

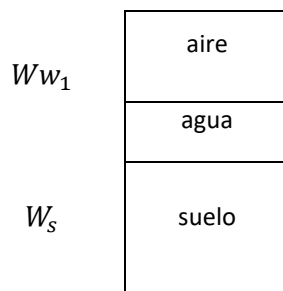
# ANEXOS

## ANEXO 1: Ecuación para agregar agua

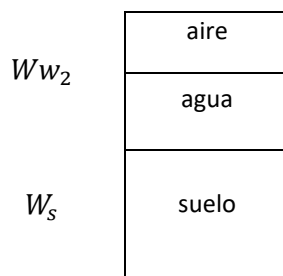
### DEMOSTRACIÓN DE ECUACIÓN CANTIDAD DE AGUA

**Por: Bach. Ing. Civil Arnold Iván Tristán Peralta**

Se tiene una muestra de suelo con un contenido de humedad 1 ( $\%w_1$ ):



Para la segunda condición se tiene el mismo peso del suelo con un contenido de humedad 2 ( $\%w_2$ ):



Por tanto, el contenido de humedad para las dos condiciones es la siguiente:

$$\%w_1 = \frac{W_{w_1}}{W_s} \dots\dots (I)$$

$$\%w_2 = \frac{W_{w_2}}{W_s} \dots\dots (II)$$

Restando (II) y (I):

$$\%w_2 - \%w_1 = \frac{Ww_2}{W_s} - \frac{Ww_1}{W_s}$$

$$Ww_2 - Ww_1 = (\%w_2 - \%w_1) * W_s \quad \dots\dots\dots \text{(III)}$$

De la condición 1, se sabe que:

$$\%w_1 = \frac{Ww_1}{W_s}$$

$Wh_1$ : *Peso de la muestra húmeda, condición 1.* Entonces:

$$\%w_1 = \frac{Wh_1 - W_s}{W_s}$$

$$\%w_1 + 1 = \frac{Wh_1}{W_s}$$

$$W_s = \frac{Wh_1}{\%w_1 + 1} \quad \dots\dots\dots \text{(IV)}$$

Reemplazando (IV) en (III):

$$Ww_2 - Ww_1 = (\%w_2 - \%w_1) * \left[ \frac{Wh_1}{\%w_1 + 1} \right]$$

Las diferencias de peso del agua para la condición 1 y 2, se puede decir que es la cantidad de agua a agregar (“x”) para alcanzar la condición 2.

$$x = (\%w_2 - \%w_1) * \left[ \frac{Wh_1}{\%w_1 + 1} \right]$$

Por tanto:

*x*: Cantidad de agua a agregar, si se tiene que densidad del agua  $1 \frac{gr}{ml}$  entonces "x" válido en ml o gr

$\%w_1$ : *Contenido de humedad para una condición 1.*

$\%w_2$ : Contenido de humedad para una condición 2.

$Wh_1$ : Peso de la muestra en condición 1.

Ejemplo de aplicación:

Se tiene una muestra de 5000 gramos con un contenido de humedad natural del 4%, se sabe que su contenido de humedad óptimo es del 14%, cuánta agua se debe agregar para alcanzar su humedad óptima:

$$x = (0.14 - 0.04) * \left[ \frac{5000}{0.04 + 1} \right]$$

$$x = 480.77 \text{ *mililitros*}$$

**ANEXO 2:** Ecuación para saturación y relación de vacíos

DEMOSTRACIÓN DE ECUACIÓN DE SATURACIÓN Y RELACIÓN DE VACÍOS

**Por: Bach. Ing. Civil Arnold Iván Tristán Peralta**

Se tiene un suelo con la siguiente condición:

Ww	aire	Va	Vv
	agua	Vw	
Ws	suelo	Vs	

Grado de saturación: 
$$\%S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots (I)$$

Volumen del agua: 
$$V_w = \frac{w_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{\%w * w_s}{\gamma_w} \dots\dots (II)$$

Peso seco: 
$$w_s = w_h - w_w$$

$$1 = \frac{w_h - w_w}{w_s}$$

$$1 + \%w = \frac{w_h}{w_s}$$

$$W_s = \frac{w_h}{1 + \%w} \dots\dots\dots \text{(III)}$$

Entonces volumen del agua:  $V_w = \frac{\%w}{\gamma_w} * \left[ \frac{w_h}{1 + \%w} \right] \dots\dots\dots \text{(IV)}$

Para volumen de vacíos:  $V_v = V_T - V_s$

$$1 = \frac{V_T - V_s}{V_v}$$

$$1 = \frac{V_T}{V_v} - \frac{1}{e}$$

$$V_v = \frac{V_T}{1 + \frac{1}{e}} \dots\dots\dots \text{(V)}$$

Entonces, grado de saturación se determina (V) y (IV) en (I):

$$\%S = \frac{\frac{\%w}{\gamma_w} * \left[ \frac{w_h}{1 + \%w} \right]}{\frac{V_T}{1 + \frac{1}{e}}}$$

$$\%S = \frac{\%w * \gamma_h}{\gamma_w * (1 + \%w)} * \left[ 1 + \frac{1}{e} \right]$$

Determinando “e”:

Peso específico húmedo:  $\gamma_h = \frac{W_h}{V_T}$

$$\gamma_h = \frac{W_w + W_s}{V_v + V_s}$$

$$\gamma_h = \frac{W_s * (\%w + 1)}{V_s * (e + 1)}$$

$$e + 1 = \frac{\gamma_s * (\%w + 1)}{\gamma_h}$$

$$e = \frac{(G_s * \gamma_w) * (\%w + 1)}{\gamma_h} - 1$$

Finalmente se puede decir que:

$$\text{Grado de saturación: } \%S = \frac{\%w * \gamma_h}{\gamma_w * (1 + \%w)} * \left[ 1 + \frac{1}{e} \right]$$

$$\text{Relación de vacíos: } e = \frac{(G_s * \gamma_w) * (\%w + 1)}{\gamma_h} - 1$$

Donde:

$\%w$ : Contenido de humedad

$\gamma_w$ : Peso específico del agua

$\gamma_h$ : Peso específico húmedo del suelo

$G_s$ : Gravedad específica del suelo

Ejemplo de aplicación:

De un ensayo de proctor modificado se tiene los siguientes datos para una muestra de suelo:

$$\%w = 21.41 \%, \gamma_h = 1.74 \text{ gr/cm}^3, G_s = 2.60, \gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

Determinar grado de saturación:

$$e = \frac{(2.60*1)*(0.2141+1)}{1.74} - 1$$

$$e = 0.8142$$

$$\%S = \frac{0.2141*1.74}{1*(1+0.2141)} * \left[ 1 + \frac{1}{0.8142} \right]$$

$$\%S = 68.37\%$$

### ANEXO 3: Diseño de pavimentos con CBR a 4 días de saturación

## MEMORIA DE CÁLCULO PARA SATURACIÓN A LOS 4 DÍAS

### Datos iniciales para el cálculo

Confiabilidad	$R := 85 \%$
Error combinado	$S_o := 0.45$
Desviación estándar normal	$Z_r := -1.037$
Serviciabilidad inicial	$P_i := 4.2$
Serviciabilidad final	$P_f := 2.0$
Índice de serviciabilidad	$\Delta PSI := P_i - P_f$ $\Delta PSI = 2.2$
Número de ejes equivalentes	$W_{18} := 4480000$

### Relación de soporte de California en Subrasante

Ensayo 1:	$CBR_{SR1} := 5.38 \%$	+
Ensayo 2:	$CBR_{SR2} := 5.57 \%$	
Ensayo 3:	$CBR_{SR3} := 5.51 \%$	

### Cálculo de módulo resiliente de subrasante

Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
$Mr_{SR1} := 1500 \cdot (CBR_{SR1} \cdot 100) \text{ psi}$	$Mr_{SR2} := 1500 \cdot (CBR_{SR2} \cdot 100) \text{ psi}$	$Mr_{SR3} := 1500 \cdot (CBR_{SR3} \cdot 100) \text{ psi}$
$Mr_{SR1} = 8070 \text{ psi}$	$Mr_{SR2} = 8355 \text{ psi}$	$Mr_{SR3} = 8265 \text{ psi}$



### Datos de carpeta asfáltica

Tipo: asfalto en caliente - mezcla asfáltica con emulsión

Coefficiente estructural de capa

$$a_1 := 0.28$$

Espesor recomendado de capa de rodadura

$$D'_1 := 10 \text{ (En centímetros)}$$

### Datos de base del pavimento

$$D_1 := \frac{D'_1}{2.54}$$

Tipo: granular

Relación de soporte de California

$$CBR_B := 100 \%$$

Coefficiente estructural de capa

$$a_2 := 0.14$$

Coefficiente de drenaje

$$m_2 := 0.80$$

Módulo resiliente base granular

$$Mr_B := 48000 \text{ psi}$$

Espesor recomendado para base

$$D'_2 := 30 \text{ (En centímetros)}$$

$$D_2 := \frac{D'_2}{2.54}$$

### Datos de sub-base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California

$$CBR_{SB} := 40 \%$$

Coefficiente estructural de capa

$$a_3 := 0.12$$

Coefficiente de drenaje

$$m_3 := 0.80$$

Módulo resiliente base granular

$$Mr_{SB} := 27000 \text{ psi}$$

## Cálculo de número estructural para Pavimento

Reemplazando los datos con la siguiente ecuación para el módulo resiliente con datos de la subrasante:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{3.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ensayo 1:

$$Mr_{SR1} = 8070 \text{ psi}$$

$$SN_{3_1} := 3.890791$$

Ensayo 2:

$$Mr_{SR2} = 8355 \text{ psi}$$

$$SN_{3_2} := 3.845789$$

Ensayo 3:

$$Mr_{SR3} = 8265 \text{ psi}$$

$$SN_{3_3} := 3.859790$$

## Cálculo de número estructural para el pavimento

ENSAYO 1:

$$D_{3_1} := \frac{SN_{3_1} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 38.7772 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_1} := 39 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_1} := a_1 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} = 3.8992$$

```
Comproba := if SN'_{3_1} > SN_{3_1} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 2:

$$D_{3_2} := \frac{SN_{3_2} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 37.5865 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_2} := 38 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_2} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_2}}{2.54} = 3.8614$$

```
Comproba := if SN'_{3_2} > SN_{3_2} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO3:

$$D_{3_3} := \frac{SN_{3_3} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 37.9569 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$D'_{3_3} := 38$  (En centímetros)

$$SN'_{3_3} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_3}}{2.54} = 3.8614$$

```
Comproba := if SN'_{3_3} > SN_{3_3} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

### Esesores finales del pavimento

	Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
Capa de rodadura (cm)	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$
Base granular (cm)	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$
Subbase granular (cm)	$D'_{3_1} = 39$	$D'_{3_2} = 38$	$D'_{3_3} = 38$
Altura del pavimento			
$H_1 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_1}) \text{ cm}$	$H_2 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_2}) \text{ cm}$	$H_3 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_3}) \text{ cm}$	
$H_1 = 0.79 \text{ m}$	$H_2 = 0.78 \text{ m}$	$H_3 = 0.78 \text{ m}$	

## ANEXO 4: Diseño de pavimentos con CBR a 8 días de saturación

### MEMORIA DE CÁLCULO PARA SATURACIÓN A LOS 8 DÍAS

#### Datos iniciales para el cálculo

Confiabilidad	$R := 85 \%$
Error combinado	$S_o := 0.45$
Desviación estándar normal	$Z_r := -1.037$
Serviciabilidad inicial	$P_i := 4.2$
Serviciabilidad final	$P_f := 2.0$
Índice de serviciabilidad	$\Delta PSI := P_i - P_f$ $\Delta PSI = 2.2$
Número de ejes equivalentes	$W_{18} := 4480000$

#### Relación de soporte de California en Subrasante

Ensayo 1:	$CBR_{SR1} := 3.19 \%$
Ensayo 2:	$CBR_{SR2} := 2.93 \%$
Ensayo 3:	$CBR_{SR3} := 3.33 \%$

#### Cálculo de módulo resiliente de subrasante

Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
$M_{r_{SR1}} := 1500 \cdot (CBR_{SR1} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} := 1500 \cdot (CBR_{SR2} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} := 1500 \cdot (CBR_{SR3} \cdot 100) \text{ psi}$
$M_{r_{SR1}} = 4785 \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} = 4395 \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} = 4995 \text{ psi}$

### Datos de carpeta asfáltica

Tipo: asfalto en caliente - mezcla asfáltica con emulsión

Coefficiente estructural de capa  $a_1 := 0.28$

Espesor recomendado de capa de rodadura  $D'_1 := 10$  (En centímetros)

### Datos de base del pavimento

$$D_1 := \frac{D'_1}{2.54}$$

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_B := 100$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_2 := 0.14$

Coefficiente de drenaje  $m_2 := 0.80$

Módulo resiliente base granular  $Mr_B := 48000$  psi

Espesor recomendado para base  $D'_2 := 30$  (En centímetros)

$$D_2 := \frac{D'_2}{2.54}$$

### Datos de sub-base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_{SB} := 40$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_3 := 0.12$

Coefficiente de drenaje  $m_3 := 0.80$

Módulo resiliente base granular  $Mr_{SB} := 27000$  psi

## Cálculo de número estructural para Pavimento

Reemplazando los datos con la siguiente ecuación para el módulo resiliente con datos de la subrasante:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ensayo 1:

$$Mr_{SR1} = 4785 \text{ psi}$$

$$SN_{3_1} := 4.615837$$

Ensayo 2:

$$Mr_{SR2} = 4395 \text{ psi}$$

$$SN_{3_2} := 4.722230$$

Ensayo 3:

$$Mr_{SR3} = 4995 \text{ psi}$$

$$SN_{3_3} := 4.552894$$

## Cálculo de número estructural para el pavimento

ENSAYO 1:

$$D_{3_1} := \frac{SN_{3_1} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 57.9607 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_1} := 58 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_1} := a_1 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} = 4.6173$$

```
Comproba := if SN'_{3_1} > SN_{3_1} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 2:

$$D_{3_2} := \frac{SN_{3_2} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 60.7757 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_2} := 61 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_2} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_2}}{2.54} = 4.7307$$

Comproba := if SN'\_{3\_2} > SN\_{3\_2} = "OK"  
 "OK"  
 else  
 "CORREGIR SN"

ENSAYO 3:

$$D_{3_3} := \frac{SN_{3_3} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 56.2953 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_3} := 57 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_3} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_3}}{2.54} = 4.5795$$

Comproba := if SN'\_{3\_3} > SN\_{3\_3} = "OK"  
 "OK"  
 else  
 "CORREGIR SN"

### Espesores finales del pavimento

	Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
Capa de rodadura (cm)	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$
Base granular (cm)	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$
Subbase granular (cm)	$D'_{3_1} = 58$	$D'_{3_2} = 61$	$D'_{3_3} = 57$
Altura del pavimento			
$H_1 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_1}) \text{ cm}$	$H_2 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_2}) \text{ cm}$	$H_3 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_3}) \text{ cm}$	
$H_1 = 0.98 \text{ m}$	$H_2 = 1.01 \text{ m}$	$H_3 = 0.97 \text{ m}$	

## ANEXO 5: Diseño de pavimentos con CBR a 15 días de saturación

### MEMORIA DE CÁLCULO PARA SATURACIÓN A LOS 15 DÍAS

#### Datos iniciales para el cálculo

Confiabilidad	$R := 85 \%$
Error combinado	$S_o := 0.45$
Desviación estándar normal	$Z_r := -1.037$
Serviciabilidad inicial	$P_i := 4.2$
Serviciabilidad final	$P_f := 2.0$
Índice de serviciabilidad	$\Delta PSI := P_i - P_f$ $\Delta PSI = 2.2$
Número de ejes equivalentes	$W_{18} := 4480000$

#### Relación de soporte de California en Subrasante

Ensayo 1:	$CBR_{SR1} := 2.03 \%$
Ensayo 2:	$CBR_{SR2} := 1.98 \%$
Ensayo 3:	$CBR_{SR3} := 2.28 \%$

#### Cálculo de módulo resiliente de subrasante

Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
$M_{r_{SR1}} := 1500 \cdot (CBR_{SR1} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} := 1500 \cdot (CBR_{SR2} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} := 1500 \cdot (CBR_{SR3} \cdot 100) \text{ psi}$
$M_{r_{SR1}} = 3045 \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} = 2970 \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} = 3420 \text{ psi}$



### Datos de carpeta asfáltica

Tipo: asfalto en caliente - mezcla asfáltica con emulsión

Coefficiente estructural de capa  $a_1 := 0.28$

Espesor recomendado de capa de rodadura  $D'_1 := 10$  (En centímetros)

$$D_1 := \frac{D'_1}{2.54}$$

### Datos de base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_B := 100$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_2 := 0.14$

Coefficiente de drenaje  $m_2 := 0.80$

Módulo resiliente base granular  $Mr_B := 48000$  psi

Espesor recomendado para base  $D'_2 := 30$  (En centímetros)

$$D_2 := \frac{D'_2}{2.54}$$

### Datos de sub-base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_{SB} := 40$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_3 := 0.12$

Coefficiente de drenaje  $m_3 := 0.80$

Módulo resiliente base granular  $Mr_{SB} := 27000$  psi

## Cálculo de número estructural para Pavimento

Reemplazando los datos con la siguiente ecuación para el módulo resiliente con datos de la subrasante:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ensayo 1:

$$Mr_{SR1} = 3045 \text{ psi}$$

$$SN_{3_1} := 5.315998$$

Ensayo 2:

$$Mr_{SR2} = 2970 \text{ psi}$$

$$SN_{3_2} := 5.356708$$

Ensayo 3:

$$Mr_{SR3} = 3420 \text{ psi}$$

$$SN_{3_3} := 5.129345$$

## Cálculo de número estructural para el pavimento

ENSAYO 1:

$$D_{3_1} := \frac{SN_{3_1} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 76.4858 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_1} := 77 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_1} := a_1 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} = 5.3354$$

```
Comproba := if SN'_{3_1} > SN_{3_1} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 2:

$$D_{3_2} := \frac{SN_{3_2} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 77.5629 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_2} := 78 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_2} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_2}}{2.54} = 5.3732$$

```
Comproba := if SN'_{3_2} > SN_{3_2} = "OK"
              "OK"
            else
              "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 3:

$$D_{3_3} := \frac{SN_{3_3} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 71.5473 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$D'_{3_3} := 72$  (En centímetros)

$$SN'_{3_3} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_3}}{2.54} = 5.1465$$

```
Comproba := if SN'_{3_3} > SN_{3_3} = "OK"
              "OK"
            else
              "CORREGIR SN'"
```

### Espesores finales del pavimento

	Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
Capa de rodadura (cm)	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$
Base granular (cm)	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$
Subbase granular (cm)	$D'_{3_1} = 77$	$D'_{3_2} = 78$	$D'_{3_3} = 72$
Altura del pavimento			
$H_1 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_1}) \text{ cm}$	$H_2 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_2}) \text{ cm}$	$H_3 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_3}) \text{ cm}$	
$H_1 = 1.17 \text{ m}$	$H_2 = 1.18 \text{ m}$	$H_3 = 1.12 \text{ m}$	

## ANEXO 6: Diseño de pavimentos con CBR a 30 días de saturación

### MEMORIA DE CÁLCULO PARA SATURACIÓN A LOS 30 DÍAS

#### Datos iniciales para el cálculo

Confiabilidad	$R := 85 \%$
Error combinado	$S_o := 0.45$
Desviación estándar normal	$Z_r := -1.037$
Serviciabilidad inicial	$P_i := 4.2$
Serviciabilidad final	$P_f := 2.0$
Índice de serviciabilidad	$\Delta PSI := P_i - P_f$ $\Delta PSI = 2.2$
Número de ejes equivalentes	$W_{18} := 4480000$

#### Relación de soporte de California en Subrasante

Ensayo 1:	$CBR_{SR1} := 1.94 \%$
Ensayo 2:	$CBR_{SR2} := 2.14 \%$
Ensayo 3:	$CBR_{SR3} := 2.06 \%$

#### Cálculo de módulo resiliente de subrasante

Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
$M_{r_{SR1}} := 1500 \cdot (CBR_{SR1} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} := 1500 \cdot (CBR_{SR2} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} := 1500 \cdot (CBR_{SR3} \cdot 100) \text{ psi}$
$M_{r_{SR1}} = 2910 \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} = 3210 \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} = 3090 \text{ psi}$

### Datos de carpeta asfáltica

Tipo: asfalto en caliente - mezcla asfáltica con emulsión

Coefficiente estructural de capa

$$a_1 := 0.28$$

Espesor recomendado de capa de rodadura

$$D'_1 := 10 \text{ (En centímetros)}$$

### Datos de base del pavimento

$$D_1 := \frac{D'_1}{2.54}$$

Tipo: granular

Relación de soporte de California

$$CBR_B := 100 \%$$

Coefficiente estructural de capa

$$a_2 := 0.14$$

Coefficiente de drenaje

$$m_2 := 0.80$$

Módulo resiliente base granular

$$Mr_B := 48000 \text{ psi}$$

Espesor recomendado para base

$$D'_2 := 30 \text{ (En centímetros)}$$

$$D_2 := \frac{D'_2}{2.54}$$

### Datos de sub-base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California

$$CBR_{SB} := 40 \%$$

Coefficiente estructural de capa

$$a_3 := 0.12$$

Coefficiente de drenaje

$$m_3 := 0.80$$

Módulo resiliente base granular

$$Mr_{SB} := 27000 \text{ psi}$$

## Cálculo de número estructural para Pavimento

Reemplazando los datos con la siguiente ecuación para el módulo resiliente con datos de la subrasante:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ensayo 1:

$$M_{r_{SR1}} = 2910 \text{ psi}$$

$$SN_{3_1} := 5.390192$$

Ensayo 2:

$$M_{r_{SR2}} = 3210 \text{ psi}$$

$$SN_{3_2} := 5.230594$$

Ensayo 3:

$$M_{r_{SR3}} = 3090 \text{ psi}$$

$$SN_{3_3} := 5.292456$$

## Cálculo de número estructural para el pavimento

ENSAYO 1:

$$D_{3_1} := \frac{SN_{3_1} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 78.4488 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_1} := 79 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_1} := a_1 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} = 5.411$$

```
Comproba := if SN'_{3_1} > SN_{3_1} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 2:

$$D_{3_2} := \frac{SN_{3_2} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 74.2261 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_2} := 75 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_2} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_2}}{2.54} = 5.2598$$

```
Comproba := if SN'_{3_2} > SN_{3_2} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 3:

$$D_{3_3} := \frac{SN_{3_3} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 75.8629 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_3} := 76 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_3} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_3}}{2.54} = 5.2976$$

```
Comproba := if SN'_{3_3} > SN_{3_3} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN'"
```

### Espesores finales del pavimento

	Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
Capa de rodadura (cm)	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$	$D'_1 = 10$
Base granular (cm)	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$	$D'_2 = 30$
Subbase granular (cm)	$D'_{3_1} = 79$	$D'_{3_2} = 75$	$D'_{3_3} = 76$
Altura del pavimento			
$H_1 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_1}) \text{ cm}$	$H_2 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_2}) \text{ cm}$	$H_3 := (D'_1 + D'_2 + D'_{3_3}) \text{ cm}$	
$H_1 = 1.19 \text{ m}$	$H_2 = 1.15 \text{ m}$	$H_3 = 1.16 \text{ m}$	

## ANEXO 7: Diseño de pavimento para suelo – cal

### MEMORIA DE CÁLCULO PARA SUBRASANTE SUELO - CAL

#### Datos iniciales para el cálculo

Confiabilidad	$R := 85 \%$
Error combinado	$S_o := 0.45$
Desviación estándar normal	$Z_r := -1.037$
Serviciabilidad inicial	$P_i := 4.2$
Serviciabilidad final	$P_f := 2.0$
Índice de serviciabilidad	$\Delta PSI := P_i - P_f$ $\Delta PSI = 2.2$
Número de ejes equivalentes	$W_{18} := 4480000$

#### Relación de soporte de California en Subrasante

Ensayo 1 ( 4 días desaturación):	$CBR_{SR1} := 7.81 \%$
Ensayo 2 (8 días desaturación):	$CBR_{SR2} := 8.52 \%$
Ensayo 3 (15 días de saturación):	$CBR_{SR3} := 8.40 \%$
Ensayo 4 ( 30 días de saturación):	$CBR_{SR4} := 7.36 \%$

+

#### Cálculo de módulo resiliente de subrasante

Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:
$M_{r_{SR1}} := 1500 \cdot (CBR_{SR1} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} := 1500 \cdot (CBR_{SR2} \cdot 100) \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} := 1500 \cdot (CBR_{SR3} \cdot 100) \text{ psi}$
$M_{r_{SR1}} = 11715 \text{ psi}$	$M_{r_{SR2}} = 12780 \text{ psi}$	$M_{r_{SR3}} = 12600 \text{ psi}$



Ensayo 4:

$$M_{r_{SR4}} := 1500 \cdot (CBR_{SR4} \cdot 100) \text{ psi}$$

$$M_{r_{SR4}} = 11040 \text{ psi}$$

### Datos de carpeta asfáltica

Tipo: asfalto en caliente - mezcla asfáltica con emulsión

Coefficiente estructural de capa  $a_1 := 0.28$

Espesor recomendado de capa de rodadura  $D'_1 := 10$  (En centímetros)

### Datos de base del pavimento

$$D_1 := \frac{D'_1}{2.54}$$

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_B := 100$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_2 := 0.14$

Coefficiente de drenaje  $m_2 := 0.80$

Módulo resiliente base granular  $M_{r_B} := 48000$  psi

Espesor recomendado para base  $D'_2 := 30$  (En centímetros)

$$D_2 := \frac{D'_2}{2.54}$$

### Datos de sub-base del pavimento

Tipo: granular

Relación de soporte de California  $CBR_{SB} := 40$  %

Coefficiente estructural de capa  $a_3 := 0.12$

Coefficiente de drenaje  $m_3 := 0.80$

Módulo resiliente base granular

$$M_{r_{SB}} := 27000 \text{ psi}$$

### Cálculo de número estructural para Pavimento

Reemplazando los datos con la siguiente ecuación para el módulo resiliente con datos de la subrasante:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_D + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ensayo 1:

$$M_{r_{SR1}} = 11715 \text{ psi}$$

$$SN_{3_1} := 3.428597$$

Ensayo 2:

$$M_{r_{SR2}} = 12780 \text{ psi}$$

$$SN_{3_2} := 3.327095$$

Ensayo 3:

$$M_{r_{SR3}} = 12600 \text{ psi}$$

$$SN_{3_3} := 3.343474$$

Ensayo 4:

$$M_{r_{SR4}} = 11040 \text{ psi}$$

$$SN_{3_4} := 3.499243$$

### Cálculo de número estructural para el pavimento

ENSAYO 1:

$$D_{3_1} := \frac{SN_{3_1} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \text{ in} = 26.5483 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_1} := 26 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_1} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_1}}{2.54} = 3.4079$$

```
Comproba := if SN'_{3_1} > SN_{3_1} = "CORREGIR SN'"  
            "OK"  
            else  
            "CORREGIR SN'"
```

ENSAYO 2:

$$D_{3\_2} := \frac{SN_{3\_2} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \quad \text{in} = 23.8627 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3\_2} := 24 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3\_2} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3\_2}}{2.54} = 3.3323$$

```
Comproba := if SN'_{3\_2} > SN_{3\_2} = "OK"  
            "OK"  
            else  
            "CORREGIR SN"
```

ENSAYO 3:

$$D_{3\_3} := \frac{SN_{3\_3} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \quad \text{in} = 24.2961 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3\_3} := 25 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3\_3} := a_1 \cdot \frac{D'_1}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_2}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3\_3}}{2.54} = 3.3701$$

```
Comproba := if SN'_{3\_3} > SN_{3\_3} = "OK"  
            "OK"  
            else  
            "CORREGIR SN"
```

ENSAYO 4:

$$D_{3\_4} := \frac{SN_{3\_4} - a_1 \cdot D_1 - a_2 \cdot m_2 \cdot D_2}{a_3 \cdot m_3} \quad \text{in} = 28.4175 \text{ cm}$$

se opta por una espesor que supere:

$$D'_{3_4} := 29 \text{ (En centímetros)}$$

$$SN'_{3_4} := a_1 \cdot \frac{D'_{1_1}}{2.54} + a_2 \cdot m_2 \cdot \frac{D'_{2_2}}{2.54} + a_3 \cdot m_3 \cdot \frac{D'_{3_4}}{2.54} = 3.5213$$

```

Comproba := if SN'_{3_4} > SN_{3_4} = "OK"
            "OK"
            else
            "CORREGIR SN"
    
```

### Espesores finales del pavimento

	Ensayo 1:	Ensayo 2:	Ensayo 3:	Ensayo 4:
Capa de rodadura (cm)	$D'_{1_1} = 10$	$D'_{1_2} = 10$	$D'_{1_3} = 10$	$D'_{1_4} = 10$
Base granular (cm)	$D'_{2_1} = 30$	$D'_{2_2} = 30$	$D'_{2_3} = 30$	$D'_{2_4} = 30$
Subbase granular (cm)	$D'_{3_1} = 26$	$D'_{3_2} = 24$	$D'_{3_3} = 25$	$D'_{3_4} = 29$

Altura del pavimento

$$H_1 := (D'_{1_1} + D'_{2_1} + D'_{3_1}) \text{ cm}$$

$$H_1 = 0.66 \text{ m}$$

$$H_2 := (D'_{1_2} + D'_{2_2} + D'_{3_2}) \text{ cm}$$

$$H_2 = 0.64 \text{ m}$$

$$H_3 := (D'_{1_3} + D'_{2_3} + D'_{3_3}) \text{ cm}$$



$$H_3 = 0.65 \text{ m}$$

$$H_4 := (D'_{1_4} + D'_{2_4} + D'_{3_4}) \text{ cm}$$

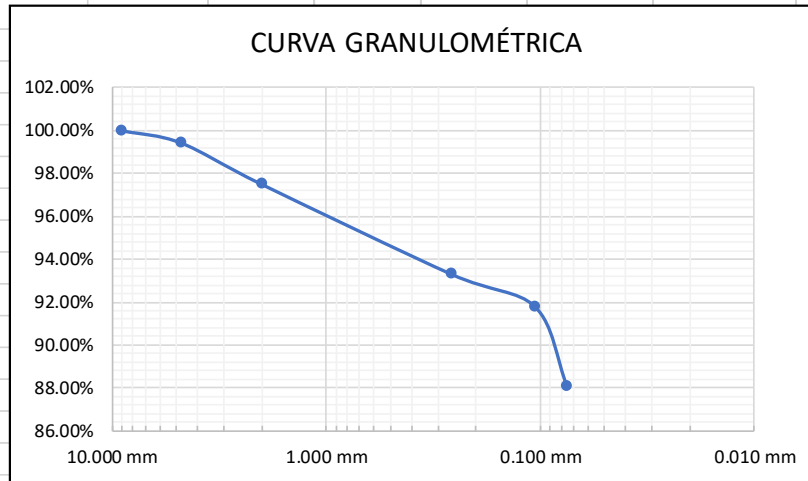
$$H_4 = 0.69 \text{ m}$$





## ANEXO 9: Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta	<b>Ensayo:</b>	Granulometría			
<b>Objetivo:</b>	Determinar la cantidad y su distribución de tamaños de partículas de suelo.					
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 107	ASTM D 422				
<b>Datos iniciales:</b>	Peso inicial: 540.36 gr.	Peso lavado: 66.08 gr.	Peso perdido: 474.28 gr.			
	L.L. = 63.09 %	L.P. = 27.29 %	I.P. = 35.80%			
<b>Tabla granulométrica:</b>						
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RET. CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%ACUMULADO QUE PASA
3"	75.000 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.000 mm	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760 mm	3.12	3.12	0.57%	0.57%	99.43%
N°10	2.000 mm	10.5	10.5	1.93%	2.50%	97.50%
N°20	0.840 mm	0	0	0.00%	2.50%	97.50%
N°40	0.425 mm	0	0	0.00%	2.50%	97.50%
N°60	0.260 mm	22.81	22.81	4.19%	6.69%	93.31%
N°140	0.106 mm	8.2	8.2	1.50%	8.19%	91.81%
N°200	0.075 mm	20.18	20.18	3.70%	11.89%	88.11%
BASE		5.85	480.13	88.11%	100.00%	0.00%
TOTAL		70.66	544.94	100.00%		
<b>Características granulométricas:</b>						
	D10 = N.P.		D30 = N.P.			D60 = N.P.
	Cu = N.P.		Cc = N.P.			

