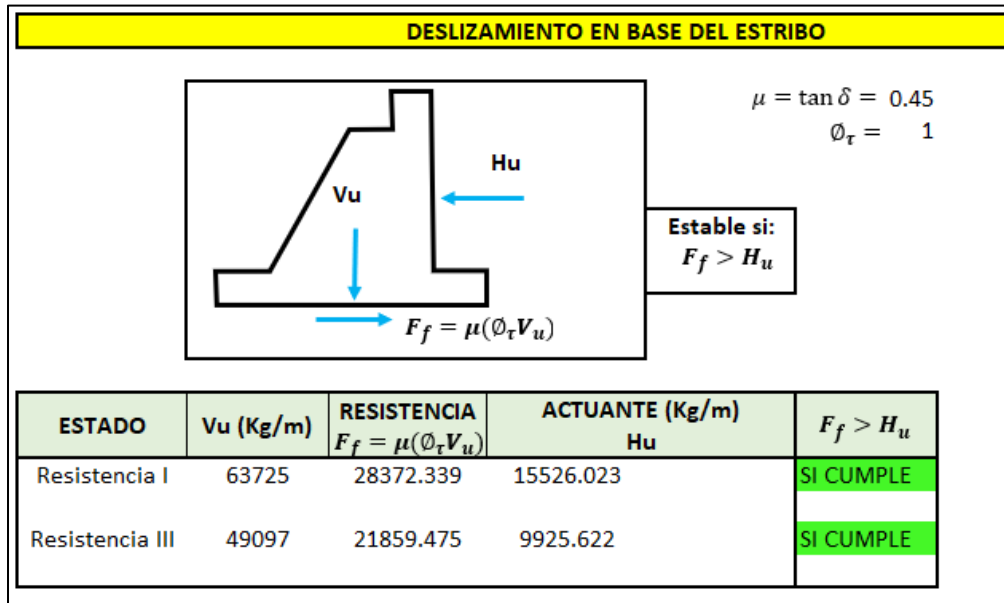
Nota: Vuelco alrededor de A. Fuente: propia.

Figura 50 – Factores de Carga.

Tipo de Carga, Fundación y Método Usado para Calcular Fricción Negativa (Downdrag)		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC: Elemento y Accesorios		1.25	0.90
DC: Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD: Downdrag	Pilotes, Método Tomlinson α	1.4	0.25
	Pilotes, Método λ	1.05	0.30
	Ejes perforados, Método O'Neil and Reese (1999)	1.25	0.35
DW: Superficies de Rodamiento e Instalaciones para Servicios		1.50	0.65
EH : Presión Horizontal del Terreno:			
• Activa		1.50	0.90
• En Reposo		1.35	0.90
• AEP para muros anclados		1.35	N/A
EL: Tensiones Residuales en Construcción		1.00	1.00
EV: Presión Vertical del Terreno			
• Estabilidad Global		1.00	N/A
• Muros de Sostenimiento y Estribos		1.35	1.00
• Estructura Rígida Enterrada		1.30	0.90
• Marcos Rígidos		1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas			
○ Alcantarillas Cajón Metálicas y de Placas Estructurales con Corrugaciones Profundas		1.5	0.9
○ Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
○ Todas las demás		1.95	0.9
ES: Sobrecarga de Suelo		1.50	0.75

Nota: factores de carga. Fuente: AASTHO. (2017)

Figura 51 – Deslizamiento en base del estribo



Nota: Deslizamiento en base del estribo. Fuente: propia.

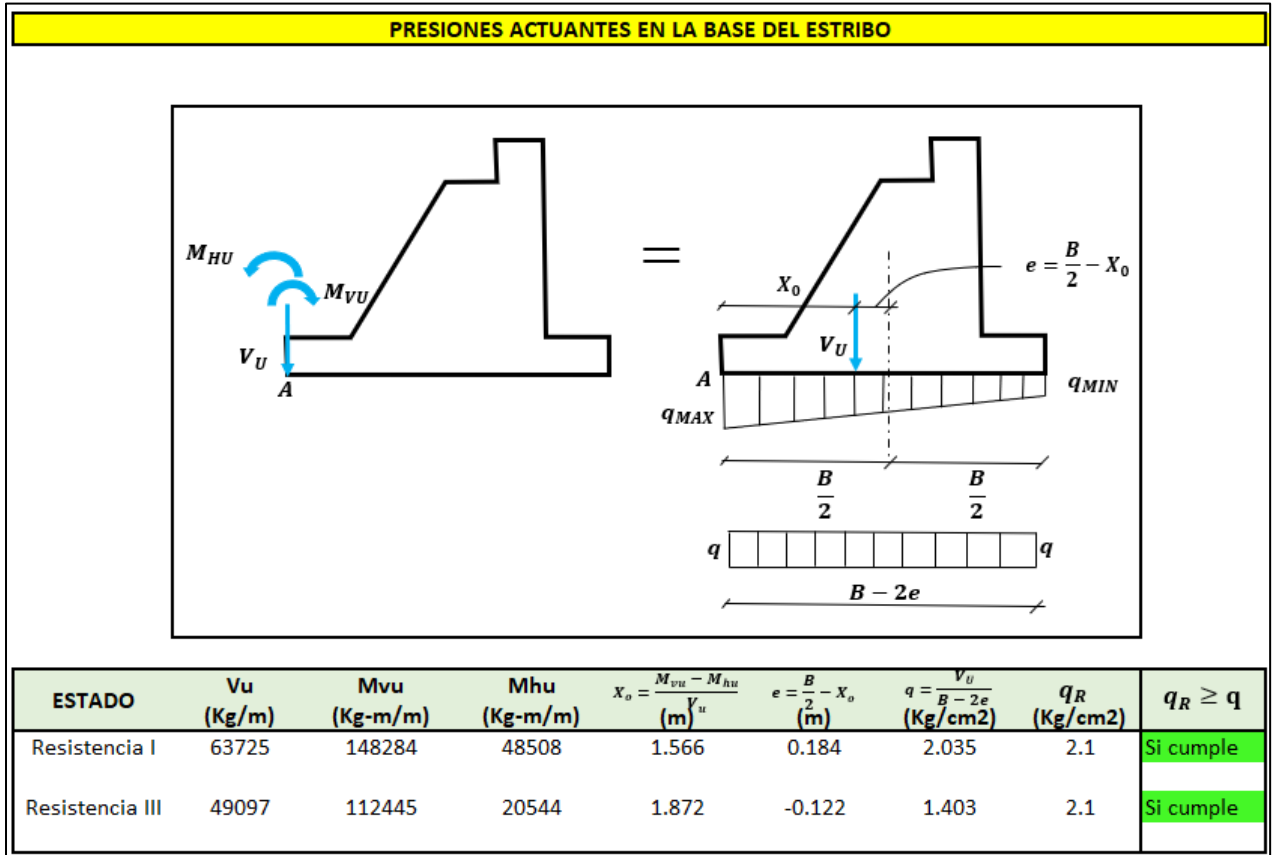
Figura 52 – Factores de resistencia en muros.

TIPO DE MURO Y CONDICIÓN		FACTOR DE RESISTENCIA
Muros tipo pantalla y muros anclados		
Capacidad de carga axial de los elementos verticales		Se aplica el artículo 10.5
Resistencia pasiva de los elementos verticales		0,75
Resistencia al arrancamiento de los anclajes ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos no cohesivos (granulares) • Suelos cohesivos • Roca 	0,65 ⁽¹⁾ 0,70 ⁽¹⁾ 0,50 ⁽¹⁾
Resistencia al arrancamiento de los anclajes ⁽²⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se realizan ensayos de verificación 	1,0 ⁽²⁾
Resistencia a la tracción de los tendones de anclaje	<ul style="list-style-type: none"> • Acero dulce (por ejemplo barras ASTM A 615M) • Acero de alta resistencia (por ejemplo barras ASTM A 722M) 	0,90 ⁽³⁾ 0,80 ⁽³⁾
Estabilidad general, falla del suelo		Se aplica el artículo 11.6.3.7
Capacidad flexional de los elementos verticales		0,90
Muros de tierra estabilizada mecánicamente, Muros de gravedad y de semi-gravedad		
Resistencia de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> • Muros de gravedad y semi-gravedad • Muros MSE 	0,55 0,65
Deslizamiento		1,00
Resistencia a la tracción de los refuerzos metálicos y sus conectores	Refuerzos en forma de faias ⁽⁴⁾ Refuerzos en forma de grilla ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	0,75 0,65
Resistencia a la tracción de los refuerzos geosintéticos y sus conectores	<ul style="list-style-type: none"> • Geotextiles y refuerzos geogrillas • Refuerzos geofajas 	0,80 0,55
Resistencia al arrancamiento de los refuerzos metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzos de faja de acero • Refuerzos de grilla de acero 	0,90 0,90
Resistencia al arrancamiento de los refuerzos geosintéticos	<ul style="list-style-type: none"> • Geotextiles y geogrillas • Refuerzos de geofajas 	0,70 0,70
En Servicio, para falla del suelo usando el método de las rigideces		1,00
Estabilidad general y compuesta, falla del suelo		Se aplica el artículo 11.6.3.7
Muros modulares prefabricados		
Capacidad de carga		Se aplica el artículo 10.5
Resbalamiento		Se aplica el artículo 10.5

Nota: factores de resistencia en muros. Fuente: AASTHO. (2017)

En el presente trabajo el suelo es no rocoso, por lo que tendremos una distribución uniforme de presiones en la base extendida en (B-2e).

Figura 53 – Presiones actuantes en la base del estribo



Nota: Presiones actuantes en base estribo. Fuente: propia.

5 Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Geotécnicamente se determinó en toda la profundidad alcanzada, la presencia de una matriz de areno-arcilloso de alta plasticidad, de colores blanquecinos y café oscuro.

Estos suelos son clasificados por la SUCS como SP – CL y SP - MH.

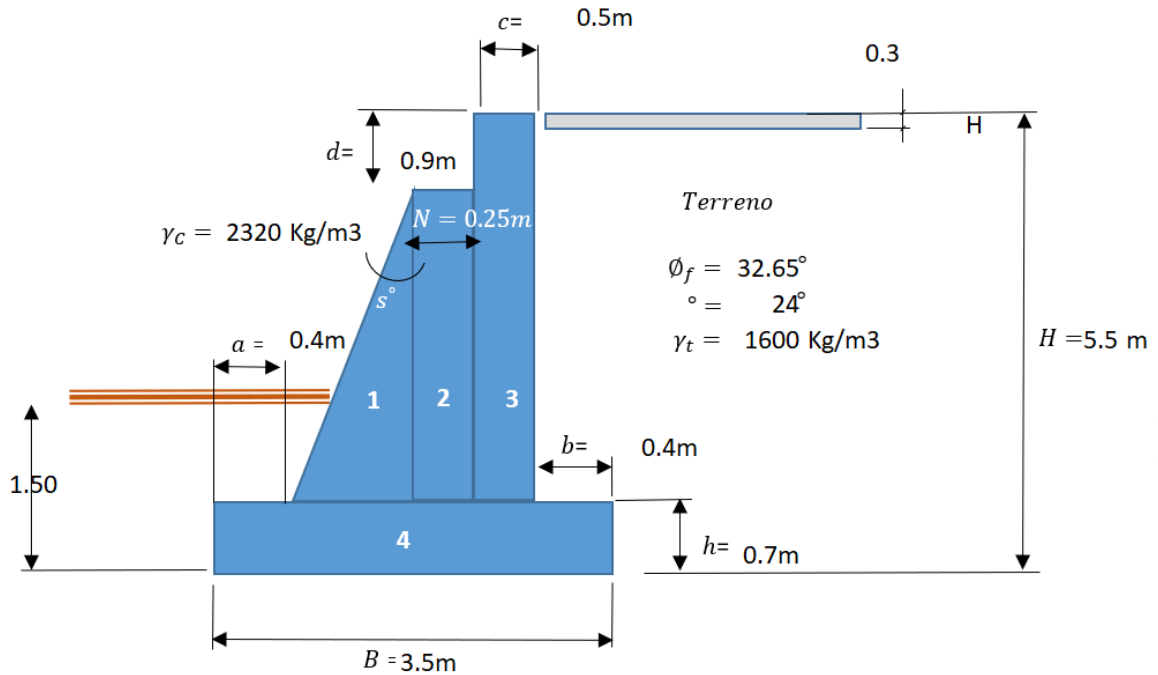
Los sondeos se realizaron en el mes de octubre donde históricamente corresponde a una época seca, y en estas condiciones no se detectó la presencia de nivel freático. Sin embargo, en época de invierno, el nivel freático coincidirá con el espejo de agua del río.

Según los datos obtenidos y entregados, la luz del puente tendrá una distancia de 21m con un ancho total de 9.90m y una altura desde la cimentación de 5.5m, teniendo así la circulación de 2 carriles de 3.6m por cada sentido y un uso peatonal de 1.20m de vereda.

Para el predimensionamiento del muro de gravedad, se toma como referencia los datos iniciales de cargas y distancias obtenidas en el trabajo de titulación “Diseño estructural de un puente con vigas metálicas para la comunidad El Chorro de la parroquia Sinincay, perteneciente al Cantón Cuenca.”

Se determinó que el muro de gravedad cumple contra el deslizamiento, vuelco y presiones actuantes, obteniendo un muro de gravedad con las siguientes dimensiones:

Figura 54 – Dimensiones muro de gravedad.



Los ensayos para obtener la tipología del suelo, nos dio un ángulo de fricción de 32.65° y la cohesión es de 40 KPa .

La profundidad de cimentación deberá ser evaluada y validada con el correspondiente estudio Hidrológico, comprobando que las socavaciones no afecten las condiciones de capacidad

admisible del suelo bajo los estribos, en este caso se deberá diseñar obras de protección para evitar patologías por la socavación.

El prediseño de la cimentación cumple con los parámetros de deslizamiento, volcamiento y presiones actuantes.

Para tener un análisis profundo de la geodinámica externa, es importante tener un estudio hidrológico, ya que este estudio contiene datos importantes que se deben de tener en cuenta para el diseño de un puente.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que, durante la construcción del puente, un ingeniero geotécnico y geológico este directamente ligado al proyecto.

Un estudio hidrológico complementario es esencial para este proyecto, para así garantizar la funcionalidad efectiva del puente con la optimización de recursos.

