

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“REFORZAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON CAUCHO RECICLADO PARA FINES DE CIMENTACIÓN EN EL DISTRITO DE YARABAMBA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”

TOMO I

Tesis Presentada por las Bachilleres:

Llerena Castillo, Gabriela Amabilis

Paredes Chura, Mishel Vanesa

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Gamarra Tuco Rubén Francisco

Arequipa - Perú

2019

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

Reforzamiento de suelos arcillosos con caucho
reciclado para fines de cimentación en el distrito de
Yanabamba en la ciudad de Arequipa.

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

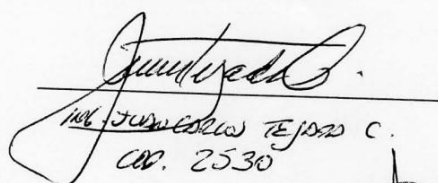
Alicia Castillo, Gabriela Amabilis
Parades Choro, Michel Vancsa.

Nuestro DICTAMEN es:

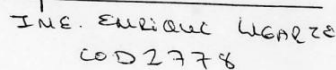
Aprobado —

OBSERVACIONES:

Arequipa, 05 de Julio del 2019


Ing. Juan Carlos Tejedor C.
COD. 2530


Rober Amarro Fúco
COD. 3044


Ing. Enrique Ugalde
COD 2778

Dedicatoria

A Dios por darme amor, humildad y voluntad durante toda mi vida para poder alcanzar, lograr todos mis objetivos propuestos y crecer como una mejor persona.

A mi mamá Rosita, quien es un ejemplo de vida, mi pilar, mi mentora, la mujer que más admiro por apoyarme y darme el amor incondicional, consejos y preocupación que una madre da a su hija, que siempre ha estado en mi crecimiento y formación como persona.

A mis abuelitos Isaías y Julia, por ser los padres que me acompañaron y guiaron por el camino correcto desde muy pequeña, por el apoyo moral, el cariño y el amor, que me dio la fuerza motivacional para lograr todo lo que me proponga con paciencia y dedicación.

A mi familia que gracias a sus consejos y confianza, me dan la motivación para lograr mucho más.

Gabriela

Dedicatoria

A Dios por todas la bendiciones y logros que me ha permitido obtener en esta vida, que todo siga siendo para su gloria y cada uno de los objetivos trazados se cumplan según su voluntad. A la Virgen María ejemplo de mujer en mi vida su testimonio a guiado cada una de mis decisiones.

A mis papas Clovaldo y María quienes se han esforzado tanto por brindarme todas las oportunidades para que logre mis metas en esta vida, siempre estaré agradecida y este logro va por ustedes.

A mi hermana Jessica consejera de toda mi vida siempre procurando que siga el camino correcto y elevando oraciones por mí.

A mi sobrino Kael bendición de esta familia.

A mi persona especial gracias a su apoyo incondicional que me ha dado las fuerzas para culminar esta etapa de mi vida.

Mishel

Agradecimientos

A la Universidad Católica Santa María por brindarnos las oportunidades de crecimiento académico y así poder culminar nuestra carrera profesional, también haber aportado a nuestra formación integral, educándonos como personas de bien en búsqueda de la verdad.

A nuestro Asesor, Ing. Rubén Francisco Gamarra Tuco, quien con sus aportes oportunos desde la perspectiva de su experiencia colaboró con la obtención del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Yuri Romero Ortiz quien nos brindó su apoyo constante en el trabajo de laboratorio de la presente investigación.

Y a todas las personas, quienes colaboraron con sus sugerencias, información o trabajo de campo para el presente estudio.

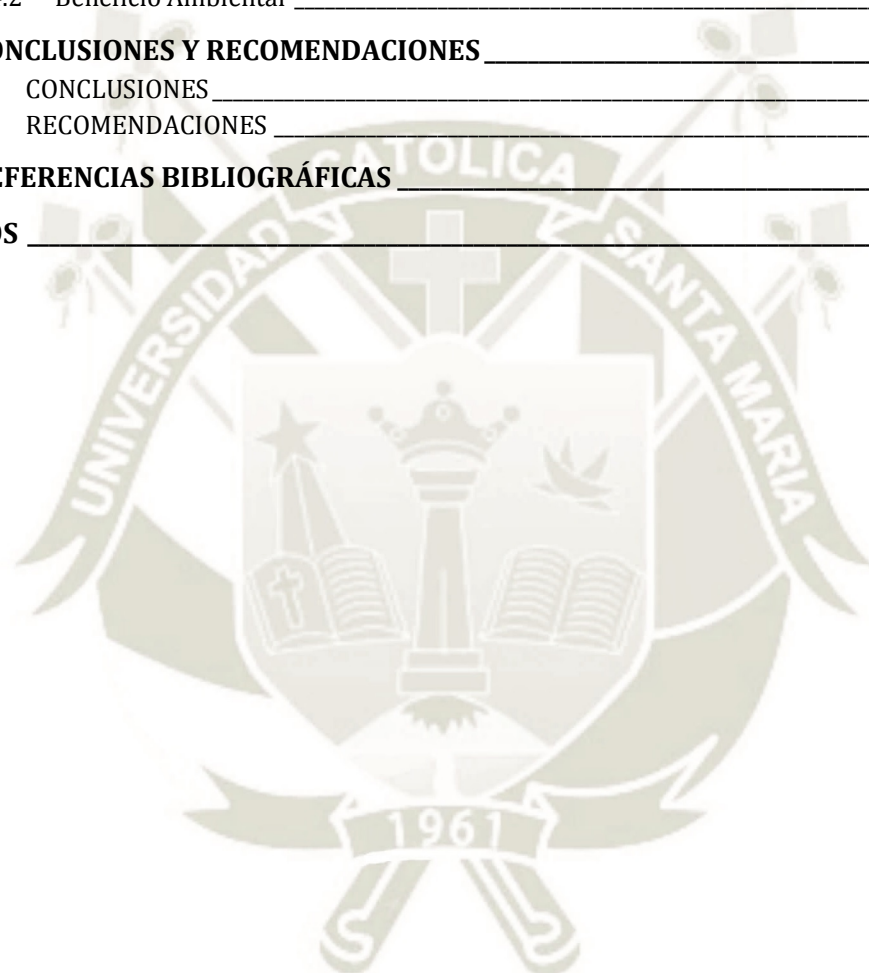
Índice

Dedicatoria 01	iii
Dedicatoria 02	iv
Agradecimiento	v
Resumen	ixx
Abstrac	xx
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Identificación y Descripción del Problema	2
1.1.2 Antecedentes	2
1.1.3 Alcances	3
1.1.4 Ubicación del Problema	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 HIPÓTESIS	5
1.3.1 Hipótesis General	5
1.4 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	6
1.5 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO II	7
2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 SUELO ARCILLOSO	8
2.1.1 Definición	8
2.1.2 Factores que afectan el comportamiento expansivo	8
2.1.3 Reconocimiento e identificación de suelo arcilloso	10
2.1.4 Predicción del hinchamiento	11
2.2 CAUCHO	12
2.2.1 Definición	12
2.2.2 Neumáticos	12
2.2.3 Vulcanización	13
2.2.4 Partes	13
2.2.5 Tecnología de tratamiento de neumáticos fuera de uso	14
2.2.6 Aplicaciones	14
2.2.7 Trituración Mecánica	15
2.3 CAL	16
2.3.1 Definición	16
2.3.2 Variedades comerciales	16
2.3.3 Ciclo de la cal	16
2.3.4 Clasificación	17
2.3.5 Estabilidad de suelo-cal	19
2.4 CIMENTACIONES SUPERFICIALES	20
2.4.1 Introducción	20
2.4.2 Concepto General	20
2.4.3 Teoría de la Capacidad de Carga de Meyerhof	30
2.4.4 Factor de seguridad	32
CAPÍTULO III	34

3	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	34
3.1	RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO	35
3.1.1	Obtención de muestras	35
3.1.2	Descripción e identificación de suelo N.T.P 339.150 (ASTM D 2488)	36
3.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	37
3.2.1	Contenido de humedad	37
3.2.2	Peso específico	38
3.2.3	Gravedad específica de los sólidos	39
3.2.4	Análisis Granulométrico	40
3.2.5	Análisis Granulométrico por sedimentación	42
3.2.6	Límites de Atterberg	43
3.2.7	Clasificación de suelos	48
3.2.8	Método de incorporación de Cal Hidratada	50
3.2.9	Método de incorporación de Caucho	51
3.2.10	Proctor Modificado	52
3.2.11	Mesa vibratoria	53
3.2.12	Determinación del Consolidación Unidimensional	54
3.2.13	Corte Directo	56
3.2.14	Propiedades Densimétricas	58
3.3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO	60
3.3.1	CONTENIDO DE HUMEDAD	60
3.3.2	PESO ESPECÍFICO	61
3.3.3	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	63
3.3.4	LÍMITES DE ATTERBERG	65
3.3.5	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	68
3.3.6	Análisis Granulométrico de Caucho	71
3.3.7	PROCTOR MODIFICADO	72
3.3.8	MESA VIBRATORIA	79
3.3.9	DETERMINACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL	80
3.3.10	CORTE DIRECTO	82
3.4	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	88
3.4.1	Arcilla	88
3.4.2	Arcillas con porcentajes de Cal	88
3.4.3	Arcilla con porcentajes de Caucho	89
3.4.4	Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	90
3.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS	91
3.5.1	Contenido de Humedad	91
3.5.2	Peso Específico	91
3.5.3	Gravedad específica de Sólidos	91
3.5.4	Análisis Granulométrico de Arcilla	92
3.5.5	Límites de Atterberg	92
3.5.6	Clasificación de Suelos	94
3.5.7	Proctor Modificado	95
3.5.8	Mesa Vibratoria	99
3.5.9	Consolidación de Suelos Cohesivos	99
3.5.10	Corte Directo	100
3.5.11	Evaluación de resultado de gabinete	105
CAPÍTULO IV:		106
4	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÚLTIMA	106
4.1	CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN LA TEORÍA DE TERZAGHI	107

4.1.1	Determinación de la capacidad de carga del suelo - Método de Terzaghi	107
4.2	CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN LA TEORÍA DE MERYERHOF	108
4.2.1	Determinación de la capacidad de carga del suelo - Método de Meyerhof	108
4.3	CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA	109
4.3.1	Capacidad de carga de suelo arcilloso	109
4.3.2	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal	109
4.3.3	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho	112
4.3.4	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho	114
4.4	CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA SECA	117
4.4.1	Capacidad de carga de suelo arcilloso	117
4.4.2	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal	118
4.4.3	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho	120
4.4.4	Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho	123
CAPÍTULO V:		127
5	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	127
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	128
5.1.1	Condiciones Generales	128
5.1.2	Dimensiones adoptadas para la Estructura	129
5.2	ANÁLISIS SÍSMICO	131
5.2.1	Cargas: Norma E-020 (2006)	131
5.2.2	Diseño Sismo resistente E-030 (2018)	132
5.2.3	Modelo del Edificio	134
5.3	ANÁLISIS DINÁMICO	138
5.3.1	Modelamiento de la estructura	138
5.3.2	Resultados del Análisis	141
5.3.3	Verificación de irregularidad torsional e irregularidad torsional extrema	143
5.3.4	Verificación de irregularidad de piso blando e irregularidad extrema de rigidez	145
5.3.5	Cortante de Diseño	146
5.4	ANÁLISIS ESTÁTICO	147
5.4.1	Cortante Dinámico (Vdin.)	148
CAPITULO VI:		149
6	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIÓN	149
6.1	ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN	150
6.2	CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO	151
6.2.1	Consideraciones para el Diseño de Cimentación	152
6.2.2	Diseño Estructural de Cimentación	154
6.3	CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO	160
6.3.1	Dimensionamiento	161
6.3.2	Diseño Estructural de Cimentación	163
6.4	ASENTAMIENTO DE SUELOS	167
6.4.1	Concepto General	167
6.4.2	Método Elástico para el cálculo de asentamiento inmediato	169
6.4.3	Cálculo de Asentamiento Elástico	171
6.4.1	Asentamiento Diferencial	173
6.5	MODELAMIENTO NUMÉRICO	174
6.5.1	Concepto General	174
6.5.2	Resultados	174
CAPITULO VII		176

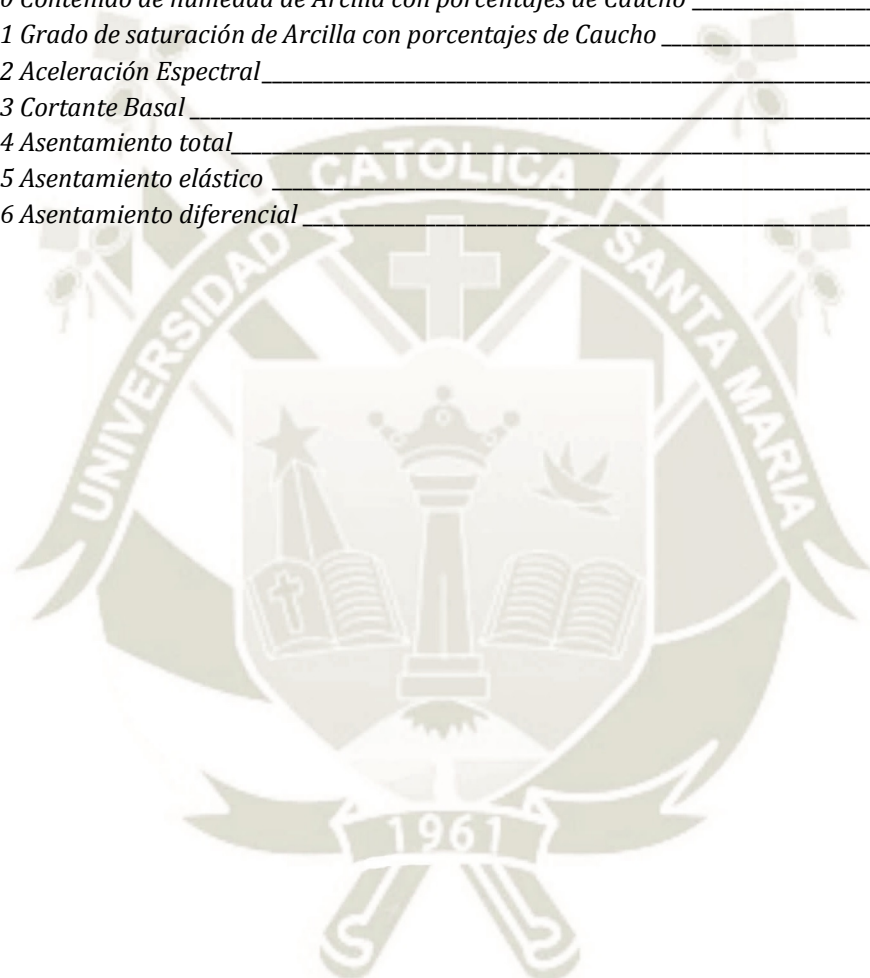
7	ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO	176
7.1	METRADOS	177
7.1.1	Metrado de Cimentación con Suelo arcilloso	177
7.1.2	Metrado de Cimentación con Suelo mejorado	178
7.2	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	179
7.3	ANÁLISIS DE PRESUPUESTO	180
7.3.1	Presupuesto de Cimentación con Suelo arcilloso	180
7.3.2	Presupuesto de Cimentación con Suelo mejorado	181
7.4	BENEFICIOS	183
7.4.1	Beneficio Económico	183
7.4.2	Beneficio Ambiental	184
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	185
8.1	CONCLUSIONES	186
8.2	RECOMENDACIONES	189
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	190
	ANEXOS	191



LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ciclo de la Cal	16
Ecuación 2 Diámetro/ Ancho de la Placa	23
Ecuación 3 Capacidad última de una Cimentación Corrida	25
Ecuación 4 N_c según Terzaghi	25
Ecuación 5 N_q según Terzaghi	25
Ecuación 6 N_γ según Terzaghi	25
Ecuación 7 Capacidad última de una Cimentación Cuadrada	27
Ecuación 8 Capacidad última de una Cimentación Circular	27
Ecuación 9 Cimentación Corrida	27
Ecuación 10 Cimentación Cuadrada	27
Ecuación 11 Cimentación Circular	27
Ecuación 12 Sobre Carga Esférica	29
Ecuación 13 Peso Específico prima	29
Ecuación 14 Sobre Carga para $0 \leq d \leq B$	29
Ecuación 15 factor de γ	29
Ecuación 16 Capacidad última de una Carga Vertical	30
Ecuación 17 Capacidad última de una Carga Inclínada	30
Ecuación 18 N_q según Meyerhof	30
Ecuación 19 N_c según Meyerhof	30
Ecuación 20 N_γ según Meyerhof	30
Ecuación 21 S_c para $\phi > 10$	31
Ecuación 22 s_q y s_γ para $\phi = 0$	31
Ecuación 23 Factor de forma d_c	31
Ecuación 24 d_q y d_γ para $\phi > 10$	31
Ecuación 25 d_q y d_γ para $\phi = 0$	31
Ecuación 26 Factor de forma inclinada i_c y i_γ	31
Ecuación 27 i_γ para $\phi > 0$	31
Ecuación 28 i_γ para $\phi = 0$	31
Ecuación 29 Capacidad admisible del suelo q_{adm}	32
Ecuación 30 Incremento neto del esfuerzo en el suelo	32
Ecuación 31 Capacidad última neta q_{neta} (u)	32
Ecuación 32 Capacidad admisible neta q_{adm} (neta)	32
Ecuación 33 Cohesión C_d	33
Ecuación 34 Angulo de fricción ϕ_d	33
Ecuación 35 Capacidad admisible bruta q_{adm}	33
Ecuación 36 Capacidad admisible neta de carga $q_{adm}neta$	33
Ecuación 37 Contenido de Humedad	37
Ecuación 38 Peso Específico	38
Ecuación 39 Gravedad Específica de los Sólidos	39
Ecuación 40 Coeficiente de Uniformidad	40
Ecuación 41 Coeficiente de Curvatura	41
Ecuación 42 Velocidad terminal de Descenso	42
Ecuación 43 Diámetro	42
Ecuación 44 Índice de Plasticidad	46
Ecuación 45 Índice de Plasticidad Crítico	47
Ecuación 46 Coeficiente de Consolidación	55
Ecuación 47 Índice de Comprensión	55
Ecuación 48 Resistencia al Corte	56
Ecuación 49 Tiempo para la máxima resistencia al corte	57

<i>Ecuación 50 Velocidad de desplazamiento horizontal</i>	57
<i>Ecuación 51 Peso unitario</i>	58
<i>Ecuación 52 Peso unitario seco</i>	58
<i>Ecuación 53 Peso específico saturado</i>	58
<i>Ecuación 54 Peso unitario sumergido</i>	59
<i>Ecuación 55 Peso unitario de los sólidos</i>	59
<i>Ecuación 56 Peso Específico - Arcilla con porcentaje de Cal</i>	91
<i>Ecuación 57 Límite Líquido - Arcilla con porcentaje de Cal</i>	92
<i>Ecuación 58 Densidad máxima seca - Arcilla con porcentajes de Cal</i>	95
<i>Ecuación 59 Densidad máxima seca - Arcilla con porcentajes de Caucho</i>	96
<i>Ecuación 60 Contenido de humedad de Arcilla con porcentajes de Caucho</i>	96
<i>Ecuación 61 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho</i>	97
<i>Ecuación 62 Aceleración Espectral</i>	139
<i>Ecuación 63 Cortante Basal</i>	147
<i>Ecuación 64 Asentamiento total</i>	168
<i>Ecuación 65 Asentamiento elástico</i>	169
<i>Ecuación 66 Asentamiento diferencial</i>	173



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas)	15
Tabla 2 Grupos de Cal aérea	17
Tabla 3 Clasificación de Cal Hidráulica	18
Tabla 4 Factores de capacidad de carga de Terzaghi	26
Tabla 5 Factores de capacidad de carga modificada de Terzaghi	28
Tabla 6 Estabilización de suelos mediante métodos químicos	50
Tabla 7 Análisis granulométrico C-01	68
Tabla 8 Análisis granulométrico C-02	69
Tabla 9 Análisis granulométrico C-03	70
Tabla 10 Análisis granulométrico del caucho	71
Tabla 11 Propiedades Físicas – Arcilla natural	88
Tabla 12 Propiedades Densimétricas – Arcilla natural	88
Tabla 13 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Cal	88
Tabla 14 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Cal	89
Tabla 15 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Caucho	89
Tabla 16 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Caucho	89
Tabla 17 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	90
Tabla 18 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	90
Tabla 19 Capacidad Admisible de Carga para diferentes valores de B (m) – Arcilla Natural	107
Tabla 20 Presiones admisibles para proyectos de cimentaciones superficiales	108
Tabla 21 Capacidad Admisible de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla	109
Tabla 22 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 2% Cal	109
Tabla 23 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal	110
Tabla 24 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - suelo arcilloso + 6%cal	110
Tabla 25 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal	111
Tabla 26 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal	111
Tabla 27 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho	112
Tabla 28 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%caucho	112
Tabla 29 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%caucho	113
Tabla 30 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho	113
Tabla 31 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%caucho	114
Tabla 32 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) -Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)	114
Tabla 33 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)	115
Tabla 34 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)	115
Tabla 35 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)	116
Tabla 36 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)	116
Tabla 37 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)	117
Tabla 38 Capacidad Admisible de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla	117
Tabla 39 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal	118
Tabla 40 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal	118
Tabla 41 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal	119
Tabla 42 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal	119
Tabla 43 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal	120

Tabla 44 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho	120
Tabla 45 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%Caucho	121
Tabla 46 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 4%caucho	121
Tabla 47 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho	122
Tabla 48 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%Caucho	122
Tabla 49 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho	123
Tabla 50 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho	123
Tabla 51 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho	124
Tabla 52 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal + 4%Caucho	124
Tabla 53 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 5%Caucho	125
Tabla 54 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho	125
Tabla 55 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho	126
Tabla 56 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 8%Cal + 5%Caucho	126
Tabla 57 Modos y Periodos fundamentales para cada dirección	141
Tabla 58 Desplazamientos y derivas para cada piso en la dirección X-X	142
Tabla 59 Desplazamientos y derivas para cada piso en la dirección Y-Y	143
Tabla 60 Verificación de irregularidad torsional en la dirección X-X	144
Tabla 61 Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y-Y	144
Tabla 62 Verificación de irregularidad por piso blando en la dirección X-X	145
Tabla 63 Verificación de irregularidad por piso blando en la dirección Y-Y	145
Tabla 64 Factor C y Cortante estático (Vest.)	148
Tabla 65 Cortante dinámica y factor de amplificación	148
Tabla 66 Fuerzas Gravitacionales y Sísmicas en la Base del Edificio	153
Tabla 67 Valor máximo de presiones en el suelo por combinaciones de carga	154
Tabla 68 Modulo de Reacción del Suelo (Datos para SAFE)	155
Tabla 69 Resultados del Diseño por Flexión y Cortante	159
Tabla 70 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - 2% cal + 3% Caucho III	161
Tabla 71 Asentamiento diferencial	167
Tabla 72 Métodos de cálculo de asentamientos	168
Tabla 73 Factores de Influencia (1,) para desplazamiento vertical debido a una compresión elástica de una capa de espesor Semi-infinito	170
Tabla 74 Modulo de elasticidad según el tipo de suelo	170
Tabla 75 Relación de Poisson según el tipo de suelo	171
Tabla 71 Propiedades del Suelo arcilloso Inalterado a introducir en el programa PLAXIS 2D	174
Tabla 72 Propiedades del Suelo arcilloso+ 2% cal +3% caucho a introducir en el programa PLAXIS 2D	175
Tabla 73 Metrado de Cimentación con Suelo arcilloso	177
Tabla 74 Metrado de Cimentación con Suelo mejorado	178
Tabla 75 Análisis de 1m ³ de suelo mejorado	184

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1 Contenido de humedad de Arcilla	60
Gráfica 2 Contenido de humedad de Arcilla con porcentajes de Cal	60
Gráfica 3 Peso específico de Arcilla	61
Gráfica 4 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Cal	61
Gráfica 5 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Caucho	62
Gráfica 6 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	62
Gráfica 7 Gravedad específica de los Sólidos de Arcilla	63
Gráfica 8 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Cal	63
Gráfica 9 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Caucho	64
Gráfica 10 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	64
Gráfica 11 Limite liquido de Arcilla	65
Gráfica 12 Límite líquido de Arcilla con porcentajes de Cal	65
Gráfica 13 Límite plástico de Arcilla	66
Gráfica 14 Límite plástico de Arcilla con porcentajes de Cal	66
Gráfica 15 Índice de plasticidad de Arcilla	67
Gráfica 16 Índice de plasticidad de Arcilla con porcentajes de Cal	67
Gráfica 17 Curva de análisis granulométrico C-01	68
Gráfica 18 Curva de análisis granulométrico C-02	69
Gráfica 19 Curva de análisis granulométrico C-03	70
Gráfica 20 Curva de análisis granulométrico del Caucho	71
Gráfica 21 Contenido de humedad absorbido por los porcentajes de Cal	72
Gráfica 22 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal	72
Gráfica 23 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal	73
Gráfica 24 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal	73
Gráfica 25 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal	74
Gráfica 26 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Caucho	74
Gráfica 27 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Caucho	75
Gráfica 28 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho	75
Gráfica 29 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho	76
Gráfica 30 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	76
Gráfica 31 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	77
Gráfica 32 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	77
Gráfica 33 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	78
Gráfica 34 Densidad máxima de Arcilla	79
Gráfica 35 Densidad mínima de Arcilla	79
Gráfica 36 Coeficiente de Consolidación de Arcilla sin carga	80
Gráfica 37 Índice de Compresibilidad (Cc) de Arcilla con porcentajes de Cal	81
Gráfica 38 Relación de Vacíos - Presión (2%cal-3% Caucho)	81
Gráfica 39 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima seca	82
Gráfica 40 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima húmeda	82
Gráfica 41 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima seca	83
Gráfica 42 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima húmeda	83
Gráfica 43 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima seca	84
Gráfica 44 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima húmeda	84
Gráfica 45 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima seca	85
Gráfica 46 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima húmeda	85
Gráfica 47 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho - Densidad máxima seca	86
Gráfica 48 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho - Densidad máxima seca	86
Gráfica 49 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho - Densidad máxima húmeda	87

Gráfica 50 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda	87
Gráfica 51 Límites de Atterberg de Arcilla con porcentajes de Cal	93
Gráfica 52 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	96
Gráfica 53 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho	97
Gráfica 54 Relación entre Contenido de humedad y Densidad máxima seca	98
Gráfica 55 Ángulo de Fricción de Arcilla con porcentajes de Cal	100
Gráfica 56 Ángulo de Fricción de Arcilla con porcentajes de Caucho	100
Gráfica 57 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca	101
Gráfica 58 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda	101
Gráfica 59 Cohesión de Arcilla con porcentajes de Cal	102
Gráfica 60 Cohesión de Arcilla con porcentajes de Caucho	102
Gráfica 61 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho– Densidad máxima seca	103
Gráfica 62 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda	104
Gráfica 63 Curva de Capacidad de Carga en Zapatas – Arcilla Natural	107
Gráfica 64 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso	109
Gráfica 65 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso +2%Cal	109
Gráfica 66 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal	110
Gráfica 67 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal	110
Gráfica 68 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal	111
Gráfica 69 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Cal	111
Gráfica 70 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Caucho	112
Gráfica 71 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 3% Caucho	112
Gráfica 72 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Caucho	113
Gráfica 73 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso+ 5%Caucho	113
Gráfica 74 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Caucho	114
Gráfica 75 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho I	114
Gráfica 76 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho II	115
Gráfica 77 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho III	115
Gráfica 78 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho	116
Gráfica 79 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho II	116
Gráfica 80 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho III	117
Gráfica 81 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso	117
Gráfica 82 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso +2%Cal	118
Gráfica 83 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal	118
Gráfica 84 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal	119
Gráfica 85 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal	119
Gráfica 86 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Cal	120
Gráfica 87 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Caucho	120
Gráfica 88 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 3% Caucho	121

Gráfica 89 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Caucho	121
Gráfica 90 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso+ 5% Caucho	122
Gráfica 91 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Caucho	122
Gráfica 92 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 4% Caucho	123
Gráfica 93 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 4% Caucho	123
Gráfica 94 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal + 4% Caucho	124
Gráfica 95 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal + 4% Caucho	124
Gráfica 96 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 5% Caucho	125
Gráfica 97 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho	125
Gráfica 98 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal + 5% Caucho	126
Gráfica 99 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal + 5% Caucho	126
Gráfica 100 Curva de Capacidad admisible de Carga en zapatas – 2% cal + 3% Caucho III	162

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Foto satelital de Yarabamba</i>	4
<i>Ilustración 2 Procedimiento para el Desarrollo de la Investigación</i>	6
<i>Ilustración 3 Ciclo de la Cal</i>	17
<i>Ilustración 4 Campos de Aplicación de la Cal</i>	18
<i>Ilustración 5 Naturaleza de la falla en suelo por capacidad de carga.</i>	21
<i>Ilustración 6 Tipo de fallas del suelo.</i>	22
<i>Ilustración 7 Modo de falla de la cimentación sobre arena</i>	23
<i>Ilustración 8 Falla por capacidad de carga bajo una cimentación corrida</i>	24
<i>Ilustración 9 Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel de aguas freáticas.</i>	29
<i>Ilustración 10 Ubicación de las Calicatas</i>	35
<i>Ilustración 11 Perfil Estratigráfico</i>	36
<i>Ilustración 12 Análisis Granulométrico</i>	40
<i>Ilustración 13 Límites de Atterberg</i>	43
<i>Ilustración 14 Humedad vs Número de golpes</i>	44
<i>Ilustración 15 Límite Plástico</i>	45
<i>Ilustración 16 Carta de Plasticidad</i>	46
<i>Ilustración 17 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos</i>	49
<i>Ilustración 18 Curva de Compactación con Curva de Saturación</i>	52
<i>Ilustración 19 Curva de coeficiente de consolidación – Método de Casa Grande</i>	54
<i>Ilustración 20 Curva índice de compresión</i>	55
<i>Ilustración 21 Diagrama y grafica de Corte Directo</i>	56
<i>Ilustración 22 Envoltentes de la resistencia máxima y residual para arcillas</i>	57
<i>Ilustración 23 Carta de Plasticidad</i>	94
<i>Ilustración 24 Cambio de Potencial de Volumen</i>	95
<i>Ilustración 25 Planta de 1er y 2do Nivel edificación de 05 Niveles.</i>	135
<i>Ilustración 26 Planta de 3er, 4to y 5to Nivel edificación de 05 Niveles.</i>	136
<i>Ilustración 27 Modelo Pseudo tridimensional realizado en el programa ETABS</i>	137
<i>Ilustración 28 Definición de caso de Carga en X</i>	138
<i>Ilustración 29 Definición de caso de Carga en Y</i>	139
<i>Ilustración 30 Espectro de respuesta E-030 Dirección X-X</i>	140
<i>Ilustración 31 Espectro de respuesta E-030 Dirección Y-Y</i>	140
<i>Ilustración 32 Tipos de Cimentaciones</i>	150
<i>Ilustración 33 Perfil de Cimentación del Edificio multifamiliar con platea de cimentación</i>	151
<i>Ilustración 34 Peso total del Edificio multifamiliar</i>	151
<i>Ilustración 35 Dimensiones teóricas de la platea de cimentación</i>	152
<i>Ilustración 36 Modelo bidimensional de platea de cimentación realizado en el programa SAFE</i>	153
<i>Ilustración 37 Presiones en el suelo (kg/cm^2) combinación de Carga Muerta y Viva - SAFE</i>	156
<i>Ilustración 38 Momentos flectores en la dirección X-X (tonf.m) de la platea de cimentación - SAFE</i>	158
<i>Ilustración 39 Momentos flectores en la dirección Y-Y (tonf.m) de la platea de cimentación - SAFE</i>	158
<i>Ilustración 40 Distribución de bastones en la Platea de Cimentación</i>	159
<i>Ilustración 41 Perfil de Cimentación del Edificio multifamiliar con zapatas aisladas</i>	160
<i>Ilustración 42 Ubicación de la columna C-2</i>	160
<i>Ilustración 43 Dimensiones teóricas de la zapata aislada</i>	161
<i>Ilustración 44 Área teórica de punzonamiento en la zapata aislada</i>	163
<i>Ilustración 45 Zona teórica de verificación por fuerza cortante de la zapata aislada</i>	165
<i>Ilustración 46 Distribución del acero en la zapata</i>	166
<i>Ilustración 47 Disipación del esfuerzo efectivo sobre el suelo arcilloso inalterado con una platea de cimentación de 10m de ancho</i>	174

Ilustración 48 Disipación del esfuerzo efectivo sobre el suelo arcilloso mejorado con una zapata cuadrada de 1.30m de ancho _____ 175

Ilustración 49 Excavación para colocar el suelo mejorado de 0.80 m de altura bajo la cimentación diseñada. _____ 175

Ilustración 50 Tabla de salarios y Beneficios sociales _____ 179



RESUMEN

El presente trabajo de Investigación consiste en el desarrollo de un estudio de pre factibilidad para el reforzamiento de suelo arcilloso con caucho reciclado para fines de cimentación, el mismo que tiene como objetivo la viabilidad de mejorar la capacidad portante de suelos arcillosos adicionando caucho, así promoviendo la protección del medio ambiente, a través de los análisis detallados de cada uno de los estudios técnicos, ambiental y económicos, enfocándose a implementar dicha investigación en el área de Geotecnia.