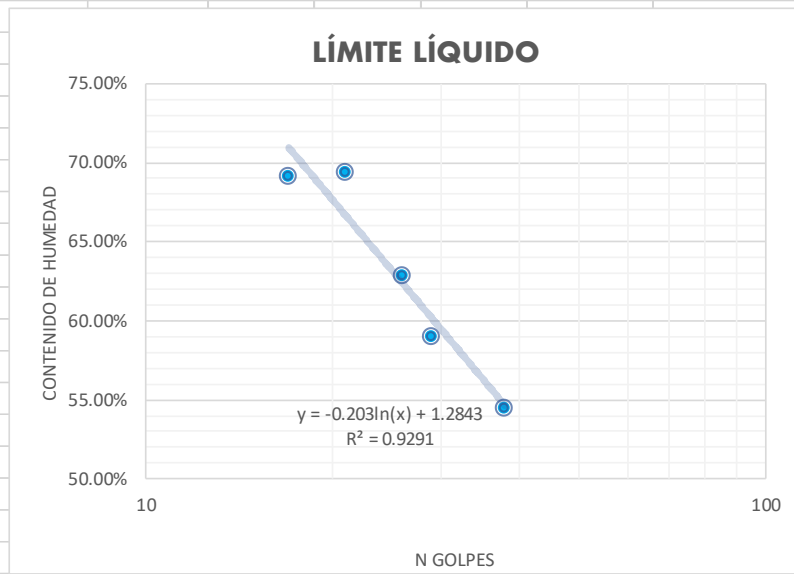
Curva Granulométrica:



## ANEXO 10: Límite líquido y límite plástico



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> 	
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta
<b>Ensayo:</b>	Límites líquido y plástico
<b>Objetivo:</b>	
L.L.: Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.	
L.P.: Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.	
<b>Referencias normativas:</b>	
	NTP 339.129      MTC E 110      NTP 339.129      MTC E 111
<b>Procedimiento:</b>	
LÍMITE PLÁSTICO	
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b> <b>1</b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b>
<b>TARA</b>	D-21      A-7      S-011      A-07
<b>PESO DE TARA</b>	gr.      13.8      10.48      12.49      13.45
<b>PESO TARA + SUELO HÚMEDO</b>	gr.      18.91      19.6      19.65      21.58
<b>PESO TARA + SUELO SECO</b>	gr.      17.83      17.61      18.11      19.85
<b>PESO DEL AGUA</b>	gr.      1.08      1.99      1.54      1.73
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	gr.      4.03      7.13      5.62      6.4
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	%      26.80%      27.91%      27.40%      27.03%
LÍMITE LÍQUIDO	
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b> <b>1</b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b> <b>5</b>
<b>TARA</b>	S-02      B-1      S-25      S-19      S-58
<b>PESO DE TARA</b>	gr.      13.1      13.03      13.44      17.1      17.63
<b>PESO TARA + SUELO HÚMEDO</b>	gr.      41.07      32.21      40.95      43.81      43.81
<b>PESO TARA + SUELO SECO</b>	gr.      31.21      24.81      30.74      32.89      33.09
<b>PESO DEL AGUA</b>	gr.      9.86      7.4      10.21      10.92      10.72
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	gr.      18.11      11.78      17.3      15.79      15.46
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%      54.45%      62.82%      59.02%      69.16%      69.34%
<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	N      38      26      29      17      21





<b>LÍMITE LÍQUIDO =</b>	<b>63.09%</b>
<b>LÍMITE PLÁSTICO =</b>	<b>27.29%</b>
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD =</b>	<b>35.80%</b>

## ANEXO 11: Gravedad específica

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> 																																	
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.																																
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)																																
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta <b>Ensayo:</b> Gravedad específica																																
<b>Objetivo:</b>	Determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de 4,75 mm.																																
<b>Referencias normativas:</b>	NTP 339.131      ASTM D 854																																
<b>Peso inicial seco:</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>gramos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa de tara</td> <td>33.84</td> </tr> <tr> <td>Masa del suelo</td> <td>138.51</td> </tr> <tr> <td>Masa suelo seco + tara</td> <td>134.09</td> </tr> <tr> <td>Masa suelo seco</td> <td>100.25</td> </tr> </tbody> </table>		gramos	Masa de tara	33.84	Masa del suelo	138.51	Masa suelo seco + tara	134.09	Masa suelo seco	100.25																						
	gramos																																
Masa de tara	33.84																																
Masa del suelo	138.51																																
Masa suelo seco + tara	134.09																																
Masa suelo seco	100.25																																
<b>Cálculo:</b>	Masa promedio calibrada del picnómetro seco, g: $M_p$																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">ENSAYOS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del picnómetro</td> <td>161.77</td> <td>161.77</td> <td>161.78</td> <td>161.78</td> <td>161.77</td> </tr> <tr> <td>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</td> <td colspan="4"></td> <td>0.005</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO DE RESULTADO</td> <td colspan="4"></td> <td>161.774</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ENSAYOS						1	2	3	4	5	Peso del picnómetro	161.77	161.77	161.78	161.78	161.77	DESVIACIÓN ESTÁNDAR					0.005	ok	PROMEDIO DE RESULTADO					161.774	
	ENSAYOS																																
	1	2	3	4	5																												
Peso del picnómetro	161.77	161.77	161.78	161.78	161.77																												
DESVIACIÓN ESTÁNDAR					0.005	ok																											
PROMEDIO DE RESULTADO					161.774																												
	Volumen promedio calibrado del picnómetro $V_p$																																
	La masa del picnómetro y agua a la temperatura de calibración $M_{pw,c}$																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">ENSAYOS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del picnómetro + agua destilada (g)</td> <td>652.67</td> <td>652.69</td> <td>652.73</td> <td>652.71</td> <td>652.7</td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>18.1</td> <td>18.4</td> <td>16.4</td> <td>18</td> <td>17.8</td> </tr> <tr> <td>Peso agua destilada</td> <td>490.9</td> <td>490.92</td> <td>490.95</td> <td>490.93</td> <td>490.93</td> </tr> </tbody> </table>		ENSAYOS						1	2	3	4	5	Peso del picnómetro + agua destilada (g)	652.67	652.69	652.73	652.71	652.7	Temperatura (°C)	18.1	18.4	16.4	18	17.8	Peso agua destilada	490.9	490.92	490.95	490.93	490.93		
	ENSAYOS																																
	1	2	3	4	5																												
Peso del picnómetro + agua destilada (g)	652.67	652.69	652.73	652.71	652.7																												
Temperatura (°C)	18.1	18.4	16.4	18	17.8																												
Peso agua destilada	490.9	490.92	490.95	490.93	490.93																												

**Tabla de corrección de temperatura**

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>B</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>B</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>B</sup>	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>B</sup>	Coefficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99771	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732
27,5	0,99638	0,99817	28,5	0,99609	0,99788	29,5	0,99580	0,99759	30,5	0,99550	0,99729
27,6	0,99635	0,99814	28,6	0,99607	0,99785	29,6	0,99577	0,99756	30,6	0,99547	0,99726
27,7	0,99632	0,99811	28,7	0,99604	0,99783	29,7	0,99574	0,99753	30,7	0,99544	0,99723
27,8	0,99629	0,99808	28,8	0,99601	0,99780	29,8	0,99571	0,99750	30,8	0,99541	0,99720
27,9	0,99627	0,99806	28,9	0,99598	0,99777	29,9	0,99568	0,99747	30,9	0,99538	0,99716

**Densidad de agua**

ENSAYOS					
	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	18.1	18.4	16.4	18	17.8
Densidad (g/ml)	0.99858	0.99852	0.99888	0.9986	0.99863

**Volumen promedio calibrado del picnómetro:**



$$V_p = \frac{(M_{pwc} - M_p)}{\rho_{w,c}}$$

ENSAYOS					
	1	2	3	4	5
Vp (ml)	491.5981	491.6476	491.5005	491.61827	491.6034968

DESVIACIÓN ESTÁNDAR 0.05 *ok*  
 PROMEDIO DE VOLUMEN 491.59359

Masa del picnómetro, agua y suelo (g) =	714.24						
Temperatura del picnómetro (°C) =	19.2						
Masa del suelo seco (g) :	100.25						
Masa del picnómetro + agua (g) :							
$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t})$							
$M_{pw,t}$	=	652.5663					
<b>Peso específico de los sólidos de suelo a la temperatura de ensayo</b>							
$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{(M_{pw,t} - (M_{pws,t} - M_s))}$							
$M_s$	=	100.25					
$M_{pw,t}$	=	652.5663					
$M_{pws,t}$	=	714.24					
$G_t$	=	2.598746					
<b>Gravedad específica de los sólidos de suelo a la a 20°C</b>							
$G_{20^\circ C} = K \times G_t$							
$K$	=	1.00016					
$G_{20^\circ C}$	=	<b>2.60</b>					

## ANEXO 12: Hidrometría

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>																																				
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.																																			
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)																																			
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta	<b>Ensayo:</b>	Hidrometría																																	
<b>Objetivo:</b>	El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión																																			
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 109	ASTM D 422-63																																		
<b>Datos iniciales</b>	Gs =	2.60	Peso inicial= 53.78 gr																																	
<b>Lectura sin corrección:</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo</th> <th>Lectura</th> <th>Temperatura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 min</td><td>40.0</td><td>20.0 °C</td></tr> <tr><td>2 min</td><td>38.0</td><td>20.0 °C</td></tr> <tr><td>5 min</td><td>37.5</td><td>19.6 °C</td></tr> <tr><td>15 min</td><td>36.0</td><td>19.2 °C</td></tr> <tr><td>30 min</td><td>34.0</td><td>19.2 °C</td></tr> <tr><td>60 min</td><td>32.5</td><td>17.8 °C</td></tr> <tr><td>120 min</td><td>31.0</td><td>17.4 °C</td></tr> <tr><td>250 min</td><td>29.5</td><td>16.4 °C</td></tr> <tr><td>1440 min</td><td>27.3</td><td>14.5 °C</td></tr> <tr><td>8640 min</td><td>24.5</td><td>13.7 °C</td></tr> </tbody> </table>			Tiempo	Lectura	Temperatura	1 min	40.0	20.0 °C	2 min	38.0	20.0 °C	5 min	37.5	19.6 °C	15 min	36.0	19.2 °C	30 min	34.0	19.2 °C	60 min	32.5	17.8 °C	120 min	31.0	17.4 °C	250 min	29.5	16.4 °C	1440 min	27.3	14.5 °C	8640 min	24.5	13.7 °C
Tiempo	Lectura	Temperatura																																		
1 min	40.0	20.0 °C																																		
2 min	38.0	20.0 °C																																		
5 min	37.5	19.6 °C																																		
15 min	36.0	19.2 °C																																		
30 min	34.0	19.2 °C																																		
60 min	32.5	17.8 °C																																		
120 min	31.0	17.4 °C																																		
250 min	29.5	16.4 °C																																		
1440 min	27.3	14.5 °C																																		
8640 min	24.5	13.7 °C																																		
<b>Corrección por menisco (Cm):</b>	Cm =	0.5	gr/litro																																	
<b>Corrección por temperatura (Ct):</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura</th> <th>Ct (gr/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20.0 °C</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>20.0 °C</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>19.6 °C</td><td>-0.120</td></tr> <tr><td>19.2 °C</td><td>-0.240</td></tr> <tr><td>19.2 °C</td><td>-0.240</td></tr> <tr><td>17.8 °C</td><td>-0.560</td></tr> <tr><td>17.4 °C</td><td>-0.680</td></tr> <tr><td>16.4 °C</td><td>-0.920</td></tr> <tr><td>14.5 °C</td><td>-1.450</td></tr> <tr><td>13.7 °C</td><td>-1.460</td></tr> </tbody> </table>			Temperatura	Ct (gr/L)	20.0 °C	0.000	20.0 °C	0.000	19.6 °C	-0.120	19.2 °C	-0.240	19.2 °C	-0.240	17.8 °C	-0.560	17.4 °C	-0.680	16.4 °C	-0.920	14.5 °C	-1.450	13.7 °C	-1.460											
Temperatura	Ct (gr/L)																																			
20.0 °C	0.000																																			
20.0 °C	0.000																																			
19.6 °C	-0.120																																			
19.2 °C	-0.240																																			
19.2 °C	-0.240																																			
17.8 °C	-0.560																																			
17.4 °C	-0.680																																			
16.4 °C	-0.920																																			
14.5 °C	-1.450																																			
13.7 °C	-1.460																																			

**Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (Cd):**

Tiempo	t'	Temperatura	Cm	Ct	Cd
1 min	6.0	20.0 °C	0.5	0.00000	6.50000
2 min	6.0	20.0 °C	0.5	0.00000	6.50000
5 min	6.0	19.6 °C	0.5	-0.12000	6.38000
15 min	6.0	19.2 °C	0.5	-0.24000	6.26000
30 min	6.0	19.2 °C	0.5	-0.24000	6.26000
60 min	6.0	17.8 °C	0.5	-0.56000	5.94000
120 min	6.0	17.4 °C	0.5	-0.68000	5.82000
250 min	6.0	16.4 °C	0.5	-0.92000	5.58000
1440 min	6.0	14.5 °C	0.5	-1.45000	5.05000
8640 min	6.0	13.7 °C	0.5	-1.46000	5.04000

**Cálculo de diámetro**

Tiempo	°T	R'	R=R'+Cm	L(cm)=f(R)	K=f(°T;Gs)	D(mm)=f(k;L;t)
1 min	20.0 °C	40.0	40.5	9.7	0.01386	0.04306
2 min	20.0 °C	38.0	38.5	10.0	0.01386	0.03099
5 min	19.6 °C	37.5	38.0	10.1	0.01393	0.01980
15 min	19.2 °C	36.0	36.5	10.3	0.01400	0.01160
30 min	19.2 °C	34.0	34.5	10.7	0.01400	0.00834
60 min	17.8 °C	32.5	33.0	10.9	0.01425	0.00607
120 min	17.4 °C	31.0	31.5	11.2	0.01432	0.00436
250 min	16.4 °C	29.5	30.0	11.4	0.01450	0.00310
1440 min	14.5 °C	27.3	27.8	11.7	0.01486	0.00134
8640 min	13.7 °C	24.5	25.0	12.2	0.01501	0.00056

**Cálculo de porcentaje de fino**

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{100 \times a}{W_o} \times (R - Cd \pm Ct)$$

W<sub>o</sub>= 53.78 g  
a= 1.01

Tiempo	D(mm)	% más fino
1 min	0.04306	63.85
2 min	0.03099	60.10
5 min	0.01980	59.61
15 min	0.01160	57.24
30 min	0.00834	53.49
60 min	0.00607	51.87
120 min	0.00436	49.50
250 min	0.00310	47.59
1440 min	0.00134	45.45
8640 min	0.00056	40.23

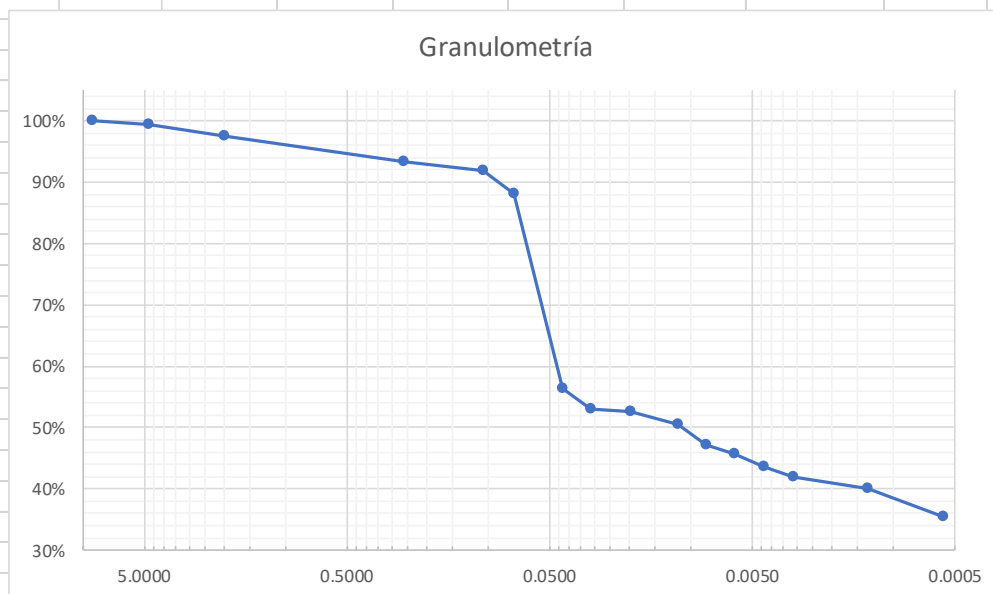
**Cálculo de porcentaje de fino respecto al suelo**

**Pasante de la malla N°200 = 88.11%**

Del ensayo de granulometría

Tiempo	D(mm)	% más fino	% acumulado que pasa
-	9.0000	-	100%
-	4.7600	-	99%
-	2.0000	-	98%
-	0.2600	-	93%
-	0.1060	-	92%
-	0.0750	-	88%
1 min	0.0431	63.85	56%
2 min	0.0310	60.10	53%
5 min	0.0198	59.61	53%
15 min	0.0116	57.24	50%
30 min	0.0083	53.49	47%
60 min	0.0061	51.87	46%
120 min	0.0044	49.50	44%
250 min	0.0031	47.59	42%
1440 min	0.0013	45.45	40%
8640 min	0.0006	40.23	35%

**Curva de granulometría**



# ANEXO 13: Clasificación AASHTO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta **Ensayo:** Clasificación AASHTO

---

**DESCRIPCIÓN:**  
ARCILLA: A-7-6 (36)

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
NTP 339.135                      ASTM D3282

**PROCEDIMIENTO**  
**CURVA DE GRANULOMETRÍA**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

Sieve Size (mm)	% Passing
10.000	100.00
4.75	98.00
2.0	94.00
0.85	92.00
0.425	88.00

LÍMITE LÍQUIDO = 63.09%

ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 35.80%

Más del 35% de la muestra pasa la malla N°200 (0.075 mm)

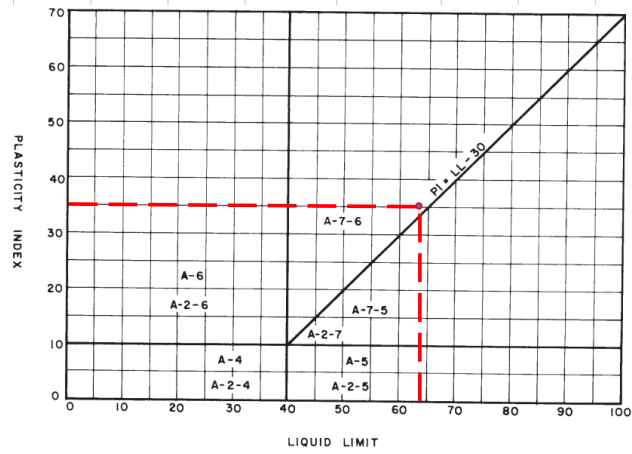
**TABLA GUÍA PARA CLASIFICAR**

General Classification	Granular Materials (35 % or less passing No. 200)							Silt-Clay Materials (More than 35 % passing No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Sieve analysis, % passing:											
No. 10 (2.00 mm)	50 max	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425 µm)	30 max	50 max	51 min	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75 µm)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing No. 40 (425 µm):											
Liquid limit	...	...	...	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plasticity index	6 max	...	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min <sup>A</sup>
Usual types of significant constituent materials	Stone Fragments, Gravel and Sand		Fine Sand	Silty or Clayey Gravel and Sand				Silty Soils		Clayey Soils	
General rating as subgrade	Excellent to Good							Fair to Poor			

<sup>A</sup> Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30 (see Fig. 1).  
 Reprinted with permission of American Association of State Highway and Transportation Officials.



CARTA DE PLASTICIDAD



NOTE: 1—A-2 soils contain less than 35% finer than 200 sieve.  
 FIG. 1 Liquid Limit and Plasticity Index Ranges for Silt-Clay Materials

ÍNDICE DE GRUPO

$$\text{Group index} = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$


F= 88.11  
 LL= 63.09  
 PI= 35.80

ÍNDICE DE GRUPO = 36


CLASIFICACIÓN DE SUELO

La muestra de suelo pertenece a un A-7-6 (36) o lo que es lo mismo: una arcilla de alta plasticidad

# ANEXO 14: Clasificación SUCS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



---

**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta **Ensayo:** Clasificación SUCS

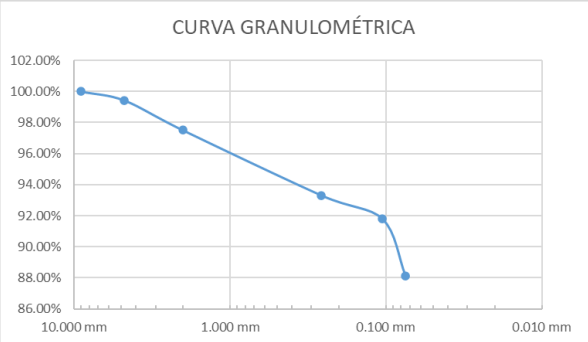
---

**DESCRIPCIÓN:**  
 ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

NTP 339.134	ASTM D2487
-------------	------------

**PROCEDIMIENTO**  
**CURVA DE GRANULOMETRÍA**

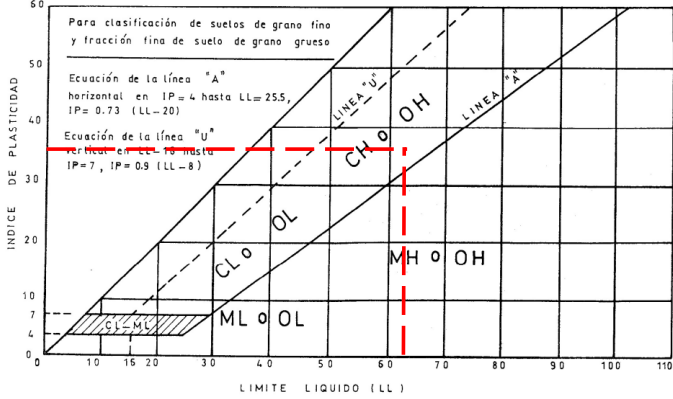


LÍMITE LÍQUIDO = 63%

ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 35.80%

*Más del 50% de la muestra pasa la malla N°200 (0.075 mm)*

**CARTA DE PLASTICIDAD**



**FIGURA 3 - CARTA DE PLASTICIDAD**

TABLA GUÍA PARA CLASIFICAR SUELOS

TABLA 1 CARTA PARA CLASIFICACION DE SUELOS

Criterios para Asignar Símbolo, Nombre utilizando ensayos de Laboratorio <sup>A</sup>				Clasificación del Suelo		
				Símbolo de Grupo	Nombre de Grupo <sup>B</sup>	
Suelos de Grano Grueso Más del 50% es retenido en la malla N° 200	Gravas Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	Gravas Limpias Menos del 5% de finos <sup>D</sup>	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ <sup>E</sup> $Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$ <sup>E</sup>	GW	Grava bien graduada <sup>F</sup>	
		Gravas con Finos Más del 12% de finos <sup>D</sup>	Los finos se clasifican como ML o MH Los finos se clasifican como CL o CH	GP	Grava pobremente graduada <sup>F</sup>	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	Arenas Limpias Menos del 5% de finos <sup>D</sup>	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ <sup>E</sup> $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$ <sup>E</sup>	SW	Arena bien graduada <sup>I</sup>	
		Arenas con finos Más del 12% de finos <sup>D</sup>	Los finos se clasifican como ML o MH Los finos se clasifican como CL o CH	SP	Arena pobremente graduada <sup>I</sup>	
Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla N° 200	Limos y Arcillas Límite Líquido $\leq 50$	inorgánicos	$IP \geq 7$ y cae en o sobre la línea "A" <sup>H</sup> $IP \geq 4$ y cae bajo la línea "A" <sup>H</sup>	CL	Arcilla de baja plasticidad <sup>K,L,M</sup>	
		orgánicos	Límite líquido - secado al horno $< 0.75$ Límite líquido - sin secado al horno $< 0.75$	OL	Arcilla orgánica <sup>K,L,M,N</sup> Limo orgánico <sup>K,L,M,O</sup>	
	Limos y Arcillas Límite Líquido $\geq 50$	inorgánicos	$IP$ cae en o sobre la línea "A" <sup>H</sup> $IP$ cae bajo la línea "A" <sup>H</sup>	CH	Arcilla de alta plasticidad <sup>K,L,M</sup>	
		orgánicos	Límite líquido - secado al horno $< 0.75$ Límite líquido - sin secado al horno $< 0.75$	OH	Limo elástico <sup>K,L,M</sup> Arcilla orgánica <sup>K,L,M,P</sup>	
	Suelos altamente orgánicos		Patrón de identificación principal, color oscuro y olor orgánico	PT	Turba	

FLUJOGRAMA GUÍA PARA CLASIFICAR SUELO





Figure 10.8 Flow chart for classifying fine-grained soils using the USCS.

CLASIFICACIÓN DE SUELO

La muestra de suelo pertenece a un CH o lo que es lo mismo: una arcilla de alta plasticidad

## ANEXO 15: Proctor modificado

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>							
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta			<b>Ensayo:</b>	Proctor modificado		
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 115		ASTM D 1557-07		NTP 339.141		
<b>Datos del molde</b>							
	1	2	3				
Altura de molde (cm)	11.181	11.174	11.184	<b>11.18</b>			
	1	2	3	4	5	6	
Diámetro superior del molde (cm)	10.644	10.664	10.649	10.654	10.66	10.59	<b>10.64</b>
	1	2	3	4	5	6	
Diámetro superior del molde (cm)	10.584	10.594	10.588	10.58	10.6	10.59	<b>10.59</b>
Volúmen de molde (cm <sup>3</sup> )	989.63						
Peso de molde (kg)	4127						
<b>Ensayo N° 1</b>							
<b>Cálculo</b>							
Peso del molde (kg)	4127						
Peso molde+muestra (g)	5617						
Peso de la muestra (g)	1490						
Densidad de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.51</b>						
<b>TARA</b>	<b>PESO TARA (g)</b>	<b>P. TARA+HÚMEDO</b>	<b>P. TARA+SECO</b>	<b>P.SUELO SECO</b>	<b>P.AGUA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
T-01	70.07	702.26	611.82	541.75	90.44	16.69%	
M-11	70.01	671.73	584.08	514.07	87.65	17.05%	
M-02	82.41	751.45	655.01	572.6	96.44	16.84%	
						<b>16.86%</b>	
DENSIDAD SECA			1.288 gr/cm <sup>3</sup>				

Ensayo N° 2						
Cálculo						
	Peso del molde (kg)	4127				
	Peso molde+muestra (g)	5831				
	Peso de la muestra (g)	1704				
	Densidad de la muestra (gr/cm3)	1.72				
TARA	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
M-2	86.65	452.77	388.54	301.89	64.23	21.28%
M-5	86.26	574.47	488.97	402.71	85.5	21.23%
S101	84.11	384.88	332.84	248.73	52.04	20.92%
						<b>21.14%</b>
			DENSIDAD SECA	1.421 gr/cm3		
Ensayo N° 3						
Cálculo						
	Peso del molde (kg)	4127				
	Peso molde+muestra (g)	5866				
	Peso de la muestra (g)	1739				
	Densidad de la muestra (gr/cm3)	1.76				
TARA	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
J-61	90.51	465.15	391.89	301.38	73.26	24.31%
M6	81.39	458.47	385.51	304.12	72.96	23.99%
T-10	78.92	422.81	357.58	278.66	65.23	23.41%
						<b>23.90%</b>
			DENSIDAD SECA	1.418 gr/cm3		
Ensayo N° 4						
Cálculo						
	Peso del molde (kg)	4127				
	Peso molde+muestra (g)	5807				
	Peso de la muestra (g)	1680				
	Densidad de la muestra (gr/cm3)	1.70				
						175

TARA	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
A-09	85.26	383.98	320.86	235.6	63.12	26.79%
D-02	69.06	469.95	385.19	316.13	84.76	26.81%
D22	72.4	428.77	354.04	281.64	74.73	26.53%

**26.71%**

DENSIDAD SECA 1.340 gr/cm3

### Ensayo N° 5

#### Cálculo

Peso del molde (kg)	4127
Peso molde+muestra (g)	5685
Peso de la muestra (g)	1558
Densidad de la muestra (gr/cm3)	<b>1.57</b>

TARA	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
K-11	80.5	328.81	282.15	257.04	46.66	18.15%
A-07	85.91	477.5	407.21	389.4	70.29	18.05%
M12	71.43	421.47	354.88	352.85	66.59	18.87%

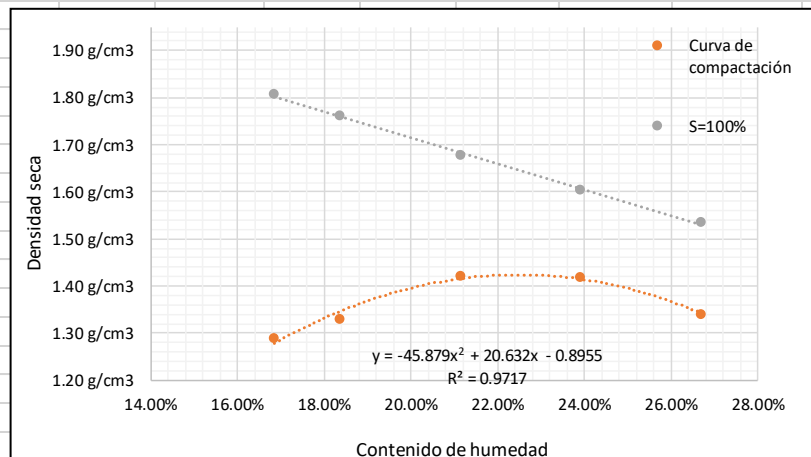
**18.36%**

DENSIDAD SECA 1.330 gr/cm3

### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS



ENSAYOS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)	S=100% (g/cm3)
1	16.86%	1.29	1.81
2	21.14%	1.42	1.68
3	23.90%	1.42	1.60
4	26.71%	1.34	1.53
5	18.36%	1.33	1.76

### Ploteo de resultados



CHO 22.49% DENSIDAD MÁXIMA 1.42

**ANEXO 16: CBR con 4 días de saturación**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> 						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>						
	MTC E 132	ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 4 DÍAS - Ensayo 1</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	15.01	42.55	37.51	22.5	5.04	22.40%
2	13.25	38.07	33.61	20.36	4.46	21.91%
3	11.54	34.4	30.17	18.63	4.23	22.71%
						<b>22.34%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	18.04	39.41	35.39	17.35	4.02	23.17%
2	14.57	37.66	33.45	18.88	4.21	22.30%
3	15.08	46.19	40.37	25.29	5.82	23.01%
						<b>22.83%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	15.8	45.1	39.82	24.02	5.28	21.98%
2	14.83	38.07	34.07	19.24	4	20.79%
3	17.34	42.01	37.82	20.48	4.19	20.46%
						<b>21.08%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
7/11/2022	01:30 P.M.	0	10.18	-	-	
11/11/2022	01:30 P.M.	96	18.08	7.9	<b>6.22%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
7/11/2022	2:20 P.M.	0	16.4	-	-
11/11/2022	2:20 P.M.	96	21.96	5.56	<b>4.38%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

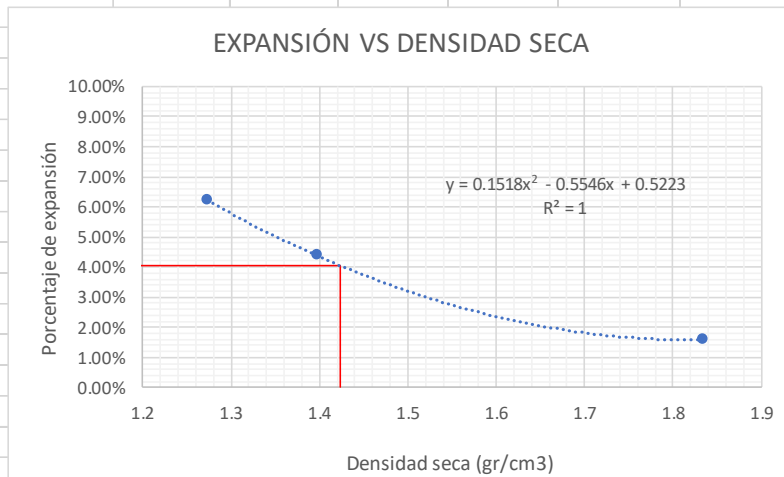
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
7/11/2022	3:30 P.M.	0	5.82	-	-
11/11/2022	3:30 P.M.	96	7.82	2	<b>1.57%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8187	8399	8143
Peso molde +suelo húmedo (g)	11527	12012	12828
Peso suelo húmedo (g)	3340	3613	4685
Altura (cm)	11.662	11.627	11.638
Diámetro (cm)	15.298	15.184	15.192
Volumen (cm3)	2143.543	2105.377	2109.5904
Densidad humedad (g/cm3)	1.558168	1.716082	2.2208103
Contenido de humedad (%)	22.34%	22.83%	21.08%
Densidad seca (g/cm3)	1.273668	1.397151	1.8342147