Con el estudio hidrológico se recomienda verificar las socavaciones que se puedan presentar en las cimentaciones.

Se recomienda realizar los ensayos de in situ con un especialista geotécnico, ya que es importante la correcta instalación de los equipos tanto en capo como en laboratorio.

6 Referencias

- Aguinaga, H. (2019). *Estudio de la socavación en los estribos del puente Cascajal- Olmos ante máximas avenidas* [Técnico]. Universidad Señor de Sipán.
- Aguirre, V., & Yopez, S. (2019). *MANUAL DE LABORATORIO PARA LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS*. [Técnica]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Braja M. Das, & Khaled Sobhan. (2013). *Priinciples of Geotechnical Engineering* (Eighth edition). Cengage Learning.
- Chiluisa, J., Blanc, F., & Gómez, J. (2015). *NEC-SE-GC Geotécnia y Cimentaciones* (1era edición). INEN.
- O'Kelly, B. C. (2021). Review of Recent Developments and Understanding of Atterberg Limits Determinations. *Geotechnics*, 1(1), 59–75. <https://doi.org/10.3390/geotechnics1010004>
- Pomaquiza, L., & Solórsano, L. (2014). *ESTUDIO GEOTÉCNICO Y ANÁLISIS DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE LA CIMENTACIÓN DEL PUENTE NORCAY*. [Técnico]. Universidad de Cuenca.
- Ramon, Á. (2023). *CORRELACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS MASW y CBR PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN SUELO GRANULAR EN EL SECTOR DE CHALLUABAMBA* [Técnico]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Rodríguez, A. (2022). *Puentes con AASHTO LRFD 2020* (9th Edition).
- Torres, E. (2013). *Diseño de puentes. Interpretación del código AASHTO* (1era. edición). Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Vasquez, N. C., Bellido, I. B., Chipana, R. K. M., & Villegas, D. N. V. (2021). Soil Analysis for the Execution of the Foundations. *2021 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/EIRCON52903.2021.9613661>

7 Anexos

Anexo 1 - Ensayo de campo, toma de muestras con SPT Estribo A.



Anexo 2 - Muestras obtenidas del ensayo SPT Estribo A





Anexo 3 - Ensayo de campo, toma de muestras con SPT Estribo B.



Anexo 4 - Muestras obtenidas del ensayo SPT Estribo B



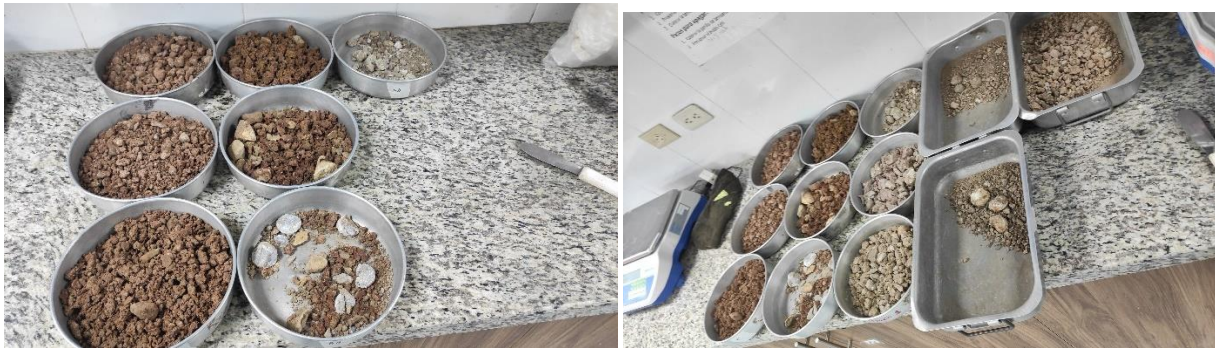
Anexo 5 - Cálculo de humedad en estribo A y B.



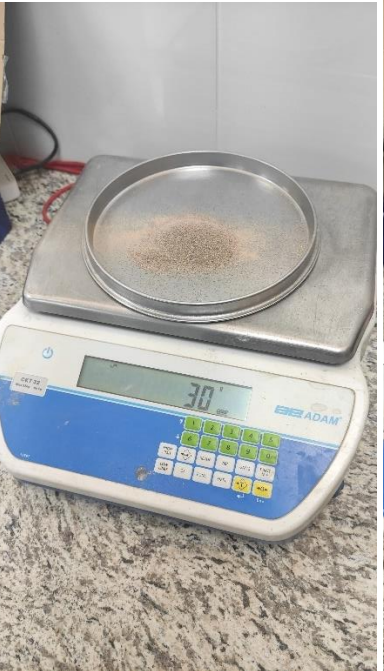




Anexo 6 - Secado de material obtenido en ensayos SPT, estribos A y B



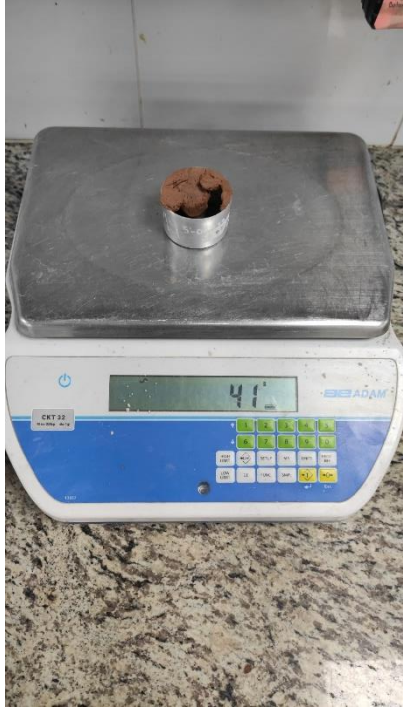
Anexo 7 - Ensayos de granulometría para clasificación, estribos A y B,

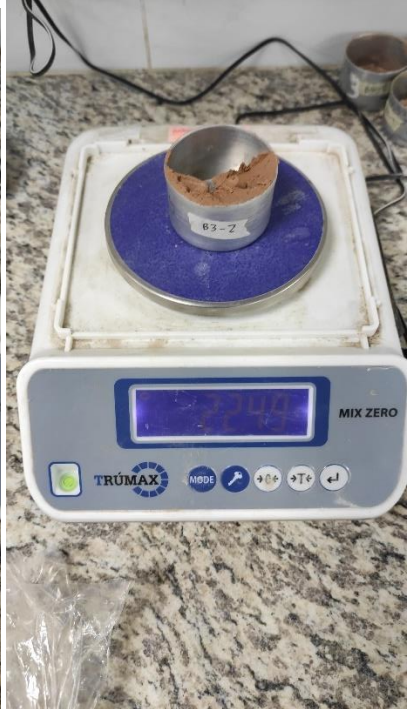


Anexo 8 - Ensayos de casagrande, estribos A y B,









Anexo 9 - Secado de muestras de ensayo casagrande, estribos A y B,







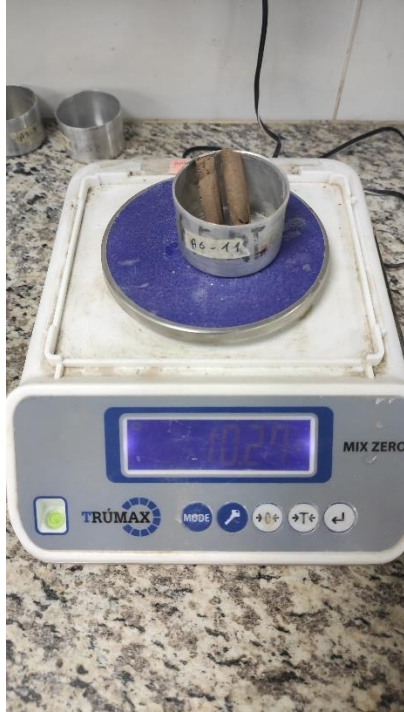




Anexo 10 - Ensayo de lombrices para limite plástico, estribos A y B,



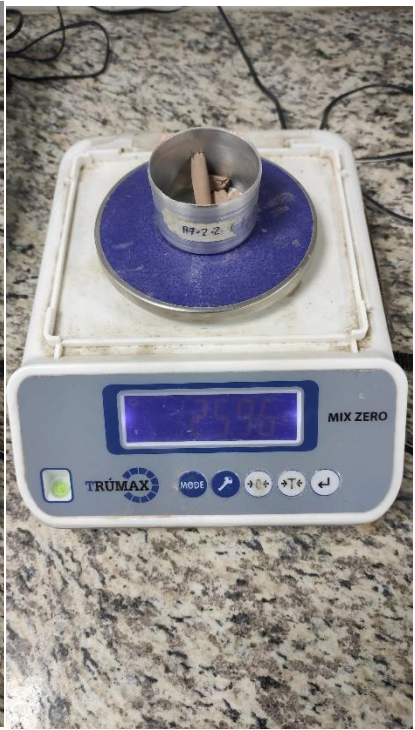






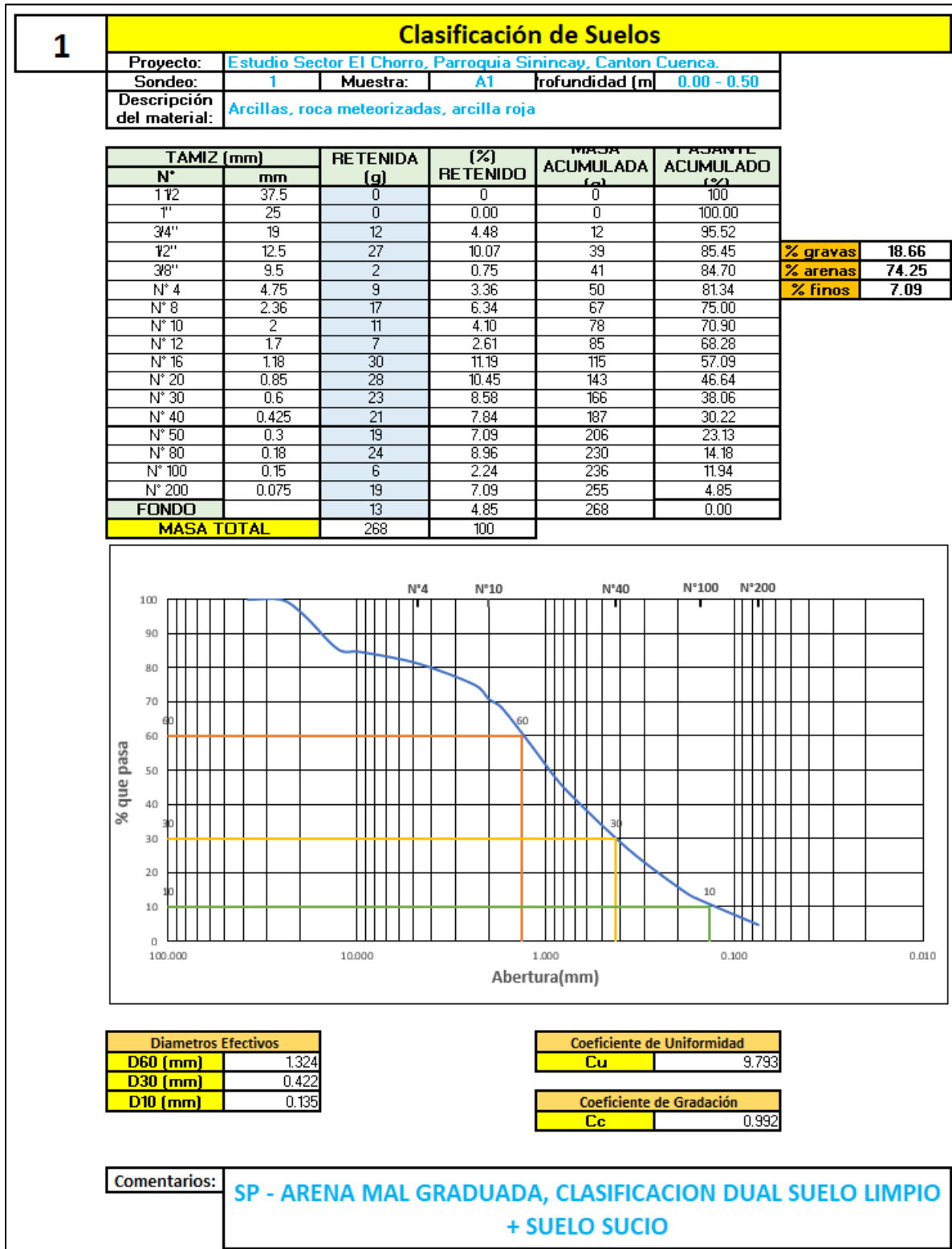








Anexo 11 - Resultados de clasificación de suelos por estrato, estribos A.



