



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION

INFORME TÉCNICO N° 021 -2022



01 CALICATA

ELABORACION DE PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE : Apolo C&C SAC
CLIENTE : PLAN MERISS
UBICACIÓN : Avenida Pedro Vilcapaza N° 322
DISTRITO : WANCHAQ
PROVINCIA : CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO



INDICE

1.	GENERALIDADES.....	
1.1.	Objeto de Estudio	
1.2.	Base Legal	
1.2.1.	Normas Aplicadas al Presente Estudio de Mecánica de Suelos.	
1.2.2.	Casos donde existe Obligatoriedad	
1.2.3.	Casos donde no Existe Obligatoriedad	
1.2.4.	Estudios de Mecánica de Suelos para Cimentación (EMS).....	
1.3.	Ubicación del Área del Proyecto	
1.4.	Accesibilidad del área del proyecto.....	
1.5.	Características del Proyecto	
2.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	
2.1.	GEOLOGIA REGIONAL.....	
2.1.1.	FORMACION KAYRA.....	
2.1.2.	FORMACION SANJERONIMO.....	
2.1.3.	FORMACION SAN SEBASTIAN.....	
2.1.4.	FORMACION SONCCO.....	
2.2.	GEOLOGIA LOCAL	
2.2.1.	DEPOSITOS CUATERNARIOS.....	
2.2.2.	DEPOSITOS COLUVIALES.....	
2.2.3.	DEPOSITOS ALUVIALES.....	
2.3.	GEOMORFOLOGIA LOCAL	
2.3.1.	ZONA INTERMEDIA - CORDILLERA ORIENTAL.....	
2.3.2.	ALTIPLANO.....	
3.	INVESTIGACIONES EFECTUADAS.....	
3.1.	Trabajos de Campo.....	
3.1.1.	Calicatas.....	
3.1.1.1.	Sondeo con Penetrometro Dinámico Ligero (DPL NTP 339.159)	
3.1.1.2.	Ensayo de densidad de Campo en Situ (NTP 339.143)	
3.1.2.	Muestreo disturbado	
3.1.3.	Nivel freático	



3.1.4.	Registro de excavación.....	
3.1.5.	Normas Aplicadas al Presente Estudio de Mecánica de Suelos.	
3.2.	Ensayos de Laboratorio	
3.2.1.	Ensayos para Diseño de cimentaciones	
3.2.2.	Contenido de Humedad	
3.2.3.	Análisis Granulométrico por Tamizado	
3.2.4.	Límites de Atterberg o de Consistencia.....	
3.2.4.1.	Limite Liquido (Il)	
3.2.4.2.	Limite Plástico (Ip)	
3.2.4.3.	Índice de Plasticidad (IP).	
3.2.5.	Clasificación de Suelos.....	
3.2.6.	Ensayos en Suelos.....	
3.2.7.1.	Ensayos Estándar y clasificación de Suelos.....	
4.	DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.....	
5.	EVALUACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE	
5.1.	Parámetros geo mecánicos del suelo.	
5.2.	Cálculo de la capacidad portante	
5.2.1.	Tipo y Profundidad de Cimentación	
5.2.2.	Cálculo de Capacidad Portante	
6.	ASPECTO SISMICOS	
7.	CONCLUSIONES.....	
8.	RECOMENDACIONES	
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
Anexo I REGISTRO FOTOGRAFICO		
Anexo II Calculo de Capacidad Portante		
Anexo III Ensayos de laboratorio		
Anexo IV perfil Estratigráfico		



INFORME MECANICA DE SUELOS

1. GENERALIDADES

1.1. Objeto de Estudio

La presente investigación tiene por objetivo realizar el estudio de Mecánica de Suelos con fines de determinar los parámetros de resistencia del suelo.

El estudio de mecánica de suelo en los que se realiza los ensayos respectivos para determinar la capacidad de carga del suelo del proyecto **"AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022**, Distrito de Wánchaq, Provincia Cusco y Departamento Cusco, realizando exploración de campo y trabajos de laboratorio ya que son necesarias para el reconocimiento de las características del subsuelo y definir el perfil estratigráfico del área de estudio así como para calcular la capacidad portante del suelo de este modo dar las recomendaciones necesarias.

El informe de mecánica de suelos se ha realizado de conformidad con la norma técnica E 050 suelos. Este informe contiene:

- Memoria Descriptiva.
- Perfiles Estratigráficos.
- Resultados de los ensayos In-situ.
- Resultados de los ensayos de Laboratorio.
- Calculo de la Capacidad portante.
- Asentamiento Inmediatos.
- Conclusiones y Recomendaciones.

1.2. Base Legal

1.2.1. Normas Aplicadas al Presente Estudio de Mecánica de Suelos.

El Estudio de Suelos se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en la Norma Técnica de Edificación NTE E.050: Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State



Highway and Transportation Officials) y las Normas MTC – E, del Ministerio de Transportes, para la realización de los ensayos y análisis de Laboratorio

1.2.2. Casos donde existe Obligatoriedad

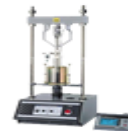
Es obligatorio efectuar el EMS en los siguientes casos:

- a) Edificaciones que presten servicios de educación, servicios a la salud o servicios públicos y en general locales que alojen gran cantidad de personas, equipos costosos o peligrosos, tal es el caso de colegios, universidades, hospitales y clínicas, estadios, cárceles, auditorios, templos, salas de espectáculos, museos, centrales telefónicas, estaciones de radio y televisión, estaciones de bomberos, centrales de generación de electricidad, sub-estaciones eléctricas, silos, tanques de agua y reservorios, archivos y registros públicos.
- b) Edificaciones (viviendas, oficinas, consultorios y locales comerciales), de uno a tres pisos, que ocupen individual o conjuntamente más de 500 m² en planta
- c) Edificaciones (viviendas, oficinas, consultorios y locales comerciales de cuatro o más pisos de altura, cualquiera que sea su área.
- d) Estructuras industriales, fábricas, talleres, o similares.
- e) Edificaciones especiales cuya falla, además del propio colapso, representen peligros adicionales importantes, tales como: reactores atómicos, grandes hornos, depósitos de materiales inflamables, corrosivos o combustibles, paneles de publicidad de grandes dimensiones y otros de similar riesgo.
- f) Cualquier edificación que requiera el uso de pilotes, pilares o plateas de fundación.
- g) Cualquier edificación adyacente a taludes o suelos que puedan poner en peligro su estabilidad.

En los casos en que es obligatorio efectuar un EMS, de acuerdo a lo indicado en esta Sección, el informe del EMS correspondiente deberá ser firmado por el Profesional Responsable.

1.2.3. Casos donde no Existe Obligatoriedad

En casos en que no exista obligatoriedad de realizar los EMS en la forma especificada en esta Norma, la presión admisible, la profundidad de cimentación y cualquier otra consideración adoptada, deberán figurar en un recuadro en el plano de cimentación con la firma del Profesional Responsable que efectuó la estimación, quedando bajo su



responsabilidad la información proporcionada. La estimación efectuada deberá basarse en no menos de 2 sondajes hasta la profundidad mínima "p" indicada.

El Profesional Responsable no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad. En caso que la estimación indique la necesidad de usar cimentación profunda o por platea, se deberá efectuar un EMS.