**Datos del ensayo de penetración**

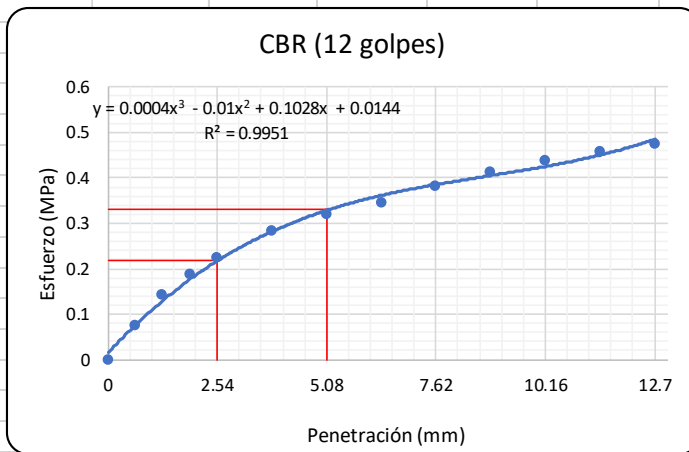
Diámetro del pistón 4.95 cm



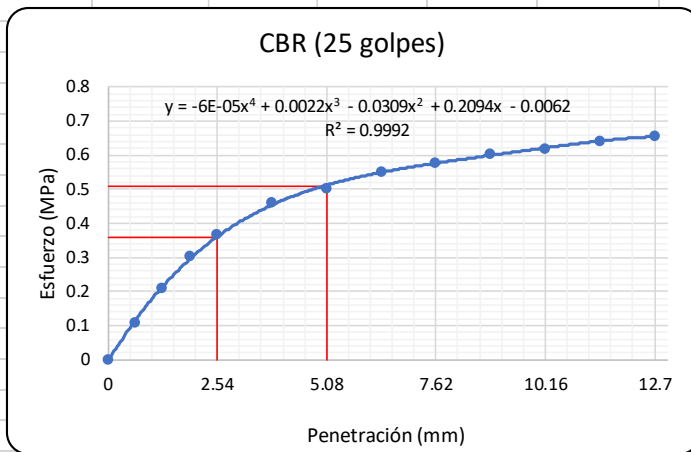
DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	4.04%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	4.98%



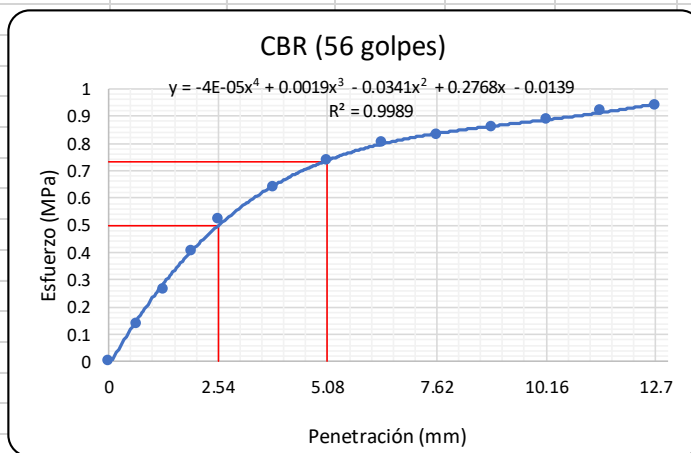
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.12	0.1438	0.00193	0.07463	-	-		
1.27	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	-	-		
1.91	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
2.54	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	6.9	3.261%	0.218	3.153%
3.81	0.52	0.5435	0.00193	0.28205	-	-		
5.08	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	10.35	3.076%	0.331	3.198%
6.35	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
7.62	0.71	0.7334	0.00193	0.38057	-	-		
8.89	0.77	0.7933	0.00193	0.41168	-	-		
10.16	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		
11.43	0.86	0.8832	0.00193	0.45834	-	-		
12.7	0.89	0.9132	0.00193	0.47390	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	-	-		
1.27	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
1.91	0.56	0.5835	0.00193	0.30279	-	-		
2.54	0.68	0.7034	0.00193	0.36501	6.9	5.290%	0.360	5.216%
3.81	0.86	0.8832	0.00193	0.45834	-	-		
5.08	0.94	0.9632	0.00193	0.49982	10.35	4.829%	0.509	4.914%
6.35	1.04	1.0631	0.00193	0.55167	-	-		
7.62	1.09	1.1130	0.00193	0.57759	-	-		
8.89	1.14	1.1630	0.00193	0.60352	-	-		
10.16	1.17	1.1930	0.00193	0.61907	-	-		
11.43	1.21	1.2329	0.00193	0.63981	-	-		
12.7	1.24	1.2629	0.00193	0.65536	-	-		

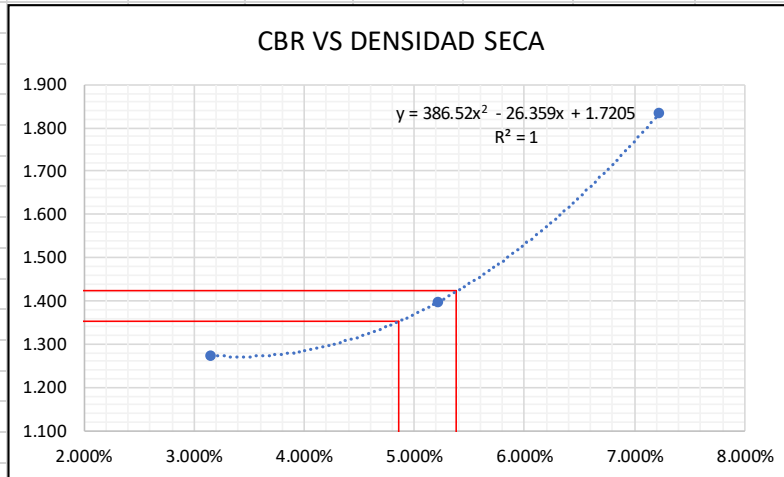


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
1.27	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	-	-		
1.91	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		
2.54	0.98	1.0031	0.00193	0.52056	6.9	7.544%	0.499	7.227%
3.81	1.21	1.2329	0.00193	0.63981	-	-		
5.08	1.4	1.4227	0.00193	0.73832	10.35	7.134%	0.735	7.098%
6.35	1.52	1.5426	0.00193	0.80053	-	-		
7.62	1.58	1.6026	0.00193	0.83164	-	-		
8.89	1.63	1.6525	0.00193	0.85756	-	-		
10.16	1.69	1.7125	0.00193	0.88867	-	-		
11.43	1.75	1.7724	0.00193	0.91977	-	-		
12.7	1.79	1.8124	0.00193	0.94051	-	-		





Relación CBR - DENSIDAD SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	3.153%	1.274
25 GOLPES	5.216%	1.397
56 GOLPES	7.227%	1.834



DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm <sup>3</sup>
CBR (100% DENSIDAD SECA)	5.38%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	4.86%

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>					
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR	
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 132		ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 4 DÍAS - Ensayo 2</b>							
<b>Datos del ensayo</b>							
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	18.24	49.41	43.58	25.34	5.83	23.01%	
2	20.54	49.11	43.8	23.26	5.31	22.83%	
3	24.04	52.07	47.22	23.18	4.85	20.92%	
						<b>22.25%</b>	
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	25.22	42.12	39.1	13.88	3.02	21.76%	
2	24.07	46.27	42.08	18.01	4.19	23.26%	
3	19.27	39.55	35.89	16.62	3.66	22.02%	
						<b>22.35%</b>	
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	28.71	59.22	53.89	25.18	5.33	21.17%	
2	20.55	49.27	43.82	23.27	5.45	23.42%	
3	24.07	51.07	46.24	22.17	4.83	21.79%	
						<b>22.12%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		
9/01/2023	10:00 A.M.	0	0.12	-	-		
13/01/2023	10:00 A.M.	96	9.22	9.1	7.17%		
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES</b>							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		
9/01/2023	2:15 P.M.	0	1.2	-	-		
13/01/2023	2:15 P.M.	96	7.51	6.31	4.97%		

EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES

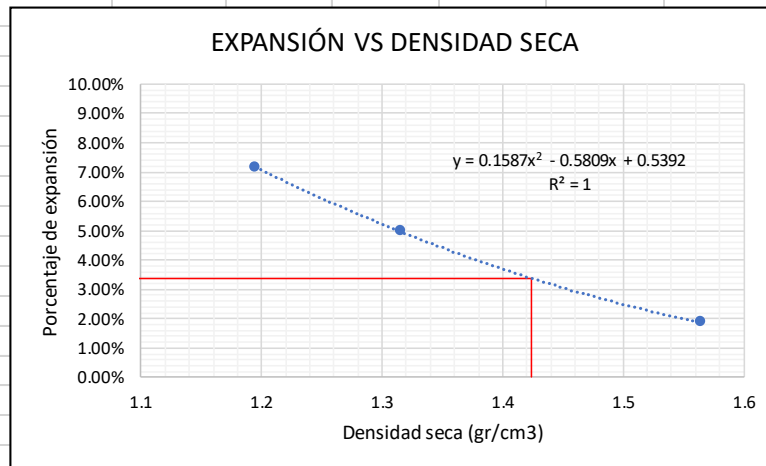
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
9/01/2023	3:45 P.M.	0	2.2	-	-
13/01/2023	3:45 P.M.	96	4.59	2.39	1.88%

Datos del molde

Muestra N°	1	2	3
N°de capas	5	5	5
N°de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8227	8522	8551
Peso molde +suelo húmedo (g)	11328	11927	12589
Peso suelo húmedo (g)	3101	3405	4038
Altura (cm)	11.627	11.68	11.654
Diámetro (cm)	15.247	15.188	15.197
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.884	2116.089	2113.8814
Densidad humedad (g/cm <sup>3</sup> )	1.460748	1.609101	1.9102301
Contenido de humedad (%)	22.25%	22.35%	22.12%
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.194856	1.315182	1.5641619

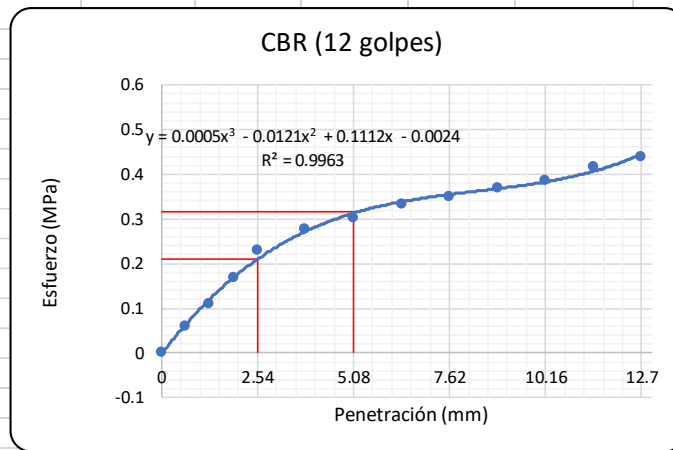
Datos del ensayo de penetración

Diámetro del pistón 4.95 cm

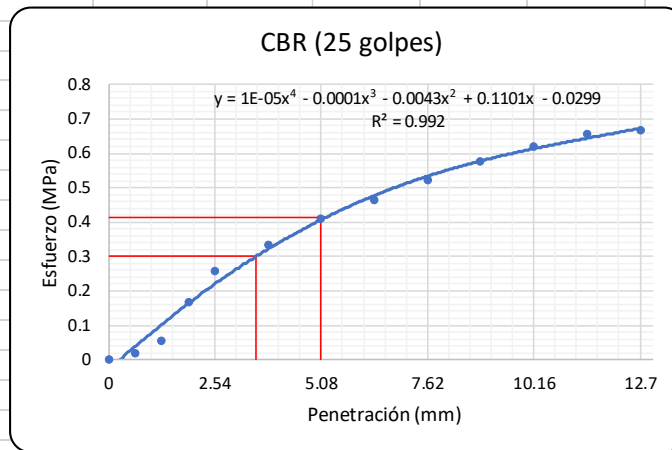


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	3.38%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	4.38%

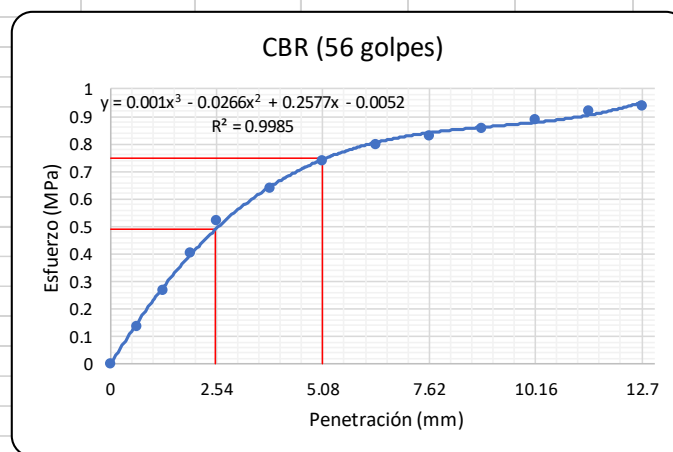
25 GOLPES					Datos respecto de piedra		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.09	0.1138	0.00193	0.05908	-	-		
1.27	0.19	0.2138	0.00193	0.11093	-	-		
1.91	0.3	0.3237	0.00193	0.16797	-	-		
2.54	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	6.9	3.336%	0.210	3.046%
3.81	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		
5.08	0.56	0.5835	0.00193	0.30279	10.35	2.926%	0.316	3.051%
6.35	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
7.62	0.65	0.6734	0.00193	0.34946	-	-		
8.89	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	-	-		
10.16	0.72	0.7433	0.00193	0.38575	-	-		
11.43	0.78	0.8033	0.00193	0.41686	-	-		
12.7	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.01	0.0339	0.00193	0.01759	-	-		
1.27	0.08	0.1039	0.00193	0.05389	-	-		
1.91	0.3	0.3237	0.00193	0.16797	-	-		
2.54	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	6.9	3.712%	0.302	4.370%
3.81	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
5.08	0.77	0.7933	0.00193	0.41168	10.35	3.978%	0.412	3.981%
6.35	0.87	0.8932	0.00193	0.46353	-	-		
7.62	0.98	1.0031	0.00193	0.52056	-	-		
8.89	1.09	1.1130	0.00193	0.57759	-	-		
10.16	1.17	1.1930	0.00193	0.61907	-	-		
11.43	1.24	1.2629	0.00193	0.65536	-	-		
12.7	1.26	1.2829	0.00193	0.66573	-	-		

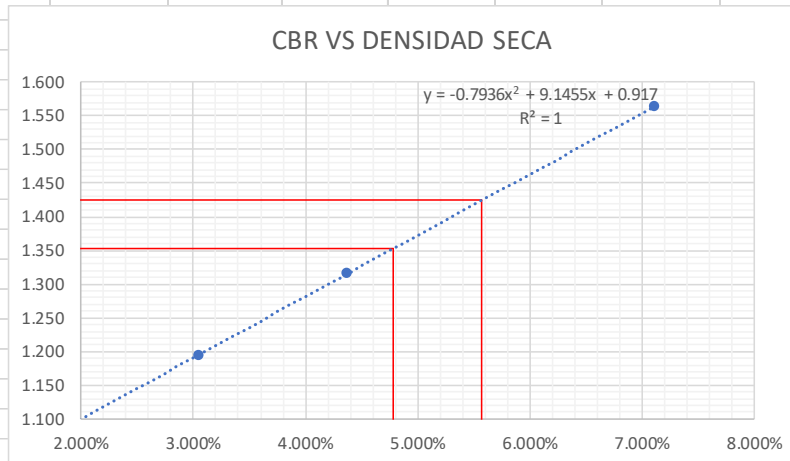


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
1.27	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	-	-		
1.91	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		
2.54	0.98	1.0031	0.00193	0.52056	6.9	7.544%	0.491	7.120%
3.81	1.21	1.2329	0.00193	0.63981	-	-		
5.08	1.4	1.4227	0.00193	0.73832	10.35	7.134%	0.749	7.232%
6.35	1.52	1.5426	0.00193	0.80053	-	-		
7.62	1.58	1.6026	0.00193	0.83164	-	-		
8.89	1.63	1.6525	0.00193	0.85756	-	-		
10.16	1.69	1.7125	0.00193	0.88867	-	-		
11.43	1.75	1.7724	0.00193	0.91977	-	-		
12.7	1.79	1.8124	0.00193	0.94051	-	-		





Relación CBR - DENSIDA SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	3.046%	1.195
25 GOLPES	4.370%	1.315
56 GOLPES	7.120%	1.564



DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
CBR (100% DENSIDAD SECA)	5.57%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	4.79%



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>					
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR	
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>							
	MTC E 132		ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 4 DÍAS - ENSAYO 3</b>							
<b>Datos del ensayo</b>							
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	25.27	65.22	58.24	32.97	6.98	21.17%	
2	21.24	62.17	54.87	33.63	7.3	21.71%	
3	19.27	58.71	51.87	32.6	6.84	20.98%	
						<b>21.29%</b>	
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	28.47	57.54	52.24	23.77	5.3	22.30%	
2	24.22	59.24	52.95	28.73	6.29	21.89%	
3	20.76	60.04	53.07	32.31	6.97	21.57%	
						<b>21.92%</b>	
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	19.57	57.22	50.71	31.14	6.51	20.91%	
2	27.2	64.43	57.94	30.74	6.49	21.11%	
3	21.44	61.11	54.2	32.76	6.91	21.09%	
						<b>21.04%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		
24/07/2023	11:00 A.M.	0	1.08	-	-		
28/07/2023	11:00 A.M.	96	7.94	6.86	5.40%		

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
24/07/2023	1:00 P.M.	0	2.15	-	-
28/07/2023	1:00 P.M.	96	7.87	5.72	<b>4.50%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

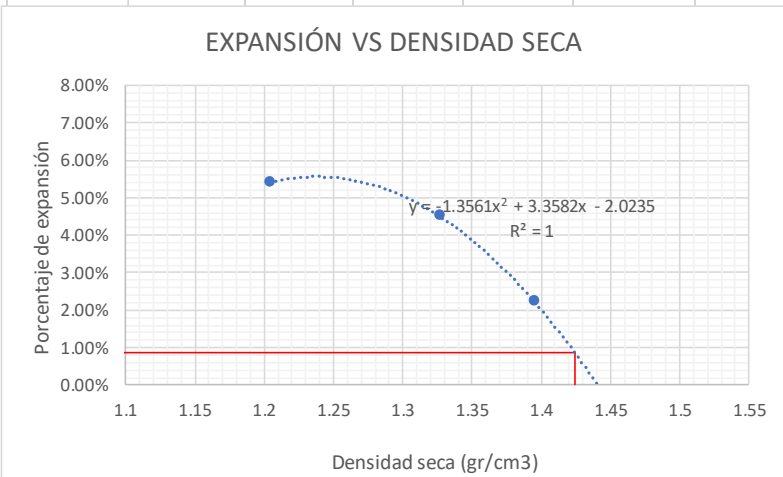
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
24/07/2023	4:15 P.M.	0	1.5	-	-
28/07/2023	4:15 P.M.	96	4.33	2.83	<b>2.23%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N°de capas	5	5	5
N°de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8192	8427	8277
Peso molde +suelo húmedo (g)	11254	11854	11829
Peso suelo húmedo (g)	3062	3427	3552
Altura (cm)	11.557	11.62	11.583
Diámetro (cm)	15.198	15.238	15.207
Volumen (cm3)	2096.563	2119.102	2103.7689
Densidad humedad (g/cm3)	1.460486	1.617194	1.6883984
Contenido de humedad (%)	21.29%	21.92%	21.04%
Densidad seca (g/cm3)	1.204163	1.326429	1.3949442

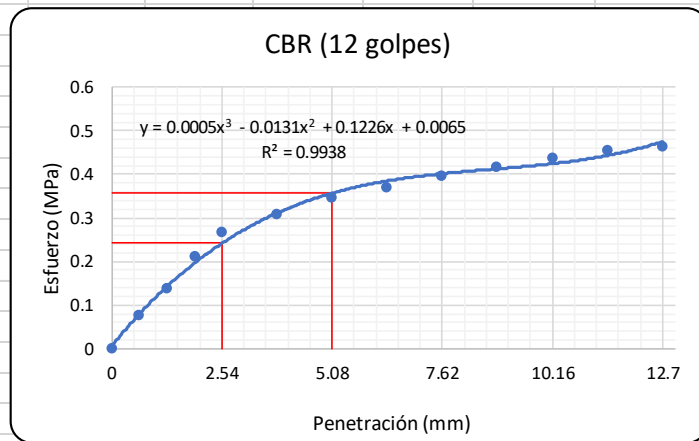
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

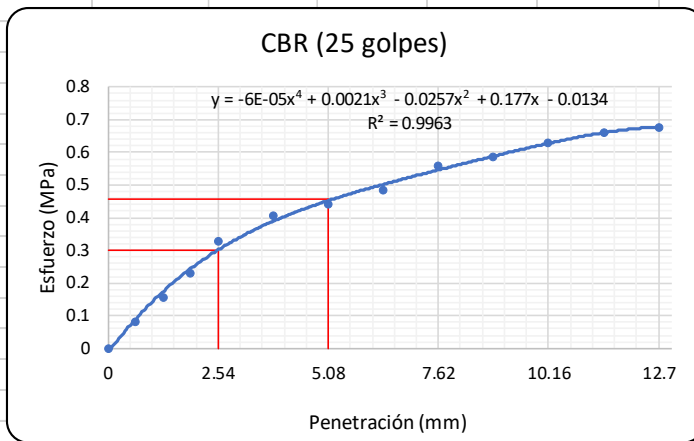


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	0.87%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	3.77%

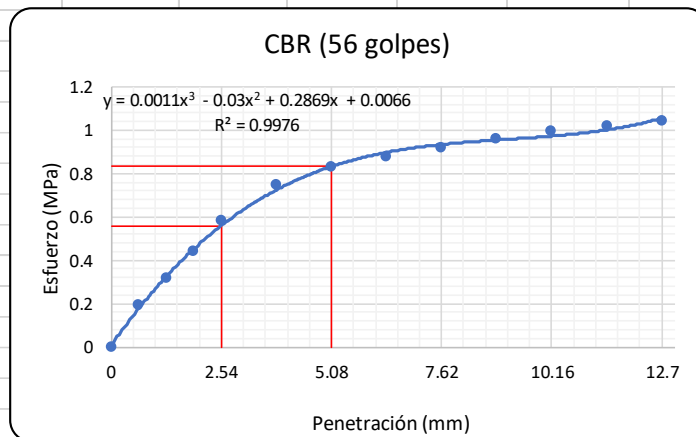
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.12	0.1438	0.00193	0.07463	-	-		
1.27	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
1.91	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
2.54	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	6.9	3.862%	0.242	3.501%
3.81	0.57	0.5935	0.00193	0.30797	-	-		
5.08	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	10.35	3.326%	0.357	3.447%
6.35	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	-	-		
7.62	0.74	0.7633	0.00193	0.39612	-	-		
8.89	0.78	0.8033	0.00193	0.41686	-	-		
10.16	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		
11.43	0.85	0.8732	0.00193	0.45316	-	-		
12.7	0.87	0.8932	0.00193	0.46353	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.27	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
1.91	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	-	-		
2.54	0.61	0.6334	0.00193	0.32872	6.9	4.764%	0.302	4.381%
3.81	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		
5.08	0.83	0.8533	0.00193	0.44279	10.35	4.278%	0.458	4.424%
6.35	0.91	0.9332	0.00193	0.48427	-	-		
7.62	1.05	1.0731	0.00193	0.55685	-	-		
8.89	1.11	1.1330	0.00193	0.58796	-	-		
10.16	1.19	1.2129	0.00193	0.62944	-	-		
11.43	1.25	1.2729	0.00193	0.66055	-	-		
12.7	1.28	1.3029	0.00193	0.67610	-	-		

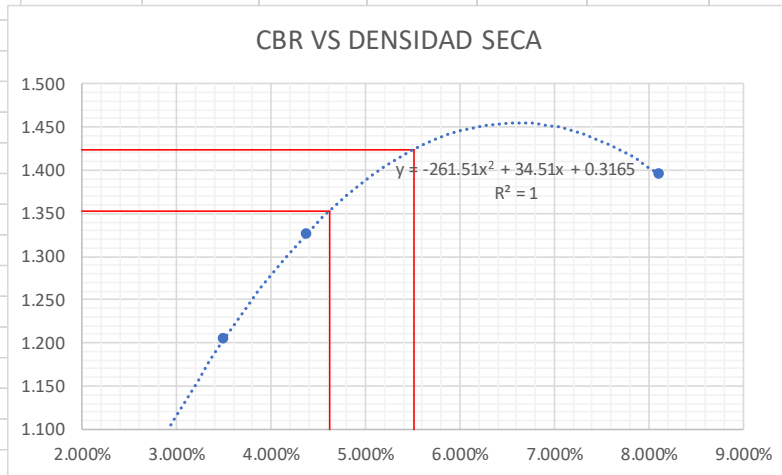


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
1.27	0.58	0.6035	0.00193	0.31316	-	-		
1.91	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		
2.54	1.1	1.1230	0.00193	0.58278	6.9	8.446%	0.560	8.113%
3.81	1.42	1.4427	0.00193	0.74869	-	-		
5.08	1.57	1.5926	0.00193	0.82645	10.35	7.985%	0.834	8.059%
6.35	1.67	1.6925	0.00193	0.87830	-	-		
7.62	1.74	1.7624	0.00193	0.91459	-	-		
8.89	1.82	1.8423	0.00193	0.95606	-	-		
10.16	1.89	1.9123	0.00193	0.99235	-	-		
11.43	1.94	1.9622	0.00193	1.01827	-	-		
12.7	1.98	2.0022	0.00193	1.03901	-	-		





Relación CBR - DENSIDA SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	3.501%	1.204
25 GOLPES	4.381%	1.326
56 GOLPES	8.113%	1.395



DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm <sup>3</sup>
CBR (100% DENSIDAD SECA)	5.51%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	4.62%

## ANEXO 17: CBR con 8 días de saturación

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta			<b>Ensayo:</b>	CBR	
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 132	ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 8 DÍAS - ENSAYO 1</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	15.8	44.24	39.21	23.41	5.03	21.49%
2	18.25	37.07	33.54	15.29	3.53	23.09%
3	17.72	49.81	43.88	26.16	5.93	22.67%
						<b>22.41%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	17.37	38.44	34.74	17.37	3.7	21.30%
2	15.54	48.28	42.72	27.18	5.56	20.46%
3	17.22	41.07	36.82	19.6	4.25	21.68%
						<b>21.15%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	18.24	42.22	38.01	19.77	4.21	21.29%
2	17.51	38.07	34.54	17.03	3.53	20.73%
3	18.81	38.48	35.28	16.47	3.2	19.43%
						<b>20.48%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
17/11/2022	10:15 A.M.	0	5.28	-	-	
25/11/2022	10:15 A.M.	192	16.88	11.6	<b>9.13%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
17/11/2022	10:25 A.M.	0	11.82	-	-	
25/11/2022	10:25 A.M.	192	21.2	9.38	<b>7.39%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

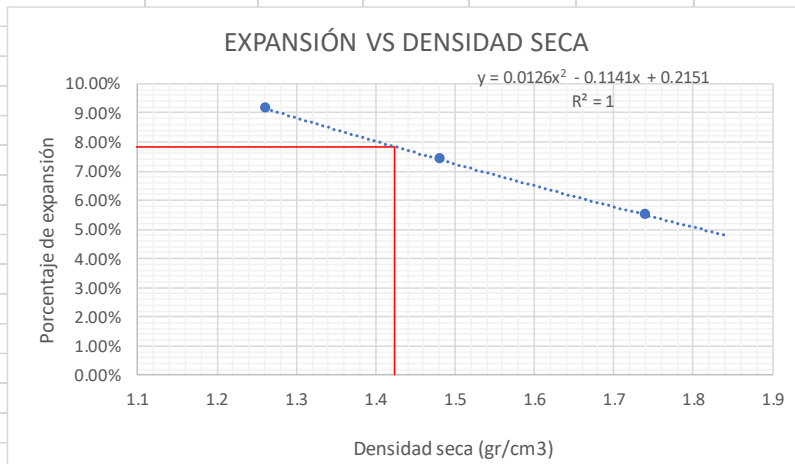
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
17/11/2022	10:45 A.M.	0	7.92	-	-
25/11/2022	10:45 A.M.	192	14.89	6.97	5.49%

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N°de capas	5	5	5
N°de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8399	8187	6705
Peso molde +suelo húmedo (g)	11638	11980	11117
Peso suelo húmedo (g)	3239	3793	4412
Altura (cm)	11.58	11.607	11.582
Diámetro (cm)	15.185	15.224	15.208
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2097.143	2112.844	2103.8639
Densidad humedad (g/cm <sup>3</sup> )	1.544482	1.795211	2.0970938
Contenido de humedad (%)	22.41%	21.15%	20.48%
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.261689	1.481845	1.7405565

**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm



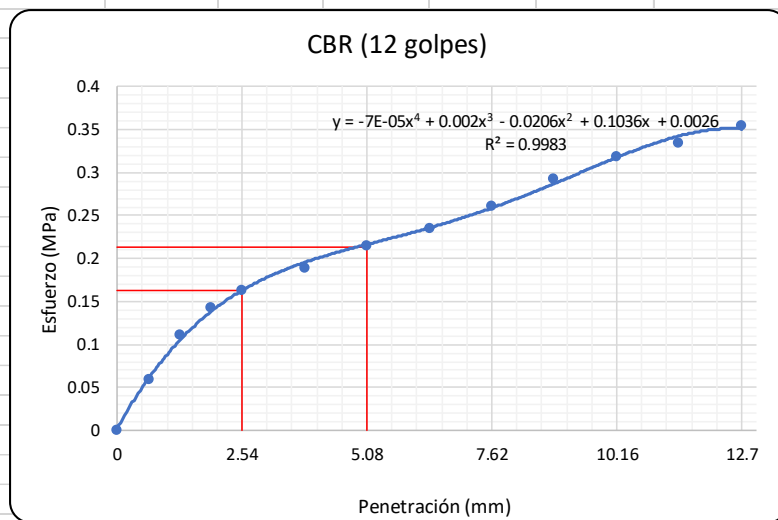
DENSIDAD MÁXIMA 1.42 gr/cm<sup>3</sup>

DENSIDAD 95% 1.35 gr/cm<sup>3</sup>

EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA) 7.82%

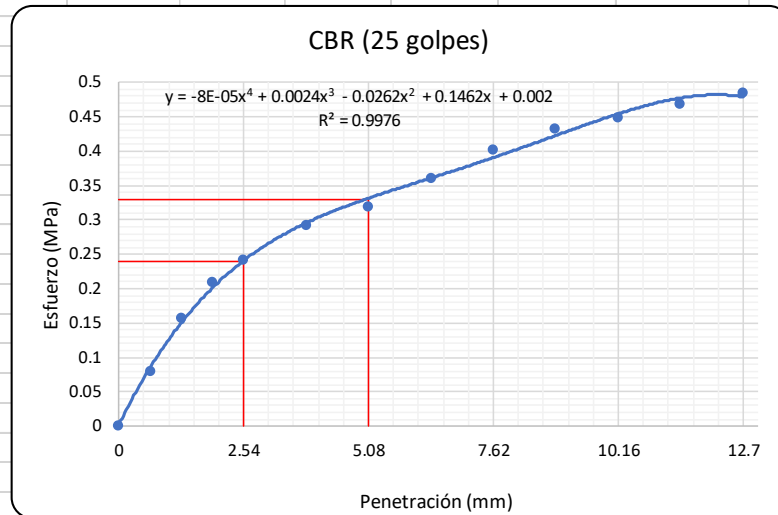
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA) 8.38%

12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.09	0.1138	0.00193	0.05908	-	-		
1.27	0.19	0.2138	0.00193	0.11093	-	-		
1.91	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	-	-		
2.54	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	6.9	2.359%	0.163	2.358%
3.81	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
5.08	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	10.35	2.074%	0.213	2.057%
6.35	0.43	0.4536	0.00193	0.23538	-	-		
7.62	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
8.89	0.54	0.5635	0.00193	0.29242	-	-		
10.16	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	-	-		
11.43	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
12.7	0.66	0.6834	0.00193	0.35464	-	-		