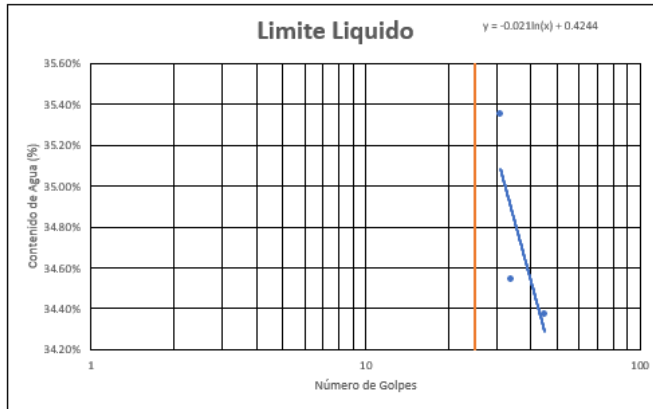
1

CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca		
Sondeo:	1	Muestra:	A1
Profundidad (m):	0.00 - 0.50		
Descripción del material:	Arcillas, roca meteorizadas, arcilla roja		

Limite Liquido - Casa Grande

No. De Muestra	Número de Golpes	P. Capsula + Suelo Húmedo (g)	P. Capsula + Suelo Seco (g)	Masa del Agua (g)	P. Capsula (g)	Masa del Suelo Seco	Contenido de Agua (%)
A1-1	31	34.4	29.95	4.45	17.36	12.59	35.35%
A1-2	45	34.34	30.04	4.3	17.53	12.51	34.37%
A1-3	34	33.4	29.39	4.01	17.78	11.61	34.54%



Limite Liquido	
L.L.	35.68%

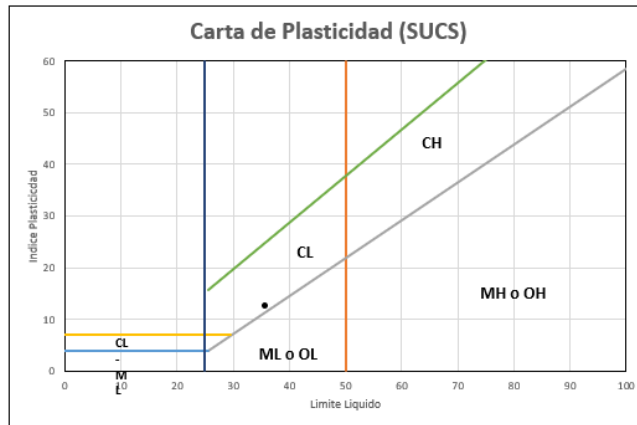
Limite Plástico

No. De Muestra	P. Capsula	Peso Humedo + Capsula	Peso Seco + Capsula	Contenido de Agua (%)	Limite Plastico
A1-1-1	17.34	27.74	25.78	23.22%	23.11%
A1-2-2	17.53	29.08	26.92	23.00%	

Limite Plástico	
L.P.	23.11%

Carta de Plasticidad

Limites de Atterber	
L.L. =	35.68 %
L.P. =	23.11 %
I.P. =	12.57 %



Comentarios: **Arcillas inorgánicas de plasticidad media**

Resultados: **SP - CL = Arena mal graduada, con arcillas inorgánicas de plasticidad media.**

2	Clasificación de Suelos				
	Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.			
	Sondeo:	2	Muestra:	A2	Profundidad (m): 0.75 - 1.25
Descripción del material:	Rechazo del ensayo debido a la carencia de material, ocasionada por la obstrucción de roca en el tubo Shelby durante la ejecución del ensayo SPT.				

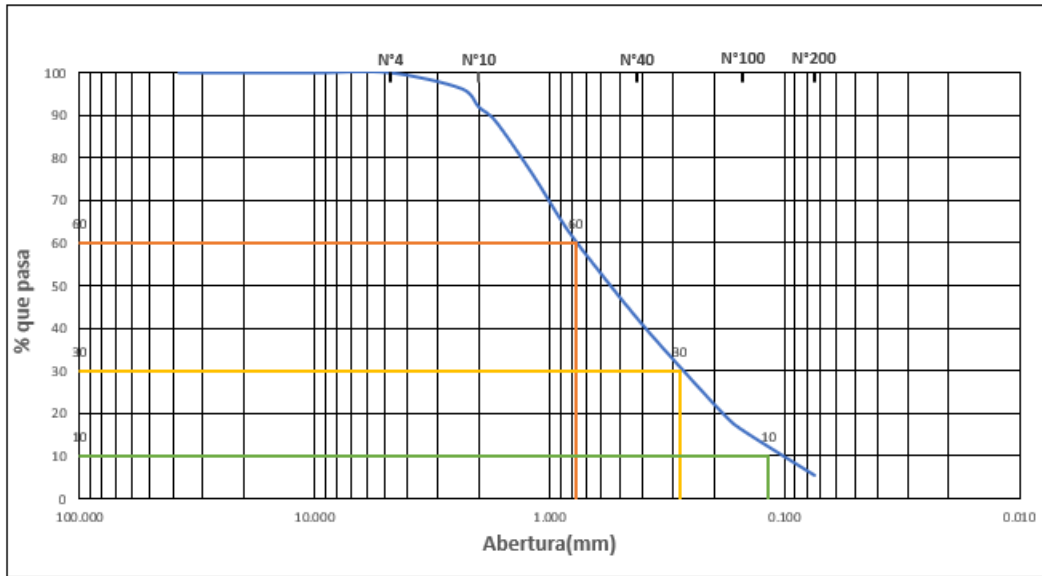
3

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	3	Muestra:	A3	Profundidad (m)	1.25 - 1.75
Descripción del material:	Arcilla naranja				

TAMIZ (mm)	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)
N°	mm			
1 1/2"	37.5	0	0	100
1"	25	0	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	100.00
3/8"	9.5	0	0.00	100.00
N° 4	4.75	0	0.00	100.00
N° 8	2.36	21	3.77	96.23
N° 10	2	24	4.31	91.92
N° 12	1.7	18	3.23	88.69
N° 16	1.18	70	12.57	76.12
N° 20	0.85	70	12.57	63.55
N° 30	0.6	61	10.95	52.60
N° 40	0.425	57	10.23	42.37
N° 50	0.3	53	9.52	32.85
N° 80	0.18	74	13.29	19.57
N° 100	0.15	20	3.59	15.98
N° 200	0.075	58	10.41	5.57
FONDO		31	5.57	0.00
MASA TOTAL		557	100	

% gravas	0.00
% arenas	89.59
% finos	10.41

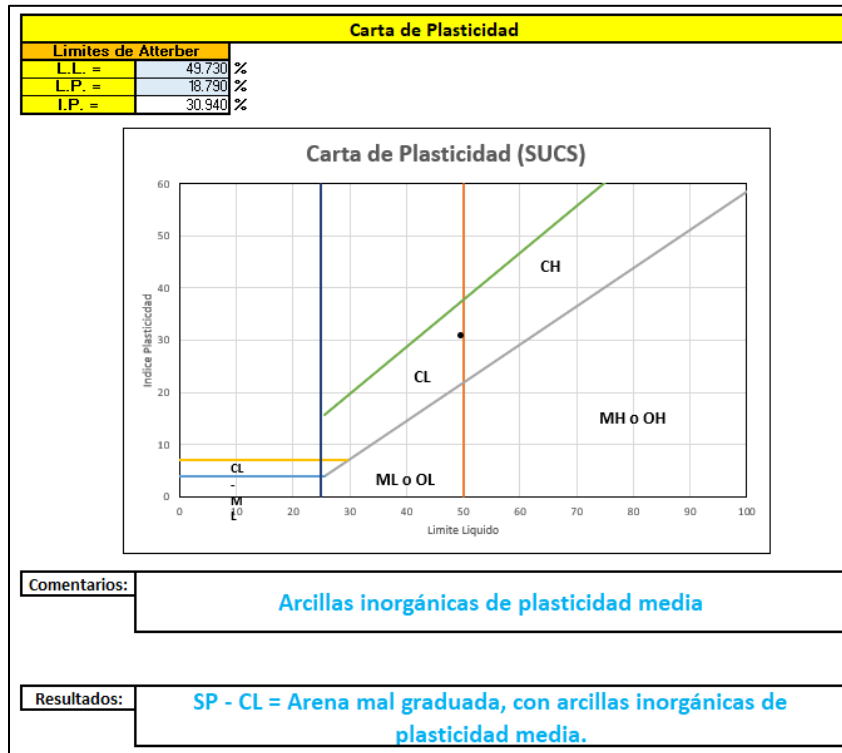
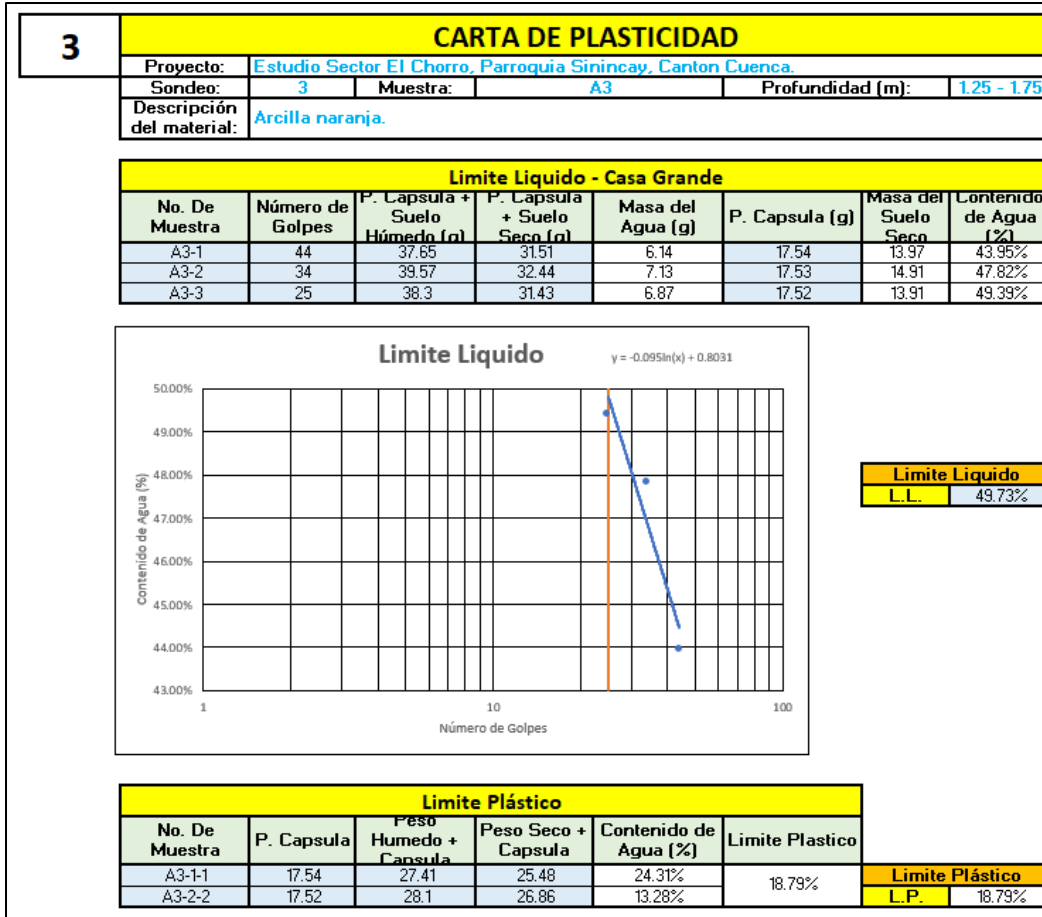


Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.774
D30 (mm)	0.279
D10 (mm)	0.117

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	6.633

Coeficiente de Gradación	
Cc	0.862

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**



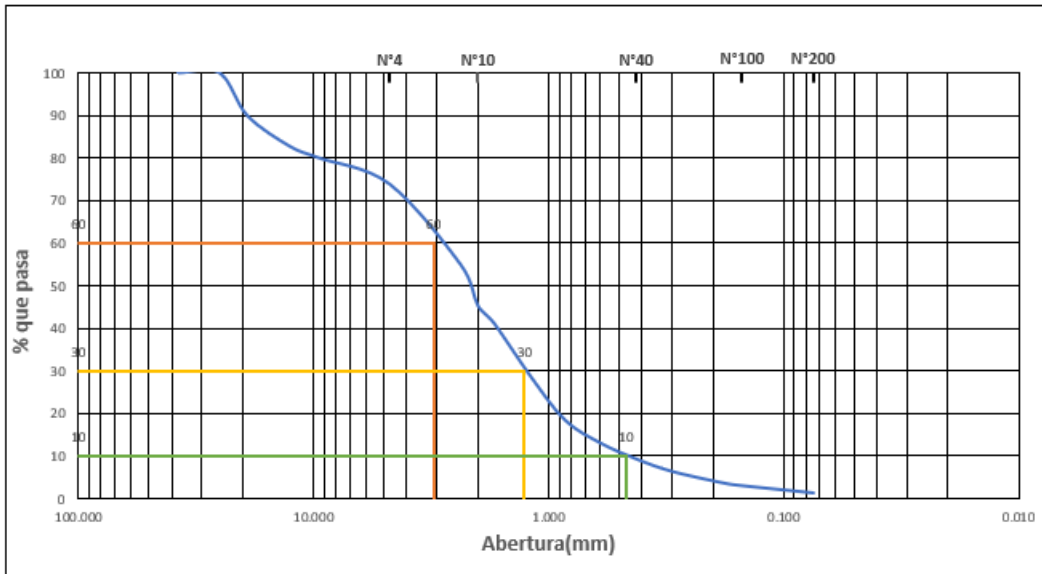
4

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	4	Muestra:	A4	Profundidad (m)	2.00 - 2.50
Descripción del material:	Arcilla, roca meteorizada, roca centimétrica				

TAMIZ (mm)	mm	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	Porcentaje ACUMULADO (%)
N° 12	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0.00	0	100.00
3/4"	19	66	10.14	66	89.86
1/2"	12.5	47	7.22	113	82.64
3/8"	9.5	17	2.61	130	80.03
N° 4	4.75	40	6.14	170	73.89
N° 8	2.36	124	19.05	294	54.84
N° 10	2	62	9.52	356	45.31
N° 12	1.7	28	4.30	384	41.01
N° 16	1.18	83	12.75	467	28.26
N° 20	0.85	65	9.98	532	18.28
N° 30	0.6	35	5.38	567	12.90
N° 40	0.425	24	3.69	591	9.22
N° 50	0.3	19	2.92	610	6.30
N° 80	0.18	18	2.76	628	3.53
N° 100	0.15	4	0.61	632	2.92
N° 200	0.075	11	1.69	643	1.23
FONDO		8	1.23	651	0.00
MASA TOTAL		651	100		