1.2.4. Estudios de Mecánica de Suelos para Cimentación (EMS)

Son aquellos que cumplen con la presente Norma y que se han basado en el metrado de cargas estimado para la estructura. Los requisitos para el Programa de Investigación Mínimo se describen en la Sección 3.1.2

1.3. Ubicación del Área del Proyecto

El área del proyecto se encuentra ubicado en:

DEPARTAMENTO : Cusco
PROVINCIA : Cusco
DISTRITO : Wánchaq

1.4. Accesibilidad del área del proyecto

El acceso al área del proyecto es de la siguiente manera:

- Carretera Cusco – Pisac

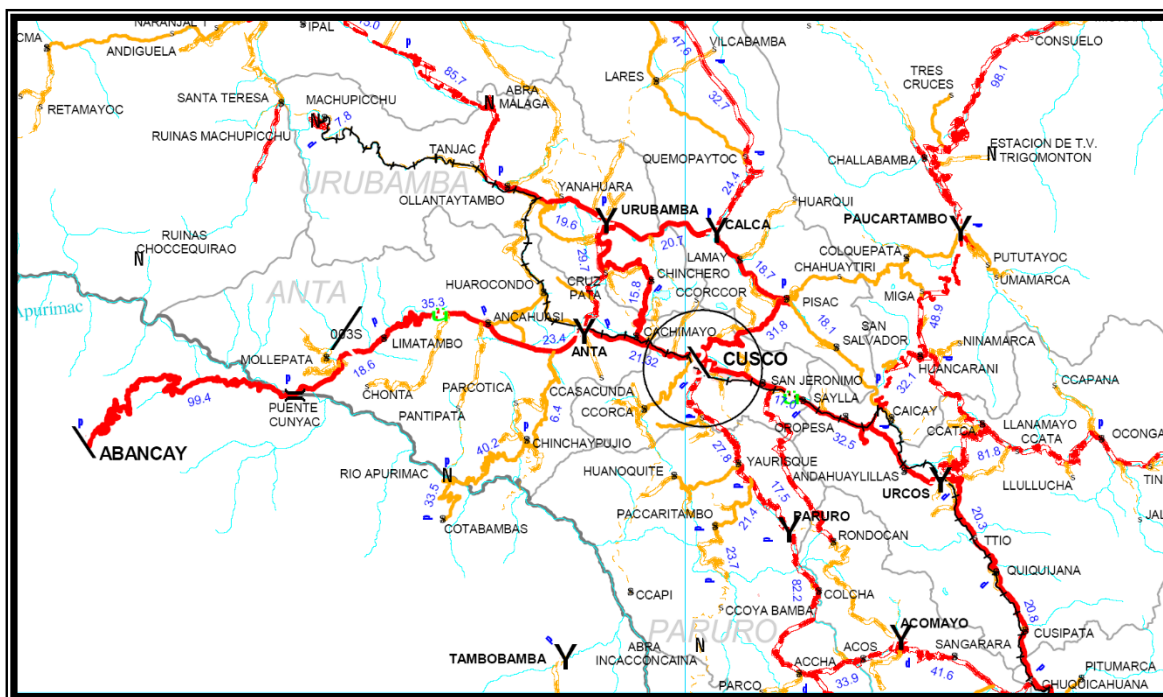
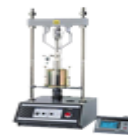


Figura N° 1.1: Mapa de Cusco- La zona en estudio se dentro del distrito de Wánchaq



1.5. Características del Proyecto

El Proyecto consta el estudio de suelos para el proyecto **"AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022**, así poder determinar las características del suelo, así como la capacidad de carga, donde se realizaron los ensayos de Campo **una calicata** así para determinar las características del suelo en el sector indicado, así como la clasificación de suelos, contenido de humedad y otros.

2. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

La geología fue realizada para el presente informe con la información de INGEMET mediante el cuadrángulo 28 - s (Cuadrángulo Cusco) de la carta geológica nacional, la zona de estudio se encuentra dentro de las siguientes formaciones:

2.1. GEOLOGIA REGIONAL

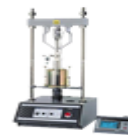
2.1.1. FORMACION KAYRA

La formación Kayra (Córdova, 1986) aflora ampliamente al sur de la ciudad del Cusco, donde forma parte del sinclinal de Anahuarqui y anticlinal de Puquín, al oeste. Igualmente lo hace en el sinclinal de Ancaschaca, en Yaurisque-Paruro, en el sinclinal de San Lorenzo y en el sector de Cusibamba-Sanka.

Litología y ambiente de sedimentación. Está esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y micro conglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado. Hacia el sur las facies se hacen más gruesas y aparecen los conglomerados. La formación acaba con facies areno-pelíticas de llanura de inundación y canales divagantes. Las paleo corrientes indican que los aportes proceden del sur y suroeste. El espesor de esta unidad varía entre 2000 y 3000 m.s.n.m.

2.1.2. FORMACION SAN JERONIMO

Está esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y micro conglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado. Hacia el sur las facies se hacen más gruesas y aparecen los conglomerados. La formación acaba con facies areno-pelíticas de llanura de inundación y canales di vagantes. Las paleo corrientes indican que los aportes proceden del sur y suroeste. El espesor de esta unidad varía entre 2000 y 3000 m



2.1.3. FORMACION SAN SEBASTIAN

Litológicamente está constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad, limos, arcillas intercaladas con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba, el ambiente de sedimentación de esta secuencia corresponde a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos, en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección.

2.1.4. FORMACION SONCCO

Definición y relaciones estratigráficas. La Formación Soncco (Córdova, 1986) sobreyace concordantemente o en discordancia progresiva a la Formación Kayra, como se aprecia en Ancaschaca. Aflora en los mismos lugares donde lo hace la Formación Kayra y además al oeste de Yaurisque.

La Formación Soncco se divide en dos miembros: el Miembro I o inferior (200-300 m) está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas (con mineralización de cobre). El Miembro II o superior (1000-2000 m) está compuesto por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazado de procedencia S y SO. En efecto, al sur se puede apreciar conglomerados con clastos más grandes, como en Cusibamba.

2.2. GEOLOGIA LOCAL

2.2.1. DEPOSITOS CUATERNARIOS

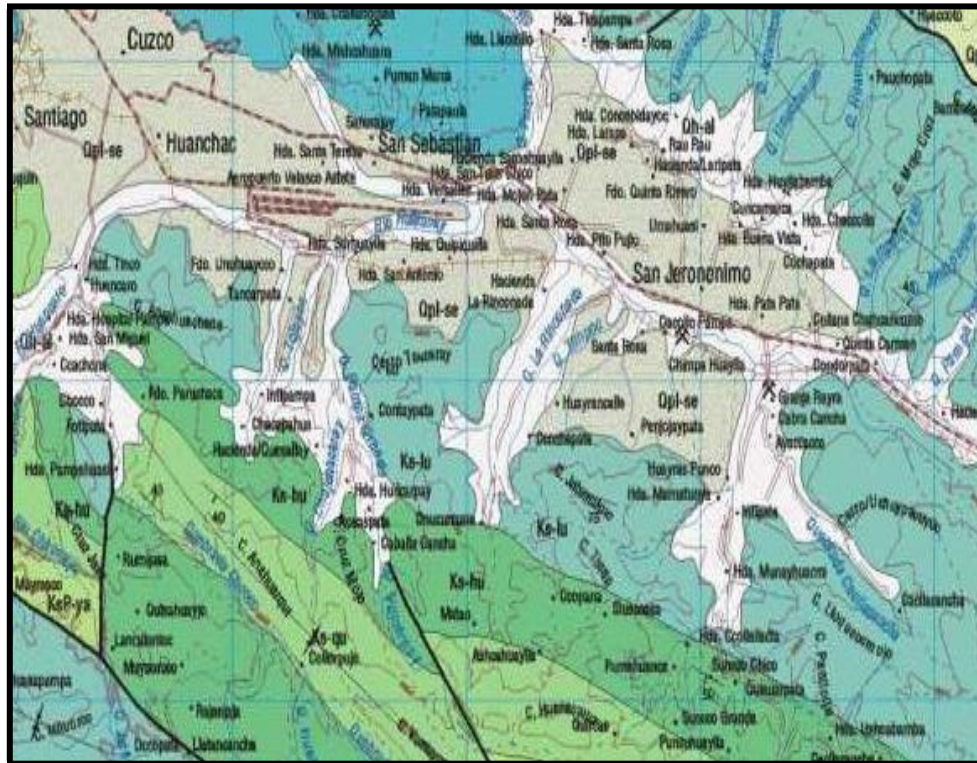
Conformado por materiales heterométricos, con presencia de raíces y/o zonas agrícolas.

