

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Dosificación 0.00 Lt/m ³ de terrasil-suelo no tratado	2
ANEXO 2 Dosificación de 0.30 Lt/m ³ de terrasil-suelo tratado	15
ANEXO 3 Dosificación de 0.50 Lt/m ³ de terrasil-suelo tratado	22
ANEXO 4 Dosificación de 0.75 Lt/m ³ de terrasil-suelo tratado	29
ANEXO 5 Dosificación de 1.00 Lt/m ³ de terrasil-suelo tratado	36
ANEXO 6 Estudio de trafico	43
ANEXO 7 Ejes equivalentes.....	45
ANEXO 8 Diseño del pavimento flexible para suelo no tratado.....	48
ANEXO 9 Diseño del pavimento flexible para dosificación de 0.30 Lt/m ³ de terrasil- suelo tratado	51
ANEXO 10 Ficha técnica del terrasil	54
ANEXO 11 Análisis de costos unitario	63
ANEXO 12 Panel fotográfico.....	64

ANEXO 1 Dosificación 0.00 Lt/m³ de terrasil-suelo no tratado

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES		
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO			
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023		
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000		
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA		
MUESTRA	: CALICATA 01		
PROFUNDIDAD	: 1.5 M		
FECHA	: 04 DE ABRIL		
CALICATA 01			
	UND.	M-1	M-2
Peso del Picnometro	gr.	105.57	110.81
Peso de Muestra Seca + Picnometro	gr.	150.57	155.81
Peso de la Muestra de Suelo Seco	gr.	45	45
Peso de la Muestra Seca + Picnometro + Agua	gr.	382.76	386.88
Peso del Picnometro + Agua	gr.	354.38	359.22
Gravedad Especifica Relativa de Solidos		2.71	2.60
Temperatura del Ensayo	c.	16.0	16.0
Correccion por Temperatura	c.	1.007	1.007
Gravedad Especifica Relativa de Solidos Corregida		2.73	2.61
GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO DE LOS SOLIDOS DEL SUELO		2.67	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES			
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023			
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000			
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA			
MUESTRA	: CALICATA 01			
PROFUNDIDAD	: 1.5 M			
FECHA	: 03 DE ENERO			
CALICATA 01				
DESCRIPCION	UND	1	2	3
Recipiente	Nº	M - 07	S-07	D-02
1. Peso de recipiente	grs	72.18	36.35	68.80
2. Peso Recipiente + Suelo Húmeda	grs	231.17	261.41	274.91
3. Peso Recipiente + Suelo Seco	grs	196.93	225.79	231.99
4. Peso de Agua	cc	34.24	35.62	42.92
5. Peso de la Suelo Seco	grs	124.75	189.44	163.19
6. Contenido de Húmeda	%	27.45	18.80	26.30
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		24.18		



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

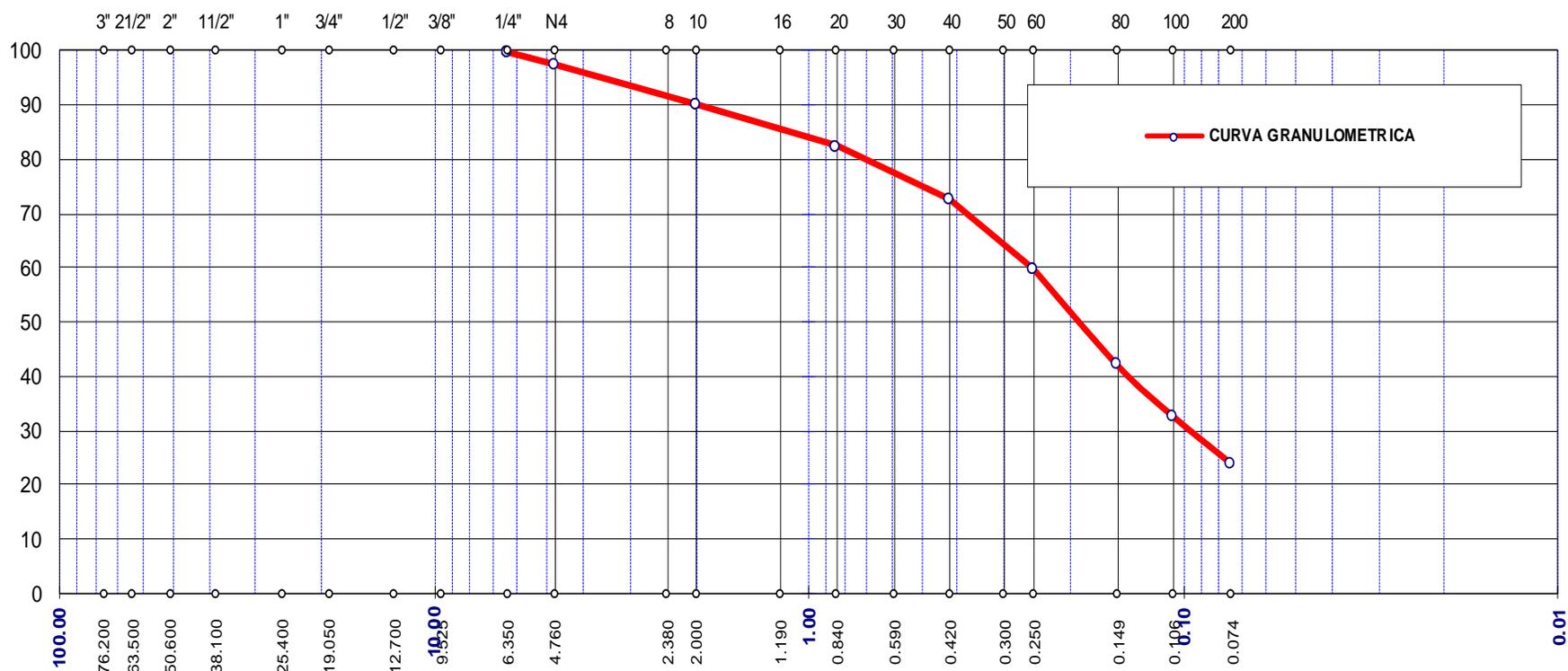
PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 03 DE ENERO

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Material Obtenido	Descripción de la Muestra
3"	76.200					GRAVA GRUESA	CALICATA Nº 01 Límites de Consistencia : LL = 28.78 % LP = 22.22 % IP = 6.57 % Peso de la Muestra: 89.47 gr. GRAVA 2.68 % ARENA 97.32 % CLASIFICACION SUCS: (SM) Arena limosas, mezclas de arena y limo. CLASIFICACION AASHTO: A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa OBSERVACIONES La muestra corresponde al calicata Nº 01 km 01+0.00 a 1.50 mts. de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700					GRAVA FINA	
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.41	0.46	0.46	99.54	ARENA GRUESA	
No4	4.760	1.99	2.22	2.68	97.32		
No8	2.380						
No10	2.000	6.50	7.27	9.95	90.05		
No16	1.190						
No20	0.840	6.80	7.60	17.55	82.45		
No30	0.590						
No40	0.420	8.80	9.84	27.38	72.62		
No 50	0.300						
No60	0.250	11.50	12.85	40.24	59.76		
No100	0.149	15.87	17.74	57.97	42.03	ARENA FINA	
No140	0.106	8.32	9.30	67.27	32.73		
No200	0.074	7.81	8.73	76.00	24.00		
BASE		21.47	24.00	100.00	0.00		LIMOS
TOTAL		89.47	100.00				

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm
(escala logaritmica)



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



ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD: 1.5 M
FECHA : 10 DE ABRIL

Tipo Hidrometro:	152H
Agente Dispersante:	NaPO3
Peso Seco Ws (g)	50
Cantidad Dispersante:	5g al 4%

Gs:	2.67
a:	0.995
Correccion Por Defloculante, (Cd)	6
Correccion Por Menisco , (Cm)	1

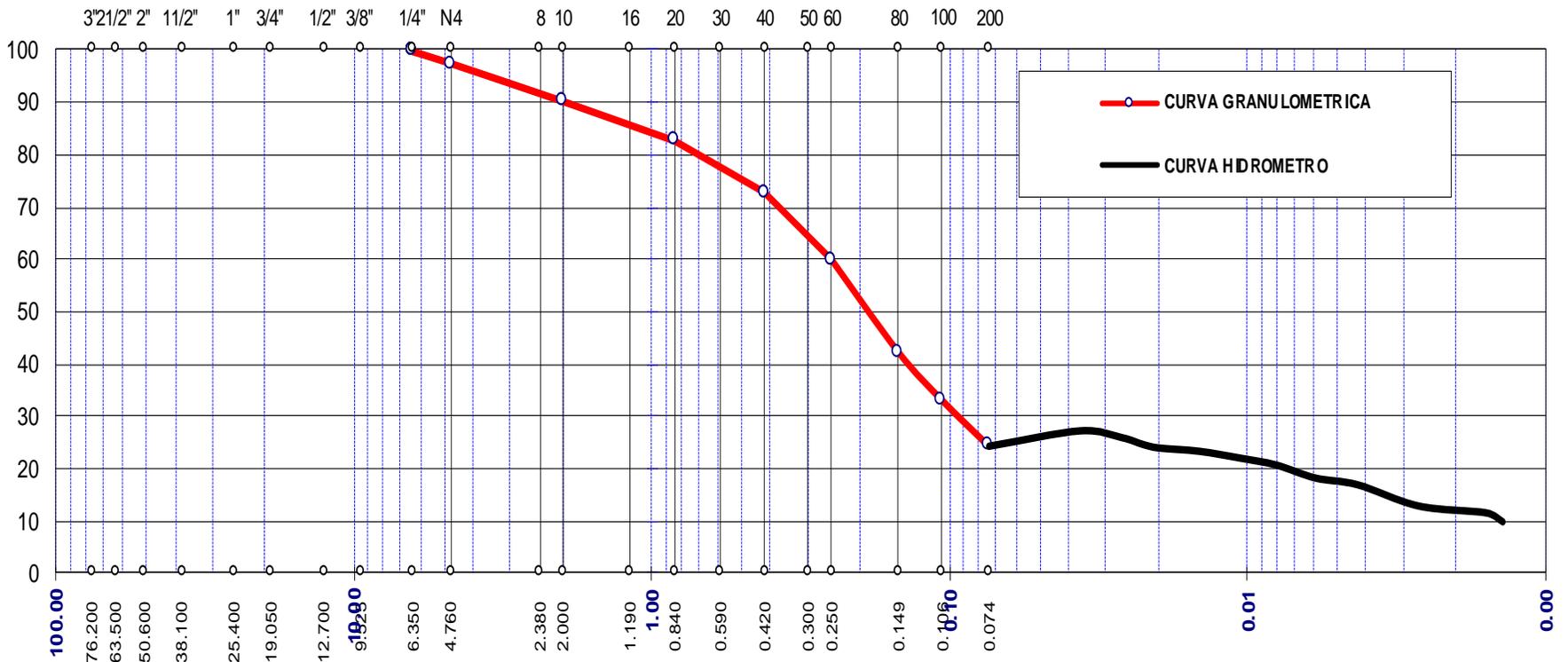
Volumen Del Hidrometro	67.65 cm3
------------------------	-----------

Fecha	Hora De Lectura	Tiempo Trans. t (min)	Temperatura T (°c)	Correc. Por Tiemp. De La Tabla (Ct)	Lectura Real Del Hidrometro (Rd)	Lectura Correg Hidrom (Rc)= Rd- Cd+Ct	% Mas Fino aRc/Ws	Hidrom Correg Menisco (R)=Rd+Cm	Longitud Con R, De La Tabla L(cm)	Veloc. L/t (cm/min)	Factor Tabla (K)	Diametro D (mm) $K\sqrt{L/T}$	% QUE PASA
04-Abr	10:25	1	15	-1.2	28	20.8	41.41	29	7.5	7.50	0.0133	0.0364	26.92
		2	15	-1.2	27	19.8	39.42	28	7.9	3.95	0.0133	0.0264	25.62
		3	15	-1.2	26	18.8	37.43	27	8.55	2.85	0.0133	0.0225	24.33
		4	15	-1.2	25.5	18.3	36.43	26.5	9	2.25	0.0133	0.0200	23.68
		8	15	-1.2	25	17.8	35.44	26	9.5	1.19	0.0133	0.0145	23.04
		16	15	-1.2	24	16.8	33.45	25	10.1	0.63	0.0133	0.0106	21.74
10-Abr	10:55	30	15	-1.2	23	15.8	31.46	24	10.9	0.36	0.0133	0.0080	20.45
10-Abr	11:25	60	14.5	-1.1	21	13.9	27.67	22	11.9	0.20	0.0133	0.0059	17.99
10-Abr	12:25	120	14	-1.1	20	12.9	25.68	21	12.5	0.10	0.0132	0.0043	16.69
10-Abr	03:55	330	15	-1.2	17	9.8	19.51	18	13.2	0.04	0.0133	0.0027	12.68
11-Abr	02:55	990	15	-1.2	16	8.8	17.52	17	13.7	0.01	0.0134	0.0016	11.39
11-Abr	09:55	1410	13.5	-1.5	15	7.5	14.93	16	14.3	0.01	0.0138	0.0014	9.71

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm
(escala logaritmica)



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



ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA
LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.00
Lt/m3 TERRASIL

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS
ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023

UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000

REALIZADO POR : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA

MUESTRA : CALICATA 01

PROFUNDIDAD : 1.5 M

FECHA : 30 DE ENERO

CALICATA 01		LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCION	UND	I	II	III	IV
Nº Recipiente	Nº	S - 14	T - 09	T - 03	S - 13
Nº de Golpes	gr.	19	24	28	34
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	34.08	40.78	38.25	31.04
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	30.66	37.25	34.71	27.67
Peso del Agua	gr.	3.42	3.53	3.54	3.37
Peso de Recipiente	gr.	18.93	25.04	22.34	15.67
Peso del Suelo Seco	gr.	11.73	12.21	12.37	12.00
Contenido de Húmedo	%	29.16	28.91	28.62	28.08
		LL = 28.78%			

CALICATA 01		LIMITE PLASTICO		
DESCRIPCION	UND	I	II	III
Nº Recipiente	Nº	S - 62	S - 28	A - 1
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	21.24	24.30	25.99
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	20.52	23.48	25.17
Peso del Agua	gr.	0.72	0.82	0.82
Peso de Recipiente	gr.	16.92	19.47	22.04
Peso del Suelo Seco	gr.	3.60	4.01	3.13
Contenido de Húmedo	%	20.00	20.45	26.20
		LP = 22.22%		

LÍMITE LÍQUIDO	28.78%
LIMITE PLASTICO	22.22%
INDICE DE PLASTICIDAD	6.57%



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

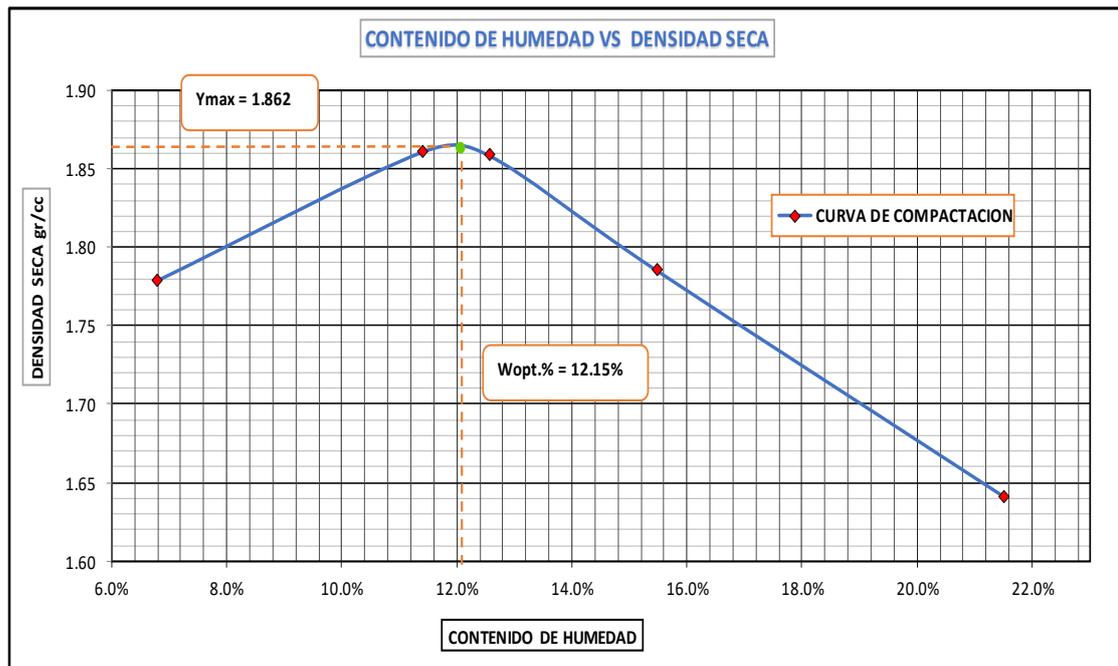
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 25 DE FEBRERO

MOLDE N°	1
N° De Capas	5
Volumen del Molde (cc)	941.52
N° Golp. Por Capa	25

Descripción	UND	CALICATA 01				
Número de Ensayo	N°	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
Peso del Suelo Húmedo + Molde	gr.	5328	5492	5510	5481	5417
Peso del Molde	gr.	3540	3540	3540	3540	3540
Peso de Suelo Compactado	gr	1788	1952	1970	1941	1877
Volumen Molde	cc	941.52	941.52	941.52	941.52	941.52
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cc	1.899	2.073	2.092	2.062	1.994
Recipiente	N°	1	2	3	4	5
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo	gr.	137.67	143.58	158.27	149.70	218.79
Peso de Recipiente + Suelo Seco	gr.	130.1	131.17	143.17	133.00	187.19
Peso del Agua	gr.	7.57	12.41	15.10	16.70	31.60
Peso de Recipiente	gr.	18.53	22.37	22.98	25.12	40.20
Peso del Suelo Seco	gr.	111.57	108.80	120.19	107.88	146.99
Contenido de Húmedo	%	6.78%	11.41%	12.56%	15.48%	21.50%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.778	1.861	1.859	1.785	1.641

METODO : MODIFICADO "A"

DENSIDAD MAXIMA SECA	gr/cc	1.862
HÚMEDAD OPTIMA	%	12.15%





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



ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 25 DE MARZO

DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m³

MOLDE N°	D-03
Altura Molde mm.	126.6
N° De Capas	5
N° Golp. Por Capa	56

Condición de la Muestra		Sin Saturar	Saturado
Peso del Suelo Húmedo+ Molde	grs.	12660.00	12949.00
Peso del Molde	grs.	8030.00	8030.00
Peso del Suelo Húmedo	grs.	4630.00	4919.00
Volumen del Molde	cc.	2216.38	2216.38
Densidad del Suelo Húmedo	grs/cc.	2.09	2.22