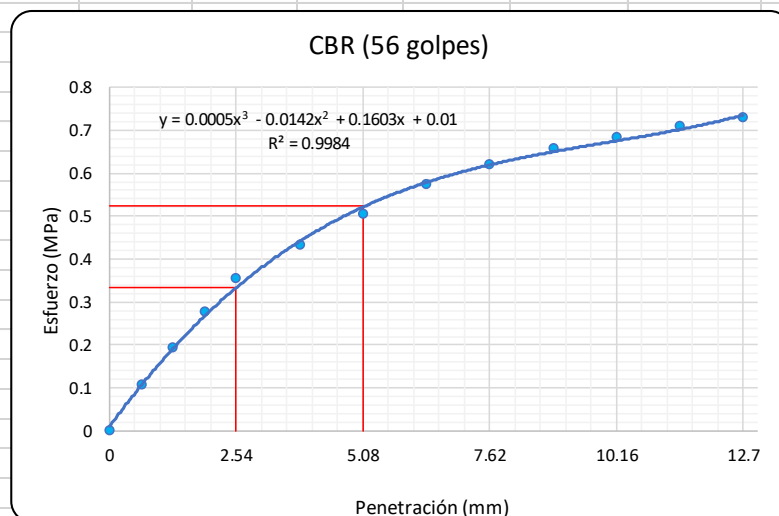


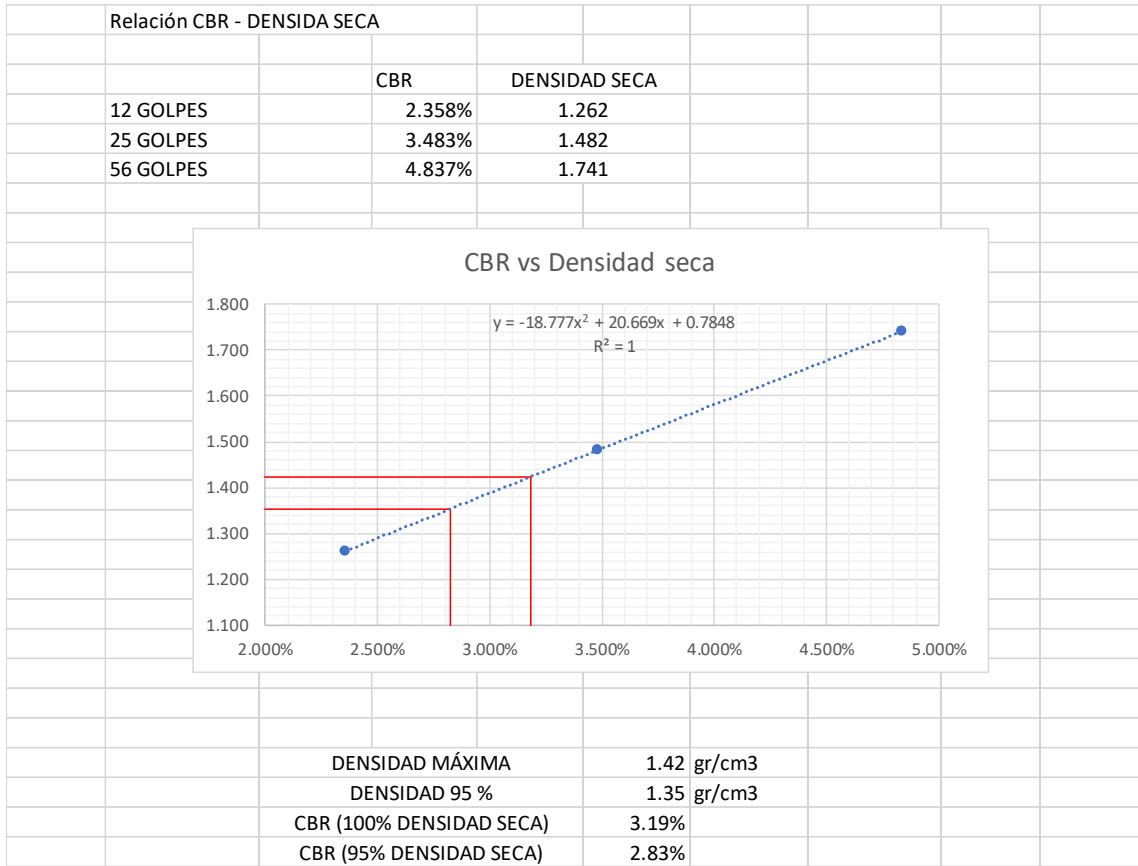
25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.27	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
1.91	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
2.54	0.44	0.4636	0.00193	0.24057	6.9	3.486%	0.240	3.483%
3.81	0.54	0.5635	0.00193	0.29242	-	-		
5.08	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	10.35	3.076%	0.330	3.188%
6.35	0.67	0.6934	0.00193	0.35983	-	-		
7.62	0.75	0.7733	0.00193	0.40131	-	-		
8.89	0.81	0.8333	0.00193	0.43242	-	-		
10.16	0.84	0.8632	0.00193	0.44797	-	-		
11.43	0.88	0.9032	0.00193	0.46871	-	-		
12.7	0.91	0.9332	0.00193	0.48427	-	-		





56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	-	-		
1.27	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	-	-		
1.91	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		
2.54	0.66	0.6834	0.00193	0.35464	6.9	5.140%	0.334	4.837%
3.81	0.81	0.8333	0.00193	0.43242	-	-		
5.08	0.95	0.9732	0.00193	0.50501	10.35	4.879%	0.523	5.057%
6.35	1.08	1.1030	0.00193	0.57241	-	-		
7.62	1.17	1.1930	0.00193	0.61907	-	-		
8.89	1.24	1.2629	0.00193	0.65536	-	-		
10.16	1.29	1.3128	0.00193	0.68129	-	-		
11.43	1.34	1.3628	0.00193	0.70721	-	-		
12.7	1.38	1.4028	0.00193	0.72795	-	-		







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta

**Ensayo:** CBR

**Objetivo:**

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Referencias normativas:**

MTC E 132

ASTM D 1883

**CBR A LOS 8 DÍAS - ENSAYO 2**

**Datos del ensayo**

*Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	25.22	57.16	51.37	26.15	5.79	22.14%
2	21.49	49.34	44.09	22.6	5.25	23.23%
3	19.77	52.44	46.57	26.8	5.87	21.90%
						<b>22.42%</b>

*Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	28.07	61.01	55.08	27.01	5.93	21.95%
2	20.43	58	51.09	30.66	6.91	22.54%
3	21.47	51.71	46.28	24.81	5.43	21.89%
						<b>22.13%</b>

*Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.67	61	54.07	31.4	6.93	22.07%
2	27.07	52.44	47.91	20.84	4.53	21.74%
3	24.66	58.07	52.26	27.6	5.81	21.05%
						<b>21.62%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
16/01/2023	9:15 A.M.	0	1.1	-	-
24/01/2023	9:15 A.M.	192	14.38	13.28	<b>10.46%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
16/01/2023	10:25 A.M.	0	2.2	-	-
24/01/2023	10:25 A.M.	192	11.32	9.12	<b>7.18%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

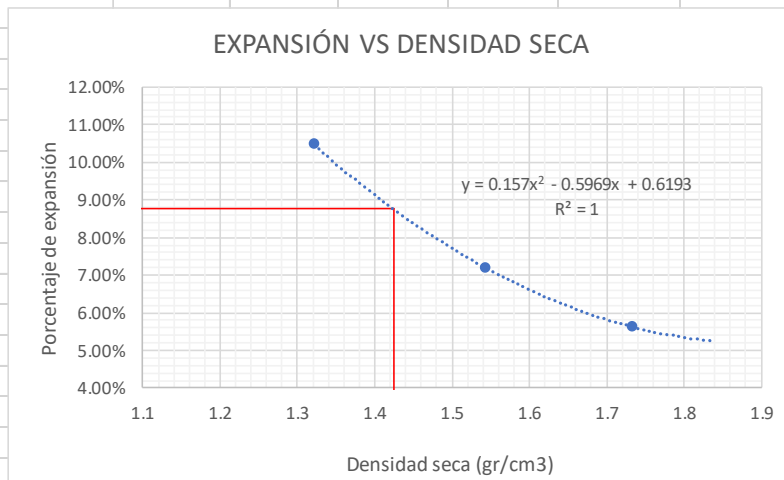
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
16/01/2023	11:25 A.M.	0	1.8	-	-
24/01/2023	11:25 A.M.	192	8.94	7.14	5.62%

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8287	8520	8127
Peso molde +suelo húmedo (g)	11827	12572	12629
Peso suelo húmedo (g)	3540	4052	4502
Altura (cm)	11.928	11.828	11.908
Diámetro (cm)	15.282	15.207	15.109
Volumen (cm3)	2187.852	2148.267	2135.0112
Densidad humedad (g/cm3)	1.618025	1.886171	2.1086541
Contenido de humedad (%)	22.42%	22.13%	21.62%
Densidad seca (g/cm3)	1.321648	1.544444	1.7338157

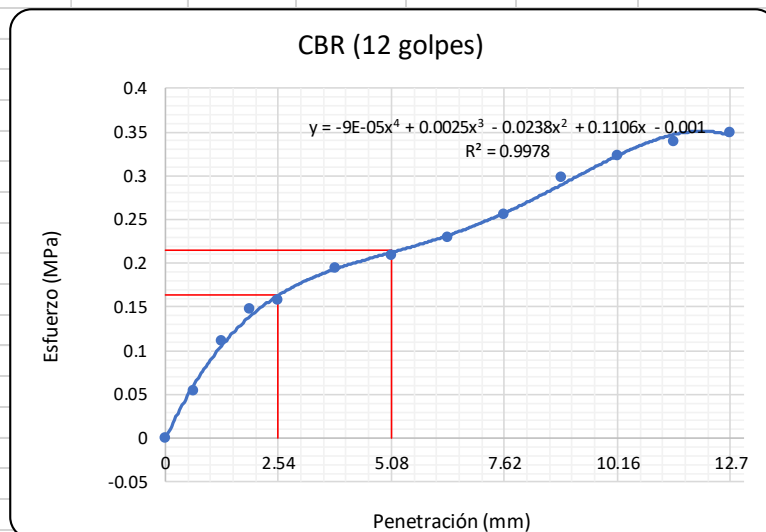
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

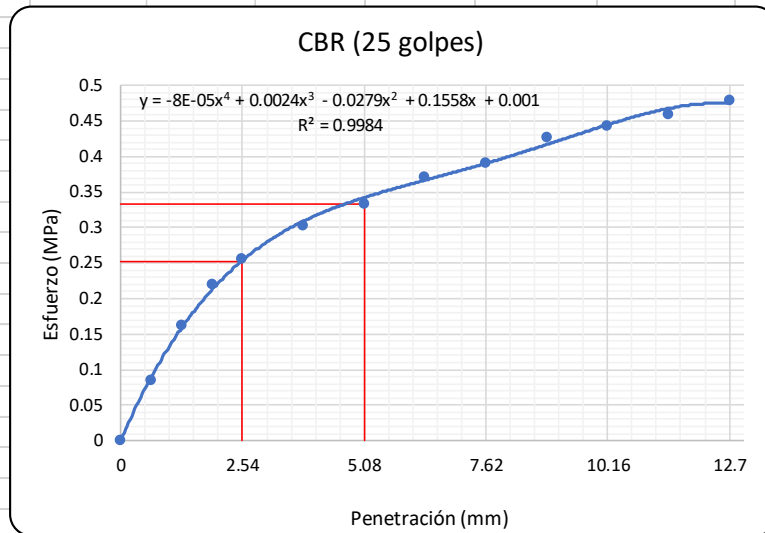


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	8.77%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	9.91%

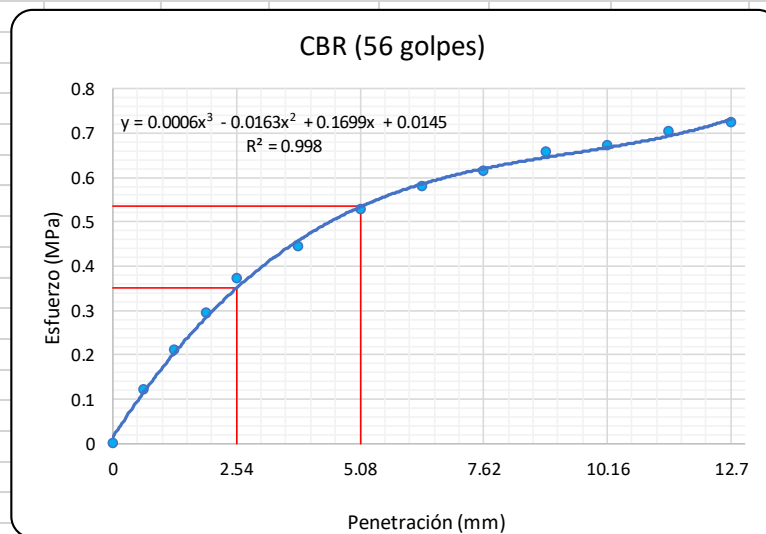
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.08	0.1039	0.00193	0.05389	-	-		
1.27	0.19	0.2138	0.00193	0.11093	-	-		
1.91	0.26	0.2837	0.00193	0.14723	-	-		
2.54	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	6.9	2.284%	0.164	2.371%
3.81	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	-	-		
5.08	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	10.35	2.024%	0.214	2.072%
6.35	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	-	-		
7.62	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	-	-		
8.89	0.55	0.5735	0.00193	0.29760	-	-		
10.16	0.6	0.6234	0.00193	0.32353	-	-		
11.43	0.63	0.6534	0.00193	0.33909	-	-		
12.7	0.65	0.6734	0.00193	0.34946	-	-		

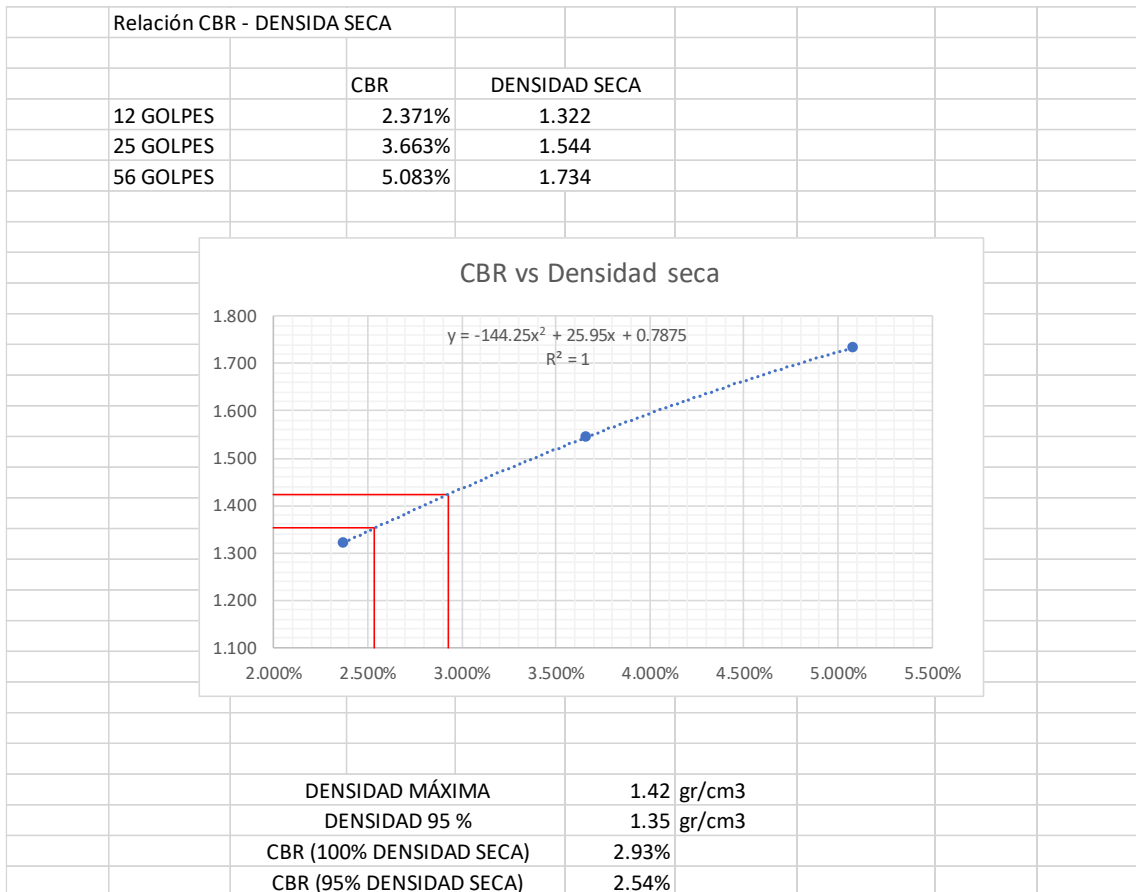




25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.27	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
1.91	0.4	0.4236	0.00193	0.21983	-	-		
2.54	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	6.9	3.712%	0.253	3.663%
3.81	0.56	0.5835	0.00193	0.30279	-	-		
5.08	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	10.35	3.226%	0.334	3.225%
6.35	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	-	-		
7.62	0.73	0.7533	0.00193	0.39094	-	-		
8.89	0.8	0.8233	0.00193	0.42723	-	-		
10.16	0.83	0.8533	0.00193	0.44279	-	-		
11.43	0.86	0.8832	0.00193	0.45834	-	-		
12.7	0.9	0.9232	0.00193	0.47908	-	-		



56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (kN)	Corrección de Lectura (kN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.21	0.2338	0.00193	0.12130	-	-		
1.27	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
1.91	0.54	0.5635	0.00193	0.29242	-	-		
2.54	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	6.9	5.365%	0.351	5.083%
3.81	0.83	0.8533	0.00193	0.44279	-	-		
5.08	0.99	1.0131	0.00193	0.52574	10.35	5.080%	0.536	5.175%
6.35	1.09	1.1130	0.00193	0.57759	-	-		
7.62	1.16	1.1830	0.00193	0.61389	-	-		
8.89	1.24	1.2629	0.00193	0.65536	-	-		
10.16	1.27	1.2929	0.00193	0.67092	-	-		
11.43	1.33	1.3528	0.00193	0.70203	-	-		
12.7	1.37	1.3928	0.00193	0.72276	-	-		





		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b>					
		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>							
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta			<b>Ensayo:</b>	CBR		
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>							
	MTC E 132	ASTM D 1883					
<b>CBR A LOS 8 DÍAS - ENSAYO 3</b>							
<b>Datos del ensayo</b>							
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	22.81	66.27	58.58	35.77	7.69	21.50%	
2	21.47	59.2	52.51	31.04	6.69	21.55%	
3	26.49	57.77	52.26	25.77	5.51	21.38%	
						<b>21.48%</b>	
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	27.24	57.14	51.58	24.34	5.56	22.84%	
2	26.18	67.04	59.55	33.37	7.49	22.45%	
3	20.44	54.85	48.55	28.11	6.3	22.41%	
						<b>22.57%</b>	
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>							
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD	
1	22.43	58.24	51.95	29.52	6.29	21.31%	
2	28.52	59.66	54.28	25.76	5.38	20.89%	
3	27.25	51.78	47.58	20.33	4.2	20.66%	
						<b>20.95%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		
14/08/2023	9:15 A.M.	0	1.88	-	-		
22/08/2023	9:15 A.M.	192	13.82	11.94	9.40%		
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES</b>							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		
14/08/2023	10:25 A.M.	0	1.55	-	-		
22/08/2023	10:25 A.M.	192	11.01	9.46	7.45%		



**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

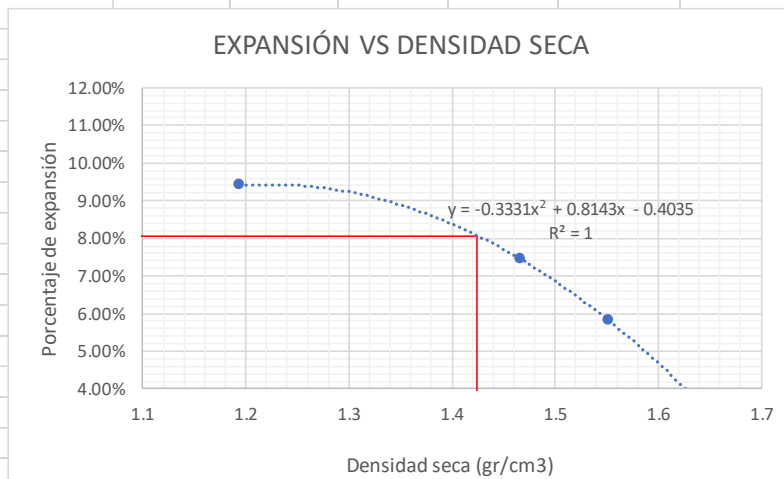
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
14/08/2023	11:25 A.M.	0	0.8	-	-
22/08/2023	11:25 A.M.	192	8.58	7.38	5.81%

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8527	8667	7891
Peso molde +suelo húmedo (g)	11699	12528	11899
Peso suelo húmedo (g)	3172	3861	4008
Altura (cm)	11.928	11.828	11.908
Diámetro (cm)	15.282	15.207	15.109
Volumen (cm3)	2187.852	2148.267	2135.0112
Densidad humedad (g/cm3)	1.449824	1.797262	1.8772736
Contenido de humedad (%)	21.48%	22.57%	20.95%
Densidad seca (g/cm3)	1.193491	1.466354	1.5520994

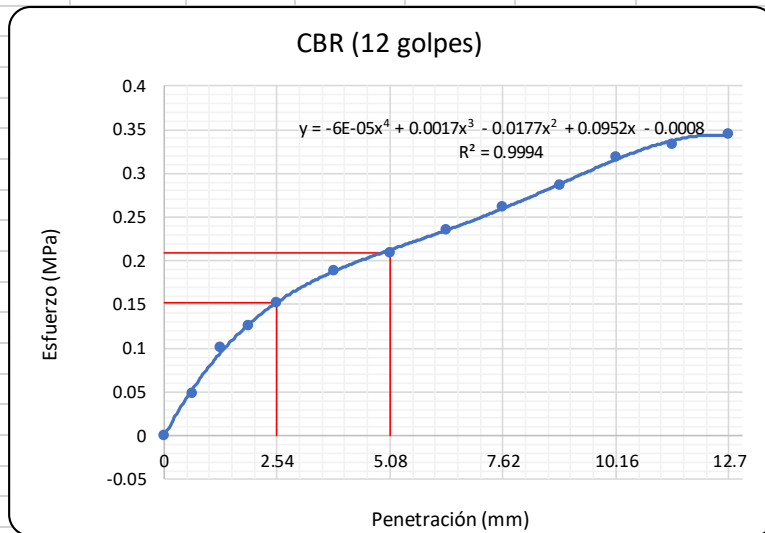
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

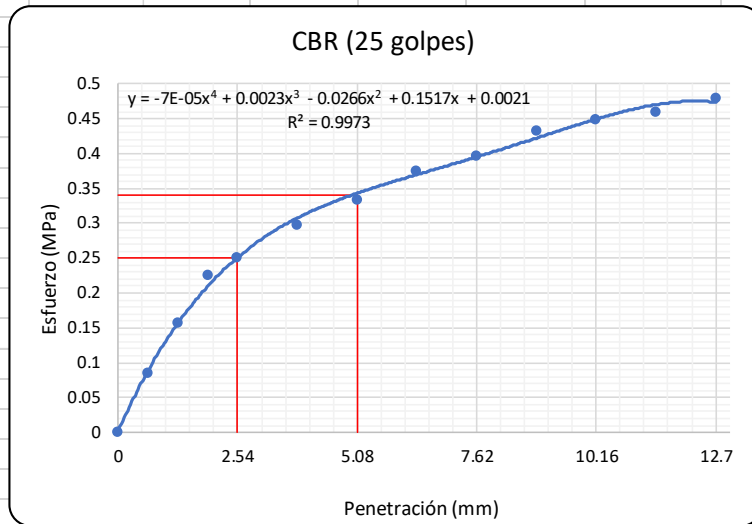


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	8.06%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	8.85%

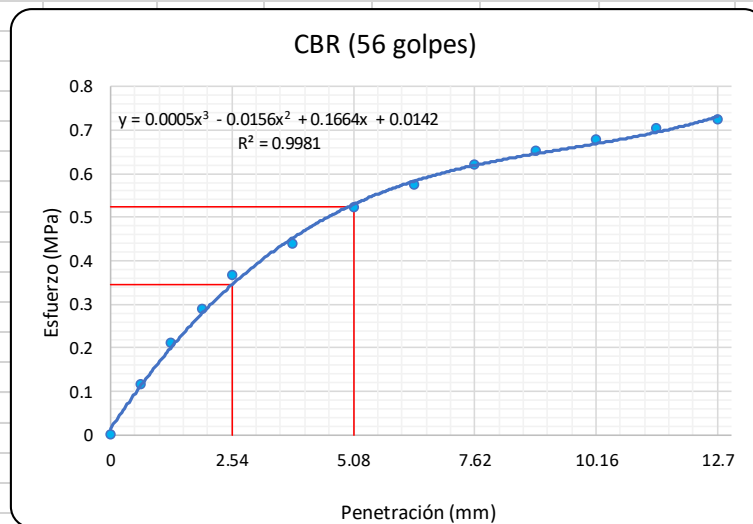
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.07	0.0939	0.00193	0.04871	-	-		
1.27	0.17	0.1938	0.00193	0.10056	-	-		
1.91	0.22	0.2437	0.00193	0.12649	-	-		
2.54	0.27	0.2937	0.00193	0.15242	6.9	2.209%	0.152	2.205%
3.81	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
5.08	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	10.35	2.024%	0.209	2.019%
6.35	0.43	0.4536	0.00193	0.23538	-	-		
7.62	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
8.89	0.53	0.5535	0.00193	0.28723	-	-		
10.16	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	-	-		
11.43	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
12.7	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		

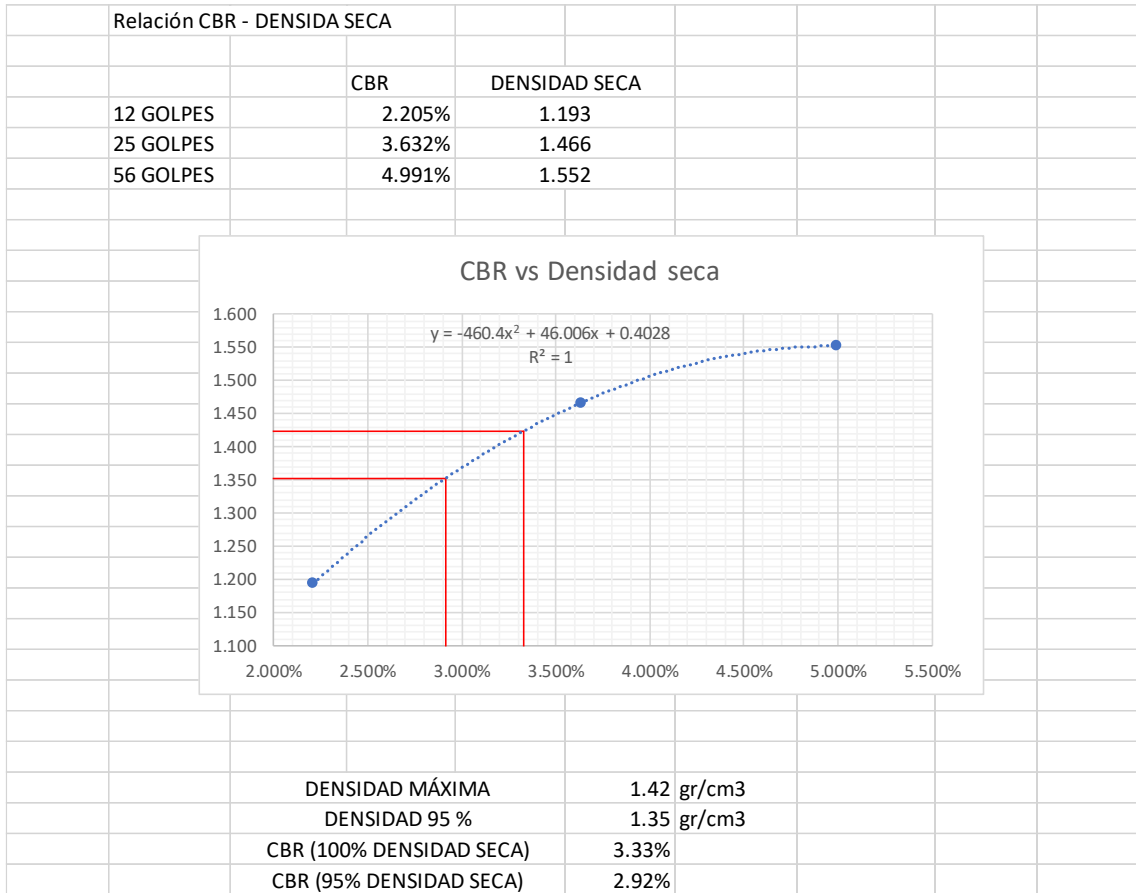


25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.27	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
1.91	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	-	-		
2.54	0.46	0.4836	0.00193	0.25094	6.9	3.637%	0.251	3.632%
3.81	0.55	0.5735	0.00193	0.29760	-	-		
5.08	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	10.35	3.226%	0.341	3.297%
6.35	0.7	0.7234	0.00193	0.37538	-	-		
7.62	0.74	0.7633	0.00193	0.39612	-	-		
8.89	0.81	0.8333	0.00193	0.43242	-	-		
10.16	0.84	0.8632	0.00193	0.44797	-	-		
11.43	0.86	0.8832	0.00193	0.45834	-	-		
12.7	0.9	0.9232	0.00193	0.47108	-	-		





56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.2	0.2238	0.00193	0.11612	-	-		
1.27	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
1.91	0.53	0.5535	0.00193	0.28723	-	-		
2.54	0.68	0.7034	0.00193	0.36501	6.9	5.290%	0.344	4.991%
3.81	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		
5.08	0.98	1.0031	0.00193	0.52056	10.35	5.030%	0.522	5.048%
6.35	1.08	1.1030	0.00193	0.57241	-	-		
7.62	1.17	1.1930	0.00193	0.61907	-	-		
8.89	1.23	1.2529	0.00193	0.65018	-	-		
10.16	1.28	1.3029	0.00193	0.67610	-	-		
11.43	1.33	1.3528	0.00193	0.70203	-	-		
12.7	1.37	1.3928	0.00193	0.72276	-	-		





## ANEXO 18: CBR con saturación de 15 días

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>						
	MTC E 132	ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 15 DÍAS - ENSAYO 1</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	17.22	51.51	45.28	28.06	6.23	22.20%
2	17.82	49.08	43.5	25.68	5.58	21.73%
3	19.08	52.07	46.08	27	5.99	22.19%
						<b>22.04%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	19.22	44.82	40.08	20.86	4.74	22.72%
2	17.52	52.08	46.19	28.67	5.89	20.54%
3	17.88	41.99	37.88	20	4.11	20.55%
						<b>21.27%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	17.28	44.08	39.08	21.8	5	22.94%
2	18.09	40.77	36.58	18.49	4.19	22.66%
3	18.77	49.34	43.89	25.12	5.45	21.70%
						<b>22.43%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
28/11/2022	11:35 A.M.	0	0.15	-	-	
13/12/2022	11:35 A.M.	360	17.6	17.45	<b>13.74%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
28/11/2022	11:35 A.M.	0	6.44	-	-
13/12/2022	11:35 A.M.	360	19.21	12.77	<b>10.06%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

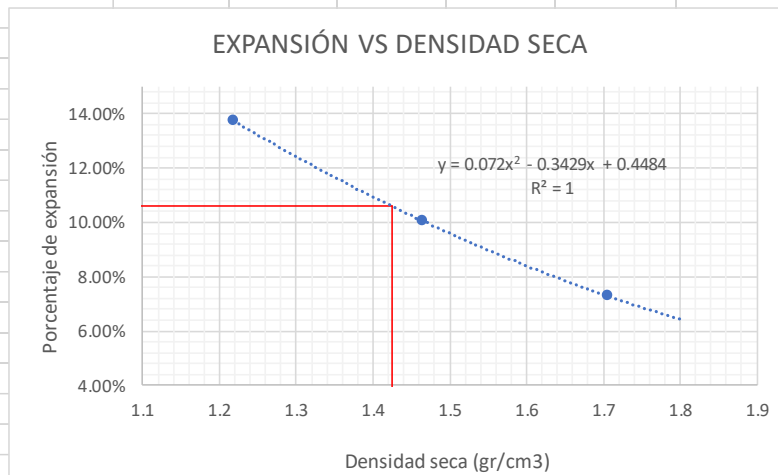
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
28/11/2022	11:35 A.M.	0	3.82	-	-
13/12/2022	11:35 A.M.	360	13.07	9.25	<b>7.28%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8399	8187	6705
Peso molde +suelo húmedo (g)	11638	11980	11117
Peso suelo húmedo (g)	3239	3793	4412
Altura (cm)	11.87	11.772	11.618
Diámetro (cm)	15.286	15.199	15.215
Volumen (cm3)	2178.353	2135.847	2112.3465
Densidad humedad (g/cm3)	1.486903	1.775876	2.0886724
Contenido de humedad (%)	22.04%	21.27%	22.43%
Densidad seca (g/cm3)	1.218385	1.46437	1.7060018