Iniciamos con un análisis detallado en la obtención de propiedades físicas y mecánicas del suelo. Dando como resultado una arcilla de baja plasticidad con un $\gamma = 1.91 \text{ g/cm}^3$ y con una cohesión de 0.149 kg/cm^2 en estado húmedo.

Luego se procedió a la estabilización con cal cuyo porcentaje optimo es 2% de cal. Y así continuar con el estudio técnico de la capacidad portante del suelo arcilloso con la utilización de caucho reciclado, obteniéndose como porcentaje optimo el 3% de caucho que mejora el suelo hasta que alcanza una cohesión de 0.81 kg/cm^2 . Se realizó el ensayo de consolidación donde se obtuvo un $C_c = 0.606$ y $C_v = 13.89 \text{ m}^2/\text{año}$ con la incorporación de cal hasta un 2% esto cambio a $C_c = 0.302$ y $C_v = 6.61 \text{ m}^2/\text{año}$ y para nuestra combinación optima de 2% de cal y 3% de caucho es $C_c = 0.324$ y $C_v = 7.19 \text{ m}^2/\text{año}$.

Finalmente se realizó el diseño de cimentaciones superficiales de la estructura a construir, siendo una losa de cimentación nuestra estructura inicial con arcilla inalterada con una $q_{adm} = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ y una zapata cuadrada de 1.3 m de ancho con una $q_{adm} = 2.144 \text{ kg/cm}^2$ con el suelo mejorado. Considerando la aplicación de Plaxis 2D, se simulo dichas estructuras para ver la reacción del suelo con la carga aplicada y así determinar si el esfuerzo del suelo contrarresta la función ejercida por la carga.

En cuanto estudio ambiental, se determinó que es necesario usar un total de 674.19 kg de caucho reciclado que equivale a 93 neumáticos. La investigación finalizó con el estudio financiero, analizando el costo/beneficio, los cuales permiten determinar la factibilidad. Dando como resultado un ahorro del 31.08% del presupuesto inicial.

Palabras Clave: Arcilla, Caucho, Reciclaje, Cal, Cohesión

ABSTRACT

The present research work consists of the development of a pre-feasibility study for the reinforcement of clay soil with recycled rubber for foundation purposes, which aims to improve the capacity of the port of clay by adding rubber, thus promoting the protection of the environment, through the detailed analysis of each of the technical, environmental and economic studies, focused on implementing such research in the area of geotechnics.

We start with a detailed analysis in obtaining physical and mechanical properties of the soil. Resulting in a low plasticity clay with a $\gamma = 1.91 \text{ g/cm}^3$ and a cohesion of 0.149 kg/cm^2 in the wet state.

Then a stabilization procedure is carried out with an optimum percentage of 2% lime. And so continue with the technical study of the capacity of the clay soil with the use of recycled rubber, obtaining as an optimal percentage the 3% of rubber that improves the soil until it reaches a cohesion of 0.81 kg/cm^2 . The consolidation test was performed where a $C_c = 0.606$ and $C_v = 13.89 \text{ m}^2/\text{year}$ was obtained with the addition of lime up to 2% this at $C_c = 0.302$ and $C_v = 6.61 \text{ m}^2/\text{year}$ and for our combination optimum of 2% lime and 3% rubber is $C_c = 0.324$ and $C_v = 7.19 \text{ m}^2/\text{year}$.

Finally, the design of surface foundations of the structure to be built was carried out, one of our initial base with unaltered clay with a $q_{adm} = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ and a square shoe of 1.3 m width with a $q_{adm} = 2.144 \text{ kg/cm}^2$ with the improved soil. Consider the application of 2D Plaxis, that is, the structures to see the reaction of the soil with the load applied and thus determine the effort of the soil and the function exerted by the load.

Regarding the environmental study, it was determined that it is necessary to use a total of 674.19 kg of recycled rubber equivalent to 93 tires. The investigation ended with the financial study, analyzing the cost / benefit, which allow to determine the feasibility. Resulting in savings of 31.08% of the initial budget.

Keywords: Clay, Rubber, Recycling, Lime, Cohesion.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Identificación y Descripción del Problema

En el campo de la construcción en el área de geotecnia podemos encontrarnos con una variedad de tipos de suelo, dentro de los cuales se tiene al suelo Arcilloso, que no es muy común en la ciudad de Arequipa por este motivo no se tiene muchos estudios sobre las propiedades del suelo mencionado. Como se sabe el principal problema identificado en el suelo arcilloso es su expansividad. *“Se estima que las pérdidas anuales a nivel mundial por daños en las construcciones sobre los suelos expansivos superan los dos billones de dólares”* (Patrones & Perfumo, 2005).

En la actualidad el grado de contaminación del medio ambiente es un tema de interés de todas las áreas de investigación. En el caso de los neumáticos de caucho se ve como son desechados continuamente, debido al gran parque automotor que se presenta en nuestra ciudad se ve que mayor cantidad de neumáticos desechados, siendo una de las prioridades su reutilización para otros fines.

1.1.2 Antecedentes

El ingeniero se ha enfrentado a esta problemática desde la antigüedad, eso lo ha llevado a buscar soluciones novedosas y vinculadas con la protección del medio ambiente como es el caso de la mejora de suelos arcillosos con caucho granulado.

Una de las investigaciones que nos muestra un estudio experimental sobre suelo arcilloso es la tesis “Mejoramiento de suelos arcilloso utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimentos” del Ing. Wilder Cusquisiban Ocas en año 2014 de la Universidad

Nacional de Cajamarca. Realizó el mejoramiento de un suelo para uso de carretera, el tipo de suelo en estudio es OH y OL (arcillas orgánicas), según AASHTO era un suelo conformado por arcillas orgánicas de medidas plásticas y Arcillas limosas, tuvo un CBR de 7,10% el cual no lo hacía apto para un material de subrasante o base. Los resultados que se obtuvo fue que al adicionar el 20% de caucho granular su CBR se incrementó hasta el 10% y con un 40% de adición se obtuvo un CBR de 31.40% y finalmente con 60% de adición de caucho granular se logró obtener un CBR de 41%, siendo resultados exitosos para el uso que se propuso en la investigación (carreteras) (Cusquisibán Ocas, 2014)

Una segunda investigación con mismo fin de mejorar la calidad del suelo arcilloso, pero con otro medio de mi naturaleza reciclada que el que se propone en la presente investigación está la tesis “Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado (Pet)” de Ingeniero José Alberto López Ortiz en el año 2013. Donde se buscó el perfeccionamiento de las propiedades mecánicas (*Ángulo de fricción y la cohesión*) de los suelos arcillosos, agregando fibras de 3 y 5 cm de longitud de PET (Polímero Tereftalato). Se realizó 48 probetas con 4 porcentajes diferentes de fibra de PET (0,2%, 0.5%, 1%, y 1.5% del peso del suelo) Mediante ensayos de compresión simple se obteniendo resultados que demostraron la mejora de parámetros evaluado en los ensayos. (López Ortiz, 2013).

1.1.3 Alcances

La investigación se centra en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso que se pretende mejorar, el uso de cal como material estabilizante y el caucho como material de adición a la mejora del suelo; para cimentaciones superficiales en una estructura de 05 niveles.

Finalmente se realizará un detenido análisis de las nuevas propiedades física y mecánicas, las diferentes capacidades de carga última, costo beneficio de la estructura a cimentar en el suelo arcilloso.

1.1.4 Ubicación del Problema

La estructura a analizar en el presente se encuentra en la calle 566 en el distrito de Yarabamba que es uno de los 29 distritos que conforman la Provincia de Arequipa en el Departamento Arequipa, cuenta con una superficie de 492.2 km² y alberga una población del orden de 1027 habitantes. Su altitud media es de 2460 m.s.n.m. Yarabamba está ubicado a 23.6 km en dirección sur-oeste del centro histórico de Arequipa, entre las coordenadas 235840E, 8168936S SGM 1984 Zona 19 S y está conformada por un gran número de Urbanizaciones, Asociaciones de Vivienda, Asentamientos Humanos (A.H.), Pueblos Jóvenes (P.J.) y Pueblos Tradicionales (P.T.).

En la zona de Yarabamba, la parte baja del distrito está formado por sedimentos arcillosos, tiene Condiciones Geotécnicas Desfavorables Capacidad Portante de 0.5 kg/cm².



Ilustración 1 Foto satelital de Yarabamba

Fuente: Google Maps

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Mejorar la capacidad portante del suelo arcilloso adicionando caucho reciclado, promoviendo la protección del medio ambiente; para el dimensionamiento de la cimentación de una estructura de Concreto Armado de 05 niveles.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el perfil estratigráfico.
- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- Determinar el porcentaje óptimo para la estabilización del suelo arcilloso con cal hidratada de ser necesario.
- Implementar la metodología del cálculo de porcentaje óptimo de caucho en la estabilización de los suelos arcillosos.
- Analizar y diseñar la cimentación de la estructura de Concreto Armado
 - a) Con parámetros sin caucho
 - b) Con parámetros con caucho

En estructuras de zapatas aisladas y platea de cimentación.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

Posiblemente, el incremento de un determinado porcentaje de caucho mejorara la capacidad portante de un suelo arcilloso para fines de cimentación, independientemente de su condición expansiva.

1.4 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio que se realizó, es de tipo experimental, y el diseño de investigación es cualitativo porque tiene por objeto mejorar la capacidad portante del suelo arcilloso adicionando caucho reciclado, y conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

1.5 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En el siguiente esquema se presenta de forma clara y completa una guía básica para el procedimiento de la investigación.

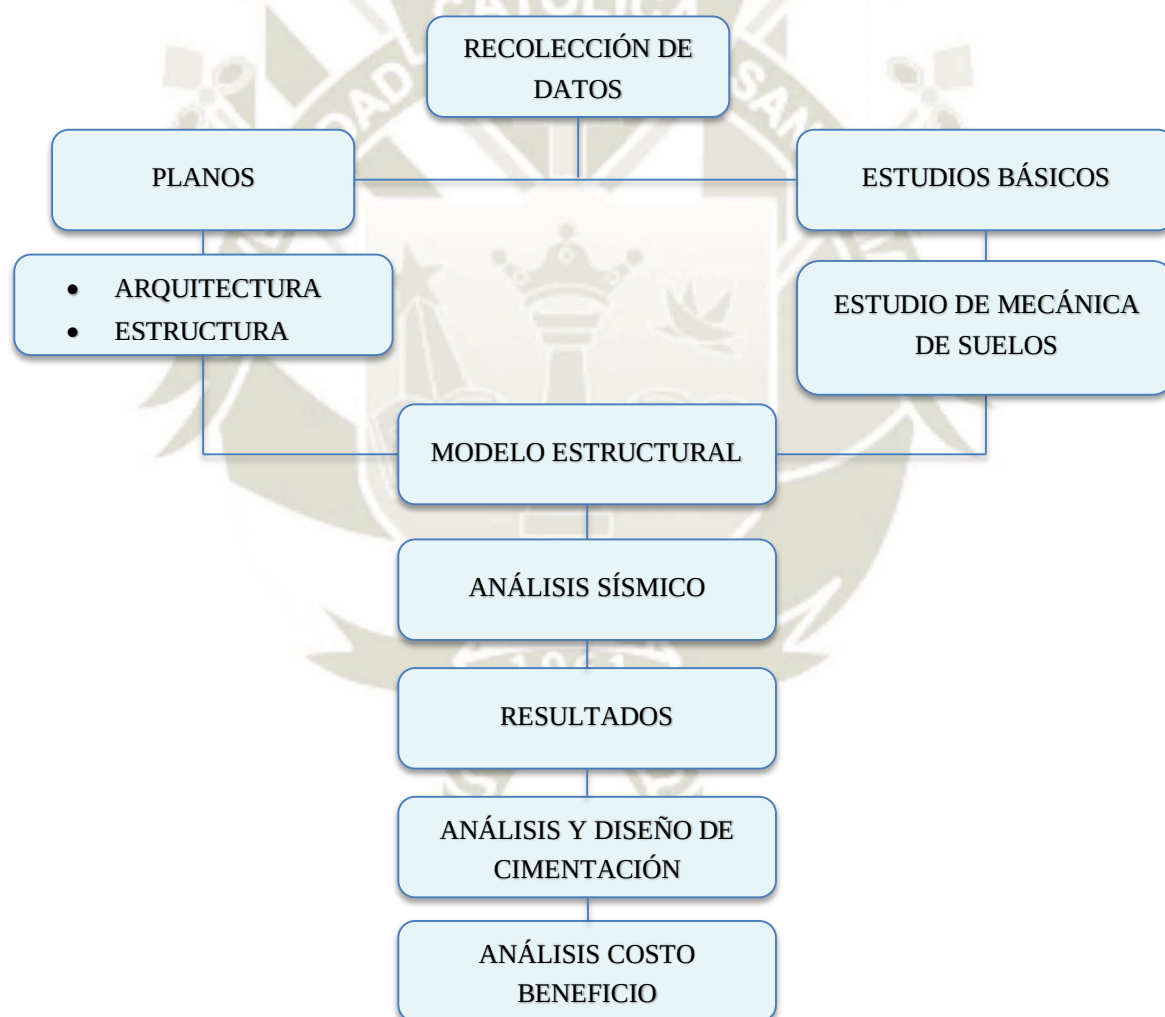


Ilustración 2 Procedimiento para el Desarrollo de la Investigación

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SUELO ARCILLOSO

2.1.1 Definición

La arcilla es un compuesto de silicatos de aluminio hidratado, poseen una propiedad moldeante. Desde el punto de vista de la Ingeniería Civil se considera un material de propiedades contradictorias para su utilidad, ya que posee valiosas propiedades ingenieriles, pero resulta imposible estabilizarla dentro de una construcción (Gonzales, 2014)

2.1.2 Factores que afectan el comportamiento expansivo

En el comportamiento expansivo de los suelos arcillosos se encuentran numerosos factores como:

- Identificación mineralógica: La composición mineralógica de la arcilla (porcentajes de illita, caolinita y montmorillonita) que está compuesto la arcilla resultan fundamentales en cuanto al potencial expansivo del suelo. Los suelos expansivos por excelencia son aquellos que tienen altos porcentajes de montmorillonita La capacidad de la masa de suelo a expandirse depende enteramente del tipo y cantidad del mineral de arcilla presente.
- Succión en el suelo: La succión total es referida como la cantidad de energía asociada a la capacidad del suelo para retener agua (Wray, 1995) la define como la energía requerida para remover una molécula de agua de la matriz de suelo por medio de la evaporación.
- Plasticidad: La plasticidad del suelo juegan un importante papel en el fenómeno expansivo.
- Condición de Humedad inicial: El elemento “catalizador” del fenómeno de la expansión, es precisamente, la variación en el contenido de humedad del suelo. Por más montmorillonita que esté compuesta una arcilla, si no hay variación en el contenido de humedad del suelo, no habrá cambios volumétricos. No es necesario que el suelo se

sature completamente para que produzca expansión del mismo. Por el contrario, en determinados casos, es suficiente variaciones en el contenido de humedad del suelo de sólo 1 o 2 puntos porcentuales, para causar hinchamientos y producir daños estructurales. El contenido de humedad inicial del suelo controla la magnitud del asentamiento. (Patrone, 2008)

- Variaciones de humedad: Define el hinchamiento o encogimiento del suelo en zonas activas de cambio de humedad.
- Clima: La precipitación y la evapotranspiración fluctúan la humedad del suelo.
- Densidad Seca inicial: Se ve reflejada en valores altos en los resultados en el ensayo de penetración estándar. Valores de "N" inferiores a 15 indican densidades secas bajas y riesgo expansivo bajo, aumentando significativamente estos a medida que aumenta el valor de "N".
- Permeabilidad del suelo arcilloso: Una permeabilidad alta, con la presencia de fisuras en la masa del suelo permite una mayor velocidad de expansión y el movimiento de agua más rápido.
- Temperatura: El incremento de la temperatura causa que la humedad del suelo se sitúe en zonas más frescas como la parte inferior de construcciones.
- Esfuerzos: Un suelo sobreconsolidado es más expansivo que un suelo normalmente consolidado.
- Condiciones de esfuerzos iniciales: La reducción de esfuerzos iniciales en un estrato de suelo, produce relajamiento en su capacidad por ende produce mayores cambios volumétricos en dicho estrato.
- Perfil del suelo: El espesor y posición del estrato expansible determinan la magnitud y velocidad del hinchamiento. (Garibay, 2006)

2.1.3 Reconocimiento e identificación de suelo arcilloso

Existen métodos de clasificación e identificación de suelos expansivos:

- Identificación mineralógica: Los tres grupos más importantes en que se clasifican los minerales arcillosos son: illita, caolinita y montmorillonita, compuestos por hidroaluminosilicatos. Los ensayos mineralógicos tienden a detectar la presencia de montmorillonita, que es el mineral preponderantemente expansivo. Los ensayos de identificación mineralógica resultan muy usados en trabajos de investigación científica, pero resultan poco prácticos y antieconómicos para la práctica usual en ingeniería, dado que se requiere equipamiento y personal especializado. Es por este motivo que no se extiende en su desarrollo.
- Determinación de propiedades básicas del suelo: A través de la medida de ciertas propiedades básicas y sencillas de los suelos se puede determinar el grado del potencial expansivo del suelo.
 - Límite líquido
 - Límite plástico
 - Límite de contracción
 - Expansión libre del suelo

Estos métodos tienen la ventaja de su fácil realización y de equipamiento disponible en todos los laboratorios. La desventaja es que no se cuantifica la expansión, sino que cualitativamente se establecen categorías de grados del potencial expansivo.

- Métodos indirectos de determinación del potencial expansivo del suelo: Estos métodos consisten en predecir el potencial expansivo del suelo de una forma cualitativa, en base a medidas directas de la expansión del suelo sobre muestras remoldadas compactadas en condiciones prefijadas de humedad y densidad. Los métodos más utilizados son el

de “Ladd y Lambe” auspiciado por la Federal Housing Administration y el método de “PVC “o método de la medida del cambio volumétrico.

- Medidas directas de la expansión del suelo: Estos métodos consisten en medir la expansión del suelo al saturarlo bajo diferentes condiciones de carga, graficándose las variaciones de hinchamiento para diferentes presiones aplicadas. (Patrone, 2008)

2.1.4 Predicción del hinchamiento

Existen múltiples métodos para predecir la magnitud de expansión del suelo, sin embargo, es aceptado que los dos parámetros que definen el Potencial de hinchamiento son:

- Presión de hinchamiento (P_s): Definida como la presión aplicada en laboratorio sobre una muestra de suelo expansivo para que, una vez en contacto con agua, la probeta mantenga constante su volumen inicial, es decir que la variación de volumen sea nula.
- Hinchamiento libre (H_c): Definido como el porcentaje de la elevación máxima para presión nula en relación a la longitud inicial de la probeta.

2.2 CAUCHO

2.2.1 Definición

Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos cuyas longitudes pueden variar mucho al someterlos a tensiones mecánicas, al momento que las tensiones acaban vuelven prácticamente a sus dimensiones originales.

El caucho natural se extrae comercialmente a partir del látex del árbol *Hevea brasiliensis*. Un líquido lechoso denominado látex es la materia prima. La estructura de la goma natural es principalmente *cis*-poli(1,4-isopreno), un polímero de cadena larga, combinado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos, sales inorgánicas además de otros componentes. (Sánchez, 2012)

2.2.2 Neumáticos

A. Origen y características

Es un elemento de un vehículo que le permite desplazarse de forma suave a través de una superficie lisa. Está constituido principalmente por caucho el cual es rellenado con aire para poder soportar el peso del vehículo y su carga. El norteamericano Charles Goodyear fue quien lo descubrió *accidentalmente* en el año 1880, el proceso de vulcanización con el caucho adquiere la resistencia y solidez que se necesita para fabricar neumáticos. (Castro, 2008)

B. Composición

La mayoría de neumáticos son radiales, debido a ello están compuestos por una banda de rodadura elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de arcos radialmente orientados, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles. El principal componente del neumático es el caucho, se puede decir que equivaler a la mitad de su peso. el caucho es un material polímero y sus dimensiones pueden depender del esfuerzo al que serán sometidos, regresando a su forma cuando ya no se lo somete a un esfuerzo. (Castro, 2008)

2.2.3 Vulcanización

Es el proceso químico por el cual las moléculas del polímero se unen unas con otras mediante enlaces químicos para dar una estructura tridimensional en la que la difusión molecular se encuentra restringida. En 1839 Charles Goodyear descubrió un proceso de vulcanización para el caucho natural utilizando azufre y carbonato de plomo como agentes químicos. Descubrió que cuando se calentaba una mezcla de caucho natural, azufre y carbonato de plomo el caucho pasaba de ser un material gomoso y blando a elastomérico. Este proceso fue patentado por Goodyear en el año 1844. (Sánchez, 2012)

La utilización de materiales de relleno, como el negro de carbono, puede reducir el coste del caucho como producto y aumentar considerablemente su resistencia. Generalmente, cuanto más pequeño es el tamaño de las partículas de negro de carbono, mayor es su dureza, su resistencia mecánica y su resistencia a la abrasión. Los silicatos y las arcillas modificadas químicamente también se utilizan como materiales de relleno para reforzar el caucho. (Sánchez, 2012)

2.2.4 Partes

Los neumáticos son estructuras toroidales complejas. De entre las partes principales de los neumáticos podemos distinguir (Sánchez, 2012):

- Banda de rodadura: es la superficie de apoyo del neumático, formada por una capa de goma marcada por los dibujos o surcos.
- Flancos o laterales: ofrecen elasticidad, absorbiendo irregularidades de la carretera. Protegen a la carcasa de golpes y roces.
- Carcasa: formada por varias capas textiles y otros compuestos forman el armazón del neumático. En función del armazón y tipo de estructura, los neumáticos serán radiales (R) o diagonales (poco usados en la actualidad).
- Talón, formado por 2 aros de alambres trenzados forrados en caucho y que serán los responsables de unir el neumático a la llanta.

2.2.5 Tecnología de tratamiento de neumáticos fuera de uso

Según Sánchez (2012) Las tecnologías empleadas para la valorización material y energética de los neumáticos fuera de uso son varias, se pueden distinguir las siguientes:

- Recauchutado: Proceso mediante el cual se vuelve a utilizar un neumático gastado sustituyendo la banda de rodadura.
- Tratamientos Mecánicos: Proceso mecánico mediante el cual los neumáticos son comprimidos, cortados o fragmentados en piezas irregulares.
- Tecnologías de reducción de tamaño: Se distingue entre el realizado a temperatura ambiente, criogénico y húmedo.
- Tecnologías de Regeneración: Desvulcanización, recuperación del caucho (reclaiming), modificación superficial, modificación biológica. · Otras tecnologías: Pirólisis-Termólisis

2.2.6 Aplicaciones

Los materiales obtenidos después del tratamiento de los residuos de neumáticos, después de separar los restos aprovechables en la industria, pueden ser usados en infinidad de campos como: componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, disminuyendo la extracción de áridos en canteras, alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma, materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración. Otros usos son los deportivos, en campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún, aislantes acústicos, y un largo etc. (Sánchez, 2012)

2.2.7 Trituración Mecánica

Este tipo de trituración es usualmente un paso previo para los diferentes métodos de recuperación de los residuos de neumáticos mencionados antes.

Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos (GTR, Caucho de Ruedas Granulado) y separación de componentes (acero y fibras) y se realiza el proceso inverso a la vulcanización o no.

Algunos fabricantes indicaron que el uso de hasta un 10% de GTR como relleno en los neumáticos no altera sus prestaciones y calidad. Hoy en día los neumáticos contienen un 5% de material reciclado. Hay opiniones que dicen que podrían contener hasta un 30%. (castro, 2007)

Composición de Neumáticos

Tabla 1 Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas)

Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas)	
Caucho natural	14 %
Caucho sintético	27%
Negro de humo	28%
Acero	14 - 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 - 17%
Peso promedio:	8.6 kg
Volumen	0.06 m ³

Fuente: Rubber Manufacturers Association

2.3 CAL

2.3.1 Definición

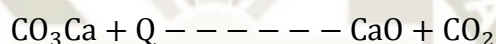
Según Culqui (2017) Es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición de óxido de calcio (900°C -1000°C)

2.3.2 Variedades comerciales

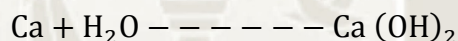
- composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer en contacto con el agua.

2.3.3 Ciclo de la cal

Para la obtención de cal hidratada se dispone a calcinar piedra caliza a temperaturas entre 900° y 1000°C, resultando:



La obtención de cal hidratada resulta:



En el fraguado se produce una calcinación. La cal apagada absorbe dióxido de oxígeno de la atmósfera produciendo el carbonato cálcico y le sobra agua:



Ecuación 1 Ciclo de la Cal



Ilustración 3 Ciclo de la Cal

Fuente: La Guía de Tadelakt

2.3.4 Clasificación

- Cal aérea: Para la construcción, se define como el material aglomerante que está constituido de óxido de calcio o hidróxido de calcio y que tiene la propiedad de endurecerse en el aire, después de amasarla con agua por la acción del anhídrido carbónico.

Según sea el material calcinado y los contenidos en óxido de calcio y óxido de magnesio, se obtiene los dos grupos siguientes:

Tabla 2 Grupos de Cal aérea

TIPO DE CAL	CaO + MgO (Mínima)	Ca ₂ (Máxima)
Cal aérea I	90%	5%
Cal aérea II	60%	5%

NOTA: Cuando el contenido de MgO es $\geq$ del 5% se considera cal aérea dolomítica.

- Cal hidráulica: Para la construcción, se define como el material aglomerante, polvoriento y parcialmente hidratado, que se obtiene calcinando calizas que contienen sílice y aluminio, a una temperatura casi de fusión, para que se forje óxido cálcico libre necesario para permitir su hidratación, al mismo tiempo deje cierta cantidad de silicatos de calcio anhídridos, que dan al polvo sus características hidráulicas.

Esta después de amasarlas con agua, se endurecen en el aire y también en agua, siendo esta la última que las caracterizan, se clasifican en:

Tabla 3 Clasificación de Cal Hidráulica

TIPO DE CAL	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Mínima)	CO_2 (Máxima)
Cal hidráulica I	20%	5%
Cal hidráulica II	15%	5%
Cal hidráulica III	10%	5%

NOTA: Si el contenido de óxido de magnesio no es mayor del 5% sobre muestra calcinada se denomina cal hidráulica de bajo contenido de magnesio, y si es mayor del 5% se denomina cal hidráulica de alto contenido de magnesio o cal hidráulica dolomítica.