Recipiente	Und.	1-A	1-B	1-C	1-D
Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente	grs.	115.57	103.79	138.21	153.08
Peso Seco + Peso de Recipiente	grs.	106.93	96.71	124.02	136.53
Peso Agua	grs.	8.64	7.08	14.19	16.55
Peso de Recipiente	grs.	21.50	26.44	39.08	40.03
Peso del Suelo Seca	grs.	85.43	70.27	84.94	96.50
Contenido Humedad	%	10.11%	10.08%	16.71%	17.15%
Contenido Humedad Promedio	%	10.09%		16.93%	
DENSIDAD DEL SUELO SECO	grs/cc.	1.897		1.898	

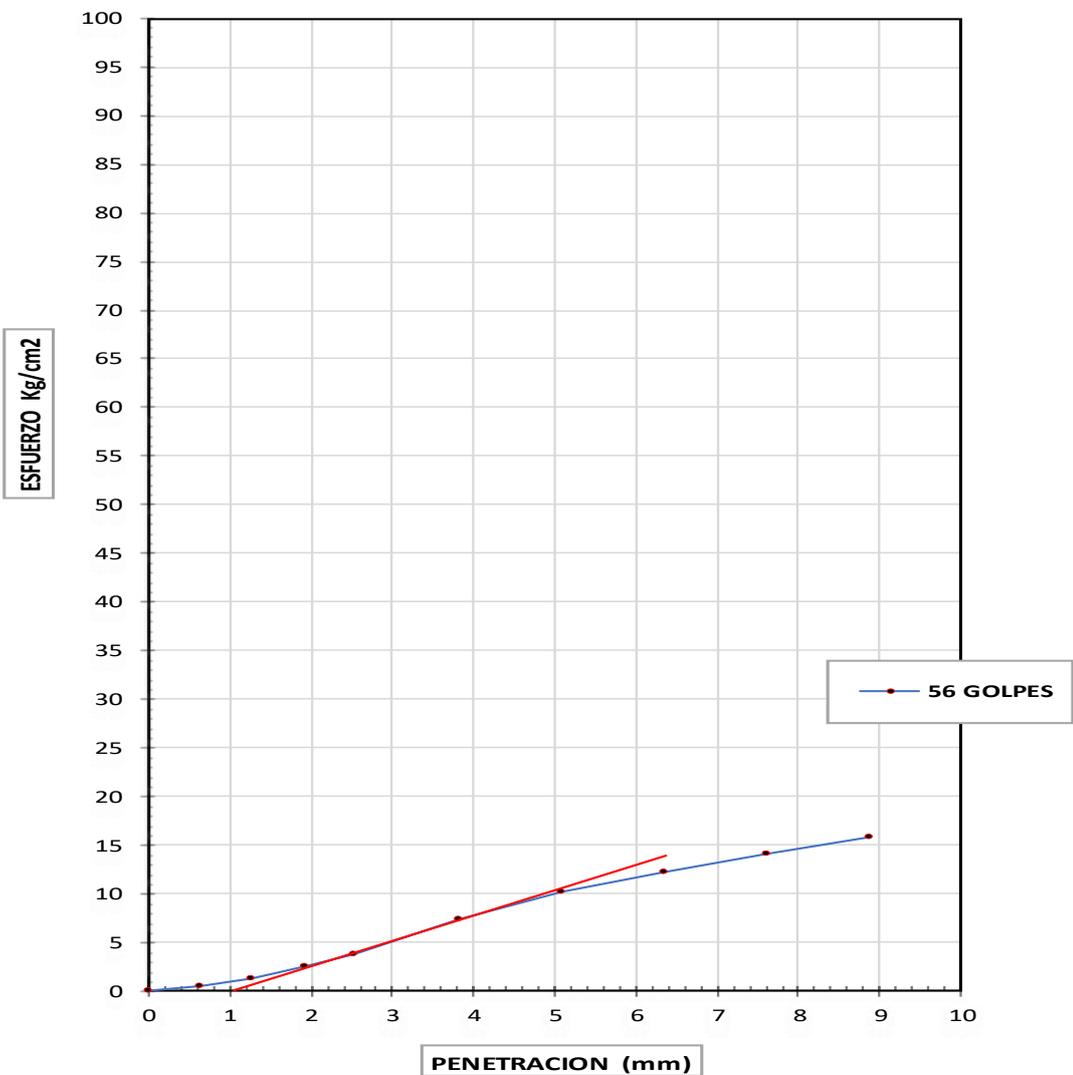
ENSAYO DE EXPANSIÓN

fecha	hora	tiempo	dial	Expansion mm	Expansion %
11/03/2024	01:37 p.m.	0 hrs.	0.20	0.00	0.00
12/03/2024	01:37 p.m.	24 hrs.	1.99	1.79	1.41
13/03/2024	01:37 p.m.	48 hrs.	2.62	2.42	1.91
14/03/2024	01:37 p.m.	72 hrs.	2.91	2.71	2.14
15/03/2024	01:37 p.m.	96 hrs.	3.07	2.87	2.27

ENSAYO CARGA - PENETRACION

Penetracion (mm)	MOLDE N° D-03			Carga Estatica kg/cm2
	Dial KN	kg	kg/cm2	
0.00	0.000	0.00	0.00	
0.63	0.110	11.22	0.57	
1.27	0.260	26.51	1.35	
1.91	0.480	48.95	2.49	
2.54	0.720	73.42	3.74	70.41
3.81	1.410	143.78	7.32	
5.09	1.970	200.88	10.23	105.10
6.35	2.360	240.65	12.26	
7.62	2.710	276.34	14.07	
8.89	3.050	311.01	15.84	

CURVA ESFUERZO-PENETRACION



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 9.23 %



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

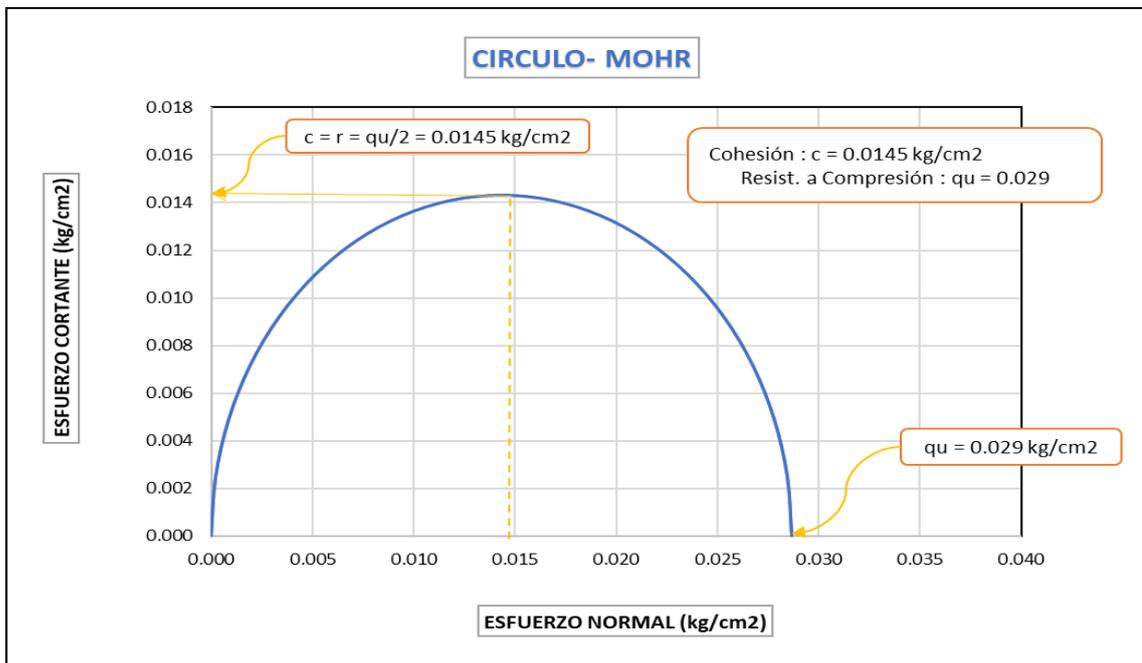
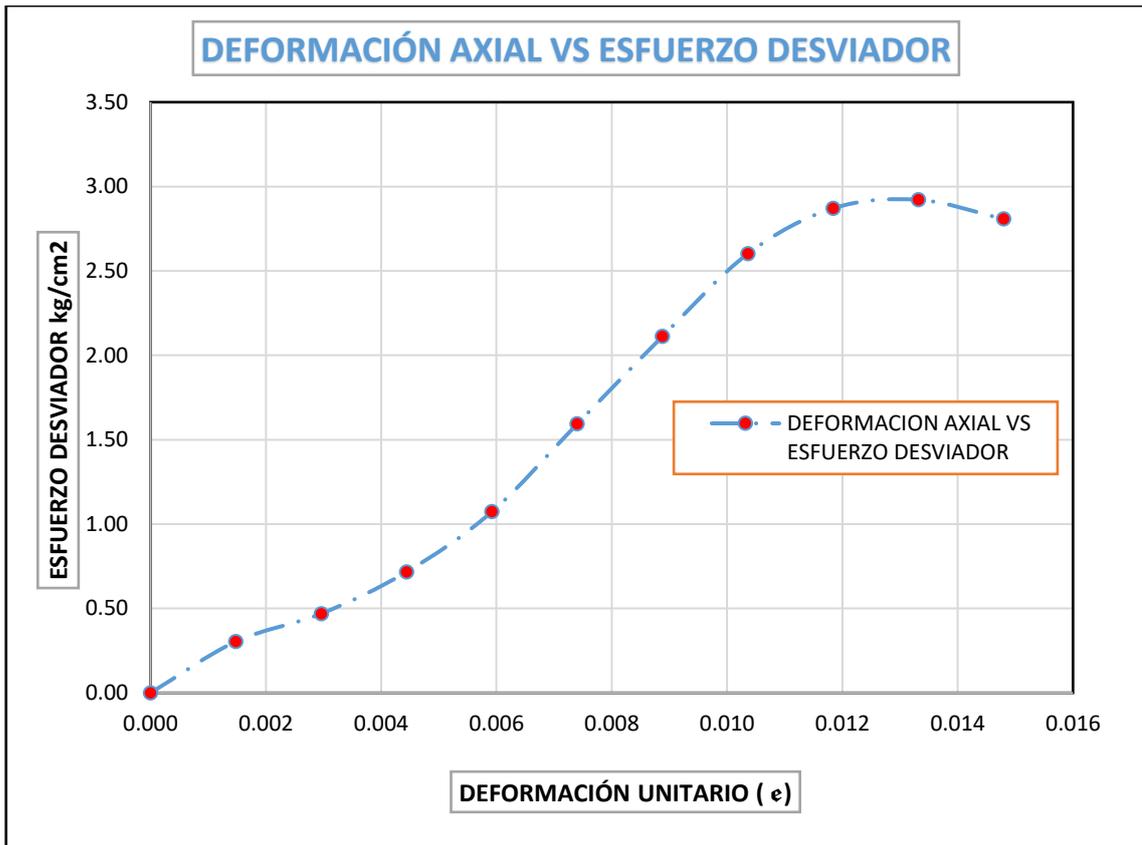
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m3

Descripción	Espécimen 01
Peso (g)	1040
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.19
Densidad (g/cm ³)	1.99
Dumedad W (%)	10.62

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.906	0.11	11.217	29.805	0.304
0.42	0.003	36.961	0.17	17.335	45.994	0.469
0.63	0.004	37.016	0.26	26.512	70.240	0.716
0.84	0.006	37.071	0.39	39.768	105.203	1.073
1.05	0.007	37.126	0.58	59.143	156.223	1.593
1.26	0.009	37.182	0.77	78.517	207.090	2.112
1.47	0.010	37.238	0.95	96.872	255.119	2.601
1.68	0.012	37.293	1.05	107.069	281.552	2.871
1.89	0.013	37.349	1.07	109.108	286.485	2.921
2.10	0.015	37.405	1.03	105.029	275.362	2.808

Espécimen 01

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	S-47	S-26
1. Peso de recipiente	grs	22.12	20.01
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	73.63	74.70
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	68.65	69.49
4. Peso de agua	cc	4.98	5.21
5. Peso de la muestra seca neta	grs	46.53	49.48
6. Contenido de humedad	%	10.70	10.53
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.62	





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

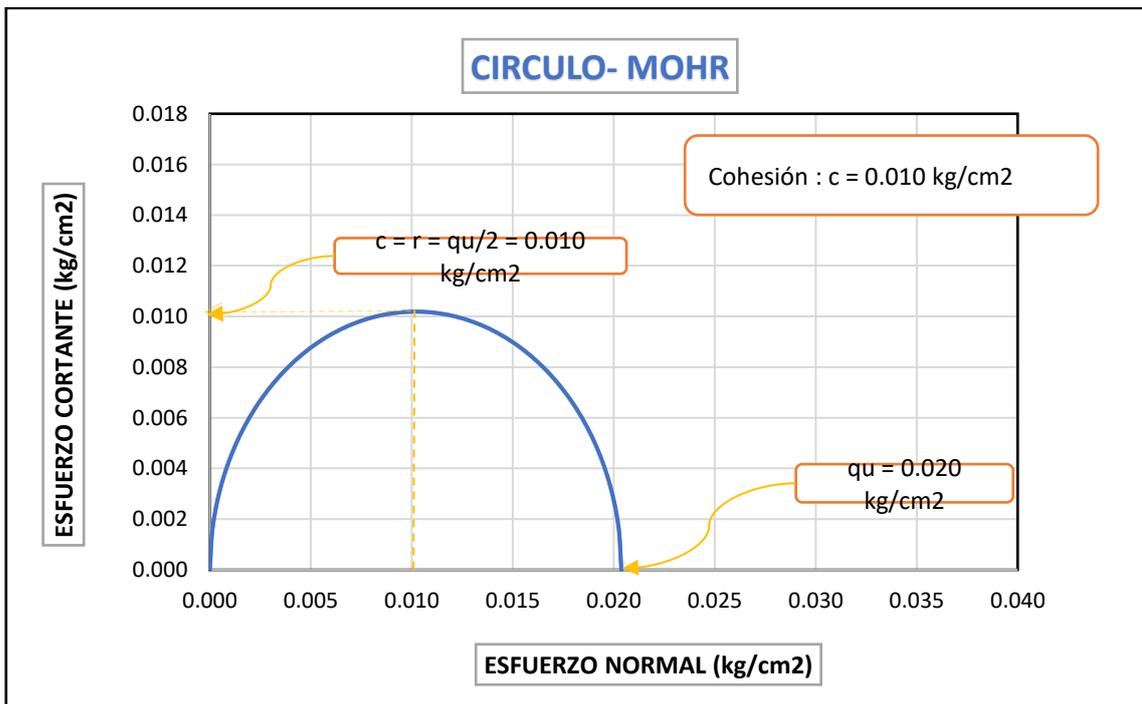
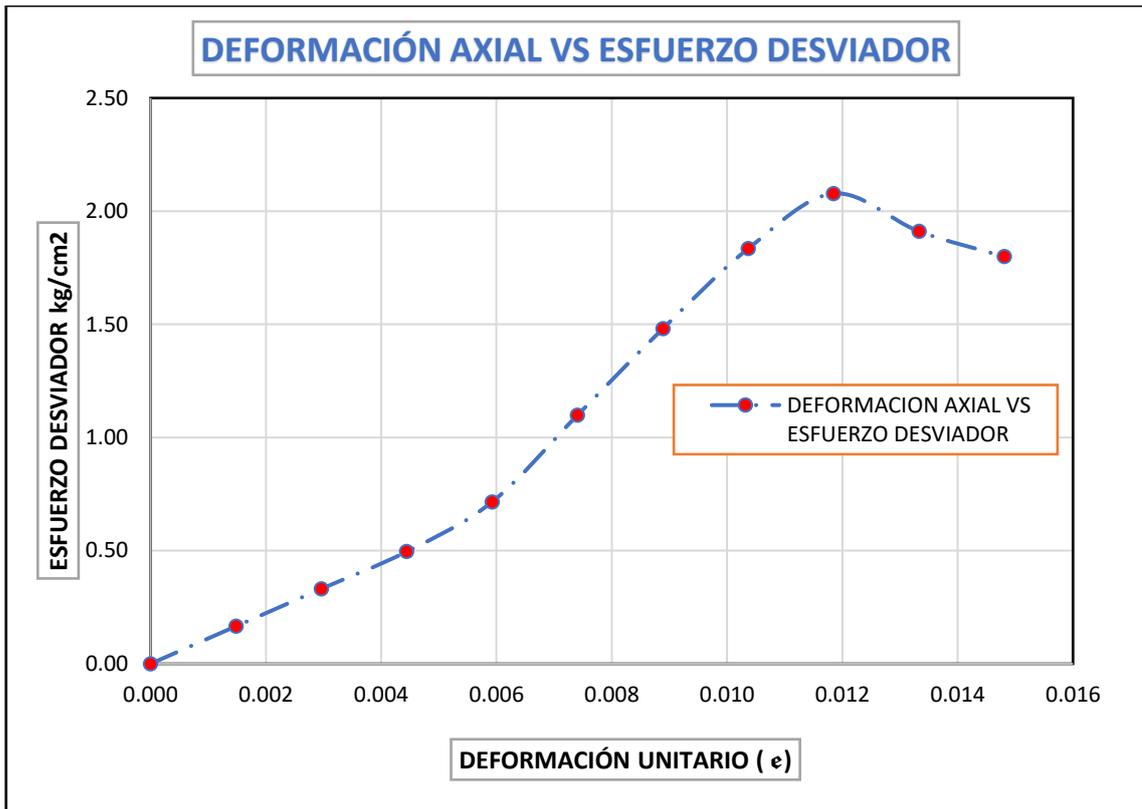
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m3

Descripción	Espécimen 02
Peso (g)	1030
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.18
Densidad (g/cm ³)	1.97
Dumedad W (%)	10.19

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.906	0.06	6.118	16.257	0.166
0.42	0.003	36.961	0.12	12.236	32.466	0.331
0.63	0.004	37.016	0.18	18.355	48.627	0.496
0.84	0.006	37.071	0.26	26.512	70.135	0.715
1.05	0.007	37.127	0.40	40.788	107.739	1.099
1.26	0.009	37.182	0.54	55.064	145.231	1.481
1.47	0.010	37.238	0.67	68.320	179.925	1.835
1.68	0.012	37.294	0.76	77.497	203.788	2.078
1.89	0.013	37.350	0.70	71.379	187.418	1.911
2.10	0.015	37.406	0.66	67.300	176.444	1.799