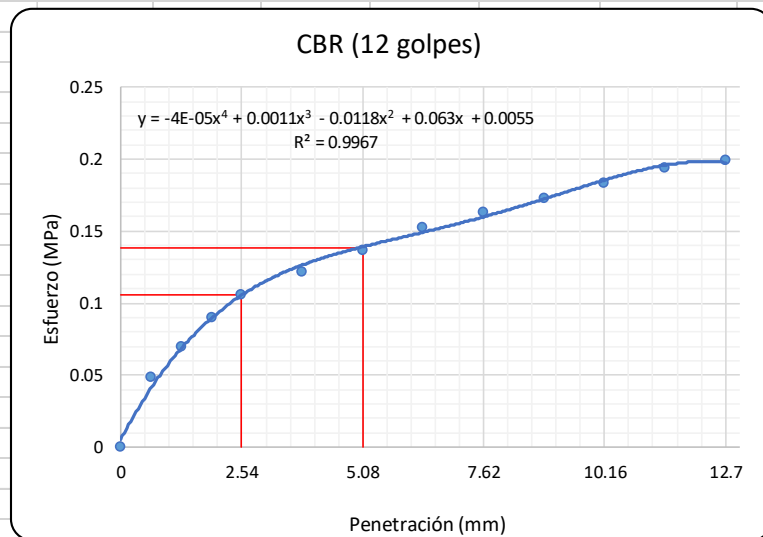
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

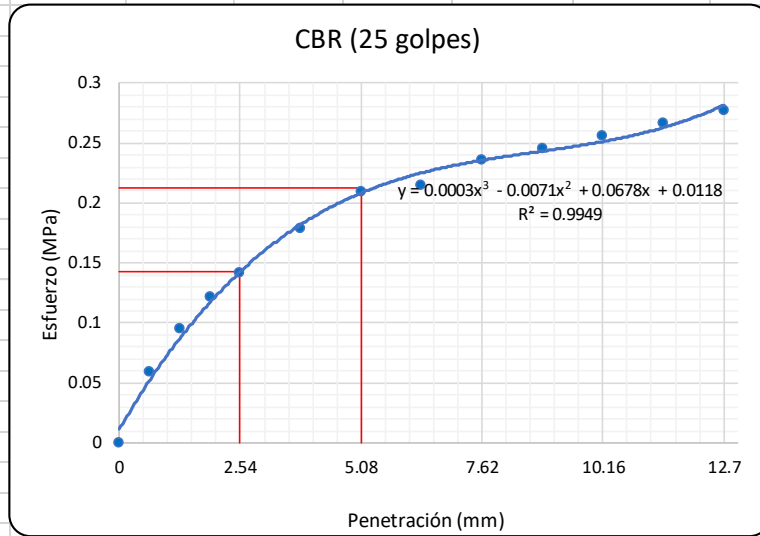


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	10.61%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	11.63%

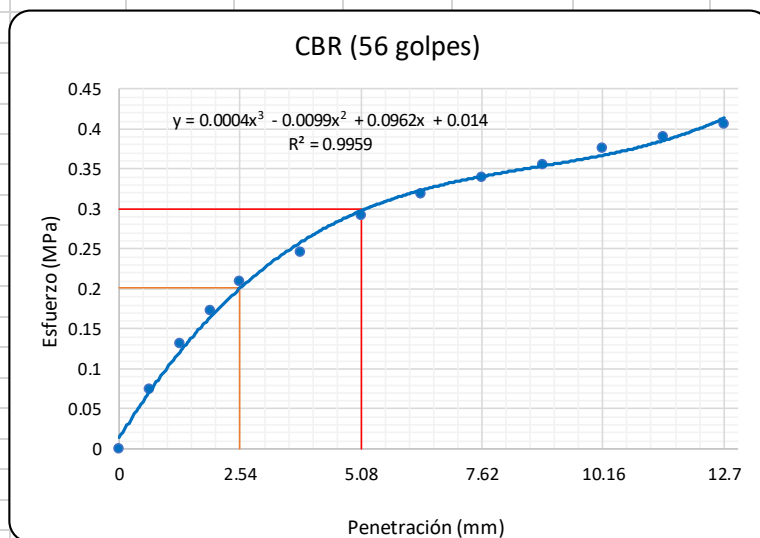
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.07	0.0939	0.00193	0.04871	-	-		
1.27	0.11	0.1338	0.00193	0.06945	-	-		
1.91	0.15	0.1738	0.00193	0.09019	-	-		
2.54	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	6.9	1.533%	0.106	1.533%
3.81	0.21	0.2338	0.00193	0.12130	-	-		
5.08	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	10.35	1.322%	0.139	1.339%
6.35	0.27	0.2937	0.00193	0.15242	-	-		
7.62	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
8.89	0.31	0.3337	0.00193	0.17316	-	-		
10.16	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	-	-		
11.43	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	-	-		
12.7	0.36	0.3836	0.00193	0.19908	-	-		



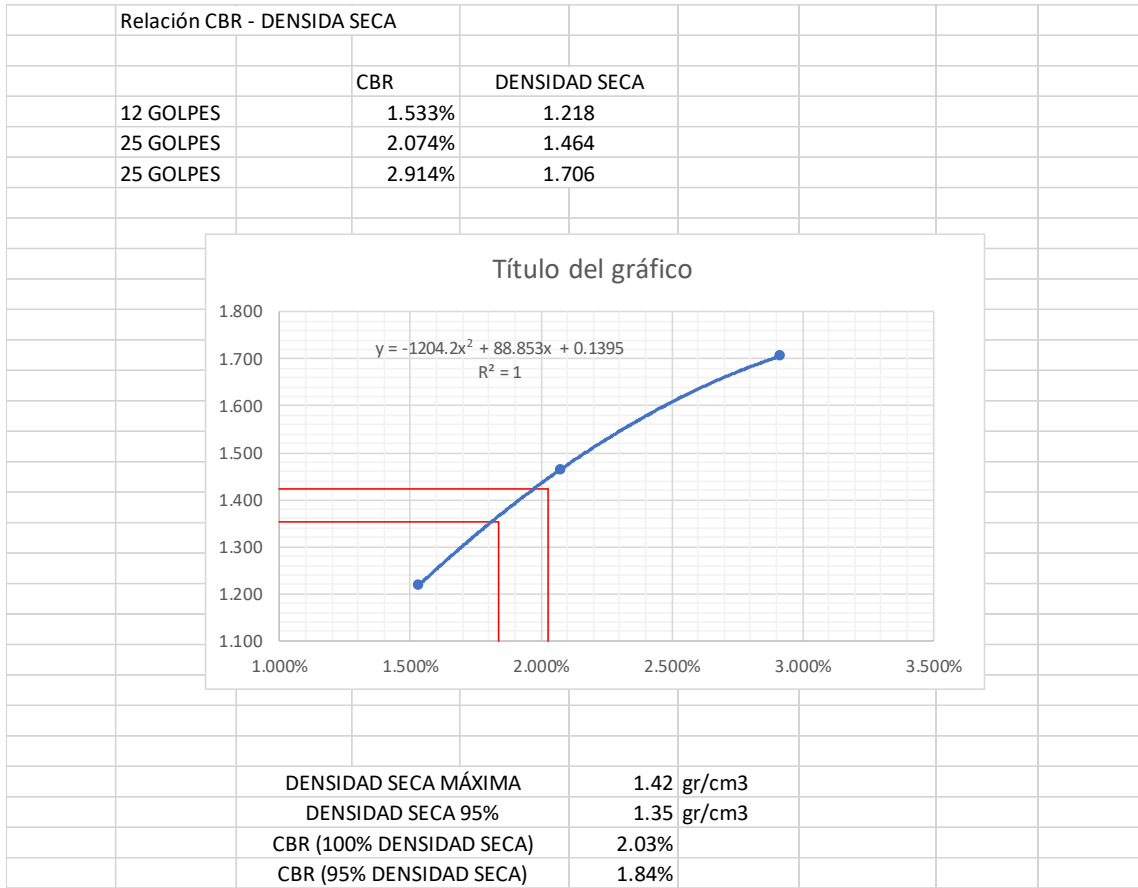
25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.09	0.1138	0.00193	0.05908	-	-		
1.27	0.16	0.1838	0.00193	0.09538	-	-		
1.91	0.21	0.2338	0.00193	0.12130	-	-		
2.54	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	6.9	2.059%	0.143	2.074%
3.81	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
5.08	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	10.35	2.024%	0.212	2.051%
6.35	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	-	-		
7.62	0.43	0.4536	0.00193	0.23538	-	-		
8.89	0.45	0.4736	0.00193	0.24575	-	-		
10.16	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	-	-		
11.43	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	-	-		
12.7	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		



56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.12	0.1438	0.00193	0.07463	-	-		
1.27	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	-	-		
1.91	0.31	0.3337	0.00193	0.17316	-	-		
2.54	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	6.9	3.036%	0.201	2.914%
3.81	0.45	0.4736	0.00193	0.24575	-	-		
5.08	0.54	0.5635	0.00193	0.29242	10.35	2.825%	0.300	2.895%
6.35	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	-	-		
7.62	0.63	0.6534	0.00193	0.33909	-	-		
8.89	0.66	0.6834	0.00193	0.35464	-	-		
10.16	0.7	0.7234	0.00193	0.37538	-	-		
11.43	0.73	0.7533	0.00193	0.39094	-	-		
12.7	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		









**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta

**Ensayo:** CBR

**Objetivo:**

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Referencias normativas:**

MTC E 132

ASTM D 1883

**CBR A LOS 15 DÍAS - ENSAYO 2**

**Datos del ensayo**

*Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.28	55.27	49.2	26.92	6.07	22.55%
2	21.55	52.34	46.85	25.3	5.49	21.70%
3	22.64	51.48	46.33	23.69	5.15	21.74%

**22.00%**

*Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.35	61.32	54.21	31.86	7.11	22.32%
2	28.24	59.45	53.59	25.35	5.86	23.12%
3	24.31	59.9	53.24	28.93	6.66	23.02%

**22.82%**

*Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	25.18	55.28	49.61	24.43	5.67	23.21%
2	24.11	51.38	46.54	22.43	4.84	21.58%
3	19.82	61.07	53.77	33.95	7.3	21.50%

**22.10%**

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
30/01/2023	11:35 A.M.	0	0.25	-	-
14/02/2023	11:35 A.M.	360	17.01	16.76	<b>13.20%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
30/01/2023	11:35 A.M.	0	2.15	-	-
14/02/2023	11:35 A.M.	360	14.54	12.39	9.76%

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

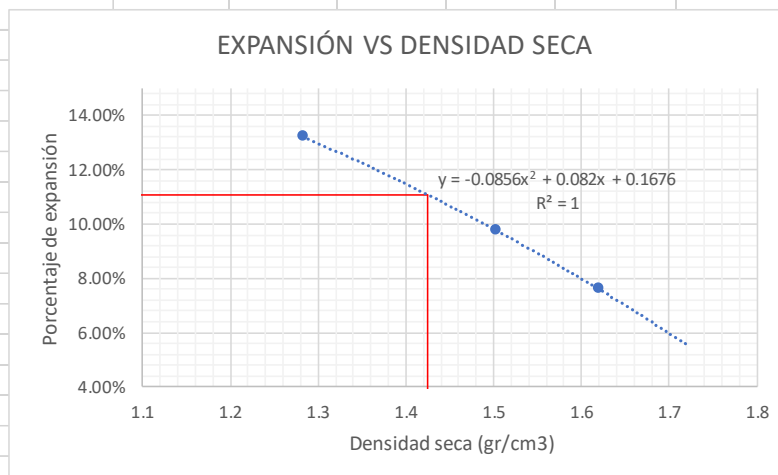
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
30/01/2023	11:35 A.M.	0	1.32	-	-
14/02/2023	11:35 A.M.	360	10.98	9.66	7.61%

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8281	8208	7928
Peso molde +suelo húmedo (g)	11598	12089	12007
Peso suelo húmedo (g)	3317	3881	4079
Volumen (cm3)	2118.7	2101.954	2062.919
Densidad humedad (g/cm3)	1.565582	1.846377	1.9772953
Contenido de humedad (%)	22.00%	22.82%	22.10%
Densidad seca (g/cm3)	1.28331	1.503345	1.6194523

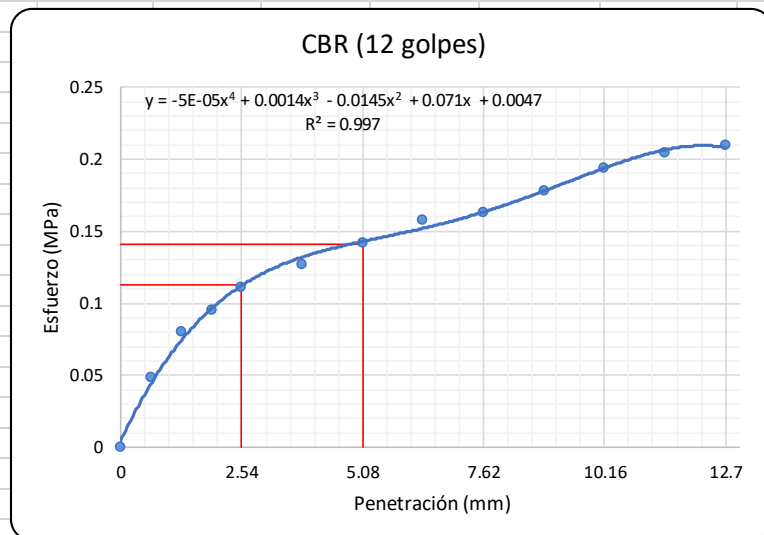
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

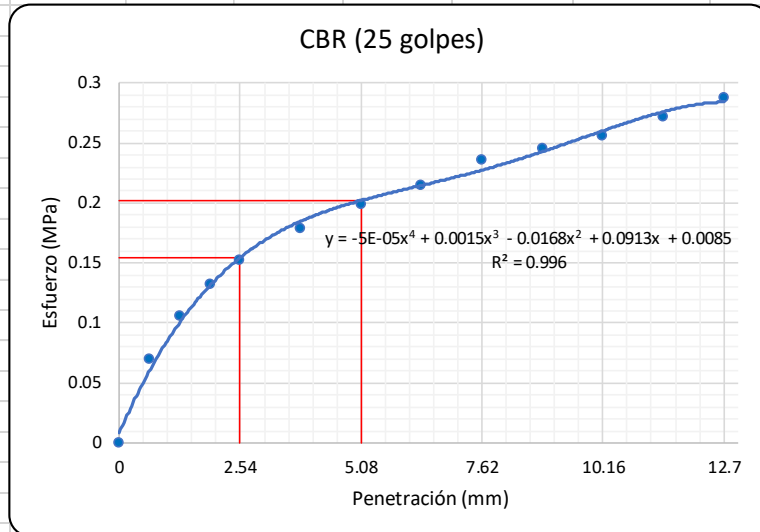


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	11.08%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	12.19%

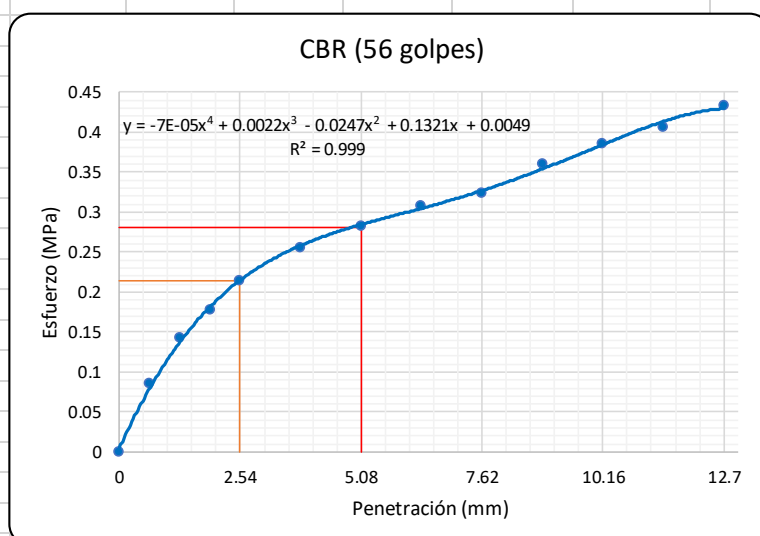
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.07	0.0939	0.00193	0.04871	-	-		
1.27	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.91	0.16	0.1838	0.00193	0.09538	-	-		
2.54	0.19	0.2138	0.00193	0.11093	6.9	1.608%	0.112	1.628%
3.81	0.22	0.2437	0.00193	0.12649	-	-		
5.08	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	10.35	1.372%	0.141	1.366%
6.35	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
7.62	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
8.89	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
10.16	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	-	-		
11.43	0.37	0.3936	0.00193	0.20427	-	-		
12.7	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		



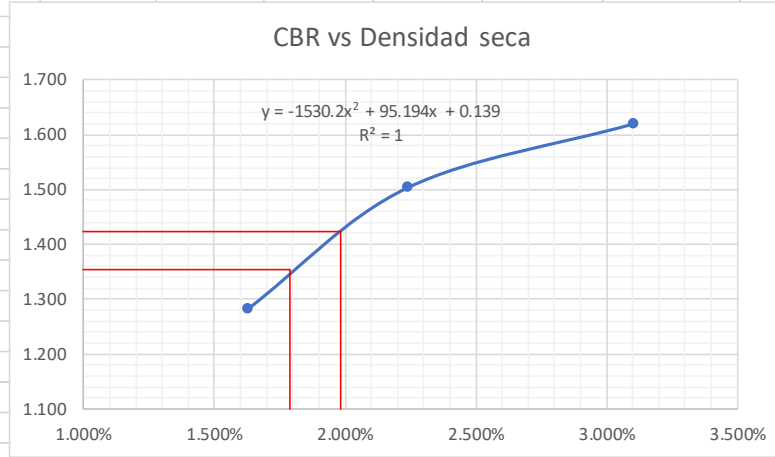
25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.11	0.1338	0.00193	0.06945	-	-		
1.27	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	-	-		
1.91	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	-	-		
2.54	0.27	0.2937	0.00193	0.15242	6.9	2.209%	0.155	2.239%
3.81	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
5.08	0.36	0.3836	0.00193	0.19908	10.35	1.924%	0.202	1.953%
6.35	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	-	-		
7.62	0.43	0.4536	0.00193	0.23538	-	-		
8.89	0.45	0.4736	0.00193	0.24575	-	-		
10.16	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	-	-		
11.43	0.5	0.5235	0.00193	0.27168	-	-		
12.7	0.53	0.5535	0.00193	0.28723	-	-		





56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.27	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	-	-		
1.91	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
2.54	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	6.9	3.111%	0.214	3.105%
3.81	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	-	-		
5.08	0.52	0.5435	0.00193	0.28205	10.35	2.725%	0.280	2.709%
6.35	0.57	0.5935	0.00193	0.30797	-	-		
7.62	0.6	0.6234	0.00193	0.32353	-	-		
8.89	0.67	0.6934	0.00193	0.35983	-	-		
10.16	0.72	0.7433	0.00193	0.38575	-	-		
11.43	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		
12.7	0.81	0.8333	0.00193	0.43242	-	-		



Relación CBR - DENSIDA SECA			
	CBR	DENSIDAD SECA	
12 GOLPES	1.628%	1.283	
25 GOLPES	2.239%	1.503	
25 GOLPES	3.105%	1.619	



	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.42 gr/cm3	
	DENSIDAD SECA 95%	1.35 gr/cm3	
	CBR (100% DENSIDAD SECA)	1.98%	
	CBR (95% DENSIDAD SECA)	1.79%	

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b>					
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>					
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>					
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>						
	MTC E 132	ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 15 DÍAS - ENSAYO 3</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.17	60.08	53.28	31.11	6.8	21.86%
2	25.31	58.48	52.37	27.06	6.11	22.58%
3	22.98	57.61	51.41	28.43	6.2	21.81%
						<b>22.08%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	26.22	55.27	50.21	23.99	5.06	21.09%
2	24.07	50.18	45.38	21.31	4.8	22.52%
3	23.34	61.21	54.29	30.95	6.92	22.36%
						<b>21.99%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	20.18	61.37	54.08	33.9	7.29	21.50%
2	21.34	58.49	52.01	30.67	6.48	21.13%
3	25.54	68.21	60.67	35.13	7.54	21.46%
						<b>21.37%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
28/11/2022	11:35 A.M.	0	1.3	-	-	
13/12/2022	11:35 A.M.	360	18.66	17.36	<b>13.67%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
28/11/2022	11:35 A.M.	0	3.36	-	-
13/12/2022	11:35 A.M.	360	16.08	12.72	10.02%

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

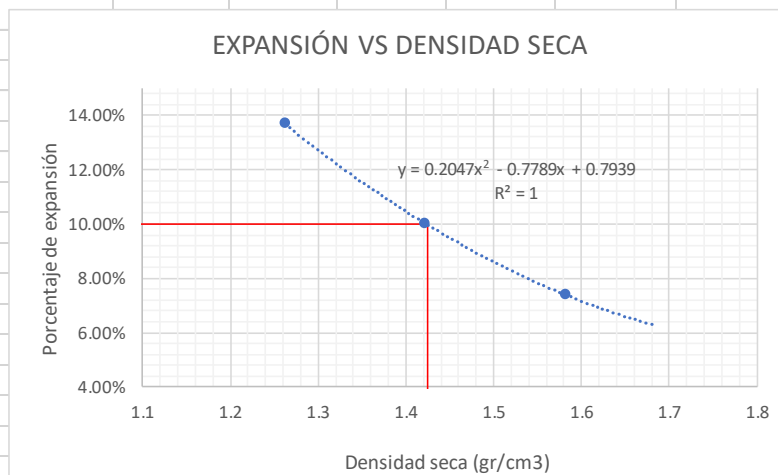
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
28/11/2022	11:35 A.M.	0	2.82	-	-
13/12/2022	11:35 A.M.	360	12.21	9.39	7.39%

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8224	8194	7927
Peso molde +suelo húmedo (g)	11582	11899	11982
Peso suelo húmedo (g)	3358	3705	4055
Altura (cm)	11.87	11.772	11.618
Diámetro (cm)	15.286	15.199	15.215
Volumen (cm3)	2178.353	2135.847	2112.3465
Densidad humedad (g/cm3)	1.541531	1.734675	1.9196661
Contenido de humedad (%)	22.08%	21.99%	21.37%
Densidad seca (g/cm3)	1.262704	1.42196	1.5817265

**Datos del ensayo de penetración**

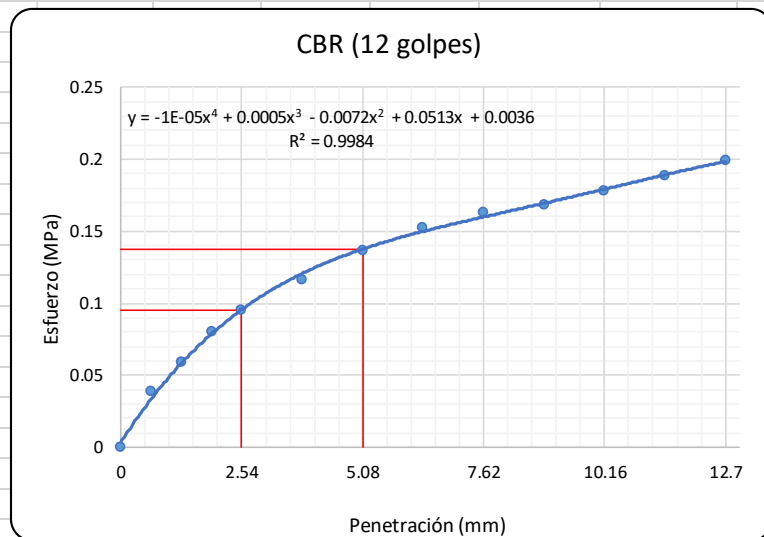
Diámetro del pistón 4.95 cm



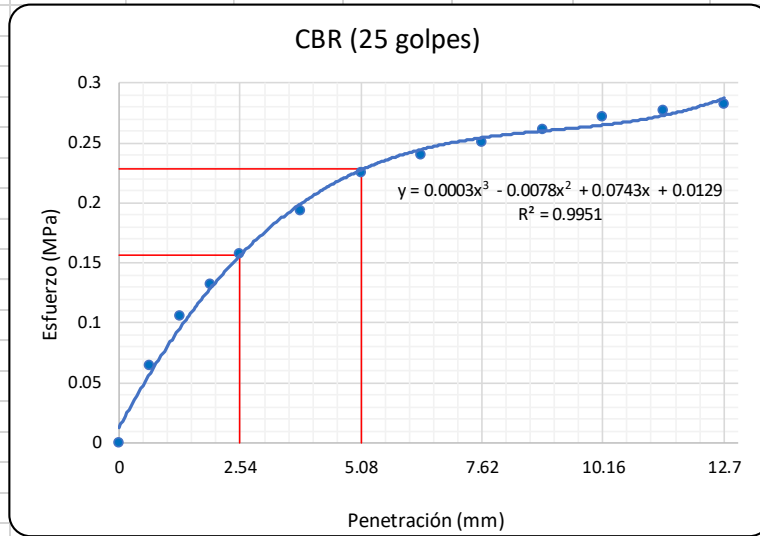
DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	9.98%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	11.48%



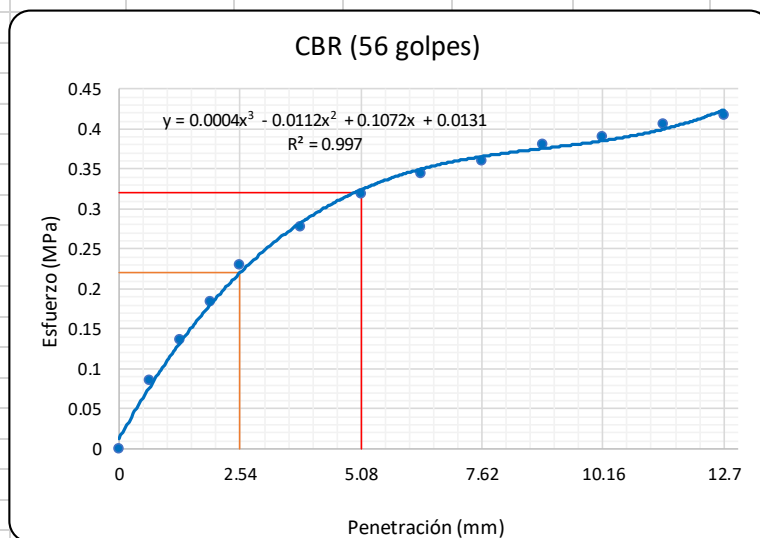
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.05	0.0739	0.00193	0.03834	-	-		
1.27	0.09	0.1138	0.00193	0.05908	-	-		
1.91	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
2.54	0.16	0.1838	0.00193	0.09538	6.9	1.382%	0.095	1.380%
3.81	0.2	0.2238	0.00193	0.11612	-	-		
5.08	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	10.35	1.322%	0.137	1.326%
6.35	0.27	0.2937	0.00193	0.15242	-	-		
7.62	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
8.89	0.3	0.3237	0.00193	0.16797	-	-		
10.16	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
11.43	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
12.7	0.36	0.3836	0.00193	0.19908	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.1	0.1238	0.00193	0.06426	-	-		
1.27	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	-	-		
1.91	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	-	-		
2.54	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	6.9	2.284%	0.156	2.264%
3.81	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	-	-		
5.08	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	10.35	2.174%	0.228	2.207%
6.35	0.44	0.4636	0.00193	0.24057	-	-		
7.62	0.46	0.4836	0.00193	0.25094	-	-		
8.89	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
10.16	0.5	0.5235	0.00193	0.27168	-	-		
11.43	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		
12.7	0.52	0.5435	0.00193	0.28205	-	-		

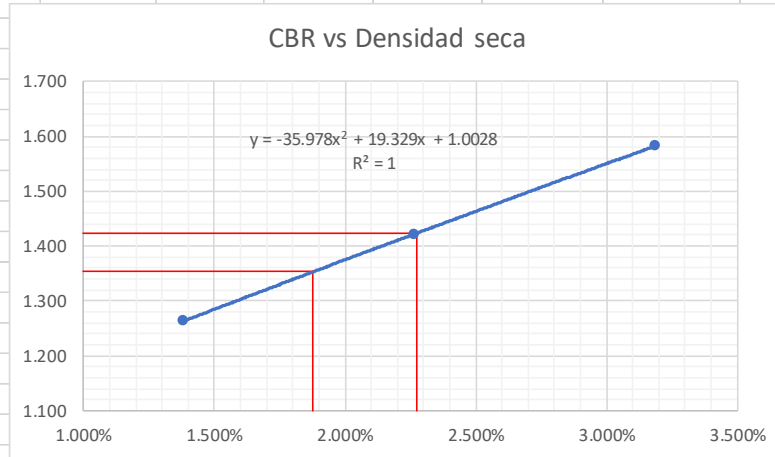


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.27	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
1.91	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	-	-		
2.54	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	6.9	3.336%	0.220	3.184%
3.81	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		
5.08	0.59	0.6135	0.00193	0.31834	10.35	3.076%	0.321	3.102%
6.35	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
7.62	0.67	0.6934	0.00193	0.35983	-	-		
8.89	0.71	0.7334	0.00193	0.38057	-	-		
10.16	0.73	0.7533	0.00193	0.39094	-	-		
11.43	0.76	0.7833	0.00193	0.40649	-	-		
12.7	0.78	0.8033	0.00193	0.41686	-	-		





Relación CBR - DENSIDA SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	1.380%	1.263
25 GOLPES	2.264%	1.422
25 GOLPES	3.184%	1.582



DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD SECA 95%	1.35 gr/cm3
CBR (100% DENSIDAD SECA)	2.28%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	1.88%

## ANEXO 19: CBR con 30 días de saturación

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta	<b>Ensayo:</b>	CBR			
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>	MTC E 132	ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 30 DÍAS - ENSAYO 1</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	17.25	38.01	34.4	17.15	3.61	21.05%
2	18.5	42.82	38.72	20.22	4.1	20.28%
3	17.82	48.7	43.58	25.76	5.12	19.88%
						<b>20.40%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	17.08	52.07	46.12	29.04	5.95	20.49%
2	18.22	45.31	40.28	22.06	5.03	22.80%
3	18.85	48.22	42.82	23.97	5.4	22.53%
						<b>21.94%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	16.72	57.09	49.98	33.26	7.11	21.38%
2	18.07	44.07	39.24	21.17	4.83	22.82%
3	18.42	49.17	43.45	25.03	5.72	22.85%
						<b>22.35%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
21/11/2022	10:15 A.M.	0	0.38	-	-	
21/12/2022	10:15 A.M.	720	21.62	21.24	<b>16.72%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
21/11/2022	10:25 A.M.	0	0.03	-	-	
21/12/2022	10:25 A.M.	720	18.08	17.7	<b>13.94%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
21/11/2022	10:25 A.M.	0	0.03	-	-
21/12/2022	10:25 A.M.	720	18.08	17.7	13.94%

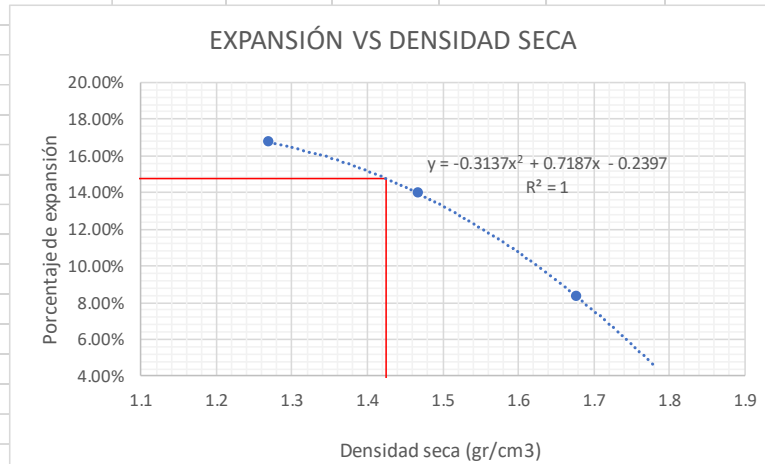
**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
21/11/2022	10:40 A.M.	0	1.02	-	-
21/12/2022	10:40 A.M.	720	10.93	10.55	8.31%

<b>N° de golpes</b>		12	25	56	
<b>Peso del molde (g)</b>		8399	8187	6705	
<b>Peso molde +suelo húmedo (g)</b>		11589	11980	11117	
<b>Peso suelo húmedo (g)</b>		3190	3793	4412	
<b>Altura (cm)</b>		11.284	11.552	11.808	
<b>Diámetro (cm)</b>		15.35	15.281	15.222	
<b>Volumen (cm3)</b>		2088.189	2118.608	2148.8676	
<b>Densidad humedad (g/cm3)</b>		1.52764	1.790326	2.0531744	
<b>Contenido de humedad (%)</b>		20.40%	21.94%	22.35%	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>		1.268796	1.468208	1.6781388	