- Cal viva en saco: La cal es uno de los productos químicos más versátiles desde la antigüedad y con más aplicaciones diversas, de manera que cubre prácticamente todos los campos de la actividad humana - económica:

La cal en la construcción: La cal tiene múltiples aplicaciones y usos en la construcción como:

- Pintura
- Mortero
- Hormigón y productos de concreto
- Estabilización de suelos arcillosos

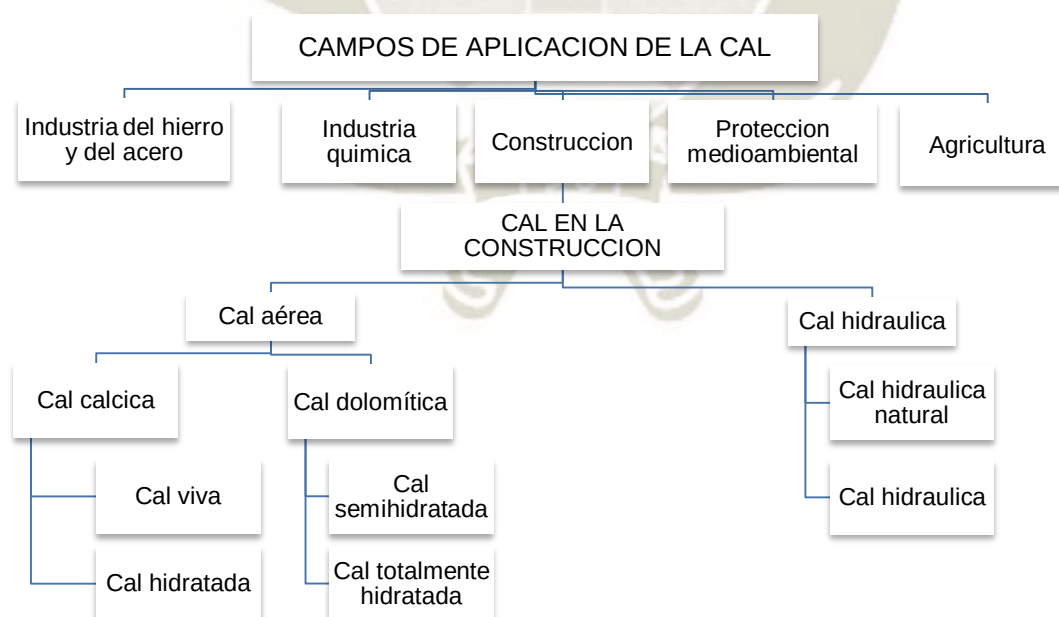


Ilustración 4 Campos de Aplicación de la Cal

Fuente: Elaboración Propia

2.3.5 Estabilidad de suelo-cal

La cal es el estabilizador de suelos más utilizado por su versatilidad en su manejo, aplicación y bajo costo. Un suelo tratado con cal modifica las propiedades físicas del suelo de manera permanente, disminuye el índice plástico, la contracción lineal y la resistencia a la compresión. El uso de la cal está limitado a suelos que contengan minerales arcillosos, con los cuales hacen la “acción puzolánica” que lentamente va cementando las partículas del suelo. La utilidad de la cal es para aquellos casos en los que no se necesita pronta resistencia, este aglomerante es muy adecuado para bajar la plasticidad de los suelos arcillosos o para contrarrestar el alto contenido de humedad en terracerías o en bases y subbases, siempre que estas no sean muy arenosas. La cantidad de cal es de una 2 a 8 por ciento en peso. Para que reaccione convenientemente se necesita que el suelo tenga minerales arcillosos, necesita la reacción química de los iones calcio y los minerales arcillosos, que lentamente adquieren resistencia. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

El éxito de la estabilización con cal, no solo para disminuir plasticidad, sino para adquirir resistencia, es el tipo de suelo o el tipo de minerales arcilloso que contenga. El criterio para diseñar en el laboratorio las mezclas, suelo-cal, depende del papel que vaya a desempeñar la cal.

- Modificador de plasticidad o humedad
- Proporcionado de resistencia

2.4 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

2.4.1 Introducción

Según Braja (2006) Para comportarse satisfactoriamente, las cimentaciones superficiales deben tener dos características principales:

- La cimentación debe ser segura contra la falla por corte general del suelo que la soporta.
- La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir un asentamiento excesivo. (El termino excesivo es relativo, porque el grado de asentamiento permisible en una estructura depende de varias consideraciones.)

2.4.2 Concepto General

Según Braja (2006) suponiendo una cimentación corrida que descansa sobre la superficie de arena densa o suelo cohesivo firme, como muestra en la ilustración N° 5 (a), con un ancho igual a B . Ahora, si la carga se emplea gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará. La variación de carga por unidad de área, q , sobre la cimentación se muestra también en la ilustración N° 4 (a), junto con el asentamiento. En cierto punto, cuando la carga por unidad de área es igual a " q_u ", el suelo que soporta la cimentación tendrá una falla repentina y la zona de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno. Esta carga por unidad de área " q_u " se denomina generalmente *capacidad de carga última de la cimentación*. Cuando este tipo de falla repentina tiene lugar en el suelo, se denomina falla general por corte.

Según Braja (2006) Si la cimentación considerada descansa sobre suelo arenoso o arcilloso medianamente compactado en la ilustración N° 5 (b), un incremento de la carga sobre la cimentación también será acompañado por un aumento del asentamiento. Sin embargo, en este caso la superficie de falla en el suelo se extenderá gradualmente hacia afuera de la cimentación, como se muestra en las líneas continuas en la ilustración N° 5 (b).

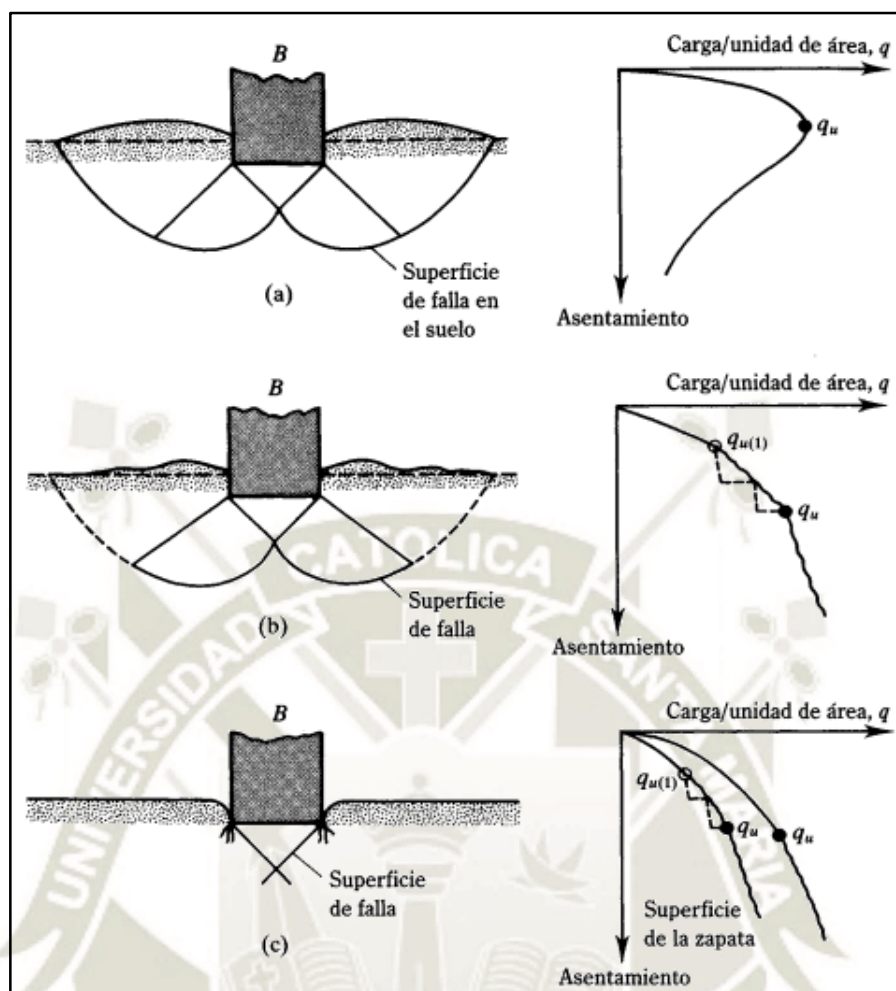


Ilustración 5 Naturaleza de la falla en suelo por capacidad de carga.

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

Dónde: (a) Falla general por corte; (b) Falla local de corte; (c) falla de corte por punzonamiento (grafica de Vesic, 1973).

Cuando la carga por área unitaria sobre la cimentación es igual a $q_{u(1)}$, el movimiento estará acompañado por sacudidas repentinas. En se debe dar un movimiento considerable en la cimentación para que la zona de la falla en el suelo se extienda hasta la superficie del terreno (Como se muestra la línea discontinua en la ilustración N° 5 (a), La carga por unidad de área bajo la cual sucede es la capacidad de carga última, q_u . Más allá de este punto, una mayor carga estará acompañada por un gran incremento del asentamiento de la cimentación. La carga por unidad de área de la cimentación $q_{u(1)}$, Se denomina carga primera falla (Vesic, 1963). Note

que un valor máximo de q no se presenta en este tipo de falla, llamada falla local por corte del suelo.

Según Braja (2006) si la cimentación es soportada por un suelo bastante suelto, la gráfica carga –asentamiento será como lo muestra en la ilustración N°5 (c). En este caso, la zona de falla en el suelo no se extenderá hasta la superficie del terreno. Más allá de la carga ultima de falla q_u , la gráfica carga-asentamiento se inclinara y será prácticamente lineal, este tipo de falla en suelos se denomina falla de corte por punzonamiento.

Vesic (1963) realizo varias pruebas de laboratorio de capacidad de carga sobre cargas circulares y rectangulares soportada por una arena con diversas compacidades relativas (C_r). Las variaciones de $q_{u(1)}/\frac{1}{2}\gamma B$ y $q_u/\frac{1}{2}\gamma B$ obtenidas se muestran en la ilustración N° 6 (B =diámetro de la placa circular ancho de la placa rectangular y γ = peso específico seco de la arena).

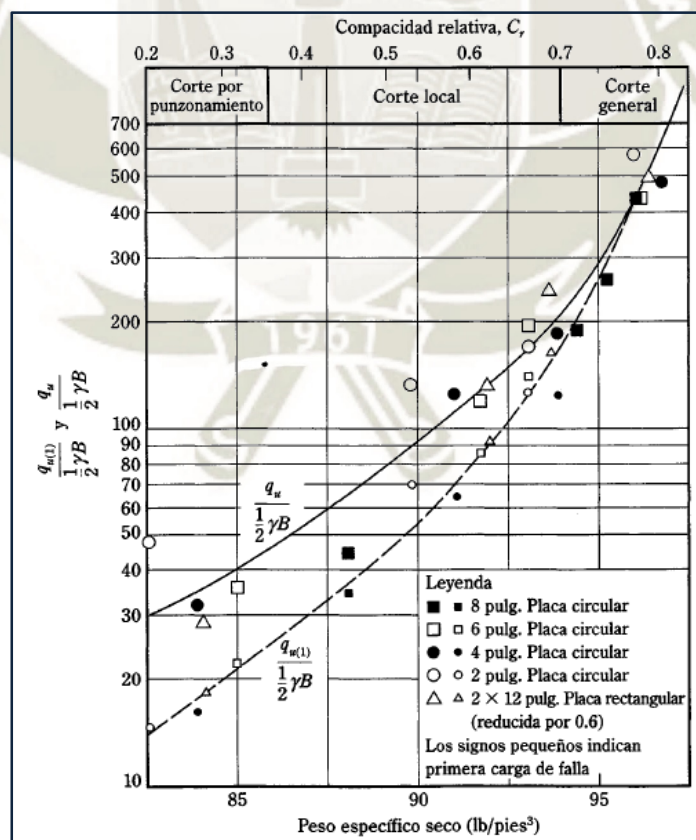


Ilustración 6 Tipo de fallas del suelo.

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

Con base en resultados experimentales, Vesic (1973) propuso una relación para el modo de falla por capacidad de carga de cimentaciones que descansan en arenas. En la ilustración N° 7 muestra la relación:

- C_r = Compacidad Relativa de la arena.
- D_f = Profundidad de desplante de la cimentación medida desde la superficie del terreno.

$$B^* = \frac{2BL}{B + L}$$

Ecuación 2 Diámetro/ Ancho de la Placa

Dónde:

- B = ancho de la cimentación,
- L = longitud de la cimentación (L es siempre mayor que B).

Para cimentaciones cuadradas, $B = L$; para cimentaciones circulares, $B = L =$ diámetro, por lo que:

$$B^* = B$$

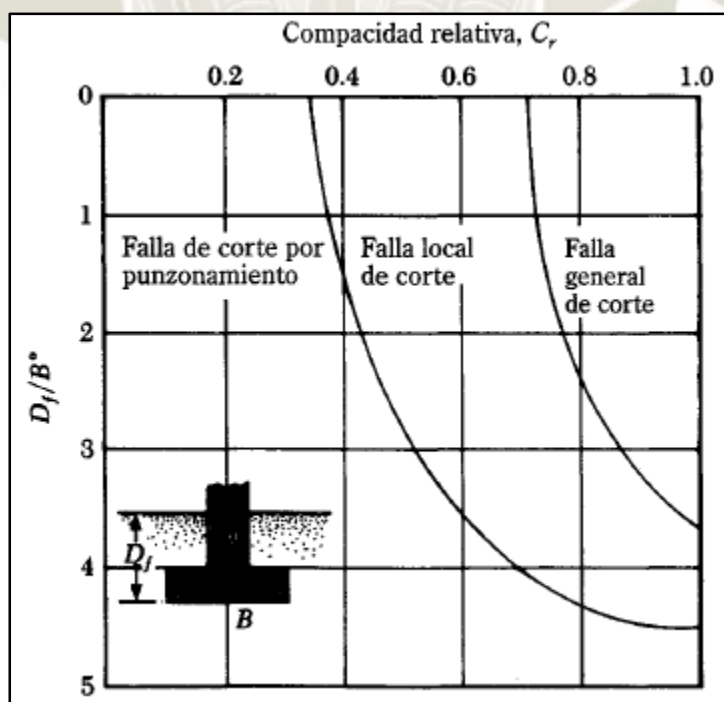


Ilustración 7 Modo de falla de la cimentación sobre arena

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

2.4.2.1 Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi

Según Terzaghi (1943) fue el primero en pensar una teoría completa para evaluar la capacidad descarga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con esta, una cimentación es superficial si la profundidad, D_f (Ilustración N° 7), de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con D_f igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.

Según Terzaghi (1943) sugirió que, para una cimentación corrida, la superficie de falla en el suelo bajo carga ultima puede suponerse similar a la mostrada en la ilustración N° 8. El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva $q = \gamma D_f$ (donde γ = peso específico del suelo). La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes:

1. La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE con las curvas DE y DF como los arcos de una espiral logarítmica.
3. Dos zonas pasivas de Rankine trianguladores AFH y CEG.

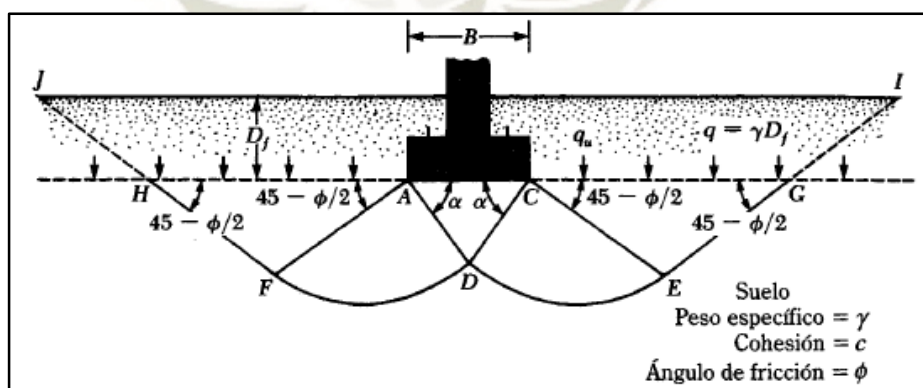


Ilustración 8 Falla por capacidad de carga bajo una cimentación corrida

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

Según Kumbhojkar (1993) Se supone que los ángulos CAD y ACD son iguales al ángulo de fricción del suelo, ϕ' . Note que, con el reemplazo del suelo arriba del fondo de la cimentación

por una sobrecarga equivalente q , la resistencia de corte del suelo a lo largo de las superficies de falla GI y HJ fue despreciada.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expuso la capacidad de carga ultima en la forma:

$$q_u = C * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma$$

Ecuación 3 Capacidad última de una Cimentación Corrida

Dónde:

- C = Cohesión del suelo
- γ = Peso específico del suelo
- $q = \gamma * D_f$
- N_c N_q N_γ = Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del Ángulo ϕ de fricción del suelo

Los factores de capacidad de carga, N_c , N_q , N_γ se definen mediante las expresiones:

$$N_c = \cot \phi \left[\frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} - 1 \right] = \cot \phi' (N_q - 1)$$

Ecuación 4 N_c según Terzaghi

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

Ecuación 5 N_q según Terzaghi

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi$$

Ecuación 6 N_γ según Terzaghi

K_{py} = coeficiente de empuje pasivo

Tabla 4 Factores de capacidad de carga de Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

2.4.2.2 Modificación de las Ecuaciones de la capacidad de carga por nivel de agua freático

Para calcular la capacidad de carga ultima de cimentaciones cuadradas o circulares:

$$q_u = 1.3c * N_c + q * N_q + 0.4\gamma * B * N_\gamma$$

Ecuación 7 Capacidad última de una Cimentación Cuadrada

$$q_u = 1.3c * N_c + q * N_q + 0.3\gamma * B * N_\gamma$$

Ecuación 8 Capacidad última de una Cimentación Circular

En las cimentaciones que presentan el modo de falla por corte local en suelo, Terzaghi sugirió modificar las ecuaciones (3), (7) y (8).

$$q_u = \frac{2}{3}c * N'_c + q * N'_q + \frac{1}{2}\gamma * B * N'_\gamma$$

Ecuación 9 Cimentación Corrida

$$q_u = 0.867c * N'_c + q * N'_q + 0.4\gamma * B * N'_\gamma$$

Ecuación 10 Cimentación Cuadrada

$$q_u = 0.867c * N'_c + q * N'_q + 0.3\gamma * B * N'_\gamma$$

Ecuación 11 Cimentación Circular

N'_c , N'_q , N'_γ son factores de capacidad modificada. Estos se calculan usando las ecuaciones par el factor de capacidad de Carga (para C, N_q, N_γ) reemplazando ϕ por $\overline{\phi}' = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3} \tan \phi \right)$.

La variación de N'_c , N'_q , N'_γ con el ángulo ϕ de fricción del suelo, se da en la tabla N°5. Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi se modificaron para tomar en cuenta los efectos de la forma de cimentación (B/L), profundidad de empotramiento (D_f), e inclinación de carga.

Tabla 5 Factores de capacidad de carga modificada de Terzaghi

ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.06	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.07	31	20.03	9.03	4.83
6	6.96	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.13	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.33	65.60	85.75
25	14.80	5.66	2.25				

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

Las ecuaciones (9) y (10) a la (11) se desarrollaron para determinar la capacidad de carga ultima con base en la hipótesis de que el nivel freático está cerca de la cimentación, será necesario modificar las ecuaciones de capacidad de carga, dependiendo de la localización del nivel freático (ilustración N° 9).

Caso I

Si el nivel freático se localiza de manera que $0 \leq D_1 \leq D_f$ el factor q en las ecuaciones de la capacidad de carga toma la forma

$$q = D_1 \gamma + D_2 (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

Ecuación 12 Sobre Carga Esférica

Donde:

- γ_{sat} =peso específico saturado del suelo
- γ_w =peso específico del agua

Además, el valor de γ en el ultimo termino de las ecuaciones tiene que ser reemplazado por

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

Ecuación 13 Peso Específico prima

Caso II

Para un nivel freático localizado de manera que $0 \leq d \leq B$,

$$q = \gamma D_f$$

Ecuación 14 Sobre Carga para $0 \leq d \leq B$,

El factor de γ en el ultimo termino de las ecuaciones de la capacidad de apoyo debe reemplazarse por el factor.

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma')$$

Ecuación 15 factor de γ

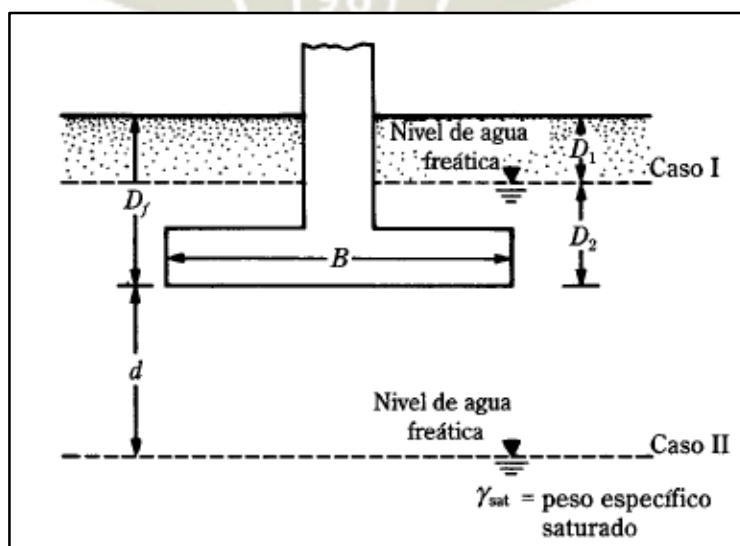


Ilustración 9 Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel de aguas freáticas.

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

2.4.3 Teoría de la Capacidad de Carga de Meyerhof

Meyerhof propuso una fórmula para calcular la carga ultima parecida a la de Terzaghi. Las diferencias consisten en la introducción de nuevos coeficientes de forma, introdujo un coeficiente S_q que multiplica el factor N_q , factores de profundidad d_i y de dependencia i_i para el caso en que la carga transmitida a la cimentación sea inclinada en la vertical.

Los valores de los coeficientes N se obtuvieron de Meyerhof hipotizando varios arcos de prueba BF, mientras que el corte a lo largo de los planos AF tenía valores aproximados.

A continuación, se presentan los factores de forma tomados de Meyerhof, junto con la expresión de la fórmula.

La capacidad última por el Método de Meyerhof se define las siguientes expresiones:

$$q_u = C * N_c * s_c * d_c + \gamma * D * N_q * s_q * d_q + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma$$

Ecuación 16 Capacidad última de una Carga Vertical

$$q_{ui} = C * N_c * i_c * d_c + \gamma * D * N_q * i_q * d_q + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * i_\gamma * d_\gamma$$

Ecuación 17 Capacidad última de una Carga Inclinada

Los factores de carga de capacidad, N_q , N_c , N_γ , se definen mediante las expresiones:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} * \tan(45 + \phi/2)^2$$

Ecuación 18 N_q según Meyerhof

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$$

Ecuación 19 N_c según Meyerhof

$$N_\gamma = (N_q - 1) * \tan(1.4 * \phi)$$

Ecuación 20 N_γ según Meyerhof

Los factores de forma, S_c , S_q , se definen mediante las expresiones:

$$s_c = 1 + 0.2 * k_p * \frac{B}{L}$$

Ecuación 21 S_c , para $\varphi > 10$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 * k_p * \frac{B}{L}$$

Ecuación 22 s_q y s_γ , para $\varphi = 0$

Los factores de forma, d_c , d_q , d_γ se definen mediante las expresiones:

$$d_c = 1 + 0.2 * \sqrt{k_p} * \frac{D}{B}$$

Ecuación 23 Factor de forma d_c

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 * \sqrt{k_p} * \frac{D}{B}$$

Ecuación 24 d_q y d_γ , para $\varphi > 10$

$$d_q = d_\gamma = 1$$

Ecuación 25 d_q y d_γ , para $\varphi = 0$

Los factores de forma con carga inclinada, i_c , i_γ se definen mediante las expresiones:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

Ecuación 26 Factor de forma inclinada i_c y i_γ

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2$$

Ecuación 27 i_γ , para $\varphi > 0$

$$i_\gamma = 0$$

Ecuación 28 i_γ , para $\varphi = 0$

Donde:

- $K_p = \tan(45 + \frac{\varphi}{2})^2$
- θ = inclinación de la resultante en la vertical

2.4.4 Factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Ecuación 29 Capacidad admisible del suelo q_{adm}

Sin embargo, algunos ingenieros prefieren usar un factor de seguridad tal que:

$$\text{Incremento neto del esfuerzo en el suelo} = \frac{\text{capacidad de carga ultima neta}}{FS}$$

Ecuación 30 Incremento neto del esfuerzo en el suelo

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por unidad de área de la cimentación que es soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo que la rodea en el nivel de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto usado para la cimentación y el peso específico del suelo que la rodea se supone insignificante.

$$q_{neta (u)} = q_u - q$$

Ecuación 31 Capacidad última neta $q_{neta (u)}$

Donde:

- $q_{neta (u)}$ =capacidad de carga ultima de neta

$$q = \gamma D_f$$

Entonces la carga admisible neta se define:

$$q_{adm (neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

Ecuación 32 Capacidad admisible neta $q_{adm (neta)}$

El factor de seguridad, tal como se define en la ecuación (29) puede ser por lo menos 3 en todos los casos.

A menudo se usa otro tipo de factor de seguridad para la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. Se trata del factor de seguridad con respecto a la falla por corte (FS_{corte}). En la mayoría de los casos un valor FS_{corte} de 1.4 a 1.6 es deseable junto con un factor mínimo de seguridad de 3 a 4 por capacidad de carga última neta o bruta. El siguiente procedimiento debe usarse para calcular la carga neta admisible para un FS_{corte} dado.

Sean C y ϕ la cohesión y el ángulo de fricción, respectivamente, del suelo y sea FS_{corte}

El factor requerido de seguridad con respecto a la falla por corte. Entonces, la cohesión y el ángulo de fricción desarrollados son:

$$C_d = \frac{C}{FS_{\text{corte}}}$$

Ecuación 33 Cohesión C_d

$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{FS_{\text{corte}}} \right)$$

Ecuación 34 Angulo de fricción ϕ_d

1. La capacidad de carga admisible bruta se calcula de acuerdo con las ecuaciones (3), (7), (8) con C_d y ϕ_d como los parámetros de resistencia cortante del suelo. Por ejemplo, la capacidad de carga admisible bruta de una cimentación corrida según la ecuación de Terzaghi es:

$$q_{\text{adm}} = c_d N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Ecuación 35 Capacidad admisible bruta q_{adm}

Donde:

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga para el Angulo de fricción ϕ_d .

2. La capacidad admisible neta de carga es entonces:

$$q_{\text{adm(neta)}} = q_{\text{(adm)}} - q = c_d N_c + q(N_q - 1) + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Ecuación 36 Capacidad admisible neta de carga $q_{\text{adm(neta)}}$

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

3.1.1 Obtención de muestras

La extracción de muestra se realizó de manera manual de la zona a estudiar con 3 puntos de investigación, que se determina en la Tabla N°6 de la Norma E050

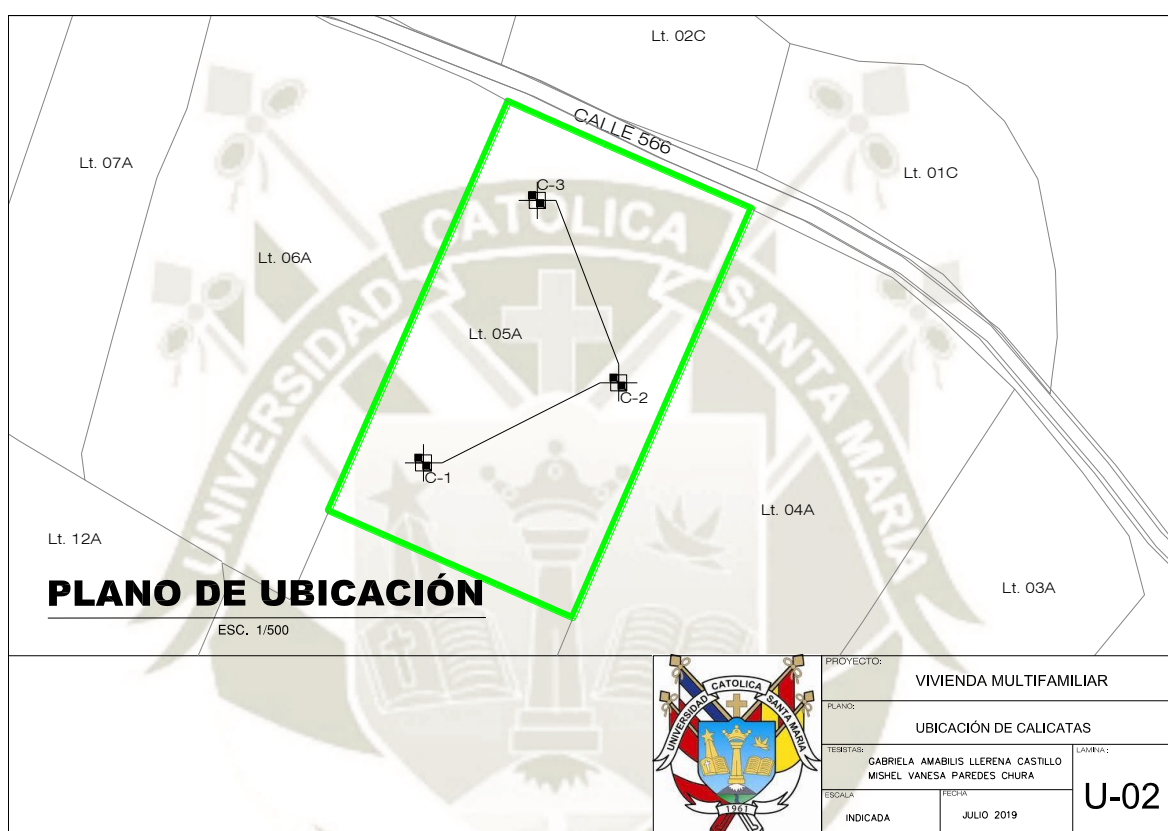


Ilustración 10 Ubicación de las Calicatas

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Descripción e identificación de suelo N.T.P 339.150 (ASTM D

2488)

El procedimiento visual – manual determina los Perfiles Estratigráficos de los 3 puntos de investigación.

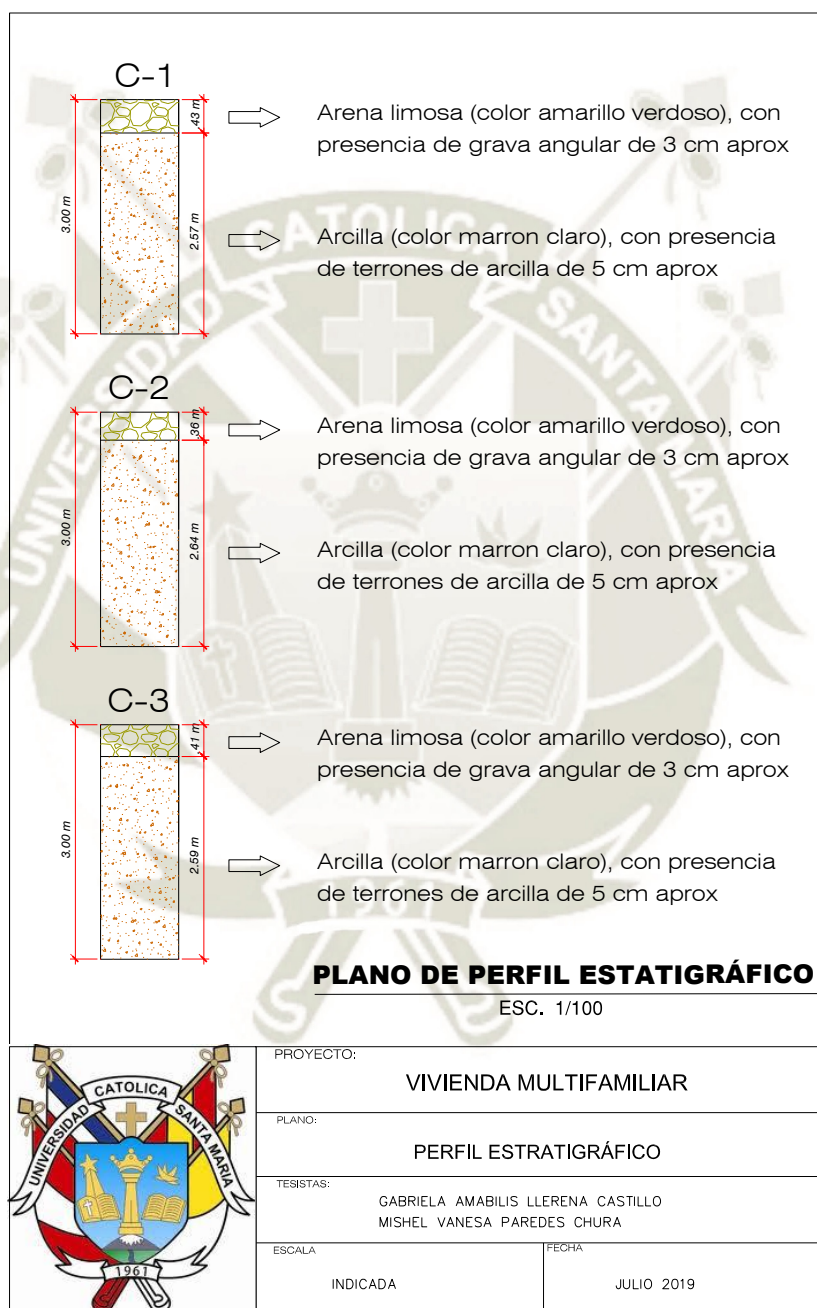


Ilustración 11 Perfil Estratigráfico

Fuente: Elaboración Propia

3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

3.2.1 Contenido de humedad

En este ensayo de contenido de humedad de la muestra patrón se siguió de acuerdo al procedimiento establecido en la Norma N.T.P 339.127. El ensayo se realizó utilizando muestra inalterada extraída del banco de arcilla, asimismo se realizó la combinación con porcentajes de cal hidratada para la realización de dicho ensayo dejándolo en el horno 24 horas para óptimos resultados.