Espécimen 02

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
RECIPIENTE	Nº	S-47	S-26
1. Peso de recipiente	grs	22.12	20.01
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	96.01	75.50
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	89.14	70.40
4. Peso de agua	cc	6.87	5.10
5. Peso de la muestra seca neta	grs	67.02	50.39
6. Contenido de humedad	%	10.25	10.12
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.19	



ANEXO 2 Dosificación de 0.30 Lt/m³ de terrasil-suelo tratado

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES				
ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.30 Lt/m³ TERRASIL					
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023				
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000				
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA				
MUESTRA	: CALICATA 01				
PROFUNDIDAD	: 1.5 M				
FECHA	: 30 DE ENERO				
CALICATA 01		LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCION	UND	I	II	III	IV
Nº Recipiente	Nº	LY-08	S-32	JM-1	K-3
Nº de Golpes	gr.	14	20	26	34
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	41.27	41.44	50.78	47.86
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	36.89	36.71	45.49	42.90
Peso del Agua	gr.	4.38	4.73	5.29	4.96
Peso de Recipiente	gr.	21.79	20.05	25.63	24.18
Peso del Suelo Seco	gr.	15.10	16.66	19.86	18.72
Contenido de Húmedo	%	29.01	28.39	26.64	26.50
		LL = 27.23%			
CALICATA 01		LIMITE PLASTICO			
DESCRIPCION	UND	I	II	III	
Nº Recipiente	Nº	S-26	JK-25	JK-25	
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	24.48	25.71	30.06	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	23.72	24.78	29.50	
Peso del Agua	gr.	0.76	0.93	0.56	
Peso de Recipiente	gr.	20.00	21.49	26.43	
Peso del Suelo Seco	gr.	3.72	3.29	3.07	
Contenido de Húmedo	%	20.43	28.27	18.24	
		LP = 22.31%			
LÍMITE LÍQUIDO	27.23%				
LIMITE PLASTICO	22.31%				
INDICE DE PLASTICIDAD	4.92%				



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



ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 2 DE ABRIL

DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3

MOLDE N°	T-01
Altura Molde mm.	126.6
N° De Capas	5
N° Golp. Por Capa	56

Condición de la Muestra		Sin Saturar	Saturado
Peso del Suelo Húmedo+ Molde	grs.	12690.00	12883.00
Peso del Molde	grs.	7950.00	7950.00
Peso del Suelo Húmedo	grs.	4740.00	4933.00
Volumen del Molde	cc.	2222.32	2222.32
Densidad del Suelo Húmedo	grs/cc.	2.13	2.22

Recipiente	Und.	1-A	1-B	1-C	1-D
Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente	grs.	79.50	80.89	98.40	163.82
Peso Seco + Peso de Recipiente	grs.	73.68	75.40	87.69	146.78
Peso Agua	grs.	5.82	5.49	10.71	17.04
Peso de Recipiente	grs.	21.50	26.44	19.55	40.17
Peso del Suelo Seca	grs.	52.18	48.96	68.14	106.61
Contenido Humedad	%	11.15%	11.21%	15.72%	15.98%
Contenido Humedad Promedio	%	11.18%		15.85%	
DENSIDAD DEL SUELO SECO	grs/cc.	1.918		1.916	

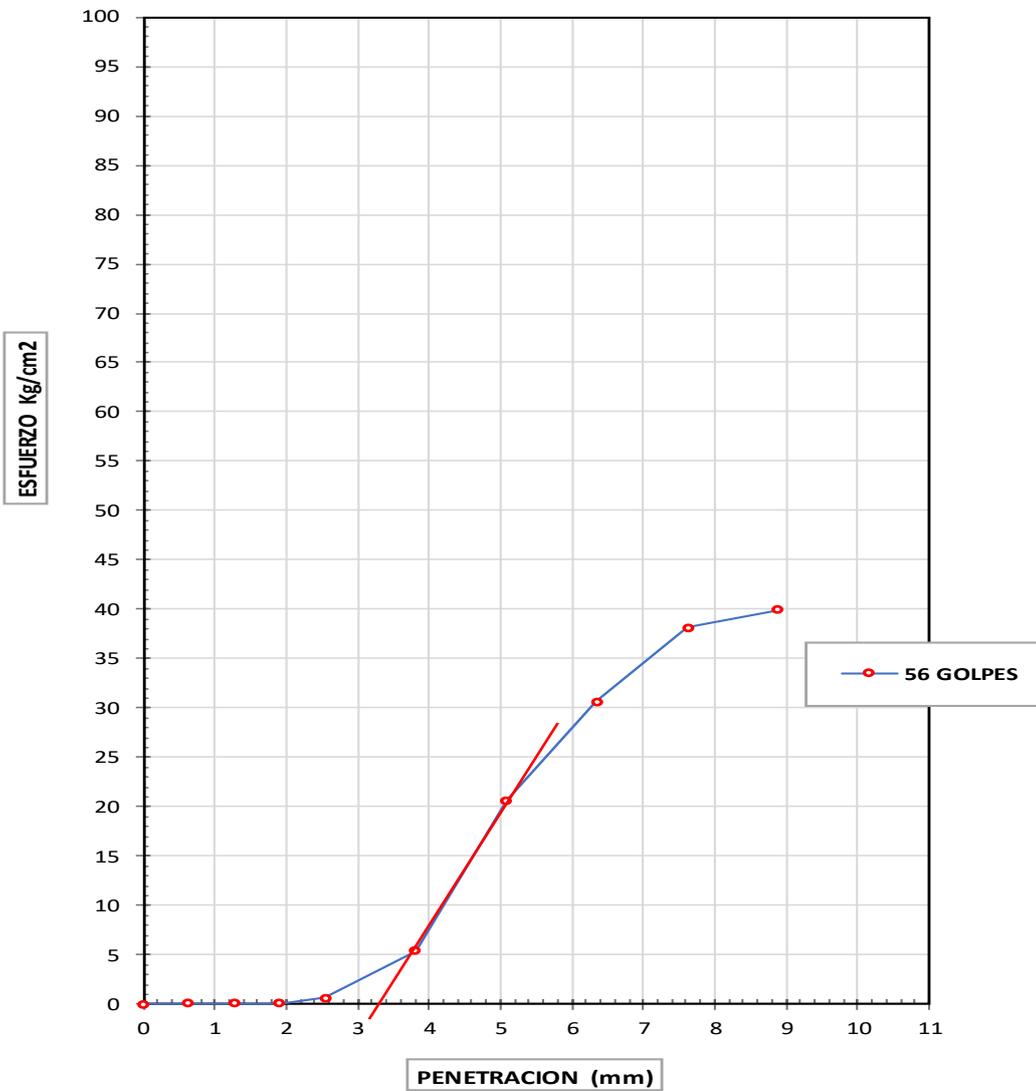
ENSAYO DE EXPANSION

fecha	hora	tiempo	dial	Expansion mm	Expansion %
11/03/2024	01:37 p.m.	0 hrs.	0.20	0.00	0.00
12/03/2024	01:37 p.m.	24 hrs.	1.10	0.90	0.71
13/03/2024	01:37 p.m.	48 hrs.	1.50	1.30	1.03
14/03/2024	01:37 p.m.	72 hrs.	1.70	1.50	1.18
15/03/2024	01:37 p.m.	96 hrs.	1.80	1.60	1.26

ENSAYO CARGA - PENETRACION

Penetracion (mm)	MOLDE N° T-01			Carga Estatica kg/cm2
	Dial KN	kg	kg/cm2	
0.00	0.000	0.00	0.00	
0.63	0.010	1.02	0.05	
1.27	0.015	1.53	0.08	
1.91	0.020	2.04	0.10	
2.54	0.120	12.24	0.62	70.41
3.81	1.040	106.05	5.40	
5.09	3.980	405.84	20.67	105.10
6.35	5.900	601.62	30.64	
7.62	7.350	749.48	38.17	
8.89	7.700	785.17	39.99	

CURVA ESFUERZO-PENETRACION



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 36.78 %



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

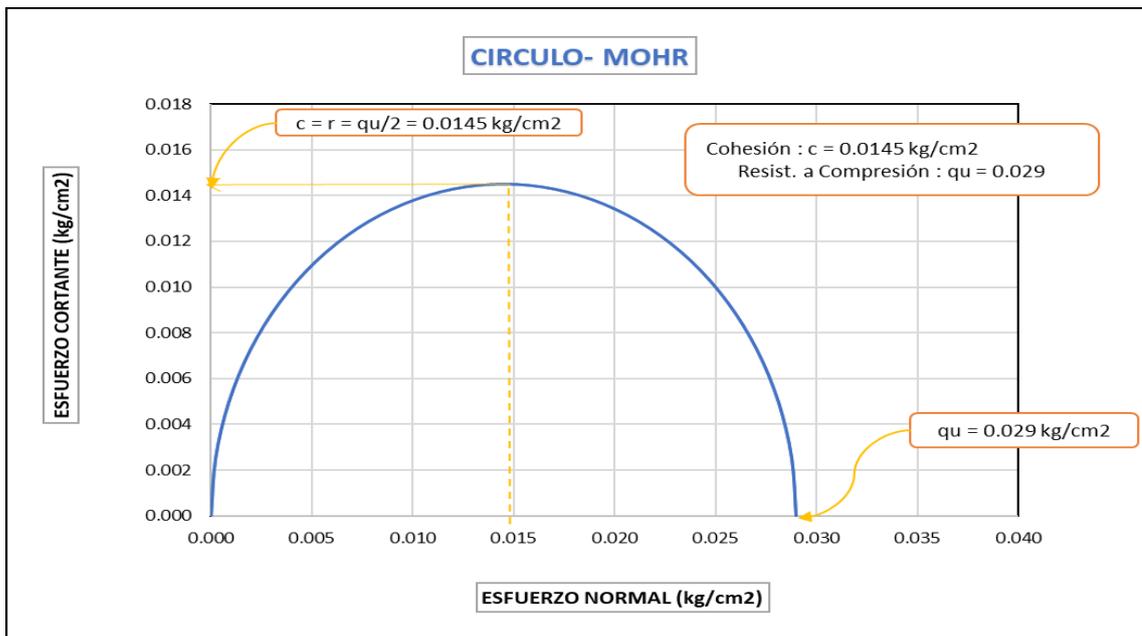
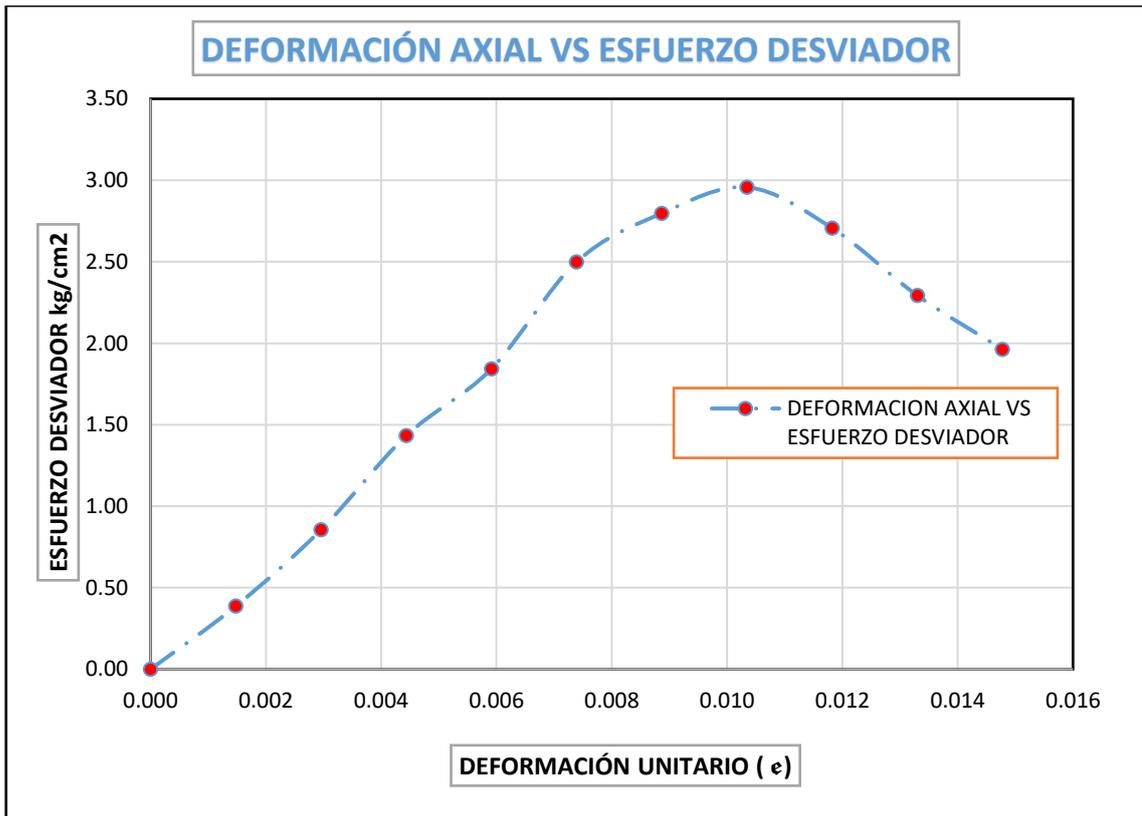
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3

Descripción	Espécimen 03
Peso (g)	1060
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.21
Densidad (g/cm ³)	2.02
Dumedad W (%)	10.95

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.906	0.14	14.276	37.934	0.387
0.42	0.003	36.961	0.31	31.611	83.872	0.855
0.63	0.004	37.016	0.52	53.024	140.480	1.432
0.84	0.006	37.071	0.67	68.320	180.735	1.843
1.05	0.007	37.126	0.91	92.793	245.111	2.499
1.26	0.009	37.181	1.02	104.009	274.330	2.797
1.47	0.010	37.237	1.08	110.128	290.034	2.957
1.68	0.012	37.293	0.99	100.950	265.468	2.707
1.89	0.013	37.349	0.84	85.655	224.909	2.293
2.10	0.015	37.405	0.72	73.418	192.490	1.963

Espécimen 03

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	T-03	T-07
1. Peso de recipiente	grs	24.99	24.91
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	84.23	80.15
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	78.35	74.73
4. Peso de agua	cc	5.88	5.42
5. Peso de la muestra seca neta	grs	53.36	49.82
6. Contenido de humedad	%	11.02	10.88
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.95	





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

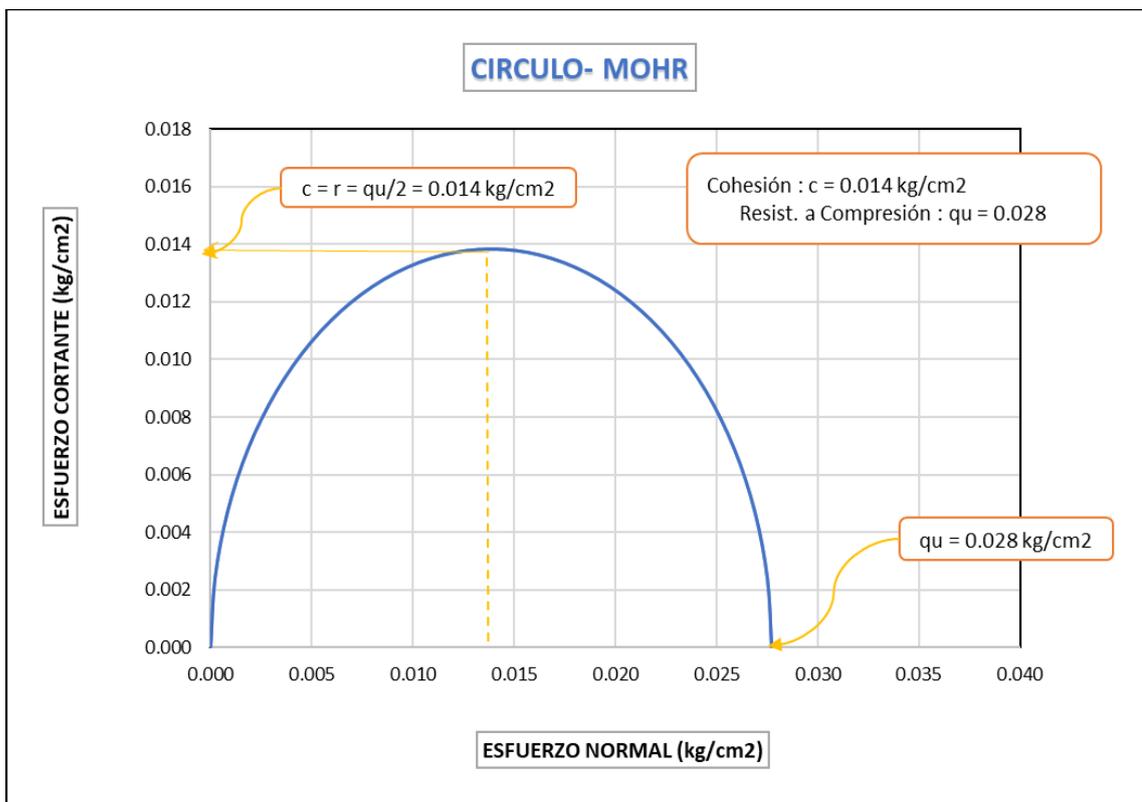
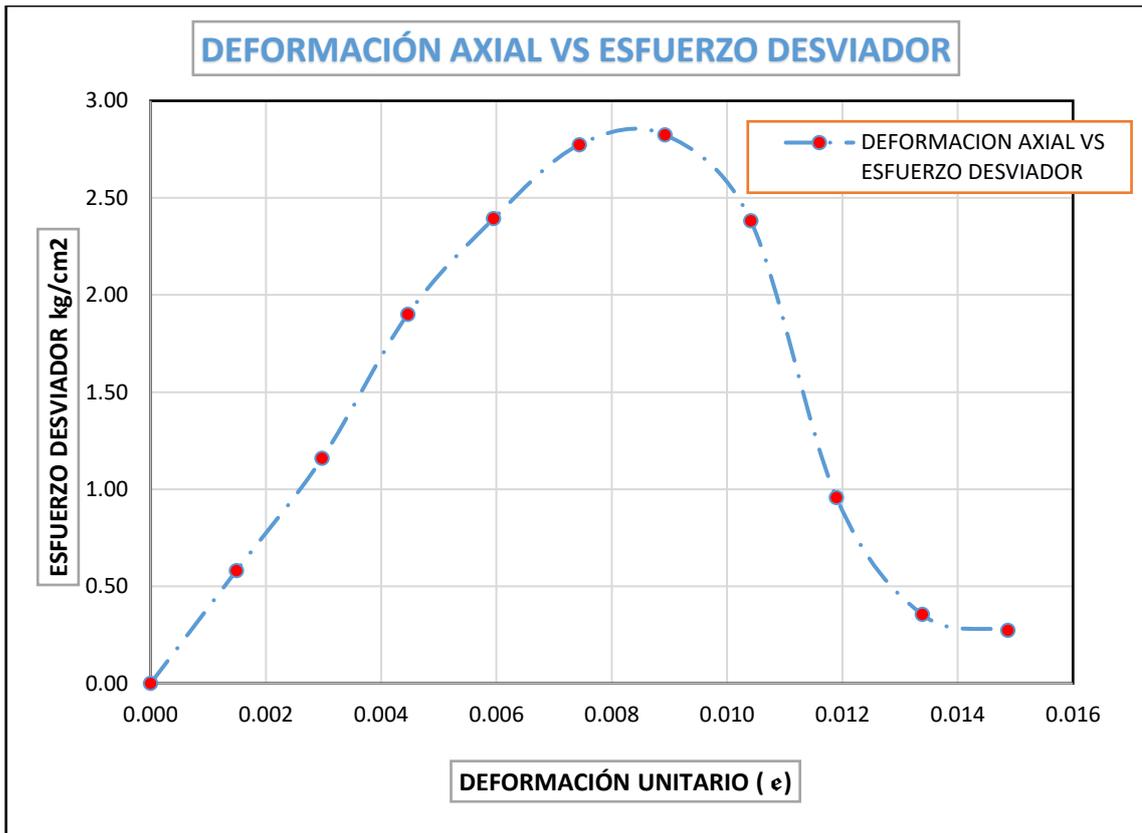
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3