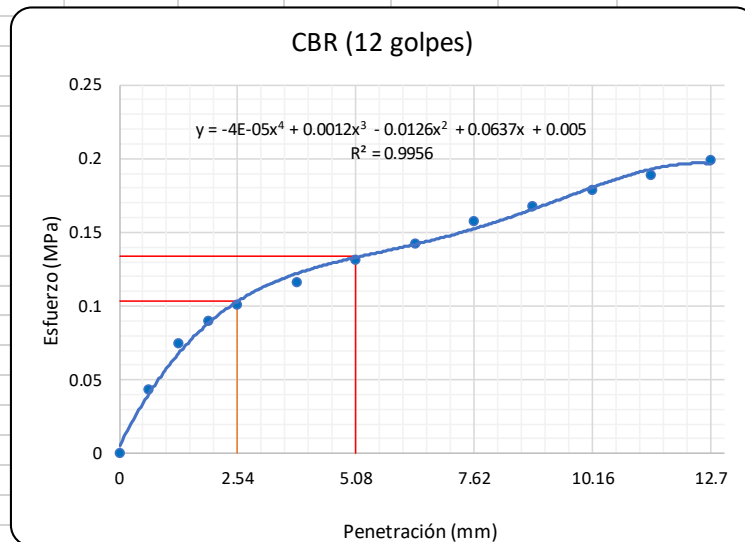
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

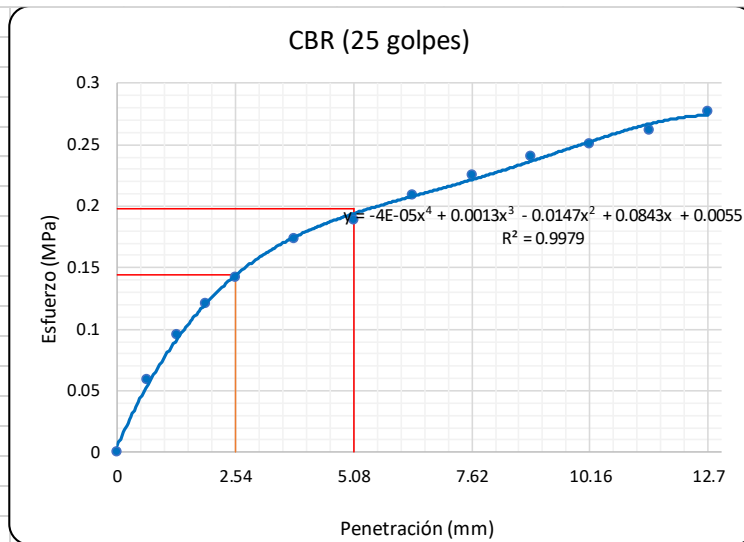


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	14.76%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	15.85%

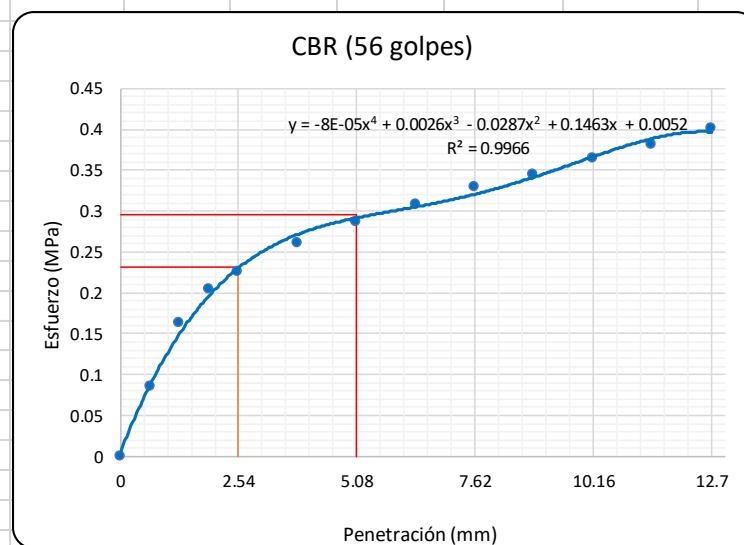
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.06	0.0839	0.00193	0.04352	-	-		
1.27	0.12	0.1438	0.00193	0.07463	-	-		
1.91	0.15	0.1738	0.00193	0.09019	-	-		
2.54	0.17	0.1938	0.00193	0.10056	6.9	1.457%	0.104	1.500%
3.81	0.2	0.2238	0.00193	0.11612	-	-		
5.08	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	10.35	1.272%	0.134	1.296%
6.35	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	-	-		
7.62	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
8.89	0.3	0.3237	0.00193	0.16797	-	-		
10.16	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
11.43	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
12.7	0.36	0.3836	0.00193	0.19908	-	-		

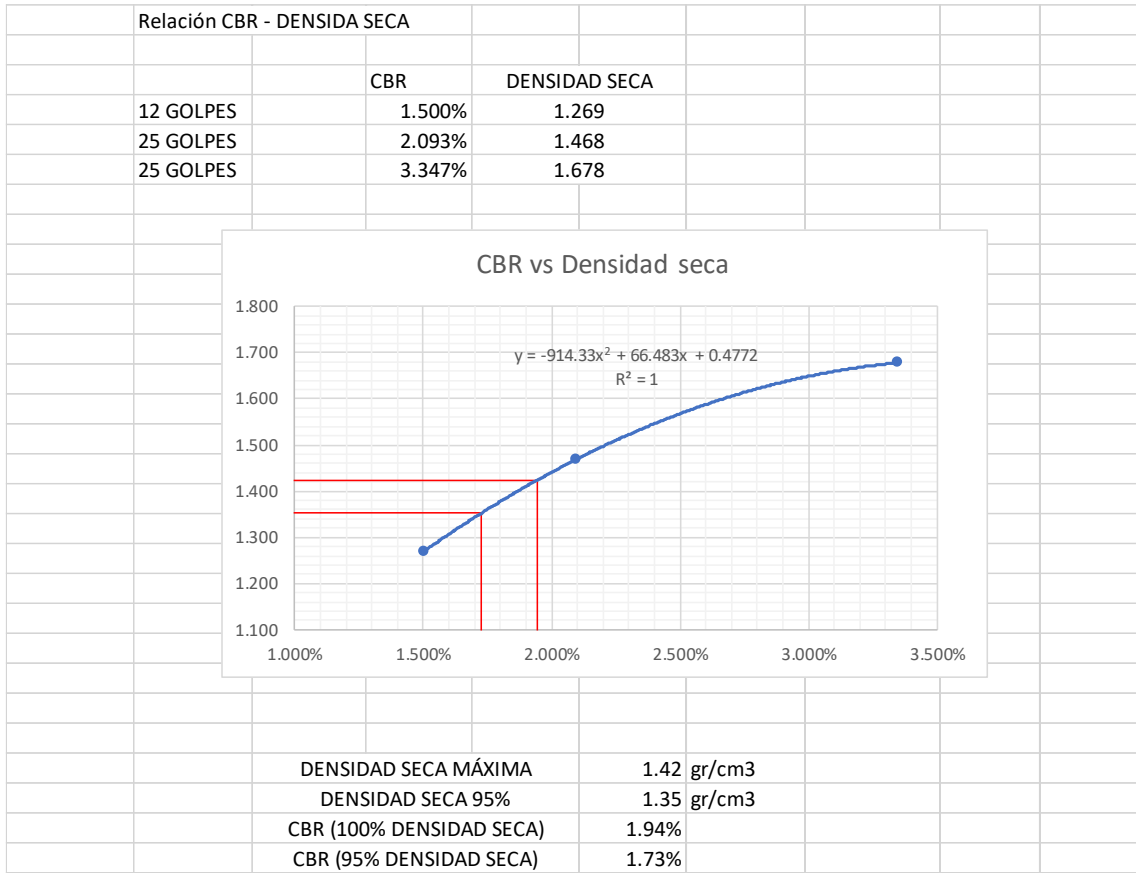


25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.09	0.1138	0.00193	0.05908	-	-		
1.27	0.16	0.1838	0.00193	0.09538	-	-		
1.91	0.21	0.2338	0.00193	0.12130	-	-		
2.54	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	6.9	2.059%	0.144	2.093%
3.81	0.31	0.3337	0.00193	0.17316	-	-		
5.08	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	10.35	1.823%	0.198	1.915%
6.35	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
7.62	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	-	-		
8.89	0.44	0.4636	0.00193	0.24057	-	-		
10.16	0.46	0.4836	0.00193	0.25094	-	-		
11.43	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
12.7	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		





56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.27	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
1.91	0.37	0.3936	0.00193	0.20427	-	-		
2.54	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	6.9	3.261%	0.231	3.347%
3.81	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
5.08	0.53	0.5535	0.00193	0.28723	10.35	2.775%	0.295	2.853%
6.35	0.57	0.5935	0.00193	0.30797	-	-		
7.62	0.61	0.6334	0.00193	0.32872	-	-		
8.89	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
10.16	0.68	0.7034	0.00193	0.36501	-	-		
11.43	0.71	0.7334	0.00193	0.38057	-	-		
12.7	0.75	0.7733	0.00193	0.40131	-	-		







 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b></p> 						
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.					
<b>Referencias normativas:</b>						
	MTC E 132		ASTM D 1883			
<b>CBR A LOS 30 DÍAS - ENSAYO 2</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.14	59.27	52.61	30.47	6.66	21.86%
2	25.21	61.08	54.38	29.17	6.7	22.97%
3	21.24	55.24	49.08	27.84	6.16	22.13%
						<b>22.32%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	25.08	61.55	54.89	29.81	6.66	22.34%
2	21.38	60.11	53.28	31.9	6.83	21.41%
3	22.67	58.77	52.49	29.82	6.28	21.06%
						<b>21.60%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	21.22	55.91	49.82	28.6	6.09	21.29%
2	25.64	51.34	46.81	21.17	4.53	21.40%
3	24.33	59.44	53.22	28.89	6.22	21.53%
						<b>21.41%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
16/01/2023	10:15 A.M.	0	1.38	-	-	
15/02/2023	10:15 A.M.	720	22.04	20.66	<b>16.27%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
16/01/2023	10:25 A.M.	0	1.03	-	-
15/02/2023	10:25 A.M.	720	19.08	16.39	12.91%

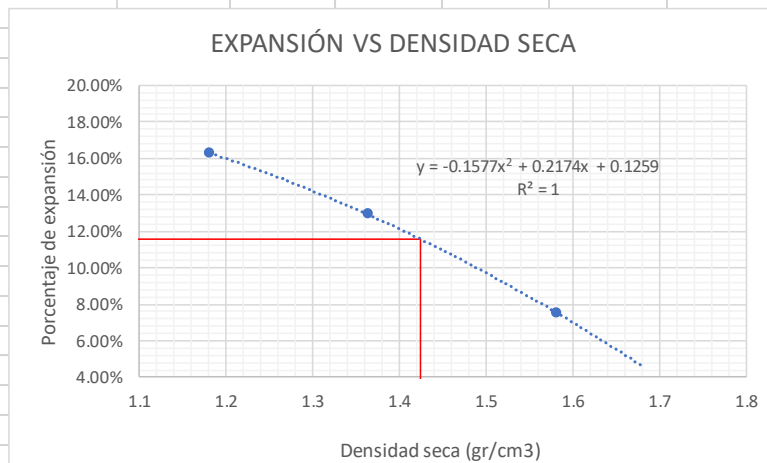
**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
16/01/2023	10:40 A.M.	0	1.02	-	-
15/02/2023	10:40 A.M.	720	10.92	9.54	7.51%

<b>N°de golpes</b>	12	25	56
<b>Peso del molde (g)</b>	8227	8209	8261
<b>Peso molde +suelo húmedo (g)</b>	11208	11728	12207
<b>Peso suelo húmedo (g)</b>	2981	3519	3946
<b>Altura (cm)</b>	11.208	11.33	11.202
<b>Diámetro (cm)</b>	15.308	15.44	15.28
<b>Volumen (cm3)</b>	2062.789	2121.36	2054.15
<b>Densidad humedad (g/cm3)</b>	1.44513	1.658841	1.9209892
<b>Contenido de humedad (%)</b>	22.32%	21.60%	21.41%
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	1.181458	1.364135	1.5822685

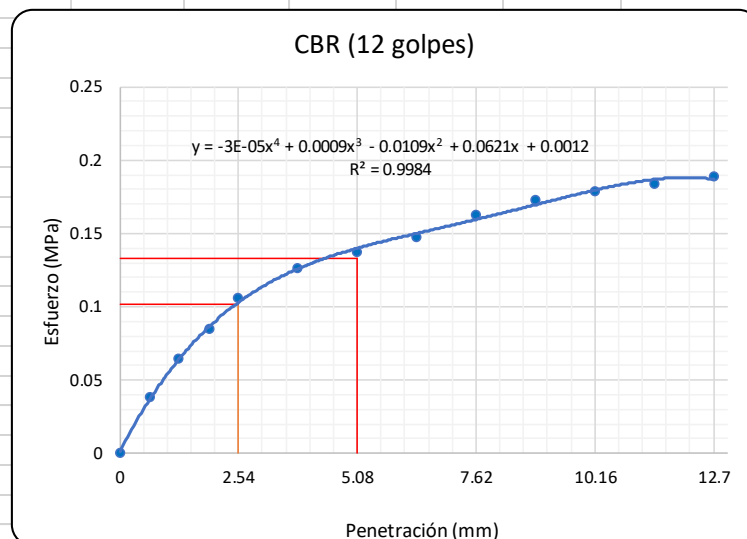
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

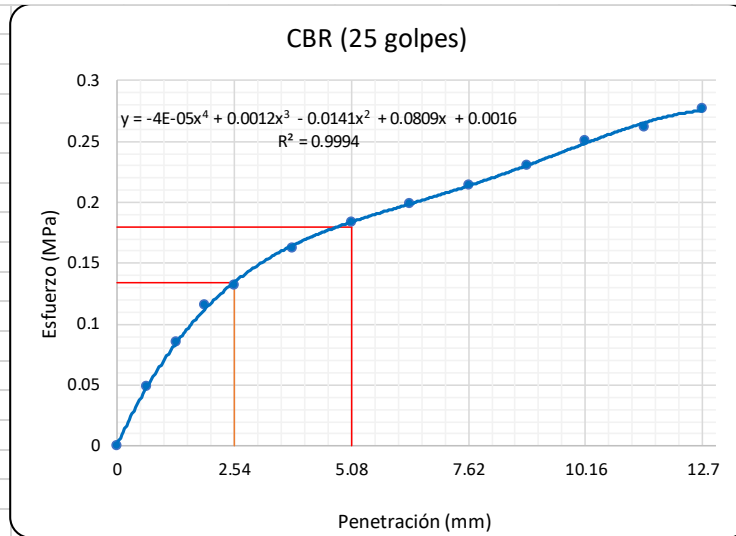


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	11.57%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	13.14%

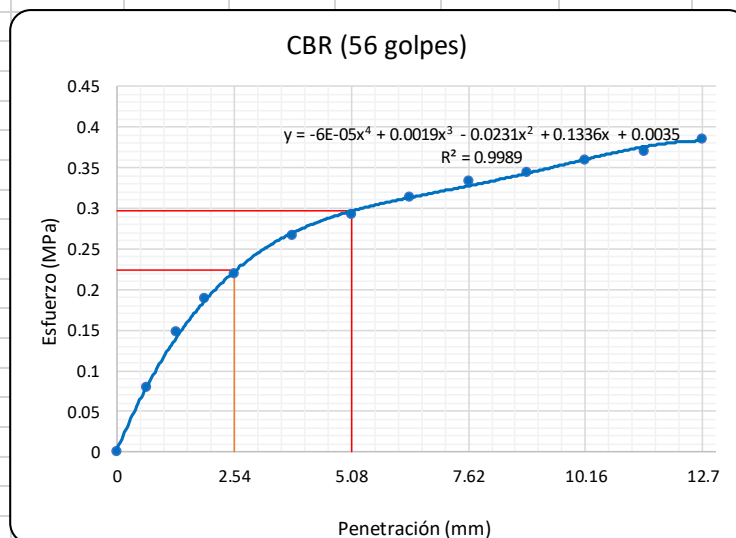
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.05	0.0739	0.00193	0.03834	-	-		
1.27	0.1	0.1238	0.00193	0.06426	-	-		
1.91	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
2.54	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	6.9	1.533%	0.102	1.480%
3.81	0.22	0.2437	0.00193	0.12649	-	-		
5.08	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	10.35	1.322%	0.133	1.289%
6.35	0.26	0.2837	0.00193	0.14723	-	-		
7.62	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
8.89	0.31	0.3337	0.00193	0.17316	-	-		
10.16	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
11.43	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	-	-		
12.7	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.07	0.0939	0.00193	0.04871	-	-		
1.27	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.91	0.2	0.2238	0.00193	0.11612	-	-		
2.54	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	6.9	1.908%	0.134	1.944%
3.81	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
5.08	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	10.35	1.773%	0.179	1.733%
6.35	0.36	0.3836	0.00193	0.19908	-	-		
7.62	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	-	-		
8.89	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	-	-		
10.16	0.46	0.4836	0.00193	0.25094	-	-		
11.43	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
12.7	0.51	0.5335	0.00193	0.27686	-	-		

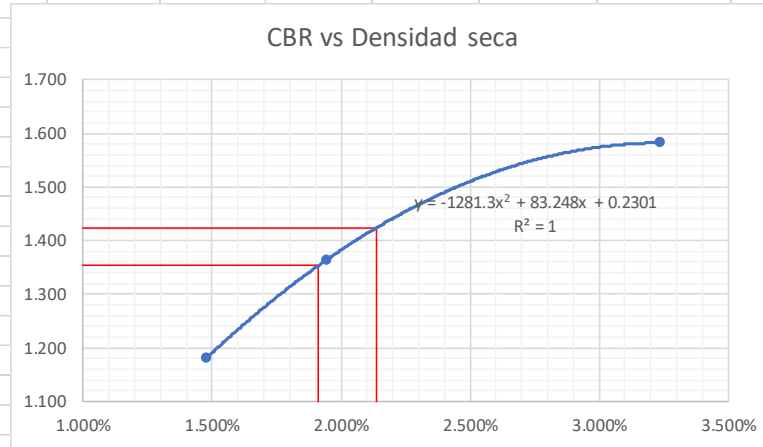


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.27	0.26	0.2837	0.00193	0.14723	-	-		
1.91	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
2.54	0.4	0.4236	0.00193	0.21983	6.9	3.186%	0.223	3.235%
3.81	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	-	-		
5.08	0.54	0.5635	0.00193	0.29242	10.35	2.825%	0.297	2.867%
6.35	0.58	0.6035	0.00193	0.31316	-	-		
7.62	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
8.89	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
10.16	0.67	0.6934	0.00193	0.35983	-	-		
11.43	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	-	-		
12.7	0.72	0.7433	0.00193	0.38575	-	-		





Relación CBR - DENSIDA SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	1.480%	1.181
25 GOLPES	1.944%	1.364
25 GOLPES	3.235%	1.582



DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD SECA 95%	1.35 gr/cm3
CBR (100% DENSIDAD SECA)	2.14%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	1.91%

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>					
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta			<b>Ensayo:</b>	CBR		
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>							
	MTC E 132		ASTM D 1883				
<b>CBR A LOS 30 DÍAS - ENSAYO 3</b>							
<b>Datos del ensayo</b>							
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>							
<b>Ensayo</b>	<b>PESO TARA (g)</b>	<b>P. TARA+HÚMEDO</b>	<b>P. TARA+SECO</b>	<b>P.SUELO SECO</b>	<b>P.AGUA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
1	22.55	66.27	58.82	36.27	7.45	20.54%	
2	23.72	57.21	51.61	27.89	5.6	20.08%	
3	21.27	61.08	53.94	32.67	7.14	21.85%	
						<b>20.82%</b>	
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>							
<b>Ensayo</b>	<b>PESO TARA (g)</b>	<b>P. TARA+HÚMEDO</b>	<b>P. TARA+SECO</b>	<b>P.SUELO SECO</b>	<b>P.AGUA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
1	19.28	58.28	51.28	32	7	21.88%	
2	24.54	55.57	50.21	25.67	5.36	20.88%	
3	21.4	60.08	53.24	31.84	6.84	21.48%	
						<b>21.41%</b>	
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>							
<b>Ensayo</b>	<b>PESO TARA (g)</b>	<b>P. TARA+HÚMEDO</b>	<b>P. TARA+SECO</b>	<b>P.SUELO SECO</b>	<b>P.AGUA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
1	17.88	66.24	57.64	39.76	8.6	21.63%	
2	21.89	58.24	51.57	29.68	6.67	22.47%	
3	25.01	55.07	49.55	24.54	5.52	22.49%	
						<b>22.20%</b>	
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>							
	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		
					<b>mm</b>	<b>%</b>	
	21/11/2022	10:15 A.M.	0	1.33	-	-	
	21/12/2022	10:15 A.M.	720	19.79	18.46	<b>14.54%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
21/11/2022	10:25 A.M.	0	1.03	-	-
21/12/2022	10:25 A.M.	720	14.88	13.55	<b>10.67%</b>

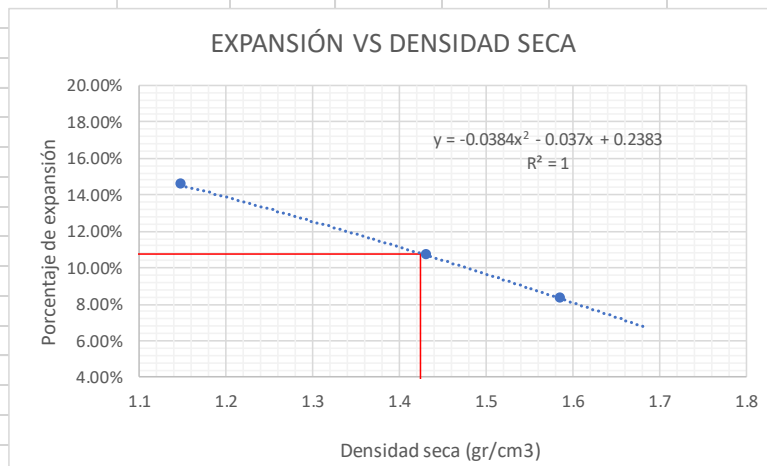
**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
21/11/2022	10:40 A.M.	0	2.02	-	-
21/12/2022	10:40 A.M.	720	11.89	10.56	<b>8.31%</b>

<b>N°de golpes</b>	12	25	56
<b>Peso del molde (g)</b>	8534	8407	8128
<b>Peso molde +suelo húmedo (g)</b>	11507	12301	12288
<b>Peso suelo húmedo (g)</b>	2973	3894	4160
<b>Altura (cm)</b>	11.304	11.589	11.762
<b>Diámetro (cm)</b>	15.542	15.688	15.244
<b>Volumen (cm3)</b>	2144.548	2240.119	2146.688
<b>Densidad humedad (g/cm3)</b>	1.386306	1.738301	1.9378689
<b>Contenido de humedad (%)</b>	20.82%	21.41%	22.20%
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	1.147369	1.43173	1.5858317

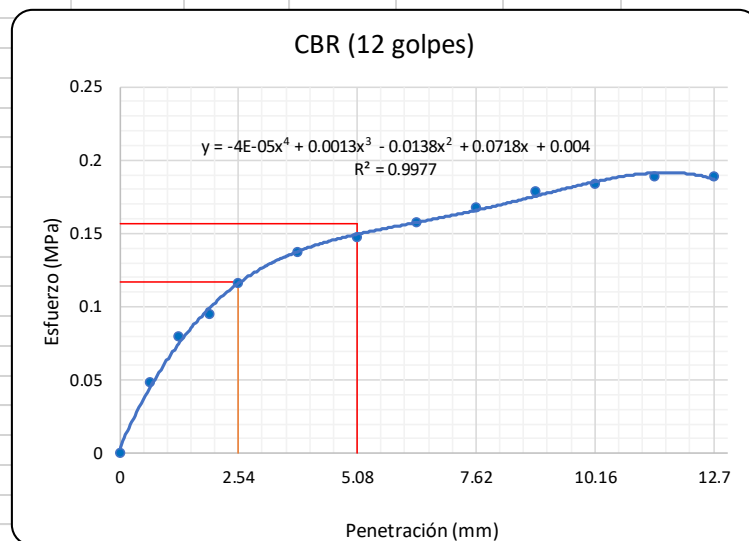
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón                      4.95 cm



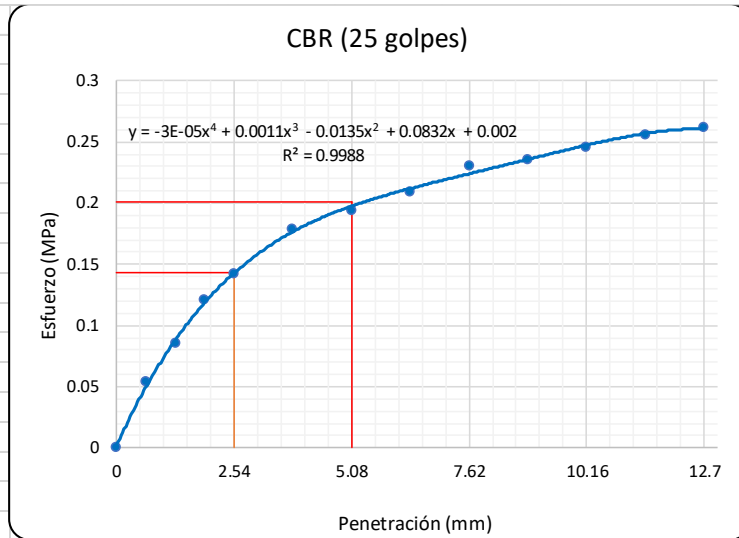
DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	10.77%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	11.80%

12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.07	0.0939	0.00193	0.04871	-	-		
1.27	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.91	0.16	0.1838	0.00193	0.09538	-	-		
2.54	0.2	0.2238	0.00193	0.11612	6.9	1.683%	0.117	1.695%
3.81	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
5.08	0.26	0.2837	0.00193	0.14723	10.35	1.423%	0.156	1.511%
6.35	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
7.62	0.3	0.3237	0.00193	0.16797	-	-		
8.89	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
10.16	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	-	-		
11.43	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		
12.7	0.34	0.3637	0.00193	0.18871	-	-		

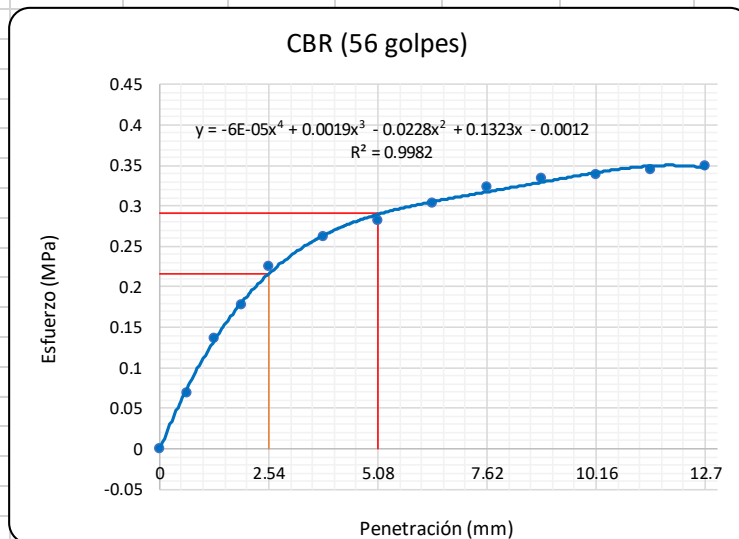


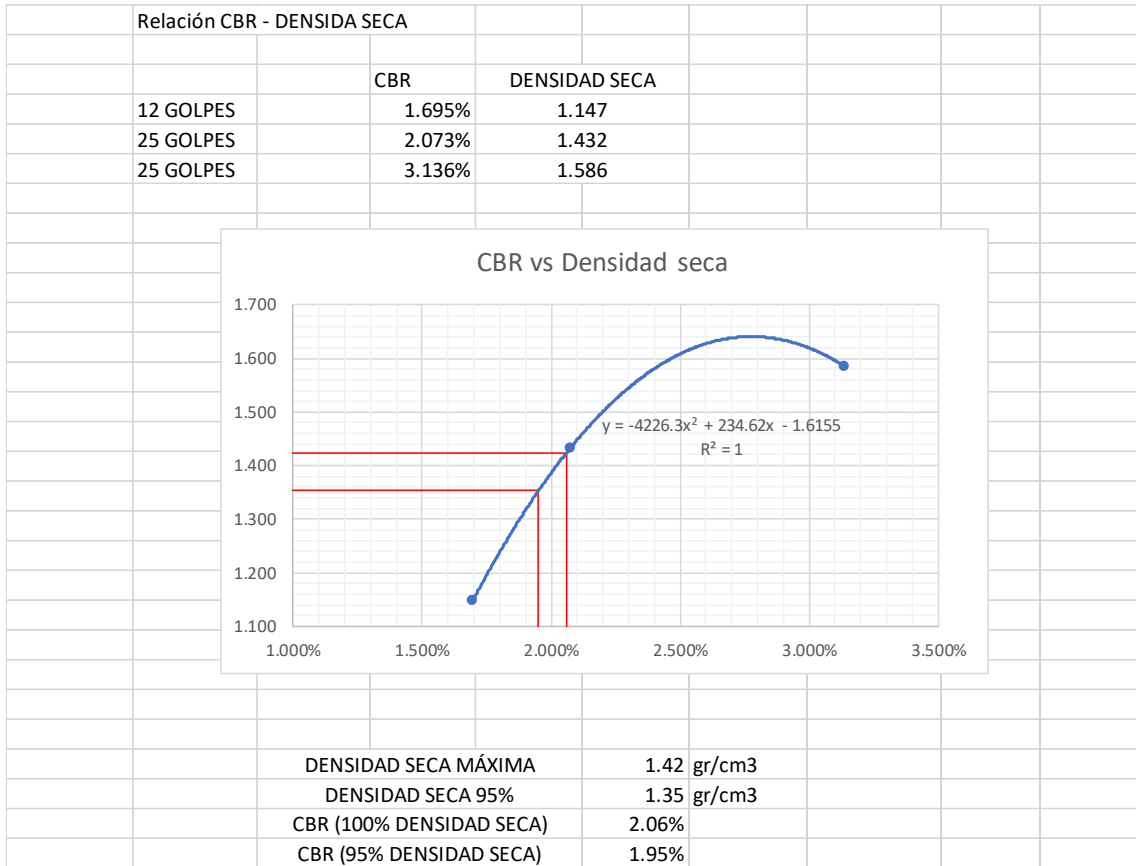
25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.08	0.1039	0.00193	0.05389	-	-		
1.27	0.14	0.1638	0.00193	0.08501	-	-		
1.91	0.21	0.2338	0.00193	0.12130	-	-		
2.54	0.25	0.2737	0.00193	0.14205	6.9	2.059%	0.143	2.073%
3.81	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
5.08	0.35	0.3736	0.00193	0.19390	10.35	1.873%	0.200	1.937%
6.35	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
7.62	0.42	0.4436	0.00193	0.23020	-	-		
8.89	0.43	0.4536	0.00193	0.23538	-	-		
10.16	0.45	0.4736	0.00193	0.24575	-	-		
11.43	0.47	0.4936	0.00193	0.25612	-	-		
12.7	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		







56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.11	0.1338	0.00193	0.06945	-	-		
1.27	0.24	0.2637	0.00193	0.13686	-	-		
1.91	0.32	0.3437	0.00193	0.17834	-	-		
2.54	0.41	0.4336	0.00193	0.22501	6.9	3.261%	0.216	3.136%
3.81	0.48	0.5035	0.00193	0.26131	-	-		
5.08	0.52	0.5435	0.00193	0.28205	10.35	2.725%	0.292	2.818%
6.35	0.56	0.5835	0.00193	0.30279	-	-		
7.62	0.6	0.6234	0.00193	0.32353	-	-		
8.89	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
10.16	0.63	0.6534	0.00193	0.33909	-	-		
11.43	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
12.7	0.65	0.6734	0.00193	0.34946	-	-		





## ANEXO 20: Ensayo CBR para suelo – cal

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> 						
<b>Proyecto:</b>						
Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.						
<b>Ubicación de muestra:</b> A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)						
<b>Por:</b> Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b> CBR		
<b>Objetivo:</b>						
Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.						
<b>Referencias normativas:</b>						
MTC E 132			ASTM D 1883			
<b>CBR A LOS 4 DÍAS DE SUELO CON CAL</b>						
<b>Datos del ensayo</b>						
<i>Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	28	80.54	71.25	43.25	9.29	21.48%
2	21.22	78.22	68.02	46.8	10.2	21.79%
3	19.09	59.64	52.38	33.29	7.26	21.81%
						<b>21.69%</b>
<i>Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	16.08	52.04	45.38	29.3	6.66	22.73%
2	14.92	60.11	51.67	36.75	8.44	22.97%
3	21.34	58.18	51.29	29.95	6.89	23.01%
						<b>22.90%</b>
<i>Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo</i>						
Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	20.22	78.66	68.08	47.86	10.58	22.11%
2	19.44	66.48	57.92	38.48	8.56	22.25%
3	16.38	59.51	51.87	35.49	7.64	21.53%
						<b>21.96%</b>
<b>EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES</b>						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%	
24/07/2023	01:30 P.M.	0	1.08	-	-	
28/07/2023	01:30 P.M.	96	4.61	3.53	<b>2.78%</b>	