2.2.2. DEPOSITOS COLUVIALES

Corresponde a los depósitos de pendiente donde se incluyen los deslizamientos. Se han cartografiado los deslizamientos más importantes, destacando el de San Lorenzo que es un mega deslizamiento que represó el río Apurímac. Igualmente destaca una gran cantidad de deslizamientos a lo largo del valle del río Huatanay y del río Apurímac. Son importantes los deslizamientos activos de Huamancharpa, cerca de la ciudad de Cusco, los del valle del Saphy y el deslizamiento de Yaurisque, por ser todos activos.

2.2.3. DEPOSITOS ALUVIALES

Hemos considerado los conos aluviales y de deyección dentro de estos depósitos. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes a los principales ríos y de quebradas. Los conos están conformados por bloques y gravas de calizas, cuarcitas, areniscas, rocas volcánicas, etc., envueltos por una matriz areno-arcillosa.



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito aluvial	Qh-al
			Depósito de deslizamiento	Qh-d
			Depósito glacioluvial	Qh-gl
			Depósito morrénico	Qh-m
		PLEISTOCENO	Días. erosional Formación Pumicocla	Qpl-nu
			Días. erosional Formación San Sebastián	Qpl-se
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	GRUPO PUNO	P-pu
		PALEOCENO	Formación Pócto	P-pc
			Formación Yaurisque	KeP-ya
			Formación Quincas	Ke-qu
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Huaro	Ke-hu
			Formación Lucre	Ke-lu
			Días. erosional Formación Puguín	Ke-pu
			Formación Sangarará	Ke-sa
			Formación Acomayo	Ke-ac
			Formación Arsurquina	Ke-ar
			Formación Huancané - Huambulo	Ke-hu
			Días. erosional GRUPO MITU	Pe-mi
			Días. erosional GRUPO COPACABANA	Pe-co
			Días. erosional Formación Cosca	D-ca
PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR	Formación Urcos	SD-ur
	DEVONIANO	INFERIOR		
	SILURIANO			



2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL

2.3.1. ZONA INTERMEDIA - CORDILLERA ORIENTAL

Dentro de esta zona se encuentran las siguientes unidades:

Montañas del Pachatusan. - Caracterizado por Una Secuencia de elevaciones con altitudes de 4842 msnm Las elevaciones Toman una dirección NW-SE constituyen El Divortium Aquarium (Divisoria de Aguas) Entre las secuencias de los Ríos Vilcanota Hacia el NE y Huatanay hacia el SW.

Montañas de Ccorao. - Ubicado al noroeste de las Montañas de Pachatusan, dividir igualmente las aguas de las dos cuencas mencionadas anteriormente, Entre sus altitudes más Importantes tenemos. El Huaynapicol un 4,448 m.s.n.m. Senca Con 4.423 msnm, una Sipaschocana 4393 msnm Se Ubica al NE de la Ciudad del Cusco.

Montañas de Picchu. - Constituida por elevaciones que llegan los 4000 msnm uno de se encuentran ubicadas hacia el NW de la Ciudad del Cusco, limitan las cuencas de los Ríos Izcuchaca y Huatanay respectivamente.

2.3.2. ALTIPLANO

Meseta de SACSAYHUAMAN. - Hacia el NE ubicada de la ciudad del Cusco, es una gran Llanura Limitada por las elevaciones de Ccorao Hacia el NE, Ambas Unidades geomorfológicas están separadas por una gran Falla denominada "falla de Tambomachay" Hacia el SW, Limite Con La depresión del Cusco.

3. INVESTIGACIONES EFECTUADAS

Para la elaboración del presente informe se toma las siguientes normas técnicas:

Interpretación y Análisis de Resultados

- Norma E - 050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E - 030, Diseño Sismo resistente.
- Norma E - 060, Concreto Armado.

Ensayos en Campo y Laboratorio

- Manual De Ensayos De Materiales (EM-2016)
- Normas Técnicas Peruanas (NTP)

3.1. Trabajos de Campo

Los trabajos de campo, desarrollados en la etapa de investigación, fueron los siguientes:



3.1.1. Calicatas

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área de estudio Fueron extraídas muestras de la calicata para realizar ensayos de laboratorio, y de esta manera determinar las propiedades físicas y mecánica de suelos. Se han realizado una (01) calicata a cielo abierto las que se realizaron en la zona de estudio, distribuida convenientemente.

Tabla 1: Calicatas realizadas en campo:

CALICATA	PROFUNDIDAD (mts)	CLASIFICACION	DESCRIPCION	OBSERVACION
C-01	0.00 a 1.60	CL-ML	Arcilla Limosa con Arena	
	1.60 a 2.50	ML	Limos Baja Plasticidad con arena	M-1

Calicata 01





Figura 01: Ubicación de calicatas

A continuación, se mencionan los trabajos realizados en la zona de estudio:

3.1.1.1. Sondeo con Penetrometro Dinámico Ligero (DPL NTP 339.159)

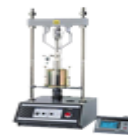
Este ensayo se realizó para determinar la resistencia de los suelos a distintos niveles, complementando así el programa de ensayos de laboratorio. El ensayo de penetración dinámica ligera conocido como PDL tiene las siguientes características:

- Masa de martillo : 8.00 kg
 - Altura de caída : 58 cm.
 - Punta
- | | |
|--------------------------|------------------------|
| Área de la sección recta | : 4.99 cm ² |
| Angulo | : 90° |
- Peso del varillaje : 3Kg/ml
 - Energía específica del equipo : 8.82 Kg/Cm³
 - Esta prueba se realizó según la NTP 339.159 y/o DIN 4094

BASE LEGAL PDL

Suelos. Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrometro dinámico ligero de punta cónica (PDL)

OBJETIVO



- Esta Norma Técnica Peruana establece procedimientos y equipos para la prospección indirecta (auscultación) del suelo realizado con una sonda (Penetró metro Dinámico Ligero de Punta Cónica - PDL), como parte de las Investigaciones Geotécnicas según la Norma Técnica Nacional E-050.
- Esta Norma Técnica Peruana describe también el análisis de los resultados de la auscultación de los suelos.
- Además de las prospecciones indirectas, se requiere de prospecciones directas, como calicatas o perforaciones.
- La NTP tiene como objetivo evitar estimaciones erradas de las condiciones de los suelos de cimentación
- Con los equipos descritos en esta NTP se pueden alcanzar profundidades de hasta 8m.

3.1.1.2. Ensayo de densidad de Campo en Situ (NTP 339.143)

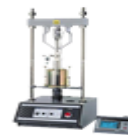
El objetivo de este ensayo es la determinación directa de la densidad in situ " γ_d ". La técnica de este ensayo consiste en aplanar o alisar una superficie de 1 m², tratando de no modificar la estructura original del terreno a ensayar. Para estas determinaciones se utilizará una platina metálica con un aro en su parte media de aproximadamente 50 cm de diámetro o más, dependiendo este valor, del tamaño máximo de la muestra a ensayar.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_2 - V_1}$$

3.1.2. Muestreo disturbado

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar ensayos de clasificación e identificación de suelos. Se extrajo asimismo muestra representativa del suelo para realizar ensayo de caracterización Física.

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA
Mib	NTP 339.151	Bloques	Inalterada
Mit	NTP 339.151	Tubos de pared delgada	
Mab	NTP 339.151	Con bolsas plásticas	Alterada
Maw	NTP 339.151	En lata sellada	Alterada



De acuerdo a la Norma NTP 339.159(DIN 4094) Se han realizado la extracción de las muestras de suelo de acuerdo a lo establecido en la tabla, realizándose la siguiente codificación:

C-01: Muestra alterada MAB - C-01 MA1

3.1.3. Nivel freático

No se tuvo la presencia de nivel freático en la calicata estudiada.