Descripción	Espécimen 04
Peso (g)	1040
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.12
Densidad (g/cm ³)	2.00
Dumedad W (%)	10.53

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.907	0.21	21.414	56.900	0.580
0.42	0.003	36.962	0.42	42.827	113.631	1.159
0.63	0.004	37.017	0.69	70.359	186.401	1.901
0.84	0.006	37.072	0.87	88.714	234.677	2.393
1.05	0.007	37.128	1.01	102.990	272.033	2.774
1.26	0.009	37.184	1.03	105.029	277.004	2.825
1.47	0.010	37.239	0.87	88.714	233.623	2.382
1.68	0.012	37.296	0.35	35.690	93.845	0.957
1.89	0.013	37.352	0.13	13.256	34.804	0.355
2.10	0.015	37.408	0.10	10.197	26.732	0.273

Espécimen 04

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	T-03	T-07
1. Peso de recipiente	grs	24.99	24.91
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	109.06	82.03
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	101.05	76.59
4. Peso de agua	cc	8.01	5.44
5. Peso de la muestra seca neta	grs	76.06	51.68
6. Contenido de humedad	%	10.53	10.53
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.53	



ANEXO 3 Dosificación de 0.50 Lt/m³ de terrasil-suelo tratado

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES					
	ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.50 Lt/m3 TERRASIL					
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023					
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000					
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA					
MUESTRA	: CALICATA 01					
PROFUNDIDAD	: 1.5 M					
FECHA	: 30 DE ENERO					
CALICATA 01		LÍMITE LÍQUIDO				
DESCRIPCION	UND	I	II	III	IV	
Nº Recipiente	Nº	S-011	B-3	A-7	S-04	
Nº de Golpes	gr.	15	23	30	35	
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	33.63	33.29	35.27	36.15	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	28.88	28.94	30.03	31.51	
Peso del Agua	gr.	4.75	4.35	5.24	4.64	
Peso de Recipiente	gr.	12.49	13.01	10.48	13.73	
Peso del Suelo Seco	gr.	16.39	15.93	19.55	17.78	
Contenido de Húmedo	%	28.98	27.31	26.80	26.10	
		LL = 27.21%				
CALICATA 01		LIMITE PLASTICO				
DESCRIPCION	UND	I	II	III		
Nº Recipiente	Nº	T-08	S-23	S-T4		
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	29.09	28.12	31.58		
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	28.04	26.63	29.49		
Peso del Agua	gr.	1.05	1.49	2.09		
Peso de Recipiente	gr.	22.78	19.52	21.85		
Peso del Suelo Seco	gr.	5.26	7.11	7.64		
Contenido de Húmedo	%	19.96	20.96	27.36		
		LP =			22.76%	
LÍMITE LÍQUIDO	27.21%					
LIMITE PLATICO	22.76%					
INDICE DE PLASTICIDAD	4.46%					



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



ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 2 DE ABRIL

DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.50 Lt / m³

MOLDE N°	K-25
Altura Molde mm.	125.7
N° De Capas	5
N° Golp. Por Capa	56

Condición de la Muestra		Sin Saturar	Saturado
Peso del Suelo Húmedo+ Molde	grs.	11660.00	11815.00
Peso del Molde	grs.	6840.00	6840.00
Peso del Suelo Húmedo	grs.	4820.00	4975.00
Volumen del Molde	cc.	2197.68	2197.68
Densidad del Suelo Húmedo	grs/cc.	2.19	2.26

Recipiente	Und.	1-A	1-B	1-C	1-D
Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente	grs.	106.59	98.23	143.51	142.99
Peso Seco + Peso de Recipiente	grs.	97.55	90.57	128.61	128.11
Peso Agua	grs.	9.04	7.66	14.90	14.88
Peso de Recipiente	grs.	21.50	26.43	17.36	16.68
Peso del Suelo Seca	grs.	76.05	64.14	111.25	111.43
Contenido Humedad	%	11.89%	11.94%	13.39%	13.35%
Contenido Humedad Promedio	%	11.91%		13.37%	
DENSIDAD DEL SUELO SECO	grs/cc.	1.960		1.997	

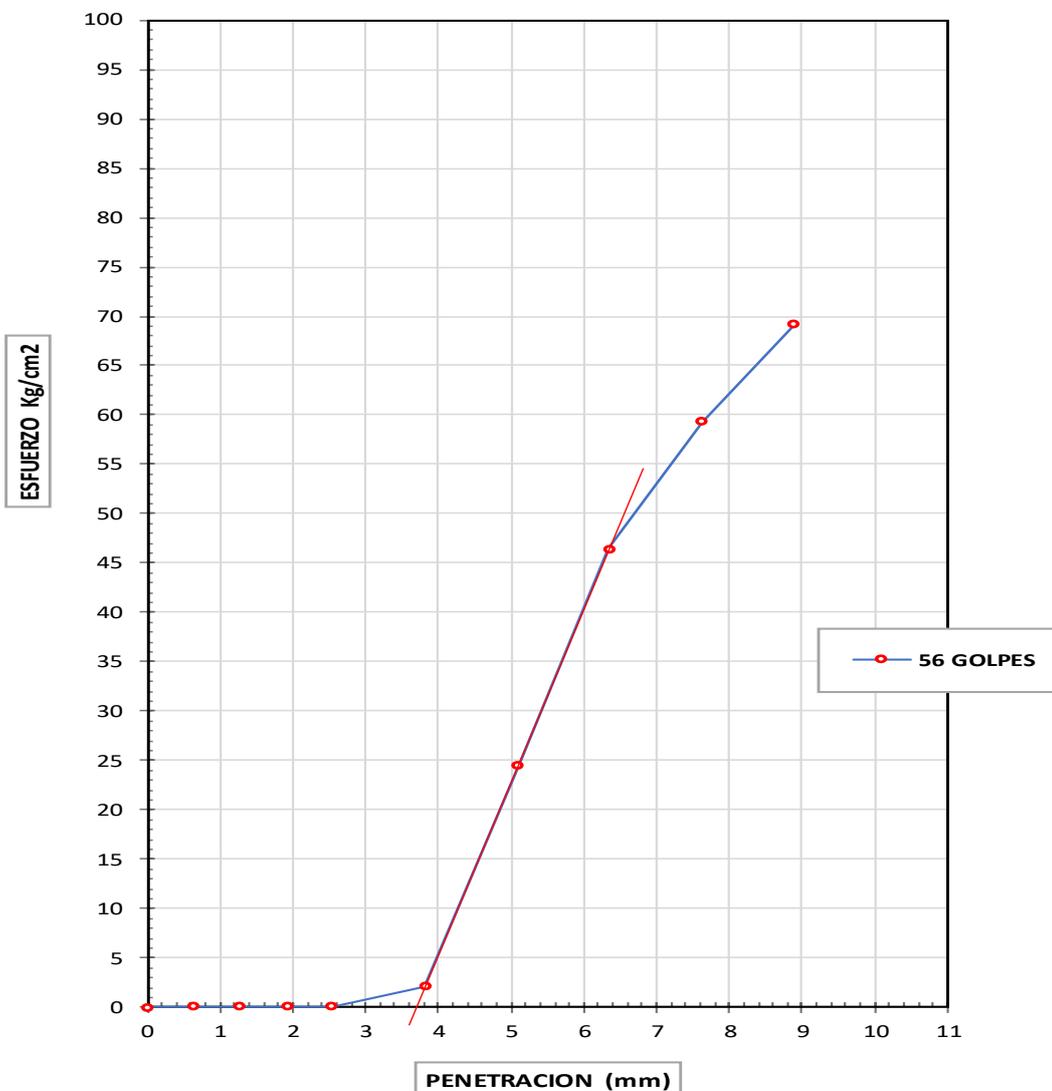
ENSAYO DE EXPANSION

fecha	hora	tiempo	dial	Expansion mm	Expansion %
11/03/2024	01:37 p.m.	0 hrs.	0.20	0.00	0.00
12/03/2024	01:37 p.m.	24 hrs.	0.45	0.25	0.20
13/03/2024	01:37 p.m.	48 hrs.	0.62	0.42	0.33
14/03/2024	01:37 p.m.	72 hrs.	0.68	0.48	0.38
15/03/2024	01:37 p.m.	96 hrs.	0.73	0.53	0.42

ENSAYO CARGA - PENETRACION

Penetracion (mm)	MOLDE N° K-25			Carga Estatica kg/cm2
	Dial KN	kg	kg/cm2	
0.00	0.000	0.00	0.00	
0.63	0.010	1.02	0.05	
1.27	0.015	1.53	0.08	
1.91	0.020	2.04	0.10	
2.54	0.025	2.55	0.13	70.41
3.81	0.410	41.81	2.13	
5.09	4.720	481.30	24.51	105.10
6.35	8.940	911.61	46.43	
7.62	11.430	1165.52	59.36	
8.89	13.320	1358.24	69.17	

CURVA ESFUERZO-PENETRACION



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 61.78 %



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

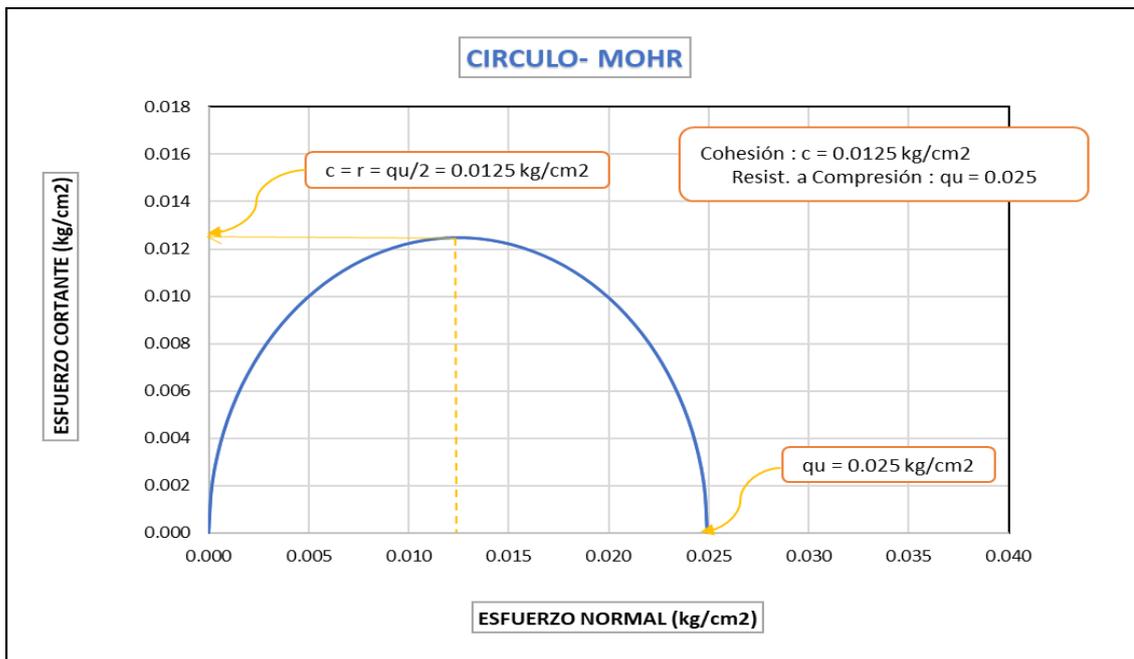
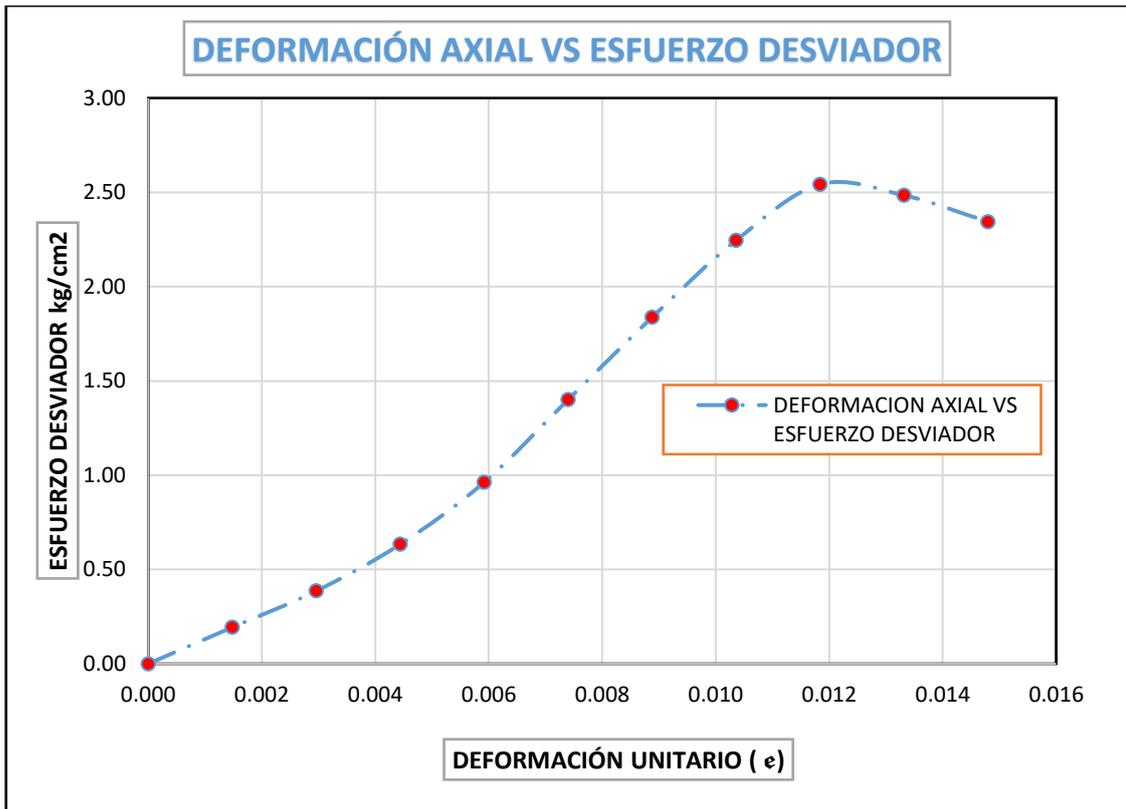
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.5 Lt / m³

Descripción	Espécimen 05
Peso (g)	1080
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.19
Densidad (g/cm ³)	2.07
Humedad W (%)	10.93

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.906	0.07	7.138	18.967	0.193
0.42	0.003	36.961	0.14	14.276	37.878	0.386
0.63	0.004	37.016	0.23	23.453	62.135	0.634
0.84	0.006	37.071	0.35	35.690	94.413	0.963
1.05	0.007	37.126	0.51	52.005	137.368	1.401
1.26	0.009	37.182	0.67	68.320	180.195	1.837
1.47	0.010	37.238	0.82	83.615	220.208	2.245
1.68	0.012	37.293	0.93	94.832	249.375	2.543
1.89	0.013	37.349	0.91	92.793	243.646	2.484
2.10	0.015	37.405	0.86	87.694	229.914	2.344

Espécimen 05

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	S-40	S-16
1. Peso de recipiente	grs	17.35	18.43
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	77.67	104.02
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	71.75	95.55
4. Peso de agua	cc	5.92	8.47
5. Peso de la muestra seca neta	grs	54.40	77.12
6. Contenido de humedad	%	10.88	10.98
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.93	