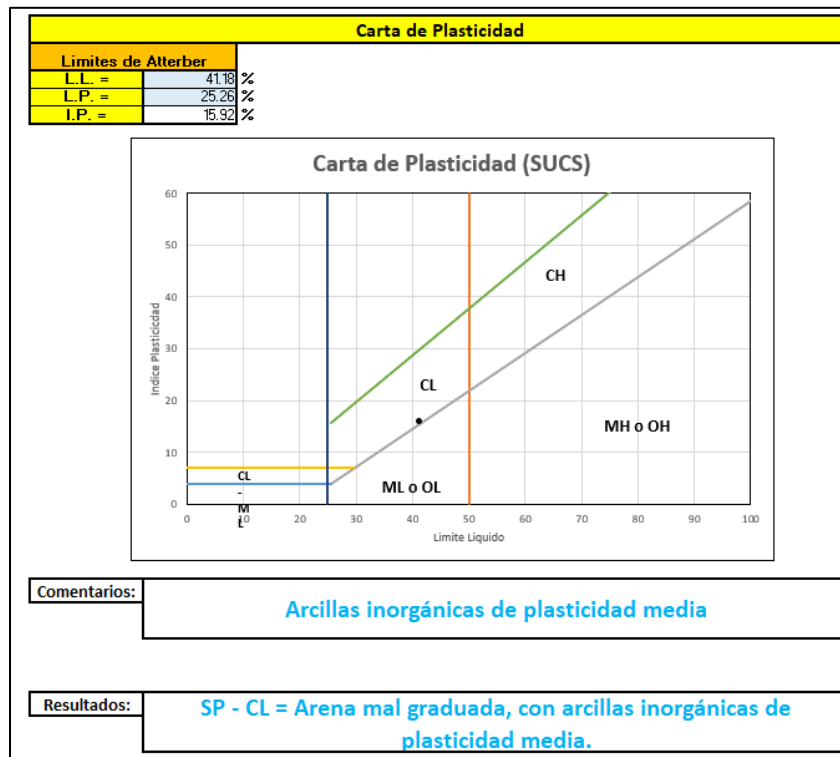
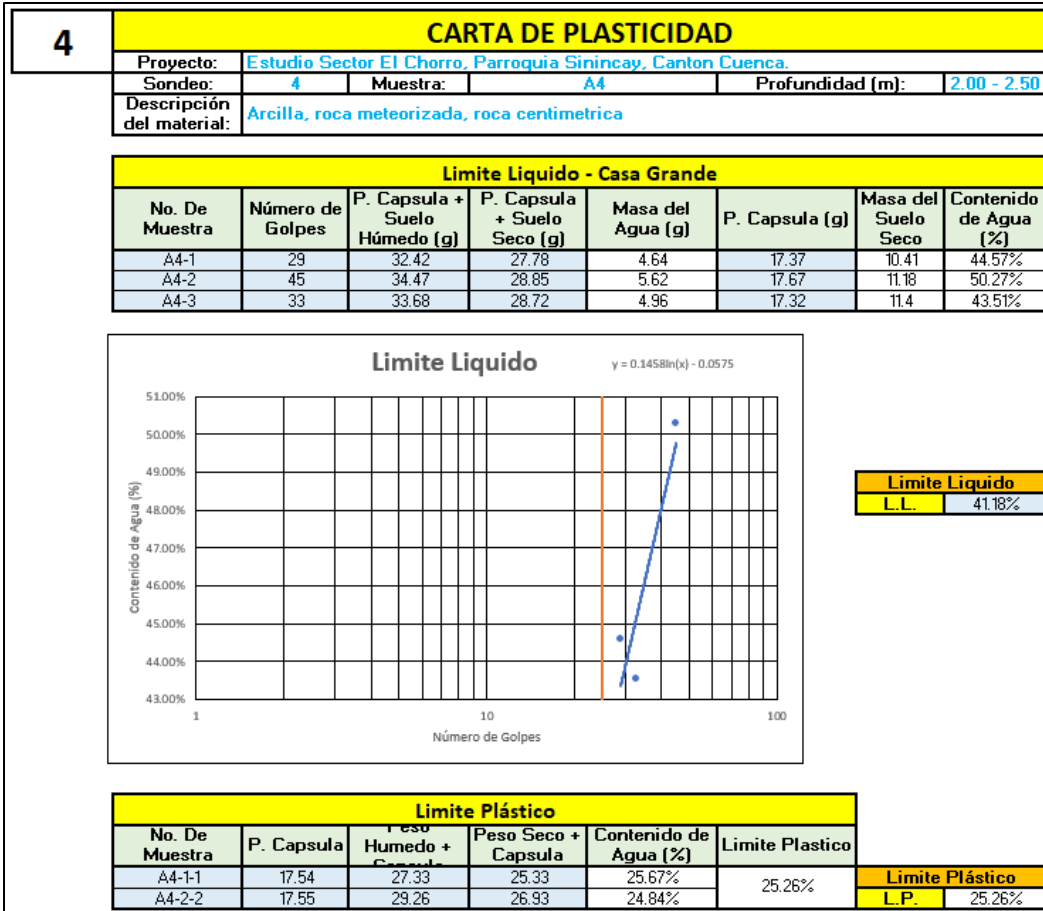
% gravas	26.11
% arenas	72.20
% finos	1.69



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	3.081
D30 (mm)	1.263
D10 (mm)	0.467

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	6.592

Coeficiente de Gradación	
Cc	1.108

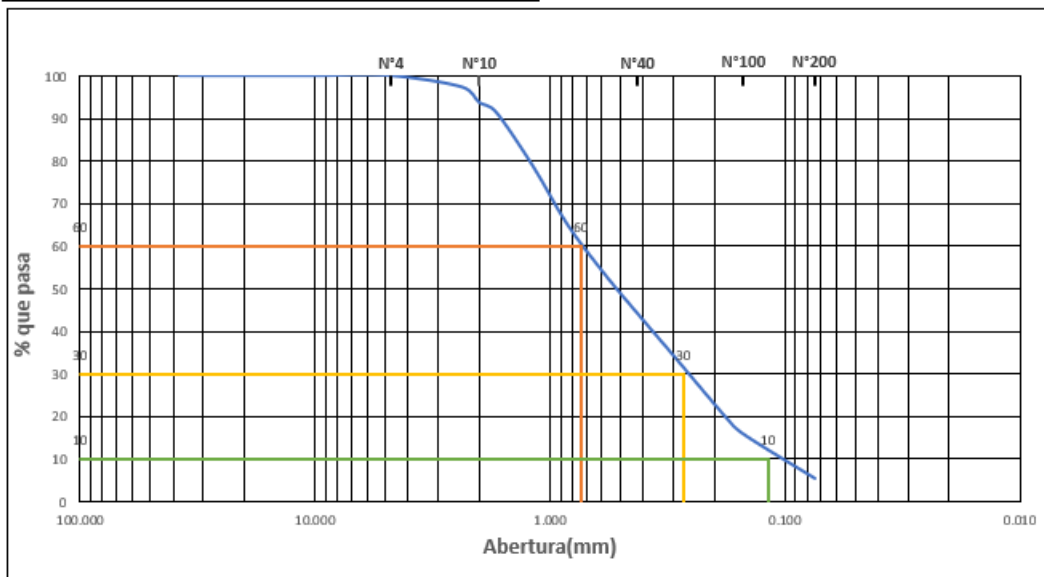


5

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	5	Muestra:	A5	Profundidad (m)	2.75 - 3.25
Descripción del material:	Arcilla color crema				

TAMIZ (mm)	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	Porcentaje ACUMULADO (%)	
N°	mm				
112	37.5	0	0	100	
1"	25	0	0.00	100.00	
3/4"	19	0	0.00	100.00	
1/2"	12.5	0	0.00	100.00	% gravas 0.00
3/8"	9.5	0	0.00	100.00	% arenas 89.69
N° 4	4.75	0	0.00	100.00	% finos 10.31
N° 8	2.36	15	2.71	97.29	
N° 10	2	20	3.62	93.67	
N° 12	1.7	12	2.17	91.50	
N° 16	1.18	71	12.84	78.66	
N° 20	0.85	74	13.38	65.28	
N° 30	0.6	62	11.21	54.07	
N° 40	0.425	55	9.95	44.12	
N° 50	0.3	54	9.76	34.36	
N° 80	0.18	80	14.47	19.89	
N° 100	0.15	23	4.16	15.73	
N° 200	0.075	57	10.31	5.42	
FONDO		30	5.42	0.00	
MASA TOTAL		553	100		



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.738
D30 (mm)	0.270
D10 (mm)	0.118

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	6.251

Coeficiente de Gradación	
Cc	0.838

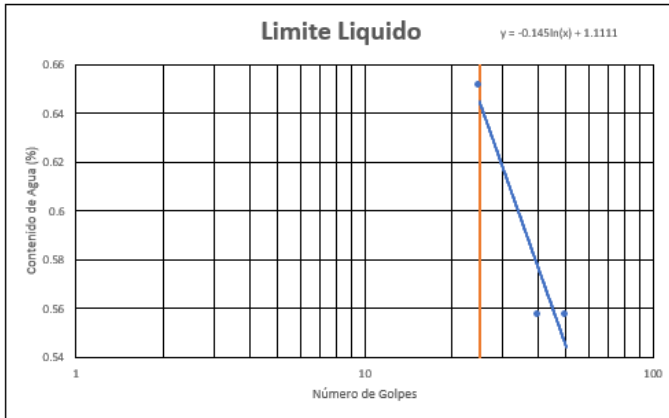
5

CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.		
Sondeo:	5	Muestra:	A5
Profundidad (m):	2.75 - 3.25		
Descripción del material:	Arcilla color crema		

Limite Liquido - Casa Grande

No. De Muestra	Número de Golpes	P. Capsula + Suelo Húmedo (g)	P. Capsula + Suelo Seco (g)	Masa del Agua (g)	P. Capsula (g)	Masa del Suelo Seco	Contenido de Agua (%)
A5-1	25	38.05	29.95	8.1	17.51	12.44	65.11%
A5-2	50	34.98	28.74	6.24	17.55	11.19	55.76%
A5-3	40	38.11	30.63	7.48	17.21	13.42	55.74%



Limite Liquido	
L.L.	64.44%

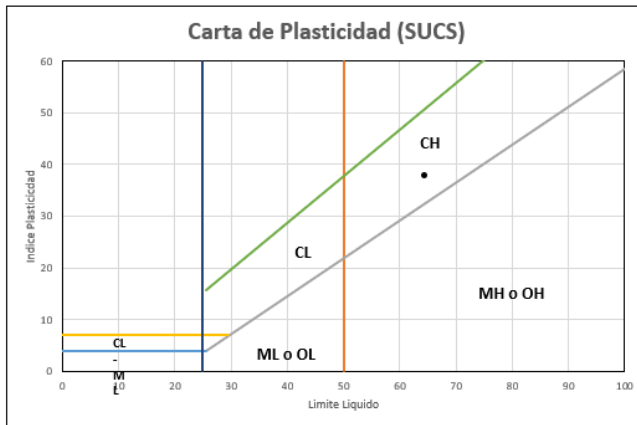
Limite Plástico

No. De Muestra	P. Capsula	Peso Húmedo + Capsula	Peso Seco + Capsula	Contenido de Agua (%)	Limite Plastico
A5-1-1	17.51	27.84	25.65	26.90%	26.56%
A5-2-2	17.52	24.79	23.28	26.22%	

Limite Plástico	
L.P.	26.56%

Carta de Plasticidad

Límites de Atterber	
L.L. =	64.44 %
L.P. =	26.56 %
I.P. =	37.88 %



Comentarios: Arcillas inorgánicas de plasticidad alta

Resultados: SP - CH = Arena mal graduada, con arcillas inorgánicas de plasticidad alta.

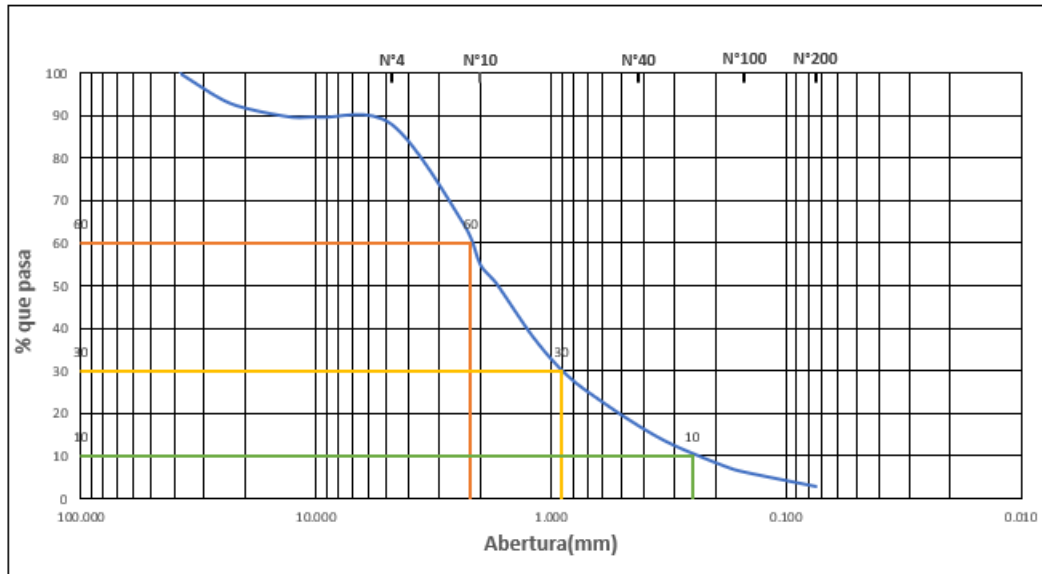
6

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	6	Muestra:	A6	Profundidad (m)	3.50 - 4.00
Descripción del material:	Arcilla café, roca meteorizada				

TAMIZ (mm)	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	Porcentaje ACUMULADO (%)
N° 12	37.5	0	0	100
1"	25	29	29	93.91
3/4"	19	11	40	91.60
1/2"	12.5	9	49	89.71
3/8"	9.5	0	49	89.71
N° 4	4.75	8	57	88.03
N° 8	2.36	111	168	64.71
N° 10	2	46	214	55.04
N° 12	1.7	22	236	50.42
N° 16	1.18	61	297	37.61
N° 20	0.85	42	339	28.78
N° 30	0.6	30	369	22.48
N° 40	0.425	26	395	17.02
N° 50	0.3	22	417	12.39
N° 80	0.18	24	441	7.35
N° 100	0.15	6	447	6.09
N° 200	0.075	16	463	2.73
FONDO		13	476	0.00
MASA TOTAL		476	100	