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
24/07/2023	2:20 P.M.	0	2.5	-	-
28/07/2023	2:20 P.M.	96	5.68	3.18	<b>2.50%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

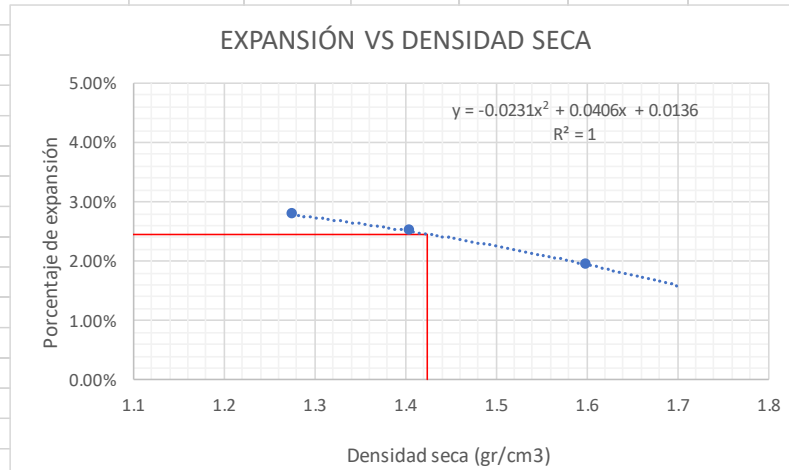
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
24/07/2023	3:30 P.M.	0	2.21	-	-
28/07/2023	3:30 P.M.	96	4.68	2.47	<b>1.94%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N°de capas	5	5	5
N°de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	9024	8678	8927
Peso molde +suelo húmedo (g)	12254	12467	13064
Peso suelo húmedo (g)	3230	3789	4137
Altura (cm)	11.604	11.824	11.642
Diámetro (cm)	15.109	15.371	15.23
Volumen (cm3)	2080.506	2194.111	2120.8858
Densidad humedad (g/cm3)	1.552507	1.726895	1.9506001
Contenido de humedad (%)	21.69%	22.90%	21.96%
Densidad seca (g/cm3)	1.275743	1.405117	1.5993828

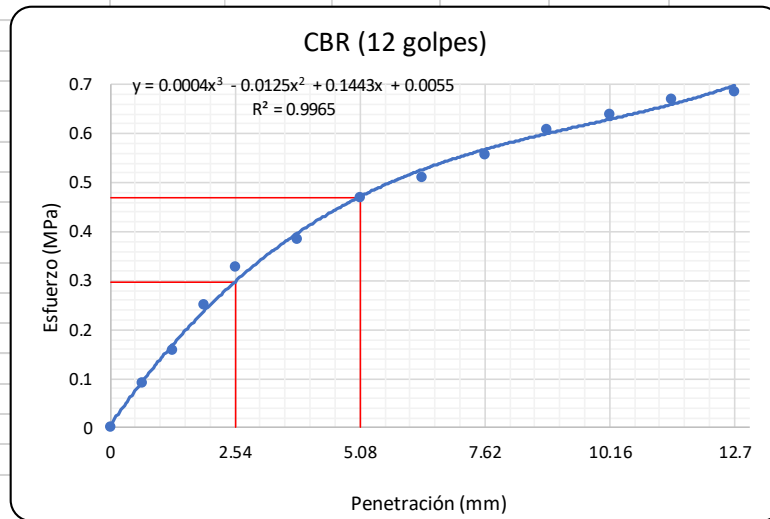
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

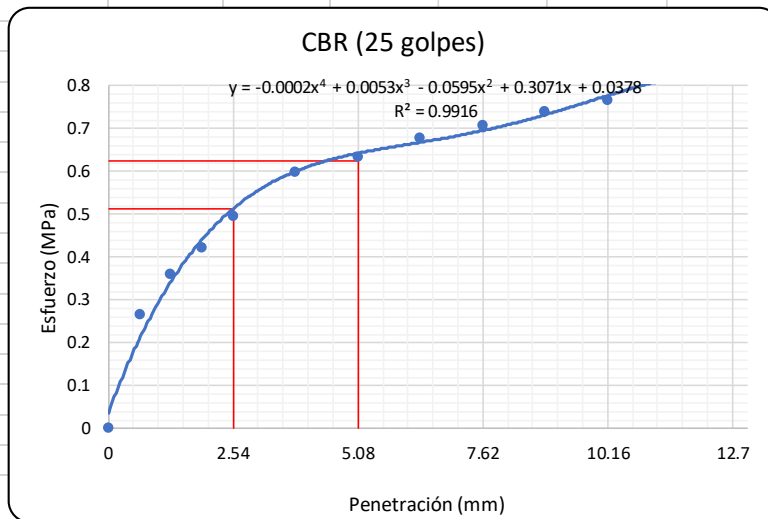


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	2.46%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	2.62%

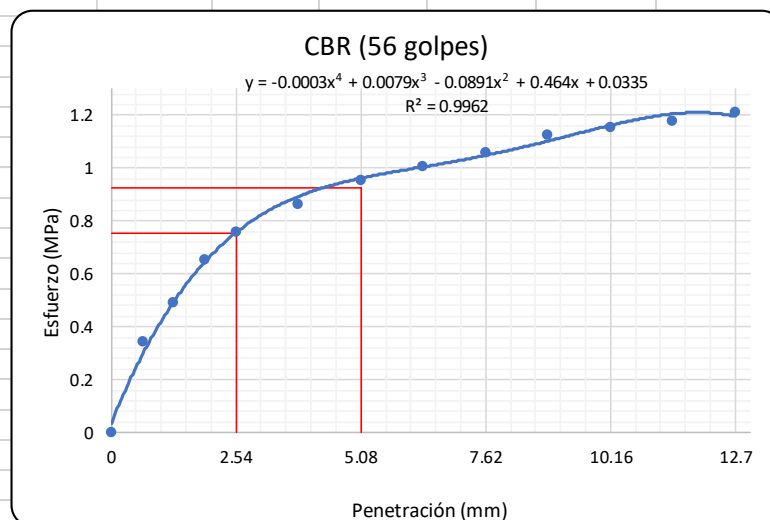
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.15	0.1738	0.00193	0.09019	-	-		
1.27	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
1.91	0.46	0.4836	0.00193	0.25094	-	-		
2.54	0.61	0.6334	0.00193	0.32872	6.9	4.764%	0.298	4.318%
3.81	0.72	0.7433	0.00193	0.38575	-	-		
5.08	0.88	0.9032	0.00193	0.46871	10.35	4.529%	0.468	4.526%
6.35	0.96	0.9831	0.00193	0.51019	-	-		
7.62	1.05	1.0731	0.00193	0.55685	-	-		
8.89	1.15	1.1730	0.00193	0.60870	-	-		
10.16	1.21	1.2329	0.00193	0.63981	-	-		
11.43	1.27	1.2929	0.00193	0.67092	-	-		
12.7	1.3	1.3228	0.00193	0.68647	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.49	0.5135	0.00193	0.26649	-	-		
1.27	0.67	0.6934	0.00193	0.35983	-	-		
1.91	0.79	0.8133	0.00193	0.42205	-	-		
2.54	0.93	0.9532	0.00193	0.49464	6.9	7.169%	0.512	7.427%
3.81	1.13	1.1530	0.00193	0.59833	-	-		
5.08	1.2	1.2229	0.00193	0.63463	10.35	6.132%	0.624	6.029%
6.35	1.28	1.3029	0.00193	0.67610	-	-		
7.62	1.34	1.3628	0.00193	0.70721	-	-		
8.89	1.4	1.4227	0.00193	0.73832	-	-		
10.16	1.45	1.4727	0.00193	0.76424	-	-		
11.43	1.54	1.5626	0.00193	0.81090	-	-		
12.7	1.58	1.6026	0.00193	0.83164	-	-		

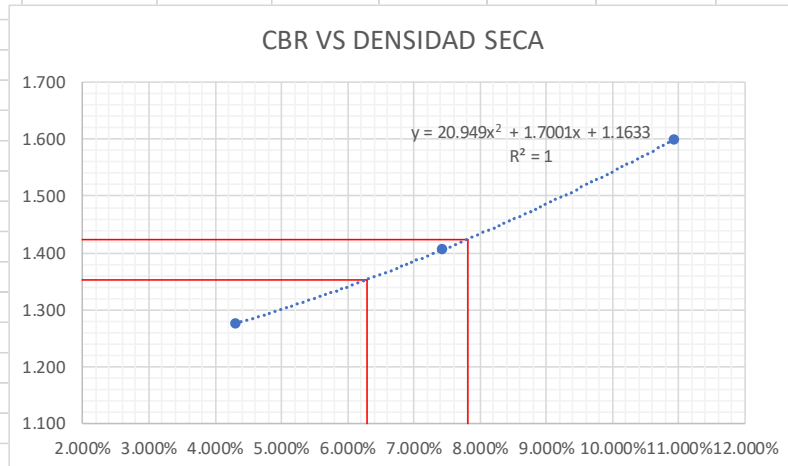


56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.64	0.6634	0.00193	0.34427	-	-		
1.27	0.92	0.9432	0.00193	0.48945	-	-		
1.91	1.24	1.2629	0.00193	0.65536	-	-		
2.54	1.44	1.4627	0.00193	0.75906	6.9	11.001%	0.754	10.930%
3.81	1.64	1.6625	0.00193	0.86274	-	-		
5.08	1.82	1.8423	0.00193	0.95606	10.35	9.237%	0.927	8.958%
6.35	1.92	1.9422	0.00193	1.00790	-	-		
7.62	2.02	2.0421	0.00193	1.05974	-	-		
8.89	2.15	2.1720	0.00193	1.12714	-	-		
10.16	2.2	2.2220	0.00193	1.15306	-	-		
11.43	2.25	2.2719	0.00193	1.17898	-	-		
12.7	2.31	2.3318	0.00193	1.21008	-	-		



Relación CBR - DENSIDA SECA

	CBR	DENSIDAD SECA
12 GOLPES	4.318%	1.276
25 GOLPES	7.427%	1.405
56 GOLPES	10.930%	1.599



DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
CBR (100% DENSIDAD SECA)	7.81%
CBR (95% DENSIDAD SECA)	6.28%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta **Ensayo:** CBR

**Objetivo:** Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Referencias normativas:**

MTC E 132	ASTM D 1883
-----------	-------------

**CBR A LOS 8 DÍAS PARA SUELO - CAL**

**Datos del ensayo**

*Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.15	62.57	55.08	32.93	7.49	22.75%
2	19.24	67.14	58.29	39.05	8.85	22.66%
3	17.19	58.44	50.88	33.69	7.56	22.44%
						<b>22.62%</b>

*Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	18.55	60.41	52.85	34.3	7.56	22.04%
2	16.81	64.04	55.29	38.48	8.75	22.74%
3	21.24	58.24	51.49	30.25	6.75	22.31%
						<b>22.36%</b>

*Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	20.04	54.7	48.31	28.27	6.39	22.60%
2	18.34	59.07	51.59	33.25	7.48	22.50%
3	16.8	48.33	42.82	26.02	5.51	21.18%
						<b>22.09%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
31/07/2023	10:15 A.M.	0	3.23	-	-
8/08/2023	10:15 A.M.	192	7.28	4.05	<b>3.19%</b>



**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
17/11/2022	10:25 A.M.	0	2.5	-	-
25/11/2022	10:25 A.M.	192	6.04	3.54	<b>2.79%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

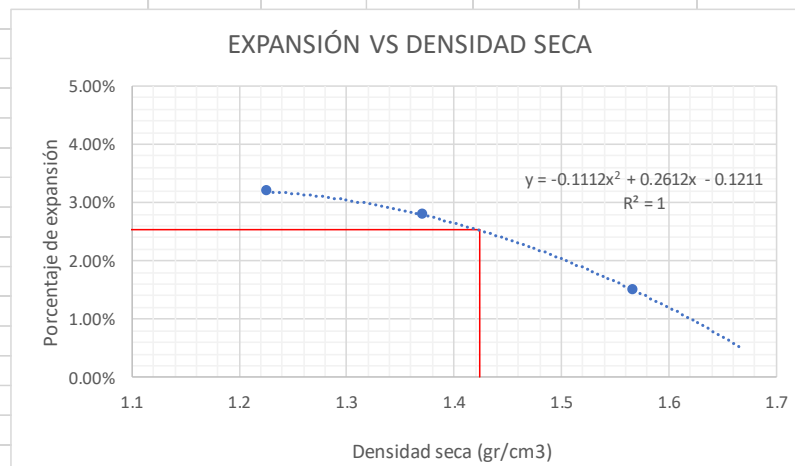
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
17/11/2022	10:45 A.M.	0	3.5	-	-
25/11/2022	10:45 A.M.	192	5.4	1.9	<b>1.50%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N°de capas	5	5	5
N°de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8467	8824	7928
Peso molde +suelo húmedo (g)	11605	12434	11964
Peso suelo húmedo (g)	3138	3610	4036
Altura (cm)	11.498	11.705	11.5
Diámetro (cm)	15.208	15.301	15.281
Volumen (cm3)	2088.605	2152.291	2109.0714
Densidad humedad (g/cm3)	1.502438	1.677283	1.9136384
Contenido de humedad (%)	22.62%	22.36%	22.09%
Densidad seca (g/cm3)	1.225318	1.370725	1.5673753

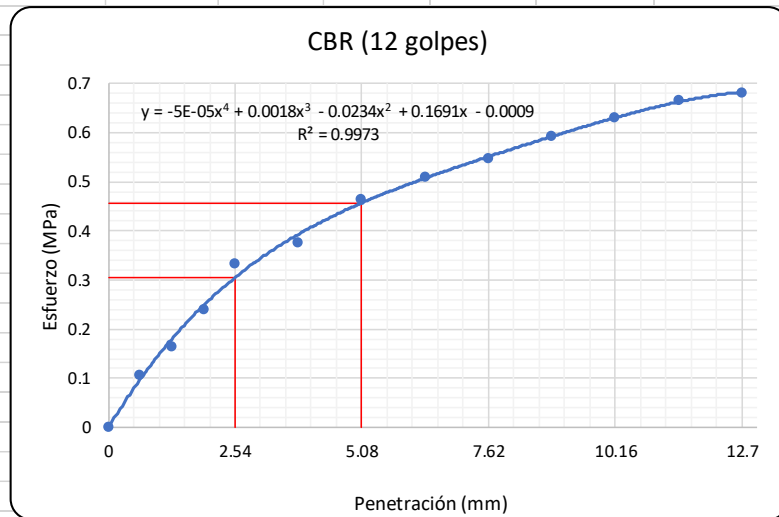
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón                      4.95 cm

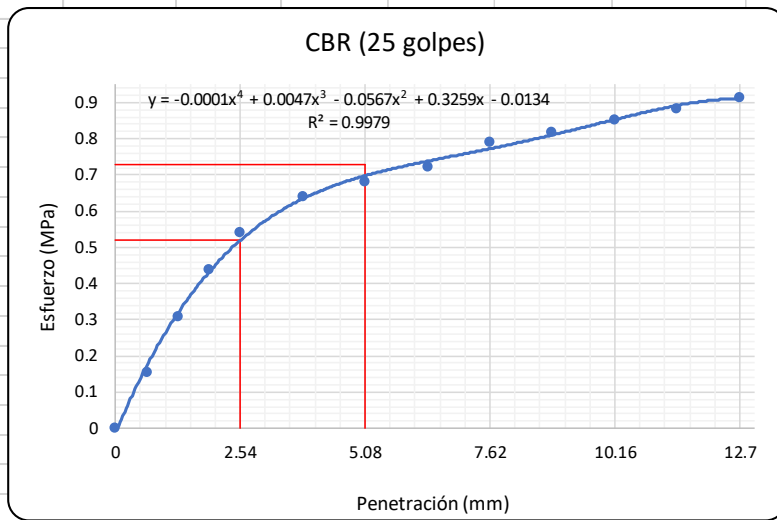


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	2.54%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	2.87%

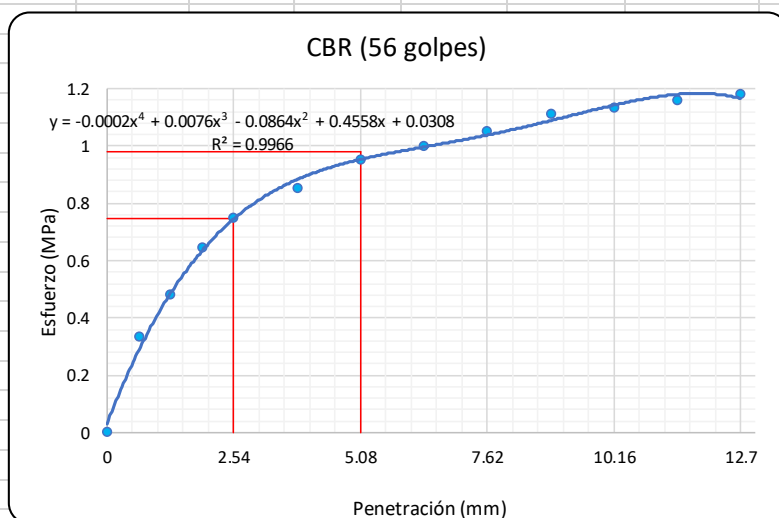
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.18	0.2038	0.00193	0.10575	-	-		
1.27	0.29	0.3137	0.00193	0.16279	-	-		
1.91	0.44	0.4636	0.00193	0.24057	-	-		
2.54	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	6.9	4.839%	0.305	4.421%
3.81	0.7	0.7234	0.00193	0.37538	-	-		
5.08	0.87	0.8932	0.00193	0.46353	10.35	4.479%	0.457	4.415%
6.35	0.96	0.9831	0.00193	0.51019	-	-		
7.62	1.03	1.0531	0.00193	0.54648	-	-		
8.89	1.12	1.1430	0.00193	0.59315	-	-		
10.16	1.19	1.2129	0.00193	0.62944	-	-		
11.43	1.26	1.2829	0.00193	0.66573	-	-		
12.7	1.29	1.3128	0.00193	0.68129	-	-		

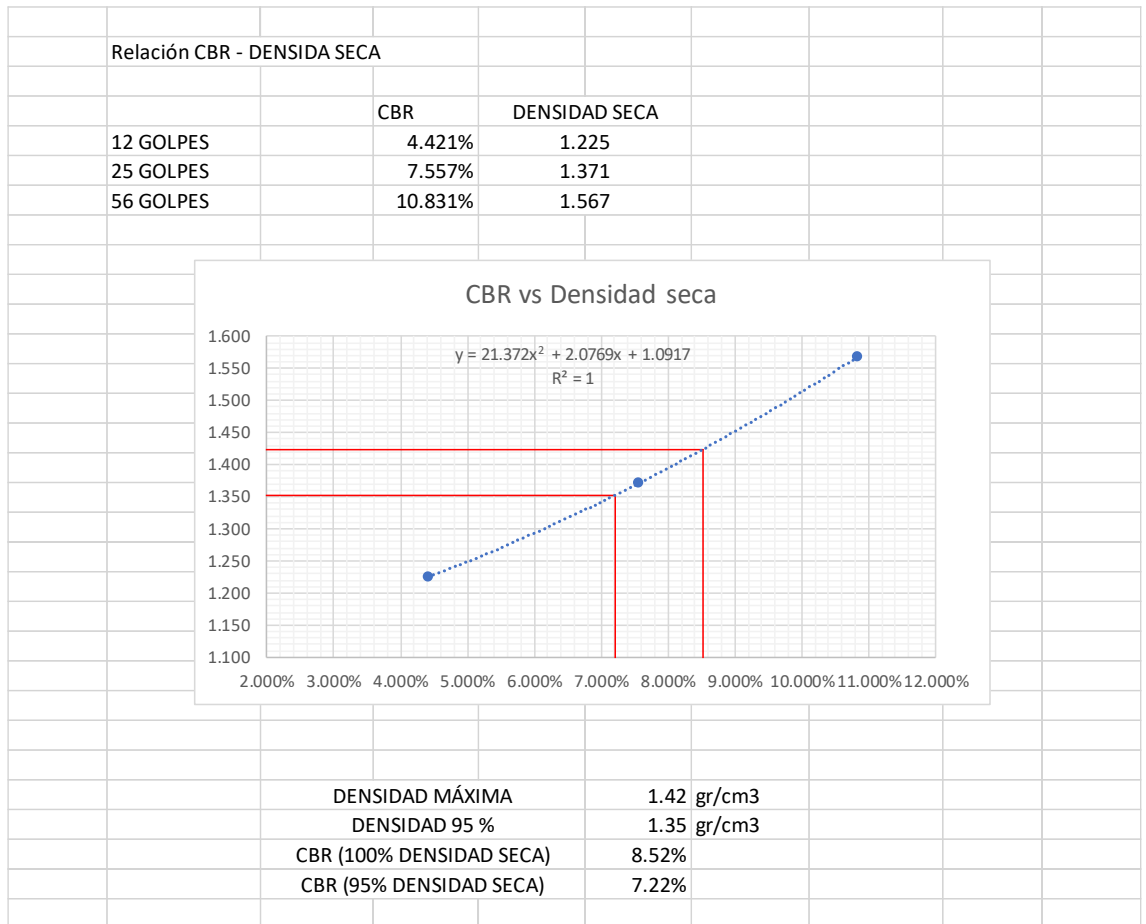


25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.27	0.2937	0.00193	0.15242	-	-		
1.27	0.57	0.5935	0.00193	0.30797	-	-		
1.91	0.82	0.8433	0.00193	0.43760	-	-		
2.54	1.02	1.0431	0.00193	0.54130	6.9	7.845%	0.521	7.557%
3.81	1.21	1.2329	0.00193	0.63981	-	-		
5.08	1.29	1.3128	0.00193	0.68129	10.35	6.582%	0.729	7.039%
6.35	1.37	1.3928	0.00193	0.72276	-	-		
7.62	1.5	1.5227	0.00193	0.79016	-	-		
8.89	1.55	1.5726	0.00193	0.81608	-	-		
10.16	1.62	1.6425	0.00193	0.85238	-	-		
11.43	1.68	1.7025	0.00193	0.88348	-	-		
12.7	1.74	1.7624	0.00193	0.91459	-	-		



56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	-	-		
1.27	0.9	0.9232	0.00193	0.47908	-	-		
1.91	1.22	1.2429	0.00193	0.64499	-	-		
2.54	1.42	1.4427	0.00193	0.74869	6.9	10.851%	0.747	10.831%
3.81	1.62	1.6425	0.00193	0.85238	-	-		
5.08	1.81	1.8324	0.00193	0.95088	10.35	9.187%	0.980	9.466%
6.35	1.9	1.9223	0.00193	0.99753	-	-		
7.62	2	2.0222	0.00193	1.04938	-	-		
8.89	2.12	2.1420	0.00193	1.11158	-	-		
10.16	2.16	2.1820	0.00193	1.13232	-	-		
11.43	2.21	2.2319	0.00193	1.15824	-	-		
12.7	2.25	2.2719	0.00193	1.17898	-	-		







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**Proyecto:** Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.

**Ubicación de muestra:** A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)

**Por:** Arnold Iván Tristán Peralta

**Ensayo:** CBR

**Objetivo:**

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Referencias normativas:**

MTC E 132

ASTM D 1883

**CBR A LOS 15 DÍAS PARA SUELO - CAL**

**Datos del ensayo**

*Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	18.25	59.24	51.82	33.57	7.42	22.10%
2	19.22	55.28	48.77	29.55	6.51	22.03%
3	21.08	61.08	53.51	32.43	7.57	23.34%
						<b>22.49%</b>

*Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	18.27	58.24	50.82	32.55	7.42	22.80%
2	21.08	61.34	53.78	32.7	7.56	23.12%
3	20.64	57.19	50.34	29.7	6.85	23.06%
						<b>22.99%</b>

*Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.18	61.08	53.79	31.61	7.29	23.06%
2	19.37	58.43	51.4	32.03	7.03	21.95%
3	23.01	55.18	49.22	26.21	5.96	22.74%
						<b>22.58%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
9/08/2023	09:45 A.M.	0	0.25	-	-
24/08/2023	09:45 A.M.	360	2.92	2.67	<b>2.10%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
9/08/2023	10:35 A.M.	0	2	-	-
24/08/2023	10:35 A.M.	360	4.07	2.07	<b>1.63%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

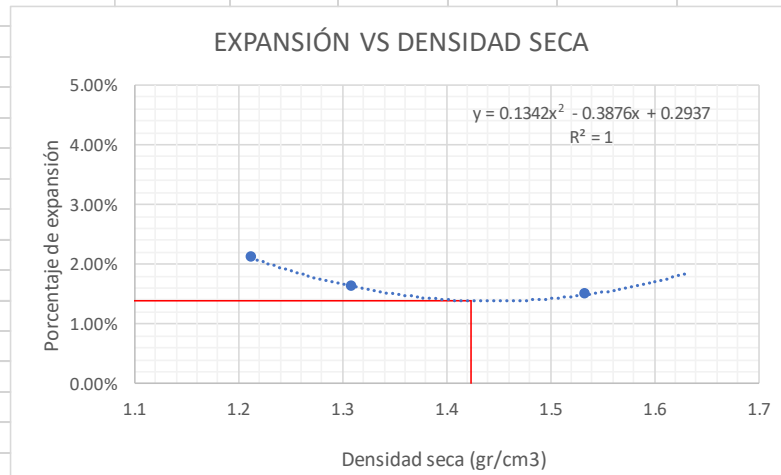
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
9/08/2023	11:50 A.M.	0	3.18	-	-
24/08/2023	11:50 A.M.	360	5.07	1.89	<b>1.49%</b>

**Datos del molde**

Muestra N°	1	2	3
N° de capas	5	5	5
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	8418	8337	8107
Peso molde +suelo húmedo (g)	11668	11884	12270
Peso suelo húmedo (g)	3250	3547	4163
Altura (cm)	11.59	11.804	11.627
Diámetro (cm)	15.504	15.42	15.571
Volumen (cm3)	2188.068	2204.387	2214.066
Densidad humedad (g/cm3)	1.485329	1.609064	1.8802511
Contenido de humedad (%)	22.49%	22.99%	22.58%
Densidad seca (g/cm3)	1.212592	1.308257	1.5338558

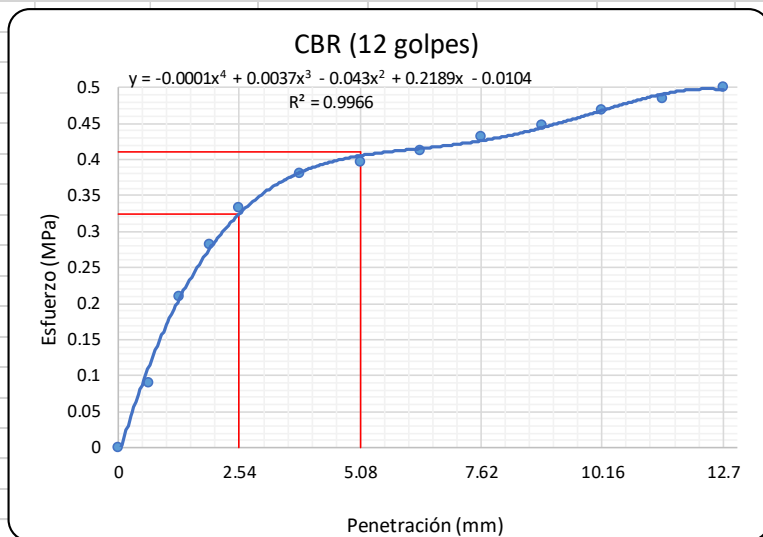
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

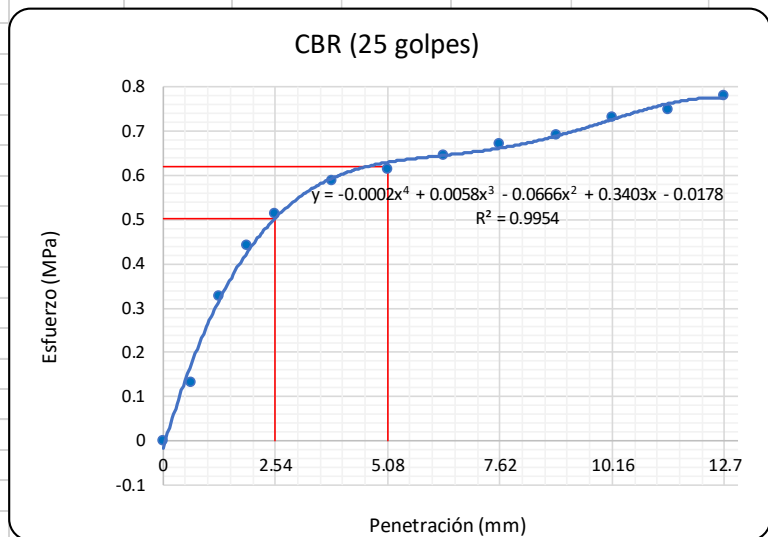


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	1.39%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	1.49%

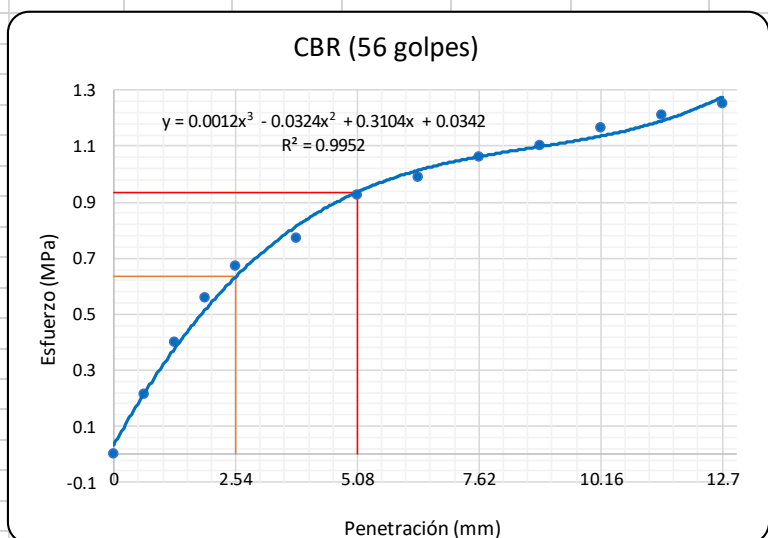
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.15	0.1738	0.00193	0.09019	-	-		
1.27	0.38	0.4036	0.00193	0.20945	-	-		
1.91	0.52	0.5435	0.00193	0.28205	-	-		
2.54	0.62	0.6434	0.00193	0.33390	6.9	4.839%	0.325	4.705%
3.81	0.71	0.7334	0.00193	0.38057	-	-		
5.08	0.74	0.7633	0.00193	0.39612	10.35	3.827%	0.410	3.965%
6.35	0.77	0.7933	0.00193	0.41168	-	-		
7.62	0.81	0.8333	0.00193	0.43242	-	-		
8.89	0.84	0.8632	0.00193	0.44797	-	-		
10.16	0.88	0.9032	0.00193	0.46871	-	-		
11.43	0.91	0.9332	0.00193	0.48427	-	-		
12.7	0.94	0.9632	0.00193	0.49982	-	-		



25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.23	0.2537	0.00193	0.13167	-	-		
1.27	0.61	0.6334	0.00193	0.32872	-	-		
1.91	0.83	0.8533	0.00193	0.44279	-	-		
2.54	0.97	0.9931	0.00193	0.51538	6.9	7.469%	0.504	7.299%
3.81	1.11	1.1330	0.00193	0.58796	-	-		
5.08	1.16	1.1830	0.00193	0.61389	10.35	5.931%	0.619	5.984%
6.35	1.22	1.2429	0.00193	0.64499	-	-		
7.62	1.27	1.2929	0.00193	0.67092	-	-		
8.89	1.31	1.3328	0.00193	0.69166	-	-		
10.16	1.39	1.4128	0.00193	0.73313	-	-		
11.43	1.42	1.4427	0.00193	0.74869	-	-		
12.7	1.48	1.5027	0.00193	0.77979	-	-		