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

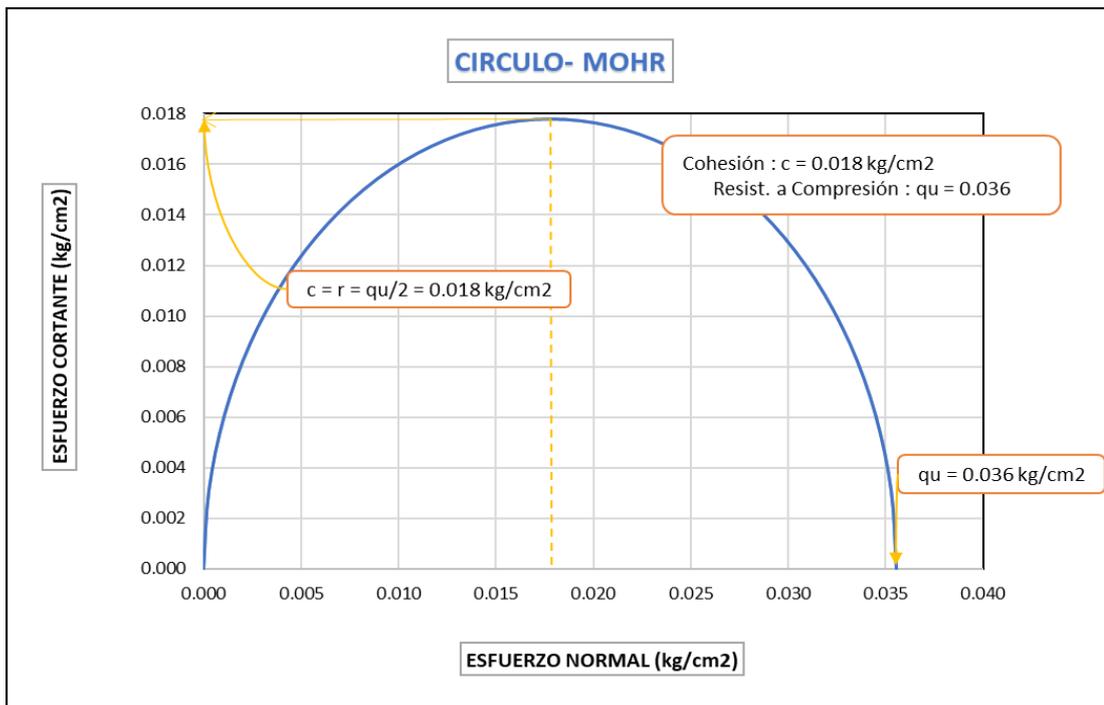
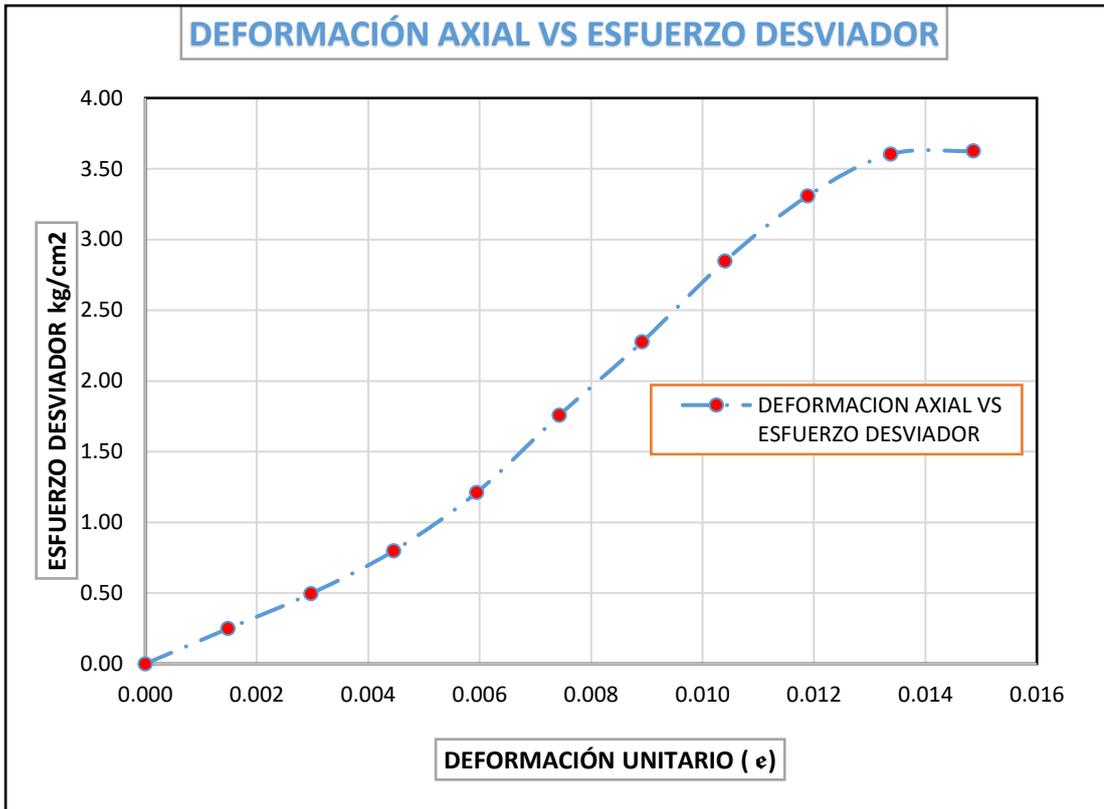
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.5 Lt / m³

Descripción	Espécimen 06
Peso (g)	1050
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.13
Densidad (g/cm ³)	2.02
Dumedad W (%)	10.61

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.907	0.09	9.177	24.386	0.249
0.42	0.003	36.962	0.18	18.355	48.699	0.497
0.63	0.004	37.017	0.29	29.571	78.343	0.799
0.84	0.006	37.072	0.44	44.867	118.687	1.210
1.05	0.007	37.128	0.64	65.261	172.378	1.758
1.26	0.009	37.183	0.83	84.635	223.218	2.276
1.47	0.010	37.239	1.04	106.049	279.276	2.848
1.68	0.012	37.295	1.21	123.384	324.439	3.308
1.89	0.013	37.351	1.32	134.600	353.401	3.604
2.10	0.015	37.408	1.33	135.620	355.542	3.625

Espécimen 06

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	S-40	S-16
1. Peso de recipiente	grs	17.35	18.43
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	97.08	84.66
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	89.38	78.35
4. Peso de agua	cc	7.70	6.31
5. Peso de la muestra seca neta	grs	72.03	59.92
6. Contenido de humedad	%	10.69	10.53
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.61	



ANEXO 4 Dosificación de 0.75 Lt/m³ de terrasil-suelo tratado

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>				
<p>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.75 Lt/m³ TERRASIL</p>					
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023				
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000				
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA				
MUESTRA	: CALICATA 01				
PROFUNDIDAD	: 1.5 M				
FECHA	: 30 DE ENERO				
CALICATA 01		LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCION	UND	I	II	III	IV
Nº Recipiente	Nº	M-222	B-03	S-06	S-02
Nº de Golpes	gr.	13	21	24	34
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	43.17	40.25	35.14	40.00
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	37.33	34.56	30.31	34.35
Peso del Agua	gr.	5.84	5.69	4.83	5.65
Peso de Recipiente	gr.	17.30	14.01	12.56	13.09
Peso del Suelo Seco	gr.	20.03	20.55	17.75	21.26
Contenido de Húmedo	%	29.16	27.69	27.21	26.58
		LL = 27.18%			
CALICATA 01		LIMITE PLASTICO			
DESCRIPCION	UND	I	II	III	
Nº Recipiente	Nº	T-03	J-02	C-3	
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	29.46	27.74	30.57	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	28.64	26.74	29.34	
Peso del Agua	gr.	0.82	1.00	1.23	
Peso de Recipiente	gr.	24.98	22.46	23.89	
Peso del Suelo Seco	gr.	3.66	4.28	5.45	
Contenido de Húmedo	%	22.40	23.36	22.57	
		LP = 22.78%			
LÍMITE LÍQUIDO	27.18%				
LIMITE PLASTICO	22.78%				
INDICE DE PLASTICIDAD	4.40%				



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



ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS
ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 2 DE ABRIL

DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m³

MOLDE N°	H-12
Altura Molde mm.	126.1
N° De Capas	5
N° Golp. Por Capa	56

Condición de la Muestra		Sin Saturar	Saturado
Peso del Suelo Húmedo+ Molde	grs.	12260.00	12413.00
Peso del Molde	grs.	7380.00	7380.00
Peso del Suelo Húmedo	grs.	4880.00	5033.00
Volumen del Molde	cc.	2213.55	2213.55
Densidad del Suelo Húmedo	grs/cc.	2.20	2.27

Recipiente	Und.	1-A	1-B	1-C	1-D
Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente	grs.	81.42	92.69	113.22	149.24
Peso Seco + Peso de Recipiente	grs.	74.41	84.41	101.09	135.01
Peso Agua	grs.	7.01	8.28	12.13	14.23
Peso de Recipiente	grs.	13.09	14.01	10.48	37.58
Peso del Suelo Seca	grs.	61.32	70.40	90.61	97.43
Contenido Humedad	%	11.43%	11.76%	13.39%	14.61%
Contenido Humedad Promedio	%	11.60%		14.00%	
DENSIDAD DEL SUELO SECO	grs/cc.	1.976		1.995	

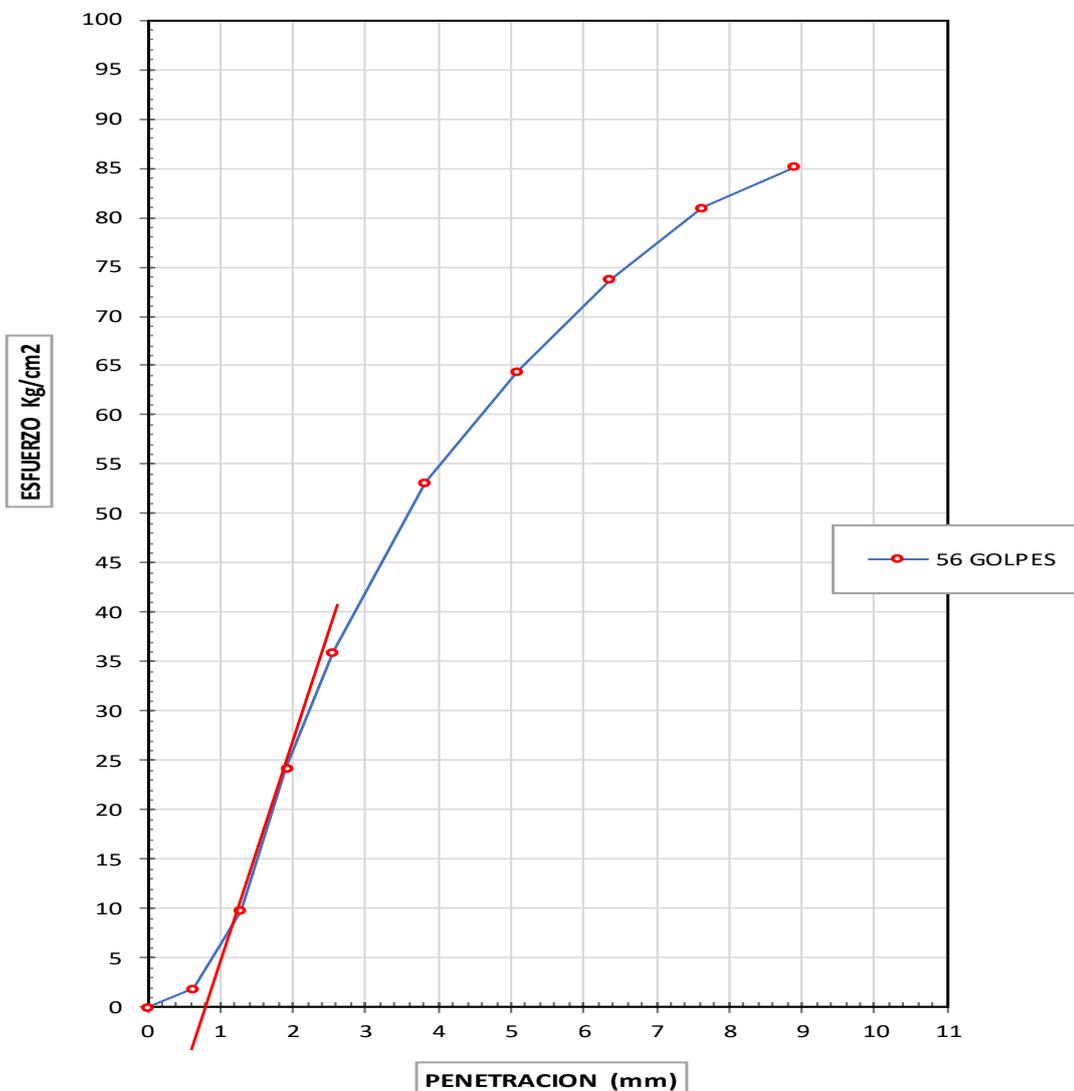
ENSAYO DE EXPANSION

fecha	hora	tiempo	dial	Expansion mm	Expansion %
11/03/2024	01:37 p.m.	0 hrs.	0.20	0.00	0.00
12/03/2024	01:37 p.m.	24 hrs.	0.52	0.32	0.25
13/03/2024	01:37 p.m.	48 hrs.	0.69	0.49	0.39
14/03/2024	01:37 p.m.	72 hrs.	0.74	0.54	0.43
15/03/2024	01:37 p.m.	96 hrs.	0.83	0.63	0.50

ENSAYO CARGA - PENETRACION

Penetracion (mm)	MOLDE N° H-12			Carga Estatica kg/cm2
	Dial KN	kg	kg/cm2	
0.00	0.000	0.00	0.00	
0.63	0.370	37.73	1.92	
1.27	1.880	191.70	9.76	
1.91	4.670	476.20	24.25	
2.54	6.920	705.63	35.94	70.41
3.81	10.230	1043.15	53.13	
5.09	12.410	1265.45	64.45	105.10
6.35	14.200	1447.97	73.74	
7.62	15.590	1589.71	80.96	
8.89	16.390	1671.29	85.12	

CURVA ESFUERZO-PENETRACION



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 65.19 %



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

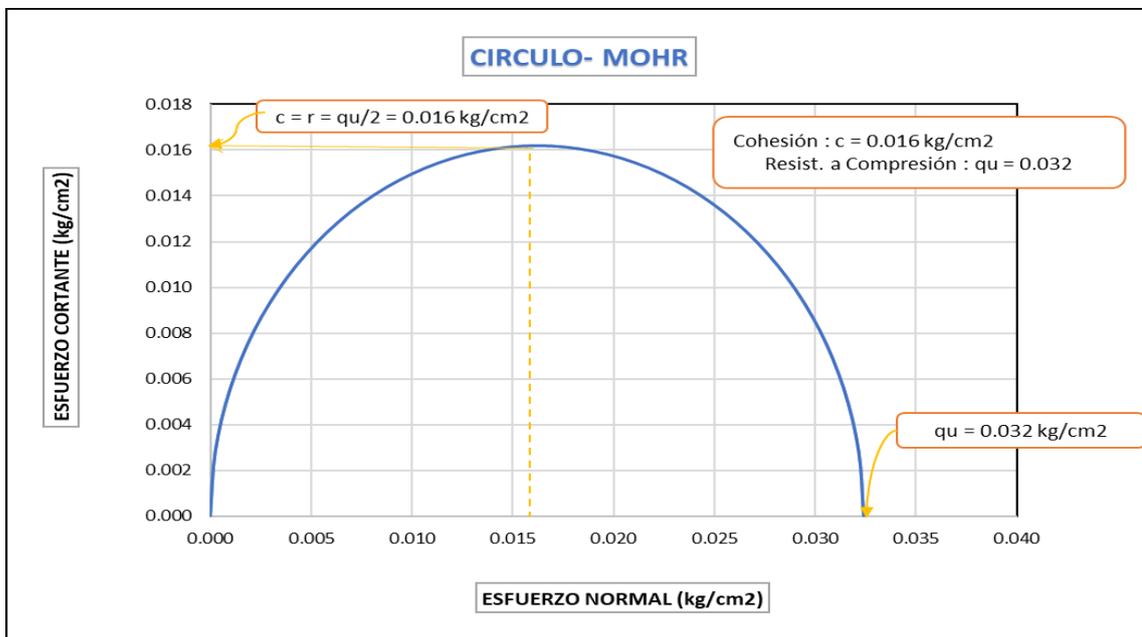
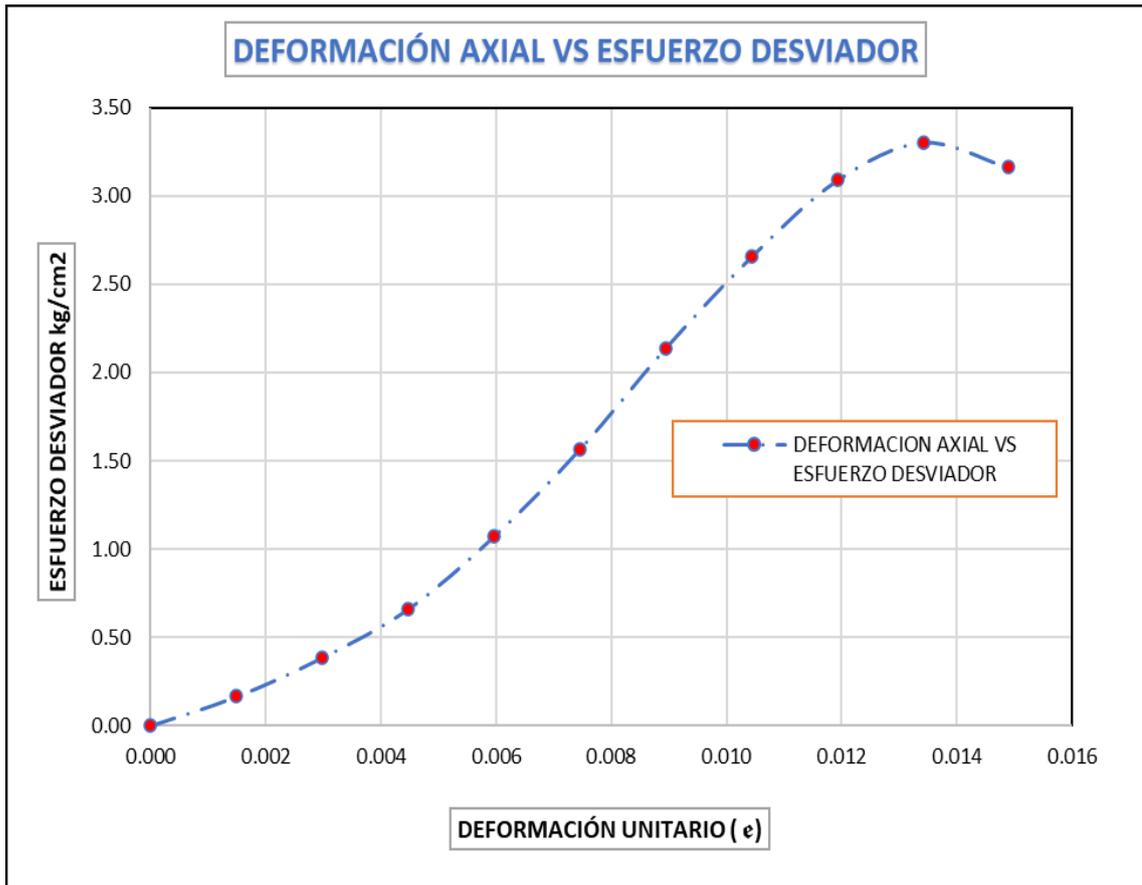
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m3

Descripción	Espécimen 07
Peso (g)	1080
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.09
Densidad (g/cm ³)	2.08
Humedad W (%)	10.53