El cálculo de contenido de humedad, se da por la siguiente formula:

$$\omega\% = \frac{w - w_s}{w_s} * 100$$

Ecuación 37 Contenido de Humedad

Donde:

- ω = contenido de humedad (%)
- w = peso de suelo en estado natural (g)
- w_s = peso de suelo seco (g)

3.2.2 Peso específico

En este ensayo se realizó para la muestra patrón de acuerdo a la norma N.T.P 339.139, en la que se preparó una mezcla de parafina caliente de manera que escurra por las paredes cubriendo el 100% de la muestra inalterada extraída del banco de arcilla. Posteriormente en una probeta con 500 ml de agua se coloca dicha muestra pesada, tomando nota el desplazamiento al introducirla.

El cálculo de peso específico, se da por la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Donde:

- γ = peso específico (g/cm³)
- w = peso de suelo en estado natural (g)
- V = volumen (cm³)

El cálculo de peso específico por el método de uso de la parafina, se da por la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{w_i * \gamma_p}{\gamma_p * V_i - (w_f - w_i)}$$

Ecuación 38 Peso Especifico

Donde:

- γ = peso específico (g/cm³)
- w_i = peso inicial del suelo (g)
- w_f = peso final del suelo (g)
- V_i = diferencia del volumen desplazado (cm³)
- γ_p = peso específico de la parafina (0.87 g/cm³)

3.2.3 Gravedad específica de los sólidos

En este ensayo se realizó para la muestra patrón de acuerdo a la norma N.T.P 339.131, en donde se preparó muestras de 25 g, introducida en una fiola de 500 ml saturado con agua, seguidamente se introdujo en baño maría hasta expulsar todo el aire comprimido en el suelo, de esta manera al finalizar la extracción se toma la temperatura de dicho ensayo para su posterior corrección de temperatura.

El cálculo de gravedad específica de los sólidos, se da por la siguiente formula:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Ecuación 39 Gravedad Especifica de los Solidos

Donde:

- G_s = gravedad especifica de los solidos
- γ_s = peso unitario de los sólidos (g/cm^3)
- γ_w = peso unitario del agua (g/cm^3)

3.2.4 Análisis Granulométrico

En este ensayo se realizó solamente para la muestra patrón de acuerdo a la norma N.T.P 339.128, el cual consiste en el análisis granulométrico por lavado de finos. En esta prueba inicialmente se realizó el secado de la arcilla, se pesó 2500 g, posteriormente se procedió a lavar el material por la malla N° 200 mediante chorros de agua. El material retenido en la malla N° 200 se retiró en un recipiente y se dejó secar por 24 horas, para que luego pasé la muestra seca por el juego de tamices.

Finalmente se determinó en gabinete los porcentajes acumulados que pasaron en cada malla y se dibujó la curva granulométrica a escala semilogarítmica.

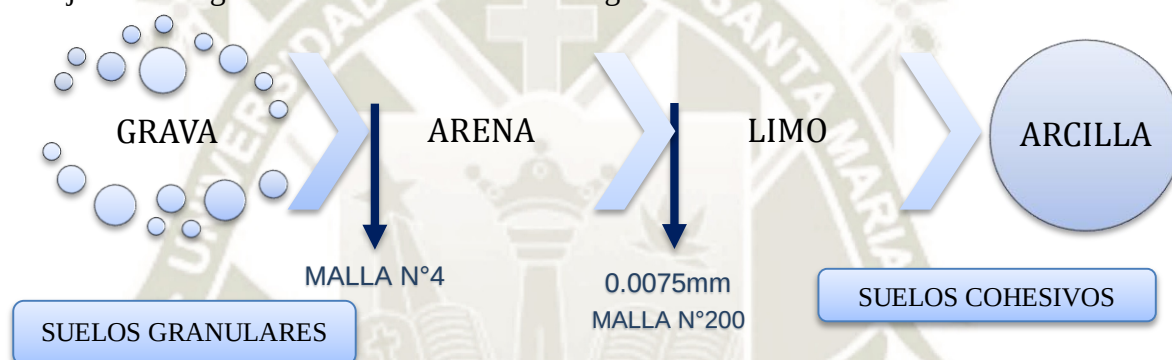


Ilustración 12 Análisis Granulométrico

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo de Coeficiente de Uniformidad, se da por la siguiente formula:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación 40 Coeficiente de Uniformidad

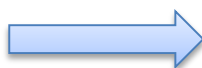
Donde:

- C_u =Coeficiente de Uniformidad
- D_{10} =Decil 10 de curva granulométrica (mm)
- D_{60} =Decil 60 de curva granulométrica (mm)

Si cumple:

GRAVA $C_u > 4$

ARENA $C_u > 6$



**Bien
Graduada**

El cálculo de Coeficiente de Curvatura, se da por la siguiente formula:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

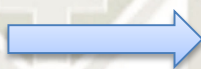
Ecuación 41 Coeficiente de Curvatura

Donde:

- C_c = Coeficiente de Curvatura
- D_{10} = Decil 10 de curva granulométrica (mm)
- D_{30} = Decil 30 de curva granulométrica (mm)
- D_{60} = Decil 60 de curva granulométrica (mm)

Si cumple:

$$1 < C_c < 3$$



Bien
Graduada

3.2.5 Análisis Granulométrico por sedimentación

En este ensayo se realiza para obtener una distribución basada en la ley de Stokes aplicada una masa de suelo dispersado que permaneces en suspensión en un determinado tiempo con partículas pasada la malla N°200. Para esto se prepara la muestra combinada con un defloculante dejándola reposar hasta que penetre la muestra, luego se introduce a una batidora para homogenizar la muestra, posteriormente se introduce en una probeta de 1000 ml colocando el hidrómetro y el termómetro en seguida se procede a la toma de datos.

El cálculo, se da por la siguiente formula:

$$v = \frac{(G_s - G_w)}{18\eta} * \rho_w * D^2$$

Ecuación 42 Velocidad terminal de Descenso

Donde:

- G_s = gravedad especifica de los solidos
- ρ_w = densidad del agua
- η = coef. de viscosidad cinemática H_2O (s/cm^2)
- $\eta = 9.12 * 10^{-6}$ (s/cm^2)

Ley Stokes

$$v = 100.51 * D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{L}{100.51 * t}}$$

Ecuación 43 Diámetro

3.2.6 Límites de Atterberg

En este ensayo se realizó para la muestra patrón y de los distintos porcentajes de cal hidratada para la estabilización del suelo arcilloso, se realizaron de acuerdo a la norma N.T.P 339.129.

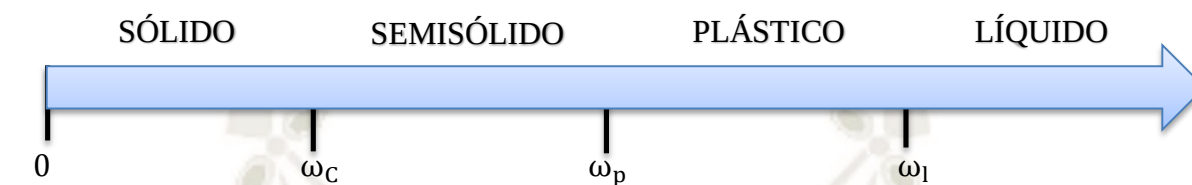


Ilustración 13 Límites de Atterberg

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- ω_c = límite de contracción %
- ω_l = límite líquido %
- ω_p = límite plástico %

3.2.6.1 Límite Líquido

Para este ensayo se preparó muestra pasante por la malla N°40, seguidamente en una capsula se mezcló el suelo con agua con la ayuda de una espátula hasta obtener una mezcla uniforme para luego colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, la cual se debe encontrar nivelada con un espesor de 1cm. En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra se divida en dos partes, para luego determinar los golpes necesarios donde las partes se unan. Posteriormente se retira la muestra y es colocada en taras que son pesadas con muestra y colocadas en el horno por 24 horas para obtener el contenido de humedad de las diferentes muestras. En este ensayo se realizó cinco veces para obtener una humedad promedio, luego se graficó la fluidez determinando la ordenada correspondiente a los 25 golpes, este valor es el límite líquido del suelo.

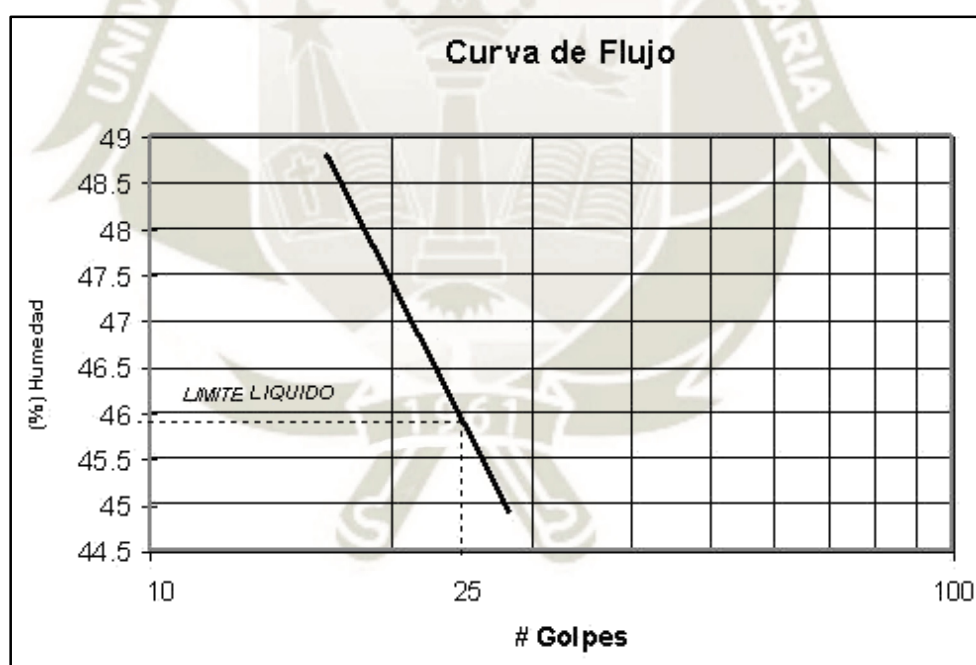


Ilustración 14 Humedad vs Número de golpes

Fuente: Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas recuperado de: http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_19.html

3.2.6.2 Límite Plástico

Para este ensayo se preparó muestra pasante por la malla N° 40, seguidamente en una capsula se mezcló el suelo con agua con bajo contenido de humedad, para luego realizar rollitos de 3mm de diámetro y sin agrietamientos en una placa de vidrio con la ayuda de la mano, seguidamente se colocó las muestras en taras que son pesadas con muestra y colocadas en el horno por 24 horas para obtener el contenido de humedad de las diferentes muestras.

En este ensayo se realizó cinco veces para obtener una humedad promedio.

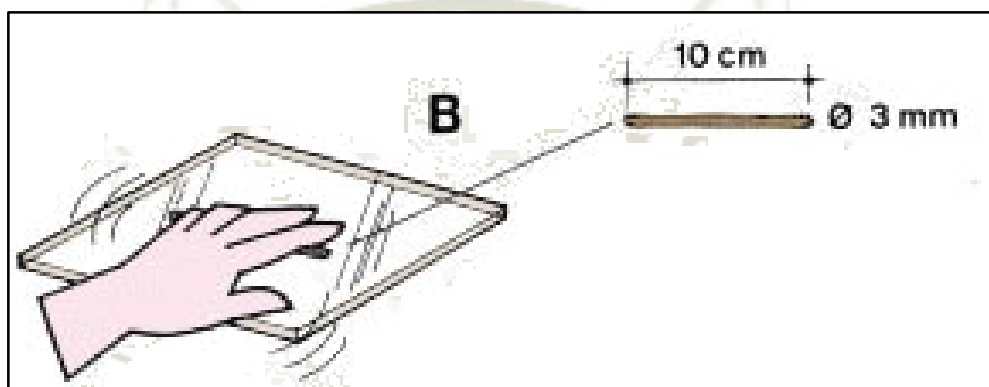


Ilustración 15 Limite Plástico

Fuente: Pagina web Consistencia del Suelo, recuperado de:
http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/!17650!x6706s08.htm

3.2.6.3 Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad se define como la diferencia numérica entre el Limite Liquido y el Limite plástico.

El cálculo de índice de plasticidad, se da por la siguiente formula:

$$I_p = \omega_l - \omega_p$$

Ecuación 44 Índice de Plasticidad

Donde:

- I_p = índice de plasticidad %
- ω_l = limite liquido %
- ω_p = limite plástico %

Luego de una exhaustiva investigación para distinguir entre limos y arcillas de baja y alta plasticidad, se desarrolló la Carta de Plasticidad de Casagrande, el cual se convirtió en un importante Sistema de Clasificación entre suelos cohesivos.

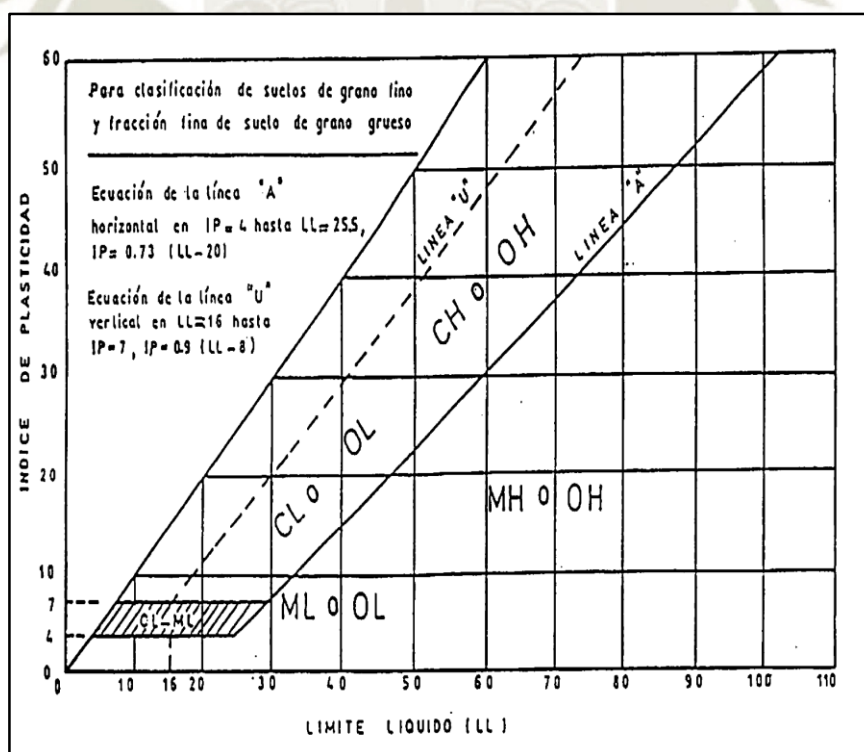


Ilustración 16 Carta de Plasticidad

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.134

La línea divisora que separa las arcillas y limos, se da por la siguiente formula:

$$I_{pc} = 0.73 * (\omega_l - 20)\%$$

Ecuación 45 Índice de Plasticidad Crítico

Donde:

- I_{pc} = índice de plasticidad critico
- ω_l = limite liquido %

Donde se aprecia:

- $I_p > I_{pc} \rightarrow \text{ARCILLA}$
- $I_p < I_{pc} \rightarrow \text{LIMO}$



3.2.7 Clasificación de suelos

La clasificación de suelos se realizó a la muestra patrón teniendo en cuenta los ensayos de análisis granulométrico y los límites de Atterberg. De acuerdo a la norma N.T.P 339.134 en el procedimiento de suelos finos ($\geq 50\%$ pasa por la malla N° 200 (0.075 mm)), donde inicialmente se comprobó mediante el análisis granulométrico de lavado de finos que el porcentaje que pasa por la malla N° 200 son: en la calicata N° 01 es 63.63% , en la calicata N° 02 es 61.40% , en la calicata N°3 es 60.85%, seguidamente en el diagrama de Casa Grande se colocaron los datos obtenidos del índice de plasticidad versus el limite liquido logrando finalmente la clasificación de la muestra en estudio.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio				Clasificación de suelos	
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- < 0.75 limite liquido - no secado	OL	Arcilla orgánica
					Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- < 0.75 limite liquido - no secado	OH	Arcilla orgánica
					Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos		Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba

Ilustración 17 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Fuente: Ing. Iván Matus Lazo y Ing Marvin Blanco Rodríguez

3.2.8 Método de incorporación de Cal Hidratada

En este método para la incorporación de cal hidratada en suelos arcillosos de acuerdo a la norma CE020. De la ficha técnica del producto se obtuvo es peso específico relativo de los sólidos de 3.190 g/cm^3 .

Mediante donde la dosificación depende del tipo de arcilla, se agregará de 2% a 8% de cal por peso de suelo, que debe satisfacer los requisitos establecidos en N.T.P 334.125.

La efectividad de los agentes estabilizadores debe cumplir lo indicado en el siguiente cuadro:

Tabla 6 Estabilización de suelos mediante métodos químicos

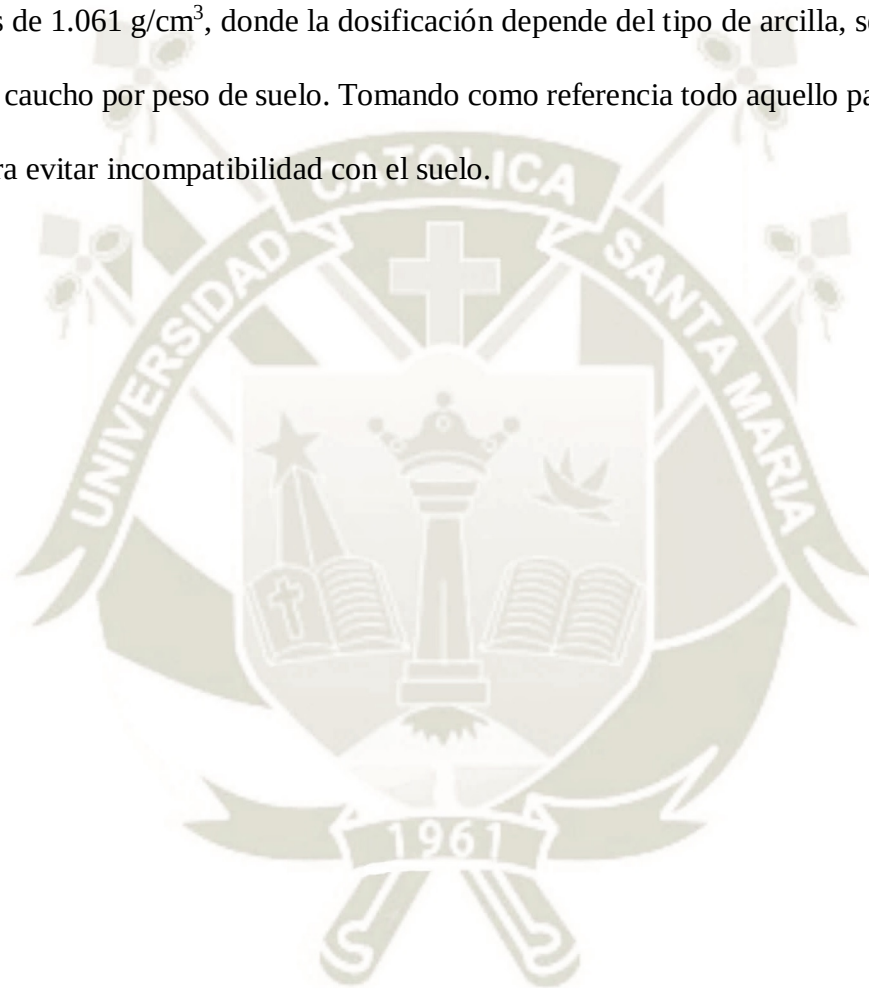
Tipo de Suelo	Arcillas Finas	Arcillas Gruesas	Limos Finos	Limos Gruesos	Arenas Finas	Arenas Gruesas
Tamaño de partícula (mm)	<0.0006	0.0006 - 0.002	0.002 - 0.01	0.01 – 0.06	0.06 – 0.4	0.4 – 2.0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO					SI	SI

Fuente: NTP 334.125

3.2.9 Método de incorporación de Caucho

El caucho para la presente investigación fue extraído de los residuos de la cancha de Grass Sintético, donde son usados como una sub capa, teniendo una granulometría parecida a la requerida.

En el método para la incorporación de caucho se obtuvo que su peso específico relativo de los sólidos es de 1.061 g/cm^3 , donde la dosificación depende del tipo de arcilla, se agregará de 2% a 10% de caucho por peso de suelo. Tomando como referencia todo aquello pasante de la malla N° 10 para evitar incompatibilidad con el suelo.



3.2.10 Proctor Modificado

En este ensayo se realizó de acuerdo a la norma N.T.P 339.141 por el método “A”, donde indica que el % retenido en la malla N°4 es menor a 20% de la muestra utilizada. En este ensayo se realizó tanto para la muestra patrón, como a los distintos porcentajes de cal, caucho y el combinado cal-caucho. Para este ensayo se preparó 5 muestras de 1.5 kg cada una con un determinado contenido de agua. Luego se procedió a colocarlas en el respectivo molde standard para seguidamente compactar cada muestra en 5 capa de 25 golpes cada una de acuerdo al método mencionado. Al final de dicha compactación se retira el collar de extensión, para luego enrasar la muestra, pesarla y determinar la densidad húmeda. Además, se determina el contenido de humedad de cada muestra.

A escala natural se colocan la densidad seca versus el contenido de humedad, con la ayuda de la gráfica se determinó la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad los cuales sirvieron posteriormente como datos esenciales para el desarrollo del ensayo de Corte Directo.



Ilustración 18 Curva de Compactación con Curva de Saturación

Fuente: Mecánica de Suelos I – UNH -2014

3.2.11 Mesa vibratoria

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma N.T.P 339.137 por el método 2B. Se dejó la muestra saturada 24 horas para realizar el ensayo. Primero se prepara una cantidad suficiente de suelo. Después se procede a calibrar el peso y volumen del molde metálico. Se procede a llenar el volumen del molde, para ello se procura el acomodo por gravedad de la masa de suelo, sin producir vibración alguna. Posteriormente se llena el molde hasta enrasar el volumen del mismo, para luego registrar su peso en la balanza.

Luego el molde y el suelo se ensambla en la mesa vibratoria, adicionando la placa de liberación, el collarín y la sobrecarga correspondiente. Se procede a la vibración del molde a la frecuencia indicada y durante un periodo mínimo de 5 minutos, produciéndose la densificación del suelo granular. El desnivel producido deberá ser medido con la asistencia del vernier. Completado la densificación del suelo en el molde, se tomará un testigo de humedad obteniéndose el peso húmedo final y el peso seco correspondiente anotando así los datos correspondientes.

3.2.12 Determinación del Consolidación Unidimensional

En este ensayo se realizó para la muestra patrón y de los distintos porcentajes de cal hidratada para la estabilización del suelo arcilloso, se realizaron de acuerdo a la norma N.T.P 339.170.

Posteriormente a la muestra se le añade un porcentaje de agua para que se consolide en el equipo de consolidación, este ensayo tiene la duración de 5 días para obtener un óptimo resultado en el hinchamiento o asentamiento del suelo.

3.2.12.1 Coeficiente de consolidación:

Consiste en que todo material arcilloso o limoso sometido a cargas externas que ocasione un cambio en las condiciones de esfuerzos, experimenta deformaciones, debido al aumento o exceso de presión intersticial, la cual se disipa mediante la expulsión de flujo de agua al exterior del material. Terzaghi (1925)

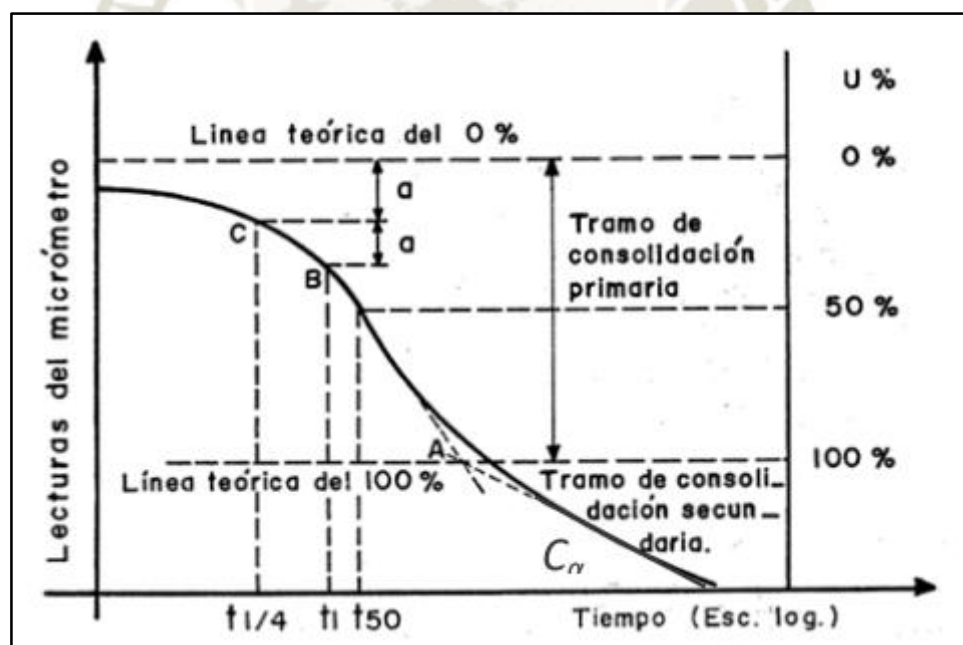


Ilustración 19 Curva de coeficiente de consolidación – Método de Casa Grande

Fuente: Rodríguez, 2001

El cálculo del Coeficiente de Consolidación, se da por la siguiente formula:

$$C_v = \frac{T_v * H^2}{t}$$

Ecuación 46 Coeficiente de Consolidación

Donde:

- C_v = coeficiente de consolidación ($m^2/año$)
- T_v = tiempo de asentamiento
- H = máxima trayectoria del anillo (mm)
- t = tiempo (min)

3.2.12.2 Índice de Compresión:

Describe la variación e índice de vacío como una función de la variación de la tensión efectiva representada en escala logarítmica

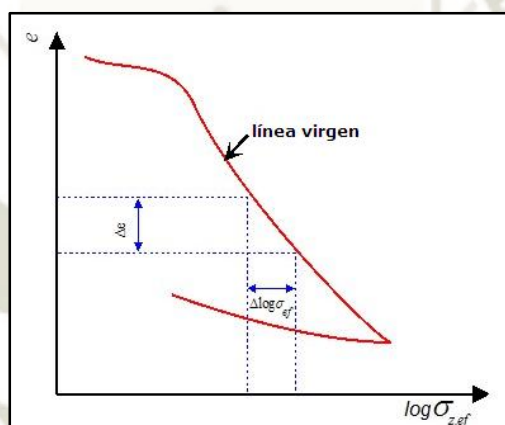


Ilustración 20 Curva índice de compresión

Fuente: Naval Facilities Engineering Command Soil Mechanics DESIGN MANUAL 7.01

El cálculo del Índice de Compresión, se da por la siguiente formula:

$$C_c = \frac{e_2 * e_1}{\log\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)} = \frac{\Delta e}{\Delta * \log \sigma}$$

Ecuación 47 Índice de Compresión

Donde:

- C_c = índice de compresión
- e_1 = índice de vacío inicial
- e_2 = índice de vacío final
- σ_1 = tensión efectiva inicial
- σ_2 = tensión efectiva final

3.2.13 Corte Directo

En este ensayo tiene como objetivo determinar la resistencia al esfuerzo cortante de la muestra, valor que posteriormente será muy útil para el cálculo de la capacidad portante. Este ensayo se obtiene a partir de la cohesión y el ángulo de fricción, se realizó de acuerdo a la norma N.T.P 339.171. Consecuentemente se utilizó la densidad máxima húmeda obtenida del cálculo del ensayo de Proctor modificado tanto de la muestra en patrón como las combinaciones de cal hidratada y caucho para la obtención del mejoramiento de suelo.