% gravas	11.97
% arenas	84.66
% finos	3.36

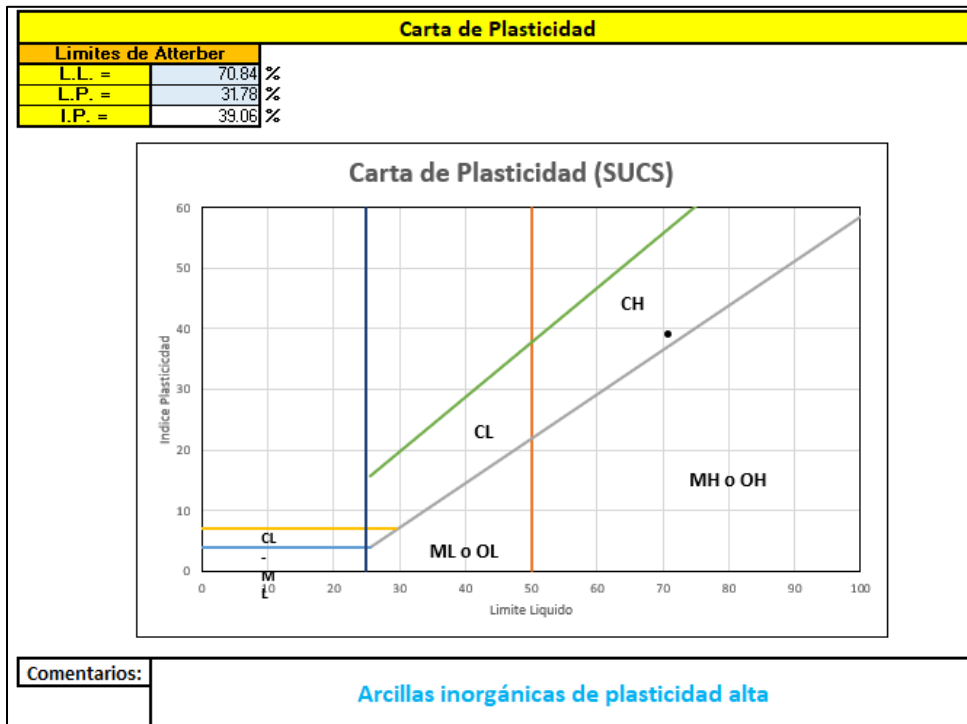
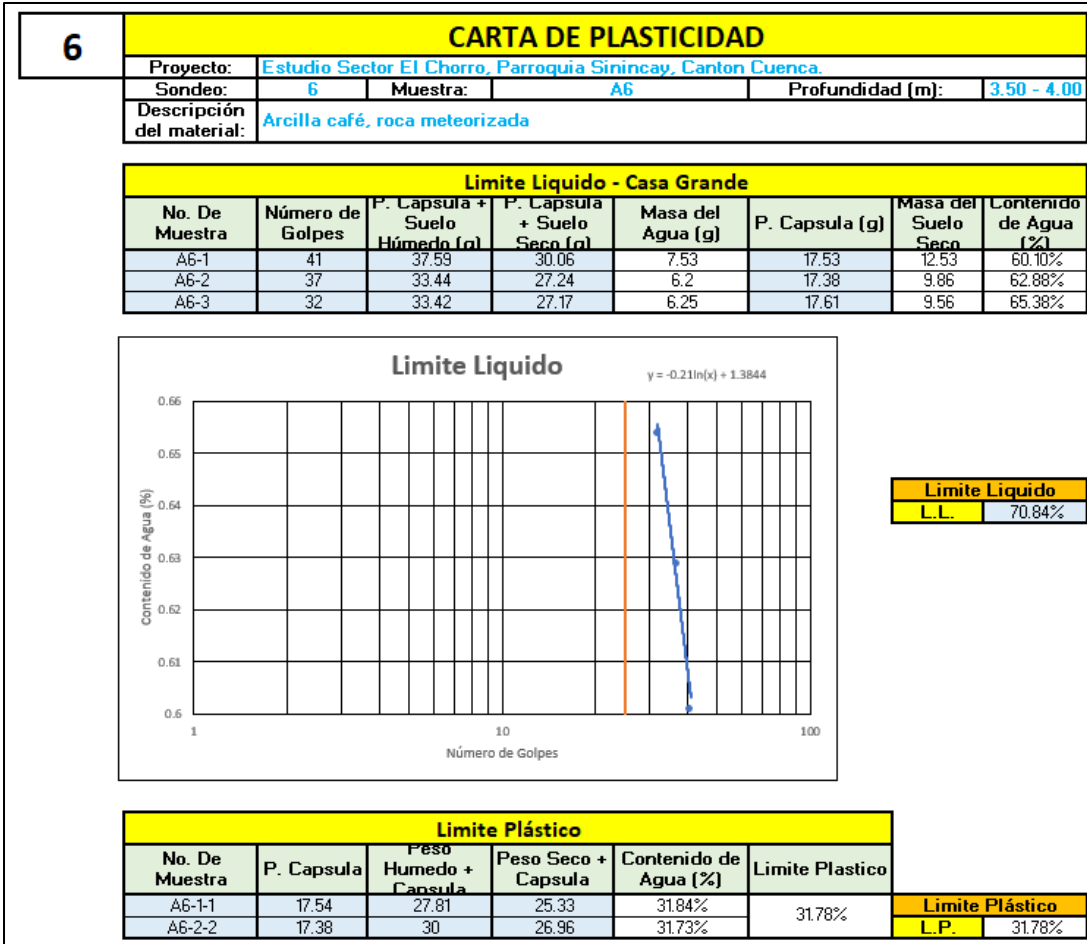


Diametros Efectivos	
D60 (mm)	2.192
D30 (mm)	0.901
D10 (mm)	0.251

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	8.745

Coeficiente de Gradación	
Cc	1.478

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**



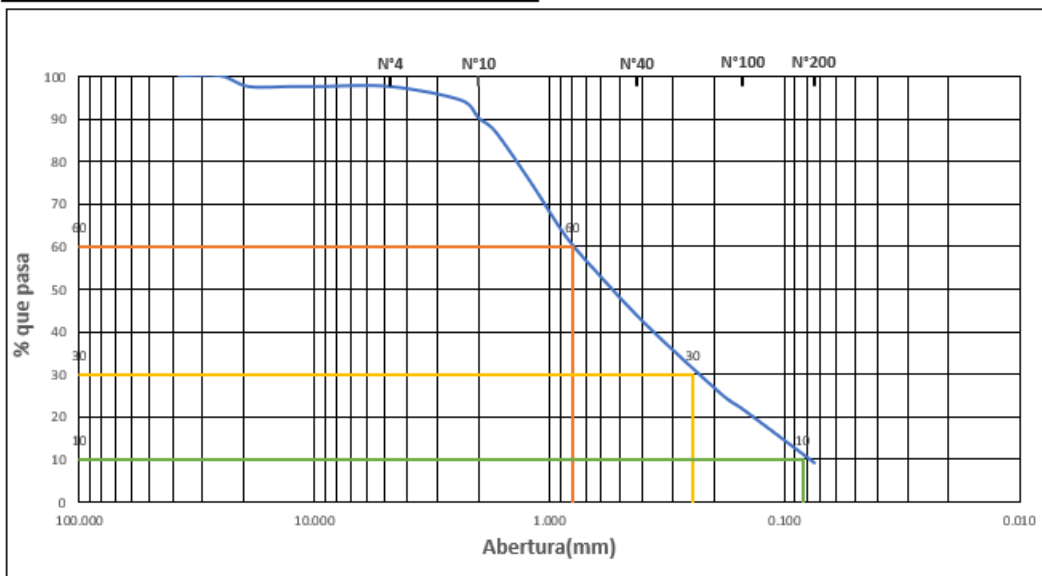
7

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.		
Sondeo:	7	Muestra:	A7
Profundidad (m):	4.25 - 4.75		
Descripción del material:	Roca meteorizada, arcilla roja		

TAMIZ (mm)	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PASANTE ACUMULADO (%)
N° 12	37.5	0	0	100
1"	25	0	0.00	100.00
3/4"	19	17	2.52	97.48
1/2"	12.5	0	0.00	97.48
3/8"	9.5	0	0.00	97.48
N° 4	4.75	0	0.00	97.48
N° 8	2.36	22	3.26	94.21
N° 10	2	28	4.15	90.06
N° 12	1.7	21	3.12	86.94
N° 16	1.18	85	12.61	74.33
N° 20	0.85	82	12.17	62.17
N° 30	0.6	65	9.64	52.52
N° 40	0.425	60	8.90	43.62
N° 50	0.3	54	8.01	35.61
N° 80	0.18	75	11.13	24.48
N° 100	0.15	20	2.97	21.51
N° 200	0.075	84	12.46	9.05
FONDO	61	9.05	674	0.00
MASA TOTAL	674	100		

% gravas	2.52
% arenas	85.01
% finos	12.46

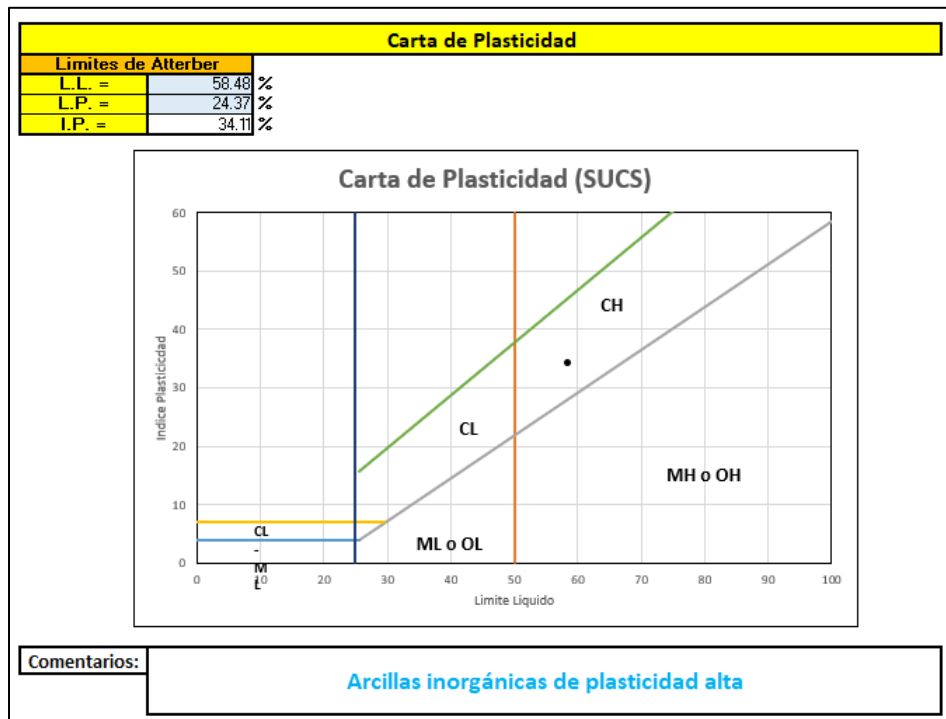
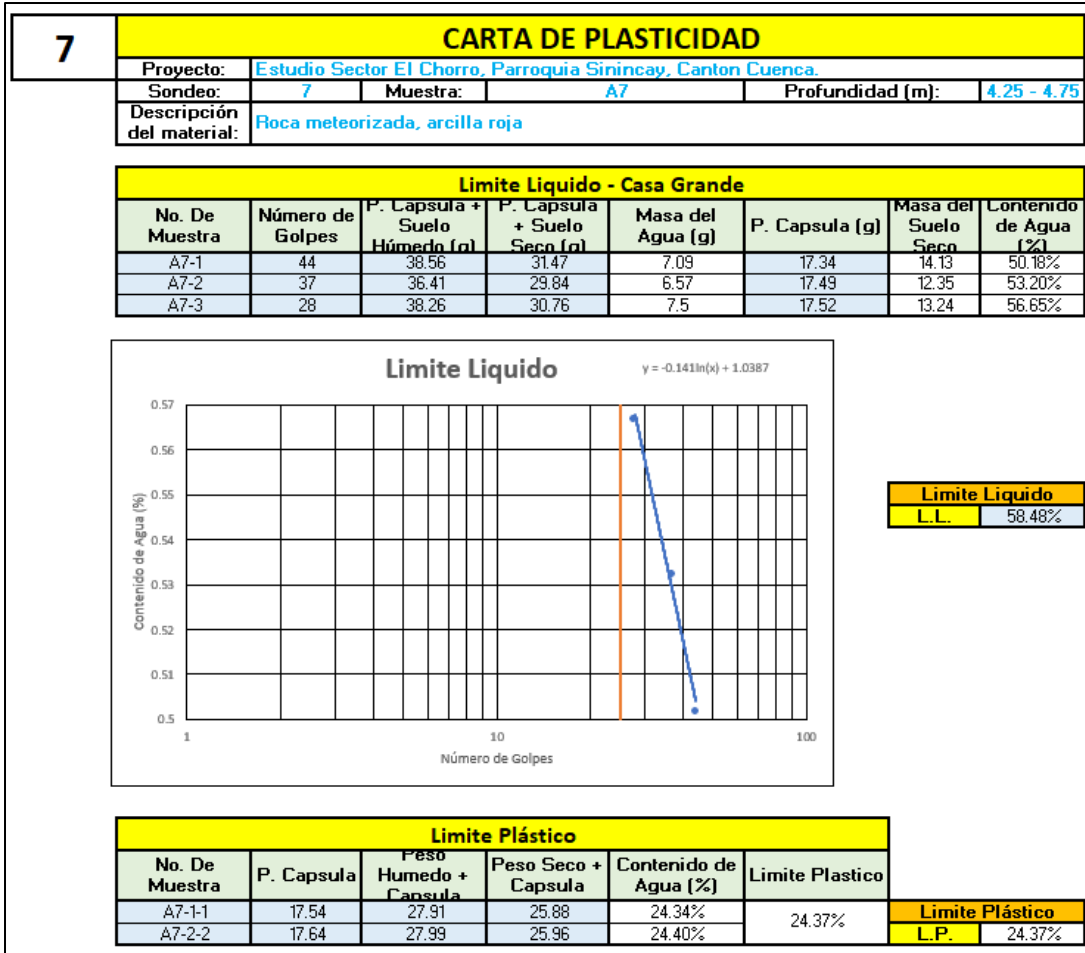


Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.797
D30 (mm)	0.245
D10 (mm)	0.084