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $e = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - e)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.907	0.06	6.118	16.257	0.166
0.42	0.003	36.962	0.14	14.276	37.877	0.386
0.63	0.004	37.017	0.24	24.473	64.835	0.661
0.84	0.006	37.073	0.39	39.768	105.198	1.073
1.05	0.007	37.128	0.57	58.123	153.521	1.565
1.26	0.009	37.184	0.78	79.537	209.766	2.139
1.47	0.010	37.240	0.97	98.911	260.471	2.656
1.68	0.012	37.296	1.13	115.226	302.978	3.089
1.89	0.013	37.353	1.21	123.384	323.938	3.303
2.10	0.015	37.409	1.16	118.285	310.083	3.162

Espécimen 07

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	S-115	S-32
1. Peso de recipiente	grs	16.66	20.07
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	85.05	84.73
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	78.58	78.53
4. Peso de agua	cc	6.47	6.20
5. Peso de la muestra seca neta	grs	61.92	58.46
6. Contenido de humedad	%	10.45	10.61
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.53	





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

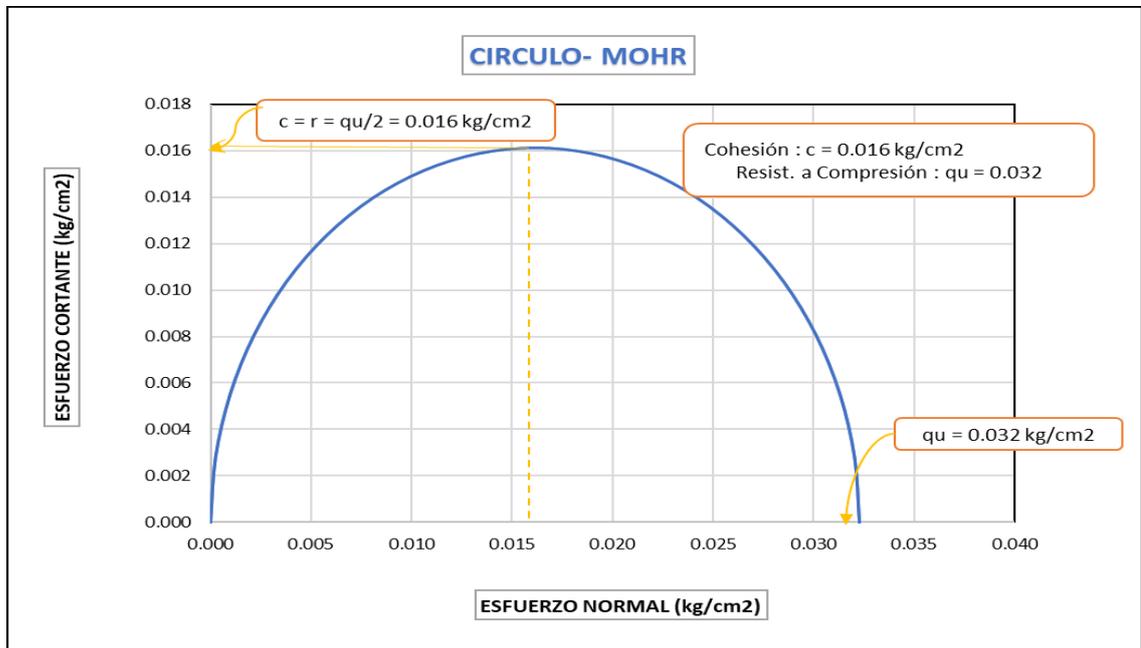
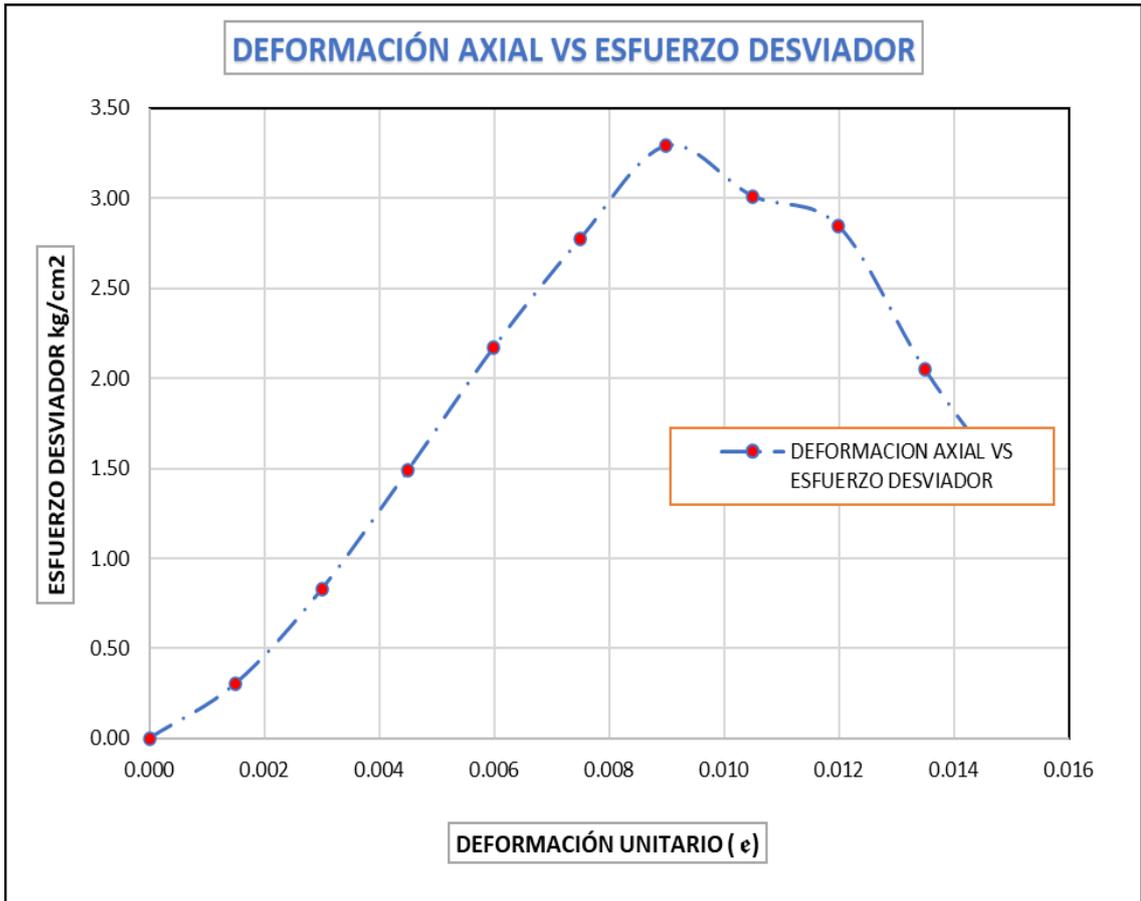
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m3

Descripción	Espécimen 08
Peso (g)	1060
Diametro (cm)	6.85
Area A_0 (cm ²)	36.85
Altura L_0 (cm)	14.01
Densidad (g/cm ³)	2.05
Humedad W (%)	10.36

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0/(1-\epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.907	0.11	11.217	29.805	0.304
0.42	0.003	36.963	0.30	30.591	81.163	0.828
0.63	0.004	37.018	0.54	55.064	145.874	1.487
0.84	0.006	37.074	0.79	80.556	213.087	2.173
1.05	0.007	37.130	1.01	102.990	272.017	2.774
1.26	0.009	37.186	1.20	122.364	322.700	3.291
1.47	0.010	37.243	1.10	112.167	295.361	3.012
1.68	0.012	37.299	1.04	106.049	278.828	2.843
1.89	0.013	37.356	0.75	76.478	200.773	2.047
2.10	0.015	37.413	0.51	52.005	136.318	1.390

Espécimen 08

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	S-115	S-32
1. Peso de recipiente	grs	16.66	20.07
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	89.27	92.14
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	82.49	85.34
4. Peso de agua	cc	6.78	6.80
5. Peso de la muestra seca neta	grs	65.83	65.27
6. Contenido de humedad	%	10.30	10.42
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.36	



ANEXO 5 Dosificación de 1.00 Lt/m³ de terrasil-suelo tratado

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>				
<p>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 1.00 Lt/m³ TERRASIL</p>					
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023				
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000				
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA				
MUESTRA	: CALICATA 01				
PROFUNDIDAD	: 1.5 M				
FECHA	: 30 DE ENERO				
CALICATA 01			LÍMITE LÍQUIDO		
DESCRIPCION	UND	I	II	III	IV
Nº Recipiente	Nº	M-01	M-24	H-01	S-13
Nº de Golpes	gr.	14	22	29	35
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	55.76	59.40	63.53	40.85
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	50.95	54.06	58.44	35.70
Peso del Agua	gr.	4.81	5.34	5.09	5.15
Peso de Recipiente	gr.	33.68	34.14	39.08	15.60
Peso del Suelo Seco	gr.	17.27	19.92	19.36	20.10
Contenido de Húmedo	%	27.85	26.81	26.29	25.62
		LL = 26.45%			
CALICATA 01			LIMITE PLASTICO		
DESCRIPCION	UND	I	II	III	
Nº Recipiente	Nº	S-63	S-115	S-14	
Peso Recipiente + Suelo Húmeda	gr.	21.06	21.14	26.54	
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr.	20.24	20.31	25.17	
Peso del Agua	gr.	0.82	0.83	1.37	
Peso de Recipiente	gr.	16.81	16.66	18.92	
Peso del Suelo Seco	gr.	3.43	3.65	6.25	
Contenido de Húmedo	%	23.91	22.74	21.92	
		LP = 22.86%			
LÍMITE LÍQUIDO	26.45%				
LIMITE PLATICO	22.86%				
INDICE DE PLASTICIDAD	3.60%				



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



ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 2 DE ABRIL

DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m³

MOLDE N°	K-21
Altura Molde mm.	125.9
N° De Capas	5
N° Golp. Por Capa	56

Condición de la Muestra		Sin Saturar	Saturado
Peso del Suelo Húmedo+ Molde	grs.	11630.00	11771.00
Peso del Molde	grs.	6830.00	6830.00
Peso del Suelo Húmedo	grs.	4800.00	4941.00
Volumen del Molde	cc.	2198.22	2198.22
Densidad del Suelo Húmedo	grs/cc.	2.18	2.25

Recipiente	Und.	1-A	1-B	1-C	1-D
Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente	grs.	84.87	89.80	96.42	119.68
Peso Seco + Peso de Recipiente	grs.	77.35	81.63	87.24	107.76
Peso Agua	grs.	7.52	8.17	9.18	11.92
Peso de Recipiente	grs.	14.00	13.09	12.51	14.02
Peso del Suelo Seca	grs.	63.35	68.54	74.73	93.74
Contenido Humedad	%	11.87%	11.92%	12.28%	12.72%
Contenido Humedad Promedio	%	11.90%		12.50%	
DENSIDAD DEL SUELO SECO	grs/cc.	1.951		1.998	

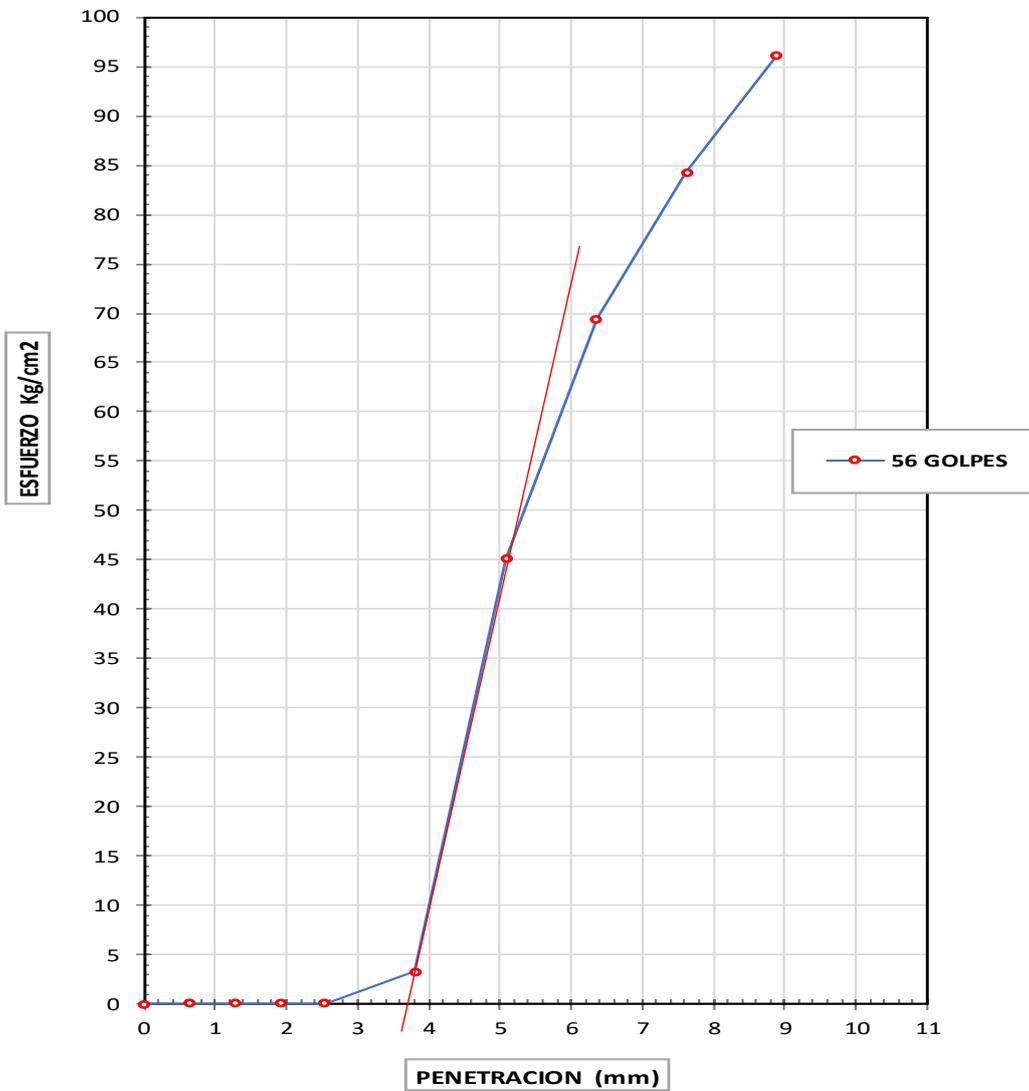
ENSAYO DE EXPANSION

fecha	hora	tiempo	dial	Expansion mm	Expansion %
11/03/2024	01:37 p.m.	0 hrs.	0.20	0.00	0.00
12/03/2024	01:37 p.m.	24 hrs.	0.21	0.01	0.01
13/03/2024	01:37 p.m.	48 hrs.	0.30	0.10	0.08
14/03/2024	01:37 p.m.	72 hrs.	0.39	0.19	0.15
15/03/2024	01:37 p.m.	96 hrs.	0.44	0.24	0.19

ENSAYO CARGA - PENETRACION

Penetracion (mm)	MOLDEN° K-21			Carga Estatica kg/cm2
	Dial KN	kg	kg/cm2	
0.00	0.000	0.00	0.00	
0.63	0.010	1.02	0.05	
1.27	0.015	1.53	0.08	
1.91	0.020	2.04	0.10	
2.54	0.025	2.55	0.13	70.41
3.81	0.640	65.26	3.32	
5.09	8.680	885.10	45.08	105.10
6.35	13.370	1363.34	69.43	
7.62	16.230	1654.97	84.29	
8.89	18.520	1888.48	96.18	

CURVA ESFUERZO-PENETRACION



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 93.03%



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 M
FECHA : 18 DE MARZO

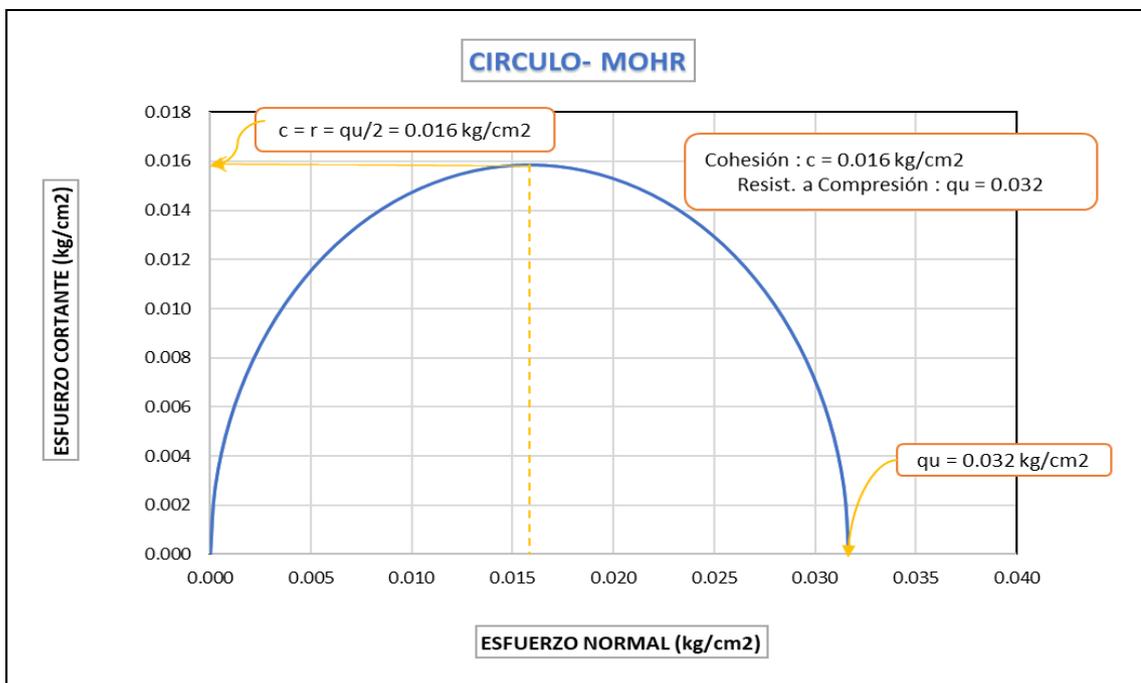
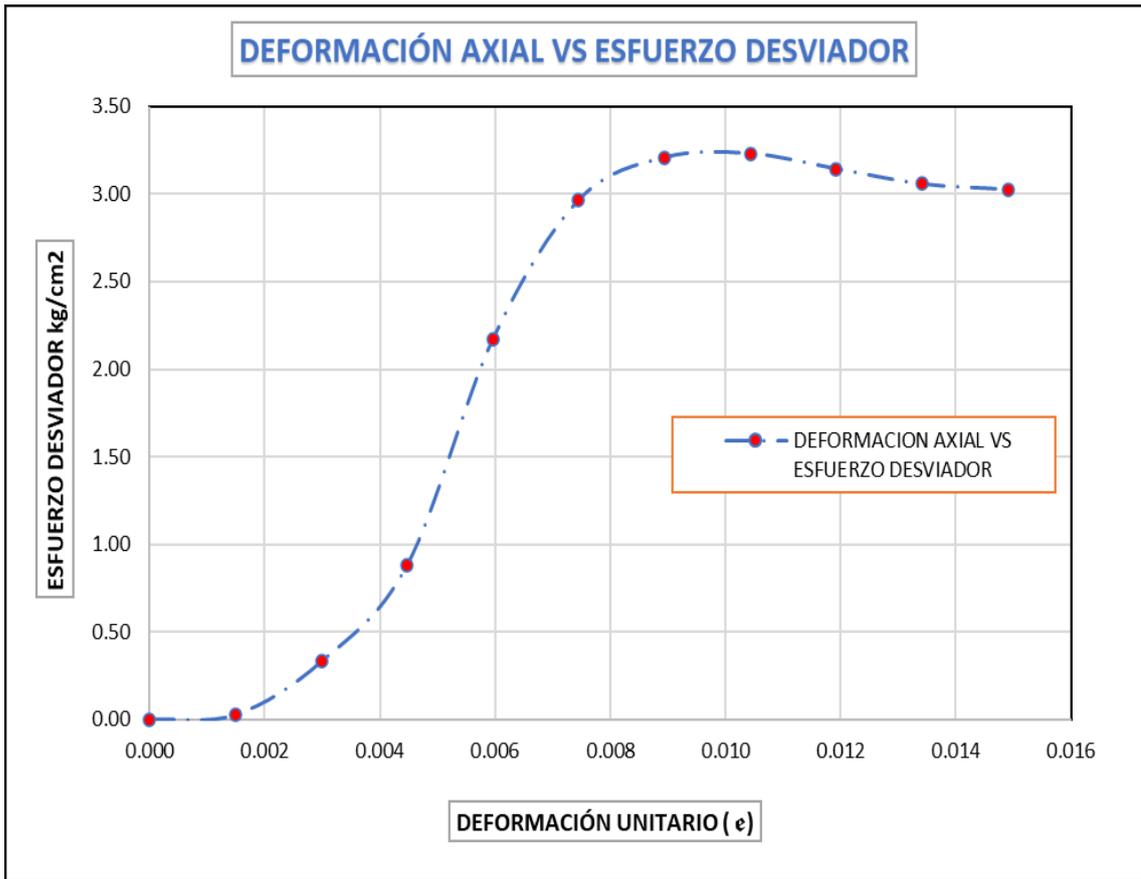
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m³

Descripción	Espécimen 09
Peso (g)	1050
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.09
Densidad (g/cm ³)	2.02
Dumedad W (%)	10.31

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.907	0.01	1.020	2.710	0.028
0.42	0.003	36.962	0.12	12.236	32.466	0.331
0.63	0.004	37.017	0.32	32.630	86.446	0.881
0.84	0.006	37.073	0.79	80.556	213.094	2.173
1.05	0.007	37.128	1.08	110.128	290.882	2.966
1.26	0.009	37.184	1.17	119.305	314.649	3.208
1.47	0.010	37.240	1.18	120.325	316.861	3.231
1.68	0.012	37.296	1.15	117.266	308.340	3.144
1.89	0.013	37.353	1.12	114.206	299.844	3.058
2.10	0.015	37.409	1.11	113.187	296.718	3.026

Espécimen 09

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	C-3	S-T4
1. Peso de recipiente	grs.	23.89	21.85
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs.	93.77	97.42
3. Peso recipiente + muestra seca	grs.	87.26	90.33
4. Peso de agua	cc.	6.51	7.09
5. Peso de la muestra seca neta	grs.	63.37	68.48
6. Contenido de humedad	%	10.27	10.35
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	10.31	





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA : CALICATA 01
PROFUNDIDAD : 1.5 m
FECHA : 18 DE MARZO

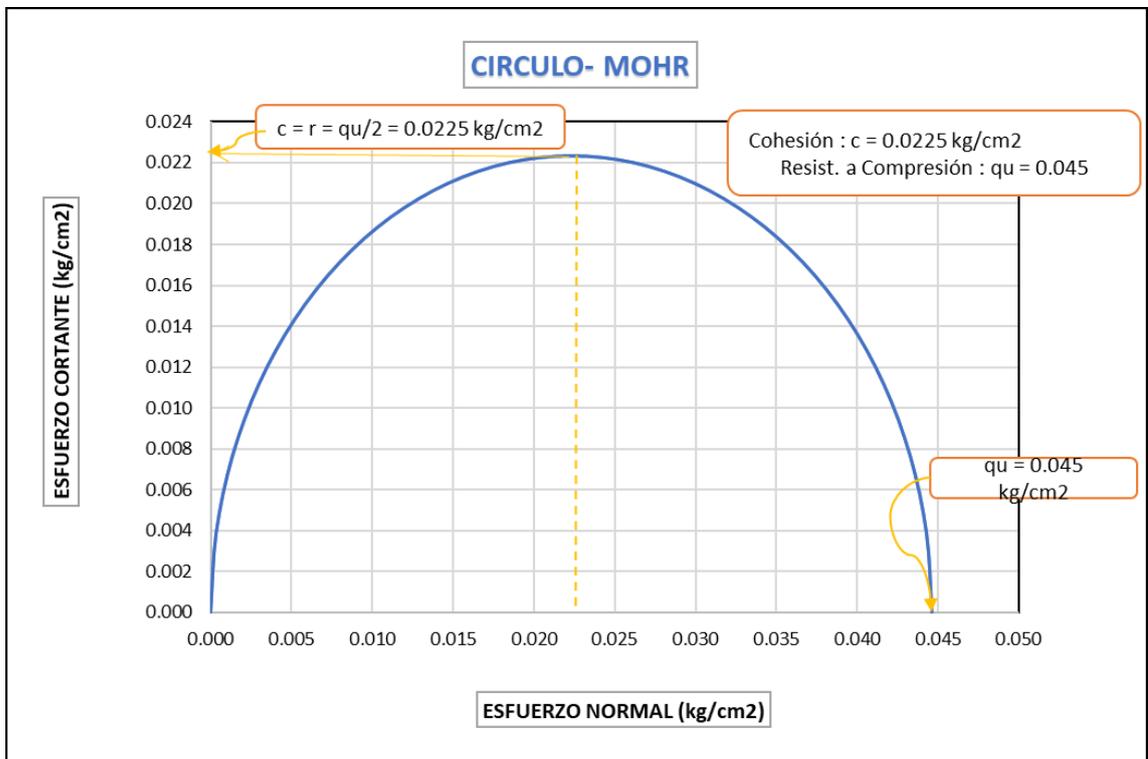
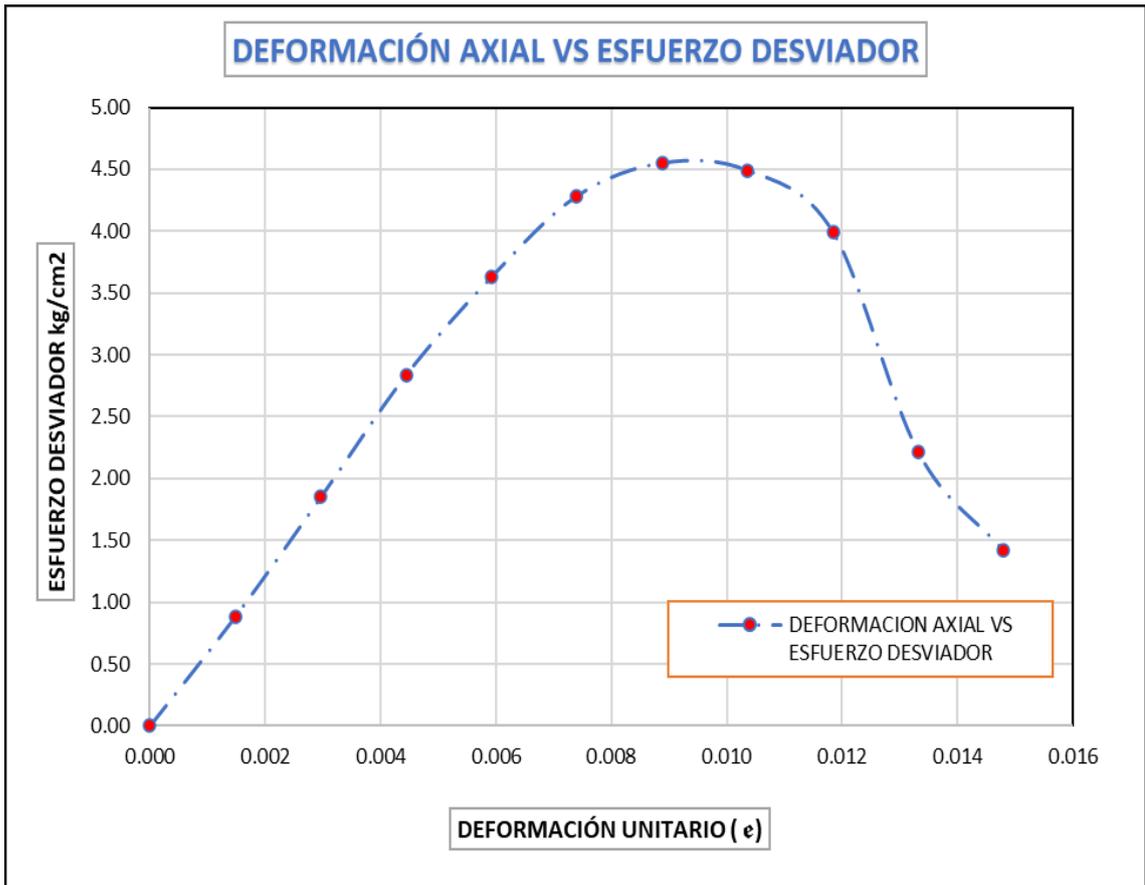
DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m3

Descripción	Espécimen 10
Peso (g)	1090
Diametro (cm)	6.85
Area A ₀ (cm ²)	36.85
Altura L ₀ (cm)	14.19
Densidad (g/cm ³)	2.08
Humedad W (%)	10.20

Deformación ΔL (mm)	Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (Kg) P	Esfuerzo Normal (Kpa)	Esfuerzo (Kg/cm ²) $\sigma = P/A'$
0.00	0.000	36.852	0.00	0.000	0.000	0.000
0.21	0.001	36.906	0.32	32.630	86.706	0.884
0.42	0.003	36.961	0.67	68.320	181.271	1.848
0.63	0.004	37.016	1.03	105.029	278.257	2.837
0.84	0.006	37.071	1.32	134.600	356.071	3.631
1.05	0.007	37.126	1.56	159.073	420.185	4.285
1.26	0.009	37.182	1.66	169.270	446.454	4.552
1.47	0.010	37.238	1.64	167.231	440.416	4.491
1.68	0.012	37.293	1.46	148.876	391.491	3.992
1.89	0.013	37.349	0.81	82.596	216.872	2.211
2.10	0.015	37.405	0.52	53.024	139.018	1.418

Espécimen 10

DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Recipiente	Nº	C-3	S-T4
1. Peso de recipiente	grs	23.89	21.85
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	95.47	96.69
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	88.82	89.79
4. Peso de agua	cc	6.65	6.90
5. Peso de la muestra seca neta	grs	64.93	67.94
6. Contenido de humedad	%	10.24	10.16
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.20	



ANEXO 6 Estudio de tráfico

1. DESCRIPCIÓN							
Departamento:	PUNO						
Provincia:	YUNGUYO						
Distrito:	YUNGUYO						
Horizonte del Proyecto (en años)	10 Años						
2. Determinación del tráfico actual							
A: Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo							
Resultados de los conteo de tráfico:				Mes:	MAYO	Año:	2024
Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automovil	62	54	87	62	51	74	82
Station Wagon	32	24	44	33	26	49	58
Camioneta (Pickup/Panel)	30	27	45	34	24	66	42
C.Rural (Combi)	63	39	84	63	53	94	73
Micro							
Bus 2E	5	4	7	6	3	5	7
Bus 3E	10	8	13	13	9	11	20
Bus 4E							
Camión 2E	32	28	49	33	28	54	60
Camión 3E	19	19	27	16	15	19	21
Camión 4E	5	5	7	5	4	7	7
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	3	3	5	3	2	1	5
Semitrayler (T2S3)	5	3	8	4	3	5	6
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	3	3	5	3	3	2	6
Semitrayler (T3S3)	8	6	16	7	6	8	8
Trayler (C2R2)							
Trayler (C2R3)							
Trayler (C3R2)	3	3	4	2	3	2	4
Trayler (C3R3)	5	4	7	6	4	8	5
TOTAL	285	230	408	290	234	405	404

Nº DE VEHÍCULOS/DÍA

■ Veh/día

Día	Nº de Vehículos
Lunes	285
Martes	230
Miércoles	408
Jueves	290
Viernes	234
Sábado	405
Domingo	404

C: Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_A = IMD_S * FC \qquad IMD_S = \frac{(\sum Vi)}{7}$$

Donde:

- IMD_S = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
- IMD_A = Índice Medio Anual
- Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
- FCE= Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL	IMD _S	FC	IMD _A	Distribución (%)
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
Automovil	62	54	87	62	51	74	82	472	67	1.107	75	21.1
Station Wagon	32	24	44	33	26	49	58	266	38	1.107	43	12.1
Camioneta (Pickup/Panel)	30	27	45	34	24	66	42	268	38	1.107	43	12.1
C.Rural (Combi)	63	39	84	63	53	94	73	469	67	1.107	75	21.1
Micro										1.107		
Bus 2E	5	4	7	6	3	5	7	37	5	1.024	6	1.7
Bus 3E	10	8	13	13	9	11	20	84	12	1.024	13	3.7
Bus 4E										1.024		
Camión 2E	32	28	49	33	28	54	60	284	41	1.024	42	11.8
Camión 3E	19	19	27	16	15	19	21	136	19	1.024	20	5.6
Camión 4E	5	5	7	5	4	7	7	40	6	1.024	6	1.7
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	3	3	5	3	2	1	5	22	3	1.024	4	1.1
Semitrayler (T2S3)	5	3	8	4	3	5	6	34	5	1.024	5	1.4
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	3	3	5	3	3	2	6	25	4	1.024	4	1.1
Semitrayler (T3S3)	8	6	16	7	6	8	8	59	8	1.024	9	2.5
Trayler (C2R2)										1.024		
Trayler (C2R3)										1.024		
Trayler (C3R2)	3	3	4	2	3	2	4	21	3	1.024	4	1.1
Trayler (C3R3)	5	4	7	6	4	8	5	39	6	1.024	6	1.7
TOTAL	285	230	408	290	234	405	404	2256	322		355	100.0

ANEXO 7 Ejes equivalentes

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES		
EJES EQUIVALENTES PAVIMENTO FLEXIBLE			
PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023		
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000		
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA		
MUESTRA	: CALICATA 01		
PROFUNDIDAD	: 1.5 M		
FECHA	: 10 DE ABRIL		
CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL			
PERIODO DE DISEÑO	10	AÑOS	
Tasa de Crecimiento por Región en %	$r_{vp} =$	2.47	Tasa de Crecimiento Anual de la Población (REGIÓN PUNO) (vehículos de ligeros)
	$r_{vc} =$	2.58	Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (REGIÓN PUNO) (vehículos de pesados)
FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	1		
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.5		
FACTOR CARRIL (Fc)	1		
TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO			
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)	
Automovil	75	21.13	
Station Wagon	43	12.11	
Camioneta (Pickup/Panel)	43	12.11	
C.Rural (Combi)	75	21.13	
Micro	0	0.00	
Bus 2E	6	1.69	
Bus 3E	13	3.66	
Bus 4E	0	0.00	
Camión 2E	42	11.83	
Camión 3E	20	5.63	
Camión 4E	6	1.69	
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	4	1.13	
Semitrayler (T2S3)	5	1.41	
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	4	1.13	
Semitrayler (≥T3S3)	9	2.54	
Trayler (C2R2 o 2T2)	0	0.00	
Trayler (C2R3 o 2T3)	0	0.00	
Trayler (C3R3 o 3T2)	4	1.13	
Trayler (≥C3R3 o 3T3)	6	1.69	
	355	100.00	

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTE RO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus 2E	7	11		
Bus 3E	7	16		
Bus 4E	7 + 7	16		
Camión 2E	7	11		
Camión 3E	7	18		
Camión 4E	7	23		
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	7	11	18	
Semitrayler (T2S3)	7	11	25	
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	7	18	18	
Semitrayler (≥T3S3)	7	18	25	
Trayler (C2R2 o 2T2)	7	11	11	11
Trayler (C2R3 o 2T3)	7	11	11	18
Trayler (C3R3 o 3T2)	7	18	11	11
Trayler (≥C3R3 o 3T3)	7	18	11	18

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	
Bus 2E	1.27	3.24			4.50
Bus 3E	1.27	1.37			2.63
Bus 4E	2.53	1.37			3.90
Camión 2E	1.27	3.24			4.50
Camión 3E	1.27	2.02			3.28
Camión 4E	1.27	1.51			2.77
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	1.27	3.24	2.02		6.52
Semitrayler (T2S3)	1.27	3.24	1.71		6.21
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	1.27	2.02	2.02		5.30
Semitrayler (≥T3S3)	1.27	2.02	1.71		4.99
Trayler (C2R2 o 2T2)	1.27	3.24	3.24	3.24	10.98
Trayler (C2R3 o 2T3)	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76
Trayler (C3R3 o 3T2)	1.27	2.02	3.24	3.24	9.76
Trayler (≥C3R3 o 3T3)	1.27	2.02	3.24	2.02	8.54

DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

- T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- n = año futuro de proyección
- r = tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Automovil	93	21.07
Station Wagon	54	12.08
Camioneta (Pickup/Panel)	54	12.08
C.Rural (Combi)	93	21.07
Micro	0	0.00
Bus 2E	7	1.69
Bus 3E	16	3.65
Bus 4E	0	0.00
Camión 2E	53	11.91
Camión 3E	25	5.67
Camión 4E	8	1.70
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	5	1.13
Semitrayler (T2S3)	6	1.42
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	5	1.13
Semitrayler (≥T3S3)	11	2.55
Trayler (C2R2 o 2T2)	0	0.00
Trayler (C2R3 o 2T3)	0	0.00
Trayler (C3R3 o 3T2)	5	1.13
Trayler (≥C3R3 o 3T3)	8	1.70
	444	100.00

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	11.19
Fca V. Pesados=	11.25

