



INFORME GEOTÉCNICO



ESTUDIO DE SUELOS Y PROPUESTA ESTRUCTURAL DEL MURO DE PIES – ATRIO DEL TEMPLO DE SANTA ANA

UBICACIÓN

:

Departamento Cusco
Provincia Cusco
Distrito Cusco
Templo de Santa Ana

SOLICITA :

Ing. Rosalio Echegaray Salazar

Mayo – 2011



1.- ANTECEDENTES

Se ha realizado el presente Informe Geotécnico del terreno ubicado en la Plazoleta de Santa Ana del Distrito de Cusco, Provincia del Cusco. Se trata de un terreno a desnivel, donde se construirá el muro de pies - Atrio.

OBJETIVO.

El presente informe, tiene por objeto, establecer resultados sobre las características geomecánicas de las distintas capas que conforman el subsuelo como material de fundación, para poder de esa manera determinar la profundidad de desplante y parámetros de resistencia y deformabilidad.

El alcance del trabajo, determinará en primer lugar las condiciones del suelo como material de fundación y en segundo lugar establecer dicha capacidad en relación a la interacción suelo-estructura prediseñada, como lo expresa el Reglamento de Cimentaciones.

MARCO NORMATIVO.

Se ha considerado como mínimo, lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E - 050 de Suelos y Cimentaciones, la Norma Básica de Diseño Sismo-Resistente Norma E - 030 y la Norma E-020 de Cargas.

2.- DATOS GENERALES DEL TERRENO.

Servidumbres y Condicionantes.

El terreno es esencialmente plano en la parte frontal y con desnivel en la parte posterior, encontrándose completamente delimitado. No se constató ninguna servidumbre y los terrenos circundantes se encuentran urbanizados.



3.- ENCUADRE GEOLOGICO

La zona en estudio pertenece al valle del Cusco, ubicada en la parte meridional de la cordillera de los andes, con orientación S – E. Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada y alargada delimitada por las laderas del valle del Huatanay, esta zona presenta una superficie plana de origen glacio-fluvial. El modelado del valle es consecuencia de la actividad geomórfica fluvial y coluvial-aluvial de las quebradas tributarias ubicadas en esta zona.

La zona en estudio se encuentra incluida en la hoja 2543 - (28-s)del cuadrángulo del Cusco, del mapa geológico editado por el Instituto Geologico, Minero y Metalurgico (INGEMMET), quedando caracterizada bajo el epígrafe Qpl – ss correspondiente a la Formación San Sebastian. En general los terrenos de la ciudad del Cusco y su entorno son cuaternarios, con origen en las aportaciones del río Huatanay y subcuencas, y mantos de arroyadas procedentes de los relieves próximos.

Formación San Sebastian

Esta unidad fue puesta en evidencia por Gregory H (1916) encontrándose en el valle del Cusco posteriormente se hicieron algunos estudios de carácter paleontológico como los de Ramirez J. (1959- 1968) Y Sedimentológico realizado por Cordova E. (1988- 1990).

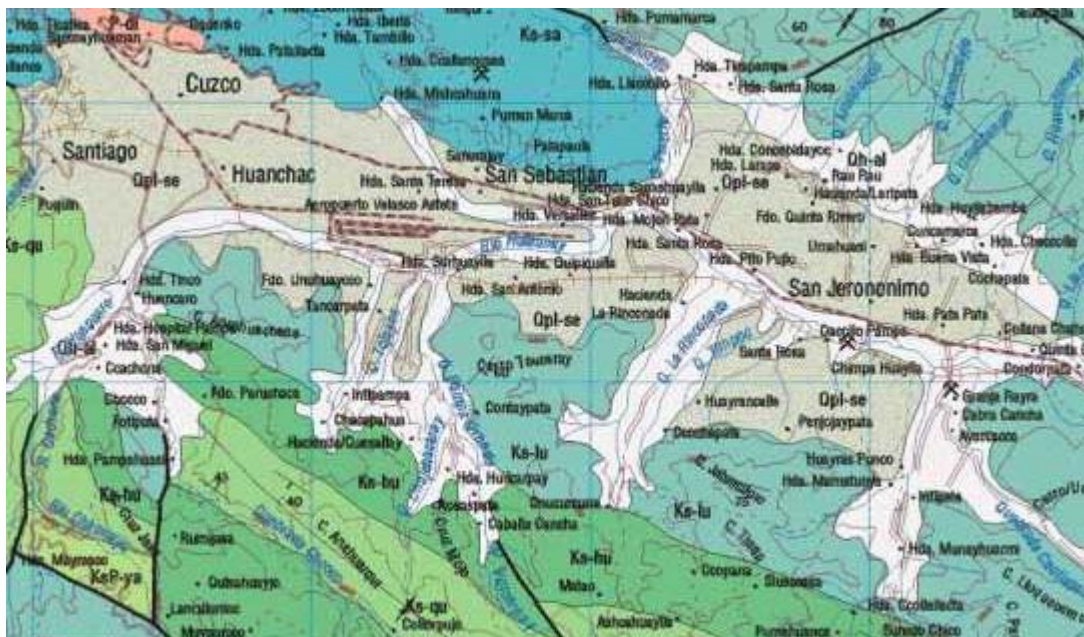
Litológicamente esta constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad litoestratigrafica, limos, arcillas intercalados con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba.