3.1.4. Registro de excavación

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de la calicata, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontradas, tales como: espesor de estrato, humedad, tipo de grano, plasticidad, consistencia, granulometría, textura, color, etc.

3.1.5. Normas Aplicadas al Presente Estudio de Mecánica de Suelos.

El estudio de suelos se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en la norma técnica de edificación NTE E.0.50: Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones que incluyen las normas de la ASTM, la AASHTO y la norma MTC – E, del ministerio de transporte Los tipos de edificación A, B y C designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo, siendo el A más exigente que el B y éste que el C.

TIPO DE EDIFICACION					
CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYO (m)	NUMERO DE PISOS (incluido los sótanos)			
		≤3	4 a 8	9 a 12	>12
APORTICAS DE ACERO	<12	C	C	C	B
PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	<10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERIA	<12	B	A	-	-
BASE DE MAQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	-	-	-



ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	A		A	A
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤9 m de Altura		>9 m de altura	
		B		A	

Las construcciones en la zona deberán ser generalmente del **tipo C**

PROGRAMA DE INVESTIGACION

Se determina este número de sondajes en la siguiente Tabla en función de tipo de edificio y del área de la superficie a ocupar por éste.

TIPO DE EDIFICACION	NUMERO DE PUNTOS A INVESTIGAR
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m²
C	1 cada 800 m ²

Nuestra Edificación es del Tipo C por lo tanto El Número de Puntos de Investigación es de 1 PUNTOS

3.2. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la siguiente relación:

3.2.1. Ensayos para Diseño de cimentaciones

➤ ENSAYOS ESTANDAR

Análisis Granulométrico	NTP 339.128
Limite Líquido	NTP 339.128
Límite Plástico	NTP 339.129
Clasificación: SUCS AASTHO.	ASTM D 2487
Densidad Insitu	NTP 339.143
Contenido de Humedad	NTP 339.127

➤ ENSAYOS ESPECIALES

Corte Directo	ASTM D 3080
Sales Solubles totales	ASTM D 1889
Porcentaje de Sulfatos	ASTM D 516



Porcentaje de Cloruros

ASTM D 512

3.2.2. Contenido de Humedad

Se calcula el contenido de humedad de la muestra con la expresión siguiente:

Donde:

$w \%$ = Contenido de humedad expresado en porcentaje

P1 = Peso de la tara más el suelo húmedo

P2 = Peso de la tara más el suelo seco al horno

P3 = Peso de la tara.

**3.2.3. Análisis Granulométrico por Tamizado**

El estudio de las propiedades de los suelos, se fundamentó en que las propiedades mecánicas dependen directamente de la distribución de las partículas constituyentes según sus tamaños. El objetivo principal es Determinar la distribución de las partículas en función de su tamaño, de una muestra representativa de suelo de grano grueso, mediante un ensayo granulométrico por tamizado.





3.2.4. Límites de Atterberg o de Consistencia

En la mayoría de suelos existentes, cuando estos se moldean sin romperse hasta cierto límite al alterar su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica denominada plástica.



3.2.4.1. Limite Liquido (ll)

El contenido de agua existente en este límite, se define como la humedad necesaria para que el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo, se cierre a lo largo de su fondo en una distancia de 1/2", cuando se deja caer la cuchara 25 veces desde una altura de 1cm, y a una velocidad de dos golpes por segundo.

3.2.4.2. Limite Plástico (lp)

Determinar el límite plástico de los suelos, el cual se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo seco al horno, cuando el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólido. El contenido de agua en este límite, se define como el contenido más bajo de agua al cual el suelo puede ser rolando en hilo de 3.2 mm sin que se rompa en pedazos.

3.2.4.3. Índice de Plasticidad (IP).

Se denomina Índice de Plasticidad, a la diferencia numérica entre el valor obtenido de Límite Líquido y Límite Plástico de una muestra de suelo; es el índice de consistencia más importante, dado que su valor permite conocer cuan plástico es un material. Matemáticamente está representada por la siguiente relación:

$$IP = LL - LP$$



3.2.5. Clasificación de Suelos.

Dada la múltiple variedad y complejidad que los suelos presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación que permitan cubrir las necesidades correspondientes, basado en las propiedades mecánicas de los suelos por ser estas preponderantemente cualitativas, puesto que sistemas que incluyan relaciones cuantitativas y detalle respecto a las propiedades mecánicas, resultaría excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487					
Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio				Clasificación de suelos	
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Más del 90% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200	$P < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$P > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
	Areñas El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla No. 4		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
		Areñas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	BW	Areña bien graduada
			$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	SP	Areña mal graduada
Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Areñas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200	$P < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Areña limosa
			$P > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Areña arcillosa
		Areñas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para BW y SM	BW-SM	Areña bien graduada con limo
			Cumple los criterios para BW y SC	BW-SC	Areña bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Areña mal graduada con limo
	Limos y arcillas Límite líquido mayor que 50		Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Areña mal graduada con arcilla
		Inorgánicos	$P > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$P < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Límite líquido - secado al horno < 0.75	OL	Arcilla orgánica
			límite líquido - no secado < 0.75		Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Preponderantemente materia orgánica de color oscuro	Inorgánicos	$P > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			$P < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	Límite líquido - secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica
			límite líquido - no secado < 0.75		Limo orgánico

Los resultados obtenidos de cada ensayo de laboratorio mencionado anteriormente se presentan en el Anexo III-Ensayos de laboratorio.



3.2.7. Ensayos en Suelos

3.2.7.1. Ensayos Estándar y clasificación de Suelos

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según se muestra en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 3.2: Clasificación de suelos

PROPIEDADES		Calicata C-01-E-01	Calicata C-02-E-02
% pasa malla 200	%	70.90	81.50
Limite líquido	%	21.77	43.24
Limite plástico	%	17.36	27.77
I.P	%	4.41	15.47
Clasificación	SUCS	CL-ML	ML
Densidad Natural	g/Cm3	----	1.61
Humedad Natural	%	----	24.13

Fuente: Elaboración Propia

4. DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

En función de los trabajos efectuados tanto en campo como en laboratorio describiremos el perfil estratigráfico del terreno correspondiente a la zona de estudio.



4.1 PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se tiene la descripción estratigráfica de la zona de estudio:

Calicata C-01

- **Primer Estrato** de. 0.00 a 1.60 m Suelo identificado como Arcilla limosa con arena de color pardo oscuro.
- **Segundo Estrato** de. 1.60 a 2.50 m Suelo identificado como Limo Baja Plasticidad con arena de color pardo oscuro, no existe la presencia de nivel freático, las características físico mecánicas de este suelo son:

➤ SUCS	: ML
➤ Color	: Pardo Oscuro
➤ Plasticidad	: 15.47 %
➤ Humed. Natural	: 24.13%
➤ Capacidad Carga	: 0.69 Kg/Cm2





5. EVALUACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante es la máxima presión que puede admitir el suelo de cimentación bajo dos consideraciones:

- El factor de seguridad mínimo de una falla por cortante sea, $Fs_{\min} = 3.0$
- Los asentamientos producidos por la presión recomendada no sean mayores a los asentamientos admisibles por la estructura.

La metodología para calcular la capacidad portante se inicia cumpliendo la primera consideración, es decir calculando la presión vertical, q_{adm} , de tal forma que se obtenga un factor de seguridad por cortante, $FS = 3.0$. Posteriormente se debe comprobar que los valores de q_{adm} produzcan valores de asentamientos menores a los permisibles.

La evaluación de la capacidad de soporte del subsuelo está condicionada a tres factores fundamentales, tales como profundidad de la cimentación, características del suelo de soporte y tipo de cimentación a emplear.

Los parámetros de resistencia al corte obtenidos se presentan a continuación en el siguiente cuadro:

5.1. Parámetros geo mecánicos del suelo.

Estructura	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
		$\phi (^{\circ})$	$C \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
C-01	ML	0.00	0.30

Cuadro N° 5.1: Parámetros de resistencia cortante utilizados

5.2. Calculo de la capacidad portante

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se presenta lo siguiente:

5.2.1. Tipo y Profundidad de Cimentación

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, descripción del perfil estratigráfico y las características del proyecto, se concluye que el nivel de desplante para la cimentación será desde los 2.50m esta profundidad de cimentación obedece a consideraciones de funcionalidad y a solicitudes de la estructura armada ante fenómenos de sismo y tipo de suelo, *Dejando al proyectista la posibilidad de modificar*, siempre que se adopte otro sistema de características técnicas similar o mejores



5.2.2. Cálculo de Capacidad Portante

Se ha evaluado la capacidad de soporte del suelo de cimentación para recibir los esfuerzos producidos por las estructuras principales, la cimentación será superficial.

A la profundidad antes mencionada los cimientos corridos se apoyarán sobre el material de Gravas Arcillosas de media plasticidad, cuyos parámetros de resistencia (Modelo de Morh – Coulomb) están dados por el ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) y la cohesión (C), obtenidos a través del ensayo de corte directo de la muestra ensayada en situ.

Considerando la teoría de Terzaghi, la capacidad portante última Modificada por Vesic es calculada de la siguiente ecuación:

ECUACION GENERAL
$Q_u = C N_c d_c S_c + \gamma_1 D_f N_q d_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma d_\gamma S_\gamma$

FACTORES DE PROFUNDIDAD		
$d_c = 1 + 0.2(N_\phi)^{0.5} (D/B)$	$d_q = d_\gamma = 1$ Si $\phi = 0^\circ$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1(N_\phi)^{0.5} (D/B)$ Si $\phi = 10^\circ$

FACTORES DE FORMA		
$S_c = 1 + 0.2 N_\phi (B/L)$	$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 N_\phi (B/L)$ Si $\phi = 10^\circ$	$S_q = S_\gamma = 1$ Si $\phi = 0^\circ$

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			
$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} N_\phi$	$N_\phi = \tan^2(45 + \phi/2)$	$N_\gamma = (N_q - 1) 2 \tan(\phi)$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$

Entonces se obtiene los siguientes parámetros de cimentación a la profundidad de cimentación evaluada.



Los factores de la capacidad de carga se muestran a continuación:

Corrección por Corte Local: $C' = 0.666666667 * C$

Corrección por Corte Local:

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3} \right) \tan \Theta$$

Los resultados de capacidad portante se muestran a continuación:

➤ **Calicata C-01:**

Df	γ	qc	qa
1.00	1.61 g/cm3	18.20 Ton/m2	0.61 Kg/cm2
1.50	1.61 g/cm3	18.61 Ton/m2	0.62 Kg/cm2
2.00	1.61 g/cm3	19.72 Ton/m2	0.66 Kg/cm2
2.50	1.61 g/cm3	20.63 Ton/m2	0.69 Kg/cm2
3.00	1.61 g/cm3	21.42 Ton/m2	0.71 Kg/cm2
3.50	1.61 g/cm3	22.13 Ton/m2	0.74 Kg/cm2
4.00	1.61 g/cm3	22.80 Ton/m2	0.76 Kg/cm2

6. ASPECTO SISMICOS

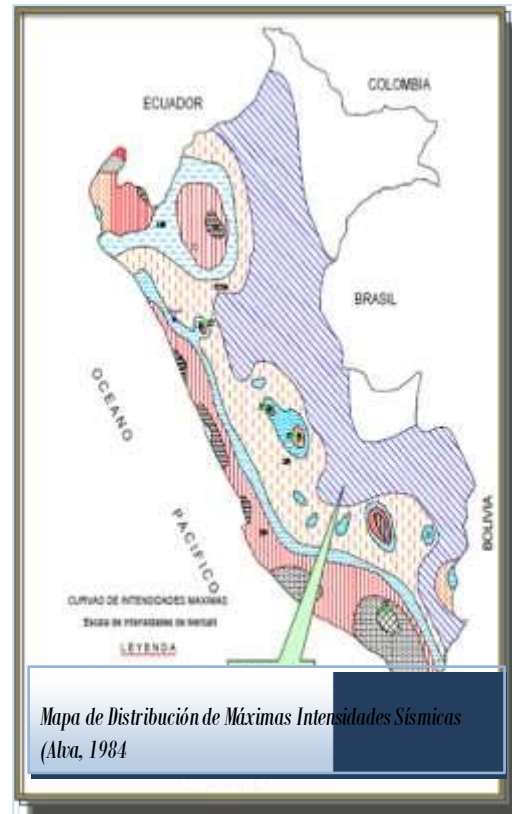
El Distrito de Wánchaq se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad mediana. Según el reglamento Nacional de Edificaciones, con fines de diseño estructural, se considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos en la zona de estudio:

PARAMETRO DE DISEÑO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona (Z)	0.25	Tabla N°1
Tipo de Suelo	Tipo S2	Suelo Intermedio
Factor de Suelo (S)	1.20	Tabla N°3
parámetros del suelo	Tp=0.6	Tabla N°4
Categoría de Edificación	C	Edificaciones esenciales



A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10





7. CONCLUSIONES

En base a la exploración de campo, ensayos de laboratorio y al análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- La zona en estudio pertenece al proyecto: **"AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA DE LA SEDE INSTITUCIONAL DEL PLAN MERISS - CUSCO"**-son 01 calicata, Distrito de Wánchaq, Provincia y Departamento de Cusco.
- El presente informe técnico se ha elaborado tomando como referencia la Norma Técnica E-050 de Suelos y Cimentaciones y la norma E-030 Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones y corresponde al Estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentación para el proyecto.
- En función de los trabajos efectuados tanto en campo como en laboratorio se elaboró el perfil estratigráfico de la zona de estudio el cual se aprecia en el anexo de perfiles estratigráficos, **Correspondiéndole al perfil S2, en su comportamiento sísmico.**
- El subsuelo en el área de estudio está conformado por :

CALICATA	PROFUNDIDAD (mts)	CLASIFICACION	DESCRIPCION	OBSERVACION
C-01	0.00 a 1.60	CL-ML	Arcilla Limosa con Arena	
	1.60 a 2.50	ML	Limos Baja Plasticidad con arena	M-1

- Es importante señalar que, de acuerdo a la Zonificación Sísmica del Perú, el Departamento del Cusco, está Ubicado en la **zona 2 de sismicidad media, para un periodo $t_s=0.6$ seg. un factor de suelo (s) de 1.20**
- El factor de seguridad para el cálculo de capacidad es de 3.
- Para el cálculo de la capacidad portante admisible en la zona en estudio en la que la cimentación será en suelo, se han considerado los parámetros de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos a partir del ensayo de PDL y los valores del peso volumétrico se han considerado a partir del ensayo de densidad in-situ.



- Las características mecánicas en las dos calicatas excavadas se muestran a continuación:

PROPIEDADES		Calicata C-01-E-01	Calicata C-02-E-02
% pasa malla 200	%	70.90	81.50
Limite líquido	%	21.77	43.24
Limite plástico	%	17.36	27.77
I.P	%	4.41	15.47
Clasificación	SUCS	CL-ML	ML
Densidad Natural	g/Cm3	----	1.61
Humedad Natural	%	----	24.13

- Los parámetros calculados se muestran a continuación:

Estructura	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
		ϕ (°)	C (kg/cm ²)
C-01	ML	0.00	0.30

- Las capacidades halladas a distintas profundidades se muestran a continuación:

➤ **Calicata C-01:**

Df	γ	qc	qa
1.00	1.61 g/cm3	18.20 Ton/m2	0.61 Kg/cm2
1.50	1.61 g/cm3	18.61 Ton/m2	0.62 Kg/cm2
2.00	1.61 g/cm3	19.72 Ton/m2	0.66 Kg/cm2
2.50	1.61 g/cm3	20.63 Ton/m2	0.69 Kg/cm2
3.00	1.61 g/cm3	21.42 Ton/m2	0.71 Kg/cm2
3.50	1.61 g/cm3	22.13 Ton/m2	0.74 Kg/cm2
4.00	1.61 g/cm3	22.80 Ton/m2	0.76 Kg/cm2



8. RECOMENDACIONES

- Dada la naturaleza de la estructura: El tipo de cimentación recomendado es de zapatas cuadradas con sus respectivas vigas de conexión, $D_f = 2.50$ m, desde el nivel de superficie (nivel = ± 0.00 m), este diseño deberá ser compatible a la estructura elevada y su rigidez correspondiente, ***dejando al proyectista la posibilidad de modificar siempre que se adopte otro sistema de características técnicas similares o mejores.***
- La cimentación se deberá apoyar en los estratos de Limo baja plasticidad con arena de hallarse otros suelos más desfavorables se recomienda tener la excavación hasta hallar suelo competente.
- Deberá eliminarse el Suelo Orgánico si existiera (cobertura vegetal), tal como lo señala la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, en su Capítulo 4 (Cimentaciones Superficiales), Numeral 4.3 (Profundidad de Cimentación), que establece a la letra: "No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario, ni rellenos sanitarios. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y remplazados con material que cumplan con el indicado".
- Es importante proteger al suelo de cimentación de los efectos de aguas pluviales que puedan llegar a infiltrarse. En efecto, se recomienda realizar un sistema adecuado de protección mediante la construcción de sistemas de drenaje.
- Se recomienda que los materiales (agregados gruesos y finos) a ser utilizados en la construcción tengan un control de calidad adecuado, y en el caso del agregado grueso tiene necesariamente que ser piedra chancada por tener mejores propiedades se recomienda tener un ***diseño de mezclas con dichos agregados.***
- Los estudios realizados corresponden a la estratigrafía del suelo en puntos específicos, sin embargo, durante los trabajos de movimientos de tierra para realizar la cimentación se observará en forma masiva el suelo, en tal sentido si durante el proceso constructivo se hallase suelos diferentes y/o presencia de nivel freático diferente a los descrito en el presente informe se deberá contactar oportunamente con el suscrito para realizar las recomendaciones correspondientes.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas, sólo son válidos para el área investigada y no garantiza a otros proyectos que la tomen como referencia.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- 2) Exploración Geotécnica (1987). Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- 3) A. Terzaghi Karl. And Peck. R. B (1967) "soil mechanics engineering practice", John Wiley and Sons, New York.
- 4) Juárez Eulalio Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. "Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos" Tomo II"
- 5) Ralph B. Peck. Hanson (1982). "Ingeniería de Cimentaciones"
- 6) Mecánica de Suelos Y Cimentaciones George B. Sowers - George F. Sowers.
- 7) Manuel Delgado Vargas.
"Ingeniería de Cimentaciones" (Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico).
- 8) José Rodríguez Ortiz: "Curso Aplicado de Cimentaciones" (6ta. Edición Madrid)
- 9) Joseph E. Bowles: "Manual de Laboratorio de Suelos y Cimentaciones".



ANEXO I

REGISTRÓ FOTOGRAFICOS



FOTO N°1.- Vista de la Zona de estudio de proyecto Calicata C-01



FOTO N°2.- Excavación de la calicata c-01

FOTO N°3.- Excavación de la calicata c-01



FOTO N°4.- Ensayo de PDL C-01



FOTO N°5.- Prueba de PDL C-01



FOTO N°6.- Ensayo densidad de Campo C-01



FOTO N°7.- Ensayo densidad de Campo C-01



Ensayos de laboratorio como son secado de muestras, granulometría límites de consistencia.



ANEXO II

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastian - Cusco, Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CAPACIDAD DE CARGA

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

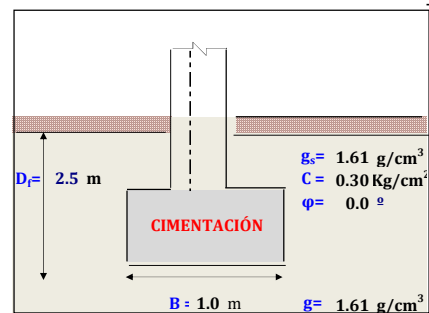
CALICATA: C-01

FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

PROGRESIVA :

Cohesión	C	0.30	Kg/cm ²
Angulo de fricción	φ	0.00	°
Tipo de falla	B		
Densidad del suelo	g	1.61	g/cm ³
Ancho de la cimentación	B	1.00	m
Largo de la cimentación	L	1.00	m
Profundidad de la cimentación	D _f	2.50	m
Inclinación de la carga	β	0.00	°
Factor de seguridad	FS	3.00	

$$q_u = cN_c S_c d_c i_c + q_s N_q S_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$



Tipo de falla:	Corte genreal (suelos densos)	A	Corte local (suelos sueltos como arenas poco densas, limos blandos, etc.)	B	C'	0.20	φ'	0.00
----------------	-------------------------------	---	---	---	----	------	----	------

CALCULANDO LOS FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA Y FORMA:

Factores de capacidad de carga		Factores de forma		Factores de profundidad		Factores de inclinación	
N _c =	5.142	S _c =	1.194	d _c =	1.476	i _c =	1.000
N _q =	1.000	S _q =	1.000	d _q =	1.000	i _q =	1.000
N _γ =	0.000	S _γ =	0.600	d _γ =	1.000	i _γ =	1.000

Reemplazando en la formula se tiene:	q _u	20.63	Tn/m ²
Capacidad última de carga	q _u	2.06	Kg/cm ²
	FS	3.00	
Capacidad admisible de carga	q _{adm}	0.69	Kg/cm ²

FORMULAS UTILIZADAS

Factores de capacidad de carga	Factores de forma	Factores de profundidad
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_q = tg^2 (45 + \frac{\phi}{2}) e^{\pi tg \phi}$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) tg \phi$	$S_c = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$ $S_q = 1 + \frac{B}{L} tg \phi$ $S_\gamma = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$	$Si \frac{D_f}{B} \leq 1$ $d_c = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$ $d_q = 1 + 2 (tg \phi) (1 - sen \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $d_\gamma = 1$
Factores de inclinación		
$i_c = i_q = (1 - \frac{\beta}{90})^2$	$i_\gamma = (1 + \frac{\beta}{\phi})^2$	$Si \frac{D_f}{B} > 1$ $d_c = 1 + 0.4 \arctg (\frac{D_f}{B})$ $d_q = 1 + 2 (tg \phi) (1 - sen \phi)^2 \arctg (\frac{D_f}{B})$ $d_\gamma = 1$



**ANEXO
III
ENSAYOS DE
LABORATORIO**



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastián - Cusco, Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL
PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO
REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022**

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

CALICATA: C-01

FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

PROGRESIVA: ...

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº de muestra		12	7	13	
Cápsula	g	16.68	28.75	28.56	
Cápsula + suelo húmedo	g	85	92.31	97.64	
Cápsula + suelo seco	g	71.79	80.13	83.95	
Contenido de humedad	%	23.97	23.71	24.72	
Promedio	%	24.13			

DETERMINACIÓN DENSIDAD NATURAL
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 117 - 2000

DENSIDAD NATURAL

Nº de muestra		1
Peso neto del suelo + grava	g	2892.0
Peso de la arena + frasco	g	6460.0
Peso de la arena que queda + frasco	g	2694.0
Peso de la arena del embudo	g	1607.0
Peso de la arena empleada	g	2159.0
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del suelos	cm ³	1449.0
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.996
DENSIDAD NATURAL	g/cm³	1.608



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastian - Cusco, Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO"

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

CALICATA: C-01

FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

PROGRESIVA :

Asentamiento en el centro de la zapata

$$S = 2 * q * B * \frac{1 - \nu^2}{E} * N$$

Asentamiento en las Esquinas de la zapata

$$S = q * B * \frac{1 - \nu^2}{E} * N$$

Nº de muestra	Und	1
Clasificacion	SUCS	ML
Modulo de esfuerzo (ES)	Kg/cm2	120.0
Incremento de la Presion de Suelo por encima del equilibrio	Kg/cm2	0.69
Ancho efectivo del area de la cimentacion cargada	cm	100
largo del area de Cimentacion	cm	100
Modulo de Poisson (u)		0.35
Valor de influencia que depende de la relacion largo a ancho L/B		0.93
Profundidad de Desplante (Df)	m	2.50

Df	qa	Asentamientos		asentamiento	
		Terzagui		0.47	cm
	Terzagui	centro	Esquina		
2.50	0.69	0.47	0.23		

Si; Df=B se considerara 75% del asentamiento

Si; Df>B se considerara 50% del asentamiento



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastián - Cusco, Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

REGISTRO DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA - DPL

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

N° DE EXPLORACIÓN : C-01

PROGRESIVA :

NIVEL FREÁTICO (m) : N.P.

PROF. DE EXPLORACIÓN (m) : 2.00 mts.

FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINÁMICA LIGERA N _{DPL} = N° de golpes 10 cm
			N SPT	F (°) suelo friccionante	c (kg/cm²) suelo cohesivo	
1.00	ARCILLA LIMOSA CON ARENA	CL- ML				
2.00	LIMO BAJA PLASTICIDAD CON ARENA	ML	2	-	0.08	
3.00			8	-	0.30	
4.00			21	-	0.79	
5.00			16	-	0.60	
6.00						
7.00						
8.00						

Observación: No se tiene nivel freatico.



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastián - Cusco - Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

GRANULOMETRIA / LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: **Apolo C&C SAC**

CLIENTE: **PLAN MERISS**

UBICACIÓN: **Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO**

FECHA: **10 DE OCTUBRE 2022**

CALICATA : **C-01-E01**

PROGRESIVA :

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :	872.0	Grava	0.5 %
Peso de muestra lavada:	261.0	Arena	28.6 %
Pérdida por lavado	611.0	Finos	71.0 %

Datos de Clasificación

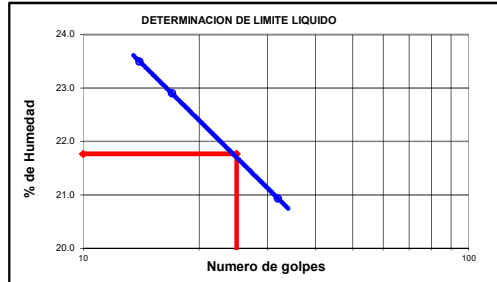
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	0.50	0.50	99.50	
10	2.000	1.60	2.10	97.90	
16	1.190	1.10	3.20	96.80	
20	0.850	0.70	3.90	96.10	
30	0.600	2.80	6.70	93.30	
40	0.420	6.20	12.90	87.10	
50	0.300	4.70	17.60	82.40	
80	0.180	7.90	25.50	74.50	
200	0.074	3.60	29.10	70.90	
< 200	619.000	71.00	100.10	-0.10	
	872.000	100.00			

Limite Liquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
N° golpes	14	17	32
Recipiente N°	10	11	12
R + Suelo Hum.	55.35	55.46	43.14
R + Suelo seco	48.33	48.60	38.56
Peso Recip.	18.45	18.65	16.68
Peso Agua	36.90	36.81	26.46
Peso S. Seco	29.88	29.95	21.88
% de Humedad	23.49	22.90	20.93

Limite plástico NTP 339.128

	1	2	3
Recipiente N°	1	T6	
R + Suelo Hum.	32.96	31.37	
R + Suelo seco	31.01	29.90	
Peso Recip.	20.00	21.26	
Peso Agua	1.95	1.47	
Peso S. Seco	11.01	8.64	
% de Humedad	17.71	17.01	



Clasificación SUCS

Arcilla limosa con arena CL-ML

LL: **21.77%**

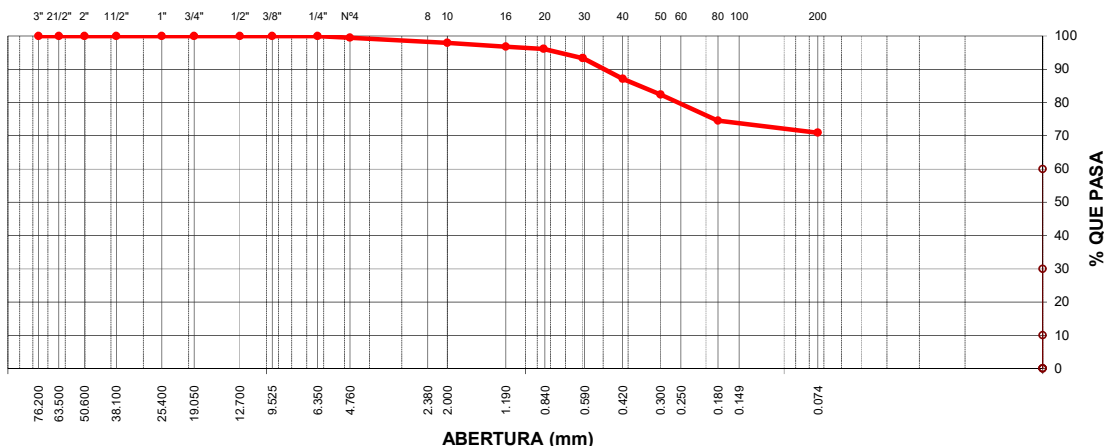
Clasificación AASHTO

A-4 Suelo limoso

LP: **17.36%**

Plasticidad: **4.41%**

CURVA GRANULOMETRICA





**APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA -
APUCORI S.A.C.**

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastian - Cusco, Tlf. 084 - 284187 Movistar: 953767764

GRANULOMETRIA / LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

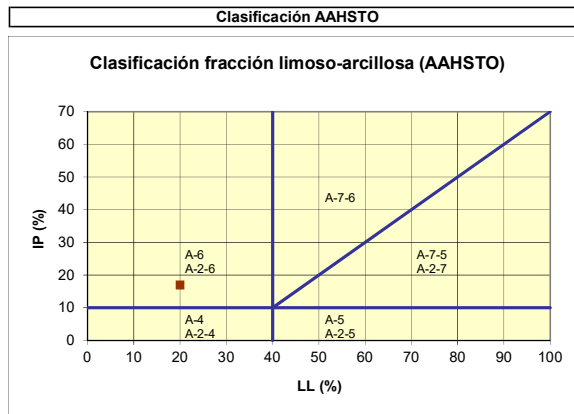
FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

CALICATA : C-01-E01

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	99.50	99.50	0.50	0.50
2	97.90	97.90	2.10	1.60
1.25	96.80	96.80	3.20	1.10
0.4	87.10	87.10	12.90	9.70
0.160	74.50	74.50	25.50	12.60
0.080	70.90	70.90	29.10	3.60

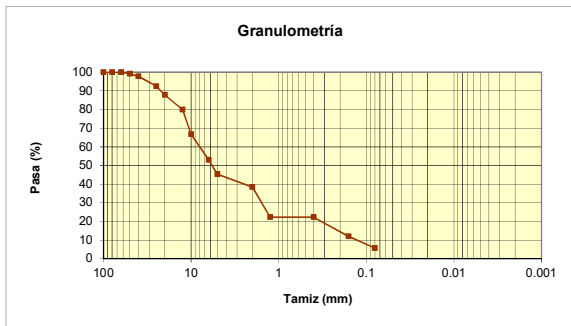
Limite líquido LL	21.77 %
Limite plastico LP	17.36 %
Indice plasticidad IP	4.41 %

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	99.50 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	70.90 %
D ₆₀ :	mm
D ₃₀ :	mm
D ₁₀ (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	



Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-4 Suelo limoso

Valor del índice de grupo (IG): 1



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas finas.
Arcilla limosa con arena CL-ML



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastián - Cusco. Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

GRANULOMETRIA / LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: **Apolo C&C SAC**

CLIENTE: **PLAN MERISS**

UBICACIÓN: **Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO**

FECHA: **10 DE OCTUBRE 2022**

CALICATA : **C-01-E02**

PROGRESIVA :

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :	1213.0	Grava	0.0 %
Peso de muestra lavada:	236.0	Arena	18.5 %
Pérdida por lavado	977.0	Finos	81.6 %

Datos de Clasificación

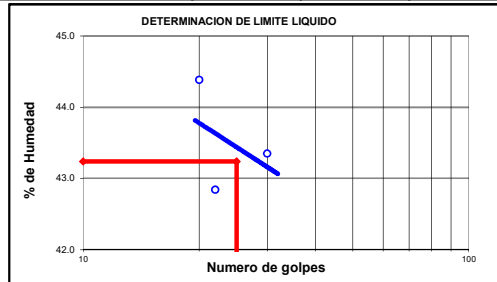
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.000	0.00	100.00	
2"	50.600	0.000	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	100.00	
1"	25.400	0.000	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.000	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.000	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.000	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.000	0.00	100.00	
No4	4.760	0.000	0.00	100.00	
10	2.000	2.000	0.20	99.80	
16	1.190	2.000	0.20	99.60	
20	0.850	2.000	0.20	99.40	
30	0.600	10.000	0.80	98.60	
40	0.420	14.000	1.20	97.40	
50	0.300	17.000	1.40	96.00	
80	0.180	76.000	6.30	89.70	
200	0.074	100.000	8.20	81.50	
< 200		990.000	81.60	100.10	-0.10
		1213.000	100.00		

Limite Liquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
N° golpes	20	30	22
Recipiente N°	2	1	3
R + Suelo Hum.	53.69	49.31	41.85
R + Suelo seco	42.31	39.47	34.25
Peso Recip.	16.67	16.77	16.51
Peso Agua	37.02	32.54	25.34
Peso S. Seco	25.64	22.70	17.74
% de Humedad	44.38	43.35	42.84

Limite plástico NTP 339.128

	1	2	3
Recipiente N°	13	7	
R + Suelo Hum.	39.43	41.32	
R + Suelo seco	37.07	38.58	
Peso Recip.	28.55	28.74	
Peso Agua	2.36	2.74	
Peso S. Seco	8.52	9.84	
% de Humedad	27.70	27.85	



Clasificación SUCS

Limo baja plasticidad con arena ML

LL: **43.24%**

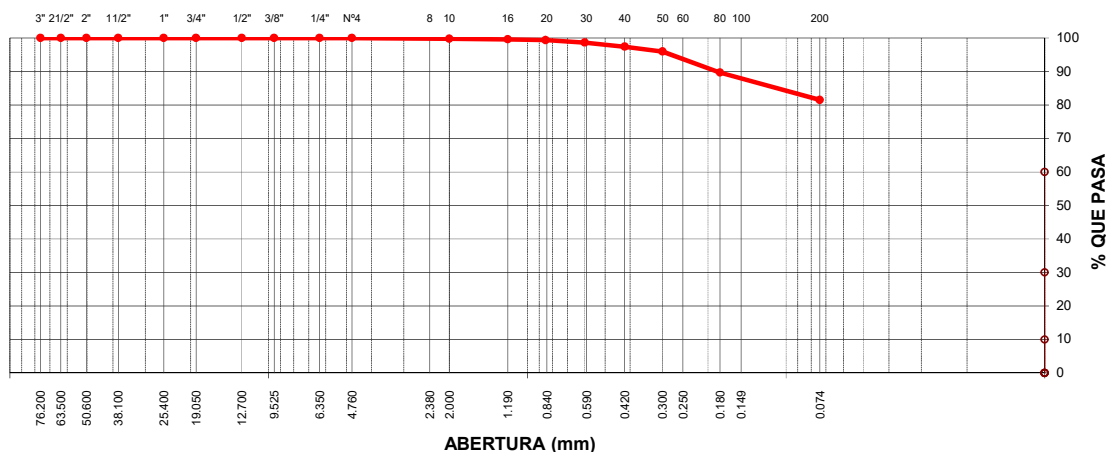
Clasificación AASHTO

A-7-6 Suelo arcilloso

LP: **27.77%**

Plasticidad: **15.47%**

CURVA GRANULOMETRICA





**APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA -
APUCORI S.A.C.**

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastian - Cusco, Tlf. 084 - 284187 Movistar: 953767764

GRANULOMETRIA / LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

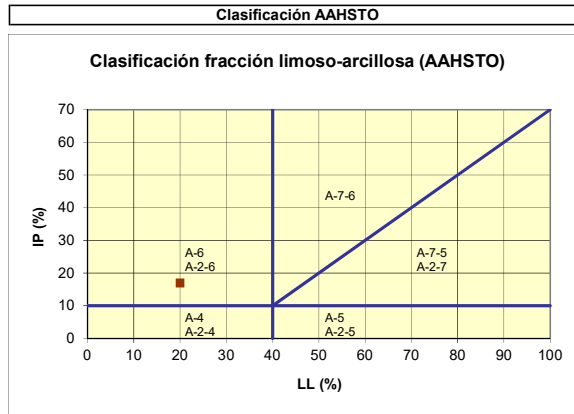
FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

CALICATA : C-01-E02

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	100.00	100.00	0.00	0.00
2	99.80	99.80	0.20	0.20
1.25	99.60	99.60	0.40	0.20
0.4	97.40	97.40	2.60	2.20
0.160	89.70	89.70	10.30	7.70
0.080	81.50	81.50	18.50	8.20

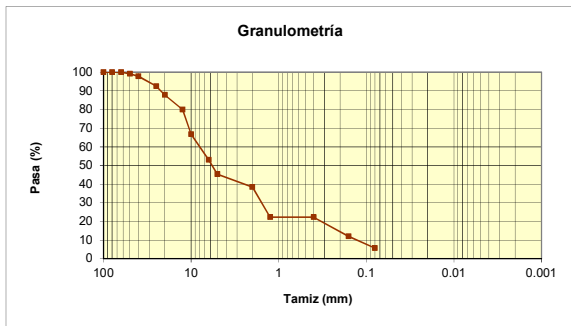
Limite líquido LL	43.24 %
Limite plastico LP	27.77 %
Indice plasticidad IP	15.47 %

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100.00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	81.50 %
D ₆₀ :	mm
D ₃₀ :	mm
D ₁₀ (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	



Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-7-6 Suelo arcilloso

Valor del índice de grupo (IG): 14



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas finas.
Limo baja plasticidad con arena ML



ANEXO IV

PERFIL ESTRATIGRAFICO



APUCORI INGENIERIA & CONSULTORIA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - APUCORI S.A.C.

CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

APV Santa Rosa S-1-6 San Sebastián - Cusco, Tlf: 084 - 284187 Movistar: 953767764

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELO, (PROCEDIMIENTO VISUAL-MANUAL)

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS MISIONALES DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE RIEGO EN LA SIERRA Y SELVA - PLAN MERISS DEL GOBIERNO REGIONAL CUSCO", META N° 0037-2022

SOLICITANTE: Apolo C&C SAC

CLIENTE: PLAN MERISS

UBICACIÓN: Avenida Pedro Vilcapaza N° 322, DISTRITO DE WANCHAQ, PROVINCIA Y DPTO. CUSCO

CALICATA: C-01

FECHA: 10 DE OCTUBRE 2022

PROGRESIVA:

PERFIL CALICATAS						FOTOGRAFIA
prof. (m)	de	A	Est	litologia	Descripción	
0.1						
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
1.9						
2.0						
2.1						
2.2						
2.3						
2.4						
2.5						