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	EE _{día-carril}	Distribución (%)
Bus 2E	17	4.90
Bus 3E	21	6.21
Bus 4E	0	0.00
Camión 2E	119	34.66
Camión 3E	41	12.04
Camión 4E	10	3.05
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	16	4.78
Semitrayler (T2S3)	20	5.69
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	13	3.89
Semitrayler (≥T3S3)	28	8.23
Trayler (C2R2 o 2T2)	0	0.00
Trayler (C2R3 o 2T3)	0	0.00
Trayler (C3R3 o 3T2)	25	7.16
Trayler (≥C3R3 o 3T3)	32	9.39
IMD	343	100.00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = 1409164 \text{ EE}$$

ANEXO 8 Diseño del pavimento flexible para suelo no tratado



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



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 10 DE ABRIL

MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos más utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASHTO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	1,409,163.56
ESAL's(W18) =	1.41E+06

2. CONFIABILIDAD

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

$$R (\%) = 85.00 \%$$

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -1.036$$

2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

$$So = 0.450$$

3. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.0
Pt =	2.5

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

4. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$CBR = 9.23 \%$$

$$Mr = 10595.46 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } SN = 3.148$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Zr \times So + 0.20 + 8.07$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.17 /cm

a2 = 0.052 /cm

a3 = 0.047 /cm

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 1

m3 = 1

Esesor de capa Superficial D1 = 5.00 Cm

Esesor de Base D2 = 20.00 Cm

Esesor de Subbase D3 = 30.00 Cm

Número Estructural requerido SN = 3.148

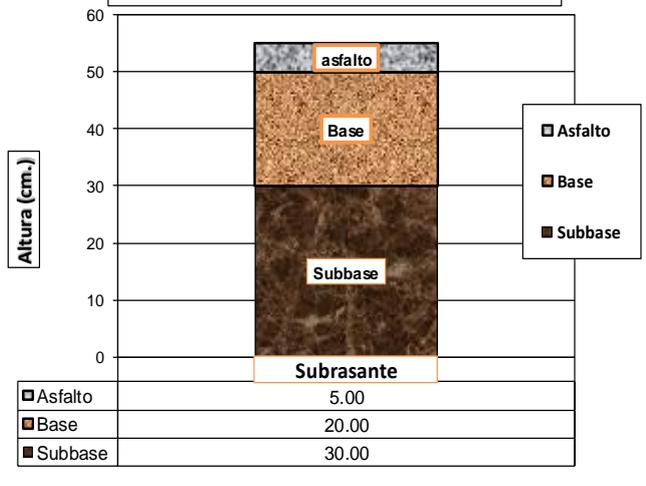
Número Estructural calculado SN = 3.300

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

	Pulg.	Cm.
Losa de Cº Asfáltico	e= 0.020	5.00
Base	e= 0.079	20.00
Subbase	e= 0.118	30.00

DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DE LAS CAPAS



ANEXO 9 Diseño del pavimento flexible para dosificación de 0.30 Lt/m³ de terrasil-suelo tratado



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



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO	: EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023
UBICACIÓN	: TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000
REALIZADO POR	: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA
MUESTRA	: CALICATA 01
PROFUNDIDAD	: 1.5 M
FECHA	: 10 DE ABRIL

MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	1,409,163.56
ESAL's(W18) =	1.41E+06

2. CONFIABILIDAD

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

$$R (\%) = 85.00 \%$$

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -1.036$$

2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

$$So = 0.450$$

3. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.0
Pt =	2.5

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

4. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$CBR = 36.78 \%$$

$$Mr = 25667.43 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } SN = 2.210$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Zr \times So + 0.20 + 8.07$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.17 /cm

a2 = 0.052 /cm

a3 = 0.047 /cm

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 1

m3 = 1

Esesor de capa Superficial **D1 = 5.00 Cm**

Esesor de Base **D2 = 15.00 Cm**

Esesor de Subbase **D3 = 15.00 Cm**

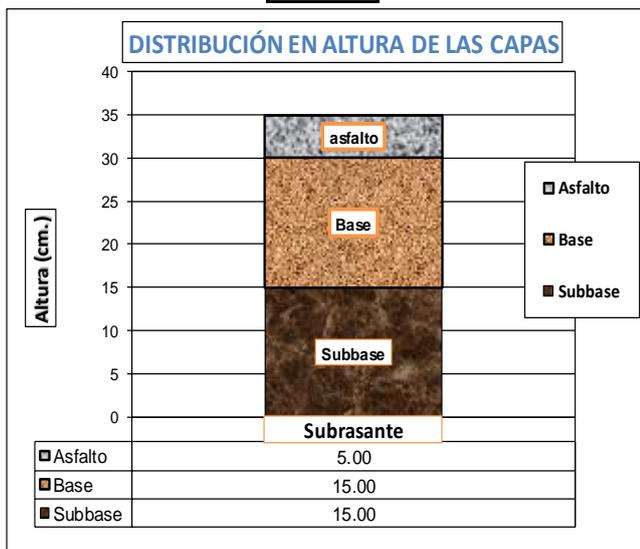
Número Estructural requerido **SN = 2.210**

Número Estructural calulado **SN = 2.335**

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

	Pulg.	Cm.
Losa de C° Asfáltico	e= 0.020	5.00
Base	e= 0.059	15.00
Subbase	e= 0.059	15.00



FICHA TÉCNICA

Definición

TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.

Características físicas

Forma	Líquida
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	> 90 °C (recipiente cerrado)
Punto de ebullición	200°C
Propiedades Explosiva	No Explosivo
Densidad	1,04 g/ml
Viscosidad(25°C)	100-500 cps

NOTA: Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto.

Dosificación Mezclada

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m ³

Aplicar en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua óptima para alcanzar la densidad máxima.

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m ²

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m² de la disolución en dos fases

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

Aplicación del sistema



Pasos a seguir:

1. Mezcla de Terrasil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m² en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de Terrasil en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + Terrasil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de Terrasil.
16. Comprobación de impermeabilidad.

Beneficios

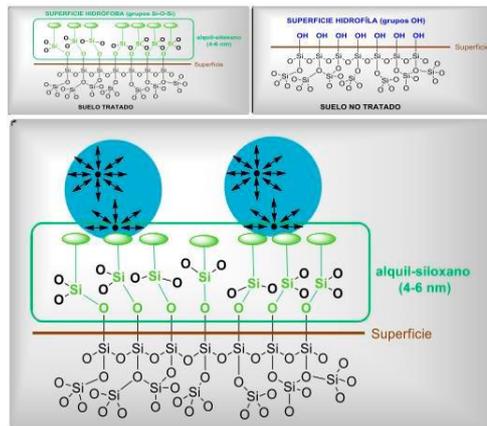
1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7. Se mejoran los datos de densidad y compactación en obra.
8. Es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material.

Modo de Acción

TerraSil es un aditivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en la impermeabilización de suelos y subsuelos.

Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes.

Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.



Repulsión de las gotas de agua sobre la superficie por interacciones desfavorables polar-apolar.

Debido a la inexistencia de grupos polares en la superficie de los suelos, las gotas de agua no sufren ruptura en sus moléculas constitutivas, al no formarse los enlaces de hidrógeno necesarios para ello. De esta manera, las repulsiones de tipo sustancia polar-sustancia apolar originan que se mantenga la tensión superficial en las gotas de agua, permaneciendo sobre la superficie del suelo.



Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con TerraSil. Como se puede observar, la repelencia de la gota es total.

Presentación

La presentación de los productos se realiza en bidones de 20 kg.

Exposición a la humedad

El producto es reactivo a la humedad. La exposición excesiva a la humedad puede conducir a un aumento de la viscosidad y gelificación.

Almacenamiento

Almacenar en lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en lugar seco y bien ventilado. Mantener alejado de cualquier material oxidante, inflamable, percloratos, ácido crómico o ácido nítrico.

Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.

Comprobación del agua y del Terrasil.

Antes de comenzar es necesario comprobar la calidad del agua (TDS hasta 1.000 ppm). Si no requerimos de esta información, hacer una solución de 1 ml de Terrasil de Terrasil y 10 ml de agua para formar una solución transparente.

En caso de que la solución salga blanquecina no proceda a la aplicación y póngase en contacto con el representante de Zydex (Optimasoil).



Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

Cisterna de agua con pulverizador (la cisterna debe estar limpia).

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

Equipo de seguridad (casco, chaleco de seguridad..)

Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con Terrasil.

Por ejemplo para riegos de impermeabilización se mezclara en la proporción 1 litro de Terrasil cada 300 litros de agua.

Se recomienda llenar el tanque o la cisterna con el agua necesaria y añadir posteriormente la cantidad de Terrasil previamente calculada.

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

Comprobación de la impermeabilización

Antes de la aplicación comprobar la permeabilidad en una zona mediante el Test de RILEM.

Después del secado realizar el Test de RILEM en la superficie tratada, y observar reducción en la tasa de percolación frente a la primera prueba.

Test de Rilem

Limpie la superficie

Fijar la arcilla alrededor del tubo RILEM, colocar en superficie de la carretera y presione la arcilla fuertemente

Llenar de agua el tubo RILEM con cuentagotas hasta el nivel. En el caso de aparición de burbujas de aire eliminar por gotero.

Inicie el cronómetro y registrar el tiempo que tarda en bajar el agua por debajo del nivel a partir de los 4 ml.

La duración del ensayo es de 20 minutos después del tratamiento aumentar la duración del ensayo RILEM 1 hora para simular condiciones fuertes lluvias

Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Los recipientes que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

NOTA 1: En caso de contacto por cualquier vía proporcionar atención médica.

NOTA 2: La información y sugerencias son hechas con base en la experiencia e investigaciones realizadas, esto no implica una garantía ya que se recomienda que cada cliente realice las pruebas preliminares.

CONTACTE A SU ASESOR TÉCNICO COMERCIAL.
CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD.

Protocolo de laboratorio de Terrasil

Septiembre 2018

Guía de laboratorio para ensayo CBR con Terrasil



Procedimiento de preparación de muestras con Terrasil

Resumen de las tareas en tiempo



Preparación del agregado

Preparación del agregado

- Secar el agregado
- Calcular con el ensayo Proctor densidad y humedad óptima de compactación

1



Preparación de la disolución

Preparación de la disolución

- Verificación del estado de la muestra de Terrasil
- Cálculo de la dosificación
- Preparación de la disolución

2

2.1 Verificación de la muestra.

Diluir 10 ml de Terrasil en 100ml de agua.

Remover hasta su disolución

Un resultado transparente está OK - Un resultado turbio esta MAL



Preparación de la disolución

2.2 Calculo de la dosificación.

La proporción de empleo de Terrasil es de 0,5 – 1,0 Kg/m³ de material suelto a estabilizar.

Por último podemos añadir una cantidad de cemento entre 0,5-1,5%, dependiendo de las características del proyecto y los valores que se pretendan alcanzar en cada caso.

Preparación de la disolución

2.3 Preparación de la disolución.

Diluir la cantidad previamente calculada de Terrasil en el agua necesaria para obtener el óptimo de compactación.



Preparado de la Probeta

Preparado de la probeta

- Mezclado del agua con Terrasil y el agregado
- Compactación
- Riegos de Terrasil 1:300. 3 litros/m² en dos fases.

3



Preparación de la Probeta

1. En una primera amasada se adiciona la solución en una cantidad de agua un poco más del 50% de la humedad óptima de compactación, sobre el suelo a tratar; y amasamos para que quede homogéneo

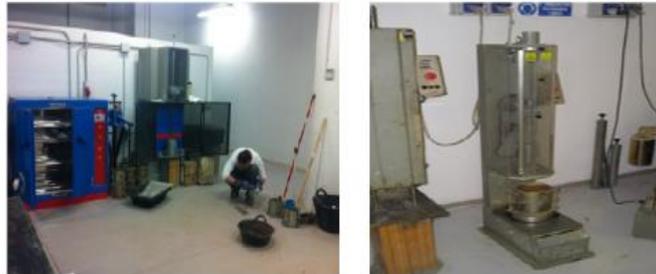


2. Adición de la cantidad restante de solución, el 50% o un poco más de la disolución, para que el grado de humedad sea el óptimo en el momento de la compactación.



Preparación de la Probeta

3. Compactación de la probeta



4. Riegos de la probeta con dosificación 1:300 en dos fases.
Sumergir la probeta terminada en la disolución 1:300 previamente preparada y sacar. Dejar secar completamente la superficie y volver a sumergir en una disolución 1:300 previamente preparada. Dejar secar completamente.

Curado de muestras

Curado de las muestras

- Curar las muestras al aire libre durante 7 días, Controlar la pérdida de humedad con pesado y luego sumergirlas por 4 días para cumplir el ensayo C.B.R.

4



Rotura y ensayo de las muestras

Rotura y ensayo de las muestras

- Inmersión de las probetas y rotura conforme al protocolo de CBR

5



Av. Parque de las Leyendas No. 210 Torre A-Oficina 802, Urbanización Pando T (51-1) 320 3767 C (51) 971354248 E achavez@brem.com.pe San Miguel, Lima – Perú
www.brem.com.pe

Av. Parque de las Leyendas No. 210
Torre A-Oficina 802, Urbanización Pando
T (51-1) 320 3767 C (51) 971354248
RPM #971354248
E achavez@brem.com.pe
San Miguel, Lima – Perú

ANEXO 11 Análisis de costos unitario

Análisis de Costos Unitarios

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS SATURADOS EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 202
 PRESUPUESTO 1.0 : CONSTRUCCION DE PAVIMENTO
 PROPIETARIO : PROYECTO DE TESIS
 UBICACION : DPTO: PUNO PROV: YUNGUYO DIST: YUNGUYO LOC: BAHIA DE YUNGUYO
 FECHA PROYECTO : 03/05/2024

Partida: 1.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE (CON MATERIAL DE CANTERA)

Rendimiento: 500 m³/Día

Costo unitario por m³ **110.09**

Ind	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.66
47	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	25.2200	0.04
01	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	24.2200	0.39
01	PEON	hh	4.0000	0.0640	19.2000	1.23
MATERIALES						100.52
39	AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	-	0.0650	8.0200	0.52
05	MATERIAL DE CANTERA	m ³	-	1.0000	100.0000	100.00
EQUIPO						7.91
37	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.6600	0.05
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP	hm	1.0000	0.0160	156.8400	2.51
49	MOTONIVELADORA 130-135 HP	hm	1.0000	0.0160	205.7700	3.29
49	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS)	hm	1.0000	0.0160	128.9600	2.06

Análisis de Costos Unitarios

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS SATURADOS EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 202
 PRESUPUESTO 1.0 : CONSTRUCCION DE PAVIMENTO
 PROPIETARIO : PROYECTO DE TESIS
 UBICACION : DPTO: PUNO PROV: YUNGUYO DIST: YUNGUYO LOC: BAHIA DE YUNGUYO
 FECHA PROYECTO : 03/05/2024

Partida: 1.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE (1.00L/M3 DE ADITIVO TERRASIL)

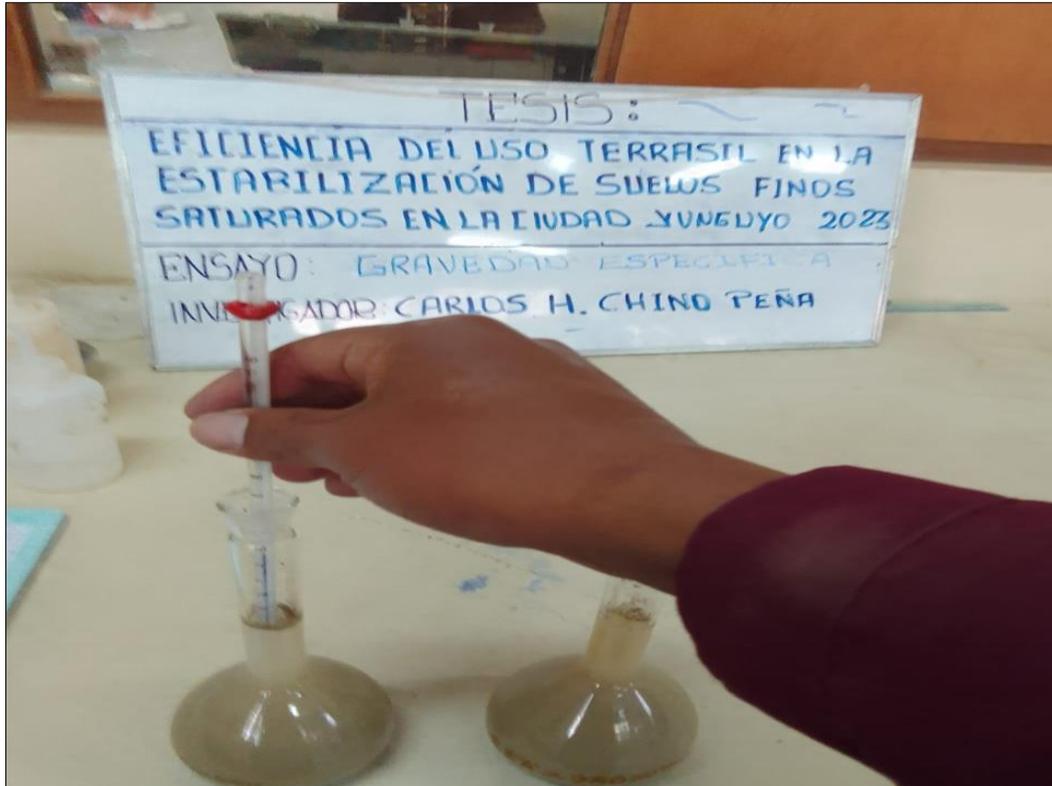
Rendimiento: 500 m³/Día

Costo unitario por m³ **85.09**

Ind	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.66
47	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	25.2200	0.04
01	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	24.2200	0.39
01	PEON	hh	4.0000	0.0640	19.2000	1.23
MATERIALES						75.52
39	AGUA PUESTA EN OBRA	m ³	-	0.0650	8.0200	0.52
30	ADITIVO ESTABILIZADOR TERRASIL	l	-	1.0000	75.0000	75.00
EQUIPO						7.91
37	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3.0000	1.6600	0.05
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP	hm	1.0000	0.0160	156.8400	2.51
49	MOTONIVELADORA 130-135 HP	hm	1.0000	0.0160	205.7700	3.29
49	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS)	hm	1.0000	0.0160	128.9600	2.06

ANEXO 12 Panel fotográfico

1. Ensayo de gravedad específica



2. Ensayo de penetración



3. Ensayo de proctor modificado



4. Ensayo CBR, en la máquina de compresión



5. Ensayo compresión simple, en maquina penetración



6. Preparación de la muestra de suelo con la dosificación de terrasil