56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.39	0.4136	0.00193	0.21464	-	-		
1.27	0.75	0.7733	0.00193	0.40131	-	-		
1.91	1.05	1.0731	0.00193	0.55685	-	-		
2.54	1.27	1.2929	0.00193	0.67092	6.9	9.723%	0.633	9.178%
3.81	1.46	1.4827	0.00193	0.76942	-	-		
5.08	1.76	1.7824	0.00193	0.92496	10.35	8.937%	0.932	9.007%
6.35	1.88	1.9023	0.00193	0.98717	-	-		
7.62	2.02	2.0421	0.00193	1.05974	-	-		
8.89	2.1	2.1221	0.00193	1.10122	-	-		
10.16	2.22	2.2419	0.00193	1.16342	-	-		
11.43	2.31	2.3318	0.00193	1.21008	-	-		
12.7	2.39	2.4118	0.00193	1.25155	-	-		









**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.					
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)					
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta				<b>Ensayo:</b>	CBR

**Objetivo:**  
 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Referencias normativas:**

MTC E 132	ASTM D 1883
-----------	-------------

**CBR A LOS 30 DÍAS PARA SUELO - CAL**

**Datos del ensayo**

*Contenido de humedad para 12 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.08	59.08	52.24	30.16	6.84	22.68%
2	19.58	61.07	53.69	34.11	7.38	21.64%
3	24.1	66.57	59.07	34.97	7.5	21.45%
						<b>21.92%</b>

*Contenido de humedad para 25 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	22.29	55.49	49.67	27.38	5.82	21.26%
2	17.68	61.24	53.67	35.99	7.57	21.03%
3	23.04	57.61	51.27	28.23	6.34	22.46%
						<b>21.58%</b>

*Contenido de humedad para 56 golpes antes de sumergirlo*

Ensayo	PESO TARA (g)	P. TARA+HÚMEDO	P. TARA+SECO	P.SUELO SECO	P.AGUA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	25.4	68.04	60.24	34.84	7.8	22.39%
2	21.46	58.41	51.61	30.15	6.8	22.55%
3	19.77	51.67	45.71	25.94	5.96	22.98%
						<b>22.64%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 12 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
25/07/2023	10:15 A.M.	0	2.5	-	-
24/08/2023	10:15 A.M.	720	6.08	3.58	<b>2.82%</b>

**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 25 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
25/07/2023	10:25 A.M.	0	1.25	-	-
24/08/2023	10:25 A.M.	720	5.4	2.9	<b>2.28%</b>

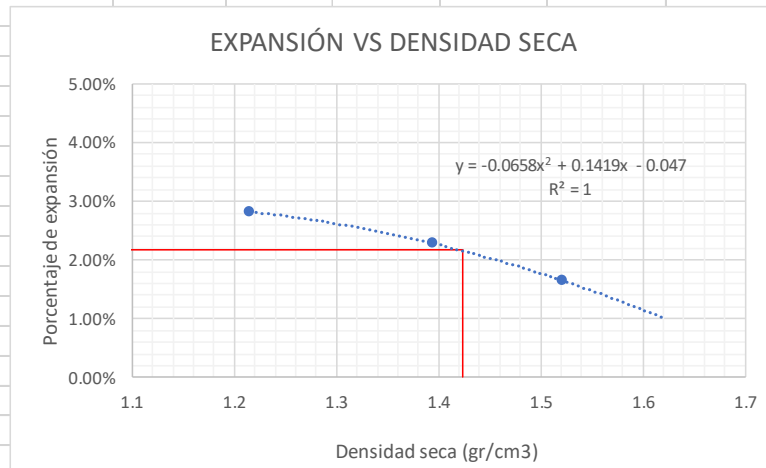
**EXPANSIÓN PARA MUESTRA A 56 GOLPES**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%
25/07/2023	10:40 A.M.	0	0.58	-	-
24/08/2023	10:40 A.M.	720	2.67	2.09	<b>1.65%</b>

<b>N° de golpes</b>	12	25	56
<b>Peso del molde (g)</b>	8247	8274	8109
<b>Peso molde +suelo húmedo (g)</b>	11407	11881	12304
<b>Peso suelo húmedo (g)</b>	3160	3607	4195
<b>Altura (cm)</b>	11.42	11.498	11.725
<b>Diámetro (cm)</b>	15.421	15.35	15.624
<b>Volumen (cm3)</b>	2132.952	2127.791	2247.9528
<b>Densidad humedad (g/cm3)</b>	1.481515	1.695185	1.8661424
<b>Contenido de humedad (%)</b>	21.92%	21.58%	22.64%
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	1.215147	1.394264	1.5216505

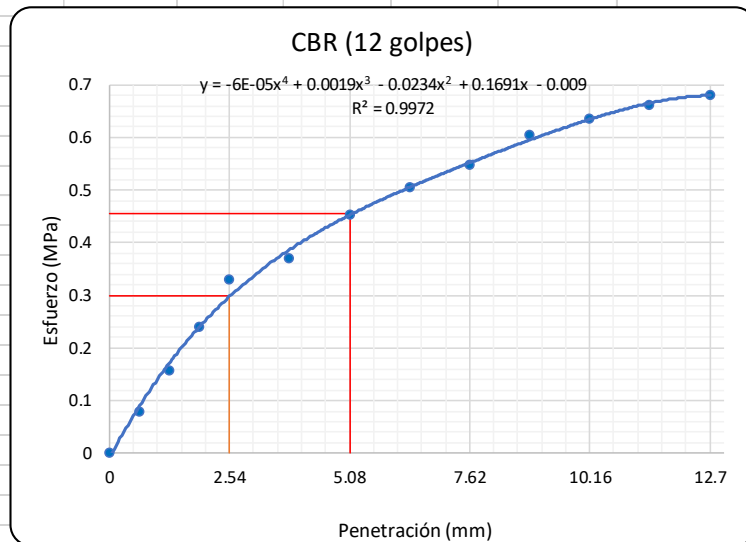
**Datos del ensayo de penetración**

Diámetro del pistón 4.95 cm

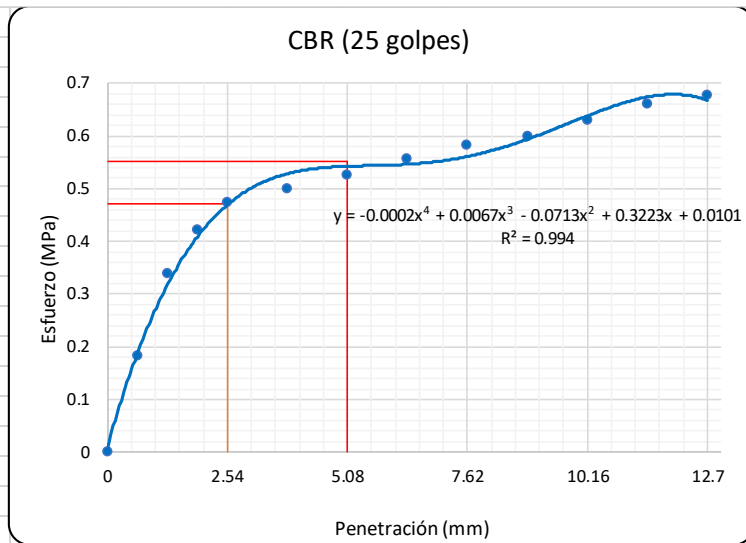


DENSIDAD MÁXIMA	1.42 gr/cm3
DENSIDAD 95%	1.35 gr/cm3
EXPANSIÓN (100% DENSIDAD SECA)	2.16%
EXPANSIÓN (95% DENSIDAD SECA)	2.45%

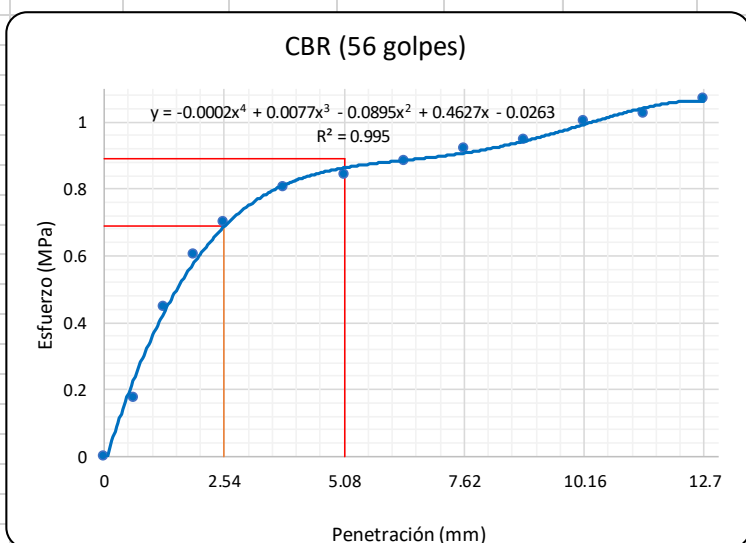
12 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.13	0.1538	0.00193	0.07982	-	-		
1.27	0.28	0.3037	0.00193	0.15760	-	-		
1.91	0.44	0.4636	0.00193	0.24057	-	-		
2.54	0.61	0.6334	0.00193	0.32872	6.9	4.764%	0.298	4.322%
3.81	0.69	0.7134	0.00193	0.37020	-	-		
5.08	0.85	0.8732	0.00193	0.45316	10.35	4.378%	0.455	4.399%
6.35	0.95	0.9732	0.00193	0.50501	-	-		
7.62	1.03	1.0531	0.00193	0.54648	-	-		
8.89	1.14	1.1630	0.00193	0.60352	-	-		
10.16	1.2	1.2229	0.00193	0.63463	-	-		
11.43	1.25	1.2729	0.00193	0.66055	-	-		
12.7	1.29	1.3128	0.00193	0.68129	-	-		

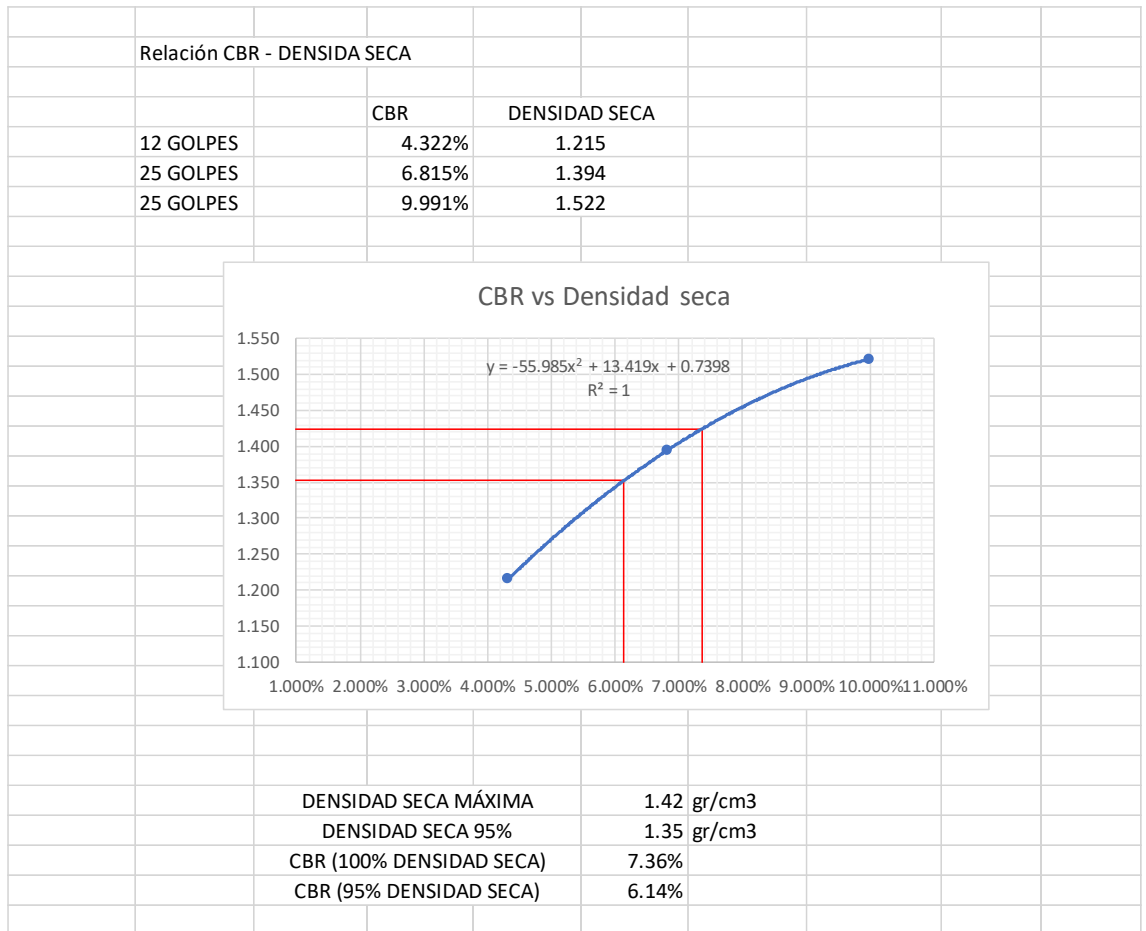


25 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.33	0.3537	0.00193	0.18353	-	-		
1.27	0.63	0.6534	0.00193	0.33909	-	-		
1.91	0.79	0.8133	0.00193	0.42205	-	-		
2.54	0.89	0.9132	0.00193	0.47390	6.9	6.868%	0.470	6.815%
3.81	0.94	0.9632	0.00193	0.49982	-	-		
5.08	0.99	1.0131	0.00193	0.52574	10.35	5.080%	0.553	5.339%
6.35	1.05	1.0731	0.00193	0.55685	-	-		
7.62	1.1	1.1230	0.00193	0.58278	-	-		
8.89	1.13	1.1530	0.00193	0.59833	-	-		
10.16	1.19	1.2129	0.00193	0.62944	-	-		
11.43	1.25	1.2729	0.00193	0.66055	-	-		
12.7	1.28	1.3029	0.00193	0.67610	-	-		





56 GOLPES					Datos respecto de piedra de CALIFORNIA		CBR corregido	
Deformación (mm)	Lectura (KN)	Corrección de Lectura (KN)	ÁREA DEL PISTÓN (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Esfuerzo (Mpa)	CBR	Esfuerzo corregido (Mpa)	CBR corregido
0	0	0	0.00193	0	-	-		
0.64	0.31	0.3337	0.00193	0.17316	-	-		
1.27	0.84	0.8632	0.00193	0.44797	-	-		
1.91	1.14	1.1630	0.00193	0.60352	-	-		
2.54	1.33	1.3528	0.00193	0.70203	6.9	10.174%	0.689	9.991%
3.81	1.53	1.5526	0.00193	0.80572	-	-		
5.08	1.6	1.6226	0.00193	0.84201	10.35	8.135%	0.891	8.607%
6.35	1.68	1.7025	0.00193	0.88348	-	-		
7.62	1.75	1.7724	0.00193	0.91977	-	-		
8.89	1.8	1.8224	0.00193	0.94569	-	-		
10.16	1.91	1.9323	0.00193	1.00272	-	-		
11.43	1.95	1.9722	0.00193	1.02346	-	-		
12.7	2.04	2.0621	0.00193	1.07011	-	-		





## ANEXO 21: Humedad después de CBR

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> 				
<b>Proyecto:</b>	Tesis de pregrado, 'Efecto del tiempo de saturación en un suelo altamente plástico en el diseño de pavimentos'.			
<b>Ubicación de muestra:</b>	A 2.6 KM DEL DESVÍO DE PU-1119 KM 1 + 500 (19L 391228.37 E 8239981.62 S)			
<b>Por:</b>	Arnold Iván Tristán Peralta	<b>Ensayo:</b>	Contenido de humedad	
<b>Objetivo:</b>	Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo			
<b>Referencias normativas:</b>	ASTM D 2216	MTC E 108		
<b>Procedimiento:</b>	CBR 4D - ENSAYO 1			
	12G			
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>
PESO DE TARA	gr.	85.61	85.27	84.26
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	446.44	268.22	398.88
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	369.97	233.82	331.83
PESO DEL AGUA	gr.	76.47	34.4	67.05
PESO DEL SUELO SECO	gr.	284.36	148.55	247.57
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	26.89%	23.16%	27.08%
<b>%w (promedio)</b>	%	25.71%		
	25G			
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>
PESO DE TARA	gr.	86.13	84.81	85.65
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	344.48	192.55	304.72
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	291.92	172.54	261.15
PESO DEL AGUA	gr.	52.56	20.01	43.57
PESO DEL SUELO SECO	gr.	205.79	87.73	175.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.54%	22.81%	24.83%
<b>%w (promedio)</b>	%	24.39%		
	56G			
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>
PESO DE TARA	gr.	85.67	84.29	82.84
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	242.02	485.24	284.27
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	211.89	414.03	244.93
PESO DEL AGUA	gr.	30.13	71.21	39.34
PESO DEL SUELO SECO	gr.	126.22	329.74	162.09
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23.87%	21.60%	24.27%
<b>%w (promedio)</b>	%	23.25%		

CBR 4D - ENSAYO 2					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	34.8	38.24	32.82	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	150.71	122.84	201.82	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	126.01	107.08	167.03	
PESO DEL AGUA	gr.	24.7	15.76	34.79	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	91.21	68.84	134.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	27.08%	22.89%	25.92%	
%w (promedio)	%	25.30%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	28.19	35.2	30.82	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	211.28	192.05	108.43	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	173.71	160.92	91.93	
PESO DEL AGUA	gr.	37.57	31.13	16.5	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	145.52	125.72	61.11	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.82%	24.76%	27.00%	
%w (promedio)	%	25.86%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	34.8	35.05	35.08	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	199.73	174.44	199.39	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	164.86	148.3	163.3369837	
PESO DEL AGUA	gr.	34.87	26.14	36.05301627	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	130.06	113.25	128.2569837	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	26.81%	23.08%	28.11%	
%w (promedio)	%	26.00%			
CBR 4D - ENSAYO 3					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	33.84	38.44	34.08	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	201.08	192.77	170.01	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	167.5571	163.99321	139.8538733	
PESO DEL AGUA	gr.	33.52287	28.77679	30.15612669	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	133.7171	125.55321	105.7738733	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.07%	22.92%	28.51%	
%w (promedio)	%	25.50%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	30.88	35.07	29.22	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	189.07	204.88	222.88	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	155.165	173.03718	179.4838146	
PESO DEL AGUA	gr.	33.90495	31.842822	43.3961854	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	124.285	137.96718	150.2638146	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	27.28%	23.08%	28.88%	
%w (promedio)	%	26.41%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	37.41	35.88	38.47	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	238.87	188.4	261.19	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	197.5531	160.20344	213.7296819	
PESO DEL AGUA	gr.	41.31691	28.196555	47.4603181	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	160.1431	124.32344	175.2596819	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	25.80%	22.68%	27.08%	
%w (promedio)	%	25.19%			



CBR 8D - ENSAYO 1					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	38.24	30.82	28.33	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	201.82	198.1	177.64	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	161.9019	164.78335	138.0522327	
PESO DEL AGUA	gr.	39.91807	33.316652	39.58776734	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	123.6619	133.96335	109.7222327	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.28%	24.87%	36.08%	
%w (promedio)	%	31.08%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	28.17	29.54	33.83	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	158.44	127.55	138.1	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	127.9632	108.63135	112.3465668	
PESO DEL AGUA	gr.	30.47683	18.918649	25.75343322	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	99.79317	79.091351	78.51656678	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30.54%	23.92%	32.80%	
%w (promedio)	%	29.09%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	25.63	17.56	21.67	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	79.38	69.23	98.94	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	66.37	57.68	82	
PESO DEL AGUA	gr.	13.01	11.55	16.94	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	40.74	40.12	60.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	31.93%	28.79%	28.08%	
%w (promedio)	%	29.60%			
CBR 8D - ENSAYO 2					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	28.67	27.24	31.07	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	282.55	188.27	208.56	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	222.94	158.19	164.01	
PESO DEL AGUA	gr.	59.61	30.08	44.55	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	194.27	130.95	132.94	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30.68%	22.97%	33.51%	
%w (promedio)	%	29.06%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	22.18	28.11	24.34	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	204.64	197.36	224.34	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	158.1	165.25	174.62	
PESO DEL AGUA	gr.	46.54	32.11	49.72	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	135.92	137.14	150.28	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.24%	23.41%	33.08%	
%w (promedio)	%	30.25%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	19.92	24.4	23.56	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	82.88	108.64	115.67	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	67.43	92.2	94.12	
PESO DEL AGUA	gr.	15.45	16.44	21.55	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	47.51	67.8	70.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.52%	24.25%	30.54%	
%w (promedio)	%	29.10%			

CBR 8D - ENSAYO 3					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	20.19	27.34	21.39	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	182.44	175.34	169.54	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	140.16	144.6	131.88	
PESO DEL AGUA	gr.	42.28	30.74	37.66	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	119.97	117.26	110.49	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.24%	26.22%	34.08%	
%w (promedio)	%	31.85%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	28.64	24.07	24.66	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	202.14	188.37	224.4	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	158.85	157.66	179.09	
PESO DEL AGUA	gr.	43.29	30.71	45.31	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	130.21	133.59	154.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	33.25%	22.99%	29.34%	
%w (promedio)	%	28.52%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	25.07	21.44	19.47	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	182.37	207.07	197.53	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	142.38	170.78	153	
PESO DEL AGUA	gr.	39.99	36.29	44.53	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	117.31	149.34	133.53	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.09%	24.30%	33.35%	
%w (promedio)	%	30.58%			
CBR 15D - ENSAYO 1					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	19.2	21.21	18.54	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	108.24	125.46	98.24	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	85.01	100.18	76.76	
PESO DEL AGUA	gr.	23.23	25.28	21.48	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	65.81	78.97	58.22	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.30%	32.01%	36.89%	
%w (promedio)	%	34.74%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	20.56	19.28	17.37	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	109.08	120.22	97.66	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	86.48	96.28	77.61	
PESO DEL AGUA	gr.	22.6	23.94	20.05	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	65.92	77	60.24	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.28%	31.09%	33.28%	
%w (promedio)	%	32.89%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	21.34	19.58	22.67	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	180.67	158.97	124.37	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	140.04	126.49	98.87	
PESO DEL AGUA	gr.	40.63	32.48	25.5	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	118.7	106.91	76.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.23%	30.38%	33.46%	
%w (promedio)	%	32.69%			

CBR 15D - ENSAYO 2					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	18.82	20.27	17.37	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	100.98	118.64	134.08	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	80.46	94.78	103.63	
PESO DEL AGUA	gr.	20.52	23.86	30.45	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	61.64	74.51	86.26	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	33.29%	32.02%	35.30%	
%w (promedio)	%	33.54%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	16.48	24.08	21.28	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	89.17	102	134.55	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	71.17	83.15	105.05	
PESO DEL AGUA	gr.	18	18.85	29.5	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	54.69	59.07	83.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.91%	31.91%	35.22%	
%w (promedio)	%	33.35%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	23.07	21.55	20.59	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	174.25	126.44	170.34	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	134.85	102.18	133.8	
PESO DEL AGUA	gr.	39.4	24.26	36.54	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	111.78	80.63	113.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.25%	30.09%	32.28%	
%w (promedio)	%	32.54%			
CBR 15D - ENSAYO 3					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	19.05	16.48	20.34	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	133.68	142.56	119.64	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	104.41	111.08	93.85	
PESO DEL AGUA	gr.	29.27	31.48	25.79	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	85.36	94.6	73.51	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.29%	33.28%	35.08%	
%w (promedio)	%	34.22%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	21.08	24.6	27.04	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	128.01	153.11	167.77	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	100.71	120.72	132.13	
PESO DEL AGUA	gr.	27.3	32.39	35.64	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	79.63	96.12	105.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.28%	33.70%	33.91%	
%w (promedio)	%	33.96%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	18.38	22.64	21.11	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	188.67	127.08	134.9	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	146.49	101.7	107.26	
PESO DEL AGUA	gr.	42.18	25.38	27.64	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	128.11	79.06	86.15	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	32.92%	32.10%	32.08%	
%w (promedio)	%	32.37%			

CBR 30D - ENSAYO 1					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	22.68	21.08	24.6	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	164.55	172.08	109.33	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	127.76	133.53	86.99	
PESO DEL AGUA	gr.	36.79	38.55	22.34	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	105.08	112.45	62.39	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.01%	34.28%	35.81%	
%w (promedio)	%	35.03%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	26.15	21.48	23.34	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	156.41	144.69	192.01	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	122.77	112.81	149.39	
PESO DEL AGUA	gr.	33.64	31.88	42.62	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	96.62	91.33	126.05	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.82%	34.91%	33.81%	
%w (promedio)	%	34.51%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	17.69	20.68	18.9	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	144.3	157.92	147.38	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	111.42	122.45	113.88	
PESO DEL AGUA	gr.	32.88	35.47	33.5	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	93.73	101.77	94.98	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.08%	34.85%	35.27%	
%w (promedio)	%	35.07%			
CBR 30D - ENSAYO 2					
12G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	21.67	26.24	22.08	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	182.34	180.47	166.92	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	139.6	139.79	128.56	
PESO DEL AGUA	gr.	42.74	40.68	38.36	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	117.93	113.55	106.48	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	36.24%	35.83%	36.03%	
%w (promedio)	%	36.03%			
25G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	19.67	24.24	18.61	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	148.64	129.33	92.2	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	115.05	102.13	73.08	
PESO DEL AGUA	gr.	33.59	27.2	19.12	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	95.38	77.89	54.47	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.22%	34.92%	35.10%	
%w (promedio)	%	35.08%			
56G					
ENSAYO	UND	ARRIBA	MEDIO	ABAJO	
PESO DE TARA	gr.	20.07	21.28	24.37	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	149.2	155.52	185.2	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	116.23	120.96	145.21	
PESO DEL AGUA	gr.	32.97	34.56	39.99	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	96.16	99.68	120.84	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.29%	34.67%	33.09%	
%w (promedio)	%	34.02%			

CBR 30D - ENSAYO 3					
12G					
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>	
PESO DE TARA	gr.	18.66	20.43	21.17	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	146.08	151.64	170.49	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	113.69	118.71	132.1	
PESO DEL AGUA	gr.	32.39	32.93	38.39	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	95.03	98.28	110.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.08%	33.51%	34.61%	
<b>%w (promedio)</b>	%	34.07%			
25G					
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>	
PESO DE TARA	gr.	19.67	24.24	18.61	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	148.64	129.33	92.2	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	115.86	103.45	73.65	
PESO DEL AGUA	gr.	32.78	25.88	18.55	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	96.19	79.21	55.04	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.08%	32.67%	33.70%	
<b>%w (promedio)</b>	%	33.48%			
56G					
<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ABAJO</b>	
PESO DE TARA	gr.	20.07	21.28	24.37	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	gr.	149.2	155.52	185.2	
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	115.67	121.53	143.78	
PESO DEL AGUA	gr.	33.53	33.99	41.42	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	95.6	100.25	119.41	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.07%	33.91%	34.69%	
<b>%w (promedio)</b>	%	34.56%			

ANEXO 22: Constancia de Laboratorio de Suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA**

**Hace constar:**

Que el tesista, **Bach. ARNOLD IVÁN TRISTÁN PERALTA**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "EFECTO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN MAYOR A LOS 4 DÍAS EN SUELOS FINOS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA ALTURA DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES". Conducentes a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	NORMA	CANTIDAD	U.M.
1	Contenido de Humedad	ASTM D-2216	05	Und.
2	Análisis Granulométrico por Lavado	ASTM D-6913	01	Und.
3	Análisis Granulométrico por Hidrómetro	ASTM D-421	01	Und.
4	Límites de Consistencia (L.L. y L.P.)	ASTM D-4318	01	Und.
5	Gravedad Especifica de Suelos Finos	ASTM D-854	01	Und.
6	Proctor Modificado	ASTM D-1557	01	Und.
7	C.B.R. (Relación Valor de Soporte)	ASTM D-1883	04	Und.

*Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.*

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

**Puno, C. U. 13 de julio del 2023.**



  
**ING. FAUSTO PONGIANG MAMANI-MAMANI**  
Jefe del Laboratorio de MSyM de la FICA

C.C.  
Arch./LMSyM.

**ANEXO 23: Panel fotográfico**

**Fotografía 1: Ensayo de granulometría**



**Fotografía 2: Ensayo hidrometría**



**Fotografía 3: Ensayo de límites de consistencia**



**Fotografía 4: Ensayo CBR**





**Fotografía 5: Ensayo gravedad específica**



**Fotografía 6: Saturación en CBR**



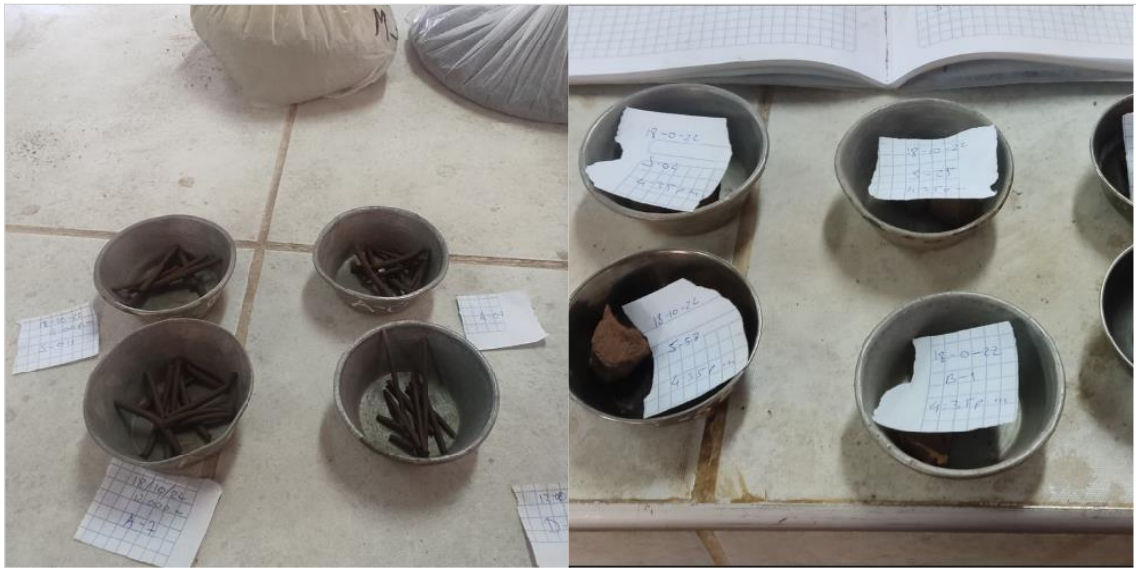
**Fotografía 7: Ensayo Proctor modificado**



**Fotografía 8: Cuarteo de material**



**Fotografía 9: Límites de consistencia**



**ANEXO 24:** Acta de dictaminación



*Universidad Nacional del Altiplano*  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**ACTA DE DICTAMEN DE REVISIÓN DE BORRADOR DE TESIS**

En el salón de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil siendo las 9:00 a.m. horas del día 23 de octubre del año 2023 se reunieron los miembros del jurado dictaminador:

PRESIDENTE : D.Sc Ing. EDGAR VIDAL HURTADO CHAVEZ  
1er MIEMBRO : M.C. Ing. GINO FRANK LAQUE CORDOVA  
2do MIEMBRO : Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA  
DIRECTOR : Dr. Ing. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

Quienes revisaron el borrador de tesis titulado: "EFECTO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN MAYOR A LOS 4 DÍAS EN SUELOS FINOS DE ALTA PLASTICIDAD EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS"

Presentado por el (la) (los) bachiller (es):

- ARNOLD IVAN TRISTAN PERALTA

El cual ha sido debidamente evaluado de acuerdo al Reglamento de Titulaciones y Normas de la UNA-PUNO, habiéndose emitido las observaciones por parte de los miembros del jurado, siendo absueltas en su oportunidad, en mérito de lo cual la comisión ha considerado la APROBACIÓN del mencionado borrador de tesis.

El jurado dictaminador previa coordinación propone ejecutar el acto de sustentación y defensa del (los) bachiller (es) para el día 6 de noviembre del año 2023 a horas 9 a.m. para la exposición y defensa de la tesis en forma presencial. Siendo las 10:00 a.m. horas del mismo día, se dio por concluida la presente reunión, firmado para refrendar la presente.

PRESIDENTE:  
D.Sc Ing. EDGAR VIDAL HURTADO  
CHAVEZ

PRIMÉR MIEMBRO:  
M.C. Ing. GINO FRANK LAQUE  
CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO:  
Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

DIRECTOR:  
Dr. Ing. SAMUEL HUAQUISTO  
CACERES



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ARNOLD IVAN TRISTÁN PERALTA  
, identificado con DNI 71590391 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"EFECTO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN MAYOR A LOS 4 DÍAS EN SUELOS FIJOS

DE ALTA PLASTICIDAD EN LA ALTURA DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de octubre del 2023

Arnold Iván  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ARNOLD IVAN TRISTAN PERALTA  
, identificado con DNI 71590591 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERÍA CIVIL

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"EFECTO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN MAYOR A LOS 4 DÍAS EN SUELOS  
FINOS DE ALTA PLASTICIDAD EN LA ALTURA DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Octubre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella