

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ENVOLVENTES EFECTIVAS OBTENIDAS CON ENSAYOS TRIAXIALES CONSOLIDADO DRENADO Y CONSOLIDADO-NO DRENADO, CON MEDICIÓN DE PRESIÓN DE PORO, EN SUELOS COMPACTADOS SATURADOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2 DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”.

Tesis previa a la obtención
del título de ingeniero civil.

AUTORES:

MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ AVILA
ORLANDO OCTAVIO PESÁNTEZ GUARACA

DIRECTOR:

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA, MSc.

Cuenca, Ecuador
Noviembre, 2015.





RESUMEN

Para el estudio de la estabilidad del talud aguas abajo de la presa Chojampe 2, bajo el estado de carga “operación”, se requiere un análisis en tensiones efectivas y, por ende, conocer las envolventes consolidada drenada, CD, de los suelos previamente saturados y compactados, del material de la cortina.

Estas envolventes efectivas, pueden ser obtenidas mediante ensayos triaxiales consolidado-drenado o consolidado-no drenado, con medición de la presión de poro. La selección de uno u otro ensayo está en función del tiempo de ejecución de los mismos. Sin embargo, las envolventes efectivas obtenidas por ambos caminos no resultan iguales, por lo que se realiza un análisis comparativo de dichas envolventes.

Los ensayos para realizar este estudio fueron proporcionados por el PROMAS, encargados del estudio y diseño del proyecto PACALORI.

Las envolventes consolidadas drenadas fueron obtenidas mediante el método analítico (p' vs q'), el cual nos brinda mayor precisión en los resultados y se concluye de los mismos, que la envolvente consolidada drenada, CD, obtenida mediante el ensayo triaxial Consolidado Drenado, es mayor que la envolvente Consolidada-Drenada, CD, obtenida mediante el ensayo Consolidado-No Drenado, CU, con medición de la presión de poro.

Por lo tanto, se puede aplicar en el análisis de estabilidad, los resultados de la envolvente Consolidada Drenada, obtenida mediante el ensayo Consolidado No Drenado, con medición de presión de poro, ya que se reduce el tiempo de investigación de los materiales de préstamo y se está de lado seguro.

Palabras claves:

Estabilidad, presa, envolventes, tensiones efectivas, ensayos triaxiales, Consolidado Drenado, Consolidado No Drenado, PACALORI.



ABSTRACT

For the stability study of the slope downstream of the Chojampe 2 dam, under the “operation” charge state, an analysis in effective stresses is required and, therefore, to know the envelopes consolidated drained, CD, of the soils previously saturated and compacted of the material of the curtain.

These effective envelopes, can be obtained through the triaxial tests consolidated-drained or consolidated-undrained whit measure of the pore pressure. The choice of one or another test is in function of time of execution of the same. However, the effective envelopes obtained by both paths are not equal, so that a comparative analysis of said envelopes is performed.

The tests for this study was provided by the PROMAS, responsible for the study and design the PACALORI project.

The enveloped consolidated drained were obtained by analytical method (p' vs q') which offers more precision in the result and it concludes thereof, that the envelope consolidated-drained,CD,obtained by the triaxial test Consolidated Drained, It is greater than the Consolidated-Drained, CD envelope, obtained by Consolidated-undrained, CU, test with pore pressure measurement.

Therefore, it can be applied to the stability analysis, the results of the Consolidated Drained envelope obtained by the Consolidated undrained test with pore pressure measurement, since it reduces time of investigation of the materials of loan and it is on the safe part.

Key words:

Stability, dam, envelopes, effective stress, triaxial tests, Consolidated Drained, Consolidated Undrained, PACALORI.



INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INDICE DE TABLAS	6
INTRODUCCIÓN	17
ANTECEDENTES	19
JUSTIFICACIÓN	20
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1. MARCO TEORICO	21
1.1 CAUSAS DE FALLAS CATASTRÓFICAS EN PRESAS DE TIERRA	21
1.1.1 Introducción.....	21
1.1.2 Agrietamiento transversal.....	21
1.1.3 Sifonamiento mecánico	22
1.1.4 Deslizamiento del talud aguas abajo durante el estado de carga operación	22
1.2 COMPACTACIÓN DE SUELOS	23
1.2.1 Definición.....	23
1.2.2 Relación entre peso específico seco (γ_d), humedad (ω) y energía de compactación.	24
1.2.3 Compactación de campo	25
1.3 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO	25
1.3.1 Criterios de falla de coulomb.	26
1.3.2 Resistencia al esfuerzo cortante en suelos finos.	26
1.3.3 Resistencia a cortante de los suelos en tensiones efectivas.....	27
1.3.4 Resistencia a cortante en el estado carga operación en presas de tierra	28
2 MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	29
2.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA	29
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2	30
2.4 INTERPRETACIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO	30
2.5 MATERIALES DEL PRÉSTAMO	33
2.6 METODOLOGÍA PARA OBTENER LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DEL PRÉSTAMO	34
2.7 MÉTODO DE CÁLCULO MEDIANTE EL DIAGRAMA P-Q	37



3 ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	39
3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	39
3.1.1 Clasificación de los suelos.....	39
3.1.2 Ensayos de permeabilidad	40
3.1.3 Peso específico de los suelos.....	40
3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO	40
3.2.1 Ensayo proctor	40
3.2.2 Ensayos de compresión triaxial	41
3.2.2.1 Ensayo triaxial consolidado-no drenado con medición de presión de poro.	41
3.2.2.2 Ensayo triaxial consolidado-drenado.	43
3.3.3 Envolturas de rotura consolidada drenada obtenida a partir de los ensayos consolidado-no drenado con medición de presión de poros y consolidado-drenado.	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIÓN	46
BIBLIOGRAFIA:.....	47
ANEXOS.....	48



INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Perfil Estratigráfico.....	32
Figura 2.2 Ubicación ortofotográfica del sitio de préstamo	33
Figura 2.3 Ubicación de las trincheras.....	33
Figura 3.1 Resultados de los ensayos de las pruebas triaxiales consolidado no drenado (CU), con medición de la presión de poros, para la obtención de la envolvente consolidada drenada (CD).	42
Chojampe 2	43
Figura 3.2 Resultados del ensayo de la prueba triaxiales consolidado- drenado (CD), para la obtención de la envolvente consolidada drenada (CD).....	43
Figura 3.3 Gráfica de las envolventes consolidadas-drenadas, obtenidas en tensiones efectivas por mínimos cuadrados	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación de los suelos.....	39
Tabla 3.2 Ensayo de permeabilidad	40
Tabla 3.3 Ensayo de gravedad específica	40
Tabla 3.4 Ensayo proctor.....	41
Tabla 3.6 Resumen de características de la muestra ensayada y análisis de los esfuerzos efectivos obtenidos del triaxial consolidados drenados (CD). Presa Chojampe 2	43



SIMBOLOGÍA

CD = Consolidado Drenado

CU = Consolidado No Drenado

p' = Presión media o hidrostática

q' = Tensión desviadora

u = Presión de poros

u_c = Presión de poros de consolidación

u_h = Presión hidrostática

u_f = Presión de filtración

e = Índice de poros

γ_d = Peso específico seco

ω = Humedad

G_c = Grado de compactación

τ_f = Esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ' = Esfuerzo normal efectivo sobre el plano de falla

c' = Cohesión efectiva

ϕ' = Angulo de fricción interna para presiones efectivas

α = Pendiente de la línea K.

a = Intersección con el eje de las ordenadas de la línea K.

R = Radio del círculo de Mohr

σ_1 = Presión axial

σ_3 = Presión de cámara

σ'_1 = Esfuerzo principal mayor en tensiones efectivas

σ'_3 = Esfuerzo principal menor en tensiones efectivas

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico



IP = Índice Plástico

K = Coeficiente de permeabilidad

G_s = Peso específico

$(\Delta\sigma_d)_f$ = Esfuerzo desviador de falla

$(\Delta u_d)_f$ = Incremento de la presión de poro.

b = Parámetro de la línea K

c'_{CD} = Cohesión efectiva obtenida de la envolvente CD

ϕ'_{CD} = Angulo de fricción efectivo obtenida de la envolvente CD

LISTA DE SIGLAS

PACALORI = Plan de Aprovechamiento y Control del Agua en la Provincia de Los Ríos

PROMAS = Programa para el Manejo del Agua y el Suelo

SENAGUA = Secretaria Nacional del Agua

AASTHO = American Association of State Highway and Transportation Officials

SUCS = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

SPT = Standard Penetration Test. (Ensayo de Penetración Estándar)

ASTM = American Society for Testing and Materials

UGTs = Unidades Geotécnicas

Da = Depósito aluvial

Ti = Terraza indiferenciada

INEN = Instituto Ecuatoriano de Normalización

INV = Instituto Nacional de Vías



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, María Fernanda González Avila autora de la tesis "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ENVOLVENTES EFECTIVAS OBTENIDAS CON ENSAYOS TRIAXIALES CONSOLIDADO DRENADO Y CONSOLIDADO-NO DRENADO, CON MEDICIÓN DE PRESIÓN DE PORO, EN SUELOS COMPACTADOS SATURADOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2 DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO CIVIL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, Noviembre del 2015.

María Fernanda González Avila

C.I:010485050-8



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Orlando Octavio Pesántez Guaraca autor de la tesis "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ENVOLVENTES EFECTIVAS OBTENIDAS CON ENSAYOS TRIAXIALES CONSOLIDADO DRENADO Y CONSOLIDADO-NO DRENADO, CON MEDICIÓN DE PRESIÓN DE PORO, EN SUELOS COMPACTADOS SATURADOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2 DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO CIVIL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Noviembre del 2015.

Orlando Octavio Pesántez Guaraca

C.I.: 010560468-0



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, María Fernanda González Avila, autora de la tesis **"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ENVOLVENTES EFECTIVAS OBTENIDAS CON ENSAYOS TRIAXIALES CONSOLIDADO DRENADO Y CONSOLIDADO-NO DRENADO, CON MEDICIÓN DE PRESIÓN DE PORO, EN SUELOS COMPACTADOS SATURADOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2 DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Noviembre del 2015.

María Fernanda González Avila

C.I:010485050-8



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Orlando Octavio Pesántez Guaraca, autor de la tesis **"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ENVOLVENTES EFECTIVAS OBTENIDAS CON ENSAYOS TRIAXIALES CONSOLIDADO DRENADO Y CONSOLIDADO-NO DRENADO, CON MEDICIÓN DE PRESIÓN DE PORO, EN SUELOS COMPACTADOS SATURADOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2 DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Noviembre del 2015.

Orlando Octavio Pesántez Guaraca

C.I:010560468-0



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, a mis padres, Noemí y Carlos y a mis hermanos Diego, Jean y Vero, quienes me han apoyado de manera incondicional durante toda mi vida; está dedicado también, especialmente a mi esposo Orlando y a mis hijos Santiago y Paula, que son los que me dan fuerzas día a día para salir adelante.

Ma. Fernanda G.



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta Tesis a mis padres Mery y Ulises, por guiarme y apoyarme durante toda mi vida, a mi hermana Emilia y mis abuelitos, por estar siempre a mi lado y convertirse en un pilar fundamental en mi existencia. A mis amigos por estar ahí de una u otra manera. Pero principalmente a mi esposa Fernanda y a mis hijos Santiago y Paula, que con su amor incondicional son la razón por la que sigo adelante.

Orlando P.



AGRADECIMIENTO

A mi familia que sin su apoyo no sería posible este trabajo.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Rolando Armas que con su guía, experiencia y paciencia, nos ayudó a culminar con un happy end nuestro trabajo.

Al PROMAS, por la ayuda que contribuyo a la realización de esta tesis.

Orlando Pesántez.



AGRADECIMIENTO

A mi familia y especialmente a mi hermana que me ha apoyado incondicionalmente.

Al ingeniero Rolando Armas Novoa por compartirnos sus conocimientos y porque gracias a su apoyo pudimos culminar con éxito el presente trabajo

A mis amigos y compañeros que de una u otra manera nos han ayudado con este trabajo

Ma. Fernanda G.



INTRODUCCIÓN

Las presas de tierra son presas de gravedad en las que materiales provistos por la naturaleza no sufren ningún proceso químico de transformación, siendo tratados y colocados mediante procedimientos de compactación propios de la Mecánica de Suelos. En su composición intervienen, piedras, gravas, arenas, limos y arcillas, siendo denominadas como presas de escollera cuando más del 50 % del material está compuesto por piedra y presas de tierra cuando son materiales de granulometrías más pequeñas.

Cuando todo el material que componen las presas de materiales sueltos tiene las mismas características se denominan homogéneas, pudiendo tratarse de materiales más o menos impermeables. O bien pueden ser heterogéneas, que son las más comunes, cuando se colocan diferentes materiales zonificados, con núcleo impermeable y materiales más permeables a medida que nos alejamos del centro de la presa. La impermeabilidad puede lograrse también mediante pantallas o diafragmas. Estas variantes pueden presentarse mediante configuraciones que se integren con distintas participaciones de las diversas características mencionadas.

Los usos más comunes que se le pueden dar a este tipo de presas pueden ser: en el campo agrícola, en la industria y la población.

El proyecto PACALORI (Plan de Aprovechamiento y Control del Agua en la Provincia de Los Ríos) realizado por la empresa PROMAS (Programa para el Manejo del Agua y el Suelo) de la Universidad de Cuenca, consiste en el aprovechamiento de los recursos hídricos de la zona, mediante la construcción de embalses y otras obras ingenieriles.

La zona del proyecto comprende una área de 100.000 ha para riego, ubicado en las regiones sur occidental, central y sur, de la Provincia de Los Ríos, beneficiando de esta manera a 184.000 personas aproximadamente. Con la construcción de estos embalses se pretende almacenar grandes cantidades de agua, que permitan regular



su almacenamiento y uso en las temporadas de sequía y su control en época de inundaciones

La presa de tierra homogénea Chojampe 2, perteneciente al proyecto Plan de Aprovechamiento y Control de Agua de la Provincia de los Ríos (PACALORI), es para uso exclusivo de almacenamiento de agua para riego, aunque, como todas las presas, también hace la función de control de inundaciones.

Las posibles causas de fallas catastróficas que se generan en estas presas de tierra homogénea, pueden ser: agrietamiento transversal, sifonamiento mecánico (tubificación), deslizamiento del talud aguas abajo, y el rebase de la cortina.

La principal causa de falla catastrófica a tomar, en cuenta en el diseño y la construcción de presas de tierra, una vez garantizado el rebase de la cortina con el cálculo del bordo libre, es el agrietamiento transversal.

Para ello se seleccionan materiales plásticos (arcillas, limos arcillosos, etc.), que tengan índice plástico mayores de 15% ($I.P \geq 15\%$), con lo que se contribuye a evitar el sifonamiento mecánico y se compactan con energía de compactación baja. Como estos suelos se encuentran en la naturaleza con altas humedades, se concluye que para evitar la falla catastrófica por agrietamiento transversal y por economía, el estudio de la compactación en laboratorio y el control de la compactación de campo de los materiales con que se construyen las presas de tierra tienen que ser la correspondiente al ensayo de compactación Proctor Estándar (ASTM T-99).

Luego de una vez seleccionados los materiales y la energía a ser compactados, el diseño de presas de tierra pone especial énfasis en la falla del talud aguas abajo por deslizamiento, para lo cual se requiere conocer las propiedades físicas y mecánicas (resistencia al corte) de los materiales que constituyen la cimentación y la cortina de la presa, a fin de analizar la estabilidad de los taludes, mediante métodos de análisis de estabilidad estudiados en la Mecánica de Suelos.

La resistencia a cortante de los suelos inalterados del cimiento y de los suelos compactados de la cortina, deben ser determinados mediante ensayos consolidados-drenados, por lo cual se requiere estudiar la teoría de compactación del suelo y la de



resistencia a cortante del mismo mediante ensayos triaxiales consolidados-drenados, estudiados en la Mecánica de Suelos Saturados.

Para el estudio de la estabilidad del talud aguas abajo de las presas de tierra, bajo el estado de carga “operación”, se requiere un análisis en tensiones efectivas y, por ende, conocer las envolventes consolidada drenada, CD, de los suelos saturados, de muestras “inalteradas” del cimientado y compactadas del material de la cortina.

Estas envolventes efectivas, pueden ser obtenidas mediante ensayos triaxiales consolidado-drenado o consolidado-no drenado con medición de presión de poro. La selección de uno u otro ensayo está en función del tiempo de ejecución de los mismos y por tanto, de un problema económico. En el caso del proyecto PACALORI, se decidió, para disminuir los tiempos de obtención de la envolvente efectiva, realizar los ensayos consolidados-no drenados con medición de presión de poro.

Sin embargo, las envolventes efectivas obtenidas por ambos caminos no resultan iguales, planteándose en la literatura técnica diferencias que deben ser tenidas en cuenta cuando se estudia la estabilidad del talud aguas abajo, en dicho estado de carga.

ANTECEDENTES

El proyecto PACALORI, desarrollado en la provincia de Los Ríos, tiene como finalidad la creación de un plan de control de agua para riego, que incluyen los diseños de tres trasvases y trece embalses, que será de gran utilidad para esa zona porque permitirá generar el desarrollo agrícola y controlar las inundaciones.

La SENAGUA ha delegado la responsabilidad de la elaboración del “Plan de Aprovechamiento y Control del Agua, en la Provincia de Los Ríos - PACALORI”, a la Universidad de Cuenca, el cual será ejecutado por el Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS)..

El Megaproyecto PACALORI, pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Guayas y comprende la construcción de; tres trasvases de agua para riego en las regiones sur occidental, central y sur de la Provincia de los Ríos y de trece represas que embalsarán 840 metros cúbicos de agua. Dicho proyecto beneficiará a 184.000 personas y cubre un área de 170.000 hectáreas para riego.



JUSTIFICACIÓN

En la construcción de presas de tierra se realiza el análisis de estabilidad de taludes en tres etapas: al final de la construcción, durante la operación y durante el desembalse rápido.

Para el cálculo de estabilidad de la presa Chojampe 2 se hizo un análisis durante la operación, ya que dicho estado de carga es aquel al que se ve sometida la presa y la cimentación luego que se han disipado las presiones de poro de consolidación (u_c) del proceso constructivo y se forma la red de flujo. Los valores de la presión de poro (u), se obtienen para la base de cada dovela a partir de la red de flujo (presión hidrodinámica), considerando para el análisis la zona comprendida entre el nivel estático de agua y la línea de corriente superior, se asume que las presiones de poro u son iguales a la componente hidrostática (u_h), despreciando así el valor de la componente de filtración (u_f) y, por tanto, se usa una presión de poro (u), mayor que la real.

En esta situación la resistencia a cortante del suelo se obtiene a partir de los ensayos consolidados-drenados y los consolidados-no drenados, con medición de presión de poros, que nos proporciona un menor costo de análisis ingenieril.

OBJETIVO GENERAL

- Comparar los resultados de las envolventes obtenidas con ensayos triaxiales consolidados-drenados, CD, y consolidados-no drenados, CU, con medición de presión de poros, de los suelos compactados y saturados, de la presa Chojampe 2.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las envolventes en tensiones efectivas de los ensayos consolidados-drenados.
- Determinar las envolventes en tensiones efectivas de los ensayos consolidados-no drenados, con medición de presión de poro.
- Comparar los resultados de las envolventes obtenidas mediante los dos ensayos triaxiales.



1. MARCO TEORICO

1.1 CAUSAS DE FALLAS CATASTRÓFICAS EN PRESAS DE TIERRA

1.1.1 Introducción

El fallo de una presa de materiales locales constituye una de las principales preocupaciones, al momento de diseñarla y construirla, sobre todo en la etapa de operación. Esto se debe a que la rotura de la misma no solo constituye un fracaso económico de gran magnitud, sino una amenaza a la seguridad pública.

Las fallas catastróficas son las que producen un colapso total de la obra y en orden de importancia son las siguientes:

- El agrietamiento transversal
- EL sifonamiento mecánico de la base o el terraplén.
- El deslizamiento del talud aguas abajo.
- El rebase de la cortina por insuficiencia del vertedero.

El rebase de la cortina por insuficiencia del vertedero es una de las fallas más frecuentes que ocurren en presas de tierra, pero no será estudiada en esta investigación, pues se trata de un problema hidráulico que es solucionado con el cálculo del borde libre.

1.1.2 Agrietamiento transversal

El agrietamiento transversal se da cuando en el cuerpo de la cortina se producen esfuerzos de tracción; dichos esfuerzos tienen su origen en deformaciones diferenciales entre las distintas partes del terraplén, incluyendo su cimentación.

Este tipo de agrietamiento resulta muy peligroso pues atraviesan la presa desde aguas arriba hasta aguas abajo, facilitando el flujo concentrado en una zona de la cortina.

La forma de evitar el agrietamiento transversal en una presa es la selección de sus materiales, los cuales deben ser plásticos, y la forma de compactación de éstos.

Para la presa Chojampe 2 los materiales a utilizar son suelos limo arcillosos, cuyo índice de plasticidad es mayor al 20 % (I.P > 20%), y deben ser compactados con energías bajas, que corresponden a la energía del ensayo Proctor Estándar, para que



no produzcan rigidez en los suelos de la presa, evitando de esta manera la aparición de grietas.

1.1.3 Sifonamiento mecánico

Cuando el agua fluye a través del suelo, su carga hidráulica se disipa venciendo las fuerzas viscosas inducidas que se oponen al flujo en los poros del suelo; recíprocamente, el agua que fluye genera fuerzas erosivas que tienden a empujar las partículas, arrastrándolas en la dirección del flujo. En el momento en que este arrastre se produce, comienza el sifonamiento mecánico del suelo.

El arrastre continuo de las partículas por la acción del flujo del agua genera pequeños canales por los cuales el agua circula con mayor velocidad, aumentando el diámetro de los canales hasta provocar la inestabilidad y el posterior colapso del talud aguas abajo.

Un factor que contribuye mucho al sifonamiento mecánico es la insuficiencia en la compactación del terraplén; por ello requerirá compactarse con energías de compactación altas correspondientes a las del Proctor modificado, pero esto no es posible de satisfacer, ya que el agrietamiento transversal, que es la principal causa de falla de presas de tierra, impone compactar el terraplén con energías de compactación bajas correspondientes a las del Proctor Estándar.

Al no ser posible usar energías de compactación altas, este fenómeno debe evitarse tomando otras medidas de protección contra el sifonamiento mecánico como son: utilización de filtros y alargamiento del flujo de filtración.

1.1.4 Deslizamiento del talud aguas abajo durante el estado de carga operación

Un deslizamiento se produce cuando a lo largo de una determinada superficie de falla se ejercen esfuerzos de cortante mayores que la resistencia que puede movilizar el suelo en esa misma superficie.

Los deslizamientos deben estudiarse en tres etapas de la vida útil de la presa:

- Deslizamiento durante la construcción, en el talud más empinado.
- Deslizamiento del talud aguas abajo, durante la operación.



- Deslizamiento del talud aguas arriba, luego de un desembalse rápido.

La etapa en la que se produce una falla catastrófica de la presa, es cuando ésta esta en operación; debido a ello únicamente se estudiará el deslizamiento del talud aguas abajo durante dicho estado de carga. En esta etapa el deslizamiento se produce por las presiones de poro debida al flujo de filtración por lo que disminuyen las tensiones efectivas a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento y, por lo tanto, la resistencia a cortante que se desarrolla puede resultar inferior al esfuerzo cortante aplicado.

Para evitar el deslizamiento de taludes se debe seleccionar suelos granulares, que son más resistentes al esfuerzo cortante, los que deben ser compactados con energía de compactación altas y humedades bajas, pero, como el orden de prioridad está dado para evitar el agrietamiento y el sifonamiento, resulta que al utilizar suelos finos y plásticos, ($IP \geq 20\%$), se debe compactar con energías de compactación bajas. Bajo estas condiciones, para evitar la falla por deslizamiento es necesario lograr factores de seguridad que hagan a la estructura estable y segura utilizando taludes más tendidos y modificando la geometría de la sección transversal de la presa.

1.2 COMPACTACIÓN DE SUELOS

1.2.1 Definición

Se define la compactación como un proceso mecánico (energía) con el cual se obtiene una reducción del índice de poros, e , y un incremento del peso específico seco, γ_d , de cualquier suelo.

La compactación incrementa la resistencia de los suelos, aumentando así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos, disminuye también la cantidad de asentamientos indeseables de las estructuras e incrementa la estabilidad de los taludes de los terraplenes.

El objetivo por el cual se compacta es el de mejorar las propiedades mecánicas de los suelos: resistencia a la compresión y al cortante, permeabilidad y flexibilidad. La única propiedad mecánica que no se mejora con la compactación es la expansión. Por ello



se define a la compactación como un método de mejoramiento de suelos, el más antiguo y económico.

El objetivo por el que se compacta una presa de tierra es alcanzar alta flexibilidad, baja permeabilidad y evitar asentamientos diferenciales debidos a la compresibilidad del suelo.

Por todo lo anterior debemos estudiar cómo varían estas propiedades mecánicas que queremos mejorar con la humedad, el peso específico seco y la energía de compactación.

1.2.2 Relación entre peso específico seco (γ_d), humedad (ω) y energía de compactación.

Proctor(1933) estableció las bases de la compactación económica, ideando una prueba de compactación dinámica, a fin de encontrar la energía de compactación necesaria para que el suelo mejore sus características mecánicas, de la forma más económica.

Al aplicar la misma energía de compactación a muestras con distintas humedades ω , se puede obtener distintos pesos específicos secos, γ_d . En la medida que la humedad aumenta se obtienen pesos específicos mayores, debido a que el agua en los poros de suelo lubrica las partículas, provocando un mejor reacomodo de éstas, hasta un valor máximo, a partir del cual el aumento de humedad impide, que las partículas se unan. El agua de los poros absorbe la energía de compactación aplicada y, por tanto, el peso específico seco disminuye.

La humedad para la cual el peso específico seco de la muestra es mayor, se la conoce como humedad óptima, cuya definición tiene un carácter puramente económico, ya que es la humedad con la que se obtiene el peso específico seco máximo a un mismo costo de compactación, o sea con una misma energía de compactación.

En las construcciones de Presas de Tierra, para alcanzar los objetivos por los cuales compactan (flexibilidad y permeabilidad), utilizan suelos plásticos (arcillosos), que se encuentran en la naturaleza con humedades altas, por su baja permeabilidad. En estos suelos un incremento de energía de compactación aumenta la rigidez del terraplén, poniendo en peligro la falla por agrietamiento, ante la presencia de asientos diferenciales en el cimiento.



Por ello, se recomienda compactar los terraplenes de las Presas de Tierra, con humedades por encima del límite plástico, que en los suelos de la presa Chojampe 2 está muy cercana a la humedad óptima de la prueba del Proctor Estándar.

1.2.3 Compactación de campo

La compactación de campo, al igual que la de laboratorio, es función de la humedad, del peso específico seco y de la energía de compactación.

Sin embargo, esta energía de compactación de campo no puede ser cuantificada, como hicimos en el laboratorio con la energía dinámica tipo Proctor, entre otras cosas, porque la energía que se aplica en el campo es de tipo estática, por vibración y por amasado, o una combinación de éstas.

Es por ello que para controlar la compactación en el campo se recurre a un parámetro, llamado grado de compactación, que relaciona el peso específico seco que se alcanza en el terraplén con el peso específico seco máximo obtenido en el laboratorio.

El control de compactación, como parte del control de calidad de los terraplenes, cualquiera que sea el objetivo a alcanzar en los mismos, tiene que basarse en obtener en obra un determinado “grado de compactación” de la energía de laboratorio correspondiente, en un rango de humedades fijo, para garantizar las propiedades mecánicas por las que se compacta de la forma mas económica.

En el caso de presas de tierra, por ser el agrietamiento transversal la causa de falla catastrófica que con mayor interés se debe atender en el diseño y la construcción, el control de compactación debe basarse en alcanzar: primero, el rango de humedades de compactación exigido por el diseño y segundo, el grado de compactación($G_c \geq 95\%$).

1.3 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO

La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Se debe entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.



1.3.1 Criterios de falla de coulomb.

Esta teoría afirma que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante y no sólo por la presencia de un esfuerzo máximo normal o bien de un esfuerzo máximo cortante.

La modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante, en un deslizamiento, se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Los suelos al fallar al cortante, se comportan de acuerdo con las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la siguiente ecuación:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Donde:

τ_f = esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ' = esfuerzo normal efectivo sobre el plano de falla

c' = cohesión efectiva

ϕ' = Angulo de fricción interna para presiones efectivas

A esta ecuación se la conoce como criterio de falla o criterio de resistencia de Coulomb en tensiones efectivas.

1.3.2 Resistencia al esfuerzo cortante en suelos finos.

En suelos limo arcillosos como los de la presa Chojampe 2, la determinación de la resistencia cortante es de mayor complejidad, debido a que su estructura no puede adaptarse con suficiente flexibilidad a nuevas condiciones de esfuerzo que puedan presentarse; esto se debe sobre todo a la baja permeabilidad de estos suelos.

Los factores que principalmente influyen en la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos finos, son los siguientes:

- Velocidad de aplicación de las cargas
- Condiciones de drenaje
- Historia previa de consolidación del suelo
- Sensibilidad tixotrópica



1.3.3 Resistencia a cortante de los suelos en tensiones efectivas

Teniendo en cuenta los factores anteriores y la aplicación de la Teoría de Compactación de Terzaghi que establece las de la Mecánica de Suelos Saturada, se concluye que la resistencia cortante de los suelos finos saturados viene dada por la envolvente consolidada-drenada, CD, ósea , la obtención mediante la aplicación de esfuerzos efectivos($u = 0$).

Para ellos e han desarrollado los ensayos de compresión triaxial, que permite variar las condiciones de drenaje y aplicación de la carga sobre las muestras de suelo, a fin de obtener dicha envolvente de rotura o falla verdadera. (Envolvente consolidada – drenada). Esta envolvente consolidada-drenada, CD, sobre muestras saturadas puede ser obtenida de dos formas.

Directamente, a través de los ensayos de compactación triaxial consolidado-drenado, CD, donde se garantiza,(mediante el drenaje de la muestra y la velocidad de aplicación de la carga), que en todo momento la presión de poro, u , sea nula.

Indirectamente, mediante el ensayo de compresión triaxial consolidado-no drenado, CU, y la medición de presión de poro que se genera en la etapa de falla o rotura ($\sigma' = \sigma - u$).

La aplicación de un ensayo u otro depende del tiempo que se tenga para la determinación de la envolvente consolidada-drenada. Si bien el método directo requiere de mucho tiempo para su obtención, el método indirecto necesita un equipo adicional para la medición de la componente de consolidación que se genera en la etapa de falla o rotura del ensayo de compresión triaxial consolidado- no drenado, CU.

Aunque teóricamente las envolventes consolidada-drenada por ambos métodos (directo, indirecto) coinciden, en la práctica se considera que la envolvente consolidada drenada, CD, obtenida por el método indirecto da resultados inferiores a la obtenida por el método directo.



1.3.4 Resistencia a cortante en el estado carga operación en presas de tierra

El estado carga operación es aquel a que se ve sometida la presa y la cimentación luego que se han disipado las presiones de poro de consolidación ($u_c = 0$) del proceso constructivo y se forma la red de flujo, dando origen a la presión hidrodinámica, u , compuesta por: la componente hidrostática (u_h) y la componente de filtración (u_f).

Para el análisis de estabilidad del talud aguas abajo, se acostumbra a realizar la siguiente simplificación: considerar, en la zona comprendida entre el nivel estático del agua y la línea de corriente superior, que las presiones de poro, u , son iguales a la componente hidrostática (u_h), en cada dovela. Esta es una hipótesis conservadora que desprecia el valor de la componente de filtración (u_f) y, por tanto, se usa una presión de poro mayor que la real, ya que la componente de filtración es negativa.

Entonces para el diseño de los taludes aguas abajo de las presas de tierra en el estado de carga operación, se debe determinar la resistencia a cortante del suelo a partir de las envolventes consolidadas drenadas en tensiones efectivas.

Siendo el ensayo consolidado drenado, el que más se asemeja a las condiciones de campo, este requiere mayor tiempo de ejecución en el laboratorio, pues se debe garantizar que la presión de poro sea nula en todo el ensayo, por tanto genera un mayor costo al proyecto, mientras que el ensayo consolidado no drenado con medición de presión de poros, requiere un menor tiempo de ejecución, economizando el costo de la obra.

De las envolventes drenadas obtenidas mediante los dos ensayos, determinamos los parámetros a cortante del suelo c' y ϕ' , por el método del diagrama p' vs q' , en cual indicaremos con mayor precisión en la sección 3.



2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Cuenca del Río Guayas, está constituida por el área del sistema fluvial que conforman los ríos Daule, Vinces y Babahoyo, ocupa territorios que corresponden parcial o totalmente a 10 provincias, entre las que destacan las provincias del Guayas, Santa Elena, Bolívar y Los Ríos.

La Provincia de Los Ríos está ubicada en la parte central de la cuenca del río Guayas, y en el centro de la región litoral, abarca una extensión territorial de 6.633 km² que representa un 20%, aproximadamente, del área total de la Cuenca del río Guayas y está cubierta por un sistema hidrográfico en el que los ríos Vinces y Babahoyo son los principales. Además, se caracteriza también por su abundante producción hídrica y conflicto permanente por la mala distribución espacial y temporal del agua.

El plan de aprovechamiento y control de agua de la provincia de Los Ríos PACALORI, proveerá, el agua a nivel de cauces de esteros y ríos para usos consuntivos del área de riego a poblaciones urbanas y rurales, y las obras necesarias en el área del proyecto, que complementándose con otras obras, ayudarán a atenuar las crecidas del área Vinces-Babahoyo y Guayaquil.

2.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA

La información Geología del Proyecto PACALORI, se orienta en la investigación del subsuelo de la zona y en la definición de los parámetros geomecánicos de los distintos materiales identificados.

El levantamiento geológico-geomorfológico se realizó por medio de imágenes satelitales, fotos aéreas, la topografía existente y las visitas de campo. La Geología del área del proyecto está dominada por sedimentos cuaternarios levemente consolidados de la Formación Pichilingue y por depósitos aluviales recientes. En la parte oeste del área del proyecto, en el río Macul, se presenta también materiales correspondientes a la Formación Balzar.

La morfología del terreno corresponde a una zona ligeramente ondulada, con variaciones de altura que pueden alcanzar unas pocas decenas de metros. Algunos de



los cauces fluviales presentan encajonamiento, en los valles amplios los cauces son anastomosados y meandriformes con taludes menos pronunciados, los meandros y cauces abandonados caracterizan a toda el área del proyecto.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA PRESA CHOJAMPE 2.

Los suelos predominantes en este sector son limo arcillosos de alta plasticidad.

De las observaciones de campo realizadas en las cercanías de Pueblo Viejo, se determinó la existencia de limos de alta y baja plasticidad; los suelos no plásticos constituyen un porcentaje menor y están clasificados como: arenas y limos no plásticos. La geomorfología del sector de la presa de Chojampe 2 presenta terrazas bajas con suelos arcillosos color marrón poco consolidados.

Entre las unidades geomorfológicas se diferencian:

Terrazas indiferenciadas

Se constituyen principalmente por limos y arcillas de coloración rojiza, probablemente corresponden a ceniza volcánica meteorizada, con capas de espesor muy variable que alcanza varios metros.

Superficies convexas

Se caracterizan por ser superficies en donde las líneas de pendiente divergen de los flujos de escorrentía, es decir las superficies actúan como esparcidoras. Este tipo de superficie forman texturas muy finas y con valles pequeños, donde generalmente la porosidad y permeabilidad es muy baja.

Llanura aluvial de deposición

En la llanura aluvial es común la depositación de diferentes tipos de materiales, por lo que se encuentran lentes de arenas, que alternan en diferentes capas de arcilla y limos.

2.4 INTERPRETACIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

Para conocer las características de los materiales del subsuelo se realizaron siete perforaciones a rotación y a percusión, tomando muestras con tubos Shelby a profundidades de 10 a 30 metros y se ejecutaron ensayos de penetración estándar



(SPT), de clasificación ASTM, contenido de humedad natural, límites de Atterberg y granulometría, los cuales han permitido conocer la estratigrafía de la presa.

En el perfil estratigráfico (Figura 2.1) se puede observar:

Terrazas indiferenciadas constituidas por; limos profundos (gris), ubicados a profundidades de 15 a 30 metros; limos superficiales (amarillo), que se encuentran a profundidades de hasta 15 metros; y arenas (magenta), intercaladas entre los limos profundos, los cuales son muy potentes y poco consolidados, transportados por aguas torrenciales y fluviales.

Depósitos aluviales compuestos por; finos (verde) y arenas (rosa) intercaladas entre los finos, estos son sedimentos ligeramente orgánicos, con rasgos propios de la sedimentación lacustre originada durante los períodos de calma después de las inundaciones.

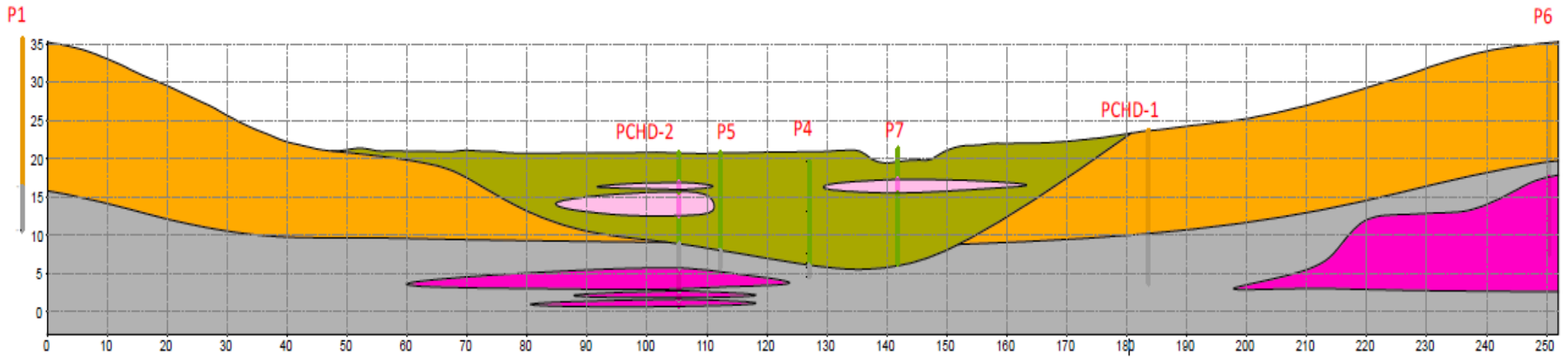
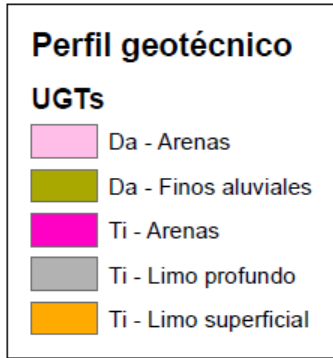


Figura 2.1 Perfil Estratigráfico

2.5 MATERIALES DEL PRÉSTAMO

Como sitio de préstamo se escogió una terraza indiferenciada, ubicada aproximadamente a 0.5 km del eje de la presa como se observa en la figura 2.2

Para determinar las características del material para la construcción de la cortina de la presa, se tomaron muestras del sitio de préstamo a 2, 4 y 6 metros de profundidad en un total de 10 trincheras (figura 2.3), con las cuales se hicieron diferentes ensayos de laboratorio.



Figura 2.2 Ubicación ortofotográfica del sitio de préstamo

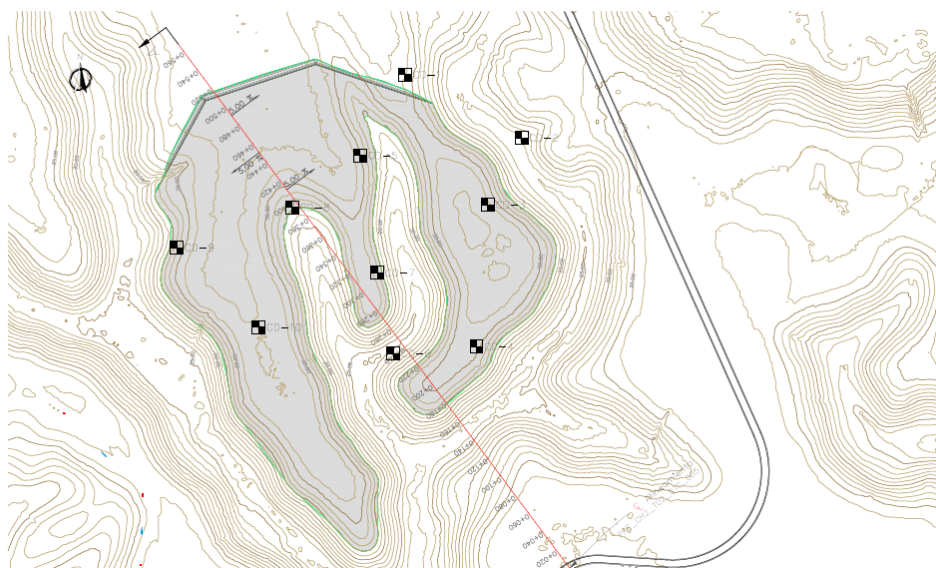


Figura 2.3 Ubicación de las trincheras



2.6 METODOLOGÍA PARA OBTENER LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DEL PRÉSTAMO.

De las 10 trincheras obtenidas del sitio de préstamo, se realizaron ensayos de laboratorio que nos proporcionan las características físicas y mecánicas del suelo.

Para determinar las características físicas se procede a clasificar el suelo mediante los siguientes sistemas: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), para lo cual se necesita realizar los siguientes ensayos: humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico.

Para determinar las características mecánicas que definen la capacidad a corte de los suelos, que inciden directamente sobre la estabilidad de los taludes de la presa, se realizan ensayos de proctor estándar y ensayos triaxiales, consolidado- drenado (CD) y consolidado- no drenado con medición de presión de poros (CU).

- **Clasificación de los suelos**

Los suelos se clasificaron mediante dos sistemas; SUCS y AASHTO.

El sistema SUCS, clasifica los suelos, mediante la norma **ASTM D-2487**, en dos amplias categorías; suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arena, con menos del 50% pasando por la malla No. 200 y; los suelos de grano fino, con 50% o más pasando por la malla No. 200.

El sistema AASHTO clasifica el suelo en siete grupos mayores: A-1 al A-7, mediante la norma **ASTM D-3282**. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la malla No. 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la malla No. 200 son clasificados en los grupos A4, A-5, A-6 Y A-7 y la mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla.

Los ensayos necesarios para ambos sistemas son los siguientes:

- ✓ **Análisis Granulométrico**

Se realizó mediante la norma **INEN 696**.

Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las



aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución granulométrica de las partículas.

✓ **Límite líquido**

La determinación del límite líquido se obtuvo mediante la norma **INEN 691**, que consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

✓ **Límite Plástico**

Este método de ensayo se basa en la norma **INEN 692** y consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona.

La prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal hasta que comienza a fisurarse o disgregarse.

• **Ensayo de permeabilidad**

Este método de ensayo, se realizó por la norma **ASTM D5084**, cubre las mediciones de laboratorio de la conductividad hidráulica, también referida como coeficiente de permeabilidad, de materiales porosos saturados en agua con un permeámetro de pared flexible. Este método de ensayo puede utilizarse con muestras inalteradas o compactadas, que tienen una conductividad hidráulica menor o igual que $1 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ($1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$).

• **Humedad**

El método de ensayo, se realizó mediante la norma **INEN 690**, consiste en determinar la cantidad de agua que existe en una determinada masa de suelo, mediante un horno de secado, esta determinación se efectuará por duplicado sobre diferentes porciones de la misma muestra.

• **Peso específico**

Este parámetro es obtenido mediante la norma **ASTM D854-02**, el ensayo tiene como objetivo determinar la gravedad específica de los sólidos de una muestra de suelo



cuyas partículas tienen un tamaño menor a 4.75mm, por medio de una serie de mediciones y procedimientos normalizados. La gravedad específica de los sólidos de un suelo está dada por la relación que existe entre el peso unitario de los sólidos del suelo y el peso unitario del agua.

- **Proctor Estándar**

Como ya se indicó en la sección 1 la energía de compactación a utilizarse es baja y viene dada por el ensayo proctor estándar, el cual se realizó mediante la norma **AASHTO T-99**.

Esta prueba determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad de suelos compactados en un molde de tamaño dado, con un martillo de compactación que cae desde una altura conocida. Consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima con una energía de compactación baja.

- **Ensayo triaxial Consolidado Drenado**

La resistencia al corte de un suelo saturado en compresión triaxial depende de las tensiones aplicadas, el tiempo de consolidación, la velocidad de deformación, y la historia estrés experimentado por el suelo.

En este método de ensayo, realizado en base a la norma **ASTM D 7181 – 11**, este ensayo se elabora en muestras, de suelo ya sea compactadas o inalteradas, a las cuales se aplica un esfuerzo axial con velocidades constantes lo suficientemente lentas como para permitir la disipación de la presión de poro durante la prueba. Generalmente, tres muestras se ensayan a esfuerzos para definir un esfuerzo efectivo. Si este método se aplica a suelos finos, una prueba puede tardar varias semanas en completarse.

- **Ensayo triaxial Consolidado-No drenado, con medición de presión de poros**

Este ensayo se realizó según la norma **I.N.V. E153-07 o ASTM D 4767 – 95**, que se refiere a la determinación de los parámetros de resistencia de los suelos en tensiones efectivas, obteniendo los valores de fricción interna y cohesión, (ϕ' y c').



Este método cubre la determinación de los esfuerzos y de las relaciones esfuerzo-deformación de una muestra cilíndrica de suelo saturada y consolidada para luego someterla a corte por compresión en condiciones no drenadas, el cual se realizará a una velocidad constante de deformación axial (deformación controlada).

Con este método de prueba se obtendrá el esfuerzo total, el esfuerzo efectivo y la presión de agua de los poros, que sirven para la determinación de las envolventes de esfuerzo de Mohr.

Generalmente se prueban tres muestras consolidadas a diferentes esfuerzos de consolidación efectivos, según lo que se desee obtener del ensayo y sus requerimientos, para definir una envolvente de esfuerzos.

Con los datos obtenidos de los dos ensayos descritos anteriormente se obtienen las envolventes de rotura consolidada- drenada, mediante un análisis en tensiones efectiva, utilizando el método del diagrama p-q.

2.7 MÉTODO DE CÁLCULO MEDIANTE EL DIAGRAMA P-Q

En ocasiones puede ser necesaria la representación simultánea de diferentes estados tensionales en el plano de Mohr. La multiplicidad de círculos hace la representación confusa. No obstante, un círculo de Mohr puede quedar definido por un único punto siempre que esté previamente señalado. Generalmente, el punto elegido es la cúspide del círculo, cuyas coordenadas se definen en condiciones de compresión triaxial por la presión media o hidrostática p y la tensión desviadora q, que en deformación plana son iguales a:

$$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \qquad q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Donde:

σ_1 = Presión axial

σ_3 = Presión de cámara.

La primera expresión define la abscisa del centro del círculo y la segunda, su radio. Los diagramas en los que se representa la combinación de tensiones definida por

estos puntos se denominan diagrama p-q. Estos diagramas son de gran utilidad para estudiar la evolución o trayectoria de las tensiones en un punto.

En los ensayos sin drenaje o consolidados-no drenados, las trayectorias de tensiones totales y efectivas no coinciden. En cada instante, la distancia entre las trayectorias de tensiones totales y efectivas representa la presión intersticial en el terreno. En lo que respecta a la rotura, el diagrama p-q indica el lugar geométrico de las cúspides de los círculos para los que se alcanza la rotura. Al unir los puntos cúspides se obtiene una línea suave llamada trayectoria de esfuerzos o línea K (Figura 2.6).

A partir de los coeficientes de la recta que une los puntos del diagrama es posible obtener los parámetros resistentes del material mediante las siguientes ecuaciones:

$$\sin \phi = \tan \alpha \quad c = \frac{a}{\cos \phi}$$

Donde:

α = la pendiente de la línea K.

a = la intersección con el eje de las ordenadas de la línea K.

En la mayoría de casos y, en concreto, para un ensayo triaxial en el que se llevan hasta la rotura tres probetas a diferentes presiones externas, estos puntos del plano p-q no suelen coincidir en una misma recta. En tal caso, se emplea la recta de regresión que mejor se aproxime.

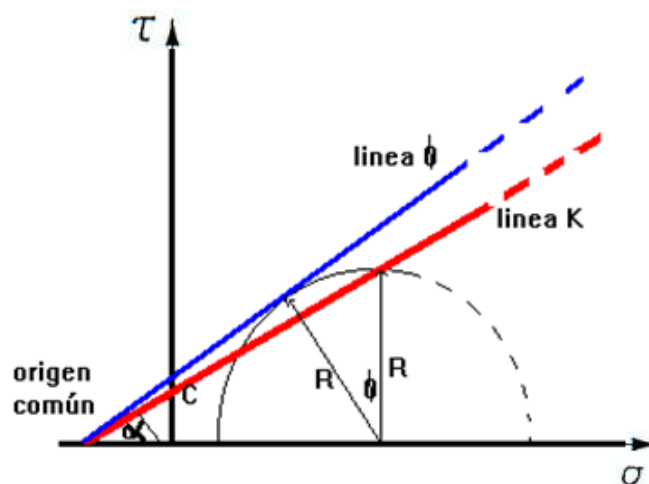


Figura 2.4 Gráfico de diagrama p-q. (Bowles J., 1982).



3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los resultados de los ensayos de las muestras tomadas del sitio de préstamo de la presa Chojampe 2, fueron proporcionados por el PROMAS, los cuales fueron realizados en la etapa de diseño de la presa.

Los ensayos se realizaron con distintas muestras del sitio de préstamo, para la construcción de la cortina tomadas a 2, 4 y 6 metros de profundidad en un total de 10 trincheras. Por tratarse de suelos finos muy similares, se hicieron mezclas de muestras, agrupadas según el límite líquido, para el estudio de la compactación y los ensayos de compresión triaxiales. A los suelos con límite líquido menores de 70% se le designó el color amarillo, a los suelos con límite líquido entre 70% y 90% el color rojo, y a los suelos con límite líquido entre 90% y 110% el color verde.

Estos resultados los utilizamos para resolver el objetivo principal de esta investigación, comparar las envolventes de rotura consolidada drenada obtenidas de los ensayos triaxiales, consolidado-drenado y el consolidado-no drenado con medición de presión de poro.

3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

3.1.1 Clasificación de los suelos

De la clasificación de suelos de las 27 muestras ensayadas resultó que estamos en presencia de un suelo fino MH (limo de alta plasticidad), con más del 90 % de partículas que pasan el tamiz N°200 y 0 % de grava (material que se retiene en el tamiz N° 4) (Ver tabla 3.1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

	MUESTRAS			
	VERDE	AMARILLO	ROJO	VER-AMA
LL	96,68	66,13	82,91	77,05
LP	49,35	37,49	45,55	40,57
I.P	47,32	28,19	37,36	36,47
% GRAVAS	0	0	0	0
% ARENAS	1	4	1	2
% FINOS	99	96	99	98
SUCS	MH	MH	MH	MH
AASTHO	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5

Tabla 3.1 Clasificación de los suelos.



Se puede observar también que se trata de un suelo limoso de alta plasticidad, con un alto porcentaje de límite líquido que se encuentra entre 60-100% y un índice plástico mayor al 20%, que nos indica que es un suelo con buenas condiciones para la construcción de presas de tierra.

3.1.2 Ensayos de permeabilidad

Los ensayos de permeabilidad fueron hechos con carga constante para las muestras amarillas y con carga variable para las muestras rojas y verdes, las cuales estaban previamente compactadas y saturadas. Como se muestra en la tabla 3.2 los coeficientes de permeabilidad son bajos por tratarse de suelos finos, MH.

MUESTRA	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD(K)
VERDE	2,5E-07 cm/s
AMARILLA	2,6E-08 cm/s
ROJO	5,1E-08 cm/s

Tabla 3.2 Ensayo de permeabilidad

3.1.3 Peso específico de los suelos

MUESTRA	PESO ESPECIFICO (Gs)
VERDE	2,62
AMARILLA	2,53
ROJO	2,6
VER-AMA	2,56

Tabla 3.3 Ensayo de gravedad específica

En los resultados mostrados en la tabla 3.3, el peso específico es menor a 2,65, que corresponde a suelos limosos con material orgánico.

3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO

3.2.1 Ensayo proctor

De los ensayos de compactación Proctor Estándar realizados a los suelos de préstamos y de las muestras confeccionadas para los ensayos triaxiales, se tiene humedades óptimas entre 39% y 47%, con densidades secas máximas entre 1.12 g/cm³ y 1.21 g/cm³. (Ver tabla 3.4).



MUESTRA	HUMEDAD ÓPTIMA ($\omega\%$)	DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm^3)
VERDE	47,39	1,112
AMARILLA	39,44	1,256
ROJO	38,83	1,213
VER-AMA	44,3	1,157

Tabla 3.4 Ensayo proctor

El suelo de la cortina se debe compactar con humedades ligeramente menores al rango de humedades óptimas obtenidas, ya que disminuye la posibilidad de asentamientos diferenciales, evitando así agrietamientos que puedan presentarse en la presa.

3.2.2 Ensayos de compresión triaxial

A partir de muestras compactadas con la energía del Proctor Estándar y condiciones de humedad y densidad seca cercanas a las humedades óptimas y densidades secas máximas de dicha energía de compactación, se realizaron 4 ensayos triaxiales consolidado-no drenado (CU), con medición de la presión de poro, y un ensayo triaxial consolidado-drenado, previa la saturación de las muestras.

3.2.2.1 Ensayo triaxial consolidado-no drenado con medición de presión de poro.

En la tabla 3.5 se muestran los esfuerzos efectivos y el cálculo de los parámetros p' y q' , para los cuatro ensayos triaxiales Consolidado No Drenado, con medición de presión de poro, para luego encontrar la envolvente consolidada drenada por el método de mínimos cuadrados que nos da una mejor aproximación.

Se omitió para el cálculo la muestra número uno del ensayo Consolidado No Drenado, con medición de la presión de poro de las mezclas rojas, por tener valor negativo y el esfuerzo principal menor en tensiones efectivas.

En la figura 3.1 se puede ver los 11 datos, pertenecientes a los 4 ensayos consolidados-no drenados, con medición de presión de poro y la trayectoria de esfuerzos la cual fue obtenida por mínimos cuadrados.



Ensayo CU	Presion de camara	Presión axial	Esfuerzo desviador	Presion de poros	Esfuerzos Efectivos		Cálculo por mínimos cuadrados					
	σ_3	σ_1	$(\Delta\sigma_d)_f$	$(\Delta u_d)_f$	σ'_1	σ'_3	p	q	p ²	q ²	p*q	
	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa				
muestra 1	109	158	49	74	21,00	-30,00						
muestra 2	201	285	84	130	244,00	95,00	169,50	74,50	28730,25	5550,25	12627,75	
muestra 3	296	410	114	190	403,00	174,00	288,50	114,50	83232,25	13110,25	33033,25	
muestra 1	154	257	103	113	144,00	41,00	92,50	51,50	8556,25	2652,25	4763,75	
muestra 2	250	390	140	136	254,00	114,00	184,00	70,00	33856,00	4900,00	12880,00	
muestra 3	330	534	204	174	360,00	156,00	258,00	102,00	66564,00	10404,00	26316,00	
muestra 1	104	155	51	134	84,00	35,00	59,50	24,50	3540,25	600,25	1457,75	
muestra 2	265	414	149	170	155,00	71,00	113,00	42,00	12769,00	1764,00	4746,00	
muestra 3	368	597	229	194	220,00	106,00	163,00	57,00	26569,00	3249,00	9291,00	
muestra 1	99	151	91	60,00	130,00	39,00	84,50	45,50	7140,25	2070,25	3844,75	
muestra 2	195	251	141	110,00	226,00	85,00	155,50	70,50	24180,25	4970,25	10962,75	
muestra 3	296	324	191	133,00	354,00	163,00	258,50	95,50	66822,25	9120,25	24686,75	
						Sumatoria	1826,50	747,50	361959,75	58390,75	144609,75	

FORMULACION		RESULTADOS			
$p' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \quad q' = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$ $b = \frac{n \sum p'_i q'_i - (\sum p'_i)(\sum q'_i)}{n \sum p'^2_i - (\sum p'_i)^2}$		Numero total de Testigos	b=	0,349	kPa
		11	a=	9,970	kPa
			$\alpha =$	19,250	Grados
$a = \frac{\sum q'_i}{n} - b \frac{\sum p'_i}{n}$ $\alpha = \tan^{-1} b$		Parametros de Resistencia en Tensiones Efectivas, obtenidos de los 4 ensayos CU mediante el metodo p' vs q'			
		Angulo de fricción efectivo	$\phi' =$	20,438	Grados
$c' = \frac{a}{\cos \phi} \quad \phi' = \text{sen}^{-1}(\tan \alpha)$		Cohesión efectiva	c' =	10,640	kPa

Tabla 3.5 Resumen de características de las muestras ensayadas y análisis de los esfuerzos efectivos obtenidos de los triaxiales consolidados no drenados (CU), con medición de la presión de poros. Presa Chojampe 2.

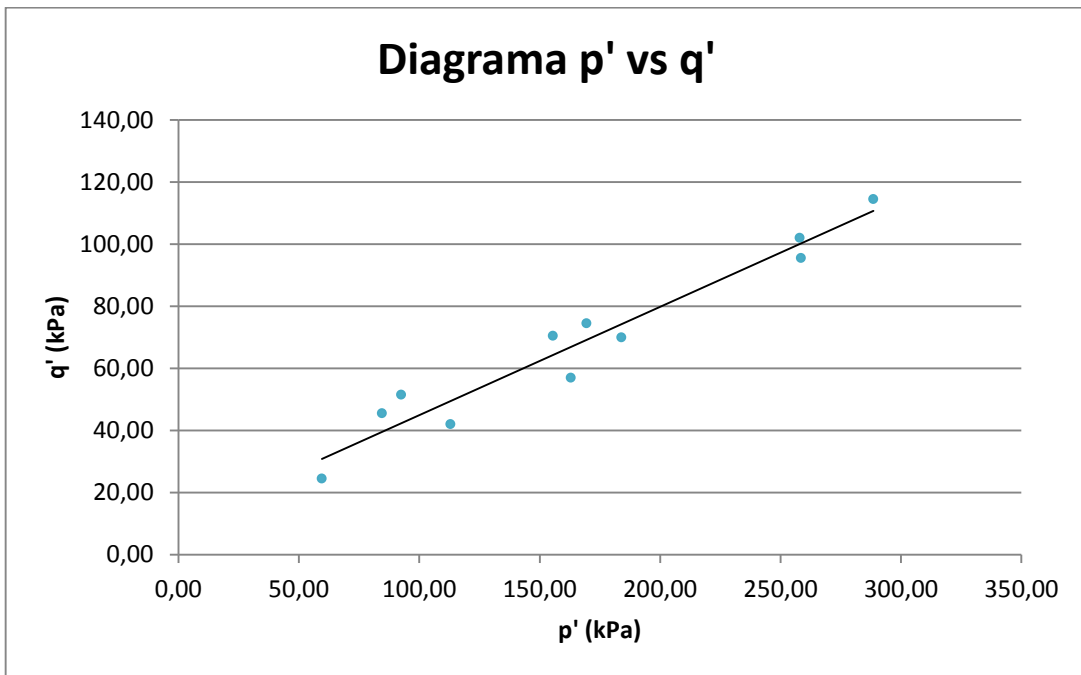


Figura 3.1 Resultados de los ensayos de las pruebas triaxiales consolidado no drenado (CU), con medición de la presión de poros, para la obtención de la envolvente consolidada drenada (CD).

3.2.2.2 Ensayo triaxial consolidado-drenado.

Se realizó sólo un ensayo consolidado-drenado por cuestiones de tiempo, los resultados se muestran en la tabla 3.6. En este ensayo se determina los esfuerzos en tensiones efectivas ya que la presión de poro es nula en todo el ensayo.

Al igual que para el ensayo consolidado- no drenado estos datos obtenidos nos sirven para calcular los parámetros de resistencia a cortante c' y ϕ' , mediante el diagrama p' - q' .