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	9.534

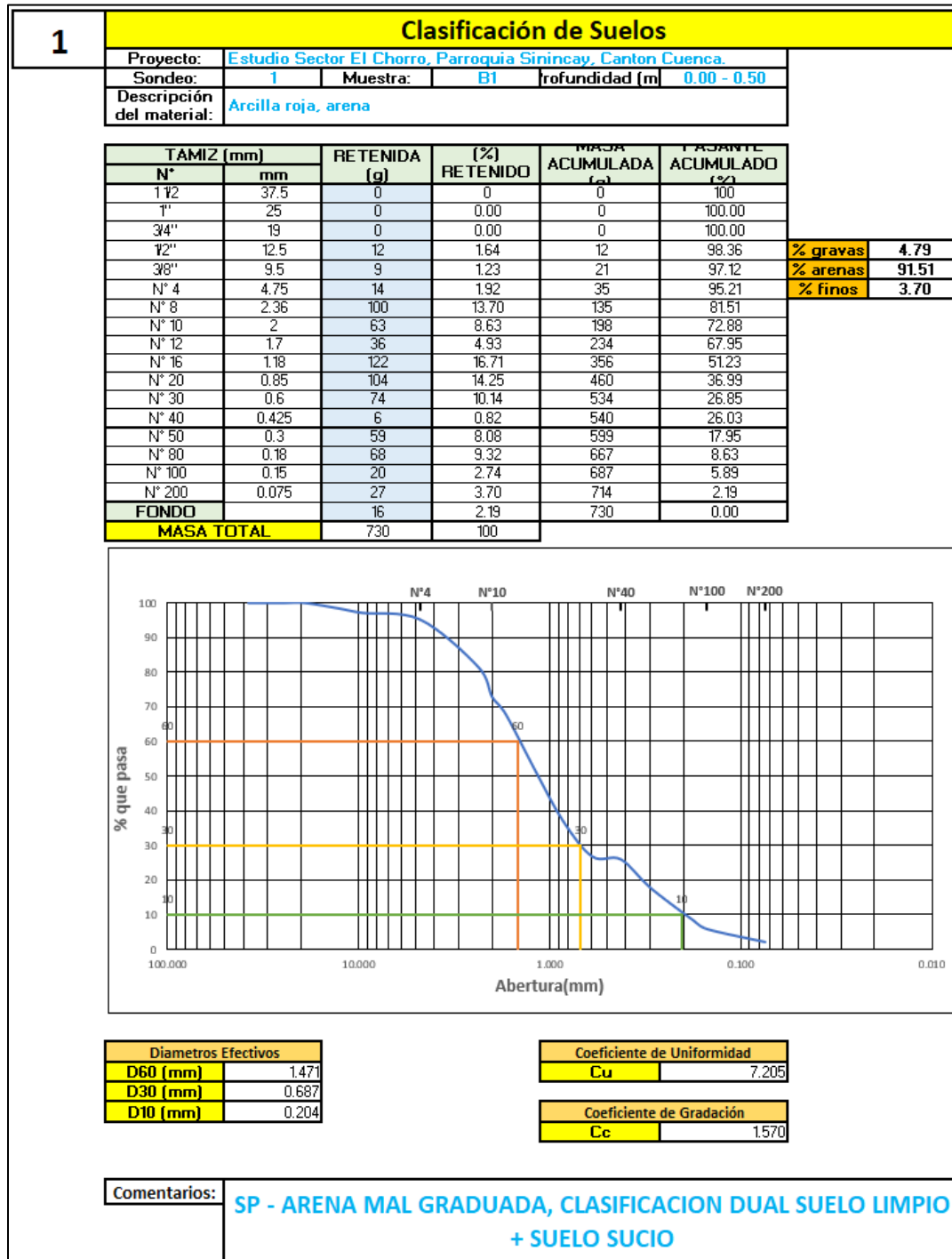
Coeficiente de Gradación	
Cc	0.901

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**



8	Clasificación de Suelos					
	Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
	Sondeo:	8	Muestra:	A8	Profundidad (m):	5.00 - 5.50
	Descripción del material:	Rechazo del ensayo debido a la carencia de material,				

Anexo 12 - Resultados de clasificación de suelos por estrato, estribos B.



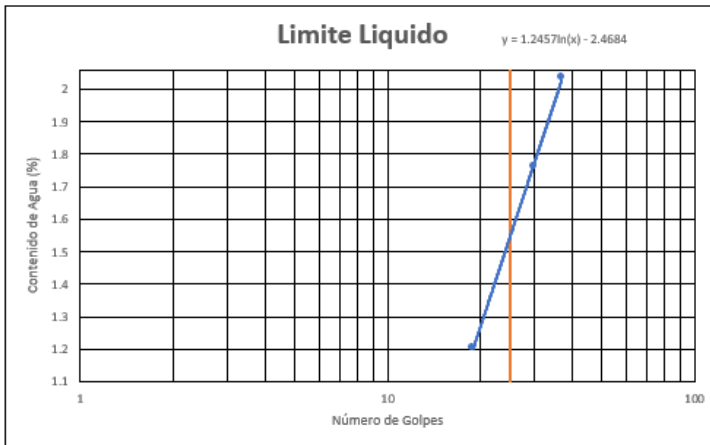
1

CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.		
Sondeo:	1	Muestra:	B1
Descripción del material:	Arcilla roja, arena		
		Profundidad (m):	0.00 - 0.50

Limite Liquido - Casa Grande

No. De Muestra	Número de Golpes	P. Capsula + Suelo Húmedo (g)	P. Capsula + Suelo Seco (g)	Masa del Agua (g)	P. Capsula (g)	Masa del Suelo Seco	Contenido de Agua (%)
B1-1	19	49.93	32.3	17.63	17.63	14.67	120.18%
B1-2	30	55.34	31.1	24.24	17.34	13.76	176.16%
B1-3	37	51.63	28.7	22.93	17.43	11.27	203.46%



Limite Liquido	
L.L. =	154.14%

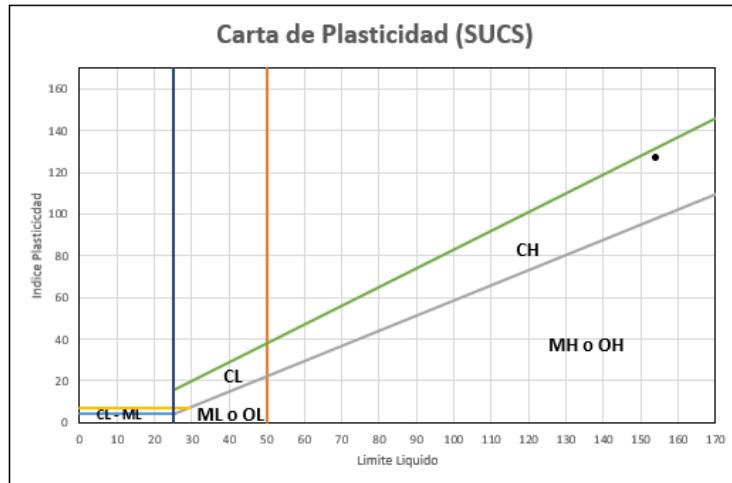
Limite Plástico

No. De Muestra	P. Capsula	Peso Húmedo + Capsula	Peso Seco + Capsula	Contenido de Agua (%)	Limite Plastico
B1-1-1	17.68	28.95	26.53	27.34%	27.38%
B1-2-2	17.35	28.83	26.36	27.41%	

Limite Plástico	
L.P. =	27.38%

Carta de Plasticidad

Límites de Atterber	
L.L. =	154.14 %
L.P. =	27.38 %
I.P. =	126.76 %



Comentarios:

Arcillas inorgánicas de plasticidad alta

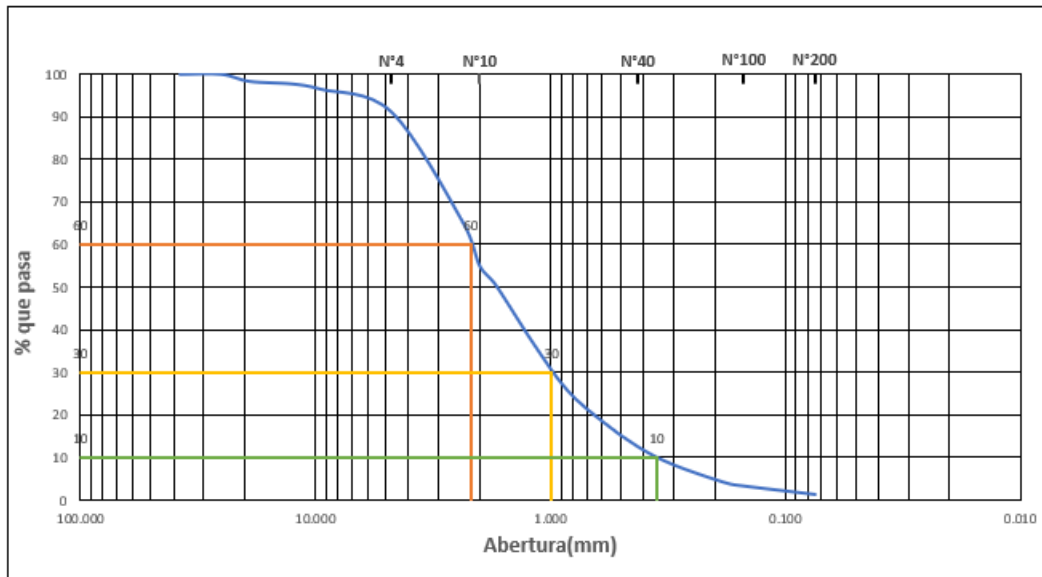
2

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	2	Muestra:	B2	Profundidad (m):	0.75 - 1.25
Descripción del material:	Arcilla roja con arena				

TAMIZ (mm)		RETENIDA (g)	[%] RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)
N°	mm				
112	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0.00	0	100.00
3/4"	19	11	1.66	11	98.34
1/2"	12.5	4	0.60	15	97.73
3/8"	9.5	8	1.21	23	96.53
N° 4	4.75	35	5.29	58	91.24
N° 8	2.36	171	25.83	229	65.41
N° 10	2	68	10.27	297	55.14
N° 12	1.7	31	4.68	328	50.45
N° 16	1.18	90	13.60	418	36.86
N° 20	0.85	72	10.88	490	25.98
N° 30	0.6	49	7.40	539	18.58
N° 40	0.425	39	5.89	578	12.69
N° 50	0.3	28	4.23	606	8.46
N° 80	0.18	28	4.23	634	4.23
N° 100	0.15	5	0.76	639	3.47
N° 200	0.075	13	1.96	652	1.51
FONDO		10	1.51	662	0.00
MASA TOTAL		662	100		

% gravas	8.76
% arenas	89.27
% finos	1.96



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	2.178
D30 (mm)	0.986
D10 (mm)	0.352

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	6.195

Coeficiente de Gradación	
Cc	1.269

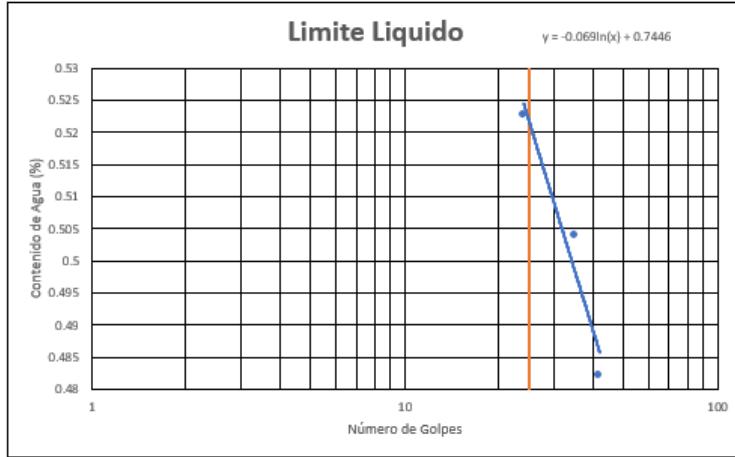
2

CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.		
Sondeo:	2	Muestra:	B2
Profundidad (m):	0.75 - 1.25		
Descripción del material:	Arcilla roja con arena		

Limite Liquido - Casa Grande

No. De Muestra	Número de Golpes	P. Capsula + Suelo Húmedo (g)	P. Capsula + Suelo Seco (g)	Masa del Agua (g)	P. Capsula (g)	Masa del Suelo Seco	Contenido de Agua (%)
B2-1	42	37	30.69	6.31	17.6	13.09	48.20%
B2-2	35	36.8	30.2	6.6	17.1	13.1	50.38%
B2-3	24	39.19	31.71	7.48	17.4	14.31	52.27%



Limite Liquido
L.L. = 52.25%

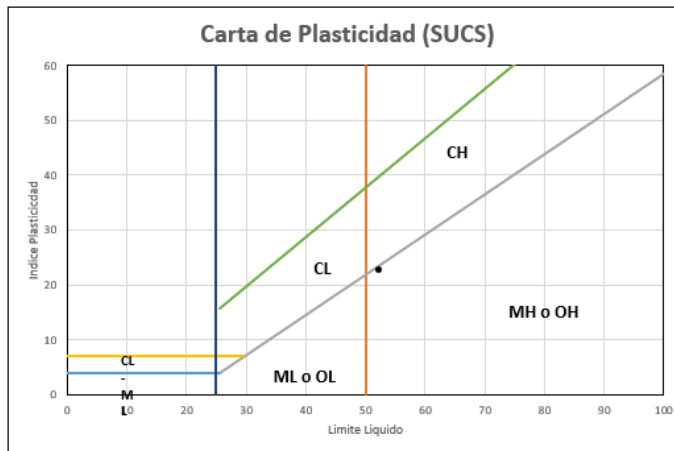
Limite Plástico

No. De Muestra	P. Capsula	Peso Humedo + Capsula	Peso Seco + Capsula	Contenido de Agua (%)	Limite Plastico
B2-1-1	17.59	23.05	22.05	22.42%	29.55%
B2-2-2	17.57	21.78	20.65	36.69%	