El ambiente de sedimentación de esta secuencia correspondería a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos organogenos (turba) que en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección.



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGIA
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	Formación San Sebastian	Qpl - ss

Fuente: INGEMMET



Sismicidad

El Distrito de Cusco se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad media. Según el Reglamento Nacional de Construcciones, con fines de diseño estructural, se considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos de la ciudad del Cusco:

PARAMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0,3g.	Tabla N° 1
Perfil de Suelo	Tipo S2	Suelos finos, blandos. $e < 20m$.
Parámetros del Suelo (Tabla N° 2)	$T_p = 0,6 \text{ seg.}$ $S = 1,2$	Período Predominante Factor de Amplificación del Suelo

4.- TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO:

Se ha practicado en el terreno 03 sondeos de exploración, hasta los 3.0 metros de profundidad mediante perforación, utilizando una Posteadora Auger y un penetrómetro dinámico DCP (Dynamic Cone Penetrometer). En todos los casos, la toma de muestras se ha



efectuado en cada cambio visual de la estructura del suelo, que luego fueron guardadas en recipientes herméticos para los ensayos de laboratorio.

TÉCNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Pozos o Calicatas	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487
Reconocimiento e Identificación de rocas	ISRM Suggested Methods
Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings	ASTM D1452-80(2000)
Dynamic Cone Penetrometer DCP	German Standard DIN. 4094

ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

ENSAYO DE LABORATORIO	NORMAS APLICABLES
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Contenido de Humedad	ASTM D 4643, UNE 103-300-93
Granulometría e Identificación	ASTM D 422, ASTM D 2487/00
Límites de Consistencia	ASTM D - 4318

5.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA:

En base a la información obtenida de las excavaciones y observaciones adicionales, se presenta el perfil estratigráfico característico del terreno en estudio:

Sondeo 01

- o **Primer Estrato** de 0.00 a -1,50 m. corresponde a un relleno antrópico constituido por gravas, arenas, limos y piedras en matriz arcillosa .

- o **Segundo Estrato** de -1,50 m. a -3,00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL - ML** , que presenta una consistencia media y color marrón claro.
- o No se ha evidenciado nivel freático superficial.



Sondeo 02

- o **Primer Estrato** de 0.00 a -1,00 m. corresponde a un relleno antrópico constituido por gravas, arenas, limos y piedras en matriz arcillosa .
- o **Segundo Estrato** de -1,00 m. a -3,00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL - ML** , que presenta una consistencia media y color marrón claro.
- o No se ha evidenciado nivel freático superficial.



6.- CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b_i que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g_i para terreno en pendiente. La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B , ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores $D/B > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62



En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando $\varphi=0$.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} > 1$$

Factores de inclinación de la carga

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)



$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

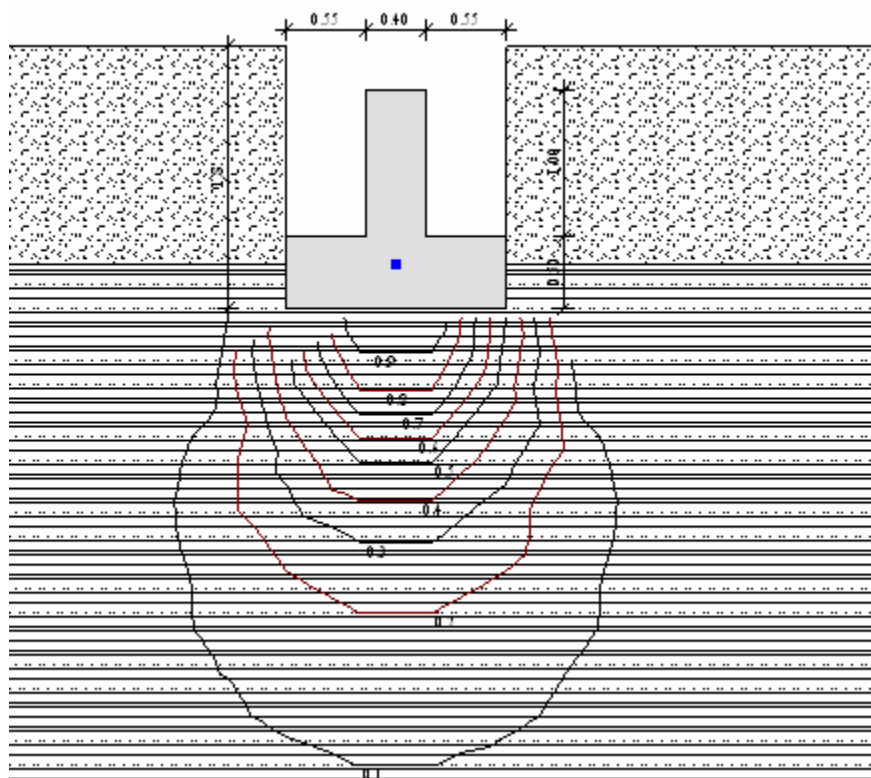
$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_q = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

DATOS GENERALES DE CÁLCULO

Ancho cimentación	1,5 m
Largo cimentación	1,5 m
Profundidad plano de cimentación	2,0 m
Inclinación plano de cimentación	0,0°
Inclinación talud	0,0°
Factor de seguridad (Fc)	3,0
Factor de seguridad (Fq)	3,0
Factor de seguridad (Fg)	3,0
Aceleración máxima horizontal	0,15
Asientos después de T años	5,0





ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico;

DH (m)	Gam (kN/m ³)	Gams (kN/m ³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m ²)	c Corr. (kN/m ²)	Ed (kN/m ²)
1,5	18,63	20,59	15,0	10,18	1,96	1,313	2451,66
3,0	19,61	21,57	23,0	15,88	9,81	6,573	4903,32

CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970)

Factor Nq	4,29
Factor Nc	11,55
Factor Ng	1,4
Factor Sc	1,0
Factor Dc	1,35
Factor Ic	1,0
Factor Gc	1,0
Factor Bc	1,0
Factor Sq	1,28
Factor Dq	1,26
Factor Iq	1,0
Factor Gq	1,0
Factor Bq	1,0
Factor Sg	0,6
Factor Dg	1,0
Factor Ig	1,0
Factor Gg	1,0
Factor Bg	1,0
Presión última	302,36 kN/m ²
Presión admisible	100,79 kN/m² = 1,00 Kg/ cm²

7.- ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES

ASIENTOS EDMÉTRICOS

El cálculo de los asientos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica.

Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso.

El procedimiento edométrico en el cálculo de los asientos pasa esencialmente a través de dos fases:

- El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;
- La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.



En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

si se trata de un terreno súper consolidado ($OCR > 1$), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación σ'_p ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v < \sigma'_p$).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}} \quad \text{donde:}$$

RR Relación de recompresión;

CR Relación de compresión;

H_0 espesor inicial del estrato;

σ'_{v0} tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;

$\Delta \sigma_v$ incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros RR y CR se hace referencia al módulo edométrico M ; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v$) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2.00 m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

Asiento secundario

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

en donde:

H_c es la altura del estrato en fase de consolidación;

C_α es el coeficiente de consolidación secundaria como pendiente en el tracto secundario de la curva *asiento-logaritmo tiempo*;

T tiempo en que se desea el asiento secundario;

T_{100} tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

ASIENTOS POR ESTRATO

Z: Profundidad promedio del estrato; Wc: Asiento de consolidación; Ws : Asiento secundario (deformaciones viscosas); Wt: Asiento total.

Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	3,85	74,617	13,859	Edométrico	1,159	0,0	1,159

Asiento total Wt=1,159 cm.

8.- ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA. (SP 200 SOWERS)

El Penetrómetro Dinámico original de Cono (DCP) fue desarrollado en 1959 por el profesor George F. Sowers. El DCP utiliza una masa de acero descendente de 15 libras en 50.8 centímetros de caída sobre el yunque para causar una penetración de 1.5" en el cono del diámetro (3.8 centímetros) que se ha asentado en el fondo de un agujero barrenado a mano con la posteadora. Los golpes requeridos para introducir el cono a una profundidad de 1.5" adentro, han sido correlacionadas por valores de N derivados de la prueba de penetración estándar (SPT). La experiencia ha demostrado que el DCP se puede utilizar con eficacia en agujeros barrenados hasta una profundidad de 6.00 m. Para la elaboración e interpretación de los resultados del Ensayo de Penetración Dinámica se empleo el software profesional denominado Dynamic Probing de Geostru, cuyos resultados se presentan a continuación.





ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO

PROYECTO: ESTUDIO SUELOS Y PROPUESTA ESTRUCTURAL MURO DE PIES - ATRIO
LOCALIDAD: SANTA ANA - CUSCO

Características Técnico-Instrumentales Sonda: S - 20004 SOWERS

Ref. Norma	DIN 4094
Peso masa de golpeo	6.8 Kg
Altura de caída libre	0.51 m
Peso sistema de golpeo	12 Kg
Diámetro puntaza cónica	38.10 mm
Área de base puntaza	11.4 cm ²
Largo del varillaje	0.75 m
Peso varillaje al metro	3.5 Kg/m
Profundidad niple primer varillaje	0.40 m
Avance puntaza	0.05 m
Número golpes por puntaza	N(5)
Coefic. correlación	0.756
Revestimiento/lodos	NO
Ángulo de apertura puntaza	

ENSAYO... Nr.1

Profundidad (m)	Nº de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
2.00	16	0.773	15.60	20.18	1.01
2.05	16	0.772	15.59	20.18	1.01
2.10	17	0.772	16.55	21.44	1.01
2.15	17	0.771	16.53	21.44	1.01
2.20	16	0.770	15.54	20.18	1.01
2.25	18	0.769	17.47	22.70	1.02
2.30	20	0.769	19.39	25.23	1.02
2.35	19	0.768	18.40	23.97	1.00
2.40	19	0.767	18.39	23.97	1.00
2.45	20	0.766	19.33	25.23	1.02
2.50	21	0.716	18.96	26.49	1.02



9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y al alcance del trabajo se concluye que:

- a) El suelo de fundación mas corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL - ML** . Desde el punto de vista geotécnico, podemos describir el suelo de fundación de la siguiente manera:

Granulometría	: Cohesiva.
Color	: Marrón claro
Textura superficial	: Fina
Consistencia	: Consistente
Plasticidad	: Baja
Permeabilidad	: Media
Compresibilidad	: Media
Trabajabilidad	: Buena

- b) El nivel de fundación deberá ser de -2.00m. como mínimo.
- c) La capacidad de carga que presenta el suelo de fundación es de **1,00 Kg/cm²**.
- d) El asentamiento previsible es de **1,159 cm**.
- e) No se ha evidenciado Nivel freático superficial.

Es mi informe



INGEOTECNIA
INGEOLAB
Geociencias Aplicadas

Estudio Geotécnico con fines de Evaluación:
"RESTAURACION Y PUESTA EN VALOR DEL MONUMENTO
HISTORICO – ARTISTICO TEMPLO DE SANTA ANA - CUSCO"

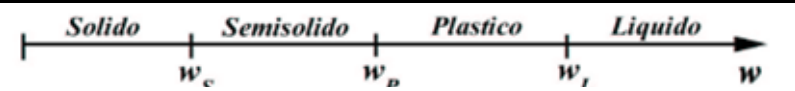
ENSAYOS DE LABORATORIO

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

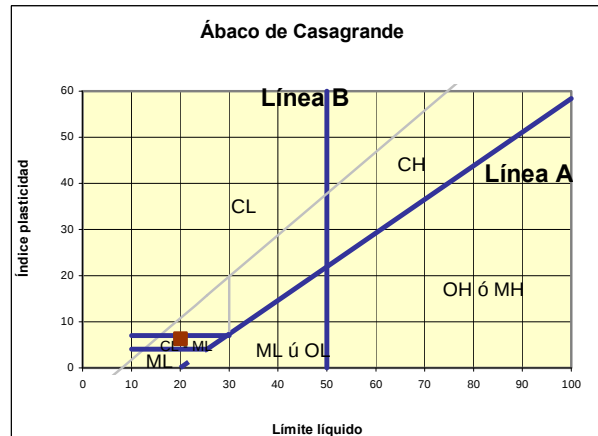
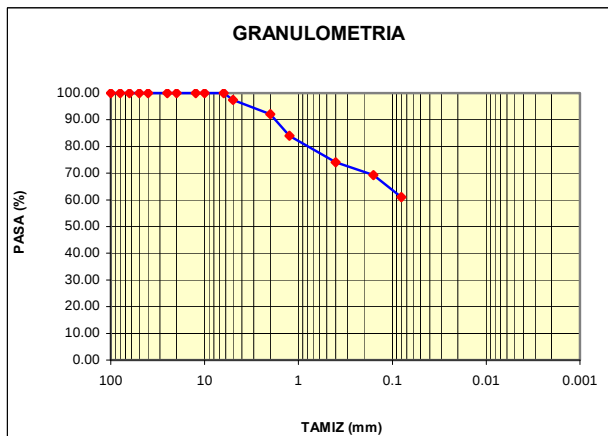
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

PROYECTO: Estudio suelos Muro de Pies - Atrio	FECHA: Mayo del 2011
UBICACIÓN: Santa Ana - Cusco	PROFUNDIDAD: 2.00m. Calicata 01
PETICIONARIO: Ing. Rosalio Echegaray Salazar	ESTRATO: Segundo Estrato

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES
100	100.00	100.00	0.00	0.00	Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995
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	 SUELOS GRANULARES
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	97.36	97.36	2.64	2.64	 SUELOS COHESIVOS
2	92.04	92.04	7.96	5.32	
1.25	84.02	84.02	15.98	8.02	
0.4	74.11	74.11	25.89	9.91	
0.160	69.38	69.38	30.62	4.73	
0.080	60.94	60.94	39.06	8.44	

Límite Líquido	20.08	
Límite Plástico	13.82	
Índice Plasticidad	6.26	

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	97.36 %	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS <table><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td><td>GW</td><td>Gravas bien graduadas</td></tr><tr><td>GP</td><td>Gravas mal graduadas</td></tr><tr><td>GM</td><td>Gravas Limosas</td></tr><tr><td>GC</td><td>Gravas Arcillosas</td></tr><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60</td><td>SW</td><td>Arenas bien graduadas</td></tr><tr><td>SP</td><td>Arenas mal graduadas</td></tr><tr><td>SM</td><td>Arenas Limosas</td></tr><tr><td>SC</td><td>Arenas Arcillosas</td></tr><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200</td><td>ML</td><td>Limo Inorgánicos</td></tr><tr><td>CL</td><td>Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad</td></tr><tr><td>OL</td><td>Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas</td></tr><tr><td>MH</td><td>Limos Inorgánicos</td></tr><tr><td rowspan="3">SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200</td><td>CH</td><td>Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad</td></tr><tr><td>OH</td><td>Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad</td></tr><tr><td>PT</td><td>Turba y otros suelos altamente orgánicos</td></tr></table>	SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW	Gravas bien graduadas	GP	Gravas mal graduadas	GM	Gravas Limosas	GC	Gravas Arcillosas	SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60	SW	Arenas bien graduadas	SP	Arenas mal graduadas	SM	Arenas Limosas	SC	Arenas Arcillosas	SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200	ML	Limo Inorgánicos	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas	MH	Limos Inorgánicos	SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW			Gravas bien graduadas																																
	GP			Gravas mal graduadas																																
	GM			Gravas Limosas																																
	GC		Gravas Arcillosas																																	
SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60	SW		Arenas bien graduadas																																	
	SP		Arenas mal graduadas																																	
	SM		Arenas Limosas																																	
	SC		Arenas Arcillosas																																	
SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200	ML		Limo Inorgánicos																																	
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad																																		
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas																																		
	MH	Limos Inorgánicos																																		
SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad																																		
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad																																		
	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos																																		
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	60.94 %																																			
D60:	mm																																			
D30:	mm																																			
D10 (diámetro efectivo):	mm																																			
Coefficiente de Uniformidad (Cu):																																				
Grado de Curvatura (Cc):																																				



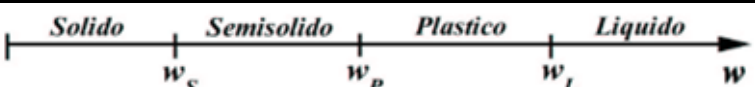
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS
Arcilla limosa arenosa CL - ML (SUCS)

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

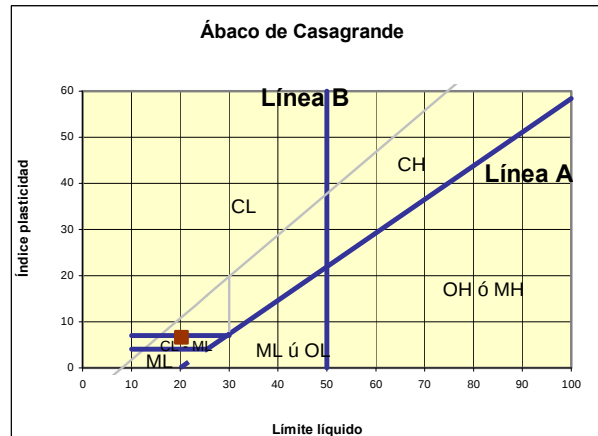
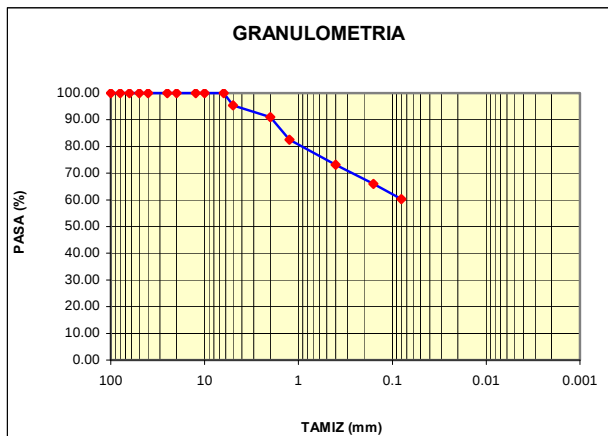
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

PROYECTO: Estudio suelos Muro de Pies - Atrio	FECHA: Mayo del 2011
UBICACIÓN: Santa Ana - Cusco	PROFUNDIDAD: 2.00m. Calicata 02
PETICIONARIO: Ing. Rosalio Echegaray Salazar	ESTRATO: Segundo Estrato

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES
100	100.00	100.00	0.00	0.00	NORMAS REFERENCIALES Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995  SUELOS GRANULARES
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	 SUELOS COHESIVOS
5	95.44	95.44	4.56	4.56	
2	91.05	91.05	8.95	4.39	
1.25	82.54	82.54	17.46	8.51	
0.4	73.22	73.22	26.78	9.32	
0.160	66.04	66.04	33.96	7.18	
0.080	60.21	60.21	39.79	5.83	

Límite Líquido	20.28	
Límite Plástico	13.66	
Índice Plasticidad	6.62	

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	95.44 %	<table><tr><th colspan="4">SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS</th></tr><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td><td>GW</td><td>Gravas bien graduadas</td><td rowspan="4">SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60</td></tr><tr><td>GP</td><td>Gravas mal graduadas</td></tr><tr><td>GM</td><td>Gravas Limosas</td></tr><tr><td>GC</td><td>Gravas Arcillosas</td></tr><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60</td><td>SW</td><td>Arenas bien graduadas</td><td rowspan="4">SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40</td></tr><tr><td>SP</td><td>Arenas mal graduadas</td></tr><tr><td>SM</td><td>Arenas Limosas</td></tr><tr><td>SC</td><td>Arenas Arcillosas</td></tr><tr><td rowspan="4">SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40</td><td>ML</td><td>Limo Inorgánicos</td><td rowspan="4">SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75</td></tr><tr><td>CL</td><td>Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad</td></tr><tr><td>OL</td><td>Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas</td></tr><tr><td>MH</td><td>Limos Inorgánicos</td></tr><tr><td rowspan="2">SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75</td><td>CH</td><td>Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad</td><td rowspan="2">SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75</td></tr><tr><td>OH</td><td>Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad</td></tr><tr><td colspan="2">Altamente Orgánico</td><td>Pt</td><td>Turba y otros suelos altamente orgánicos</td></tr></table>	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS				SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW	Gravas bien graduadas	SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60	GP	Gravas mal graduadas	GM	Gravas Limosas	GC	Gravas Arcillosas	SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60	SW	Arenas bien graduadas	SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40	SP	Arenas mal graduadas	SM	Arenas Limosas	SC	Arenas Arcillosas	SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40	ML	Limo Inorgánicos	SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas	MH	Limos Inorgánicos	SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad	Altamente Orgánico		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS																																														
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW		Gravas bien graduadas	SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60																																										
	GP		Gravas mal graduadas																																											
	GM		Gravas Limosas																																											
	GC		Gravas Arcillosas																																											
SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA N° 60	SW		Arenas bien graduadas	SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40																																										
	SP	Arenas mal graduadas																																												
	SM	Arenas Limosas																																												
	SC	Arenas Arcillosas																																												
SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% RETENIDO EN LA MALLA N° 40	ML	Limo Inorgánicos	SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75																																											
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad																																												
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas																																												
	MH	Limos Inorgánicos																																												
SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	SUELO DE GRANO MUY FINO, MAS DEL 20% RETENIDO EN LA MALLA N° 75																																											
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad																																												
Altamente Orgánico		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos																																											
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	60.21 %																																													
D60:	mm																																													
D30:	mm																																													
D10 (diámetro efectivo):	mm																																													
Coefficiente de Uniformidad (Cu):																																														
Grado de Curvatura (Cc):																																														



SUELO DE PARTÍCULAS FINAS
Arcilla limosa arenosa CL - ML (SUCS)

**INGEOLAB****LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES****ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA****PROYECTO :** Estudio de Suelos Muro de Pies - Atrio**Calicata N° 01****UBICACIÓN :** Santa Ana - Cusco**Segundo Estrato****SOLICITADO:** Ing. Rosalio Echegaray Salazar**MUESTRA :** Suelo**FECHA :** Cusco Mayo del 2011

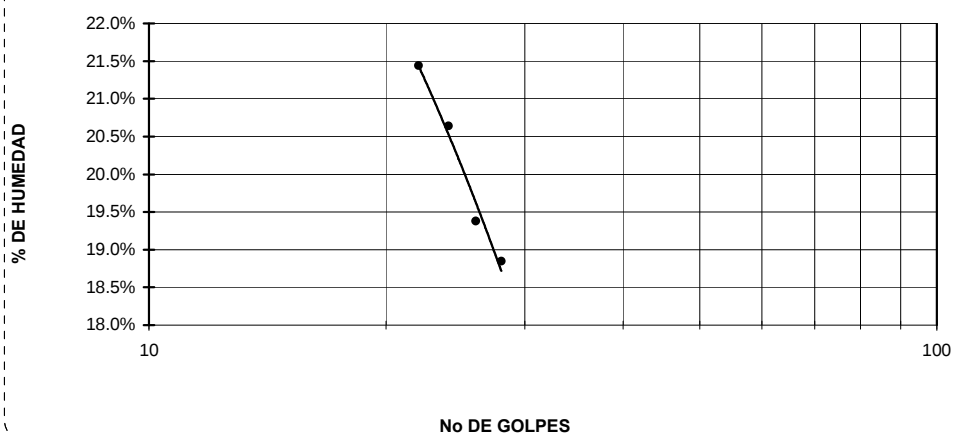
Marron claro

LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.26	10.25	12.36	10.23
Peso capsula. + suelo humedo	91.52	94.04	92.55	94.74
Peso capsula + suelo seco	79.11	80.44	78.83	79.82
Numero de golpes	28	26	24	22
Peso suelo seco	65.85	70.19	66.47	69.59
Peso agua	12.41	13.6	13.72	14.92
% humedad	18.85%	19.38%	20.64%	21.44%

OBSERVACIONES:**LIMITE PLASTICO**

Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. + suelo humedo	9.48	9.37	10.01	
Peso capsula + suelo seco	8.97	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.74	3.27	3.33	
Peso agua	0.51	0.46	0.46	
% humedad	13.64%	14.07%	13.75%	

RESULTADOS**LIMITE LIQUIDO** 20.08%**LIMITE PLASTICO** 13.82%**INDICE PLASTICO** 6.26%**LIMITE LIQUIDO**



INGEOLAB



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Estudio de Suelos Muro de Pies - Atrio

Calicata N° 02

UBICACIÓN : Santa Ana - Cusco

Segundo Estrato

SOLICITADO: Ing. Rosalio Echegaray Salazar

MUESTRA : Suelo

FECHA : Cusco Mayo del 2011

Marron claro

LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.26	10.25	12.36	10.23
Peso capsula. + suelo humedo	91.66	94.14	92.64	94.8
Peso capsula + suelo seco	79.08	80.39	78.79	79.8
Numero de golpes	28	26	24	22
Peso suelo seco	65.82	70.14	66.43	69.57
Peso agua	12.58	13.75	13.85	15
% humedad	19.11%	19.60%	20.85%	21.56%

OBSERVACIONES:

LIMITE PLASTICO

Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. + suelo humedo	9.47	9.36	10.01	
Peso capsula + suelo seco	8.97	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.74	3.27	3.33	
Peso agua	0.50	0.45	0.46	
% humedad	13.37%	13.76%	13.84%	

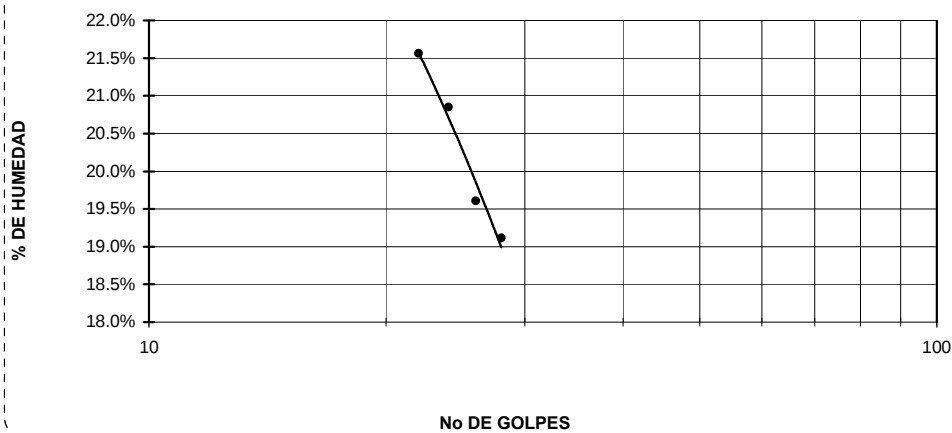
RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 20.28%

LIMITE PLASTICO 13.66%

INDICE PLASTICO 6.63%

LIMITE LIQUIDO



DENSIDAD NATURAL DE SUELO

UNE-103-301 - 94

OBRA: Estudio de Suelos Muro de Pies Atrio

UBICACIÓN: Santa Ana - Cusco

SOLICITA: Ing. Rosalio Echeagaray Salazar

Calicata 01

FECHA: Mayo del 2011

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (V1)	1.78
Masa Material Extraído	7.27
Volumen de Excavación (V2)	3.28
Volumen Real (V2-V1)	
Densidad Natural	1.673780488

$\gamma_{nat.} = 1.67 \text{ Tn/m}^3$

DENSIDAD MINIMA - DENSIDAD MAXIMA

UNE-103-105-93 UNE 103-106-93

MATERIAL SUELTO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MINIMA			
Masa de Molde (M1)	2.55	2.51	2.54
Masa Molde + Material (M2)	6.82	6.81	6.79
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D min.	1.517952364	1.528617135	1.51084252

$\gamma_{min.} = 1.52 \text{ Tn/m}^3$

MATERIAL COMPACTADO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MAXIMA			
Masa de Molde (M1)	2.78	2.77	2.76
Masa Molde + Material (M2)	8.25	8.22	8.19
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D max.	1.944543192	1.937433345	1.9303235

$\gamma_{max.} = 1.94 \text{ Tn/m}^3$

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

PROYECTO : Estudio de Suelos Muro de Pies - Atrio

MUESTRA : Sondeo 01

UBICACIÓN : Santa Ana - Cusco

PROFUNDIDAD : 2.00 Mt.

FECHA : Cusco, Mayo del 2011

DESCRIPCIÓN : Arcilla compacta, color marron claro

TECNICO :

CONTENIDO DE HUMEDAD

		1
Peso del Tarro	gr.	42.24
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	648.50
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	595.98
Peso del Agua	gr.	52.52
Peso del Suelo Seco	gr.	553.74
Contenido de Humedad	%	9.48

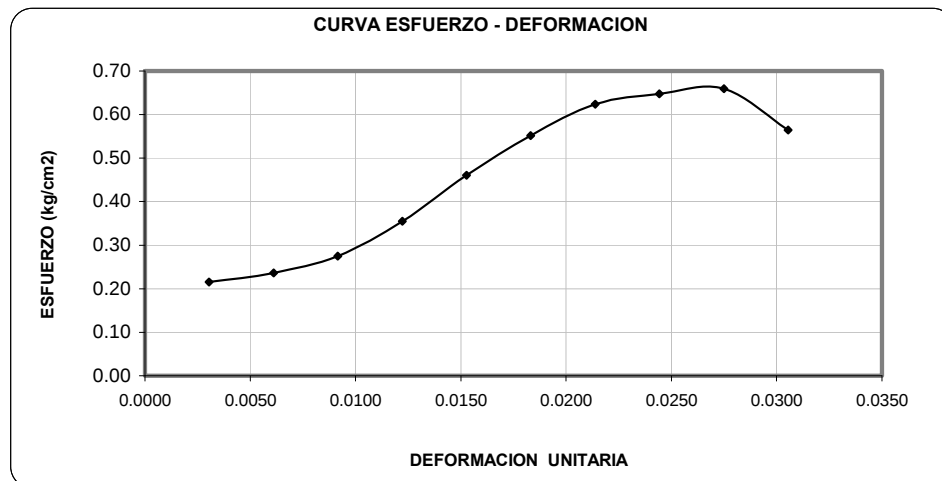
DENSIDADES

Altura (cm)	Diámetro (cm)		Area Inicial
h1	8.28	d1	5.16
h2	8.34	d2	5.18
h3	8.33	d3	5.08
Prom.	8.32	Prom.	5.14
Volumen Promedio			Vo = 172.6 cm ³
Peso Húmedo briqueta			Po = 606.26 gr
Densidad Húmeda			Dh = 3.51 gr/cm ³
Densidad Seca			Ds = 3.21 gr/cm ³

CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA

Prensa de Compresión MODELO U-130 = 0.1407

DIAL DE CARGA 0.0001	CARGA AXIAL Kg	DIAL DEF.	DEF. TOTAL Pulg.	DEF. TOTAL cm	DEF. UNITAR. E	1-E	AREA CORREG. cm ²	ESFUERZO kg/cm2	RESULTADOS
32	4.5024	10	0.010	0.0254	0.0031	0.9969	20.8136	0.216	ESF.COMPRESION MAXIMA q _{umax} = 0.659 kg/cm2
35	4.9245	20	0.020	0.0508	0.0061	0.9939	20.8775	0.236	
41	5.7687	30	0.030	0.0762	0.0092	0.9908	20.9419	0.275	
53	7.4571	40	0.040	0.1016	0.0122	0.9878	21.0066	0.355	COHESION APARENTE C = 0.3295 kg/cm2
69	9.7083	50	0.050	0.1270	0.0153	0.9847	21.0718	0.461	
83	11.6781	60	0.060	0.1524	0.0183	0.9817	21.1373	0.552	
94	13.2258	70	0.070	0.1778	0.0214	0.9786	21.2033	0.624	CONTENIDO DE HUMEDAD w% = 9.48
98	13.7886	80	0.080	0.2032	0.0244	0.9756	21.2697	0.648	
100	14.0700	90	0.090	0.2286	0.0275	0.9725	21.3365	0.659	
86	12.1002	100	0.100	0.2540	0.0305	0.9695	21.4037	0.565	DENSIDADES Natural= 3.51 tn/m3 Seca = 3.21 tn/m3





CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC - E 108 - 99

MICROOVEN METHOD

Proyecto : Estudio de Suelos de Muro de Pies - Atrio

Ubicación : Santa Ana - Cusco

Calicata : N° 01

Solicitante : Ing. Rosalio Echegaray Salazar

Fecha : Cusco Mayo del 2011

Prof : 2,00m.

MUESTRA PROFUNDIDAD (MT)	N° 01 2.00		N° 02 2.00
Peso de Capsula (gr)	50.25		49.25
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	100.24		100.27
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	94.72		94.64
Peso del Suelo Humedo (gr)	49.99		51.02
Peso del Suelo Seco (gr)	44.47		45.39
Peso del Agua (gr)	5.52		5.63
Contenido de Humedad (w)	12.41		12.40

Promedio : 12,41%

GRAFICO DE HUMEDADES