Ensayo CD	Presión de cámara	Presión axial	Esfuerzo desviador	Presión de poros	Esfuerzos Efectivos		Cálculo por mínimos cuadrados				
	σ_3 kPa	σ_1 kPa	$(\Delta\sigma_d)_f$ kPa	$(\Delta u_d)_f$ kPa	σ'_1 kPa	σ'_3 kPa	p kPa	q kPa	p^2	q^2	$p \cdot q$
muestra 1	101	285	184	0,00	285,00	101,00	193,00	92,00	37249,00	8464,00	17756,00
muestra 2	213	543	330	0,00	543,00	213,00	378,00	165,00	142884,00	27225,00	62370,00
muestra 3	304	779	475	0,00	779,00	304,00	541,50	237,50	293222,25	56406,25	128606,25
					Sumatoria		1112,50	494,50	473355,25	92095,25	208732,25

FORMULACION		RESULTADOS			
$p' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \quad q' = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$ $b = \frac{n \sum p'_i q'_i - (\sum p'_i)(\sum q'_i)}{n \sum p_i^2 - (\sum p'_i)^2}$		Numero total de Testigos	b=	0,417	kPa
$a = \frac{\sum q'_i}{n} - b \frac{\sum p'_i}{n}$ $\alpha = \tan^{-1} b$		3	a=	10,194	kPa
			α =	22,636	Grados
Parametros de Resistencia en Tensiones Efectivas, obtenido del ensayo CD mediante el metodo p' vs q'					
		Angulo de fricción efectivo	$\phi' =$	24,645	Grados
$c' = \frac{a}{\cos \phi} \quad \phi' = \text{sen}^{-1}(\tan \alpha)$		Cohesión efectiva	$c' =$	11,216	kPa

Tabla 3. 6 Resumen de características de la muestra ensayada y análisis de los esfuerzos efectivos obtenidos del triaxial consolidados drenados (CD). Presa Chojampe 2

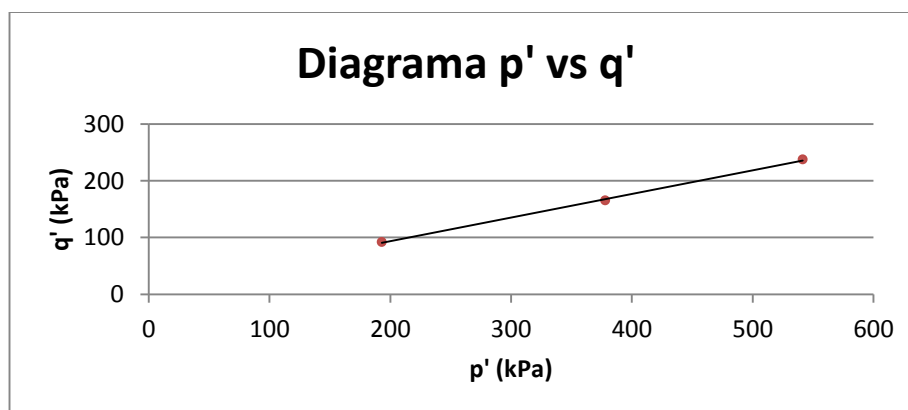


Figura 3.2 Resultados del ensayo de la prueba triaxiales consolidado- drenado (CD), para la obtención de la envolvente consolidada drenada (CD).

En la tabla 3.6 se calcula los valores p y q con los esfuerzos de los ensayos consolidados-no drenados con medición de presión de poro, estos valores representan

puntos del diagrama p' vs q' (ver figura 3.2). Con estos puntos se determina la trayectoria de esfuerzos o línea k y de esta línea se obtiene los parámetros a y α , descritos en la sección 2.6, con los cuales se calculará después los valores de c' y ϕ' , en tensiones efectivas.

3.3.3 Envolventes de rotura consolidada drenada obtenida a partir de los ensayos consolidado-no drenado con medición de presión de poros y consolidado-drenado.

En la figura 3.3 se muestra la gráfica de las envolventes consolidadas drenadas, obtenidas de los ensayos de compresión triaxial, consolidado drenado (CD) y consolidado no drenado (CU), con medición de la presión de poro, en tensiones efectivas.

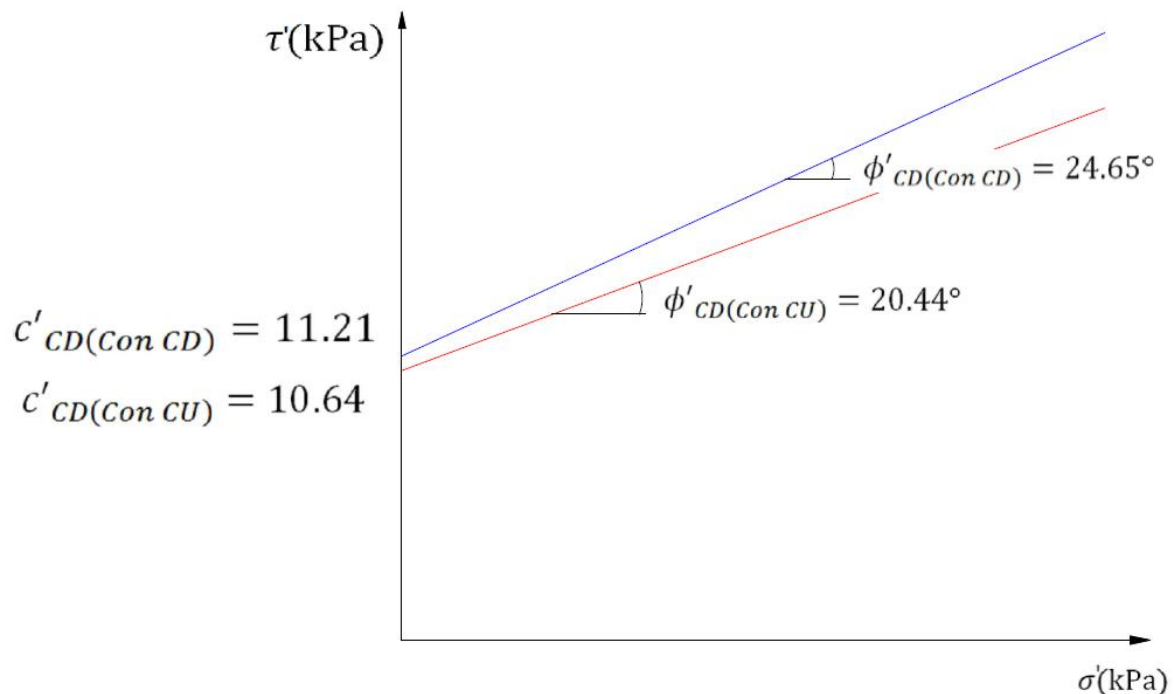


Figura 3.3 Gráfica de las envolventes consolidadas-drenadas, obtenidas en tensiones efectivas por mínimos cuadrados

Como se puede observar la envolvente de rotura consolidada drenada (CD), obtenida mediante el ensayo Consolidado Drenado (CD), es mayor que la envolvente de rotura consolidada drenada (CD), obtenida mediante el ensayo Consolidado No Drenado (CU), con medición de la presión de poro, con valores de $c' = 11.21$ kPa, $\phi' = 24.65^\circ$ y $c' = 10.64$ kPa, $\phi' = 20.44^\circ$, respectivamente.



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En la figura 3.3 se muestran las envolventes Consolidadas Drenadas (CD) del material del préstamo de la presa Chojampe 2, obtenidas mediante el ensayo Consolidación Drenado (CD), y mediante el ensayo Consolidado No drenado (CU), con medición de la presión de poro.

Todas las muestras ensayadas fueron compactadas con densidades secas y humedades cercanas a las densidad seca máxima y la humedad óptima de la energía del Proctor Estandar (ligemente por debajo de éstos valores y siempre con grado de compactación superiores al 95% de la energía del Proctor Estandar).

La envolvente consolidada drenada (CD) obtenida por el ensayo triaxial consolidado no drenado (CU), con medición de presión de poro, es el resultado de cuatro ensayos de ese tipo, utilizando para mayor precisión los parámetros de resistencia c_{CD} y Φ_{CD} , mediante el grafico (p' vs q').

En la figura 3.3 se observa el cumplimiento de los objetivos específicos declarados al inicio de este trabajo y se concluye de la misma que la envolvente consolidada drenada (CD), obtenida mediante el ensayo triaxial Consolidado Drenado, es mayor que la envolvente Consolidada-Drenada (CD), que la obtenida mediante el ensayo Consolidado-No Drenado (CU), con medición de la presión de poro.

Como quiera que para el cálculo de estabilidad de taludes de presa Chojampe 2, para los tres estados de carga (final de construcción, operación y desembalse rápido) se utilizó, (para ahorrar tiempo) los parámetros de la envolvente Consolidada-Drenada, (c_{CD} y Φ_{CD}) obtenida de los ensayos de compresión triaxial Consolidado-No Drenado (CU), con medición de la presión de poro, se puede concluir que los factores de seguridad reales son mayores que los calculados sin considerar y considerando la acción sísmica, ya que la verdadera resistencia a cortante se aproxima más a la obtenida mediante el ensayo triaxial consolidado drenado.



RECOMENDACIÓN

Se recomienda aplicar en el análisis de estabilidad de taludes de las presas de tierra homogénea del Proyecto PACALORI, los resultados de las envolventes Consolidada Drenada, obtenidas mediante el ensayo Consolidado No Drenado, con medición de presión de poro, previa a la saturación de las muestras, toda vez que se reduce el tiempo de investigación de los materiales de préstamo y se está de lado seguro.



BIBLIOGRAFIA:

- [1] Braja Das M (2001). "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica". Editores Thomson-Learning. México.
- [2] Juárez Badillo E y A. Rico Rodríguez (2005). "Fundamentos de la Mecánica de Suelos". Tomo 1. Editorial Limusa-México.
- [3] Juárez Badillo E y A. Rico Rodríguez (2004). "Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos". Tomo 2. Editorial Limusa-México.
- [4] Marsal, R. J., y Reséndiz Núñez, D (1975). "Presas de Tierra y Enrocamiento". Editorial Limusa. Naucalpan, México.
- [5] Armas Novoa, R. y E. Horta Mestas (1987). "Presas de Tierra". Editorial IPSJAE, La Habana. Cuba.
- [6] Armas Novoa, R (2002). "Compactación de Suelos". La Habana. Cuba.
- [7] Luis L. González de Vallejo (2002). "Ingeniería Geológica". Editorial Prentice Hall. Madrid-España.
- [8] PROMAS "Memoria técnica del diseño geotécnico y estructural del cuerpo de la presa, ataguías y diques". Volumen 24, capítulo 7 de la presa Chojampe 2. Cuenca-Ecuador.
- [9] PROMAS "Informe componente geología y geotecnia trasvase 2" Tomo 4, PACALORI, Fase de factibilidad. Cuenca- Ecuador.
- [10] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION 2013 (NTC INEN) "Mecánica de Suelos" Quito-Ecuador.



ANEXOS

ANEXO 1

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE LA PRESA CHOJAMO 2

MUESTRAS AMARILLAS

PROYECTO: PACALORI
PRESA: CHOJAMPE 2
FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

CLASIFICACION UNION DE
MUESTRAS AMARILLAS L.L. < 70%
PROFUNDIDAD: 0.00m a 6.00m

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

LIMITE PLASTICO INEN 692

TARRO #	246	82	94	32
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	52,28	52,63	51,76	52,51
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	51,74	52,18	51,14	51,96
PESO DEL TARRO (g)	50,33	50,98	49,51	50,51
%HUMEDAD	38,30	37,50	38,04	37,93

LIMITE LIQUIDO INEN 691

N° DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
N° DE GOLPES	44	26	20	13	10
TARRO N°	91	236	224	206	221
PESO TARRO + M. HUMEDA (g)	58,20	56,84	57,89	62,10	58,92
PESO TARRO + M. SECA (g)	55,30	53,28	54,44	57,42	55,49
PESO TARRO (g)	50,56	47,82	49,26	50,69	50,70
%HUMEDAD	61,18	65,20	66,60	69,54	71,61

HUMEDADES INEN 690

TARRO #	55	67
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	122,93	124,02
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	111,82	112,42
PESO DEL TARRO (g)	50,59	48,21
%HUMEDAD	18,14	18,07

GRANULOMETRIA INEN 696

TAMIZ N°	PESOS RETENID. PARCIALES (g)	PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	PORCENTAJES RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0	0	100
3/8"	0,00	0,00	0	100
N°4	0,00	0,00	0	100
PASA N°4				
N°10	1,00	1,00	1	99
N°40	1,10	2,10	1	99
N°200	5,50	7,60	4	96
PASA N°200		161,74		
TOTAL		169,34		

CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

PESO HUMEDO ANTES DEL ENSAYO (g) 18,11%
PESO HUMEDO DESPUES DEL ENSAYO (g) 200,00
% DE HUMEDAD 169,34
PESO SECO ANTES DEL ENSAYO (g) 7,60
PESO SECO ANTES DEL LAVADO (g)
PESO SECO DESPUES DEL LAVADO (g)

MH A-7-5
% DE GRAVA 0
% DE ARENA 4
% DE FINOS 96

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

LIMITE LIQUIDO

LIMITE LIQUIDO	66,13%
LIMITE PLASTICO	37,94%
INDICE DE PLASTICIDAD	28,19%

MUESTRAS AMARILLA-VERDE

PROYECTO: PACALORI
PRESA: CHOJAMPE 2
FECHA: 29 DE ENERO DEL 2015

CLASIFICACION UNION DE MUESTRAS
AMARILLAS+VERDES 50%≤ L.L.S 70% Y 90%≤ L.L.S 110%
PROFUNDIDAD: 0.00m a 6.00m

LIMITE PLASTICO INEN 692

TARRO #	32	100	246	49
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	53.00	52.48	52.47	51.79
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	52.27	51.94	51.86	51.16
PESO DEL TARRO (g)	50.51	50.60	50.33	49.61
%HUMEDAD	41.48	40.30	39.87	40.65

LIMITE LIQUIDO INEN 691

Nº DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Nº DE GOLPES	43	32	27	18	15
TARRO Nº	73	99	4	53	239
PESO TARRO + M. HUMEDA (g)	57.81	57.38	57.41	55.52	57.44
PESO TARRO + M. SECA (g)	54.71	54.65	54.06	52.10	53.71
PESO TARRO (g)	50.17	50.87	49.55	47.86	49.28
%HUMEDAD	68.28	72.22	74.28	80.66	84.20

LIMITE PLASTICO INEN 690

TARRO #	67	51
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	119.12	117.87
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	106.27	105.48
PESO DEL TARRO (g)	48.21	49.92
%HUMEDAD	22.13	22.30

GRANULOMETRIA INEN 696

TAMIZ Nº	PESOS RETENID PARCIALES (g)	PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	PORCENTAJES RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100
3/4"	0.00	0.00	0	100
3/8"	0.00	0.00	0	100
Nº4	0.00	0.00	0	100
PASA Nº4				
Nº10	0.00	0.00	0	100
Nº40	0.90	0.90	1	99
Nº200	2.70	3.60	2	98
PASA Nº200	0.00	160.05	-	-
TOTAL		163.65	-	-

CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

% DE GRAVA: MH
% DE ARENA: A-7-5
% DE FINOS: 98

PESO HUMEDO ANTES DEL ENSAYO (g): 22.21%
PESO HUMEDO DESPUES DEL ENSAYO (g): 200.00
% DE HUMEDAD: 163.65
PESO SECO ANTES DEL ENSAYO (g): 3.60
PESO SECO ANTES DEL LAVADO (g): 2
PESO SECO DESPUES DEL LAVADO (g): 98

LIMITE LIQUIDO
77.05%
LIMITE PLASTICO
40.57%
INDICE DE PLASTICIDAD
36.47%



MUESTRAS ROJAS

PROYECTO: PACALORI
PRESA: CHOJAMPE 2
FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

CLASIFICACION UNION DE
MUESTRAS ROJAS 70 % ≤ L.L. ≤ 90 %
PROFUNDIDAD: 0,00m a 6,00m

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

LIMITE PLASTICO INEN 692

TARRO #	1	2	3	4	5
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	51,88	50,83	52,29	52,23	51,79
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	51,43	50,45	51,76	51,79	51,79
PESO DEL TARRO (g)	50,45	49,61	50,60	50,82	50,82
% HUMEDAD	45,92	45,24	45,69	45,35	45,35

LIMITE LIQUIDO INEN 691

N° DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
N° DE GOLPES	44	24	18	14	12
TARRO N°	56	242	228	4	246
PESO TARRO + M. HUMEDA (g)	56,00	57,72	57,08	56,73	57,62
PESO TARRO + M. SECA (g)	52,55	54,28	53,36	53,35	54,11
PESO TARRO (g)	47,83	50,10	49,01	49,55	50,33
% HUMEDAD	73,09	82,30	84,67	88,93	92,86

HUMEDADES INEN 680

TARRO #	53	234
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	113,22	114,76
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	102,59	104,47
PESO DEL TARRO (g)	47,86	50,87
% HUMEDAD	19,42	19,20

GRANULOMETRIA INEN 686

TAMIZ N°	PESOS RETENID. PARCIALES (g)	PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0,00	0	100
3/8"	0,00	0,00	0	100
N°4	0,00	0,00	0	100
PASA N°4	0,00	0,00	0	100
N°10	0,00	0,00	0	100
N°40	0,10	0,10	0	100
N°200	2,40	2,50	1	99
PASA N°200	0,10	165,13	-	-
TOTAL		167,63	-	-

LIMITE LIQUIDO 82,91%
LIMITE PLASTICO 45,55%
INDICE DE PLASTICIDAD 37,36%

CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

19,31%
200,00
167,63
2,60

MH
A-7-5

0
1
99

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

LIMITE LIQUIDO INEN 692

TARRO #	57	49	100	11
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	51,88	50,83	52,29	52,23
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	51,43	50,45	51,76	51,79
PESO DEL TARRO (g)	50,45	49,61	50,60	50,82
% HUMEDAD	45,92	45,24	45,69	45,35

LIMITE LIQUIDO INEN 691


N° DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
N° DE GOLPES	44	24	18	14	12
TARRO N°	56	242	228	4	246
PESO TARRO + M. HUMEDA (g)	56,00	57,72	57,08	56,73	57,62
PESO TARRO + M. SECA (g)	52,55	54,28	53,36	53,35	54,11
PESO TARRO (g)	47,83	50,10	49,01	49,55	50,33
% HUMEDAD	73,09	82,30	84,67	88,93	92,86

LIMITE LIQUIDO 82,91%
LIMITE PLASTICO 45,55%
INDICE DE PLASTICIDAD 37,36%




MUESTRAS VERDES

PROYECTO: PACALORI
PRESA: CHOJAMPE 2
FECHA: 29 DE ENERO DEL 2015



CLASIFICACION UNION DE MUESTRAS VERDESS 90% S L.L S 110%
PROFUNDIDAD: 0.00m a 6.00m



LIMITE PLASTICO INEN 692

TARRO #	18	16	250	2
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	51,87	52,38	51,64	52,81
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	51,35	51,63	50,68	52,14
PESO DEL TARRO (g)	50,26	50,10	48,80	50,79
%HUMEDAD	47,71	49,02	51,06	49,63

LIMITE LIQUIDO INEN 691

N° DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
N° DE GOLPES	50	38	24	21	12
TARRO N°	7	30	27	34	80
PESO TARRO + M. HUMEDA (g)	57,89	55,47	57,87	59,13	58,40
PESO TARRO + M. SECA (g)	54,42	52,01	54,25	54,99	54,38
PESO TARRO (g)	50,29	46,12	50,43	50,76	50,61
%HUMEDAD	83,92	68,95	94,76	97,87	106,63

LIMITE PLASTICO INEN 692

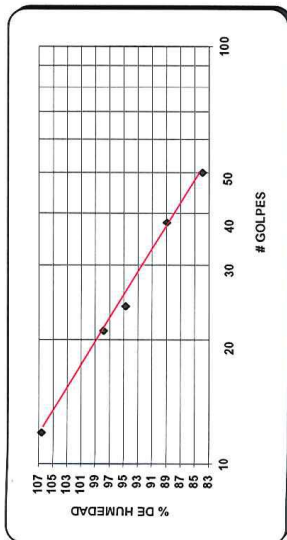
TARRO #	235	236
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	101,24	106,87
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	89,59	94,73
PESO DEL TARRO (g)	44,75	47,82
%HUMEDAD	25,98	25,88

GRANULOMETRIA INEN 690

TAMIZ N°	235	236
PESOS RETENID. PARCIALES (g)	0	0
PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	0	0
1 1/2"	0	0
1"	0	0
3/4"	0	0
3/8"	0,00	0,00
N°4	0,00	0,00
PASA N°4	0,40	0
N°10	0,10	0
N°40	0,60	1
N°200	0,00	157,72
PASA N°200	0,00	158,82
TOTAL		

GRANULOMETRIA INEN 696

TAMIZ N°	PESOS RETENID. PARCIALES (g)	PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	PORCENTAJES RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0	0	100
3/8"	0,00	0,00	0	100
N°4	0,00	0,00	0	100
PASA N°4	0,40	0,40	0	100
N°10	0,10	0,50	0	100
N°40	0,60	1,10	1	99
N°200	0,00	157,72	-	-
PASA N°200	0,00	158,82	-	-
TOTAL				



LIMITE LIQUIDO 96,68%
LIMITE PLASTICO 49,35%
INDICE DE PLASTICIDAD 47,32%

CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

% DE GRAVA 0
% DE ARENA 1
% DE FINOS 99

CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

MH A-7-5
MH A-7-5

GRANULOMETRIA INEN 696

TAMIZ N°	PESOS RETENID. PARCIALES (g)	PESOS RETENID. ACUMULADOS (g)	PORCENTAJES RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0	0	100
3/8"	0,00	0,00	0	100
N°4	0,00	0,00	0	100
PASA N°4	0,40	0,40	0	100
N°10	0,10	0,50	0	100
N°40	0,60	1,10	1	99
N°200	0,00	157,72	-	-
PASA N°200	0,00	158,82	-	-
TOTAL				


CLASIFICACION POR EL SUCS
CLASIFICACION POR LA AASHTO

MH A-7-5
MH A-7-5

ANEXO 2


ENSAYOS DE PERMEABILIDAD DE LA PRESA CHOJAMO 2

MUESTRAS AMARILLAS



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

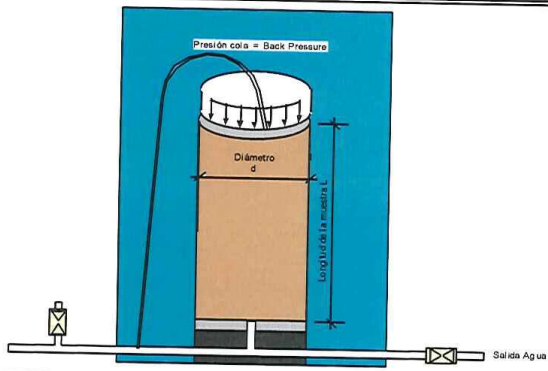


MATERIAL DE PRESTAMO **MUESTRAS AMARILLAS**

FECHA: 28 DE ENERO DEL 2015

ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE ASTM D 5084

DIAMETRO DE LA MUESTRA	5 cm
LONGITUD DE LA MUESTRA	10 cm
AREA DE LA MUESTRA	20 cm ²
VOLUMEN DE LA MUESTRA	196 cm ³
% DE GRAVA	0%
% DE ARENA	4%
% DE FINOS	96%
LIMITE LIQUIDO	66,13%
INDICE PLASTICO	28,19%
CLASIFICACION POR EL S.U.C.S.	MH
Back Pressure	80 kPa
Presión de Camara	100 kPa
Altura de carga	815,77 cm



TIEMPO			TEMP.	Volumen. Medido ml	Q Caudal cm ³	k	k ₂₀ ^o
HORAS	MINUTOS	segundos					
0	0	0,00	20	89,174			
3	38	13080	21	85,468	3,706	1,77E-07	1,727E-07
14	52	53520	18	78,240	10,934	1,28E-07	1,341E-07
15	55	57300	22	67,045	22,129	2,41E-07	2,298E-07
18	16	65760	20	65,606	23,568	2,24E-07	2,238E-07
22	43	81780	21	63,430	25,744	1,97E-07	1,919E-07
24	1	86460	20	62,635	26,539	1,92E-07	1,917E-07
26	47	96420	18	61,437	27,737	1,80E-07	1,888E-07
40	6	144360	20	61,437	27,737	1,20E-07	1,2E-07

$k_{20} = R_T * k$


$R_T = 2,2902 * (0,9842T) / T^{0,1702}$

donde:


- k = coeficiente de permeabilidad,
- Q = gasto, es decir cantidad de agua descargada,
- L = distancia entre manómetros .
- A = área de la sección transversal del espécimen.
- t = tiempo total de desagüe, y
- h = diferencia de cabeza (altura) sobre los manómetros.

k promedio = 1,8E-07 cm/s.

Rola
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

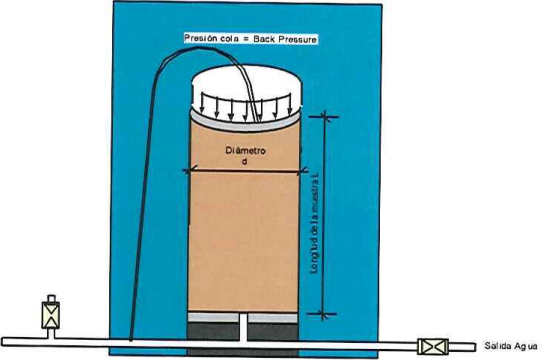
MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS AMARILLAS

FECHA: 28 DE ENERO DEL 2015

ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE ASTM D 5084

DIAMETRO DE LA MUESTRA	5 cm
LONGITUD DE LA MUESTRA	10 cm
AREA DE LA MUESTRA	20 cm ²
VOLUMEN DE LA MUESTRA	196 cm ³
% DE GRAVA	0%
% DE ARENA	4%
% DE FINOS	96%
LIMITE LIQUIDO	66,13%
INDICE PLASTICO	28,19%
CLASIFICACION POR EL S.U.C.S.	MH
Back Pressure	160 kPa
Presión de Camara	200 kPa
Altura de carga	1631,55 cm



TIEMPO			TEMP.	Volumen. Medido ml	Q Caudal cm ³	k	k _{20°}
HORAS	MINUTOS	segundos					
0	0	0,00	22	88,101			
3	39	13140	22	85,415	2,686	6,38E-08	6,083E-08
14	51	53460	22	80,875	7,226	4,22E-08	4,022E-08
15	58	57480	22	80,446	7,655	4,16E-08	3,963E-08
18	18	65880	24	79,637	8,464	4,01E-08	3,649E-08
22	45	81900	24	78,218	9,883	3,77E-08	3,427E-08
24	4	86640	22	77,709	10,392	3,74E-08	3,569E-08
27	16	98160	22	76,950	11,151	3,55E-08	3,38E-08
40	45	146700	22	72,119	15,982	3,40E-08	3,242E-08

$$k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$$


donde:

- k = coeficiente de permeabilidad.
- Q = gasto, es decir cantidad de agua descargada.
- L = distancia entre manómetros.
- A = área de la sección transversal del espécimen.
- t = tiempo total de desague, y
- h = diferencia de cabeza (altura) sobre los manómetros.

$k_{20} = R_T * k$
 $R_T = 2,2902 * (0,9842^T) / T^{0,1702}$


k promedio = 3,9E-08 cm/s.

Rola
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



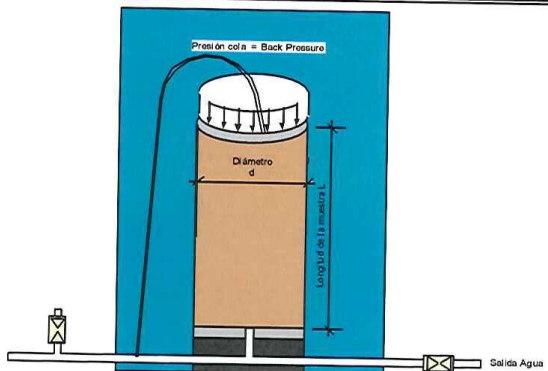
UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS AMARILLAS

FECHA: 28 DE ENERO DEL 2015

ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE ASTM D 5084

DIAMETRO DE LA MUESTRA	5 cm	
LONGITUD DE LA MUESTRA	10 cm	
AREA DE LA MUESTRA	20 cm ²	
VOLUMEN DE LA MUESTRA	196 cm ³	
% DE GRAVA	0%	
% DE ARENA	4%	
% DE FINOS	96%	
LIMITE LIQUIDO	66,13%	
INDICE PLASTICO	28,19%	
CLASIFICACION POR EL S.U.C.S.	MH	
Back Pressure	240 kPa	
Presión de Camara	300 kPa	
Altura de carga	2447,32 cm	

TIEMPO			TEMP.	Volumen. Medido ml	Q Caudal cm ³	k	k ₂₀ ^o
HORAS	MINUTOS	segundos					
0	0	0,00	18	81,108			
3	37	13020	19	78,601	2,507	4,0E-08	4,1E-08
14	45	53100	20	74,352	6,756	2,6E-08	2,6E-08
15	53	57180	22	73,951	7,157	2,6E-08	2,5E-08
18	12	65520	20	73,082	8,026	2,5E-08	2,5E-08
22	37	81420	21	71,927	9,181	2,3E-08	2,3E-08
23	55	86100	20	71,474	9,634	2,3E-08	2,3E-08
26	33	95580	20	70,804	10,304	2,2E-08	2,2E-08
39	59	143940	20	66,594	14,514	2,1E-08	2,1E-08

donde:

k = coeficiente de permeabilidad,

Q = gasto, es decir cantidad de agua descargada,

L = distancia entre manómetros .

A = área de la sección transversal del espécimen.

t = tiempo total de desagüe, y

h = diferencia de cabeza (altura) sobre los manómetros.

$$k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$$

$$k_{20} = R_T * k$$

$$R_T = 2,2902 * (0,9842^T) / T^{0,1702}$$

k promedio = 2,6E-08 cm/s.

Rola

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

MUESTRAS ROJAS

PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS ROJAS 70 % ≤ L.L ≤ 90 %

PROF: 0,00m - 6,00m

INICIO ENSAYO: 25 DE JUNIO DEL 2015

TERMINA ENSAYO: 30 DE JUNIO DEL 2015

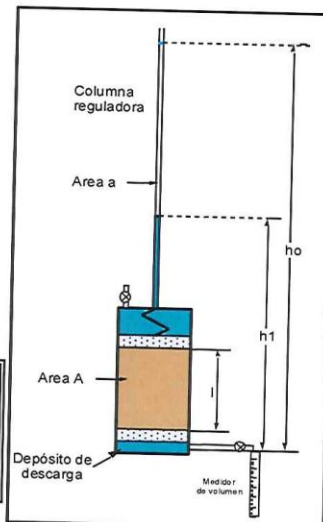
FECHA: 30 DE JUNIO DEL 2015

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE NORMA: ASTM D 5084

MOLDE #	1
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	3521
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	1883
PESO SUELO HUMEDO (g)	1638
VOLUMEN DEL MOLDE (cm³)	940,17
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1,742
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1,239

PESO ANTES DEL ENSAYO (g)	3521
PESO DESPUES DEL ENSAYO(g)	3567
LONGITUD DE LA MUESTRA (cm)	11,65
DIAMETRO (cm)	10,14
AREA A (cm2)	80,72
AREA a (cm2)	0,549

TARRO #	52	214	246	212
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	82,02	83,63	91,16	90,96
PESO DEL TARRO + MAT.SECA (g)	71,90	74,06	79,10	77,98
PESO DEL TARRO (g)	46,97	50,57	50,33	46,98
%HUMEDAD	0,41	0,41	0,42	0,42
PROMEDIO	40,67%			



N°	ALTURA (cm)		H (cm)	Vol. Calcul (ml)	Vol. Medi (ml)	TIEMPO			TEMPERATURA °C	TIEMPO (S)	k (cm/s)	k ₂₀ °C (cm/s)
	h-0	h-1				HORAS	MIN	SEG				
1	124,0					0	0	0				
2		119,0	5,0	2,7	2,5	14	15	17	18,8	51317	6,3E-08	6,5E-08
3		118,0	6,0	3,3	3,2	39	7	43	19,7	140863	2,8E-08	2,8E-08
4	132,3					0	0	0				
5		125,2	7,1	3,9	2,4	17	0	34	17,5	61234	7,1E-08	7,6E-08
6		124,2	8,1	4,4	3,6	24	16	51	21,2	87411	5,7E-08	5,6E-08
7	143,2											
8		136	7,2	4,0	4,0	17	27	54	19,9	62874	6,5E-08	6,5E-08
9	142,6											
10		128	14,6	8,0	8,0	46	12	11	16,3	166331	1,6E-08	1,7E-08
11												
12												
15												
14												
15												

$$k = 2,3 \frac{a \cdot l}{A \cdot t_1} \log\left(\frac{h_0}{h_1}\right); \text{ cm/s}$$

$$k_{20} = R_T \cdot k$$

$$R_T = 2,2902 \cdot (0,9842^T) / T^{0,1702}$$

PROMEDIO $k = 5,1E-08 \text{ cm/s}$

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

MUESTRAS VERDES

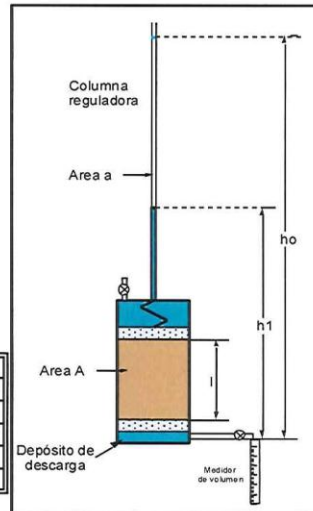
 PROMAS UNIVERSIDAD DE CUENCA	PROYECTO: PACALORI PRESA : CHOJAMPE 2	 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>desde 1857</small>
MATERIAL DE PRESTAMO MUESTRAS VERDES 90 % ≤ L.L ≤ 110 % PROF: 0,00m - 6,00m	INICIO ENSAYO: 24 DE JUNIO DEL 2015 TERMINA ENSAYO: 30 DE JUNIO DEL 2015 FECHA: 30 DE JUNIO DEL 2015	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE NORMA: ASTM D 5084

MOLDE #	2
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	3443
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	1869
PESO SUELO HUMEDO (g)	1574
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	942,07
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1,671
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1,124

PESO ANTES DEL ENSAYO (g)	3443
PESO DESPUES DEL ENSAYO(g)	3490
LONGITUD DE LA MUESTRA (cm)	11,63
DIAMETRO (cm)	10,16
AREA A (cm ²)	81,00
AREA a (cm ²)	0,537

TARRO #	58	241	86	19
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	84,96	84,81	97,55	98,50
PESO DEL TARRO + MAT.SECA (g)	73,57	73,39	80,65	82,24
PESO DEL TARRO (g)	49,89	50,18	47,23	50,28
%HUMEDAD	0,48	0,49	0,51	0,51
PROMEDIO	48,65%		50,72%	



N°	ALTURA (cm)		H (cm)	Vol. Calcul (ml)	Vol. Medi (ml)	TIEMPO			TEMPERATURA °C	TIEMPO (s)	k cm/s	k ₂₀ °C cm/s
	h-0	h-1				HORAS	MIN	SEG				
1	140,5					0	0	0	16,2			
2		129,7	10,8	5,8		3	31	10	20,6	12670	4,9E-07	4,8E-07
3		78,1	62,4	33,5	26,0	3	5	6	18,5	11106	4,1E-06	4,2E-06
4	129,6											
5		116,7	12,9	6,9	6,5	5	50	46	19,9	21046	3,8E-07	3,8E-07
6		89,5	40,1	21,5	18,5	22	15	10	18,2	80110	3,6E-07	3,7E-07
7		68,1	61,5	33,0	29,25	44	53	30	18	161610	3,1E-07	3,2E-07
8	127,4											
9		116,8	10,6	5,7	5,5	6	43	35	18,5	24215	2,8E-07	2,9E-07
10		96,8	30,6	16,4	15	21	45	18	17,9	78318	2,7E-07	2,8E-07
11		93	34,4	18,5	15,2	27	11	24	21,5	97884	2,5E-07	2,4E-07
12		89,9	37,5	20,1	19,9	30	51	38	21,5	111098	2,4E-07	2,3E-07
15		77,1	50,3	27,0	27	44	58	4	18,8	161884	2,4E-07	2,5E-07
14		73,9	53,5	28,7	28,4	52	24	26	21,6	188666	2,2E-07	2,1E-07
15		63,3	64,1	34,4	34,3	66	1	10	19,5	237670	2,3E-07	2,3E-07

$$k = 2,3 \frac{a \cdot l}{A \cdot t \cdot l} \log\left(\frac{h_0}{h_1}\right); \text{ cm/s}$$

$$k_{20} = R_T \cdot k$$

$$R_T = 2,2902 \cdot (0,9842^T) / T^{0,1702}$$

PROMEDIO **k = 2,5E-07 cm/s**



ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



ANEXO 3

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO DE LA PRESA CHOJAMO 2

MUESTRAS AMARILLAS

 PROMAS UNIVERSIDAD DE CUENCA	PROYECTO: PACALORI PRESA : CHOJAMPE 2	 UNIVERSIDAD DE CUENCA Cuenca 1867
	UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS AMARILLAS L.L < 70% FECHA: 02 DE FEBRERO DEL 2015	

PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS NORMA: ASTM D 854-02



	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	
A =	51,17	50,17	(Peso del material seco) (gramos)
B =	377,01	374,74	(Peso del matraz + agua + material) (gramos)
C =	346,11	344,21	(Peso del matraz + agua) (gramos)
temp =	22,70	22,80	(temperatura del ensayo) (grados centigrados)
	C= -0,0574 * temp. + 347,41	C= -0,0602 * temp. + 345,58	(ecuación del matraz)
K =	0,9994	0,99938	
$G_s = \frac{A * K}{A - (B - C)} =$			
	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	PROMEDIO
	2,52	2,55	2,53

Observaciones :
 El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son menores del 70% (L.L < 70 %).


 ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



MUESTRAS AMARILLAS-VERDES

	PROYECTO: PACALORI	
	PRESA : CHOJAMPE 2	
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2	HOJA 1 DE 1	
MUESTRAS AMARILLAS+VERDES 50% ≤ L.L. ≤ 70% Y 90% ≤ L.L. ≤ 110%		
FECHA: 02 DE FEBRERO DEL 2015	PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m	



PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS NORMA: ASTM D 854-02

	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	
A =	49,40	48,87	(Peso del material seco) (gramos)
B =	376,32	374,15	(Peso del matraz + agua + material) (gramos)
C =	346,19	344,26	(Peso del matraz + agua) (gramos)
temp =	21,30	21,90	(temperatura del ensayo) (grados centigrados)
C =	-0,0574 * temp. + 347,41	C = -0,0602 * temp. + 345,58	(ecuación del matraz)
K =	0,99972	0,99959	
$G_s = \frac{A * K}{A - (B - C)} = \begin{matrix} \text{ENSAYO \# 1} & \text{ENSAYO \# 2} & \text{PROMEDIO} \\ 2,56 & 2,57 & 2,56 \end{matrix}$			
Observaciones :			
El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del			
Limite Líquido se encuentran en los rangos: (50% ≤ L.L. ≤ 70%) Y (90% ≤ L.L. ≤ 110%)			

Rol
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



MUESTRAS ROJAS

	PROYECTO: PACALORI PRESA : CHOJAMPE 2	
	UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS ROJAS 70 % ≤ L.L ≤ 90 % FECHA: 02 DE FEBRERO DEL 2015	

PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS NORMA: ASTM D 854-02

	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	
A =	47,86	53,67	(Peso del material seco) (gramos)
B =	375,29	377,24	(Peso del matraz + agua + material) (gramos)
C =	345,92	344,09	(Peso del matraz + agua) (gramos)
temp =	26,00	24,80	(temperatura del ensayo) (grados centigrados)
C=	-0,0574 * temp. + 347,41	C= -0,0602 * temp. + 345,58	(ecuación del matraz)
K =	0,99858	0,99889	



	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	PROMEDIO
$G_s = \frac{A * K}{A - (B - C)}$	2,59	2,62	2,60

Observaciones :
 El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del
 Límite Líquido son mayores del 70% y menores del 90 % (70 % ≤ L.L ≤ 90 %)

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



MUESTRAS VERDES

	PROYECTO: PACALORI	
	PRESA : CHOJAMPE 2	
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2		HOJA 1 DE 1
MUESTRAS VERDES 90% ≤ L.L ≤ 110%		PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m
FECHA: 02 DE FEBRERO DEL 2015		

PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS NORMA: ASTM D 854-02

	ENSAYO # 1	ENSAYO # 2	
A =	49,95	50,09	(Peso del material seco) (gramos)
B =	377,04	375,07	(Peso del matraz + agua + material) (gramos)
C =	346,10	344,19	(Peso del matraz + agua) (gramos)
temp =	22,90	23,10	(temperatura del ensayo) (grados centigrados)
	C= -0,0574 * temp. + 347,41	C= -0,0602 * temp. + 345,58	(ecuación del matraz)
K =	0,99936	0,99931	
			ENSAYO # 1 ENSAYO # 2 PROMEDIO
G_s	$= \frac{A * K}{A - (B - C)}$		= 2,63 2,61 2,62
Observaciones :			
<u>El ensayo ha sido realizado a las mezclas de las muestras de suelos, cuyos resultados del</u>			
<u>Límite Líquido son mayores del 90% y menores del 110% (90% ≤ L.L ≤ 110%)</u>			


RAN

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA


ANEXO 4



ENSAYOS DE PROCTOR ÉSTANDAR DE LA PRESA CHOJAMO 2
MUESTRAS AMARILLAS



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS AMARILLAS L.L < 70%

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

FECHA: 28 DE ENERO DEL 2015

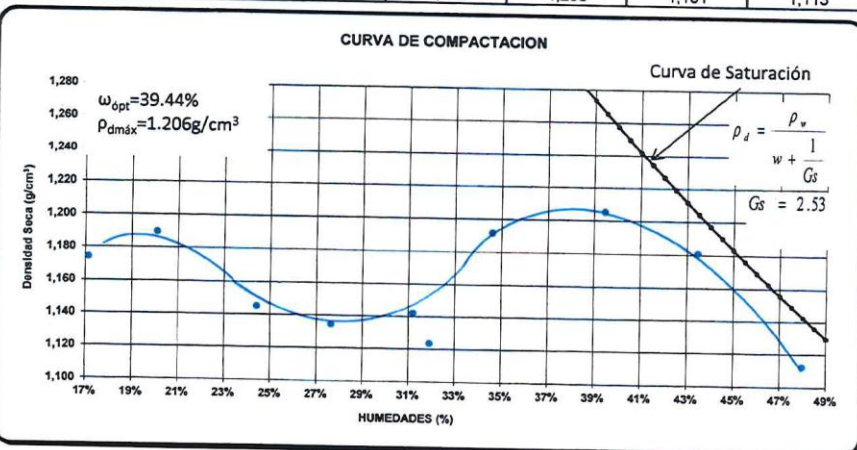
RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	400	500	600	700	800
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,443	5,542	5,614	5,626	5,581
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,042	4,042	4,042	4,042	4,042
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,401	1,500	1,572	1,584	1,539
VOLUMEN DEL MOLDE (cm³)	935	935	935	935	935
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1,498	1,604	1,681	1,694	1,646

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1	2	3	4	5					
NUMERO DE TARRO	245	77	71	57	91	212	66	48	87	81
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	116.50	114.78	117.78	116.37	112.02	113.63	107.98	106.25	125.34	125.39
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	100.77	99.31	100.45	99.39	94.72	94.69	90.60	89.27	101.01	101.03
PESO DEL AGUA (g)	15.73	15.47	17.33	16.98	17.30	18.94	17.38	16.98	24.33	24.36
PESO DEL TARRO (g)	50.27	49.73	50.20	50.45	50.56	46.98	50.48	50.29	50.51	49.99
PESO SUELO SECO (g)	50.50	49.58	50.25	48.94	44.16	47.71	40.12	38.98	50.50	51.04
HUMEDAD (%)	31.15	31.20	34.49	34.70	39.18	39.70	43.32	43.56	48.18	47.73
HUMEDAD PROMEDIO (%)	31.18%		34.59%		39.44%		43.44%		47.95%	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1,142		1,192		1,206		1,181		1,113	

CURVA DE COMPACTACION



$w_{opt} = 39.44\%$
 $\rho_{dm\acute{a}x} = 1.206 \text{ g/cm}^3$

$\rho_d = \frac{\rho_v}{w + \frac{1}{G_s}}$
 $G_s = 2.53$

Observaciones :
 El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son menores del 70% (L.L < 70%).

Rolando
 ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS AMARILLAS L.L < 70%

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

FECHA: 28 DE ENERO DEL 2015

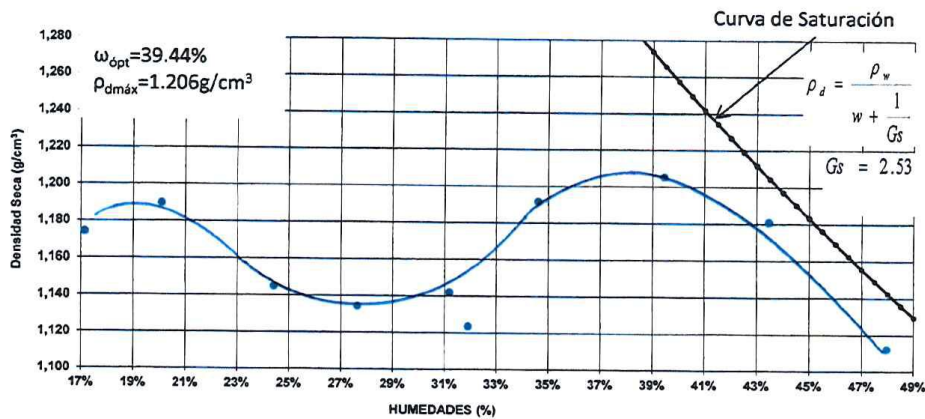
RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	400	500	600	700	800
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,443	5,542	5,614	5,626	5,581
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,042	4,042	4,042	4,042	4,042
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,401	1,500	1,572	1,584	1,539
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	935	935	935	935	935
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1,498	1,604	1,681	1,694	1,646

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1	2	3	4	5
NUMERO DE TARRO	245 77	71 57	91 212	66 48	87 81
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	116.50 114.78	117.78 116.37	112.02 113.63	107.98 106.25	125.34 125.39
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	100.77 99.31	100.45 99.39	94.72 94.69	90.60 89.27	101.01 101.03
PESO DEL AGUA (g)	15.73 15.47	17.33 16.98	17.30 18.94	17.38 16.98	24.33 24.36
PESO DEL TARRO (g)	50.27 49.73	50.20 50.45	50.56 46.98	50.48 50.29	50.51 49.99
PESO SUELO SECO (g)	50.50 49.58	50.25 48.94	44.16 47.71	40.12 38.98	50.50 51.04
HUMEDAD (%)	31.15 31.20	34.49 34.70	39.18 39.70	43.32 43.56	48.18 47.73
HUMEDAD PROMEDIO (%)	31.18%	34.59%	39.44%	43.44%	47.95%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1,142	1,192	1,206	1,181	1,113

CURVA DE COMPACTACION



Observaciones :


El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son menores del 70% (L.L < 70%).

Rola


ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



MUESTRAS AMARILLAS-VERDE



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



MATERIAL DE PRESTAMO
ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

MUESTRAS AMARILLAS + VERDES
FECHA: 28 DE ABRIL DEL 2015

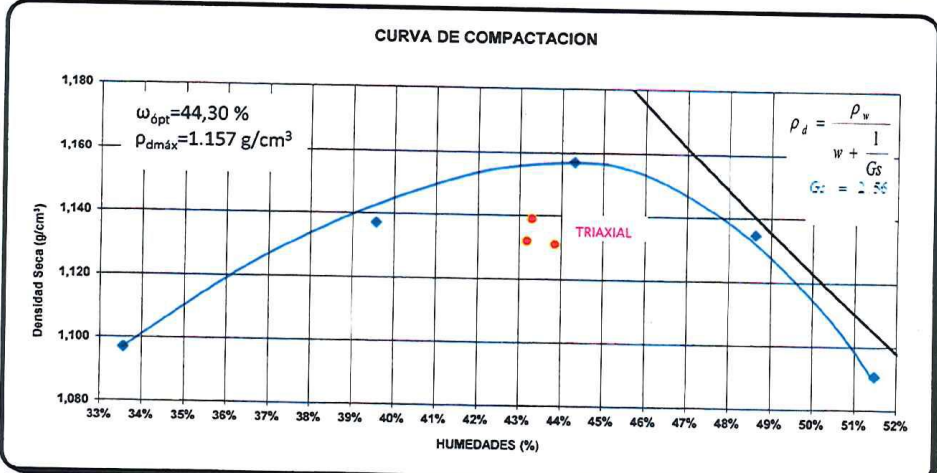
RELACION DENSIDADES HUMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	300	400	500	600	700
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,410	5,524	5,601	5,617	5,585
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,040	4,040	4,040	4,040	4,040
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,370	1,484	1,561	1,577	1,545
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	935	935	935	935	935
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1,465	1,587	1,670	1,687	1,652

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NUMERO DE TARRO	56	236	67	85	52	62	244	54	20	17
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	96.33	96.88	97.41	96.80	97.27	97.32	87.83	87.33	85.55	85.19
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	84.12	84.58	83.25	83.16	81.83	82.44	75.78	74.32	73.57	73.29
PESO DEL AGUA (g)	12.21	12.30	14.16	13.64	15.44	14.88	12.05	13.01	11.98	11.90
PESO DEL TARRO (g)	47.83	47.82	48.21	47.92	46.97	48.86	50.90	47.67	50.46	50.00
PESO SUELO SECO (g)	36.29	36.76	35.04	35.24	34.86	33.58	24.88	26.65	23.11	23.29
HUMEDAD (%)	33.65	33.46	40.41	38.71	44.29	44.31	48.43	48.82	51.84	51.09
HUMEDAD PROMEDIO (%)	33.55%		39.56%		44.30%		48.63%		51.47%	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1,097		1,137		1,157		1,135		1,091	

CURVA DE COMPACTACION



$\omega_{opt} = 44,30 \%$
 $\rho_{dm\acute{a}x} = 1.157 \text{ g/cm}^3$

$\rho_d = \frac{\rho_w}{w + \frac{1}{G_s}}$
 $G_s = 2.56$

Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, color amarillo + verde, los limites liquidos son mayores del 50% y menores del 70 % amarillo y mayores que 90% y menores del 110 % verde

Ray
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

María Fernanda González
Orlando Pesántez

Página 63

MUESTRAS ROJAS

PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2

MATERIAL DE PRESTAMO
ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

MUESTRAS ROJAS 70 % ≤ L.L ≤ 90 %
FECHA: 15 DE ABRIL DEL 2015

RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	300	400	500	600	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,404	5,518	5,623	5,649	
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,041	4,041	4,041	4,041	
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,363	1,477	1,582	1,608	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm³)	935	935	935	935	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1,458	1,580	1,692	1,720	

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1	2	3	4				
NUMERO DE TARRO	202	57	219	217	235	84	246	58
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	92.73	93.46	95.97	95.58	84.43	85.66	102.90	101.54
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	82.64	83.57	83.86	82.93	73.14	75.55	86.66	85.89
PESO DEL AGUA (g)	10.09	9.89	12.11	12.65	11.29	10.11	16.24	15.65
PESO DEL TARRO (g)	50.50	50.45	48.02	46.41	44.75	50.44	50.33	49.89
PESO SUELO SECO (g)	32.14	33.12	35.84	36.52	28.39	25.11	36.33	36.00
HUMEDAD (%)	31.39	29.86	33.79	34.64	39.77	40.26	44.70	43.47
HUMEDAD PROMEDIO (%)	30.63%		34.21%		40.02%		44.09%	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1,116		1,177		1,208		1,194	

CURVA DE COMPACTACION

$\omega_{opt} = 38.83\%$
 $\rho_{dm\acute{a}x} = 1.213 \text{ g/cm}^3$

$\rho_s = \frac{\rho_w}{w + \frac{1}{G_s}}$
 $G_s = 2.60$

Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Limite Líquido son mayores del 70% y menores del 90 % (70 % ≤ L.L ≤ 90 %)

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

María Fernanda González
Orlando Pesántez

Página 64



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS ROJAS 70 % ≤ L.L ≤ 90 %

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

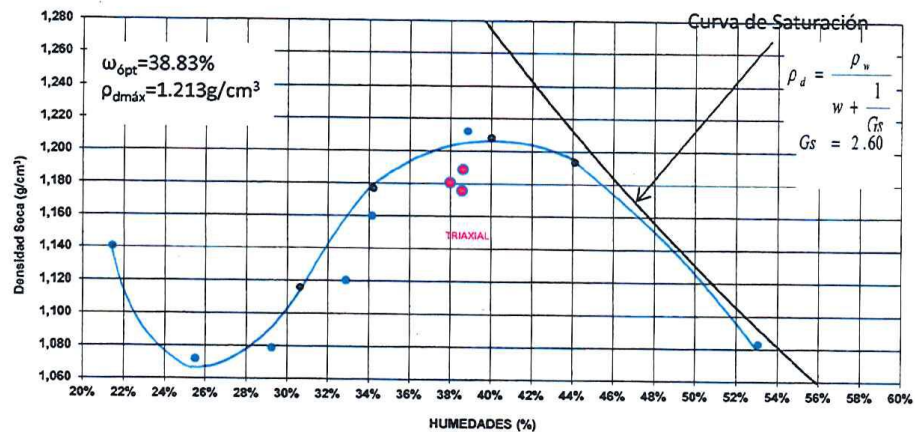
RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	6	7		
AGUA INCREMENTADA (cc)	600	800		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,614	5,590		
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,040	4,040		
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,574	1,550		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm³)	935	935		
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1,683	1,658		

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	6		7					
NUMERO DE TARRO	104	103	108	124				
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	63.42	60.22	85.47	78.96				
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	46.16	44.80	58.11	53.92				
PESO DEL AGUA (g)	17.26	15.42	27.36	25.04				
PESO DEL TARRO (g)	0.00	6.50	6.56	6.68				
PESO SUELO SECO (g)	46.16	38.30	51.55	47.24				
HUMEDAD (%)	37.39	40.26	53.07	53.01				
HUMEDAD PROMEDIO (%)	38.83%		53.04%					
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1,213		1,083					

CURVA DE COMPACTACION




Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son mayores del 70% y menores del 90% (70 % ≤ L.L ≤ 90 %)


Rold

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIAL DE PRESTAMO

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

MUESTRAS ROJAS $70 \% \leq L.L \leq 90 \%$

FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

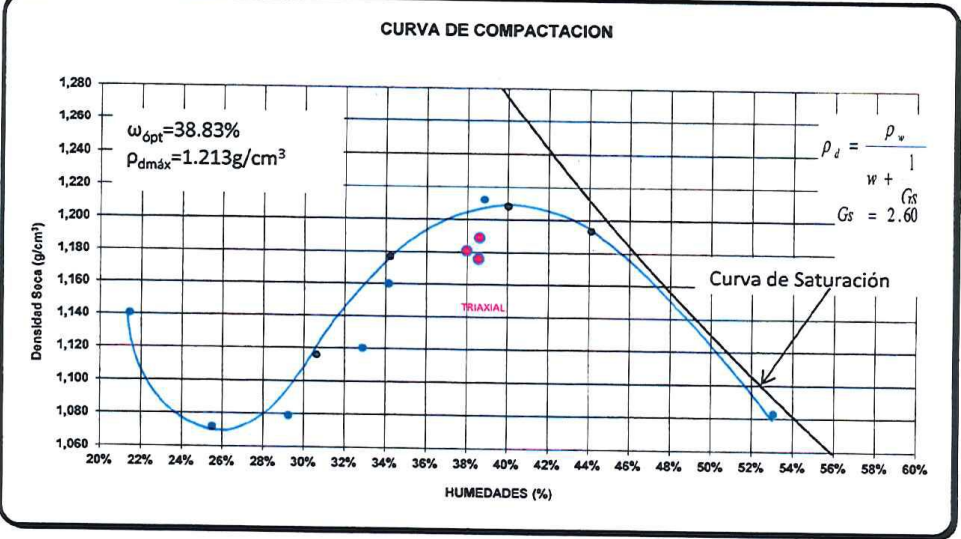
RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	100	200	300	400	500
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,335	5,298	5,344	5,432	5,495
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,040	4,040	4,040	4,040	4,040
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,295	1,258	1,304	1,392	1,455
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	935	935	935	935	935
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1,385	1,345	1,395	1,489	1,556

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NUMERO DE TARRO	9	15	14	244	5	1	237	232	105	118
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	124.41	122.68	124.35	127.04	123.87	124.11	118.29	114.49	78.25	77.77
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	111.41	109.60	109.28	111.59	107.45	107.34	101.48	98.66	59.28	58.78
PESO DEL AGUA (g)	13.00	13.08	15.07	15.45	16.42	16.77	16.81	15.83	18.97	18.99
PESO DEL TARRO (g)	50.76	48.57	50.28	50.90	50.65	50.63	50.42	50.42	6.54	0.00
PESO SUELO SECO (g)	60.65	61.03	59.00	60.69	56.80	56.71	51.06	48.24	52.74	58.78
HUMEDAD (%)	21.43	21.43	25.54	25.46	28.91	29.57	32.92	32.82	35.97	32.31
HUMEDAD PROMEDIO (%)	21.43%		25.50%		29.24%		32.87%		34.14%	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1,141		1,072		1,079		1,120		1,160	

CURVA DE COMPACTACION




$\omega_{opt} = 38.83\%$
 $\rho_{dm\acute{a}x} = 1.213 \text{ g/cm}^3$

$\rho_d = \frac{\rho_w}{w + \frac{G_s}{G_s}}$
 $G_s = 2.60$


Curva de Saturación

Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son mayores del 70% y menores del 90 % ($70 \% \leq L.L \leq 90 \%$)



 ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

MUESTRAS VERDES



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90% ≤ L.L ≤ 110%

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

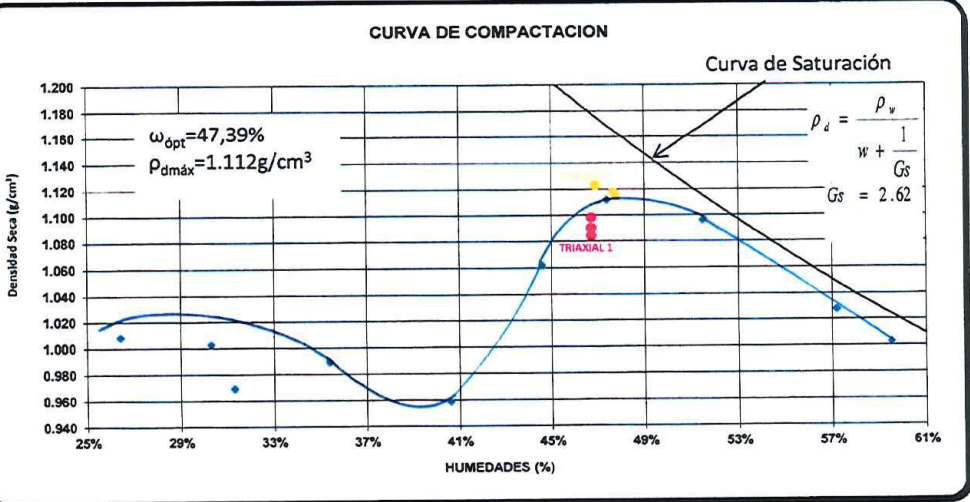
RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
AGUA INCREMENTADA (cc)	0	100	200	300	400
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,237	5,267	5,235	5,298	5,306
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,040	4,040	4,040	4,040	4,040
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,197	1,227	1,195	1,258	1,266
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	939	939	939	939	939
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.275	1.307	1.273	1.340	1.348

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NUMERO DE TARRO	109	103	119	122	3	16	115	106	13	95
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	87.30	83.64	79.63	82.46	131.52	125.90	68.55	75.90	105.64	103.94
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	70.39	67.50	62.71	64.68	111.73	107.77	52.38	57.77	89.20	88.52
PESO DEL AGUA (g)	16.91	16.14	16.92	17.78	19.79	18.13	16.17	18.13	16.44	15.42
PESO DEL TARRO (g)	6.22	6.50	6.37	6.51	48.17	50.10	6.60	6.66	48.47	50.76
PESO SUELO SECO (g)	64.17	61.00	56.34	58.17	63.56	57.67	45.78	51.11	40.73	37.76
HUMEDAD (%)	26.35	26.46	30.03	30.57	31.14	31.44	35.32	35.47	40.36	40.84
HUMEDAD PROMEDIO (%)	26.41%		30.30%		31.29%		35.40%		40.60%	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.008		1.003		0.969		0.989		0.959	

CURVA DE COMPACTACION



Curva de Saturación

$\omega_{opt} = 47,39\%$
 $\rho_{dm\acute{a}x} = 1.112 \text{ g/cm}^3$

$\rho_d = \frac{\rho_v}{w + \frac{1}{G_s}}$
 $G_s = 2.62$

TRIAxIAL 1

Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son mayores del 90% y menores del 110 % (90 % ≤ L.L ≤ 110 %)

Rolando

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

María Fernanda González
Orlando Pesántez

Página 67



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90% ≤ L.L ≤ 110%

ENSAYO: PROCTOR AASHTO T-99

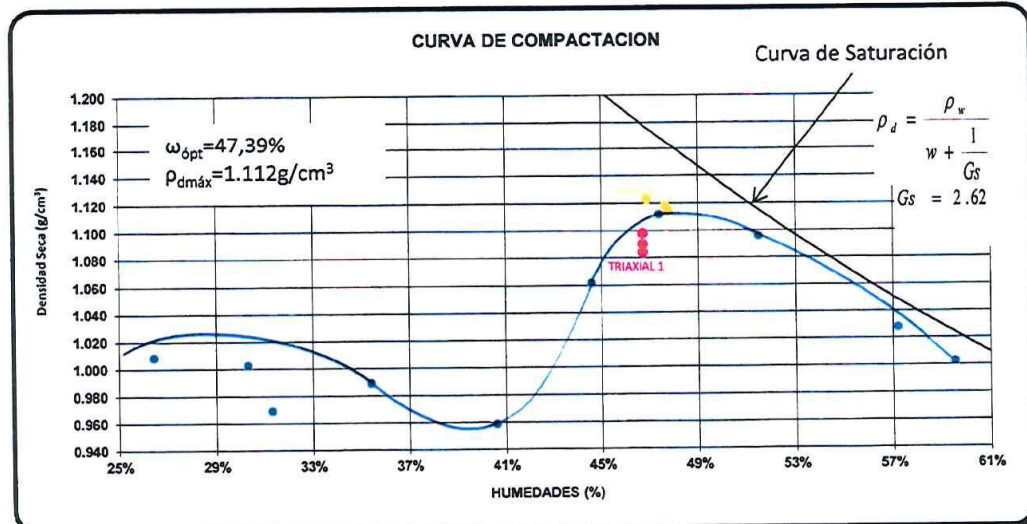
FECHA: 22 DE ENERO DEL 2015

RELACIÓN DENSIDADES HÚMEDAS

MUESTRA N°	6	7	8	9	10
AGUA INCREMENTADA (cc)	500	550	600	650	700
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	5,482	5,579	5,599	5,557	5,542
PESO MOLDE SIN COLLAR (g)	4,040	4,040	4,040	4,040	4,040
PESO SUELO HUMEDO (g)	1,442	1,539	1,559	1,517	1,502
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	939	939	939	939	939
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.536	1.639	1.660	1.616	1.600

HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	6		7		8		9		10	
NUMERO DE TARRO	97	250	120	111	14	18	116	101	86	237
PESO TARRO+MUESTRA HUMEDA (g)	97.41	92.44	57.66	56.84	101.16	97.51	64.18	68.57	106.34	112.71
PESO TARRO + MUESTRA SECA (g)	83.04	78.98	40.93	40.80	83.67	81.64	43.20	45.88	84.29	89.47
PESO DEL AGUA (g)	14.37	13.46	16.73	16.04	17.49	15.87	20.98	22.69	22.05	23.24
PESO DEL TARRO (g)	50.78	48.80	6.12	6.46	50.28	50.26	6.29	6.42	47.23	50.42
PESO SUELO SECO (g)	32.26	30.18	34.81	34.34	33.39	31.38	36.91	39.46	37.06	39.05
HUMEDAD (%)	44.54	44.60	48.06	46.71	52.38	50.57	56.84	57.50	59.50	59.51
HUMEDAD PROMEDIO (%)	44.57%		47.39%		51.48%		57.17%		59.51%	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.062		1.112		1.096		1.028		1.003	



Observaciones :

El ensayo ha sido realizado a la mezcla de las muestras de suelos, cuyos resultados del Límite Líquido son mayores del 90% y menores del 110 % (90 % ≤ L.L ≤ 110 %)

ING. ROLANDO ARMÁS NOVOA



ANEXO 5

ENSAYOS DE COMPRESION TRIAXIAL DE LA PRESA CHOJAMO 2

MUESTRAS AMARILLAS-VERDES(CD)



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 1 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

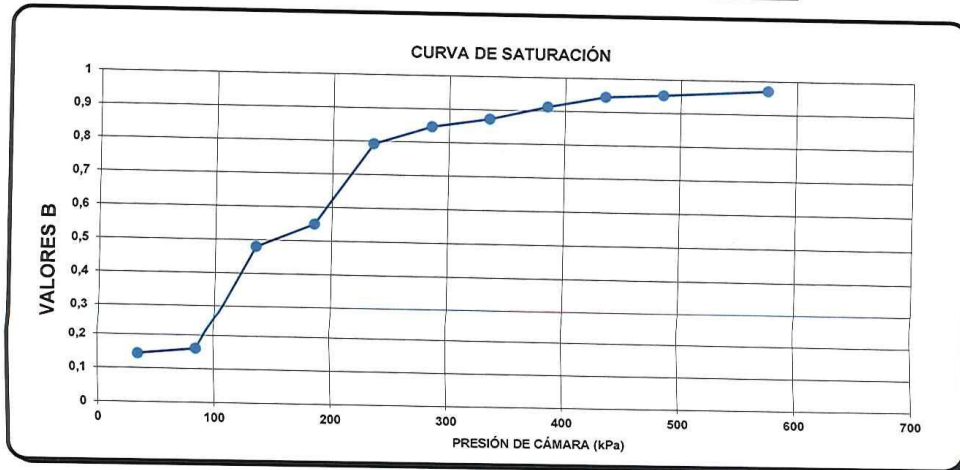
MUESTRA # 1

ENSAYO: TRIAXIAL CD

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	8		0			
35	-	13	5	0,1429			
35	25	19,4					
85	-	27,4	8	0,16			
85	75	72					
135	-	96	24	0,48			
135	125	123,3					
185	-	150,8	27,5	0,55			
185	175	172,7					
235	-	212,3	39,6	0,792			
235	225	224					
285	-	266,3	42,3	0,846			
285	275	272,9					
335	-	316,5	43,6	0,872			
335	325	323,9					
385	-	369,5	45,6	0,912			
385	375	372,8					
435	-	420	47,2	0,944			
435	425	423,8					
485	-	471,4	47,6	0,952			
485	475	475,8					
575	-	563,1	87,3	0,97			



Handwritten signature



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 3 DE 15

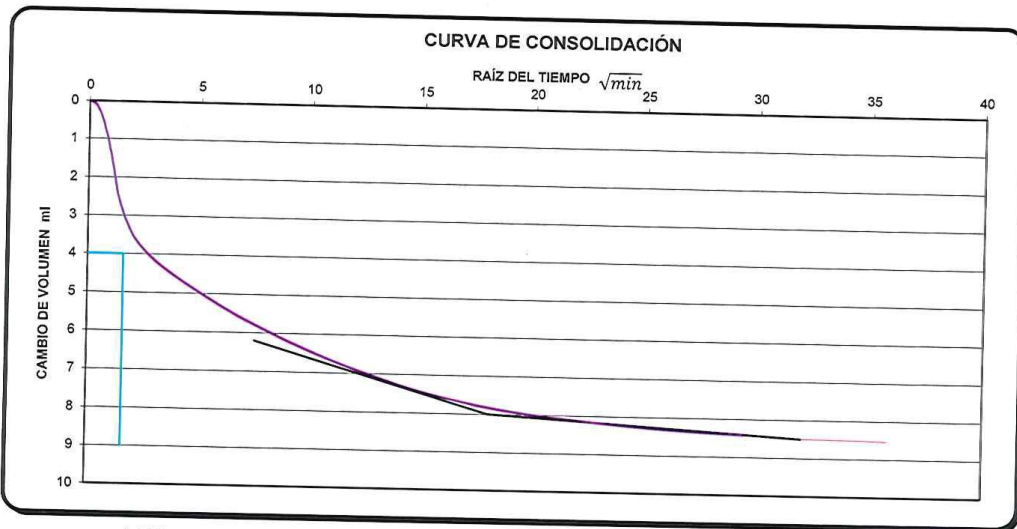
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

MUESTRA # 1

ENSAYO: TRIAXIAL CD

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015



t 100 = 324 min

velocidad : 0,0022 mm/min

Rau



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 4 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

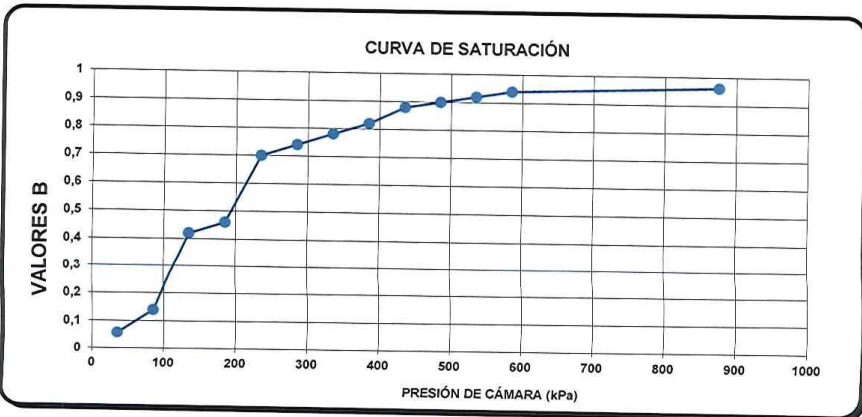
MUESTRA # 2

ENSAYO: TRIAXIAL CD

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	0		0			
35	-	2	2	0,0571			
35	25	16					
85	-	23	7	0,14			
85	75	63					
135	-	84	21	0,42			
135	125	114					
185	-	137	23	0,46			
185	175	162					
235	-	197	35	0,7			
235	225	213					
285	-	250	37	0,74			
285	275	260					
335	-	299	39	0,78			
335	325	312					
385	-	353	41	0,82			
385	375	357					
435	-	401	44	0,88			
435	425	406					
485	-	451	45	0,9			
485	475	456					
535	-	502	46	0,92			
535	525	503					
585	-	550	47	0,94			
585	575	551					
875	-	830	279	0,9621			



Raw



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2

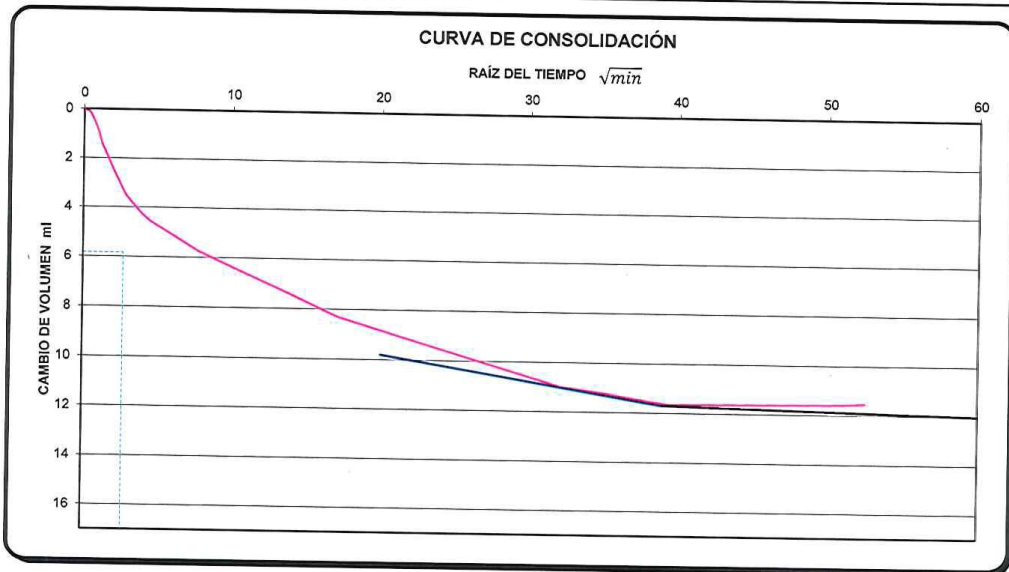


HOJA 6 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2
ENSAYO: TRIAXIAL CD

MUESTRA VERDE + AMARILLA
FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

MUESTRA # 2



t 100 = 1521 min

velocidad 0,00093 mm/min

RAM



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

HOJA 7 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

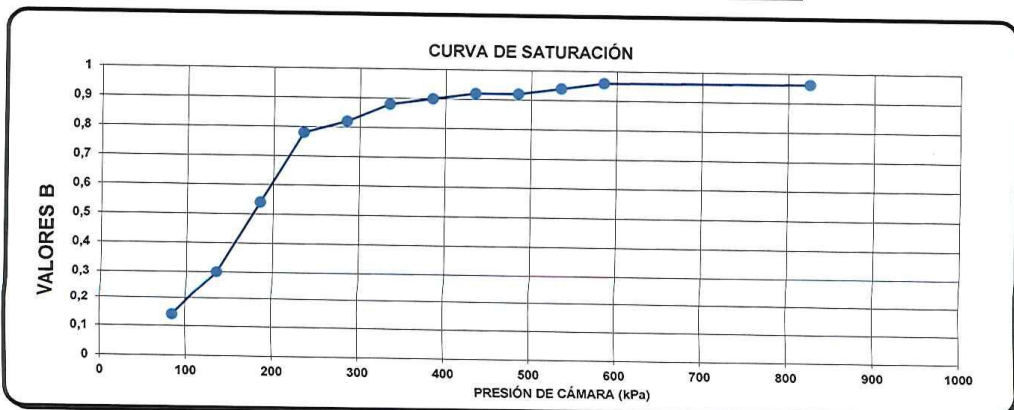
MUESTRA # 3

ENSAYO: TRIAXIAL CD

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	11		0			
35	-	14	3	0,0857			
35	25	23					
85	-	30	7	0,14			
85	75	69					
135	-	84	15	0,3			
135	125	96					
185	-	123	27	0,54			
185	175	179					
235	-	218	39	0,78			
235	225	227					
285	-	268	41	0,82			
285	275	270					
335	-	314	44	0,88			
335	325	324					
385	-	369	45	0,9			
385	375	369					
435	-	415	46	0,92			
435	425	418					
485	-	464	46	0,92			
485	475	471					
535	-	518	47	0,94			
535	525	520					
585	-	568	48	0,96			
585	525	568					
825	-	799	231	0,9625			



RAL



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 8 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

MUESTRA # 3

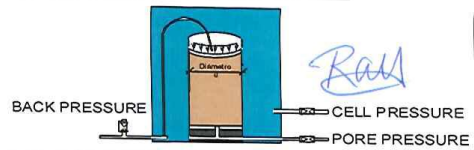
ENSAYO: TRIAXIAL CD

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

BACK PRESSURE 525 kPa PRESIÓN DE POROS INICIAL 799 kPa
CELL PRESSURE 825 kPa

H	M	S	Tiempo min	raiz tiempo	back volumen (ml)	Cambio Volumen (ml)	P. POROS (kPa)
0	0	0	0,00	0,00000001	41,201	0,000	799
0	0	6	0,10	0,3162	41,359	0,158	744
0	0	10	0,17	0,4082	41,468	0,267	740
0	0	15	0,25	0,5000	41,597	0,396	734
0	0	30	0,50	0,7071	41,922	0,721	719
0	0	45	0,75	0,8660	42,311	1,11	713
0	1	0	1,00	1,0000	42,679	1,478	711
0	1	30	1,50	1,2247	43,013	1,812	725
0	2	0	2,00	1,4142	43,331	2,13	747
0	3	0	3,00	1,7321	43,757	2,556	751
0	4	0	4,00	2,0000	44,100	2,899	749
0	5	0	5,00	2,2361	44,354	3,153	752
0	6	0	6,00	2,4495	44,562	3,361	752
0	7	0	7,00	2,6458	44,734	3,533	751
0	9	0	9,00	3,0000	45,077	3,876	747
0	10	0	10,00	3,1623	45,161	3,96	747
0	13	0	13,00	3,6056	45,489	4,288	747
0	15	20	15,33	3,9158	45,721	4,52	746
0	20	5	20,08	4,4814	46,049	4,848	745
0	26	47	26,78	5,1753	46,336	5,135	742
0	30	0	30,00	5,4772	46,478	5,277	741
1	4	0	64,00	8,0000	47,294	6,093	732
1	30	0	90,00	9,4868	47,696	6,495	727
1	50	0	110,00	10,4881	47,945	6,744	724
2	11	30	131,50	11,4673	48,246	7,045	719
3	59	0	239,00	15,4596	49,279	8,078	699
5	6	0	306,00	17,4929	49,758	8,557	687
6	10	0	370,00	19,2354	50,153	8,952	678
15	52	0	952,00	30,8545	52,350	11,149	619
18	3	0	1083,00	32,9090	52,605	11,404	607
20	16	0	1216,00	34,8712	52,865	11,664	602
22	29	0	1349,00	36,7287	53,096	11,895	589
23	33	20	1413,33	37,5943	53,199	11,998	572
24	14	5	1454,08	38,1324	53,260	12,059	565
25	24	53	1524,88	39,0498	53,359	12,158	552
26	48	0	1608,00	40,0999	53,457	12,256	550
27	25	0	1645,00	40,5586	53,491	12,29	549
40	48	0	2448,00	49,4773	54,004	12,803	548
41	19	0	2479,00	49,7896	54,023	12,822	530
43	22	0	2602,00	51,0098	54,082	12,881	529
44	25	0	2665,00	51,6236	54,127	12,926	528
46	49	0	2809,00	53,0000	54,240	13,039	527
68	33	0	4113,00	64,1327	54,533	13,332	526
73	24	0	4404,00	66,3626	54,653	13,452	522
143	53	0	8633,00	92,9139	54,735	13,534	521

PRESIÓN DE CONSOLIDACIÓN 304 kPa





PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 9 DE 15

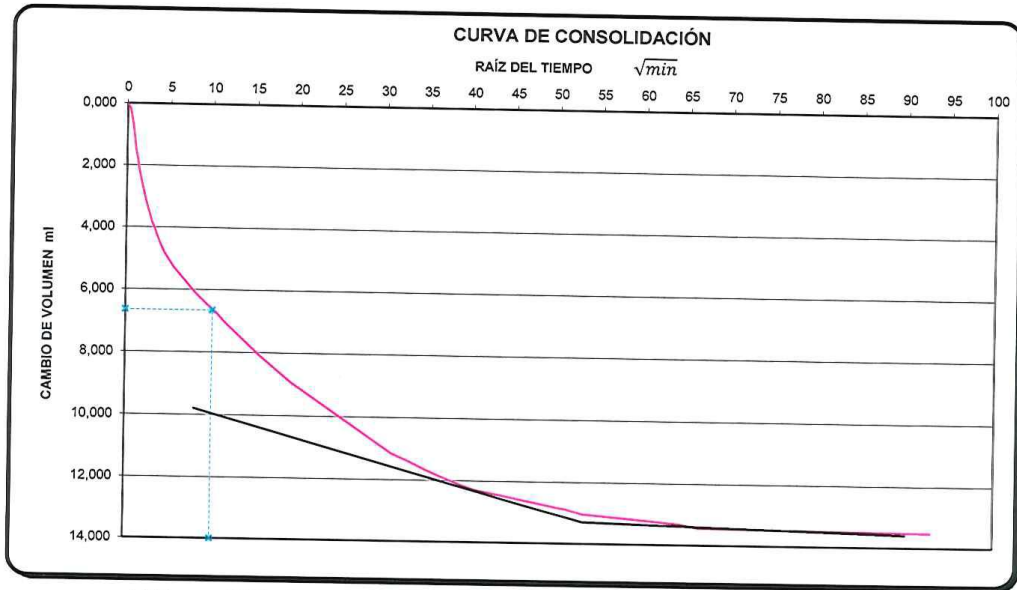
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRA VERDE + AMARILLA

MUESTRA # 3

ENSAYO: TRIAXIAL CD


FECHA: 13 JUNIO DEL 2015



t 100 = 2809 min


velocidad = 0,00042 mm/min

Raw



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 10 DE 15

ENSAYO: 1

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRA VERDE + AMARILLA

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11

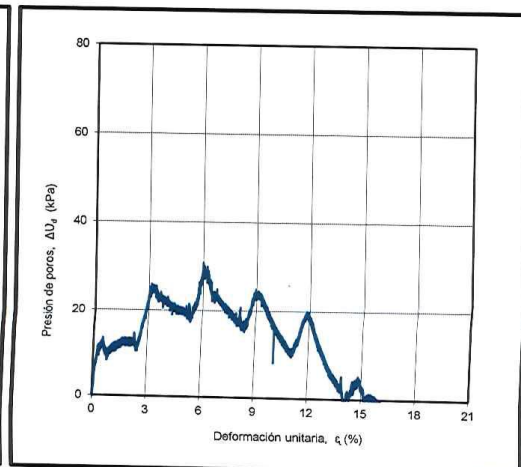
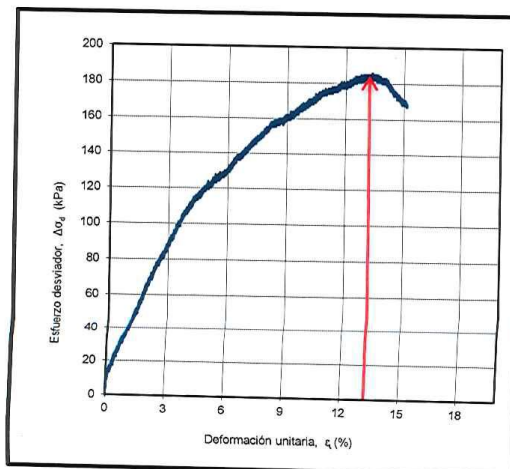
DÍAMETRO		Área	G_s = 2,56
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	
D _s =	5,000 cm	A _s = 19,63 cm ²	d = 5,000 cm
D _c =	5,000 cm	A _c = 19,63 cm ²	W = 318,5 g.
D _i =	5,000 cm	A _i = 19,63 cm ²	V = 196,45 cm ³
H _m =	10,005 cm	A _m = 19,63 cm ²	ρ = 1,621 g/cm ³
			ρ _d = 1,132 g/cm ³
			P _d máximo = 1,157 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,26$		e _i = 1,16	% de compactación = 98 %
		e _f	Humedad óptima = 44,30 %

σ₃ (kPa)	101 kPa	(Δσ_d)_f = 184 kPa	(ΔU_d)_f = 0 kPa
σ₁ (kPa)	285 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
	TARRO #			
TARRO #	94	44	234	98
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	87,76	72,83	69,01	68,90
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	76,15	64,99	63,09	61,69
PESO DEL TARRO (g)	49,51	46,66	50,87	47,04
%HUMEDAD	43,58	42,77	48,45	49,22
HUMEDAD PROMEDIO %	43,18		48,83	
Porcentaje de Saturación	$\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 87,67$		$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 99,15$	




TIPO DE FALLA




VELOCIDAD DE ROTURA: 0,0022 mm/min

Rosa



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 11 DE 15

ENSAYO: 2

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRA VERDE + AMARILLA

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11

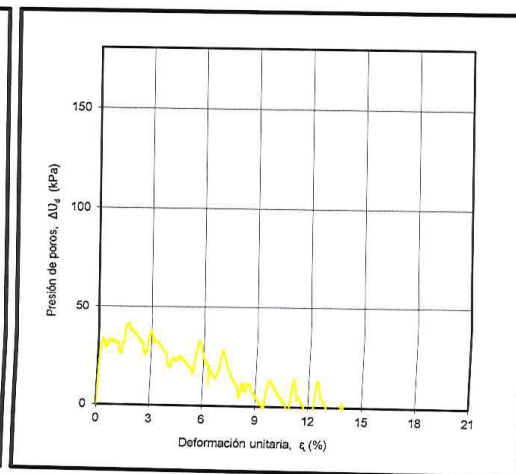
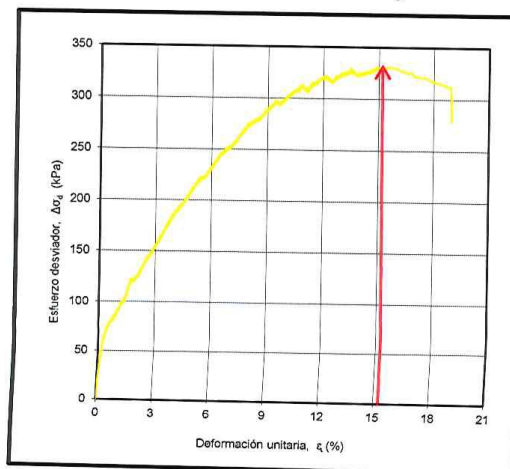
DÍAMETRO		Área		G _s = 2,56	
cm		cm ²			
D _s =	5,000 cm	A _s =	19,63 cm ²	d =	5,000 cm
D _c =	5,000 cm	A _c =	19,63 cm ²	W =	319,3 g.
D _i =	5,000 cm	A _i =	19,63 cm ²	V =	196,35 cm ³
H _m =	10,000 cm	A _m =	19,63 cm ²	ρ =	1,626 g/cm ³
				P _d =	1,131 g/cm ³
				P _d máximo =	1,157 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = e_i$				1,26	1,13
				e _f	
				% de compactación =	98 %
				Humedad óptima =	44,30 %

σ 3 (kPa)	213 kPa	(Δσ _d) _f = 330 kPa	(ΔU _d) _f = 0 kPa
σ 1 (kPa)	543 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
	TARRO #			
TARRO #	40	59	19	49
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	88,53	72,05	75,95	76,29
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	76,98	65,41	67,45	67,49
PESO DEL TARRO (g)	50,17	50,52	50,28	49,61
%HUMEDAD	43,08	44,59	49,50	49,22
HUMEDAD PROMEDIO %	43,84		49,36	
Porcentaje de Saturación	$\omega_i * \gamma_s = 88,76$		$\omega_f * \gamma_s = 99,94$	
	e		e	




TIPO DE FALLA




RAM

VELOCIDAD DE ROTURA: 0,0093 mm/min



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 12 DE 15

ENSAYO: 3

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRA VERDE + AMARILLA

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11

DÍAMETRO		Área	G_s = 2,56
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	
D _s =	5,000 cm	A _s = 19,63 cm ²	d = 5,000 cm
D _c =	5,000 cm	A _c = 19,63 cm ²	W = 320,6 g.
D _i =	5,000 cm	A _i = 19,63 cm ²	V = 196,45 cm ³
H _m =	10,005 cm	A _m = 19,63 cm ²	ρ = 1,632 g/cm ³
			ρ _d = 1,139 g/cm ³
			ρ _d maximo = 1,157 g/cm ³
Relación de vacíos (e) =		1,25 1,10	% de compactación = 98 %
		e _i e _f	Humedad óptima = 44,30 %

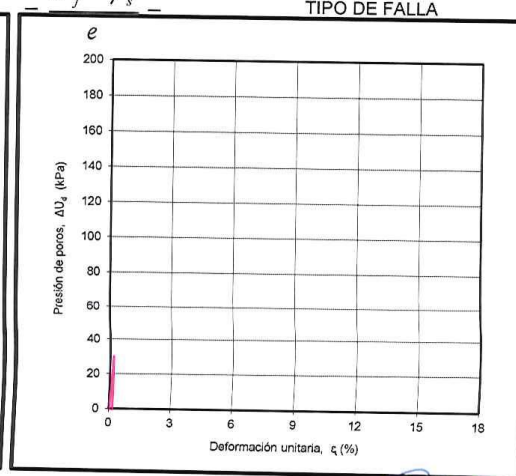
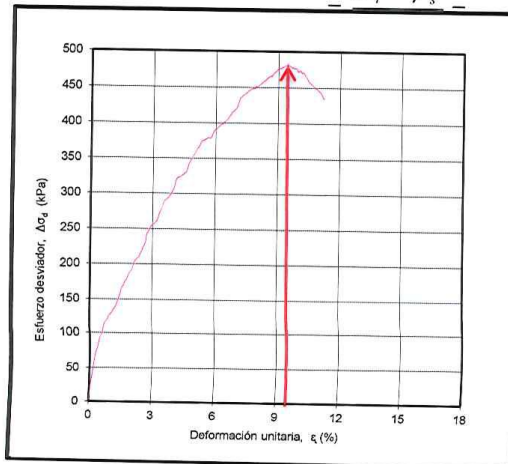
σ_3 (kPa)	γ_d 304 kPa	$(\Delta\sigma_d)_f = 475$ kPa	$(\Delta U_d)_f = 0$ kPa
σ_1 (kPa)	779 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	242	75	202	72
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	88,40	65,73	79,39	78,78
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	77,02	61,03	69,79	69,58
PESO DEL TARRO (g)	50,10	50,42	50,50	50,56
% HUMEDAD	42,27	44,30	49,77	48,37
HUMEDAD PROMEDIO %	43,29		49,07	
Porcentaje de Saturación	88,82		100,68	



$\omega_i * \gamma_s$ $\omega_f * \gamma_s$

TIPO DE FALLA



VELOCIDAD DE ROTURA: 0,0042 mm/min

Rau

PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

HOJA 13 DE 15

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRA VERDE + AMARILLA

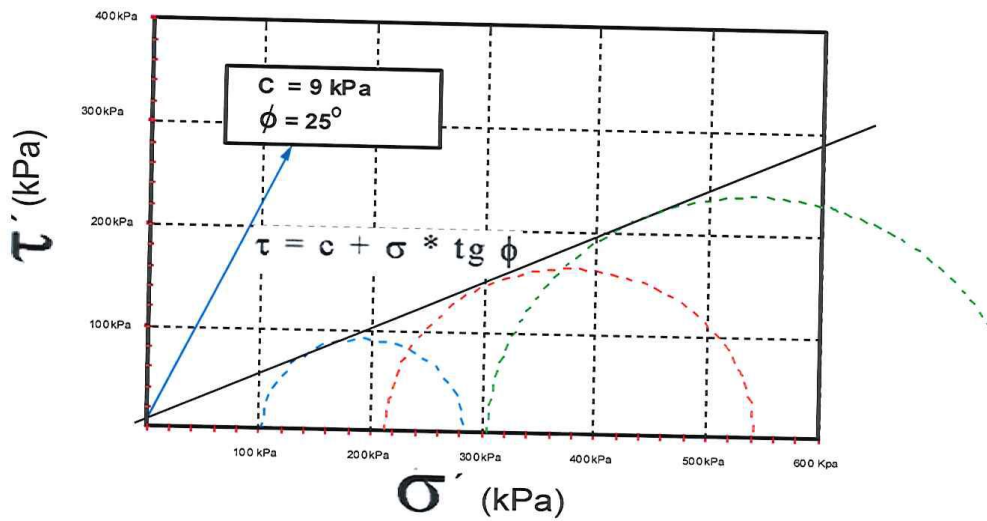
PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
σ_3 (kPa)	101 kPa	213 kPa	304 kPa
σ_1 (kPa)	285 kPa	543 kPa	779 kPa

ESFUERZOS EFECTIVOS



Raul

PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

HOJA 14 DE 15

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

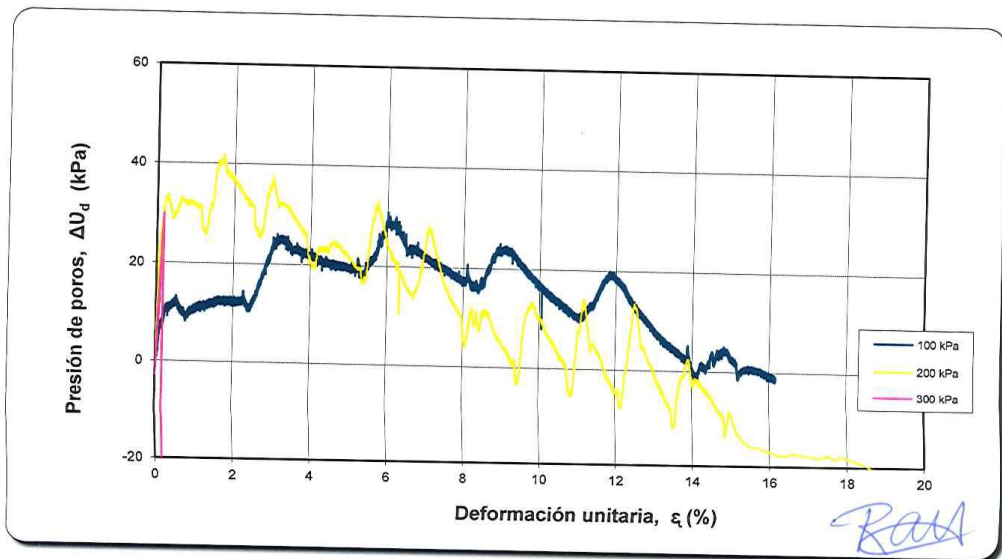
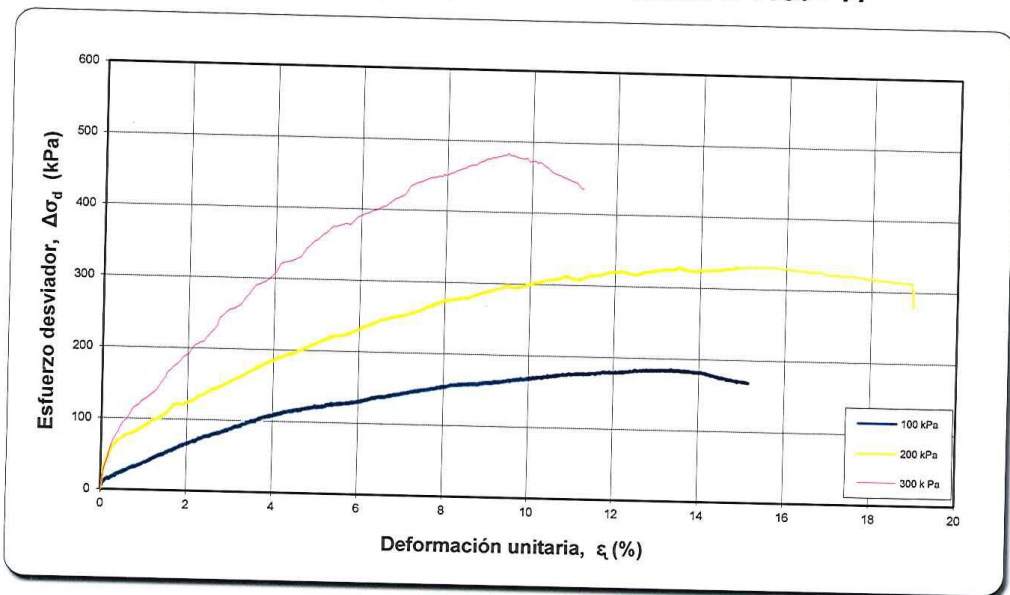
MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRA VERDE + AMARILLA

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11





PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

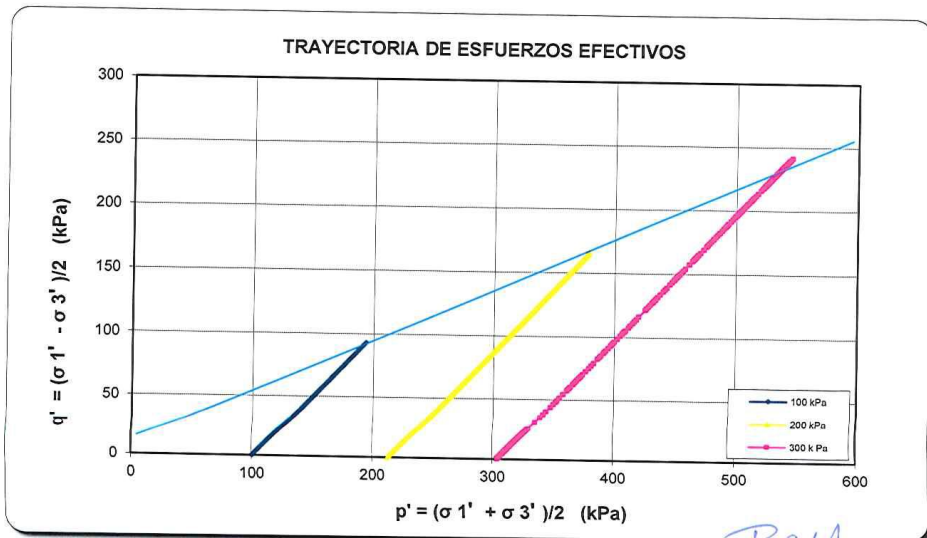
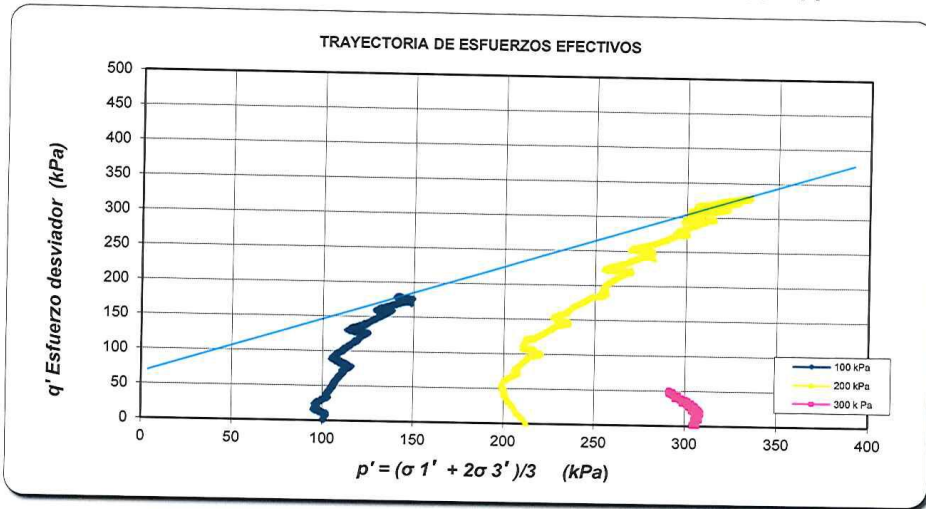
MUESTRA VERDE + AMARILLA

HOJA 15 DE 15

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 13 JUNIO DEL 2015

TRIAxIAL (CD) NORMA ASTM D 7181 - 11



Ran
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



MUESTRAS ROJAS (CU)



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 1 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$

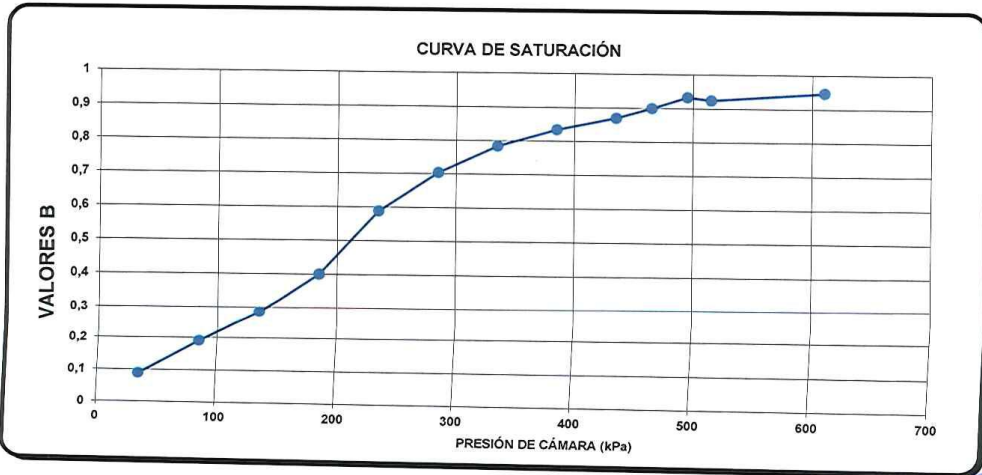
MUESTRA # 1

ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 01 ABRIL DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	1,5		0			
35	-	4,6	3,1	0,09			
35	30	24,4					
85	-	33,9	9,5	0,19			
85	80	74,4					
135	-	88,6	14,2	0,28			
135	130	123,2					
185	-	143,2	20	0,40			
185	180	172,6					
235	-	202	29,4	0,59			
235	230	222,3					
285	-	257,5	35,2	0,70			
285	280	272,4					
335	-	311,6	39,2	0,78			
335	330	322,8					
385	-	364,5	41,7	0,83			
385	380	373,3					
435	-	416,8	43,5	0,87			
435	430	425					
465	-	452	27	0,90			
465	455	454,8					
495	-	482,8	28	0,93			
495	485	483,1					
515	-	501,6	18,5	0,93			
515	505	503					
610	-	593	90	0,95			



Rat



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 3 DE 15

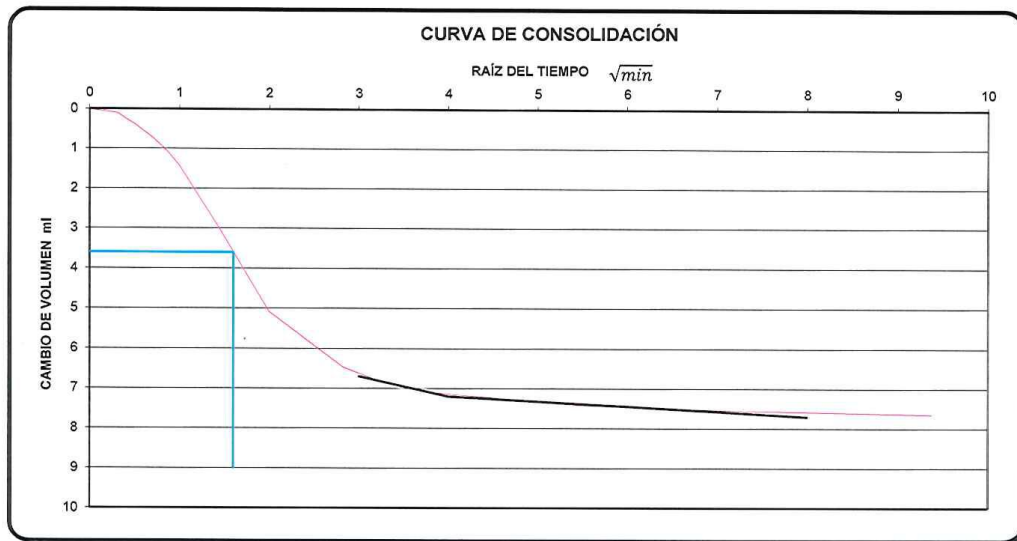
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$

MUESTRA # 1

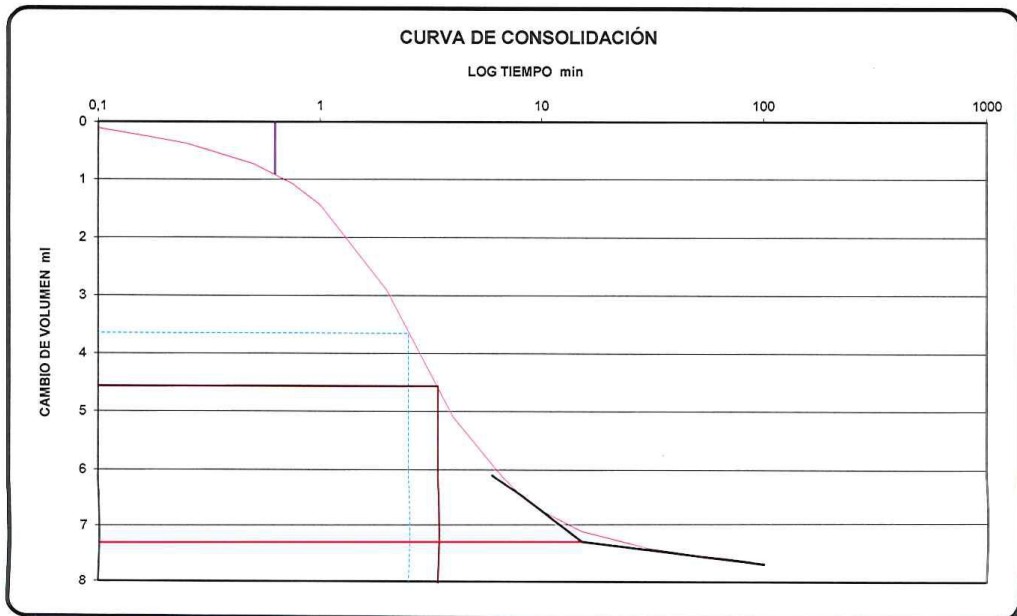
ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 01 ABRIL DEL 2015



t 50 = 2,56 min

velocidad : 0,234 mm/min



t 50 = 3,4 min

velocidad : 0,176 mm/min

RAM



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 4 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS ROJAS 70 ≤ L.L ≤ 90

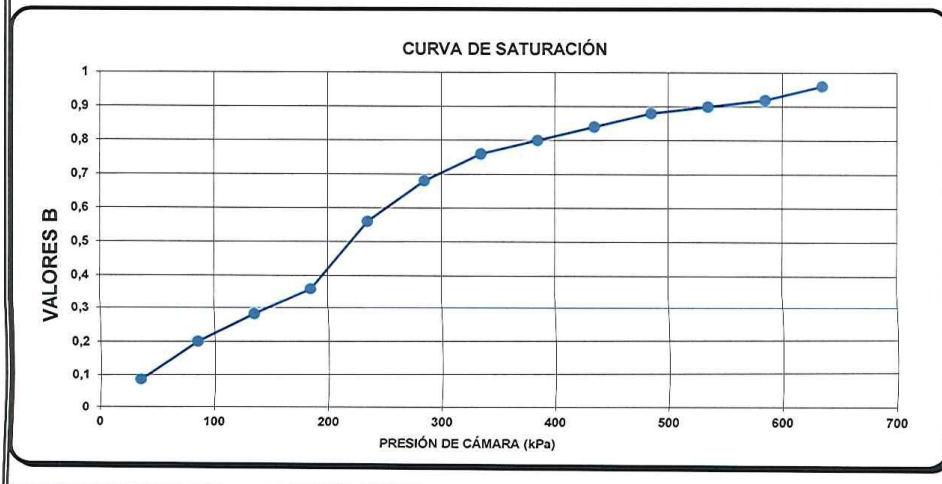
MUESTRA # 2

ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 01 ABRIL DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE Kpa	BACK PRESSURE Kpa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	0		0			
35	-	3	3	0,0857			
35	30	18					
85	-	28	10	0,2			
85	80	66					
135	-	80	14	0,28			
135	125	116					
185	-	134	18	0,36			
185	175	165					
235	-	193	28	0,56			
235	225	214					
285	-	248	34	0,68			
285	275	263					
335	-	301	38	0,76			
335	325	312					
385	-	352	40	0,8			
385	375	360					
435	-	402	42	0,84			
435	425	410					
485	-	454	44	0,88			
485	475	459					
535	-	504	45	0,9			
535	525	508					
585	-	554	46	0,92			
585	575	557					
635	-	605	48	0,96			
835	575	795	190	0,95			



RAM



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 6 DE 15

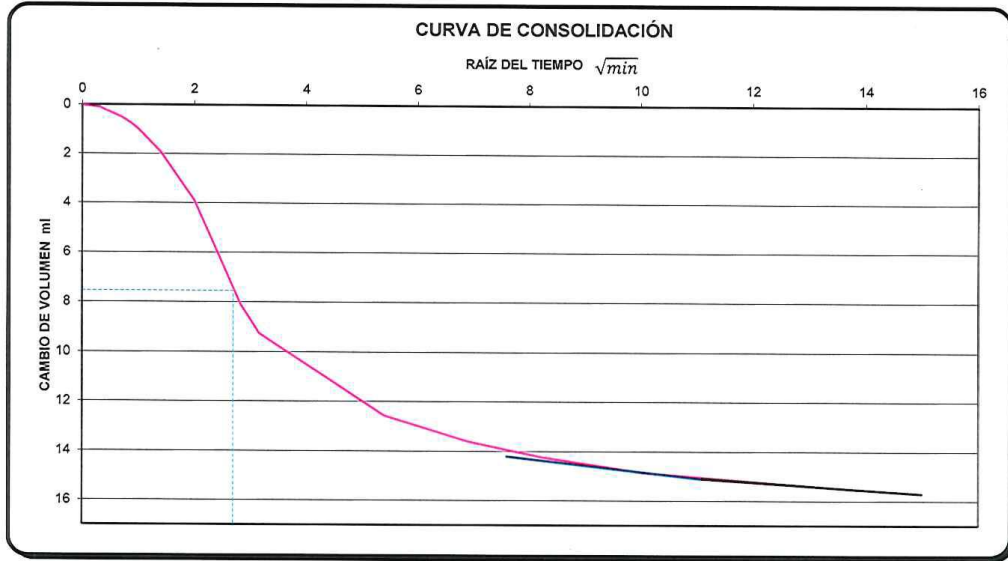
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$

MUESTRA # 2

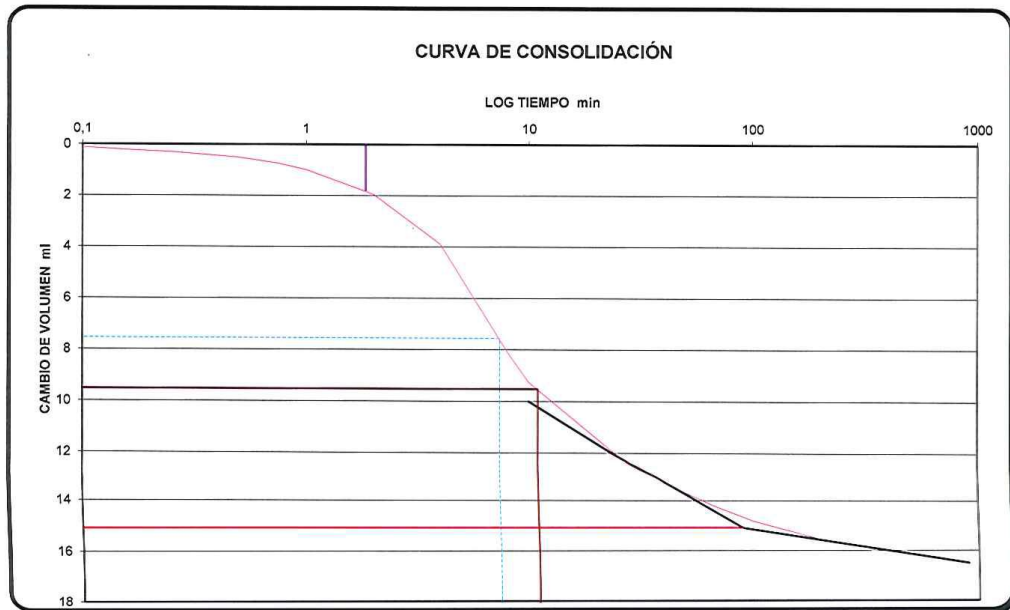
ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 01 ABRIL DEL 2015



$t_{100} = 123,21 \text{ min}$

velocidad 0,096 mm/min




$t_{50} = 11 \text{ min}$

velocidad 0,055 mm/min

Rafa





PROYECTO: PACALORI


PRESA : CHOJAMPE 2

HOJA 10 DE 15

ENSAYO: 1

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015



UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

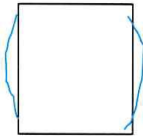
MUESTRAS ROJAS 70 ≤ L.L ≤ 90

TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95

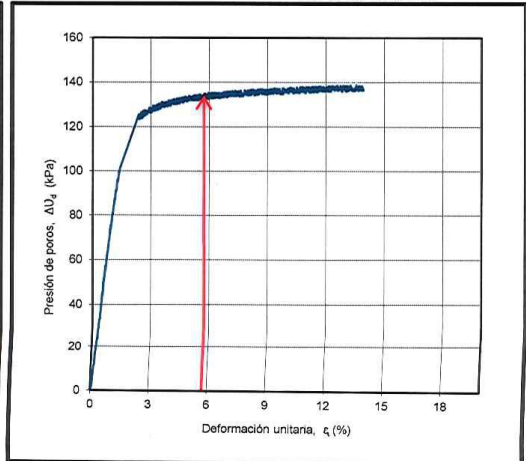
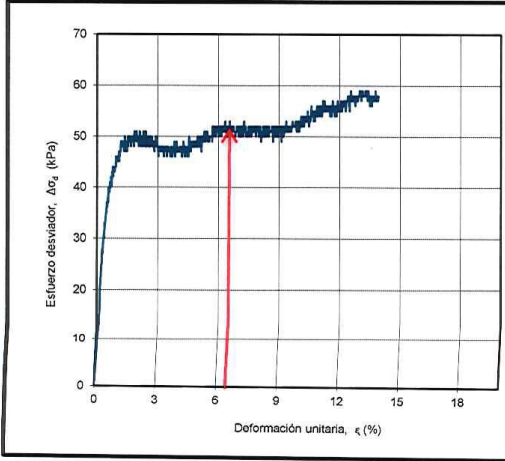
DÍAMETRO		Área		G _s = 2,60	
cm		cm ²			
D _s =	5,000 cm	A _s =	19,63 cm ²	d =	4,998 cm
D _c =	5,000 cm	A _c =	19,63 cm ²	W =	320,0 g.
D _i =	4,995 cm	A _i =	19,60 cm ²	V =	196,41 cm ³
H _m =	10,01 cm	A _m =	19,62 cm ²	ρ =	1,629 g/cm ³
				ρ _d =	1,176 g/cm ³
				ρ _d máximo =	1,213 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,21$				e _i	1,12
				% de compactación = 97 %	
				Humedad óptima = 38,83 %	

σ 3 (kPa)	104 kPa	(Δσ _d) _f = 51 kPa	(ΔU _d) _f = 134 kPa
σ 1 (kPa)	155 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	62	100	82	16
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	57,23	59,99	80,85	78,19
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	54,89	57,39	71,27	69,19
PESO DEL TARRO (g)	48,86	50,60	50,98	50,10
%HUMEDAD	38,81	38,29	47,22	47,15
HUMEDAD PROMEDIO %	38,55		47,18	
Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 82,76$			$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 101,29$	




TIPO DE FALLA



VELOCIDAD DE ROTURA: 0,176 mm/min

RAM




PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$



HOJA 11 DE 15

ENSAYO: 2

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

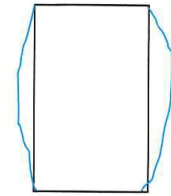
FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015

TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95

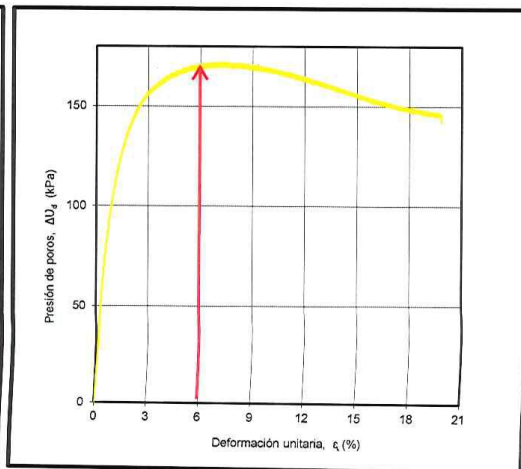
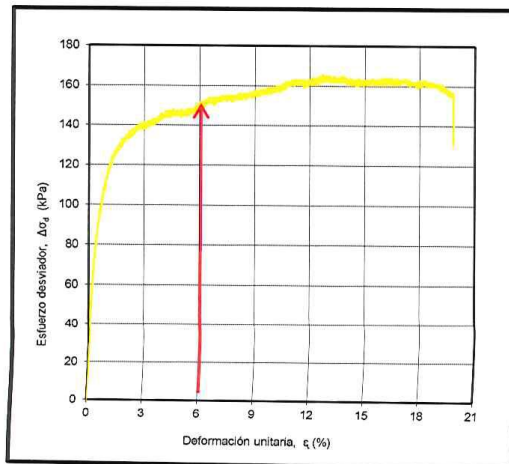
DÍAMETRO		Área	G_s= 2,60
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	d = 5,000 cm
Ds =	5,000 cm	As = 19,63 cm ²	W = 320,1 g.
Dc =	5,000 cm	Ac = 19,63 cm ²	V = 196,45 cm³
Di =	5,000 cm	Ai = 19,63 cm ²	ρ = 1,629 g/cm³
Hm =	10,005 cm	Am = 19,63 cm ²	ρ_d = 1,181 g/cm³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,20$		e _i = 1,05	Pd maximo = 1,213 g/cm³
		e _f	% de compactación = 97 %
			Humedad óptima = 38,83 %

σ 3 (kPa)	265 kPa	(Δσ_d)_f = 149 kPa	(ΔU_d)_f = 170 kPa
σ 1 (kPa)	414 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	17	82	14	5
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	59,14	60,64	77,51	78,30
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	56,59	58,02	68,93	69,57
PESO DEL TARRO (g)	50,00	50,98	50,28	50,65
%HUMEDAD	38,69	37,22	46,01	46,14
HUMEDAD PROMEDIO	37,96		46,07	
Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 82,15$			$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 99,72$	




TIPO DE FALLA




VELOCIDAD DE ROTURA: 0,055 mm/min

Rau



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 12 DE 15

ENSAYO: 3

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$

TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95

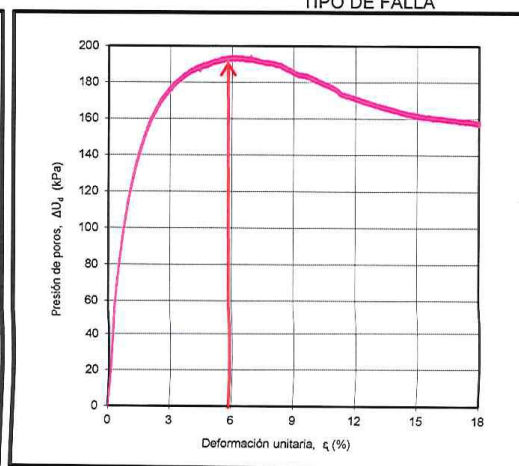
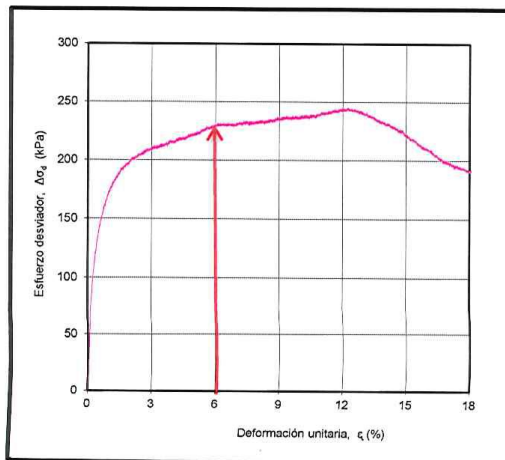
DÍAMETRO	Área	G_s = 2,60
cm	cm²	d = 5,000 cm
Ds = 5,000 cm	As = 19,63 cm ²	W = 323,6 g.
Dc = 5,000 cm	Ac = 19,63 cm ²	V = 196,35 cm ³
Di = 5,000 cm	Ai = 19,63 cm ²	ρ = 1,648 g/cm ³
Hm = 10,00 cm	Am = 19,63 cm ²	ρ _d = 1,189 g/cm ³
		ρ _d máximo = 1,213 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,19$		% de compactación = 98 %
	e _i 1,04	Humedad óptima = 38,83 %
	e _f	

σ 3 (kPa)	368 kPa	(Δσ_d)_f = 229 kPa	(ΔU_d)_f = 194 kPa
σ 1 (kPa)	597 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	90	54	201	40
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	60,38	59,05	67,80	68,94
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	57,48	55,92	62,16	63,01
PESO DEL TARRO (g)	50,09	47,67	49,82	50,17
%HUMEDAD	39,24	37,94	45,71	46,18
HUMEDAD PROMEDIO	38,59		45,94	
Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 84,57$			= $\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 100,69$	



TIPO DE FALLA



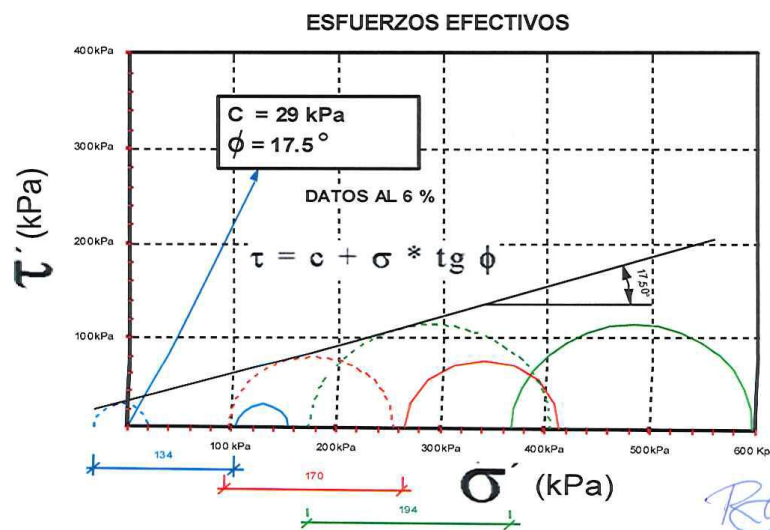
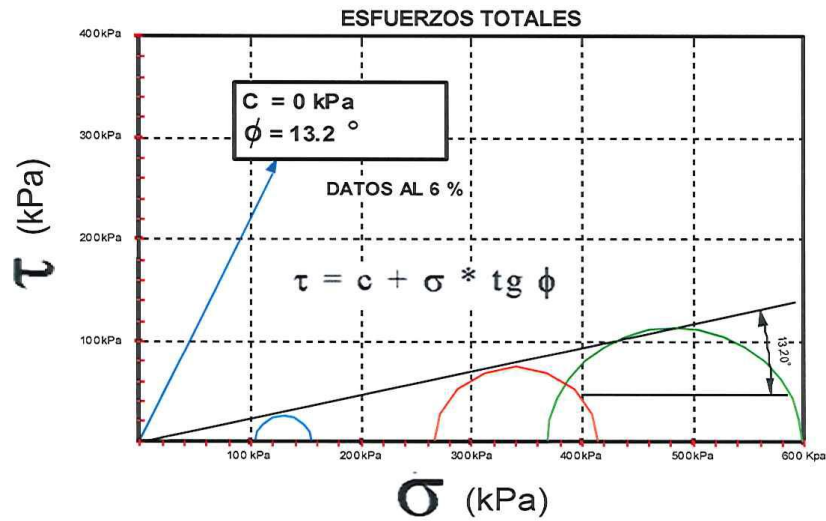
VELOCIDAD DE ROTURA: 0,022 mm/min

RAM

	PROYECTO: PACALORI		
	PRESA : CHOJAMPE 2		
	UBICACIÓN: CHOJAMPE 2	HOJA 13 DE 15	
	MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO	PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m	
MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$	FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015		

TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
σ_3 (kPa)	104 kPa	265 kPa	368 kPa
σ_1 (kPa)	155 kPa	414 kPa	597 kPa