Limite Plástico
L.P. = 29.55%

Carta de Plasticidad

Limites de Atterber	
L.L. =	52.25 %
L.P. =	29.55 %
I.P. =	22.7 %



Comentarios: **Limo inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas**

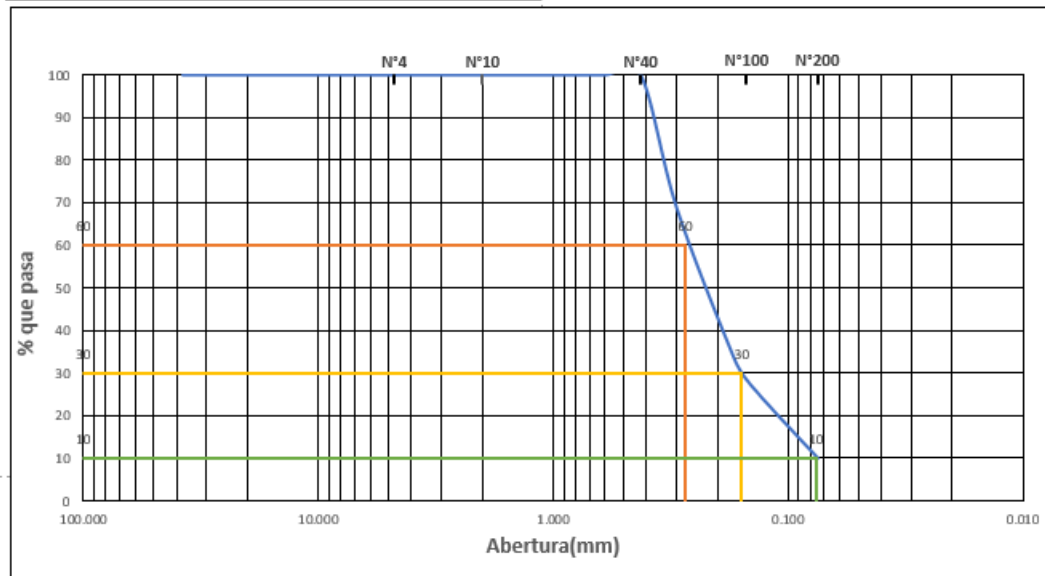
3

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	3	Muestra:	B3	Profundidad (m)	1.50 - 2.00
Descripción del material:	Arcilla roja con arena				

TAMIZ (mm)		RETENIDA (g)	[%] RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	PASANTE ACUMULADO (%)
N°	mm				
1/2"	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0.00	0	100.00
3/4"	19	0	0.00	0	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0	100.00
3/8"	9.5	0	0.00	0	100.00
N° 4	4.75	0	0.00	0	100.00
N° 8	2.36	0	0.00	0	100.00
N° 10	2	0	0.00	0	100.00
N° 12	1.7	0	0.00	0	100.00
N° 16	1.18	0	0.00	0	100.00
N° 20	0.85	0	0.00	0	100.00
N° 30	0.6	0	0.00	0	100.00
N° 40	0.425	0	0.00	0	100.00
N° 50	0.3	22	30.99	22	69.01
N° 80	0.18	23	32.39	45	36.62
N° 100	0.15	6	8.45	51	28.17
N° 200	0.075	13	18.31	64	9.86
FONDO		7	9.86	71	0.00
MASA TOTAL		71	100		

% gravas	0.00
% arenas	81.69
% finos	18.31

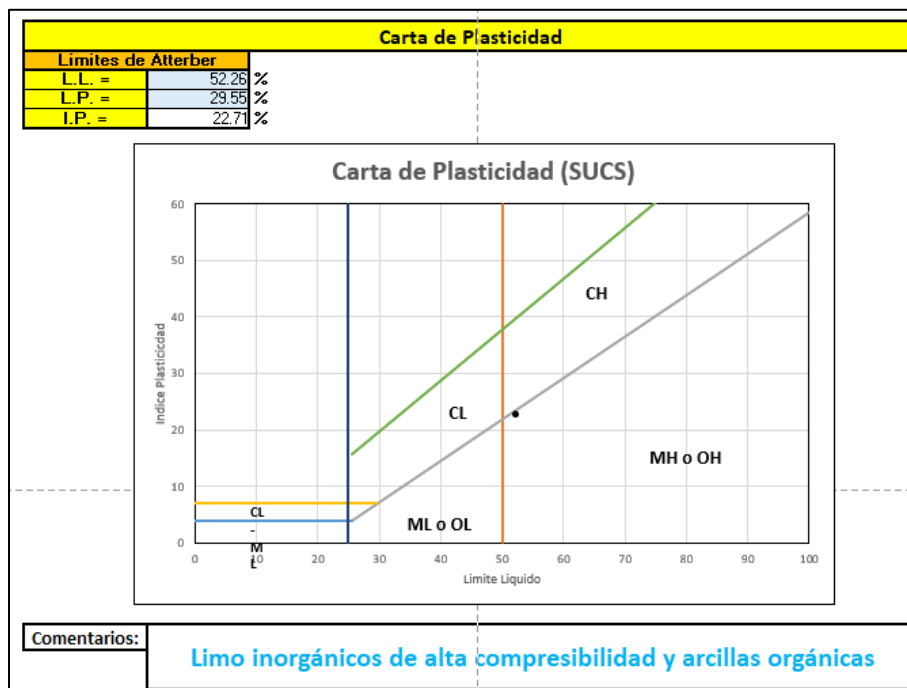
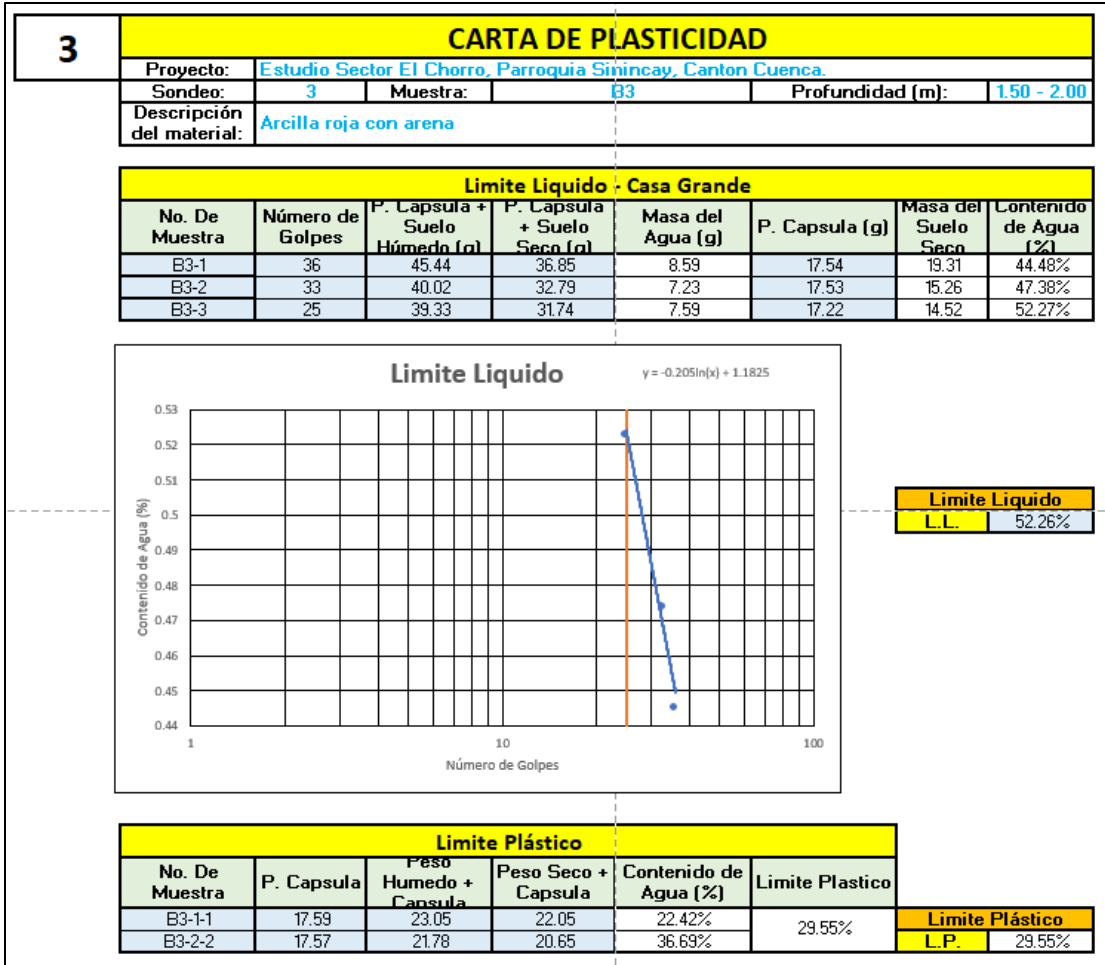


Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.273
D30 (mm)	0.157
D10 (mm)	0.076

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	3.598

Coeficiente de Gradación	
Cc	1.189

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**

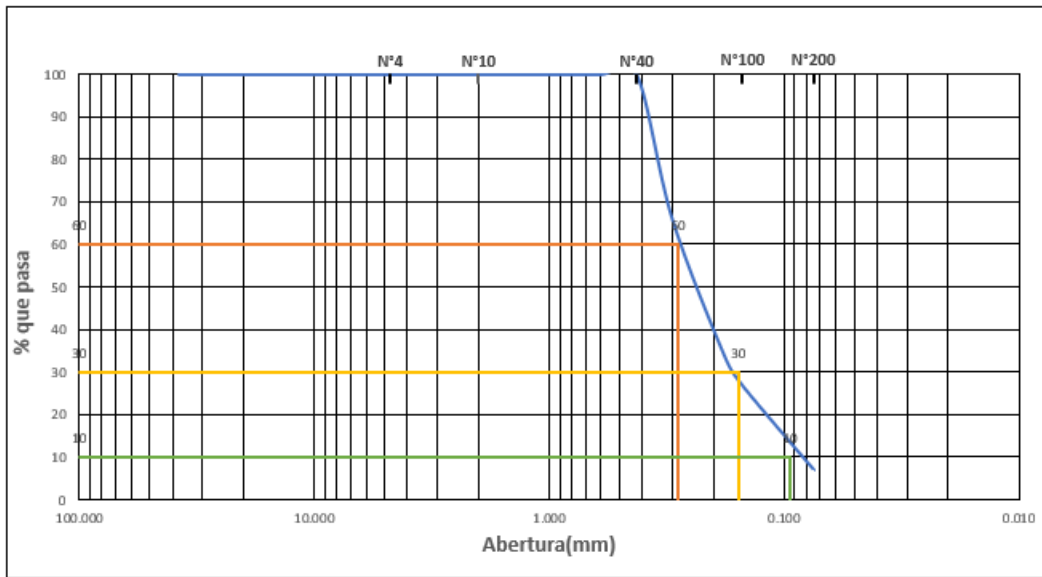


4

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca				
Sondeo:	4	Muestra:	B4	Profundidad (m)	2.25 - 2.75
Descripción del material:	Roca meteorizada con arcilla roja				

TAMIZ (mm)	RETENIDA (g)	(%) RETENIDO	MASA ACUMULADA (g)	Porcentaje ACUMULADO (%)			
N°	mm						
1 1/2"	37.5	0	0	0	100		
1"	25	0	0.00	0	100.00		
3/4"	19	0	0.00	0	100.00		
1/2"	12.5	0	0.00	0	100.00		
3/8"	9.5	0	0.00	0	100.00	% gravas	0.00
N° 4	4.75	0	0.00	0	100.00	% arenas	80.36
N° 8	2.36	0	0.00	0	100.00	% finos	19.64
N° 10	2	0	0.00	0	100.00		
N° 12	1.7	0	0.00	0	100.00		
N° 16	1.18	0	0.00	0	100.00		
N° 20	0.85	0	0.00	0	100.00		
N° 30	0.6	0	0.00	0	100.00		
N° 40	0.425	0	0.00	0	100.00		
N° 50	0.3	19	33.93	19	66.07		
N° 80	0.18	18	32.14	37	33.93		
N° 100	0.15	4	7.14	41	26.79		
N° 200	0.075	11	19.64	52	7.14		
FONDO		4	7.14	56	0.00		
MASA TOTAL		56	100				



Diametros Efectivos	
D60 (mm)	0.283
D30 (mm)	0.156
D10 (mm)	0.094

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	3.004

Coeficiente de Gradación	
Cc	0.920

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**

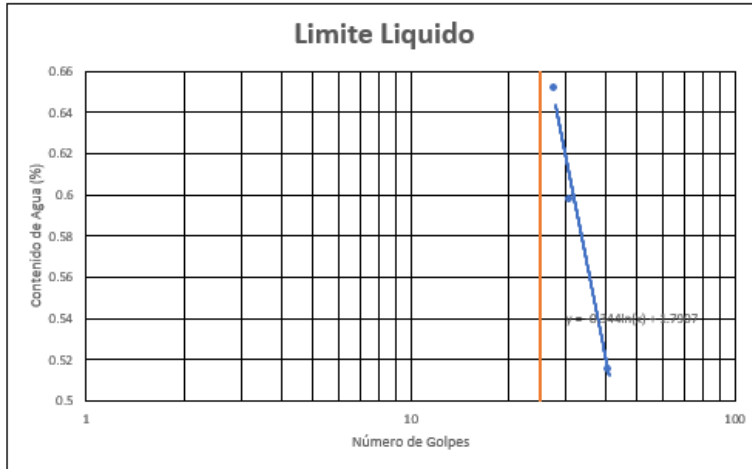
4

CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	4	Muestra:	B4	Profundidad (m):	2.25 - 2.75
Descripción del material:	Roca meteorizada con arcilla roja				

Limite Liquido - Casa Grande

No. De Muestra	Número de Golpes	P. Capsula + Suelo Húmedo (g)	P. Capsula + Suelo Seco (g)	Masa del Agua (g)	P. Capsula (g)	Masa del Suelo Seco	Contenido de Agua (%)
B4-1	41	39.83	32.19	7.64	17.36	14.83	51.52%
B4-2	31	35.09	28.52	6.57	17.52	11	59.73%
B4-3	28	33.56	27.33	6.23	17.77	9.56	65.17%



Limite Liquido	
L.L.	68.34%

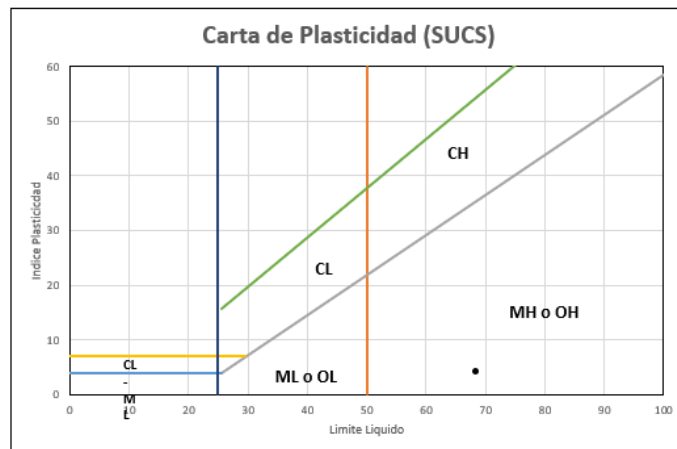
Limite Plástico

No. De Muestra	P. Capsula	Peso Humedo + Capsula	Peso Seco + Capsula	Contenido de Agua (%)	Limite Plastico
B4-1-1	17.57	26.84	22.05	106.92%	64.26%
B4-2-2	17.41	21.35	20.65	21.60%	

Limite Plástico	
L.P.	64.26%

Carta de Plasticidad

Límites de Atterber	
L.L. =	68.34 %
L.P. =	64.26 %
I.P. =	4.08 %



Comentarios: **Limo inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas**

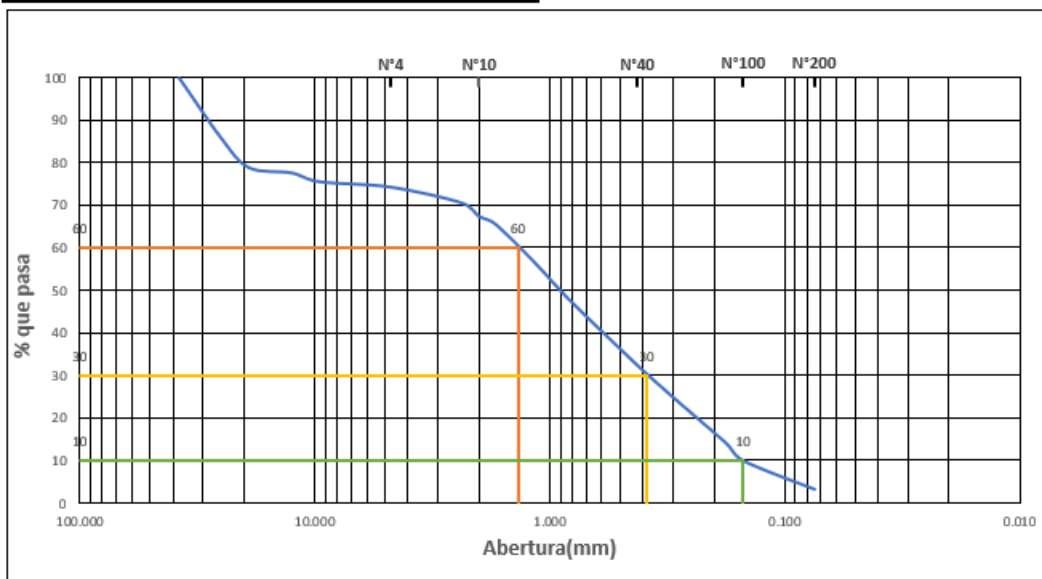
5

Clasificación de Suelos

Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.				
Sondeo:	5	Muestra:	B5	Profundidad (m)	3.00 - 3.50
Descripción del material:	Roca consolidada con arcilla roja y arena				

TAMIZ (mm)		RETENIDA (g)	RETENIDO (%)	MASA ACUMULADA (g)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)
N°	mm				
1 1/2"	37.5	0	0	0	100
1"	25	67	13.96	67	86.04
3/4"	19	34	7.08	101	78.96
1/2"	12.5	6	1.25	107	77.71
3/8"	9.5	10	2.08	117	75.63
N° 4	4.75	6	1.25	123	74.38
N° 8	2.36	18	3.75	141	70.63
N° 10	2	15	3.13	156	67.50
N° 12	1.7	9	1.88	165	65.63
N° 16	1.18	41	8.54	206	57.08
N° 20	0.85	41	8.54	247	48.54
N° 30	0.6	39	8.13	286	40.42
N° 40	0.425	38	7.92	324	32.50
N° 50	0.3	36	7.50	360	25.00
N° 80	0.18	51	10.63	411	14.38
N° 100	0.15	21	4.38	432	10.00
N° 200	0.075	32	6.67	464	3.33
FONDO		16	3.33	480	0.00
MASA TOTAL		480	100		

% gravas	25.63
% arenas	67.71
% finos	6.67

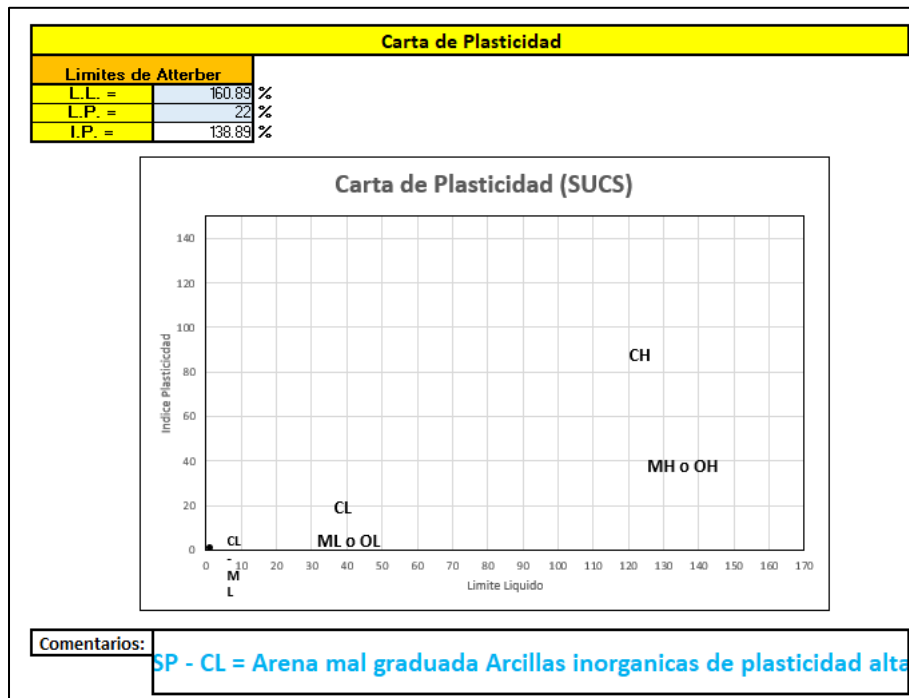
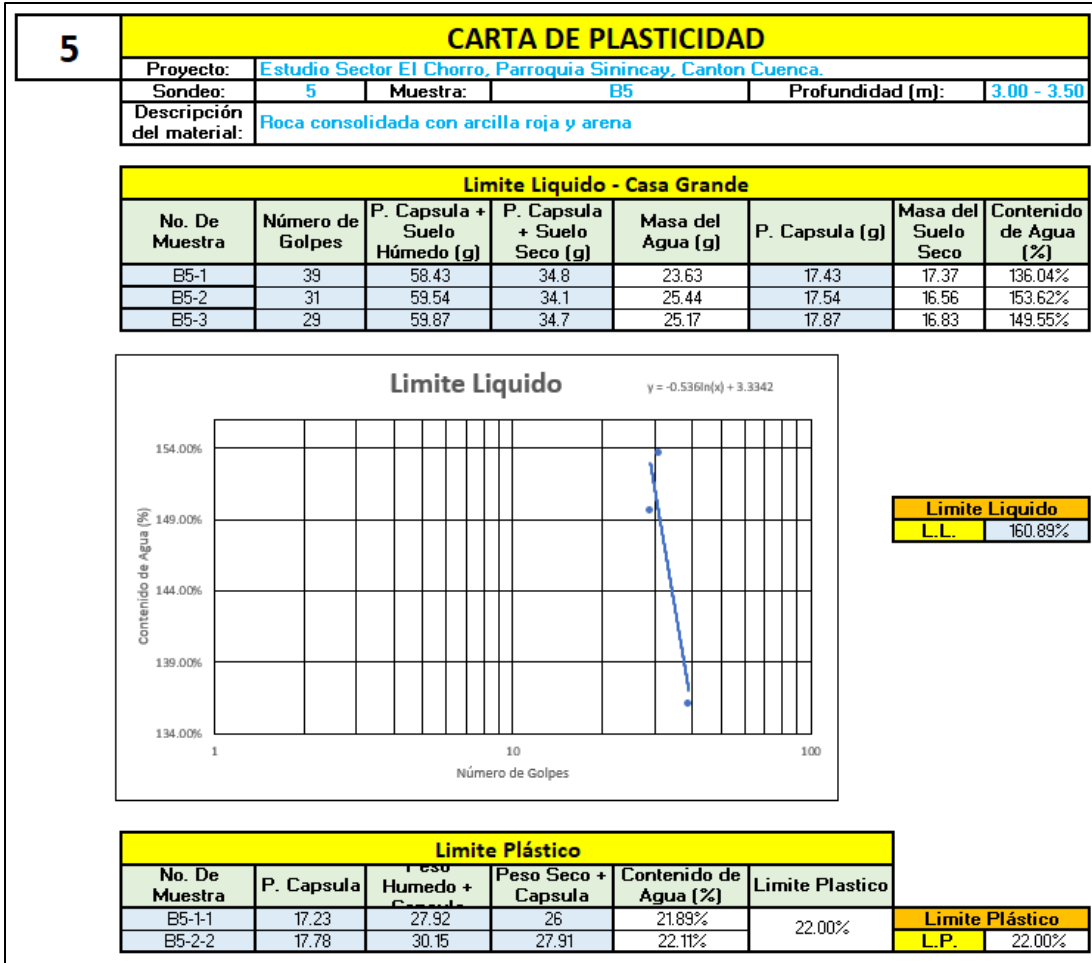


Diametros Efectivos	
D60 (mm)	1.366
D30 (mm)	0.387
D10 (mm)	0.150

Coeficiente de Uniformidad	
Cu	9.106

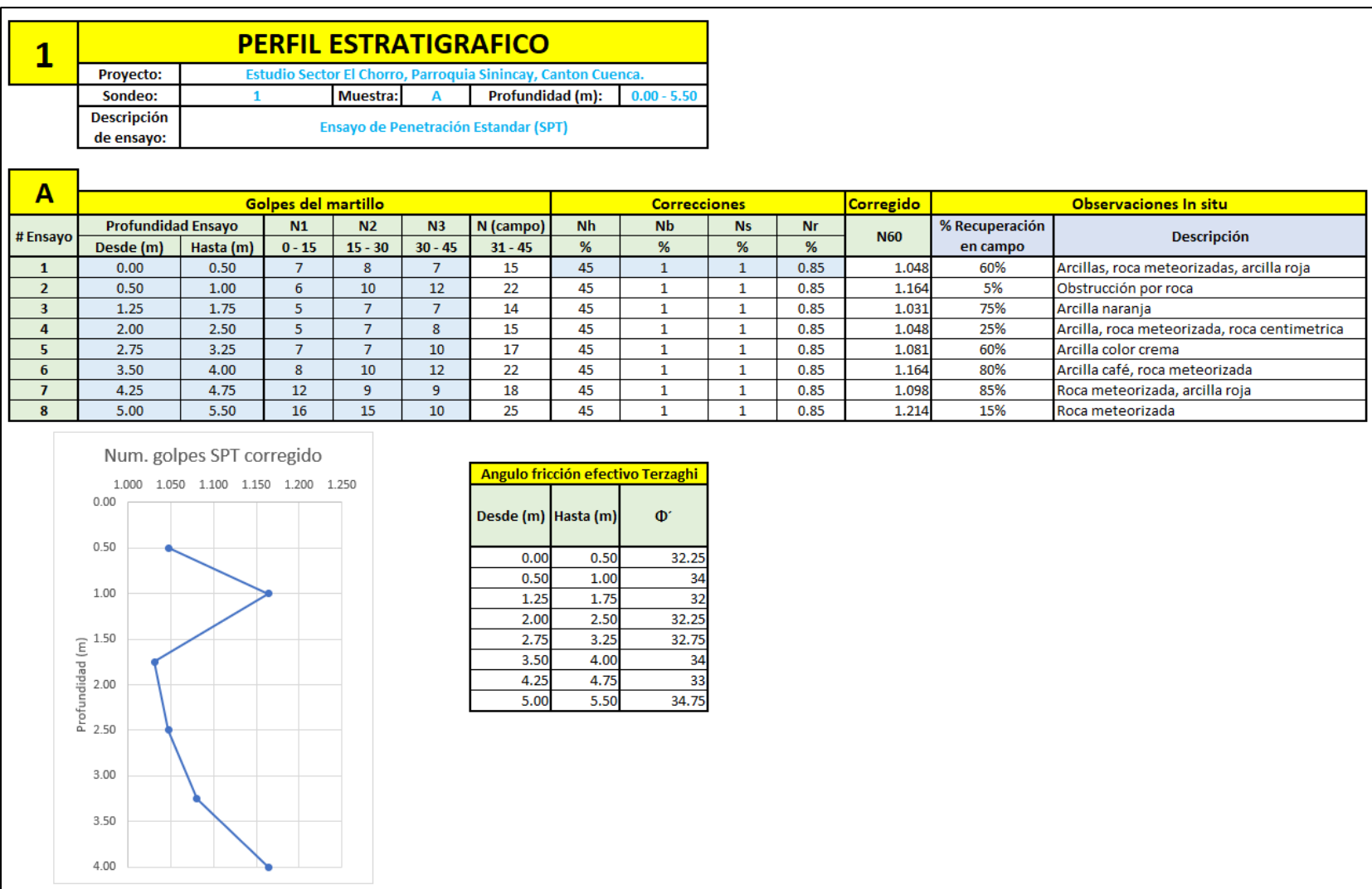
Coeficiente de Gradación	
Cc	0.731

Comentarios: **SP - ARENA MAL GRADUADA, CLASIFICACION DUAL SUELO LIMPIO + SUELO SUCIO**



6	Clasificación de Suelos				
	Proyecto:	Estudio Sector El Chorro, Parroquia Sinincay, Canton Cuenca.			
	Sondeo:	6	Muestra:	A8	Profundidad (m): 3.75 - 4.00
	Descripción del material:	Rechazo de ensayo determinado por ensayo SPT			

Anexo 13 - Resultados de ensayo SPT, estribo A.



Anexo 14 - Resultados de ensayo SPT, estribo B.