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

HOJA 14 DE 15

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

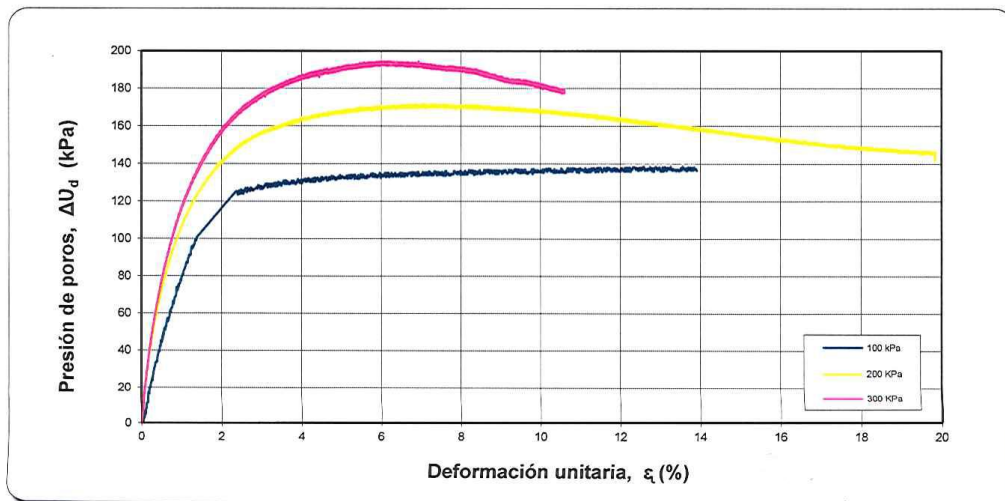
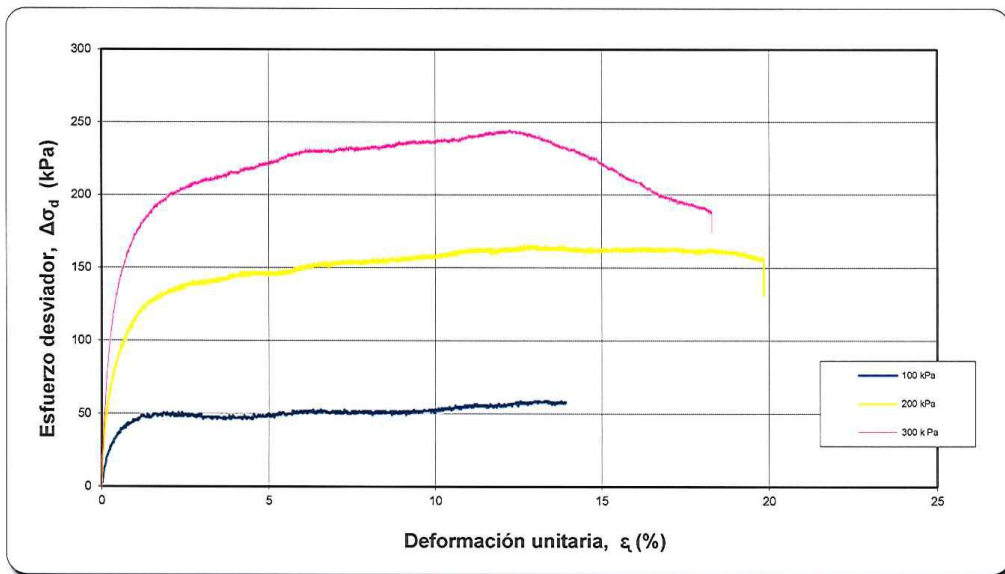
MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015

TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95



Real



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

HOJA 15 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

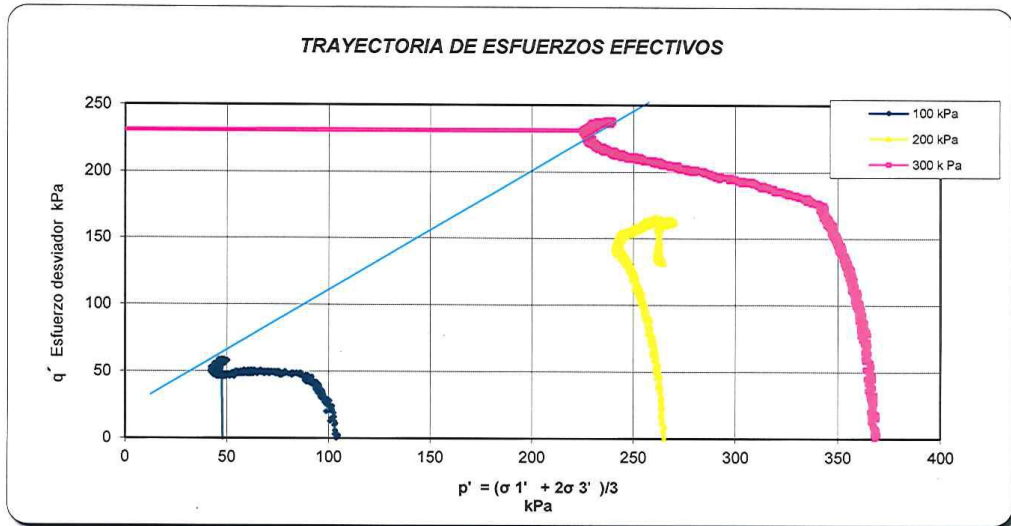
PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

FECHA: 16 DE ABRIL DEL 2015

MUESTRAS ROJAS $70 \leq L.L \leq 90$


TRIAxIAL (CD) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 - 95



ING. ROLANDO ARMAS NOVOA




MUESTRAS VERDES (CU) ENSAYO 1



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

HOJA 1 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110

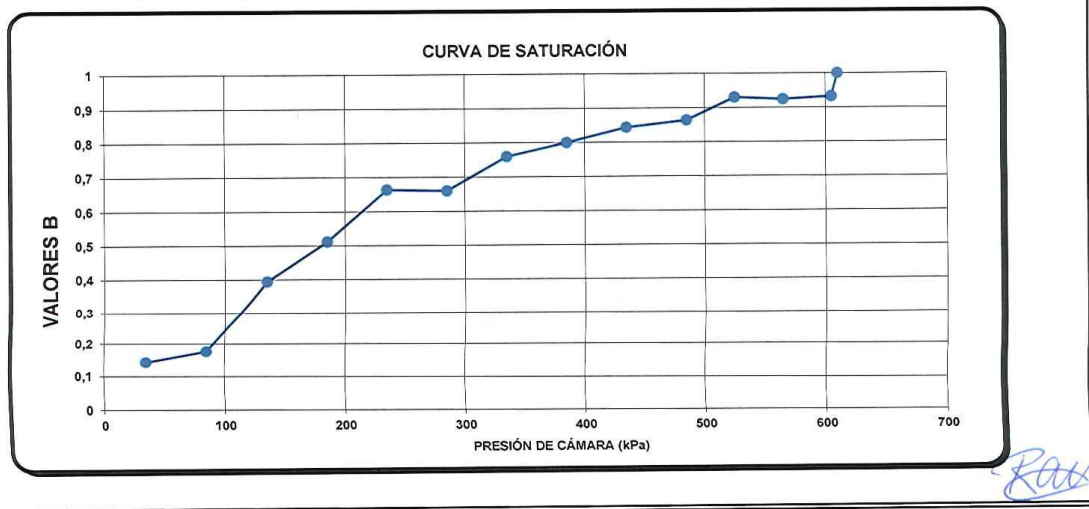
MUESTRA # 1

ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	0		0			
35	-	5	5	0,1429			
35	30	28					
85	-	36,8	8,8	0,176			
85	80	78,6					
135	-	98,3	19,7	0,394			
135	130	127,4					
185	-	153	25,6	0,512			
185	180	175,7					
235	-	208,9	33,2	0,664			
235	230	226					
285	-	259	33	0,66			
285	280	275,1					
335	-	313,1	38	0,76			
335	330	324,7					
385	-	364,7	40	0,8			
385	380	373,1					
435	-	415,3	42,2	0,844			
435	430	423,6					
485	-	466,8	43,2	0,864			
485	480	470,2					
525	-	507,4	37,2	0,93			
525	520	510,4					
565	-	547,4	37	0,925			
565	560	550,8					
605	-	588,1	37,3	0,9325			
605	600	591,1					
610	-	596,1	5	1			





PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



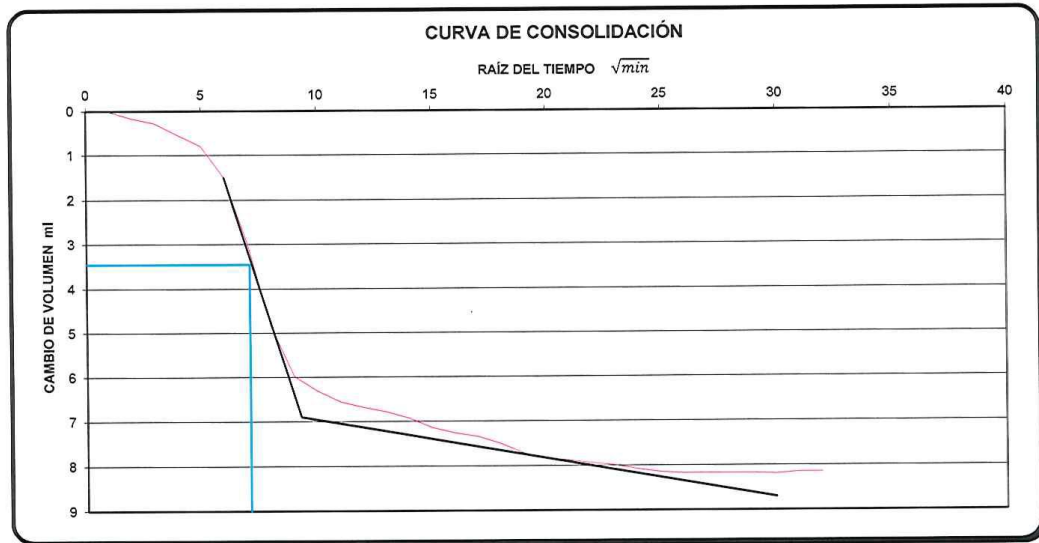
HOJA 3 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 1

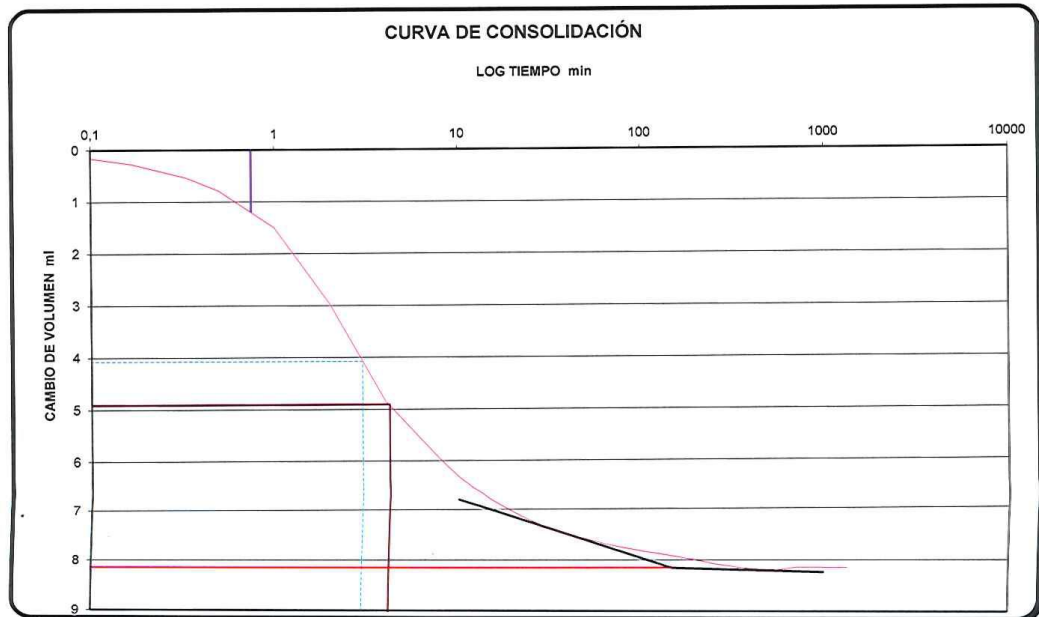
ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015



$t_{100} = 86,49$ min

velocidad : 0,341 mm/min



$t_{50} = 4,22$ min

velocidad : 0,355 mm/min

Rosa



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 4 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

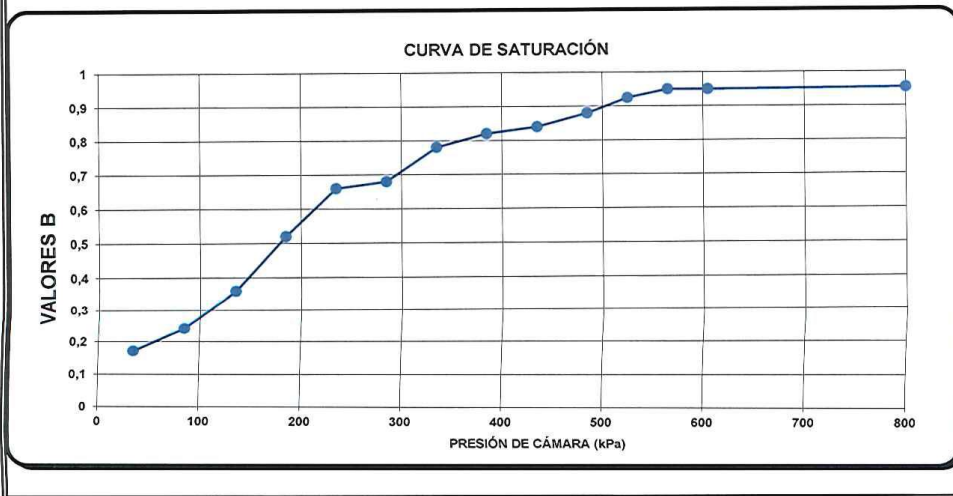
MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 2

ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	0		0			
35	-	5	6	0,1714			
35	30	25					
85	-	37	12	0,24			
85	80	75					
135	-	93	18	0,36			
135	130	123					
185	-	149	26	0,52			
185	180	172					
235	-	205	33	0,66			
235	230	222					
285	-	256	34	0,68			
285	280	271					
335	-	310	39	0,78			
335	330	320					
385	-	361	41	0,82			
385	380	369					
435	-	411	42	0,84			
435	430	418					
485	-	462	44	0,88			
485	480	466					
525	-	503	37	0,925			
525	520	505					
565	-	543	38	0,95			
565	560	545					
605	-	583	38	0,95			
605	600	583					
800	-	769	186	0,95			



Rosa



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 7 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

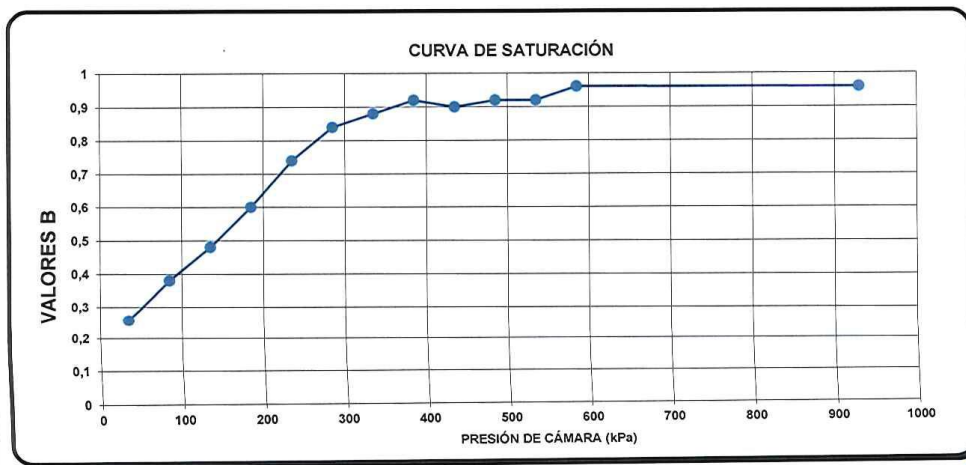
MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 3

ENSAYO: TRIAXIAL CU


FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

CURVA DE SATURACIÓN

CELL PRESSURE kPa	BACK PRESSURE kPa	PORE PRESSURE kPa	$\Delta\mu$ kPa	B	BACK PRESSURE VOLUMEN CHANGE		
					ANTES	DESPUES	ENCOGE
0	0	0		0			
35	-	9	9	0,2571			
35	30	25					
85	-	44	19	0,38			
85	80	75					
135	-	99	24	0,48			
135	130	123					
185	-	153	30	0,6			
185	180	175					
235	-	212	37	0,74			
235	230	270					
285	-	312	42	0,84			
285	280	319					
335	-	363	44	0,88			
335	330	367					
385	-	413	46	0,92			
385	380	417					
435	-	462	45	0,9			
435	430	465					
485	-	511	46	0,92			
485	480	515					
535	-	561	46	0,92			
535	520	563					
585	-	611	48	0,96			
635	630	615					
930		898	283	0,96			




Rau



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110

HOJA 10 DE 15

ENSAYO: 1

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

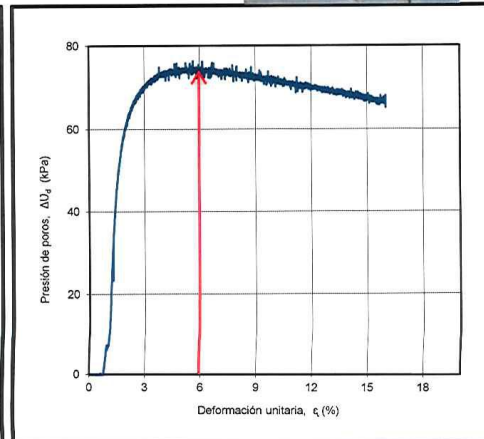
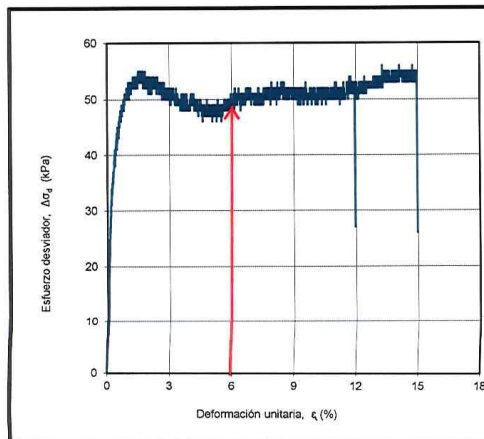
FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	
D _s =	5,000 cm	A _s = 19,63 cm ²	d = 5,000 cm
D _c =	5,000 cm	A _c = 19,63 cm ²	W = 314,1 g.
D _i =	5,000 cm	A _i = 19,63 cm ²	V = 196,35 cm ³
H _m =	10,00 cm	A _m = 19,63 cm ²	ρ = 1,600 g/cm ³
			ρ _a = 1,090 g/cm ³
			ρ _d máximo = 1,112 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,40$		e_i	% de compactación = 98 %
			Humedad óptima = 47,39 %

σ_3 (kPa)	109 kPa	$(\Delta\sigma_d)_f = 49$ kPa	$(\Delta U_d)_f = 74$ kPa
σ_1 (kPa)	158 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
	TARRO #	250	26	221
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	71,62	69,32	76,95	74,49
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	64,34	63,38	67,85	65,06
PESO DEL TARRO (g)	48,80	50,62	50,70	47,82
%HUMEDAD	46,85	46,55	53,06	54,70
HUMEDAD PROMEDIO (%)	46,70		53,88	
Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 87,23$			Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 100,64$	



VELOCIDAD DE ROTURA: 0,34 mm/min

Rosa

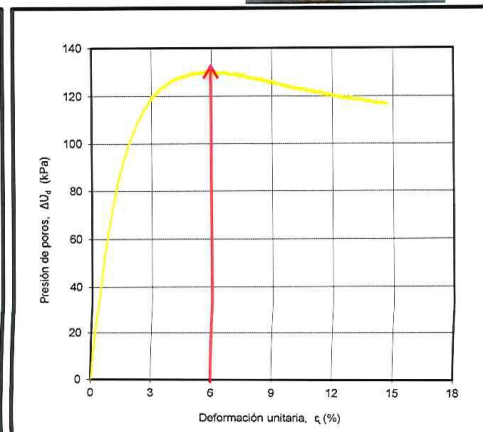
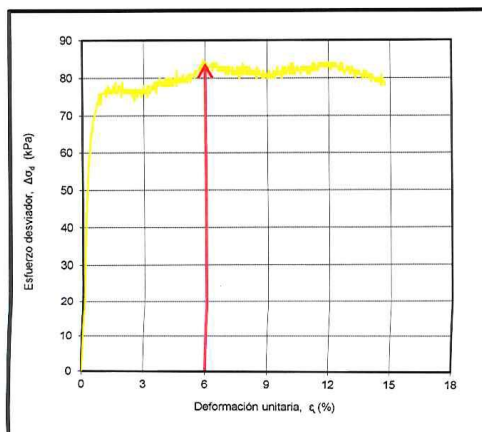
	PROYECTO: PACALORI	
	PRESA : CHOJAMPE 2	
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110	HOJA 11 DE 15 ENSAYO: 2 PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015	

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
cm		cm²	d = 5,002 cm
Ds = 5,005 cm	As = 19,67 cm ²	W = 312,5 g.	V = 196,48 cm ³
Dc = 5,000 cm	Ac = 19,63 cm ²	ρ = 1,590 g/cm ³	ρ _d = 1,084 g/cm ³
Di = 5,000 cm	Ai = 19,63 cm ²	pd máximo = 1,112 g/cm ³	% de compactación = 97 %
Hm = 10,00 cm	Am = 19,65 cm ²	Humedad óptima = 47,39 %	
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,42$ e_i			


σ 3 (kPa)	201 kPa	(Δσ_d)_f = 84 kPa	(ΔU_d)_f = 130 kPa
σ 1 (kPa)	285 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	250	26	67	242
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	71,62	69,32	72,99	72,49
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	64,34	63,38	64,36	64,64
PESO DEL TARRO (g)	48,80	50,62	48,21	50,10
%HUMEDAD	46,85	46,55	53,44	53,99
HUMEDAD PROMEDIO (%)	46,70		53,71	
Porcentaje de Saturación	$\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 86,37$		$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 99,34$	




VELOCIDAD DE ROTURA: 0,19 mm/min

Ram



PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



HOJA 12 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$

ENSAYO: 3

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

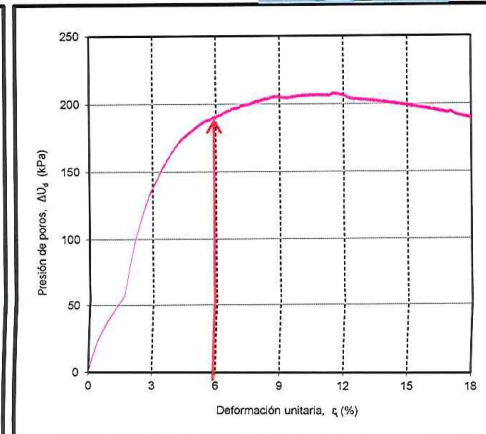
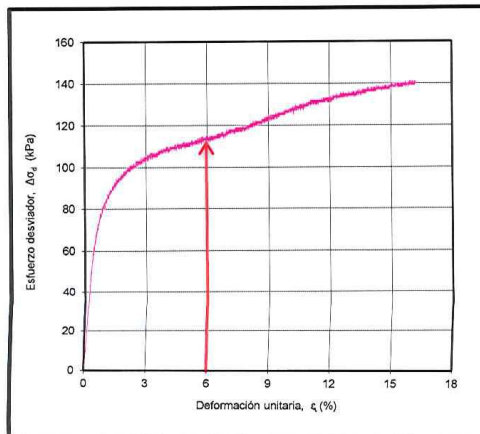
TRIAXIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
cm		cm²	
D _s = 5,000 cm	As = 19,63 cm ²	d = 5,000 cm	W = 316,3 g.
D _c = 5,000 cm	Ac = 19,63 cm ²	V = 196,35 cm ³	ρ = 1,611 g/cm ³
D _i = 5,000 cm	Ai = 19,63 cm ²	ρ _d = 1,098 g/cm ³	pd máximo = 1,112 g/cm ³
H _m = 10,00 cm	Am = 19,63 cm ²	% de compactación = 99 %	Humedad óptima = 47,39 %

Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,39$
e_i

σ 3 (kPa)	296 kPa	(Δσ_d)_f = 114 kPa	(ΔU_d)_f = 190 kPa
σ 1 (kPa)	410 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	250	26	93	241
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	71,62	69,32	79,94	79,98
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	64,34	63,38	69,77	69,75
PESO DEL TARRO (g)	48,80	50,62	50,32	50,18
%HUMEDAD	46,85	46,55	52,29	52,27
HUMEDAD PROMEDIO (%)	46,70		52,28	
Porcentaje de Saturación	$= \frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 88,28$		$= \frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 98,83$	



VELOCIDAD DE ROTURA: 0,031 mm/min

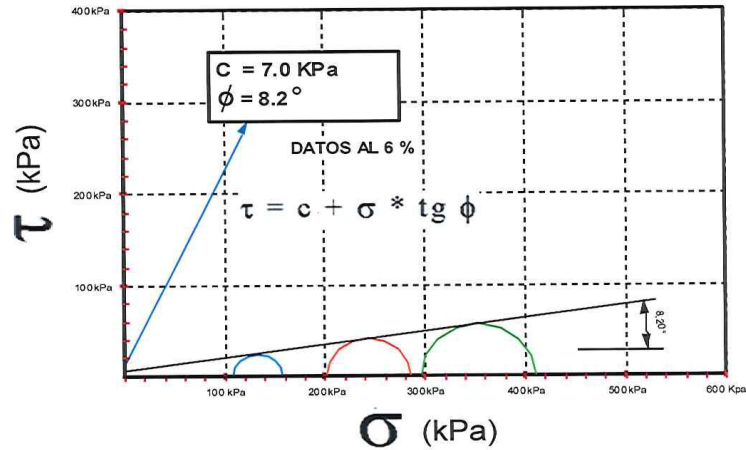
Rata

	PROYECTO: PACALORI		
	PRESA : CHOJAMPE 2		
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110	HOJA 13 DE 15 PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015		

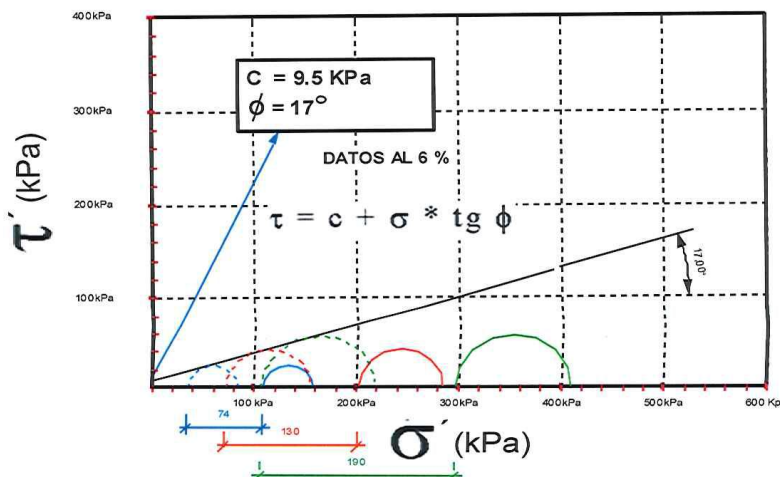
TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95



	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
σ_3 (kPa)	109 kPa	201 kPa	296 kPa
σ_1 (kPa)	158 kPa	285 kPa	410 kPa

ESFUERZOS TOTALES

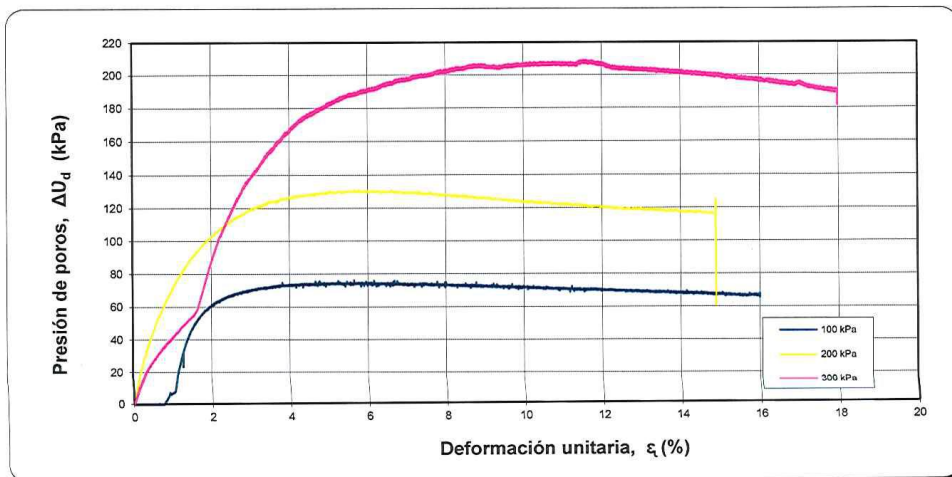
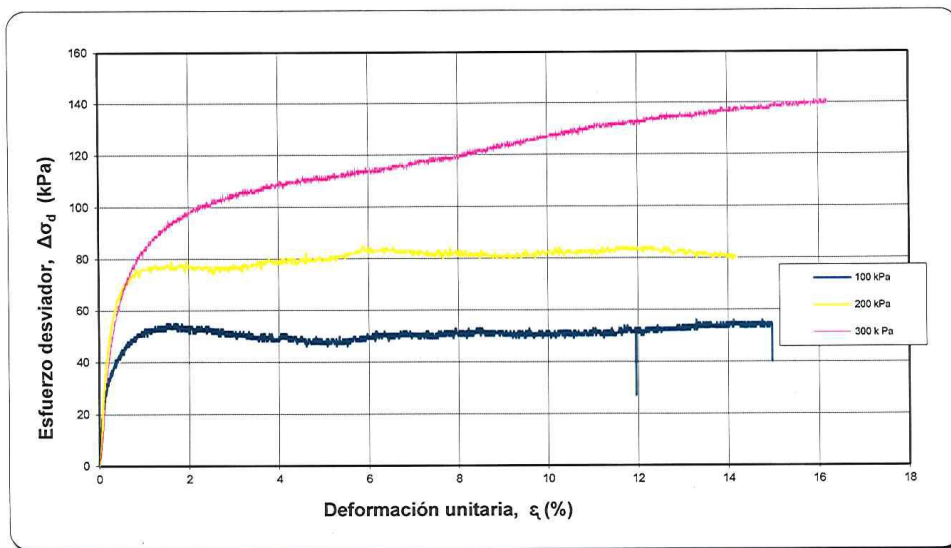


ESFUERZOS EFECTIVOS



 UNIVERSIDAD DE CUENCA	PROYECTO: PACALORI	 UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867
	PRESA : CHOJAMPE 2	
	HOJA 14 DE 15	
	UBICACIÓN: CHOJAMPE 2	
MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO	PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m	
MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110	FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015	

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95



BAH



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

HOJA 15 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

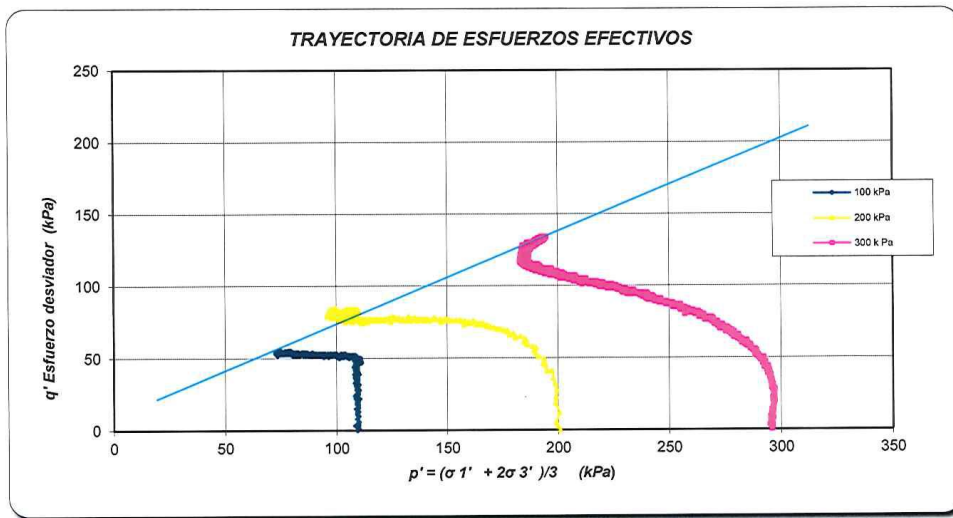
PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

FECHA: 30 DE MARZO DEL 2015

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95



RAM
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



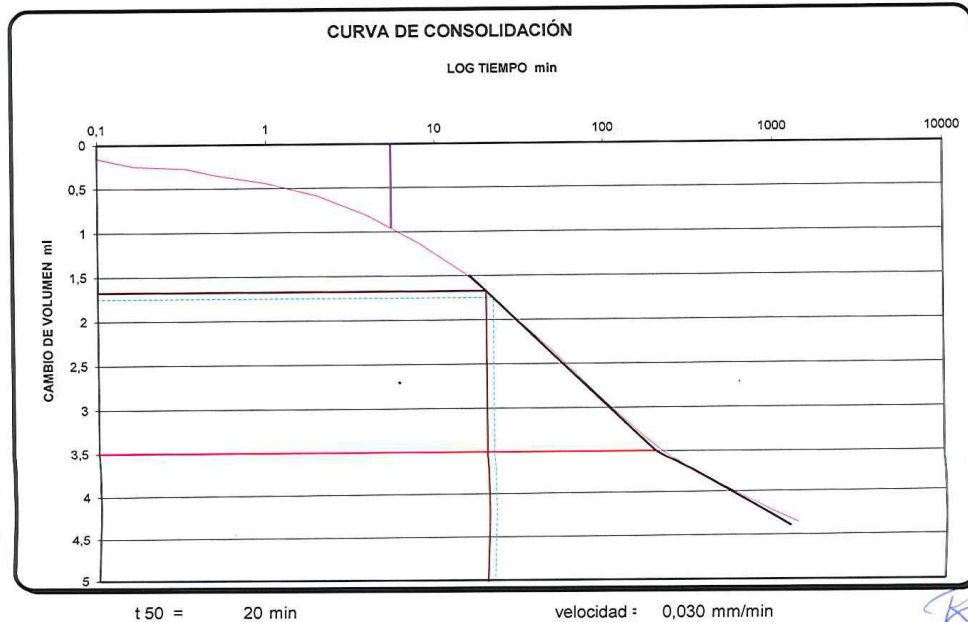
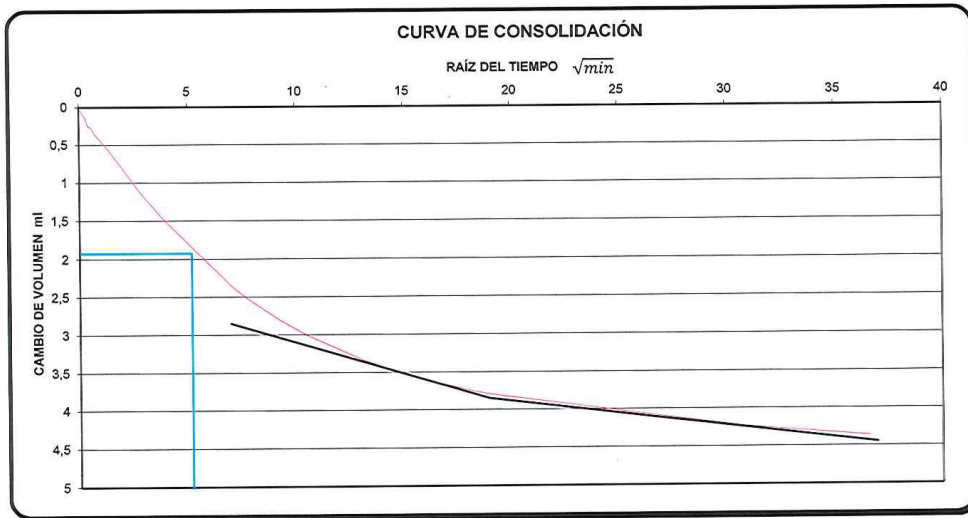
HOJA 3 DE 15

UBICACIÓN : CHOJAMPE 2

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 1

ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 22 ABRIL DEL 2015





PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



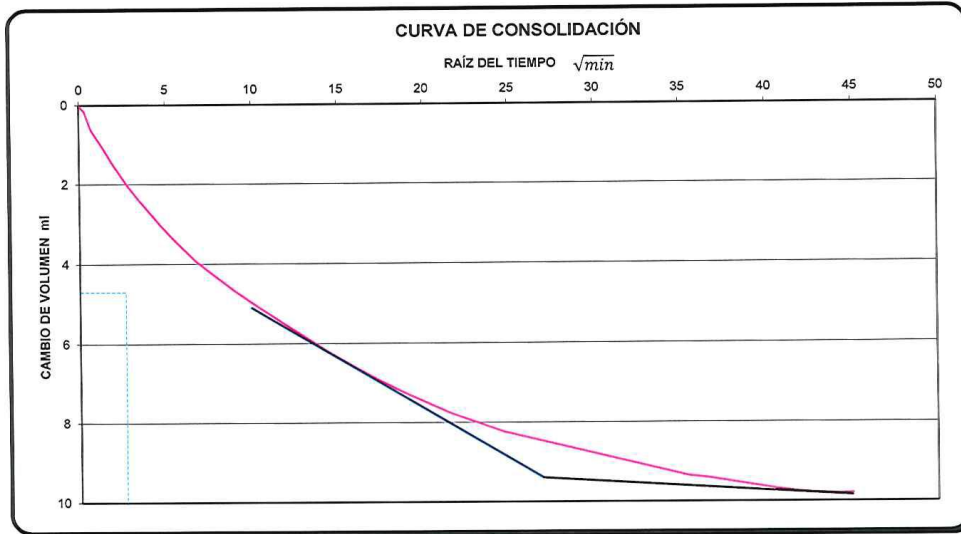
HOJA 6 DE 15

UBICACIÓN : CHOJAMPE 2

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 2

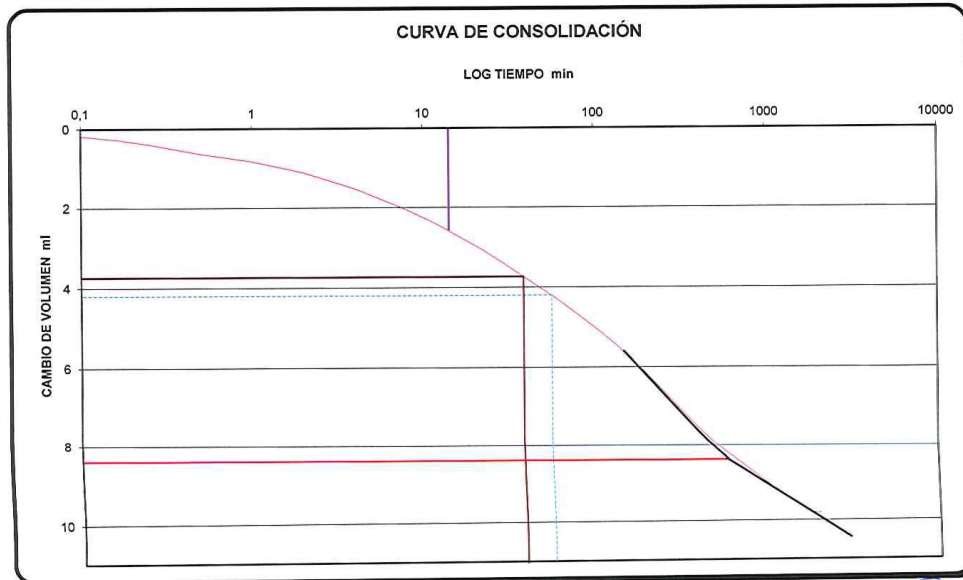
ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 22 ABRIL DEL 2015



t 100 = 729 min

velocidad 0,016 mm/min



t 50 = 39 min

velocidad 0,015 mm/min



PROYECTO: PACALORI
PRESA : CHOJAMPE 2



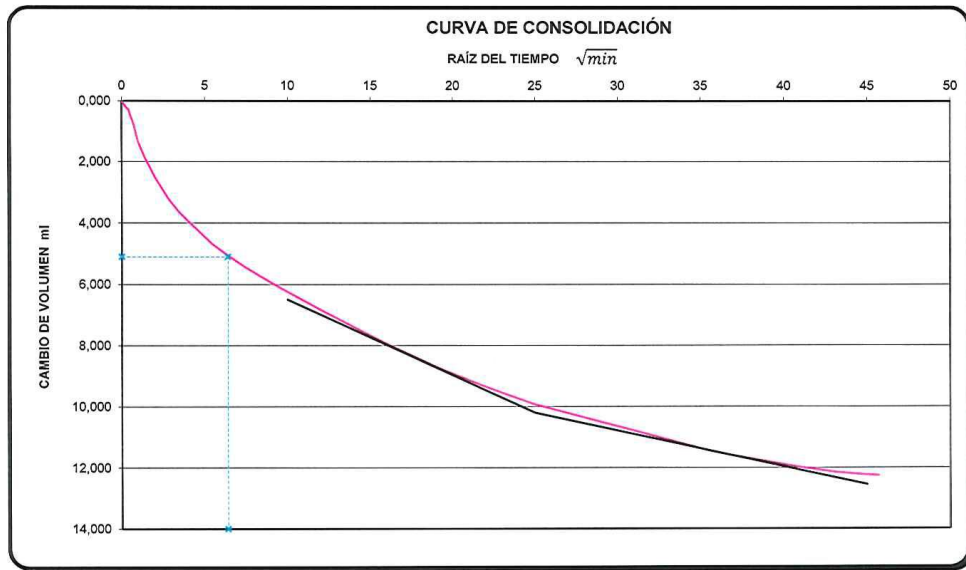
HOJA 9 DE 15

UBICACIÓN : CHOJAMPE 2

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$ MUESTRA # 3

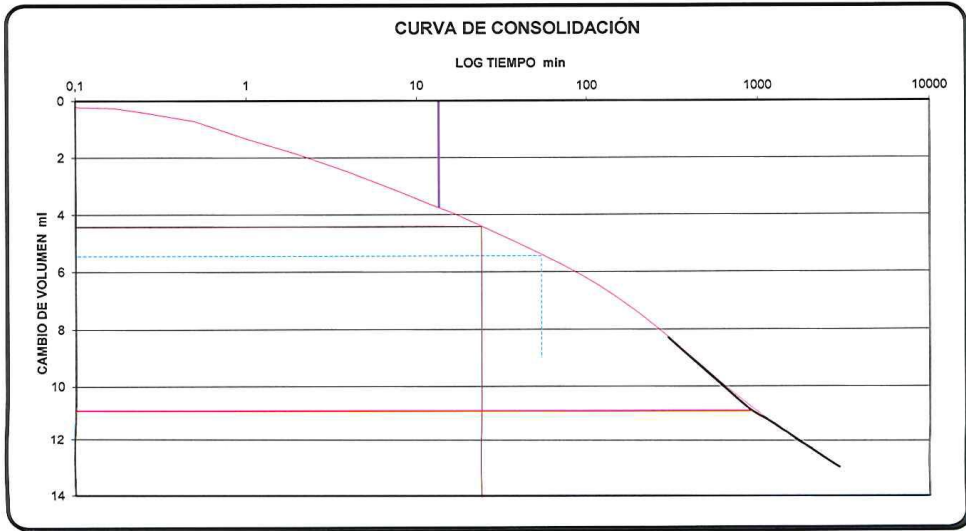
ENSAYO: TRIAXIAL CU

FECHA: 22 ABRIL DEL 2015



t 100 = 625 min


velocidad = 0,019 mm/min



t 50 = 24 min

velocidad = 0,025 mm/min


Rosa



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS: MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L. ≤ 110

HOJA 10 DE 15

ENSAYO: 1

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

FECHA: 22 ABRIL DEL 2015

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

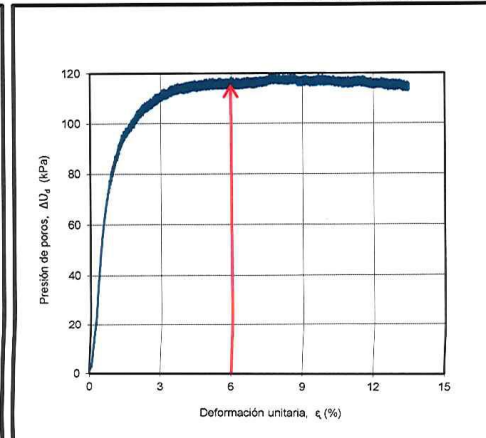
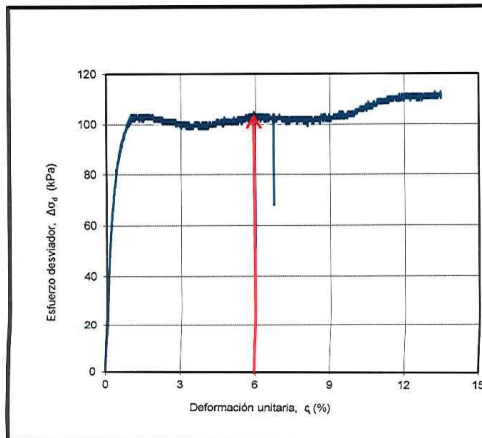
DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	d = 4,997 cm
D _s =	4,995 cm	A _s = 19,60 cm ²	W = 323,7 g.
D _c =	4,995 cm	A _c = 19,60 cm ²	V = 196,09 cm ³
D _i =	5,000 cm	A _i = 19,63 cm ²	ρ = 1,651 g/cm ³
H _m =	10,00 cm	A _m = 19,61 cm ²	ρ _d = 1,118 g/cm ³
			ρ _d máximo = 1,112 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = \frac{1,34}{1,29} = 1,04$			% de compactación = 101 %
			Humedad óptima = 47,39 %

σ 3 (kPa)	154 kPa	(Δσ_d)_f = 103 kPa	(ΔU_d)_f = 113 kPa
σ 1 (kPa)	257 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
	TARRO #	23	100	37
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	75,55	75,23	70,44	71,69
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	67,48	67,29	62,81	64,51
PESO DEL TARRO (g)	50,58	50,60	48,02	50,58
%HUMEDAD	47,75	47,57	51,59	51,54
HUMEDAD PROMEDIO (%)	47,66		51,57	
Porcentaje de Saturación = $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 92,94$			$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 100,55$	




TIPO DE FALLA



Rau






PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS: MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110

HOJA 11 DE 15

ENSAYO: 2

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

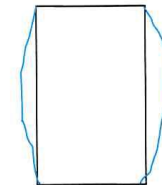
FECHA: 22 ABRIL DEL 2015

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

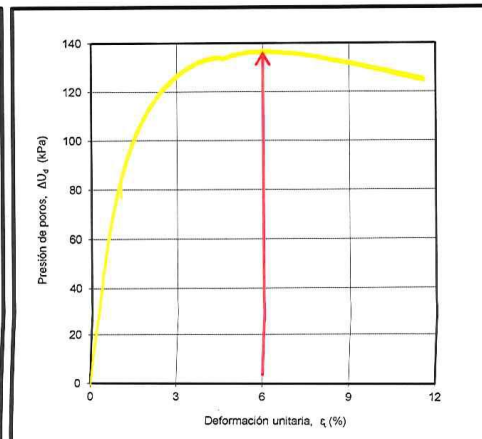
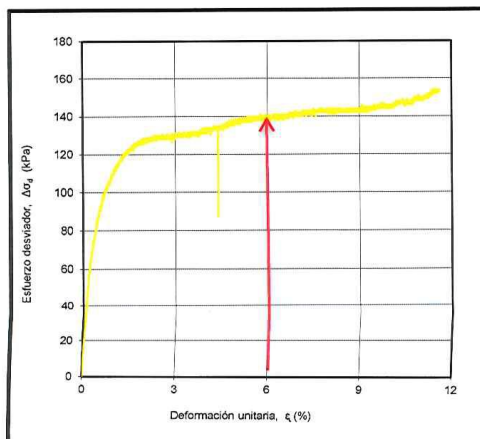
DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	
D _s =	5,000 cm	A _s = 19,63 cm ²	d = 5,000 cm
D _c =	5,000 cm	A _c = 19,63 cm ²	W = 323,6 g.
D _i =	5,000 cm	A _i = 19,63 cm ²	V = 196,35 cm ³
H _m =	10,00 cm	A _m = 19,63 cm ²	ρ = 1,648 g/cm ³
			ρ _d = 1,115 g/cm ³
			pd máximo = 1,112 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = 1,35$			% de compactación = 100 %
		e _i e _f	Humedad óptima = 47,39 %

σ 3 (kPa)	250 kPa	(Δσ_d)_f = 140 kPa	(ΔU_d)_f = 136 kPa
σ 1 (kPa)	390 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	209	50	233	49
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	78,01	77,88	76,02	77,42
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	69,14	68,98	67,28	68,01
PESO DEL TARRO (g)	50,61	50,30	50,57	49,61
%HUMEDAD	47,87	47,64	52,30	51,14
HUMEDAD PROMEDIO (%)	47,76		51,72	
Porcentaje de Saturación	= $\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 92,76$		= $\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 100,46$	




TIPO DE FALLA



VELOCIDAD DE ROTURA: 0,015 mm/min


Raw



PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

MUESTRAS: MATERIAL DE PRESTAMO

MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110

HOJA 12 DE 15

ENSAYO: 3

PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

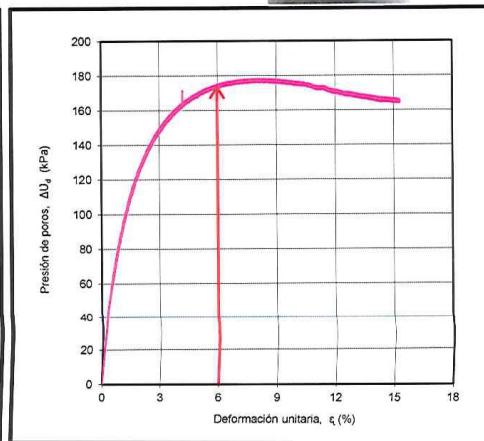
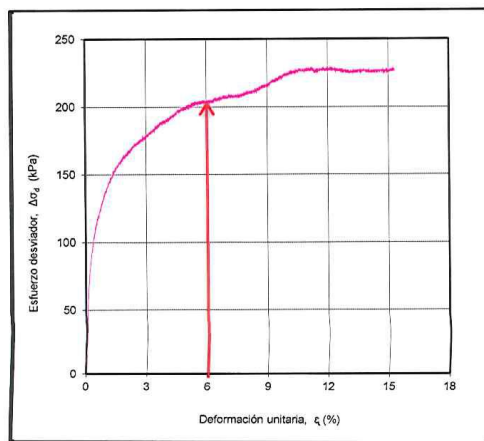
FECHA: 22 ABRIL DEL 2015

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

DÍAMETRO		Área	G_s = 2,62
<i>cm</i>		<i>cm²</i>	d = 4,997 cm
Ds =	5,000 cm	As = 19,63 cm ²	W = 323,6 g.
Dc =	4,995 cm	Ac = 19,60 cm ²	V = 196,09 cm ³
Di =	4,995 cm	Ai = 19,60 cm ²	ρ = 1,650 g/cm ³
Hm =	10,00 cm	Am = 19,61 cm ²	ρ _d = 1,123 g/cm ³
			ρ _d máximo = 1,112 g/cm ³
Relación de vacíos (e) = $\frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = \frac{1,33}{1,22} = 1,10$			% de compactación = 101 %
			Humedad óptima = 47,39 %

σ 3 (kPa)	330 kPa	(Δσ_d)_f = 204 kPa	(ΔU_d)_f = 174 kPa
σ 1 (kPa)	534 kPa		

HUMEDADES	ANTES		DESPUÉS	
TARRO #	81	86	1	209
PESO DEL TARRO + M. HUMED. (g)	75,09	76,82	81,20	80,45
PESO DEL TARRO + MAT. SECA (g)	66,98	67,49	70,82	70,35
PESO DEL TARRO (g)	49,99	47,23	50,63	50,61
%HUMEDAD	47,73	46,05	51,41	51,17
HUMEDAD PROMEDIO (%)	46,89		51,29	
Porcentaje de Saturación =	$\frac{\omega_i * \gamma_s}{e} = 92,23$		$\frac{\omega_f * \gamma_s}{e} = 100,88$	



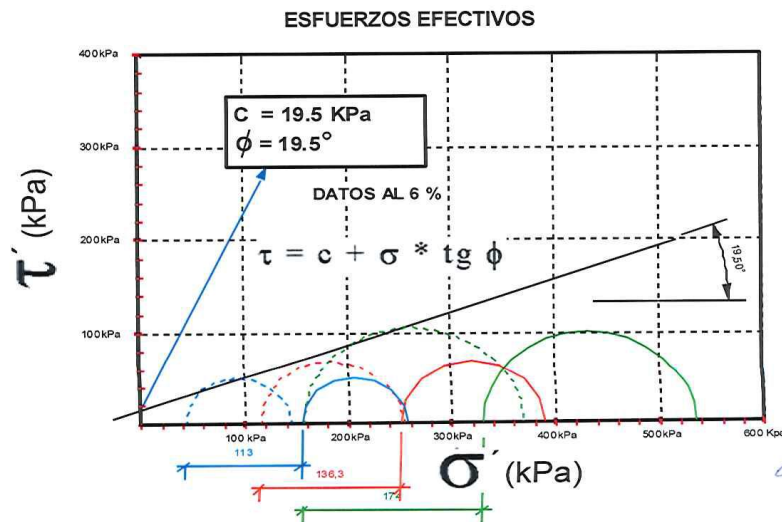
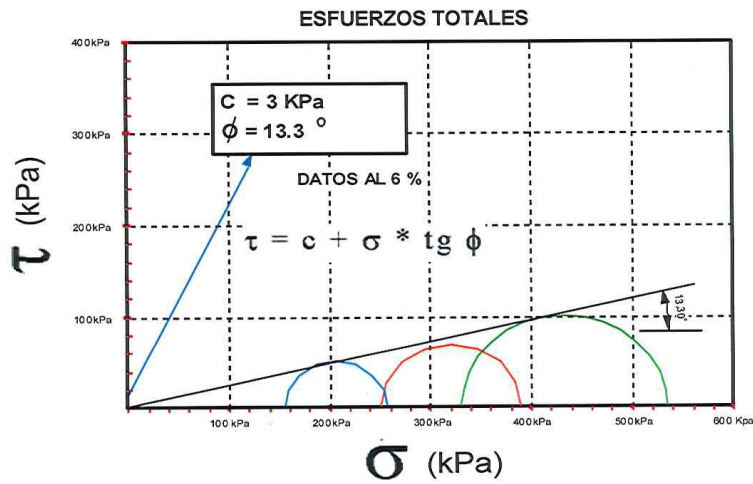
VELOCIDAD DE ROTURA: 0,019 mm/min



Real

 PROMAS UNIVERSIDAD DE CUENCA	PROYECTO: PACALORI	 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>Desde 1867</small>
	PRESA : CHOJAMPE 2	
UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS: MATERIAL DE PRESTAMO MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$	HOJA 13 DE 15 PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m FECHA: 22 ABRIL DEL 2015	

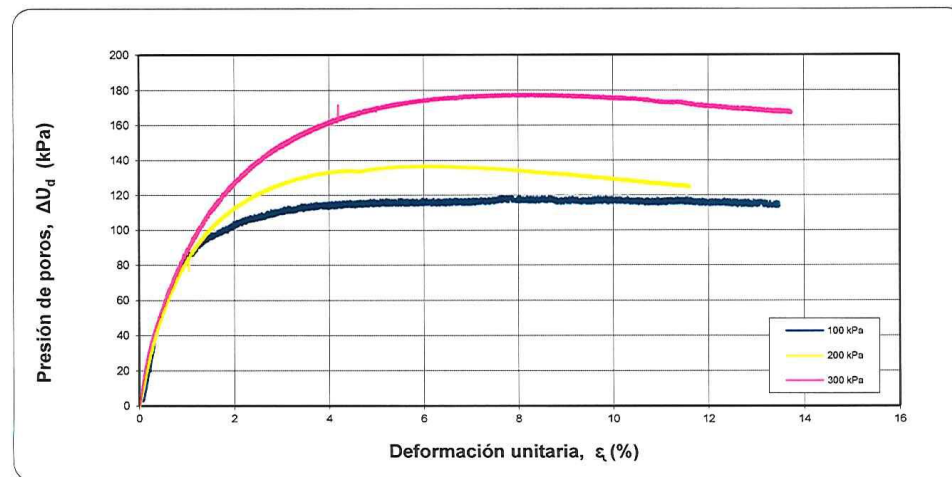
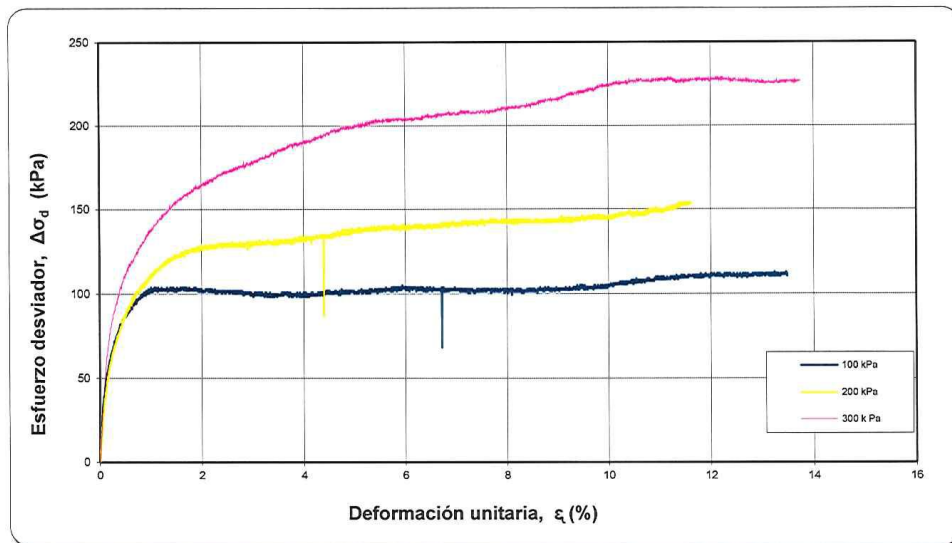
TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95

	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
σ_3 (kPa)	154 kPa	250 kPa	330 kPa
σ_1 (kPa)	257 kPa	390 kPa	534 kPa



 UBICACIÓN: CHOJAMPE 2 MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO MUESTRAS VERDES 90 ≤ L.L ≤ 110	PROYECTO: PACALORI	 UNIVERSIDAD DE CUENCA <i>desde 1807</i>
	PRESA : CHOJAMPE 2	
	HOJA 14 DE 15	
	PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m	
	FECHA: 22 ABRIL DEL 2015	

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95



Raw

PROMAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA

PROYECTO: PACALORI

PRESA : CHOJAMPE 2

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

HOJA 15 DE 15

UBICACIÓN: CHOJAMPE 2

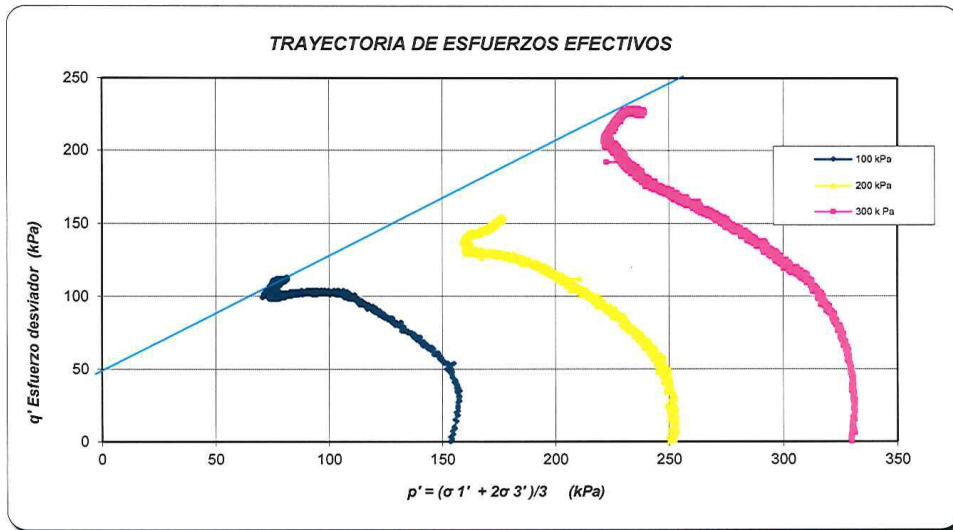
PROFUNDIDAD: 0,00m - 6,00m

MUESTRAS MATERIAL DE PRESTAMO

FECHA: 22 ABRIL DEL 2015

MUESTRAS VERDES $90 \leq L.L \leq 110$

TRIAxIAL (CU) NORMA I.N.E.V 153-07 ASTM D 4767 -95



RAN
ING. ROLANDO ARMAS NOVOA