El cálculo de la resistencia al corte, se da por la siguiente formula:

$$\tau_f = \sigma * \tan \theta + C$$

Ecuación 48 Resistencia al Corte

Donde:

- τ_f = resistencia al corte
- σ = deformación
- θ = ángulo de fricción
- C = cohesión

Nota: Para arcillas sobre consolidada, $c > 0$

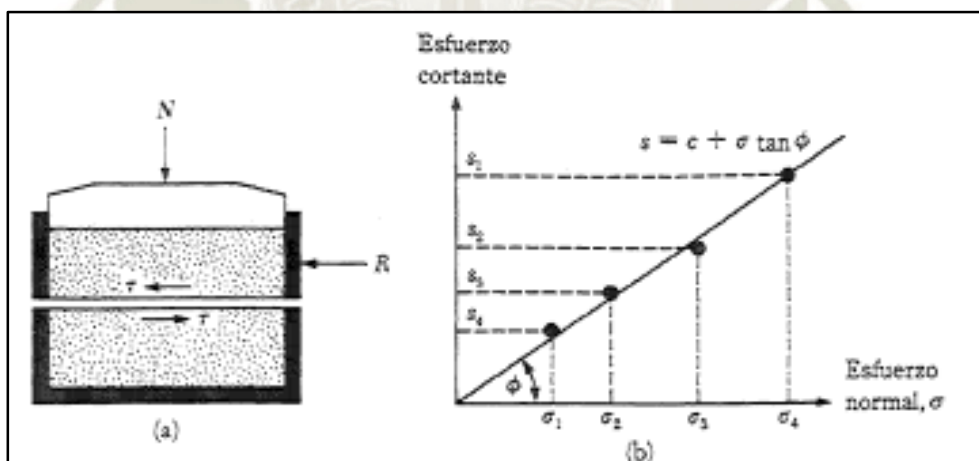


Ilustración 21 Diagrama y grafica de Corte Directo

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

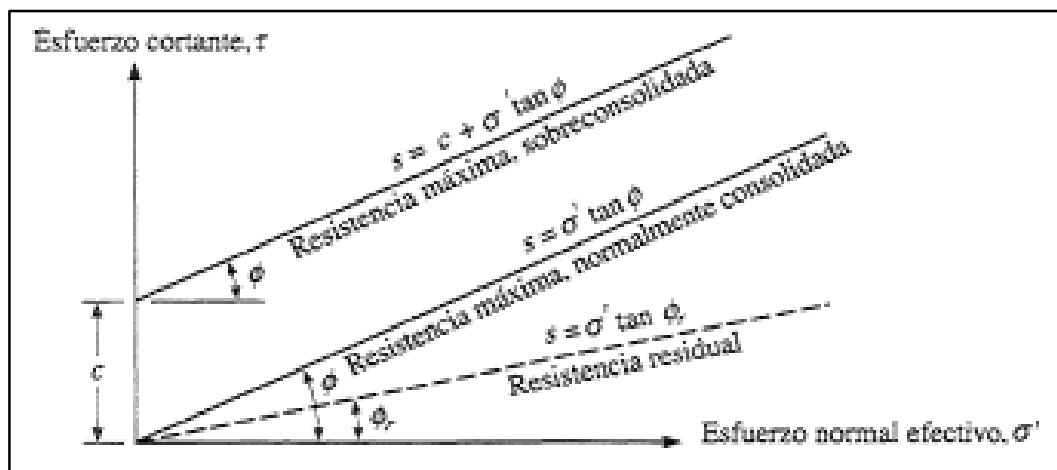


Ilustración 22 Envolventes de la resistencia máxima y residual para arcillas

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das

3.2.13.1 Velocidad de Corte según Casagrande

Según el método de Casa grande, el tiempo necesario para alcanzar la máxima resistencia al corte t_f , se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{H^2}{2 C_v(1 - U_f)}$$

Ecuación 49 Tiempo para la máxima resistencia al corte

$$t_f = \frac{20.2^2}{26.41(1 - 0.95)}$$

$$t_f = 309 \text{ min}$$

Para un arcilla Plásticas es:

$$d_f = 8 \text{ mm}$$

$$V_f = \frac{d_f}{t_f}$$

Ecuación 50 Velocidad de desplazamiento horizontal

$$V_f = 0.026 \text{ mm/min}$$

3.2.14 Propiedades Densimétricas

3.2.14.1 Peso unitario

El cálculo de peso unitario, se da por la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Ecuación 51 Peso unitario

Donde:

- γ = peso unitario (g/cm³)
- w = peso de suelo en estado natural (g)
- V = volumen (cm³)

3.2.14.2 Peso unitario seco

El cálculo de peso unitario seco, se da por la siguiente formula:

$$\gamma_d = \frac{w_s}{V}$$

Ecuación 52 Peso unitario seco

Donde:

- γ_d = peso unitario seco (g/cm³)
- w_s = peso de suelo seco (g)
- V = volumen (cm³)

3.2.14.3 Peso específico saturado

El cálculo de peso específico saturado, se da por la siguiente formula:

$$\gamma_{sat} = \gamma_b + \gamma_w$$

Ecuación 53 Peso específico saturado

Donde:

- γ_{sat} = peso específico saturado (g/cm³)
- γ_b = peso unitario sumergido (g/cm³)
- γ_w = peso específico del agua (g/cm³)

3.2.14.4 Peso unitario sumergido

El cálculo de peso unitario sumergido, se da por la siguiente formula:

$$\gamma_b = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Ecuación 54 Peso unitario sumergido

Donde:

- γ_b = peso unitario sumergido (g/cm^3)
- γ_{sat} = peso específico saturado (g/cm^3)
- γ_w = peso específico del agua (g/cm^3)

3.2.14.5 Peso unitario de los sólidos

El cálculo de peso unitario de los sólidos, se da por la siguiente formula:

$$\gamma_s = \frac{w_s}{V_s}$$

Ecuación 55 Peso unitario de los sólidos

Donde:

- γ_s = peso unitario de los sólidos (g/cm^3)
- w_s = peso de suelo seco (g)
- V_s = volumen de sólidos (cm^3)

3.2.14.6 Compacidad o densidad relativa

El cálculo de compacidad o densidad relativa, se da por la siguiente formula:

$$D_r(\%) = \frac{\gamma_{d \max} (\gamma_d - \gamma_{d \min})}{\gamma_d (\gamma_{d \max} - \gamma_{d \min})} * 100$$

Donde:

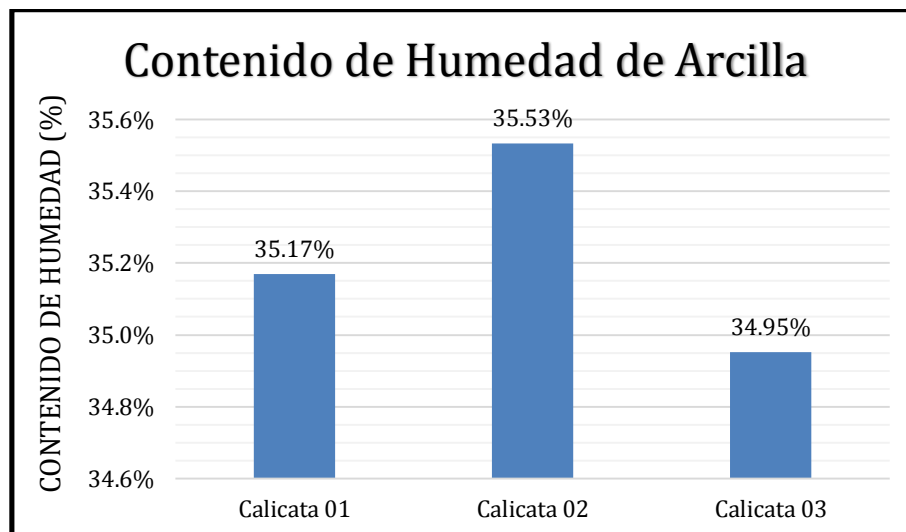
- D_r = compacidad o densidad relativa (%)
- γ_d = peso unitario seco (g/cm^3)
- $\gamma_{d \min}$ = peso unitario seco mínimo (g/cm^3)
- $\gamma_{d \max}$ = peso unitario seco máximo (g/cm^3)

3.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

3.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

$$\omega\% = \frac{w - w_s}{w_s} * 100$$

3.3.1.1 Arcilla

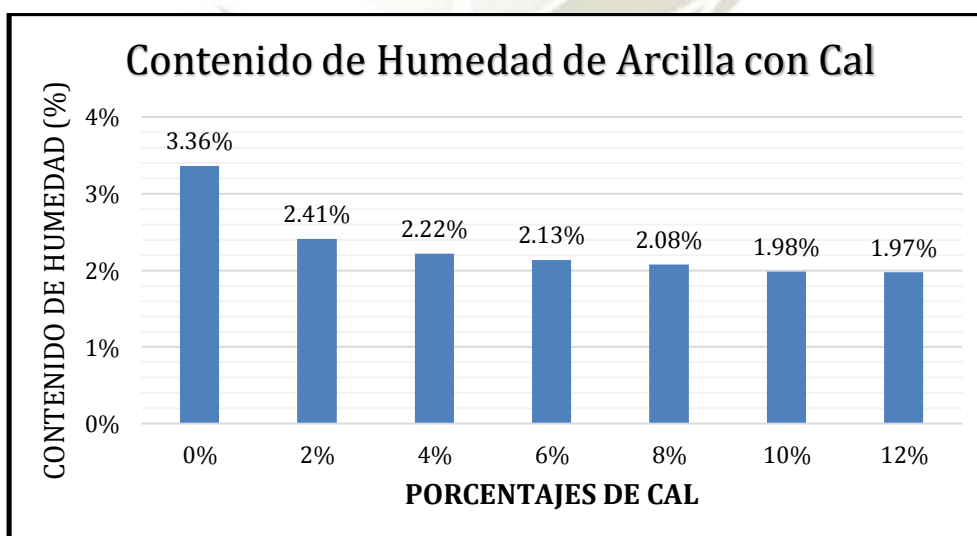


Gráfica 1 Contenido de humedad de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que el contenido de humedad promedio del suelo arcilloso es de 35.22%.

3.3.1.2 Arcilla con porcentajes de cal



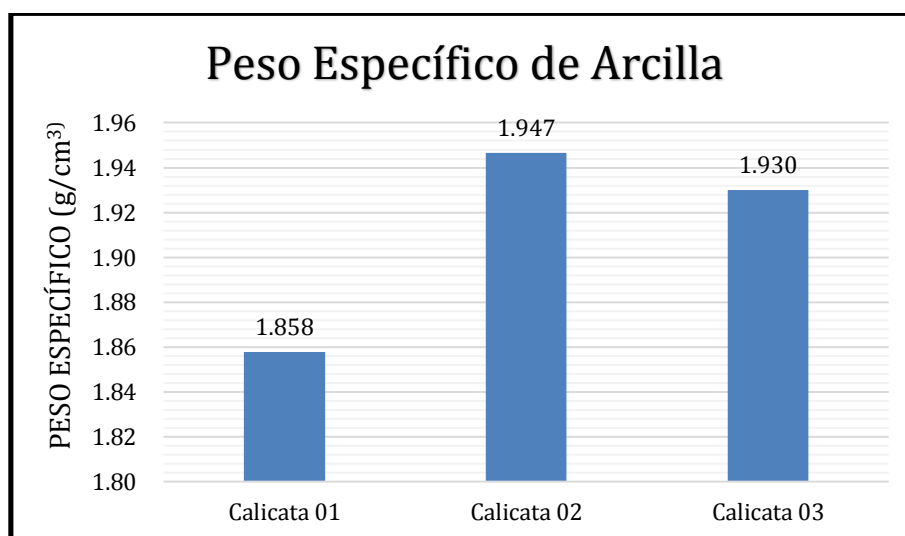
Gráfica 2 Contenido de humedad de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 PESO ESPECÍFICO

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_i * \gamma_p}{\gamma_p * V_i - (W_f - W_i)}$$

3.3.2.1 Arcilla inalterada

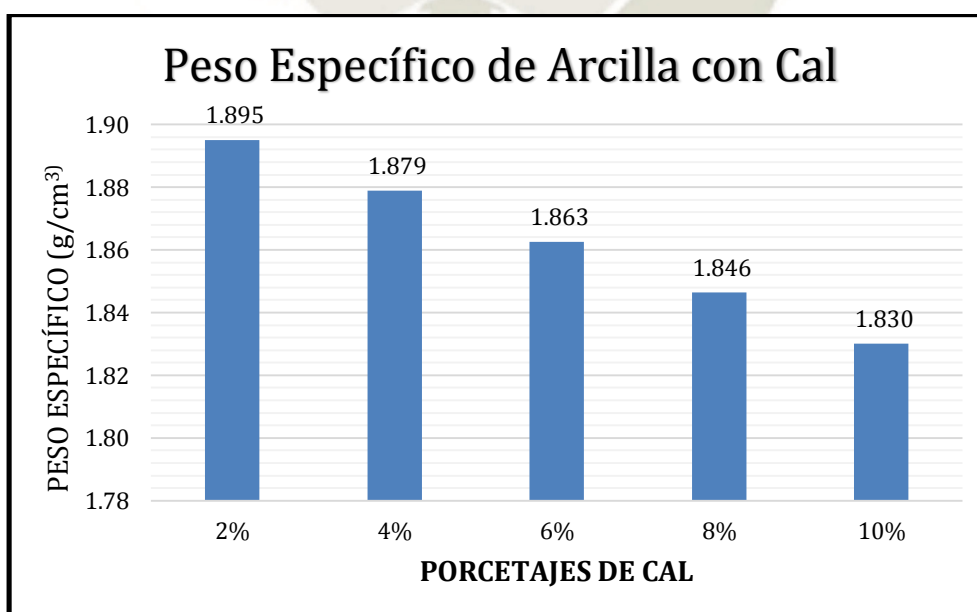


Gráfica 3 Peso específico de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que el peso específico promedio del suelo arcilloso es de 1.91 g/cm³

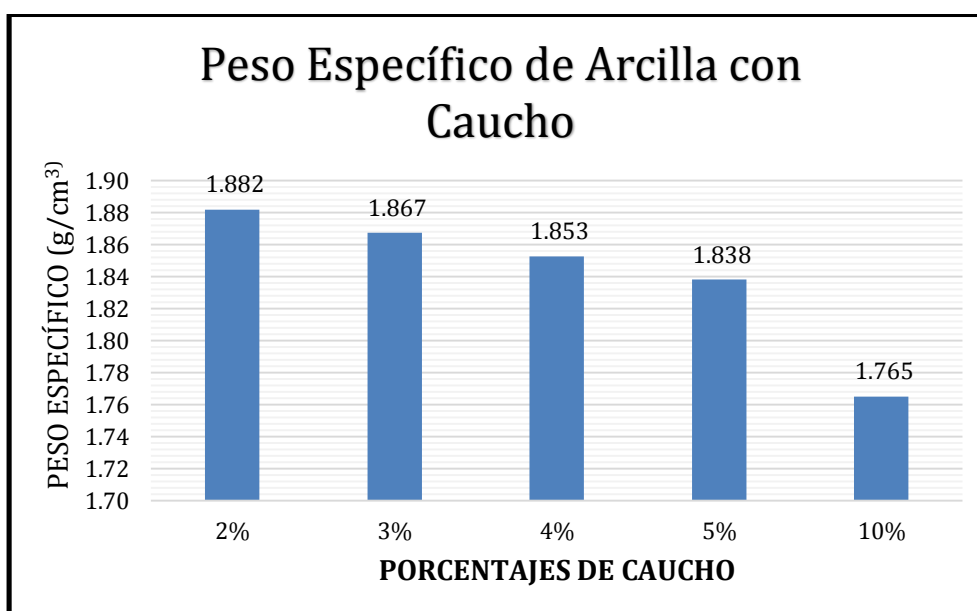
3.3.2.2 Arcilla con porcentajes de Cal



Gráfica 4 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

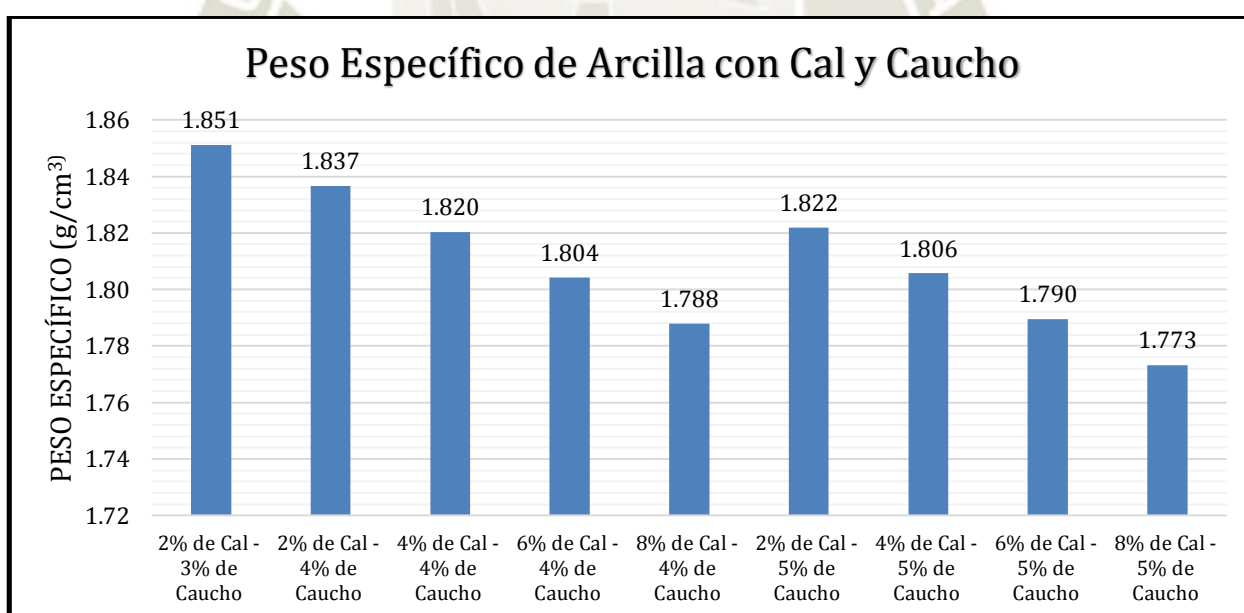
3.3.2.3 Arcilla con Porcentaje de Caucho



Gráfica 5 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.4 Arcilla con Porcentajes de Cal y Caucho



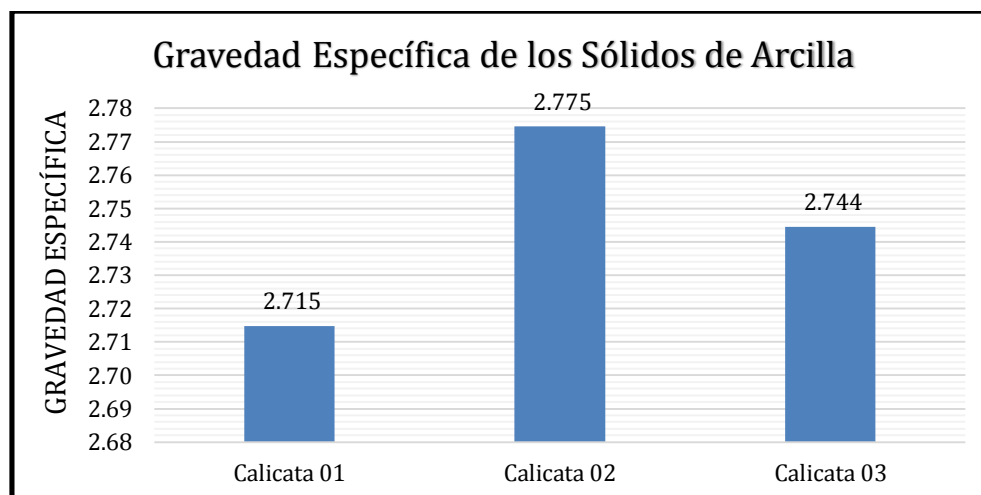
Gráfica 6 Peso específico de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

3.3.3.1 Arcilla



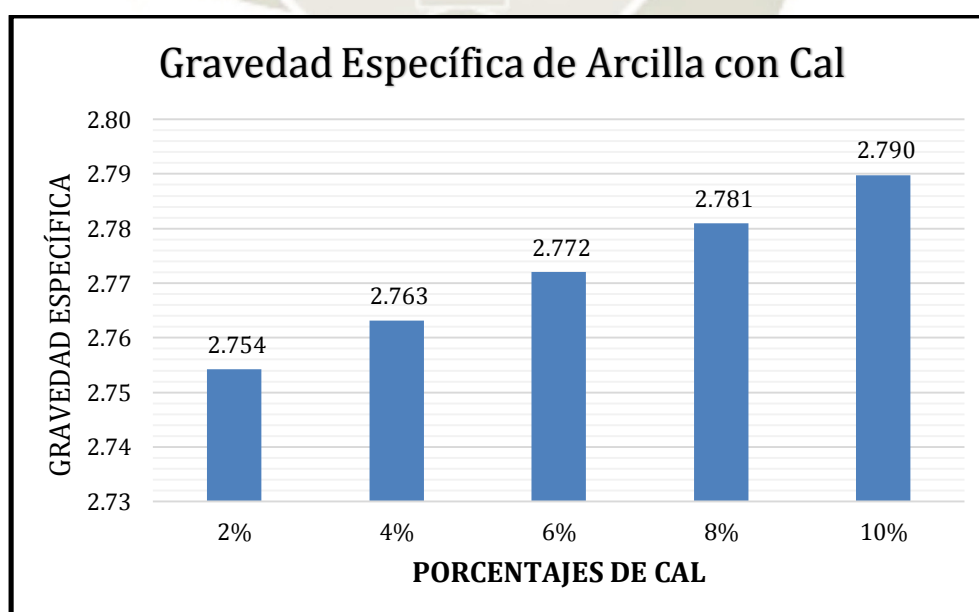
Gráfica 7 Gravedad específica de los Sólidos de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que la gravedad específica promedio del suelo arcilloso es de 2.745.

3.3.3.2 Arcilla con porcentajes de Cal

- Gravedad específica de los sólidos de la cal es 3.190.

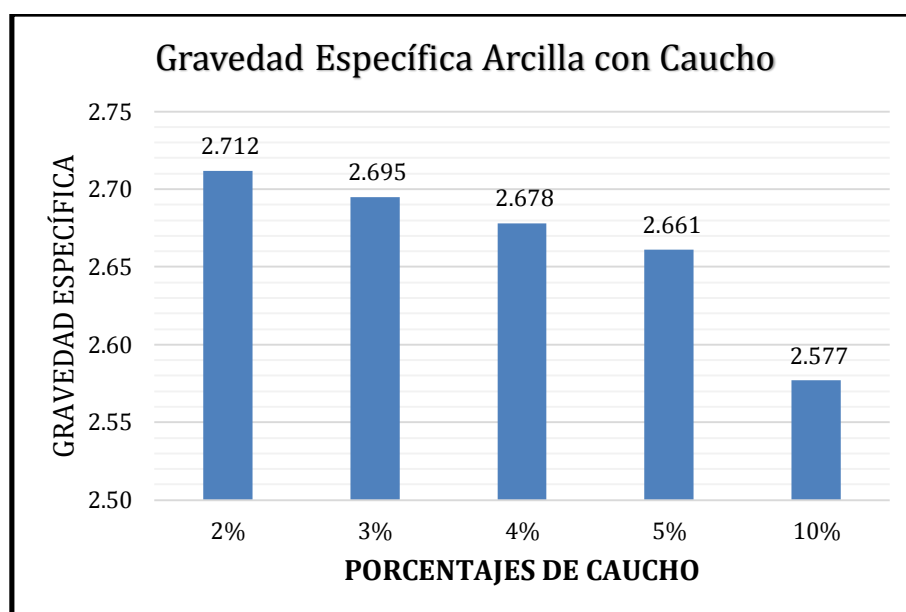


Gráfica 8 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.3 Arcilla con porcentajes de Caucho

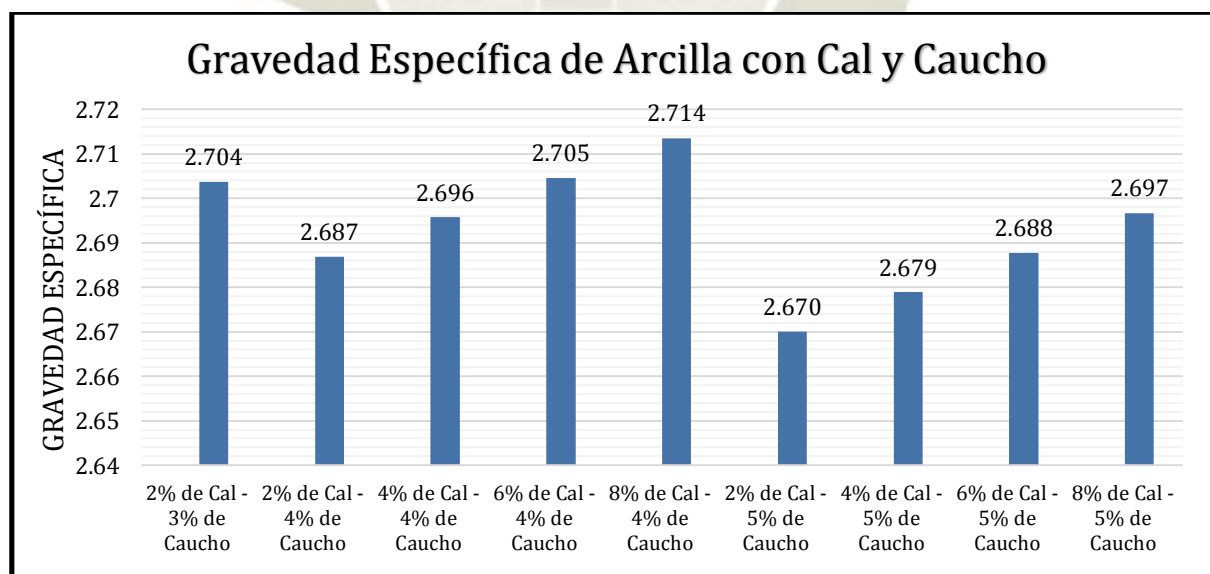
- Gravedad específica de los sólidos del caucho es 1.061.



Gráfica 9 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.4 Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho



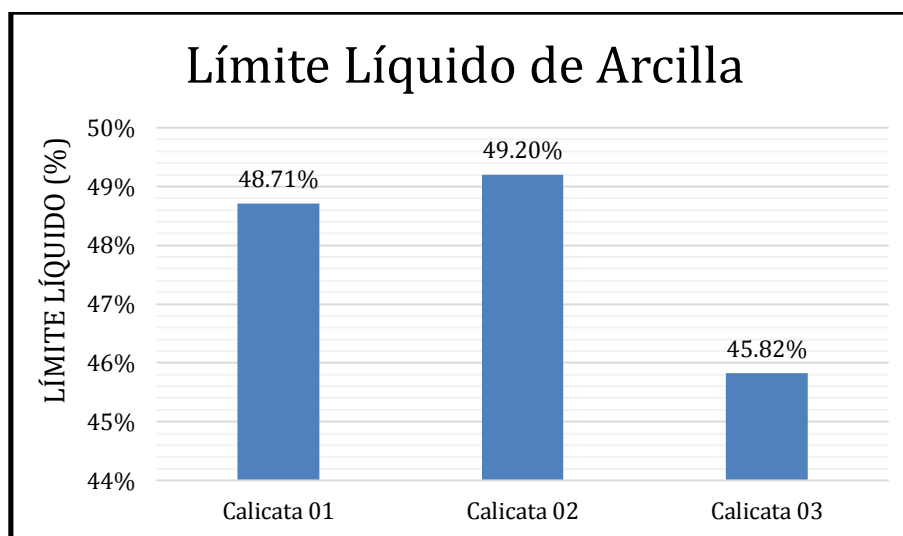
Gráfica 10 Gravedad específica de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 LÍMITES DE ATTERBERG

3.3.4.1 Límite Líquido

a) Arcilla

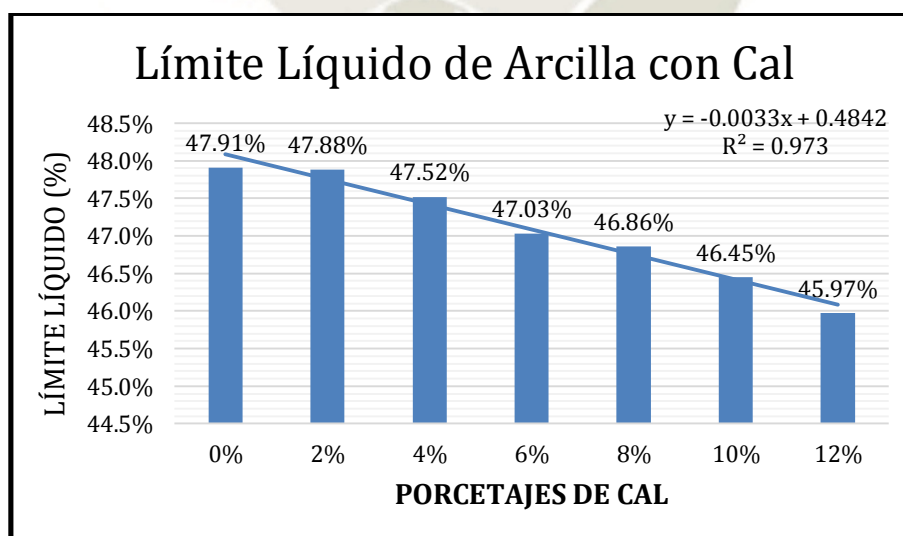


Gráfica 11 Limite liquido de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que el Limite liquido promedio del suelo arcilloso es de 47.91%.

b) Arcilla con porcentaje de Cal

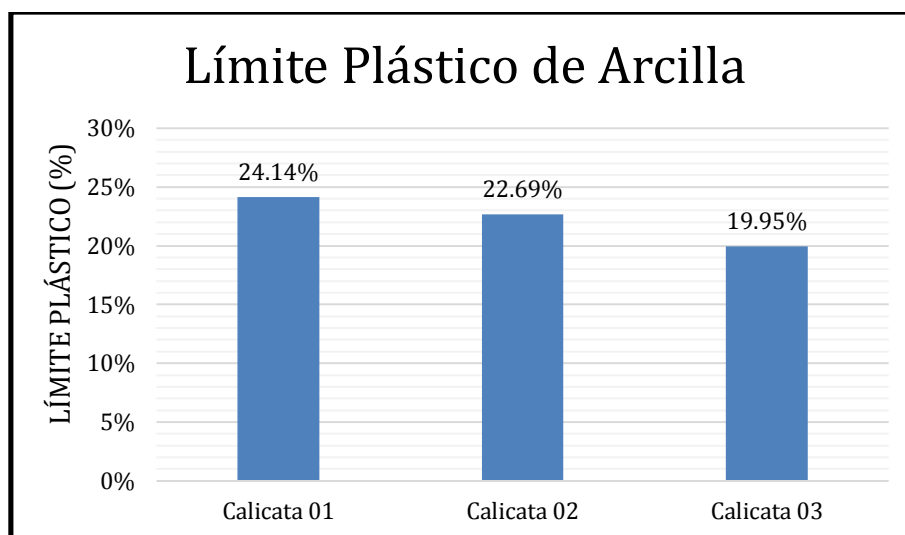


Gráfica 12 Límite líquido de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.2 Límite Plástico

a) Arcilla

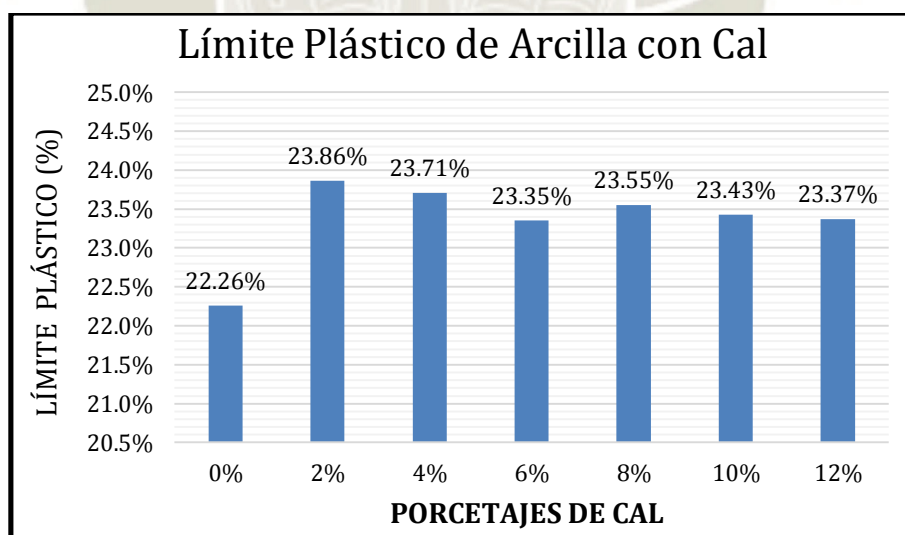


Gráfica 13 Límite plástico de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que el Límite plástico promedio del suelo arcilloso es de 22.26%.

b) Arcilla con porcentaje de Cal

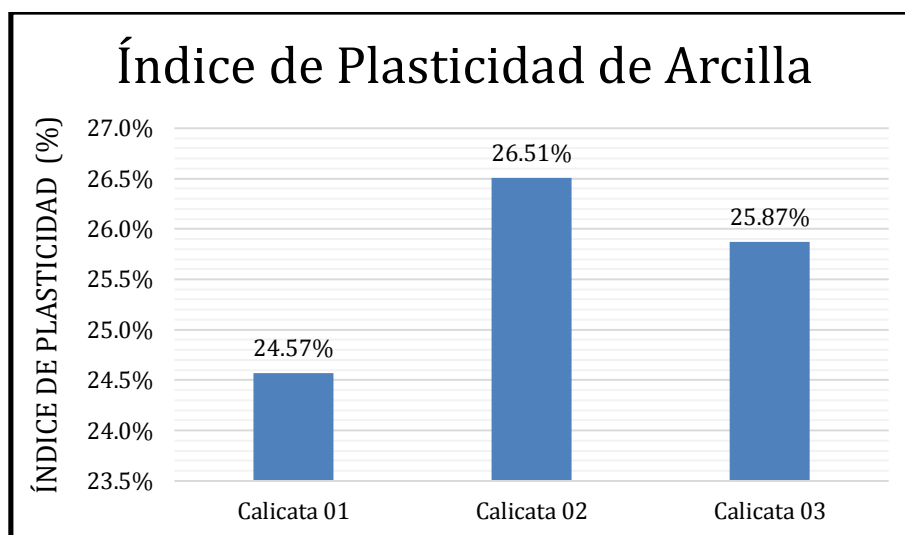


Gráfica 14 Límite plástico de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.3 Índice de Plasticidad

a) Arcilla

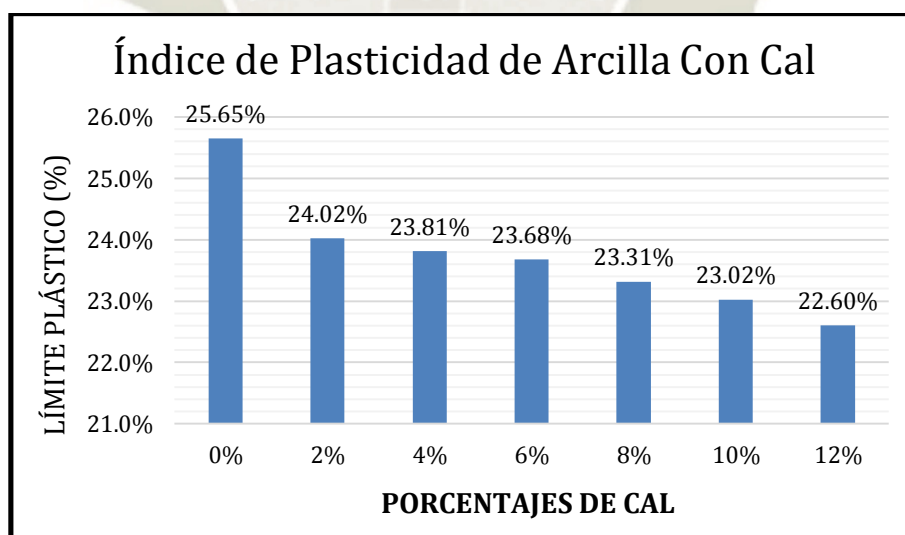


Gráfica 15 Índice de plasticidad de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que el Índice de plasticidad promedio es de 25.65%

b) Arcilla con porcentaje de Cal



Gráfica 16 Índice de plasticidad de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

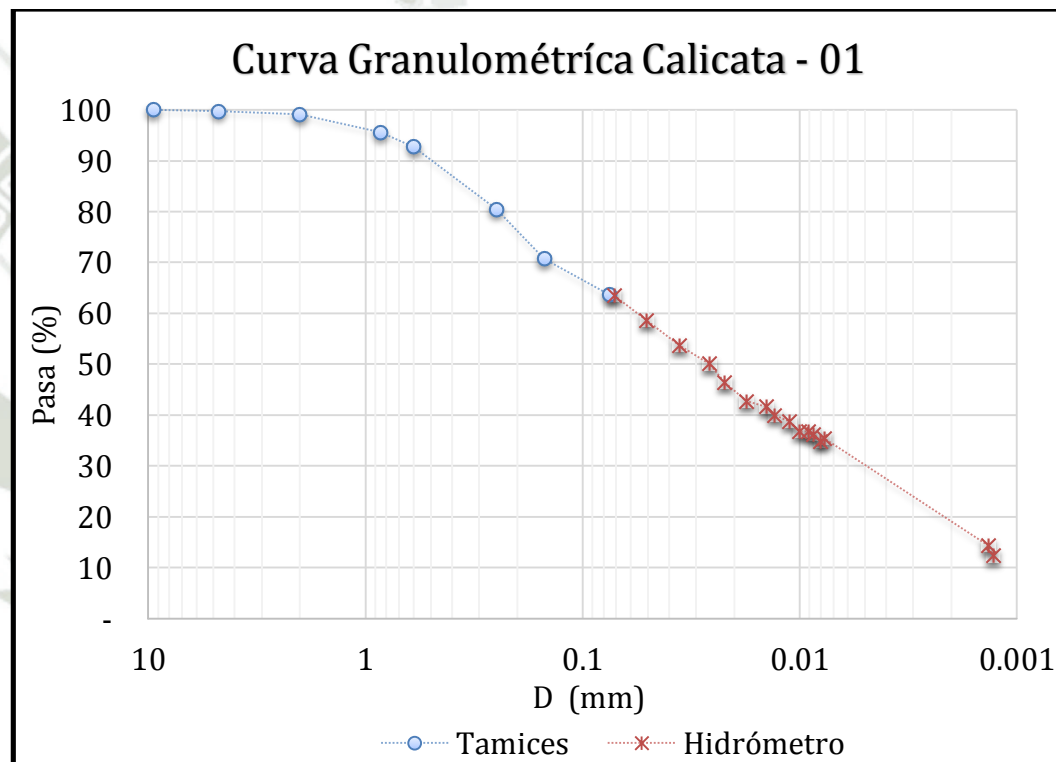
3.3.5.1 Análisis Granulométrico e hidrómetro

a) Calicata 01

Tabla 7 Análisis granulométrico C-01

Calicata 1	
Pasa malla Nº 200 (0,080 mm)	63.63%
Límite Líquido	48.71%
Límite Plástico	24.14%
Índice de Plasticidad	24.57%

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 17 Curva de análisis granulométrico C-01

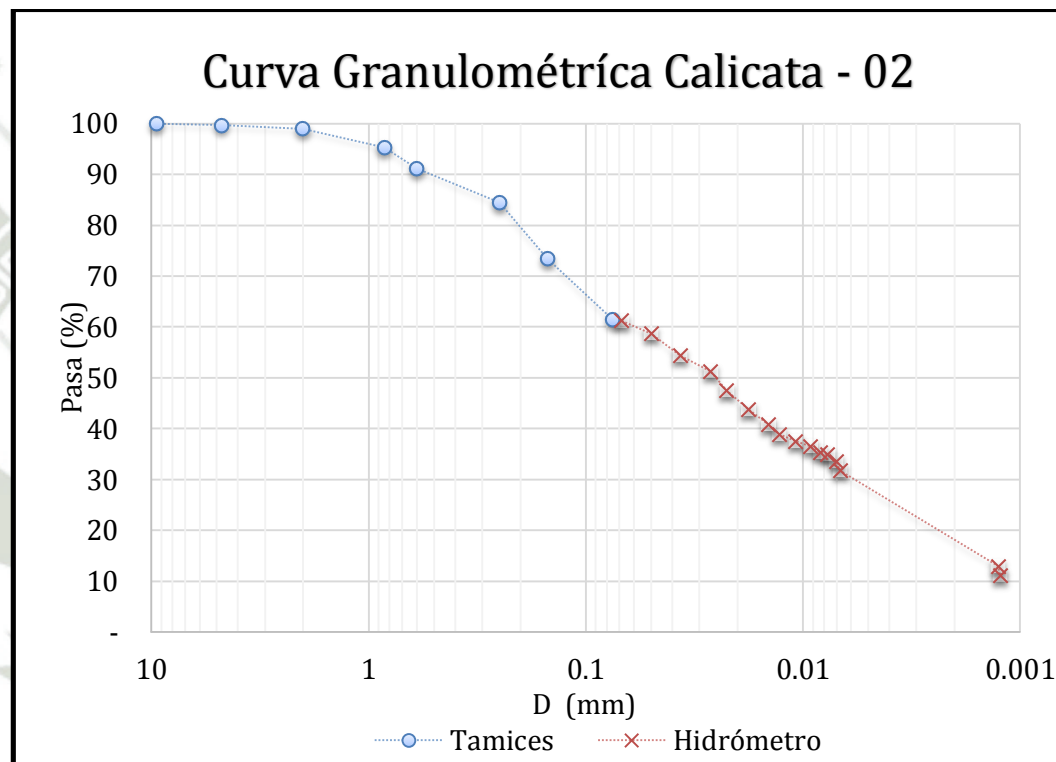
Fuente: Elaboración Propia

b) Calicata 02

Tabla 8 Análisis granulométrico C-02

Calicata 2	
Pasa malla Nº 200 (0,080 mm)	61.40%
Límite Líquido	49.20%
Límite Plástico	22.69%
Índice de Plasticidad	26.51%

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 18 Curva de análisis granulométrico C-02

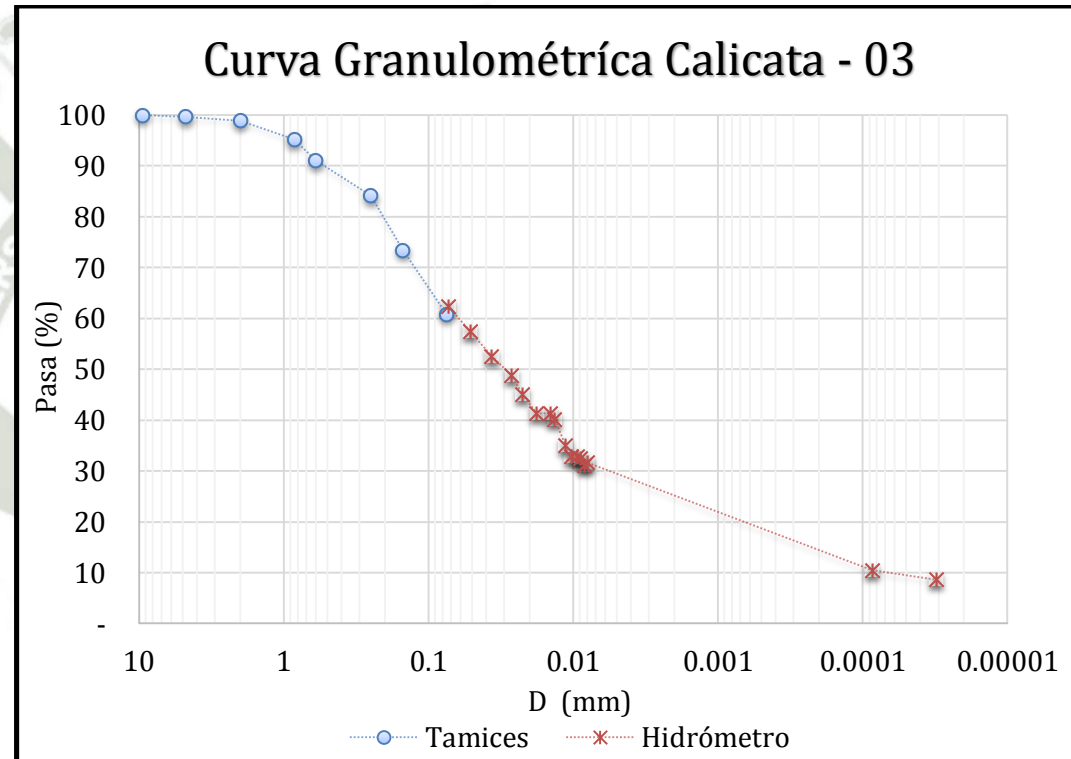
Fuente: Elaboración Propia

c) Calicata 03

Tabla 9 Análisis granulométrico C-03

Calicata 3	
Pasa malla Nº 200 (0,080 mm)	60.85%
Limite Líquido	45.82%
Limite Plástico	19.95%
Índice de Plasticidad	25.87%

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 19 Curva de análisis granulométrico C-03

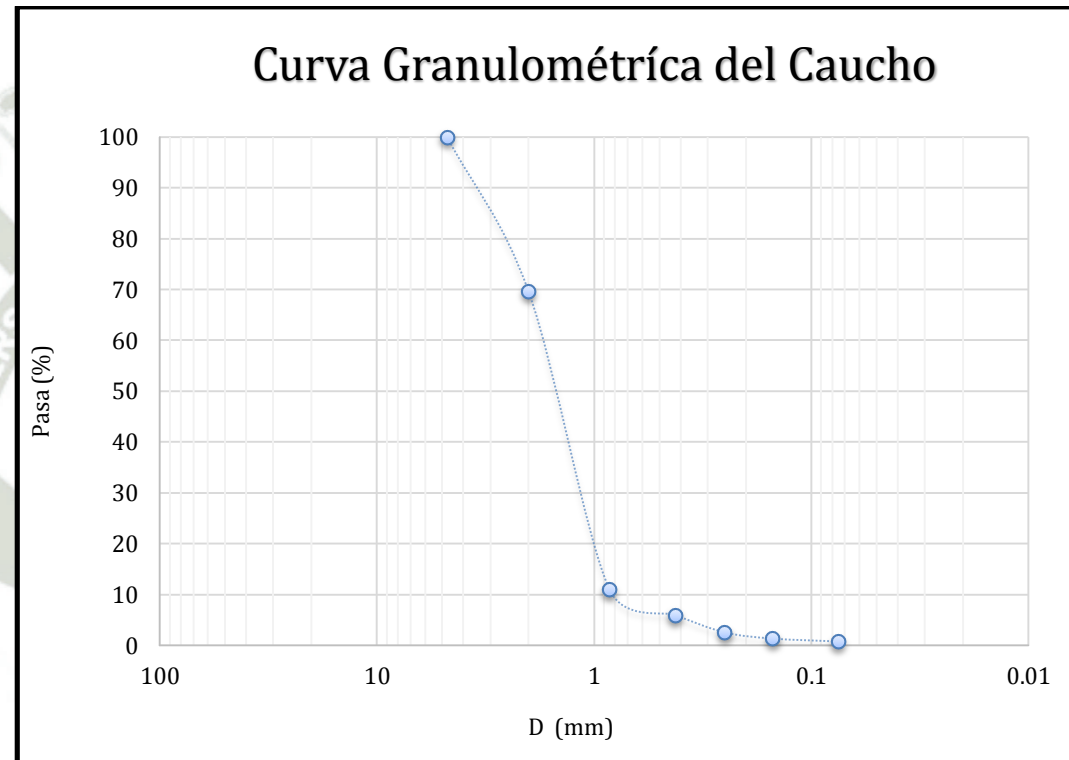
Fuente: Elaboración Propia

3.3.6 Análisis Granulométrico de Caucho

Tabla 10 Análisis granulométrico del caucho

Caucho	
Pasa malla Nº 4 (5mm)	100%
Pasa malla Nº 200 (0,080 mm)	0.74%
D60:	1.91
D30:	1.05
D10:	0.78
Cu:	2.44
Cc:	0.74

Fuente: Elaboración Propia

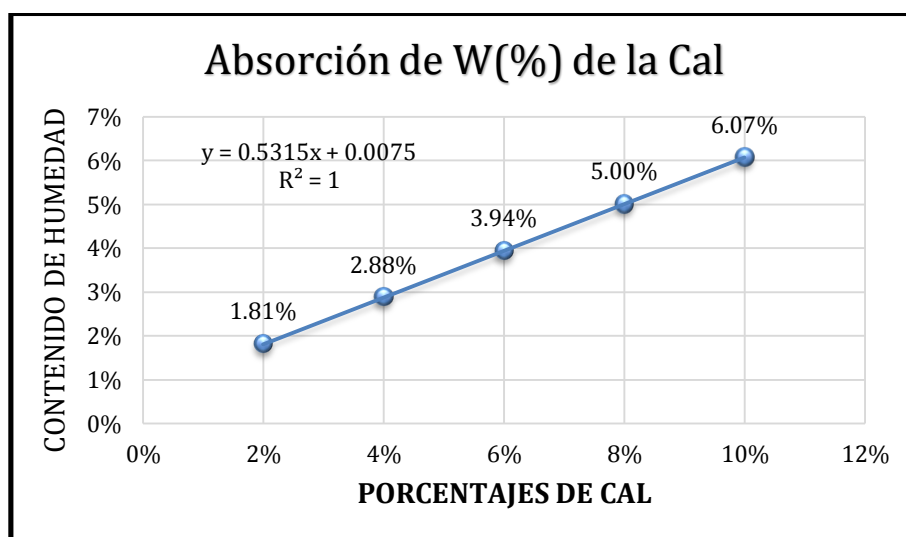


Gráfica 20 Curva de análisis granulométrico del Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7 PROCTOR MODIFICADO

3.3.7.1 Control de Absorción de Humedad de la Cal

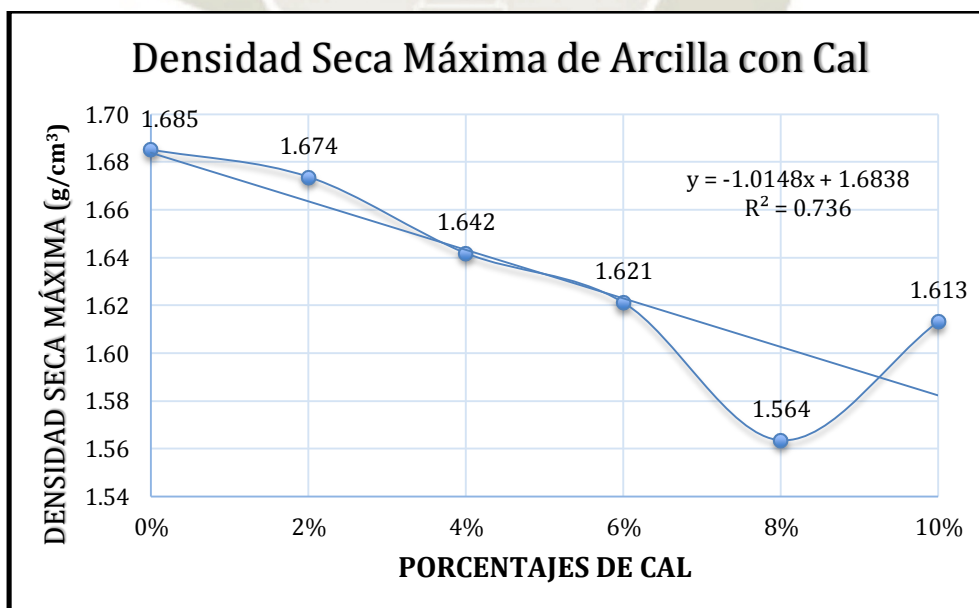


Gráfica 21 Contenido de humedad absorbido por los porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.2 Arcilla con porcentajes de Cal

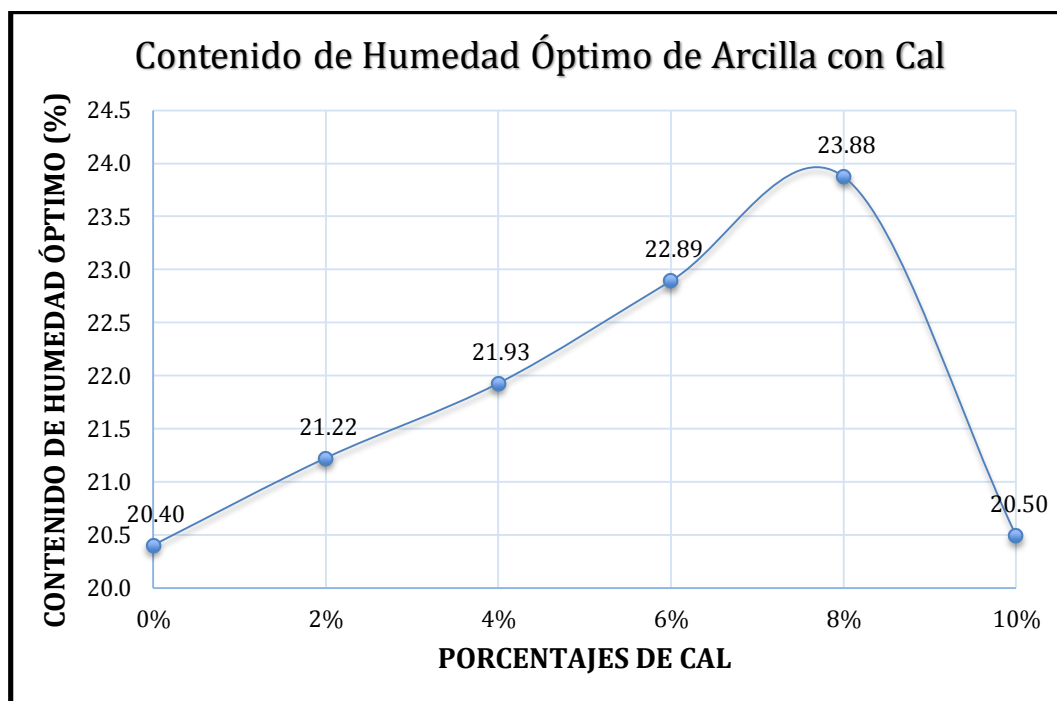
- Densidad Máxima Seca



Gráfica 22 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

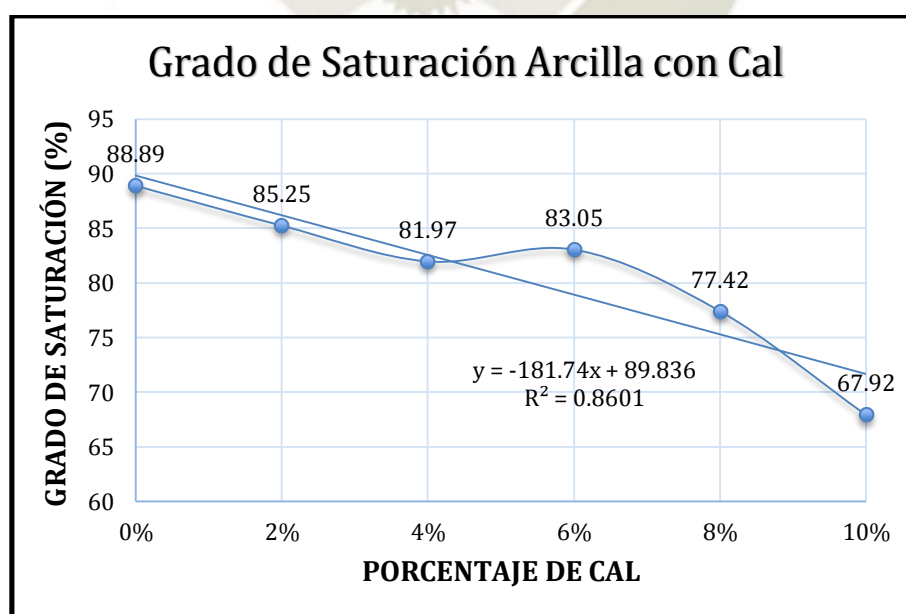
- Contenido de Humedad Óptimo W (%)



Gráfica 23 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

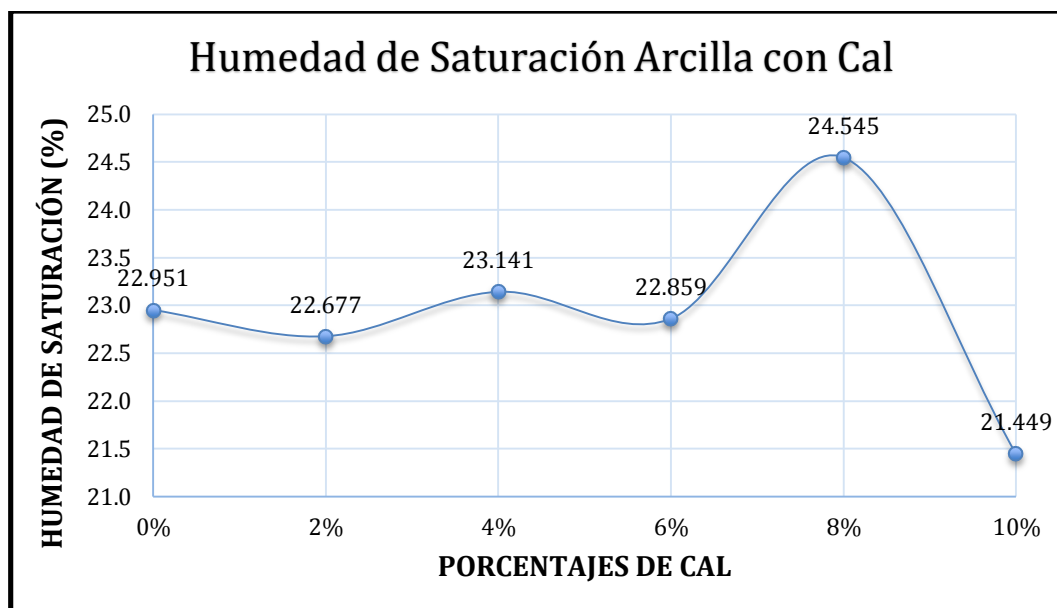
- Grado de Saturación (Sr%)



Gráfica 24 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

- Humedad de Saturación %W Sat

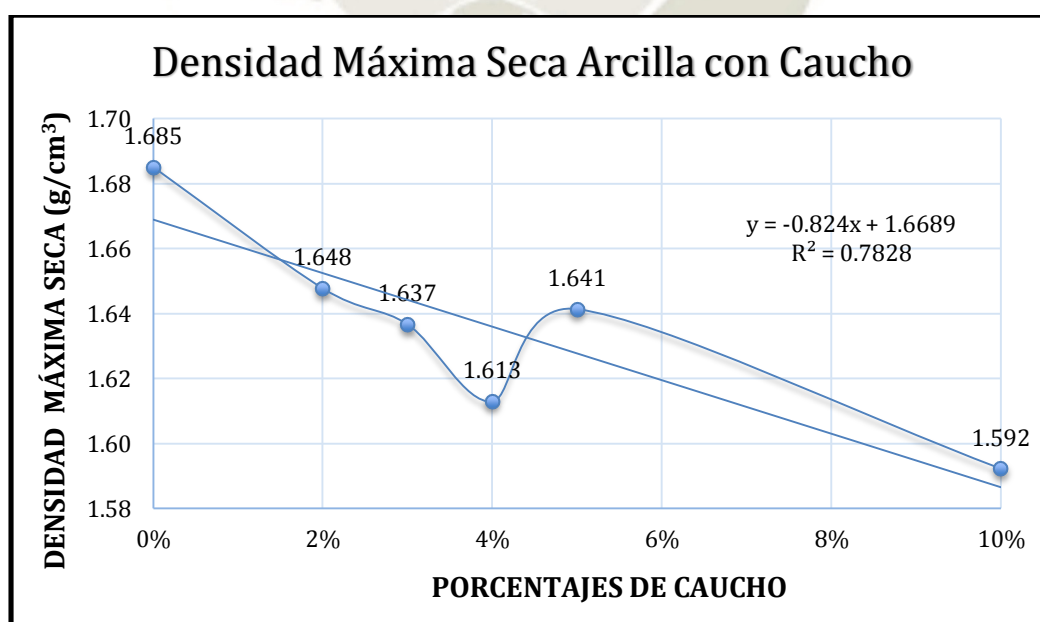


Gráfica 25 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.3 Arcilla con porcentajes de caucho

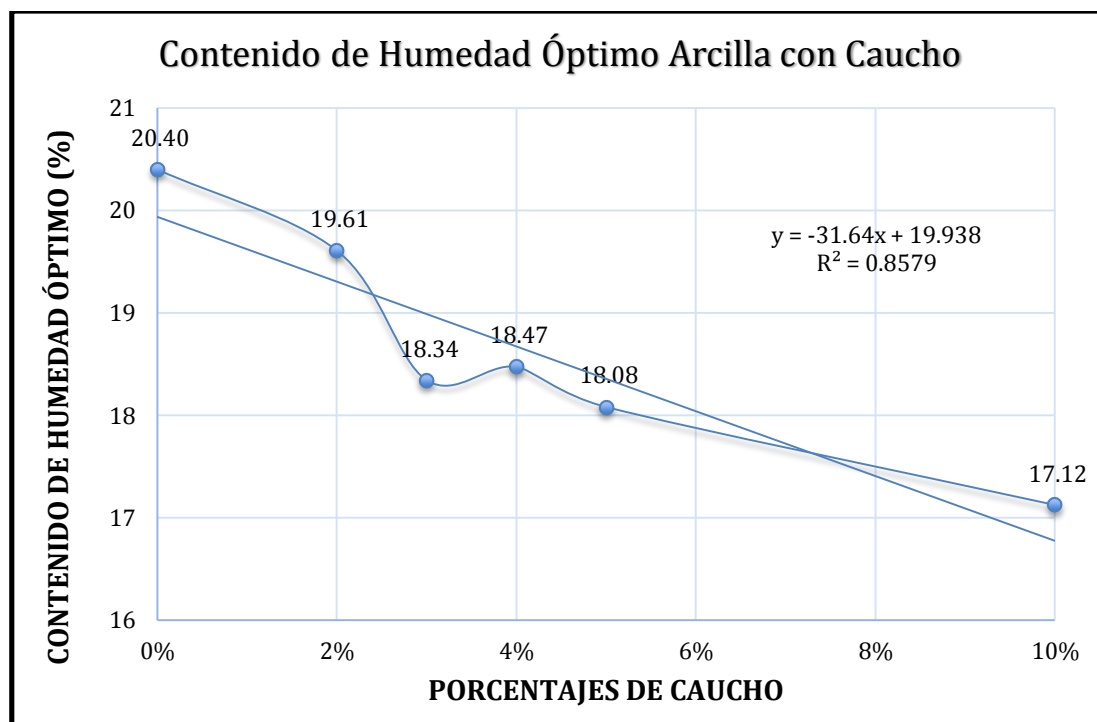
- Densidad Máxima Seca



Gráfica 26 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Caucho

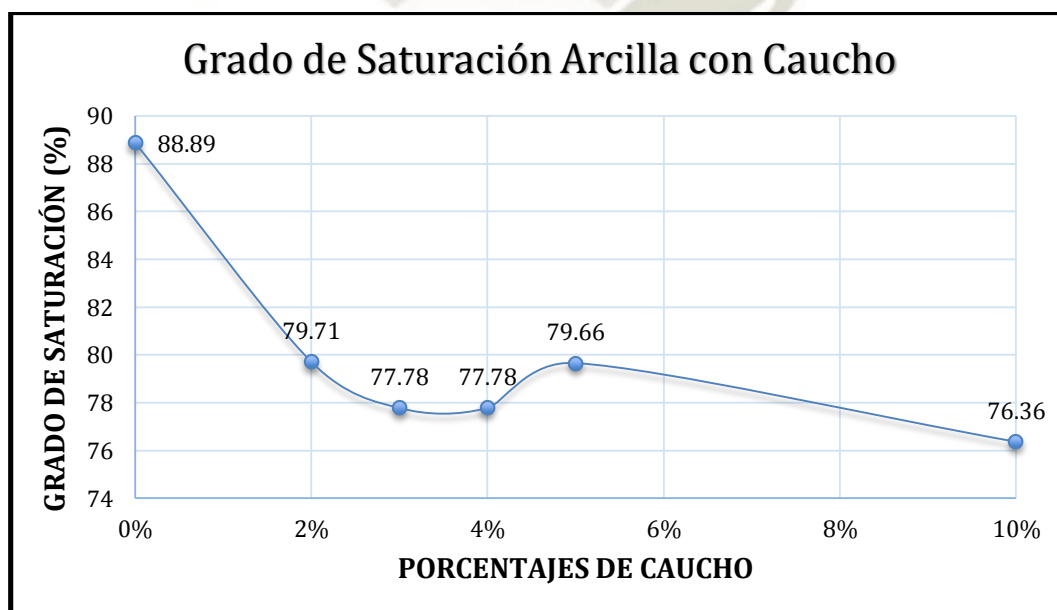
Fuente: Elaboración Propia

- Contenido de Humedad Óptimo W (%)



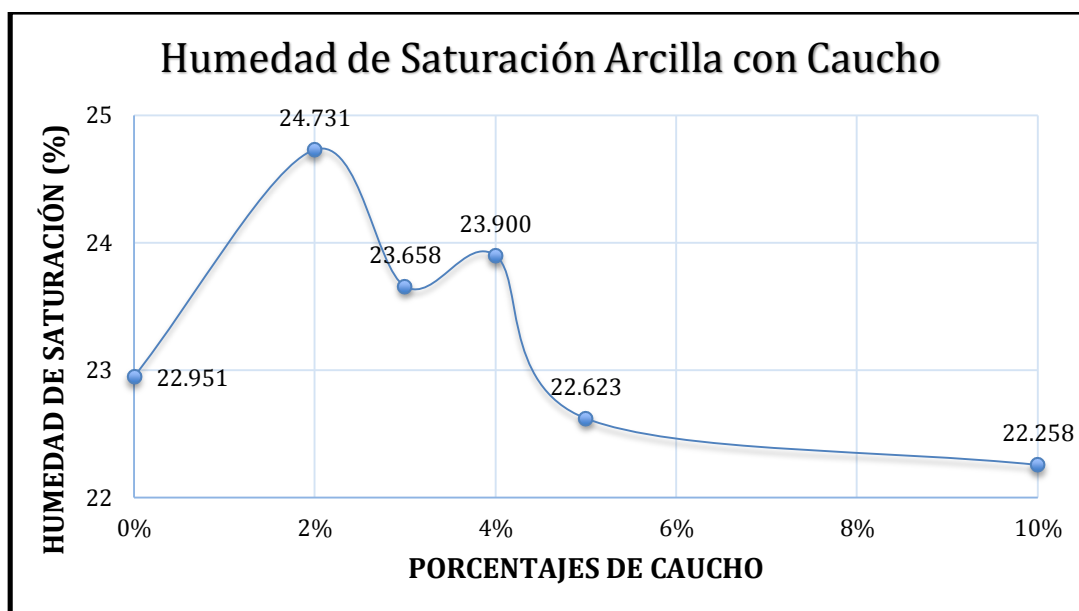
Gráfica 27 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Caucho
Fuente: Elaboración Propia

- Grado de Saturación (Sr)



Gráfica 28 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho
Fuente: Elaboración Propia

- Humedad de Saturación %W Sat.

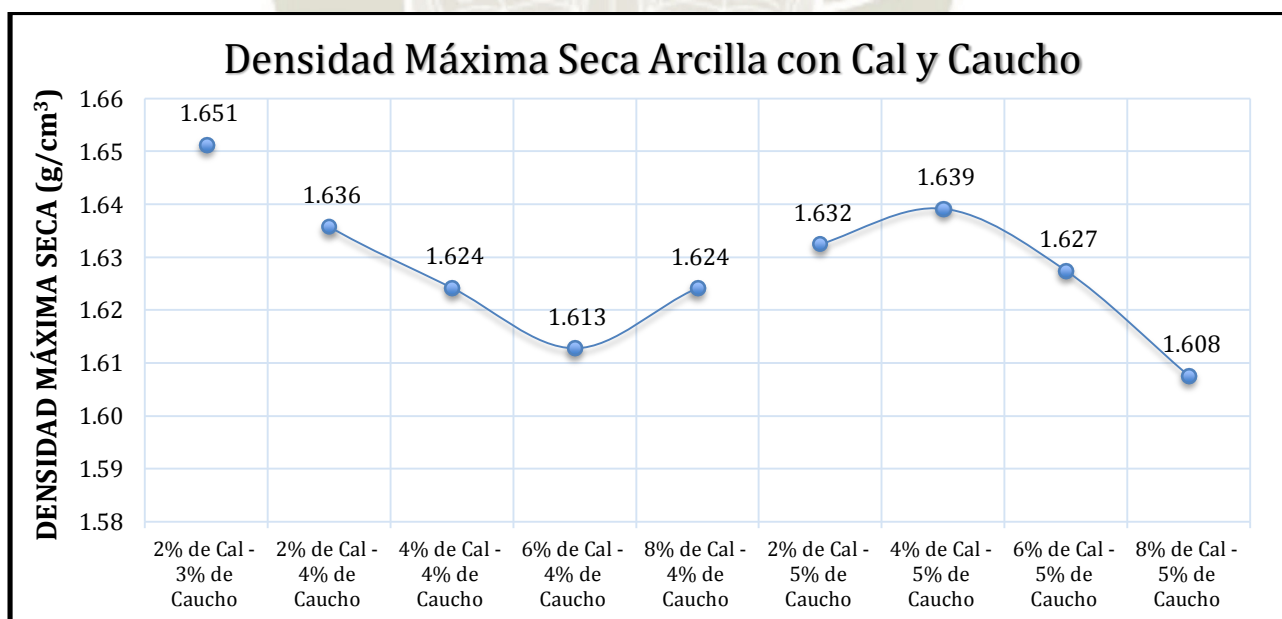


Gráfica 29 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.4 Arcilla con Porcentajes de Cal y Caucho.

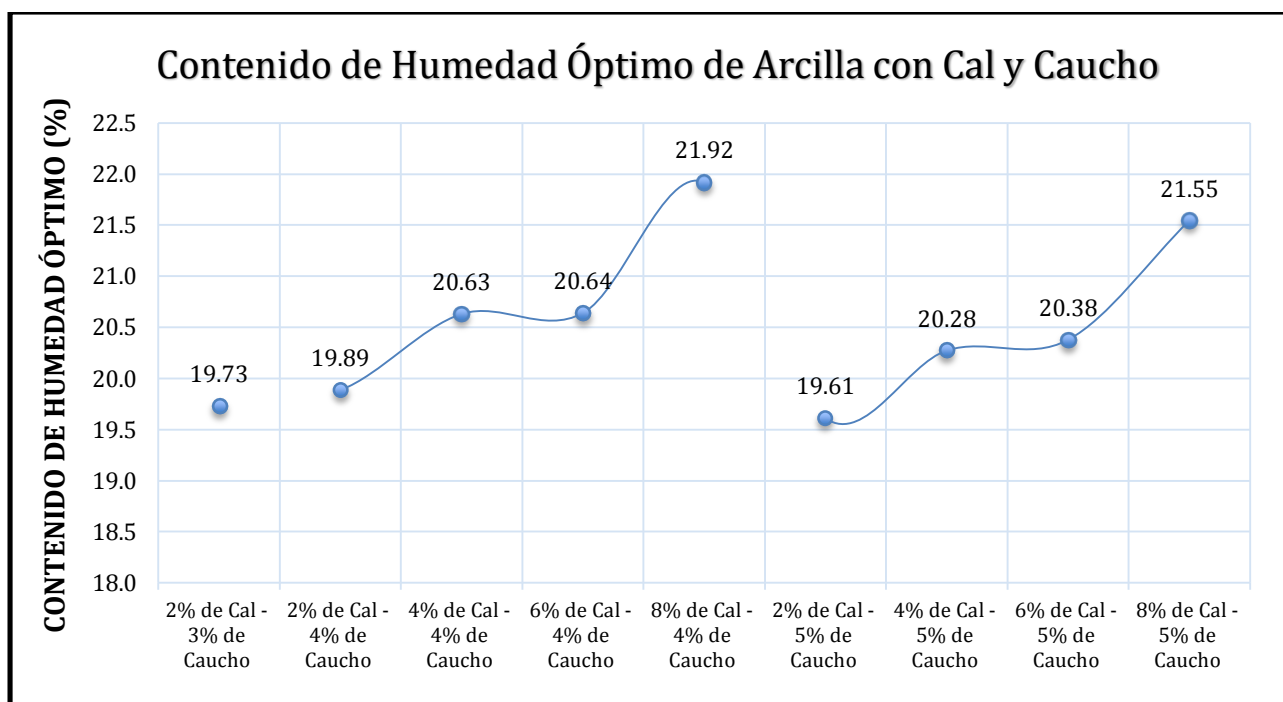
- Densidad Máxima Seca



Gráfica 30 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

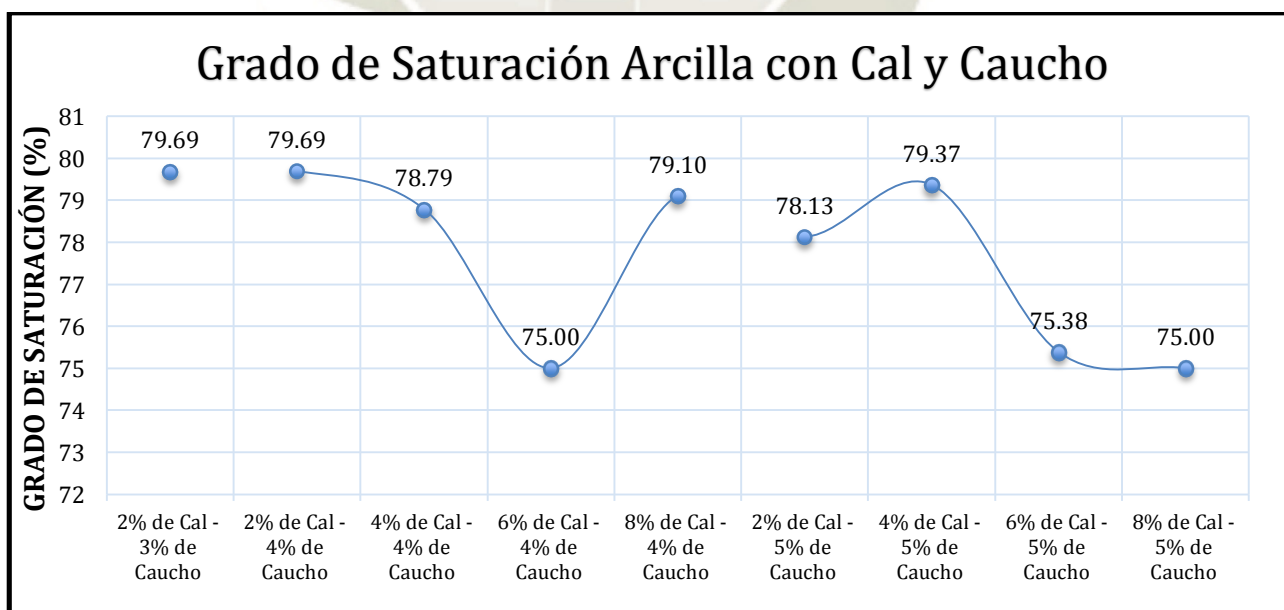
- Contenido de Humedad Óptimo W (%)



Gráfica 31 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

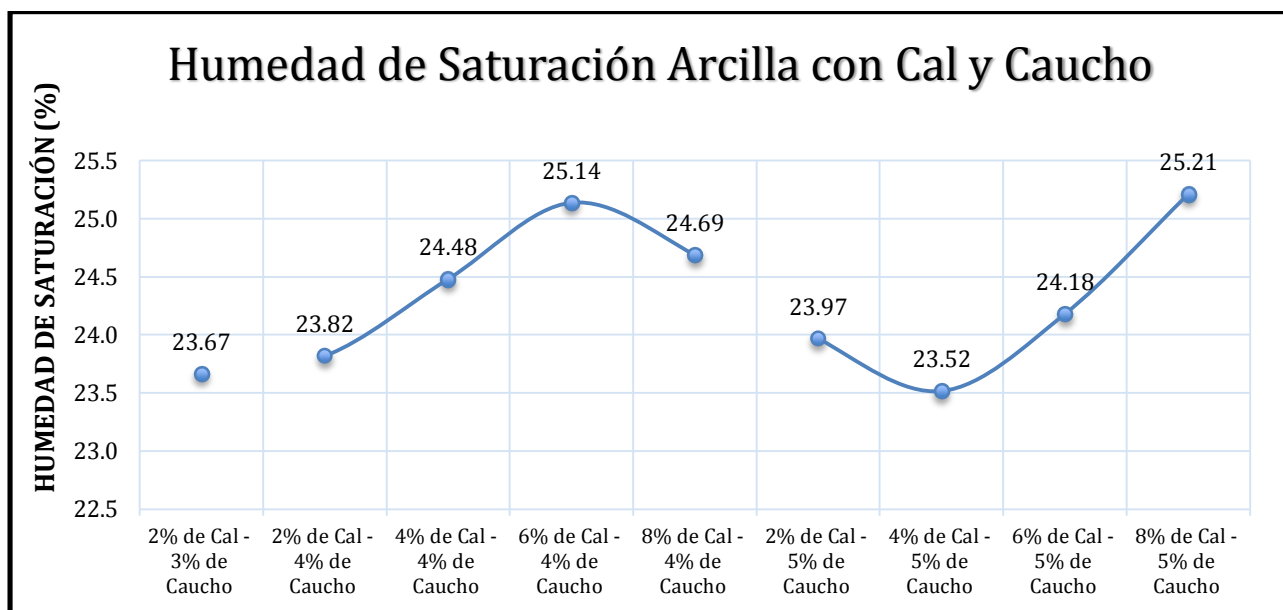
- Grado de Saturación (Sr)



Gráfica 32 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

- Humedad de Saturación %W Sat.

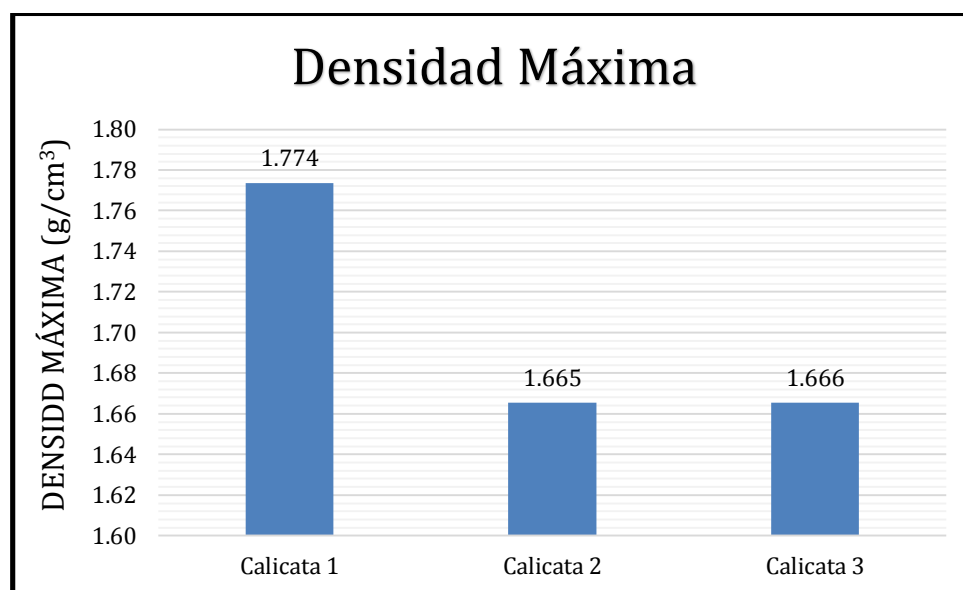


Gráfica 33 Humedad de saturación de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8 MESA VIBRATORIA

3.3.8.1 Densidad Máxima

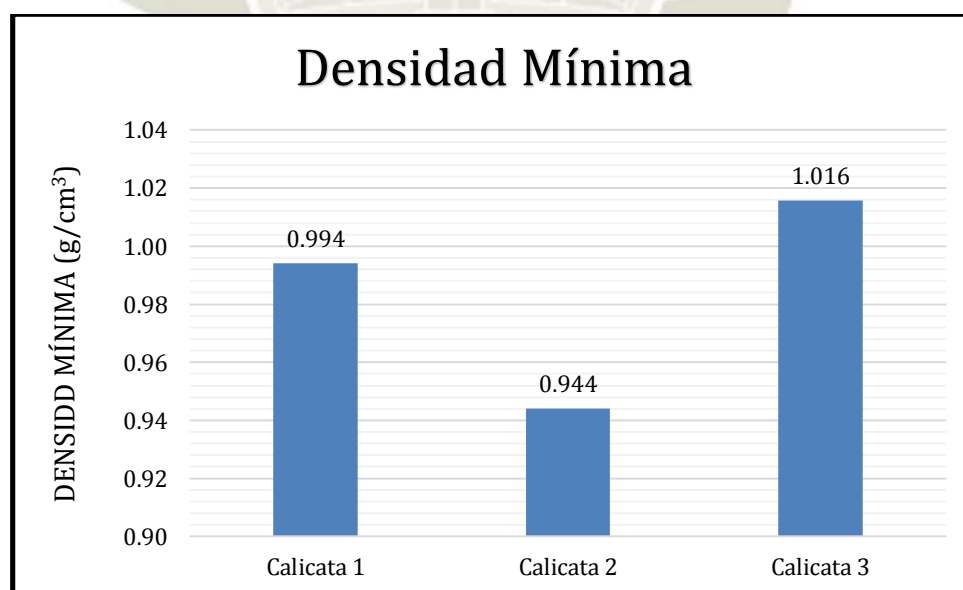


Gráfica 34 Densidad máxima de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que la Densidad Máxima promedio es 1.7 g/cm^3

3.3.8.2 Densidad Mínima



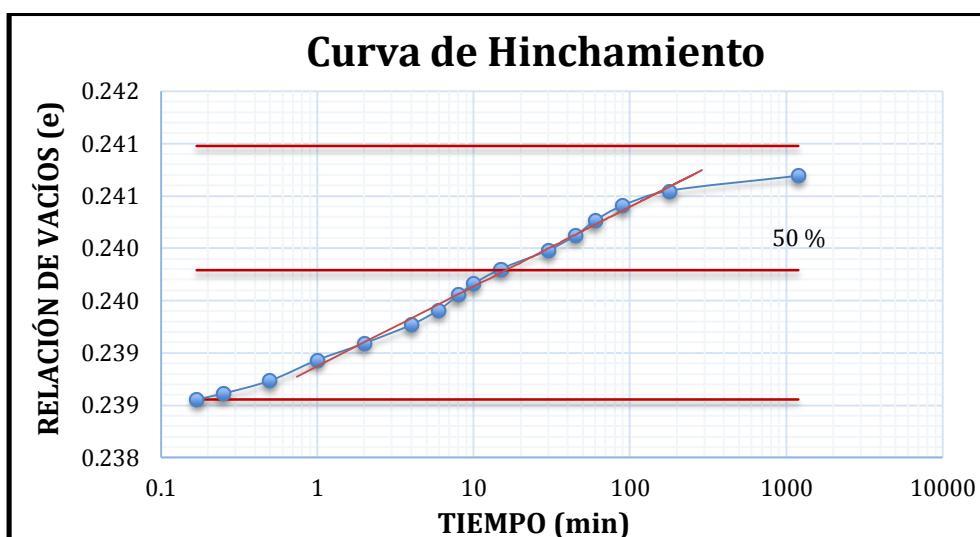
Gráfica 35 Densidad mínima de Arcilla

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinó que la Densidad Mínima promedio del suelo arcilloso es de 0.99 g/cm^3

3.3.9 DETERMINACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

3.3.9.1 Coeficiente de Hinchamiento de Arcilla sin carga



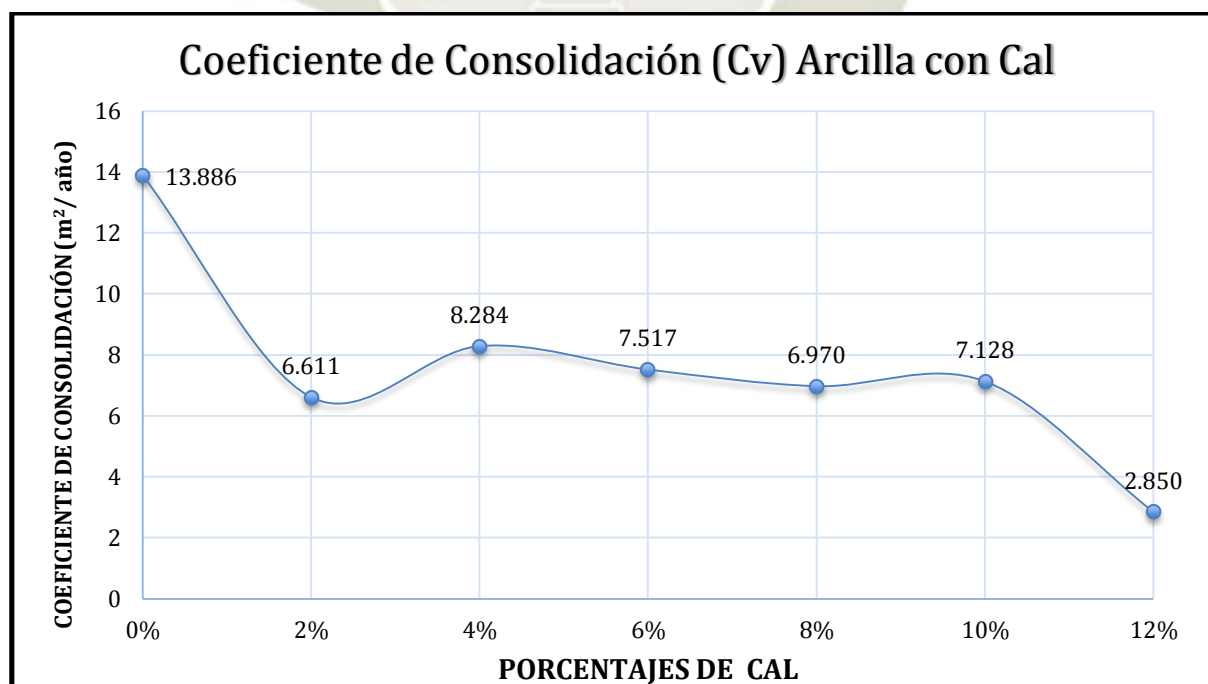
Gráfica 36 Coeficiente de Consolidación de Arcilla sin carga

Fuente: Elaboración Propia

- El Coeficiente de Hinchamiento es $1.60 \text{ m}^2/\text{año}$.

3.3.9.2 Arcilla con porcentajes de Cal

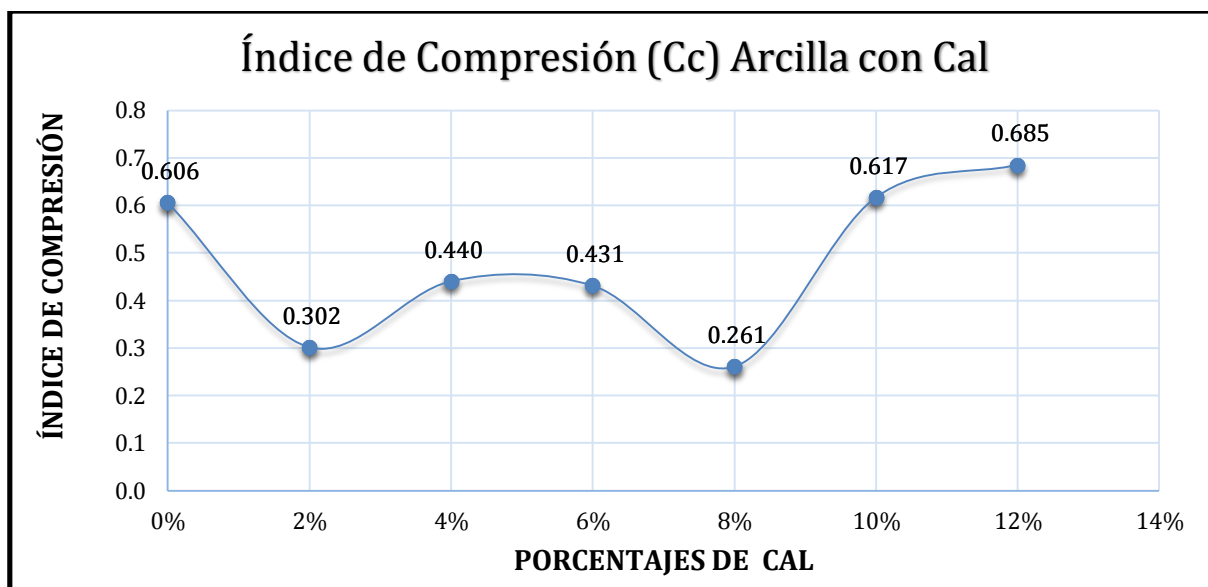
- Coeficiente de consolidación



Gráfica Coeficiente de Consolidación de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

- Índice de Compresión

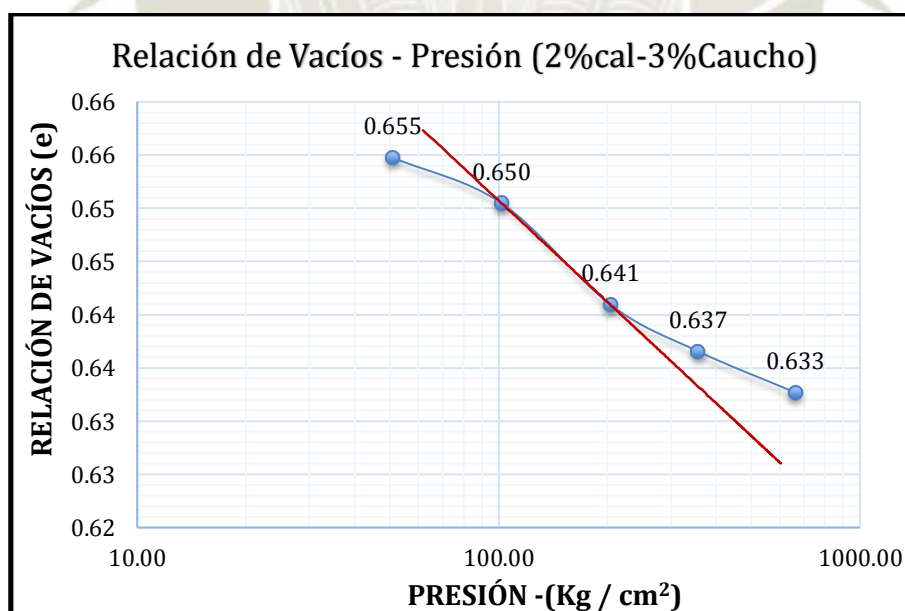


Gráfica 37 Índice de Compresibilidad (Cc) de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.3.9.3 Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

- Índice de Compresión



Gráfica 38 Relación de Vacíos - Presión (2%cal-3% Caucho)

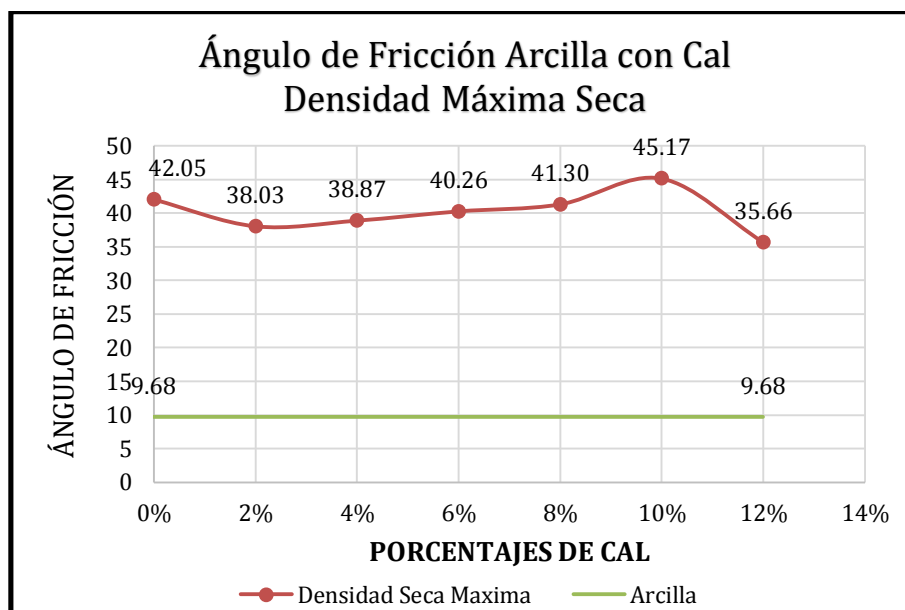
Fuente: Elaboración Propia

- Índice de Compresión es 0.324 para una combinación de 2% de cal y 3% de caucho
- Coeficiente de Consolidación es 7.19 m²/año

3.3.10 CORTE DIRECTO

3.3.10.1 Arcilla con porcentajes de Cal

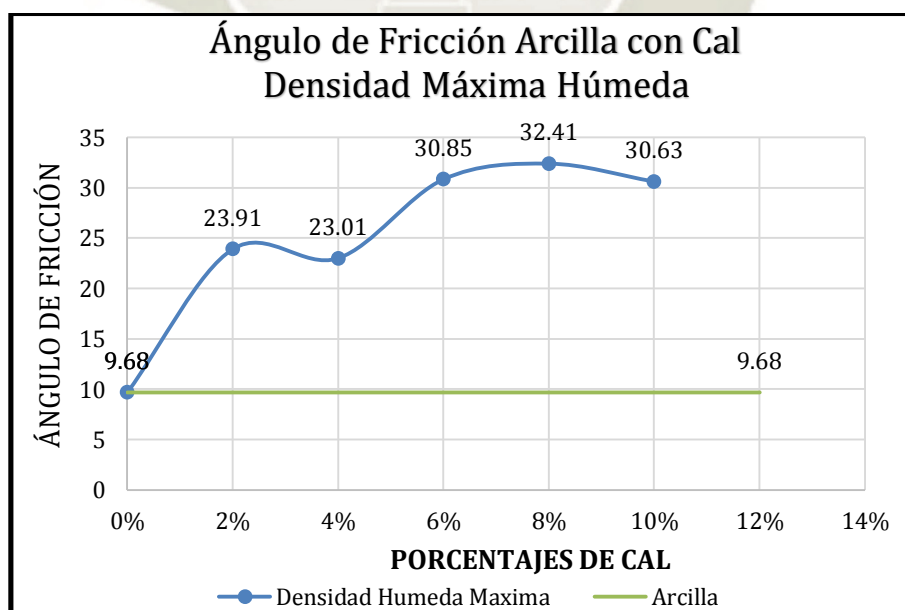
- Ángulos de Fricción - Densidad máxima seca



Gráfica 39 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

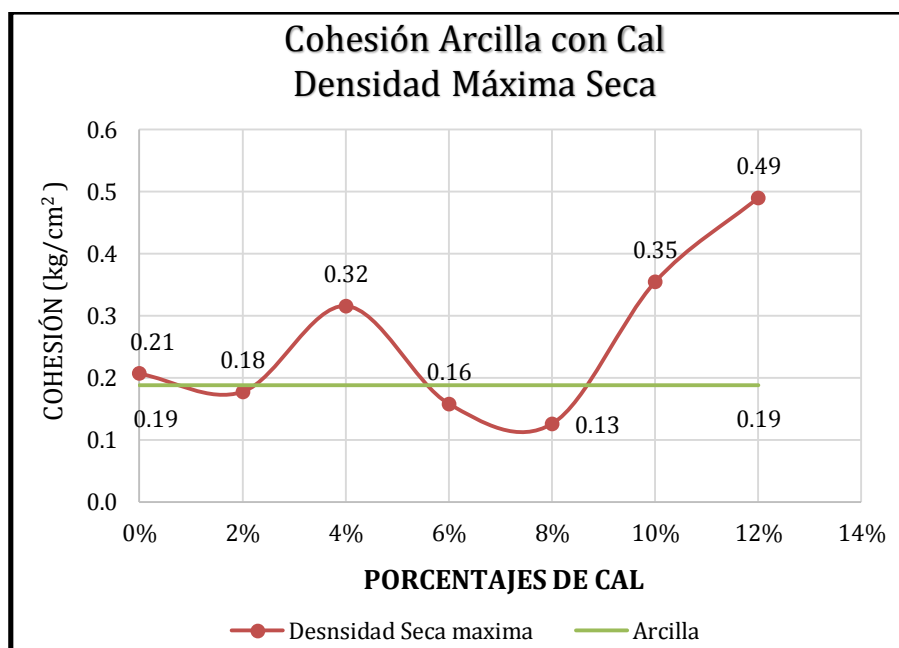
- Ángulo de Fricción - Densidad máxima húmeda



Gráfica 40 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

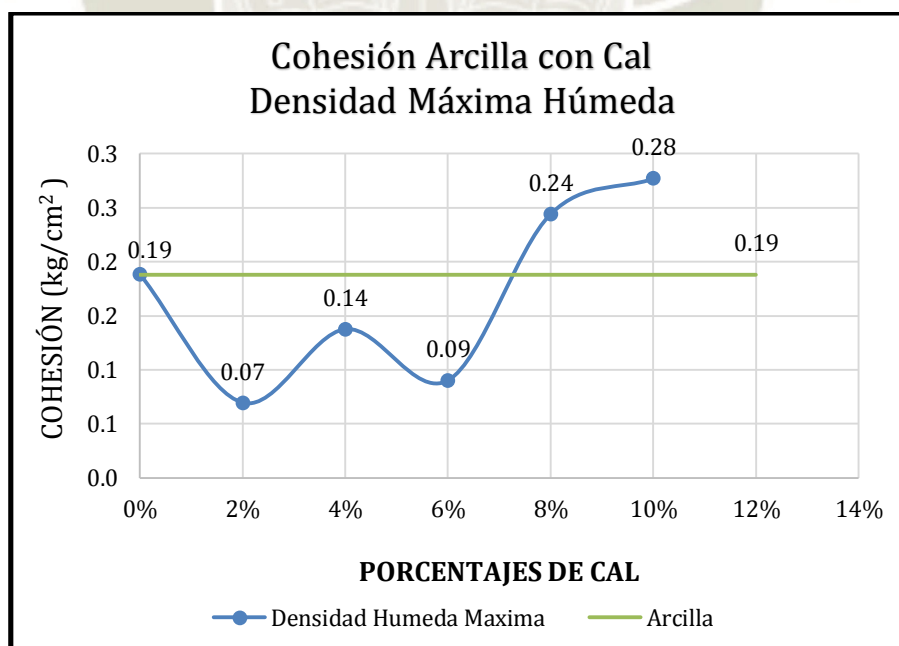
- Cohesión - Densidad máxima seca



Gráfica 41 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- Cohesión - Densidad máxima húmeda

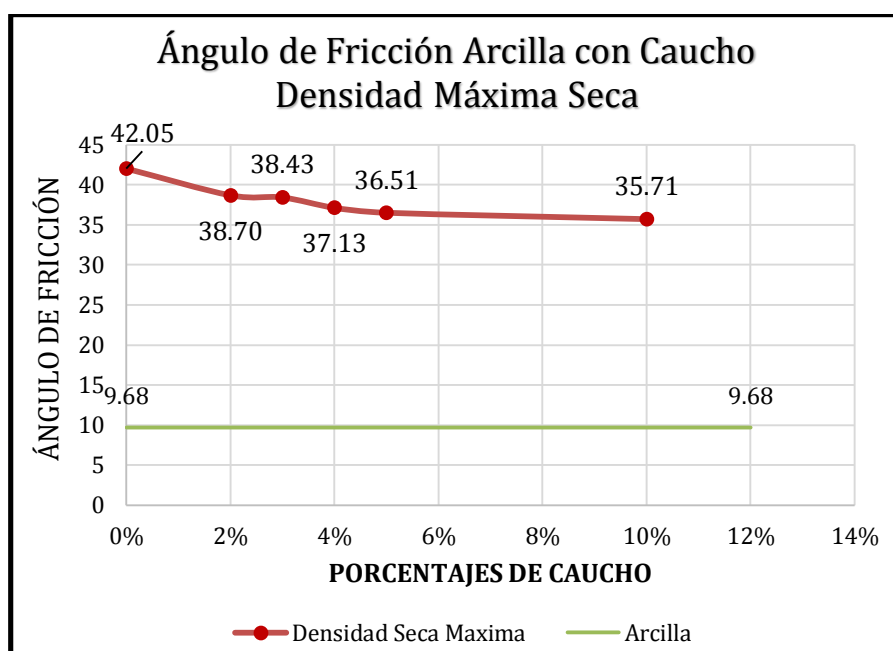


Gráfica 42 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Cal - Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

3.3.10.2 Arcilla con porcentajes de caucho

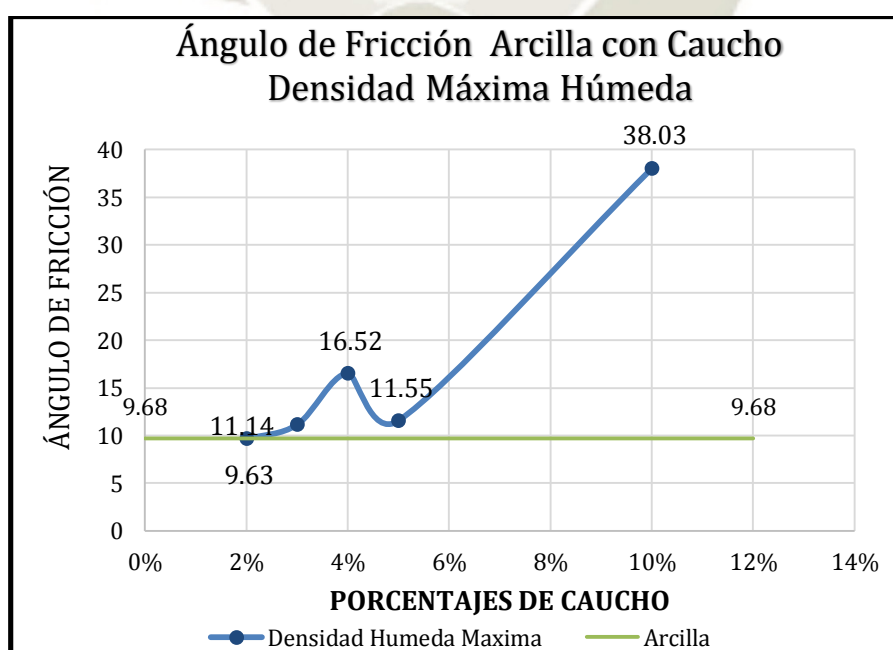
- Ángulo de Fricción - Densidad máxima seca



Gráfica 43 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

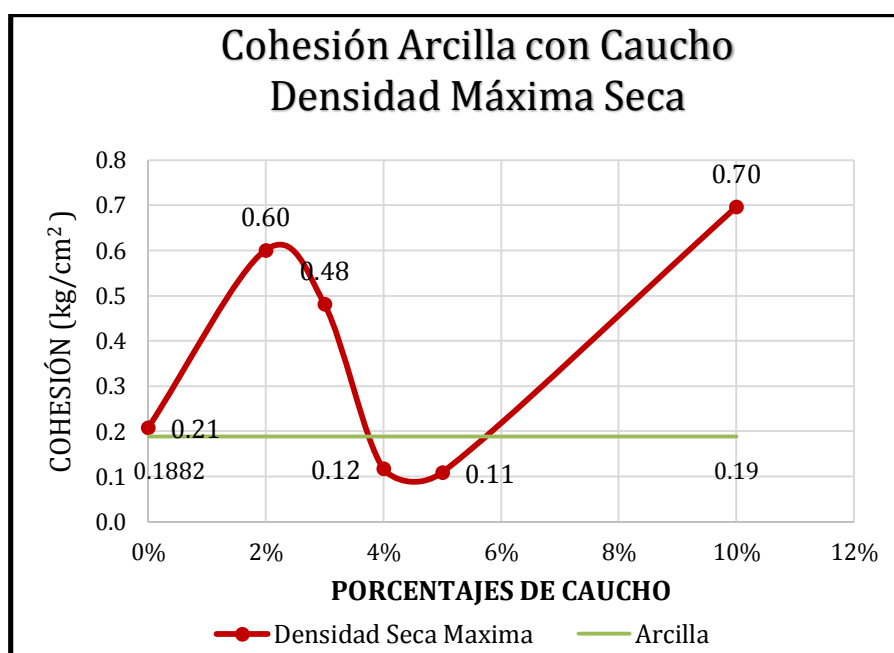
- Ángulo de Fricción - Densidad máxima húmeda



Gráfica 44 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

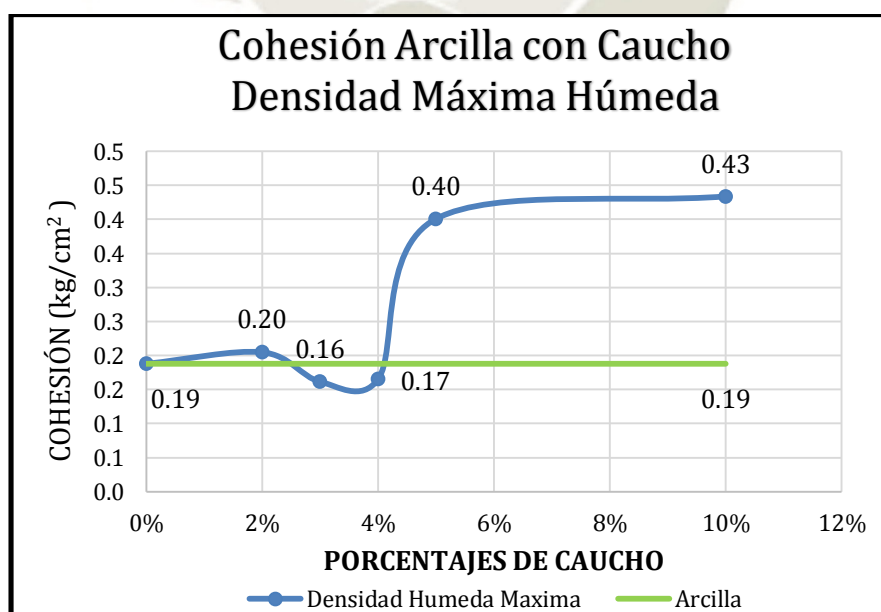
- Cohesión - Densidad máxima seca



Gráfica 45 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- Cohesión -Densidad máxima húmeda

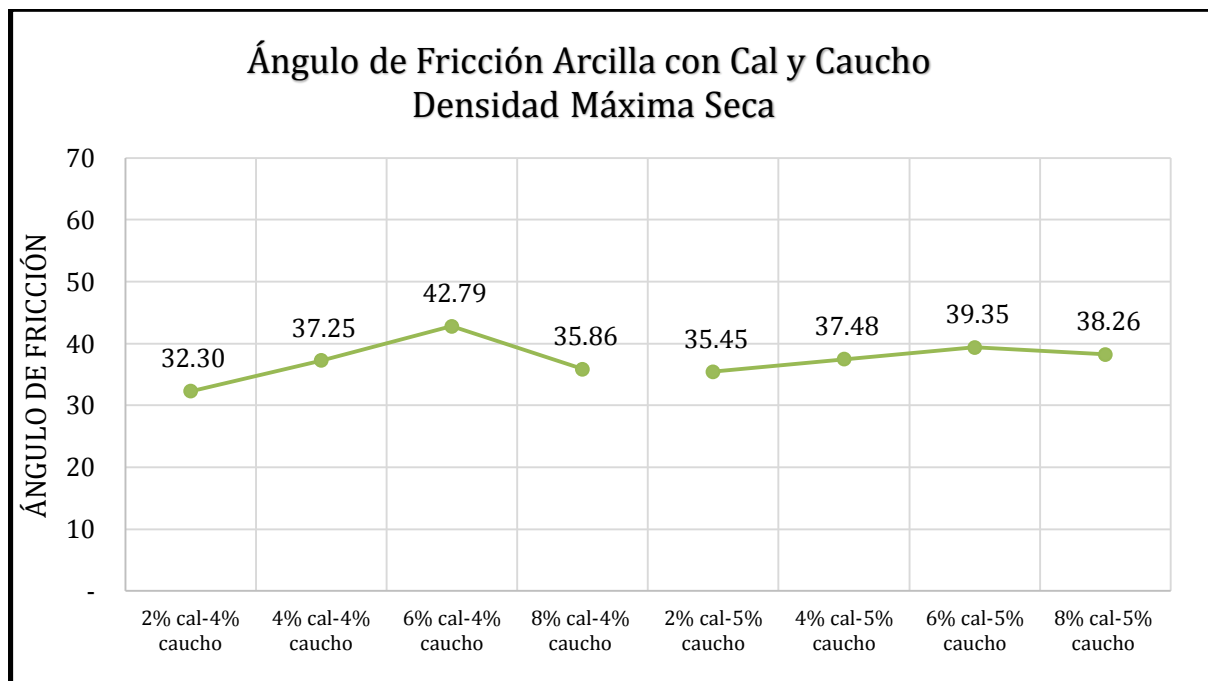


Gráfica 46 Cohesión - Arcilla con porcentajes de Caucho - Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

3.3.10.3 Arcilla con porcentajes de Cal y caucho – Densidad máxima seca

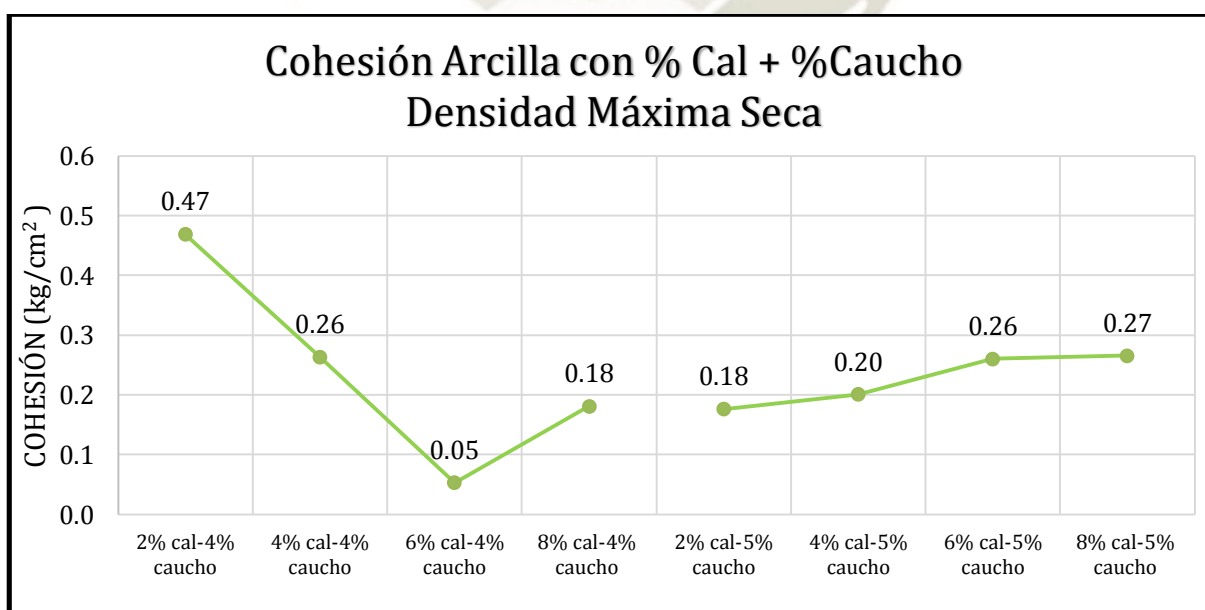
- Ángulo de Fricción



Gráfica 47 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- Cohesión

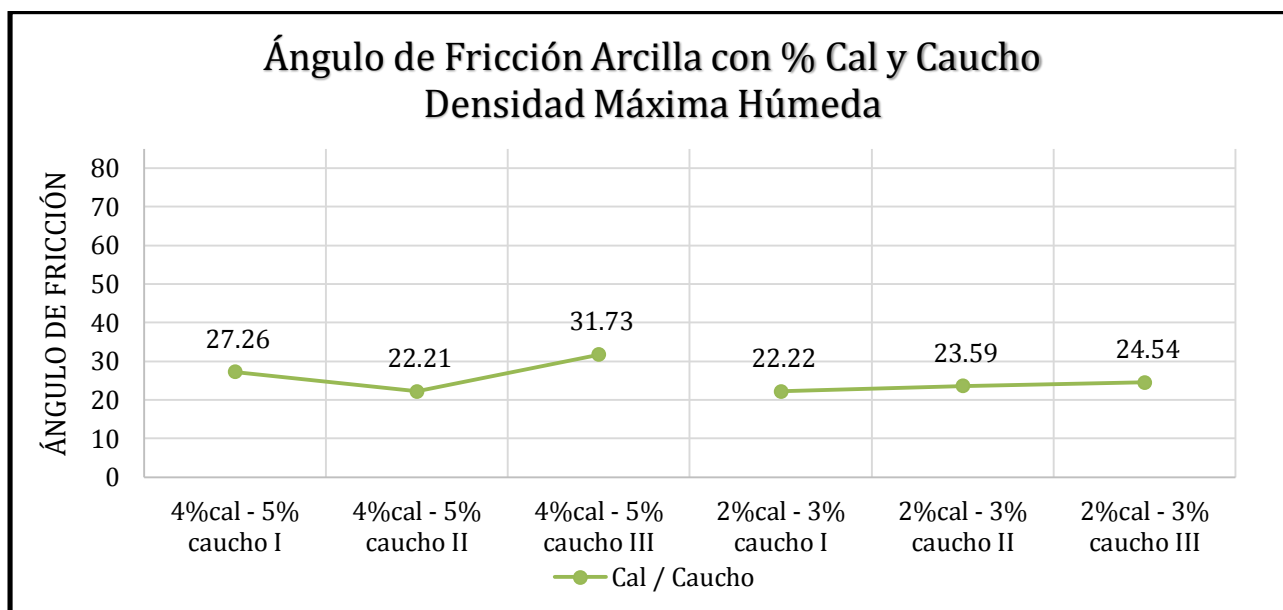


Gráfica 48 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

3.3.10.1 Arcilla con porcentaje de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda

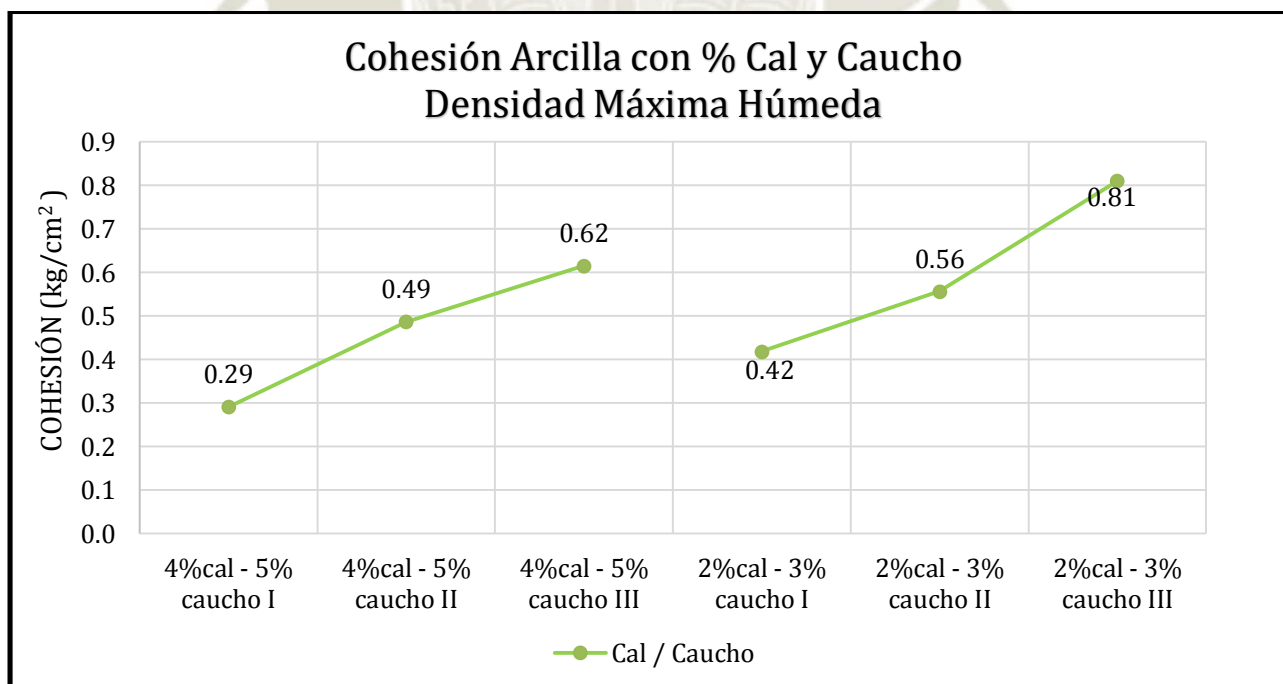
- Ángulo de Fricción



Gráfica 49 Ángulo de Fricción – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

- Cohesión



Gráfica 50 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

3.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

3.4.1 Arcilla

Tabla 11 Propiedades Físicas – Arcilla natural

Propiedades Físicas			
Contenido de humedad	w	35.22%	
Peso específico mínimo	$\gamma_{\min}$	1.27	g/cm ³
Peso específico máximo	$\gamma_{\max}$	2.20	g/cm ³
Gravedad específica	Gs	2.75	
Relación de vacíos	e	0.94	
Porosidad	n	48.54%	
Grado de saturación	S	96.68%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Propiedades Densimétricas – Arcilla natural

Propiedades Densimétricas			
Peso específico	γ	1.91	g/cm ³
Peso unitario seco	γ_d	1.41	g/cm ³
Peso unitario seco mínimo	$\gamma_{d\min}$	0.94	g/cm ³
Peso unitario seco máximo	$\gamma_{d\max}$	1.63	g/cm ³
Peso específico saturado	γ_{sat}	1.90	g/cm ³
Peso unitario sumergido	γ_b	0.90	g/cm ³
Densidad relativa	Dr	79%	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2 Arcillas con porcentajes de Cal

Tabla 13 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Cal

		Propiedades Físicas				
		2%	4%	6%	8%	10%
Contenido de humedad	w	21.2%	21.9%	22.9%	23.9%	20.5%
Gravedad específica	Gs	2.75	2.76	2.77	2.78	2.79
Relación de vacíos	e	0.7617	0.7931	0.8289	0.8659	0.8370
Porosidad	n	43.24%	44.23%	45.32%	46.41%	45.56%
Grado de saturación	S	58.44%	60.59%	63.45%	66.41%	57.20%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Cal

Propiedades Densimétricas		2%	4%	6%	8%	10%
Peso específico	γ	1.895	1.879	1.863	1.846	1.830
Peso unitario seco	γ_d	1.56	1.54	1.52	1.49	1.52
Peso específico saturado	γ_{sat}	1.996	1.983	1.969	1.954	1.974
Peso unitario sumergido	γ_b	1.00	0.98	0.97	0.95	0.97

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Arcilla con porcentajes de Caucho

Tabla 15 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Caucho

Propiedades Físicas		2%	3%	4%	5%	10%
Contenido de humedad	w	19.6%	18.3%	18.5%	18.1%	17.1%
Gravedad específica	Gs	2.71	2.70	2.68	2.66	2.58
Relación de vacíos	e	0.7236	0.7082	0.7122	0.7095	0.7100
Porosidad	n	41.98%	41.46%	41.59%	41.50%	41.52%
Grado de saturación	S	53.18%	49.43%	49.46%	48.11%	44.12%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Caucho

Propiedades Densimétricas		2%	3%	4%	5%	10%
Peso específico	γ	1.88	1.87	1.85	1.84	1.77
Peso unitario seco	γ_d	1.57	1.58	1.56	1.56	1.51
Peso específico saturado	γ_{sat}	1.993	1.992	1.980	1.972	1.922
Peso unitario sumergido	γ_b	0.99	0.99	0.98	0.97	0.92

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4 Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Tabla 17 Propiedades Físicas – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Propiedades Físicas										
		2% de Cal - 3% de Caucho	2% de Cal - 4% de Caucho	4% de Cal - 4% de Caucho	6% de Cal - 4% de Caucho	8% de Cal - 4% de Caucho	2% de Cal - 5% de Caucho	4% de Cal - 5% de Caucho	6% de Cal - 5% de Caucho	8% de Cal - 5% de Caucho
Contenido de humedad	w	19.7%	19.9%	20.6%	20.6%	21.9%	19.6%	20.3%	20.4%	21.6%
Gravedad especifica	Gs	2.704	2.687	2.696	2.705	2.714	2.670	2.679	2.68779	2.69668
Relación de vacíos	e	0.7487	0.7539	0.7864	0.8086	0.8504	0.7528	0.7844	0.8081	0.8484
Porosidad	n	42.81%	42.99%	44.02%	44.71%	45.96%	42.95%	43.96%	44.69%	45.90%
Grado de saturación	S	53.34%	53.44%	55.61%	55.82%	59.48%	52.36%	54.33%	54.78%	58.11%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Propiedades Densimétricas – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Propiedad Densimétricas										
		2% de Cal - 3% de Caucho	2% de Cal - 4% de Caucho	4% de Cal - 4% de Caucho	6% de Cal - 4% de Caucho	8% de Cal - 4% de Caucho	2% de Cal - 5% de Caucho	4% de Cal - 5% de Caucho	6% de Cal - 5% de Caucho	8% de Cal - 5% de Caucho
Peso específico	γ	1.851	1.837	1.820	1.804	1.788	1.822	1.806	1.78951	1.77329
Peso unitario seco	γ_d	1.55	1.53	1.51	1.50	1.47	1.52	1.50	1.49	1.46
Peso específico saturado	γ_{sat}	1.974	1.962	1.949	1.943	1.926	1.953	1.941	1.933	1.918
Peso unitario sumergido	γ_b	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.95	0.94	0.93	0.92

Fuente: Elaboración Propia

3.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS

3.5.1 Contenido de Humedad

- La arcilla natural presenta un 35.22% de contenido de humedad lo cual está dentro del rango que es del 20% al 60% para un suelo arcillo. (Gonzales, 2001)
- En caso de arcilla con porcentajes de cal debido a la propiedad absorbente de humedad de esta estos porcentajes van bajando de 3.36% en el caso del 2% a un 1.97% en caso del 12% de cal.

3.5.2 Peso Específico

- La arcilla tiene un peso específico de 1.91 g/cm³ se encuentra dentro del rango de arcillas que son 1.44 g/cm³ - 1.92 g/cm³
- El peso específico de la cal es 1.1 g/cm³ y del caucho 0.45 g/cm³
- En caso de la arcilla con porcentajes de cal el peso específico va descendiendo desde un 1.895 g/cm³ hasta 1.830 g/cm³ por ser mucho menor el peso específico de la cal. Teniendo un comportamiento según la siguiente ecuación:

$$y = -0.0162x + 1.9112$$

Ecuación 56 Peso Específico - Arcilla con porcentaje de Cal

$$R^2 = 1$$

- En caso de la arcilla con porcentajes de caucho se ve una disminución más significativa. Ya que el caucho tiene 76.43% menos de peso específico y los valores van de un 1.882g/cm³ en el caso del 2% hasta un 1.76 g/cm³ en caso del 10%.

3.5.3 Gravedad específica de Sólidos

- La arcilla tiene una gravedad específica de 2.745. Según el ASTM -854-92 para arcillas es de 2.75 siendo un parámetro parecido al obtenido en el ensayo.
- EL caucho según el ensayo presenta una gravedad específica de 1.061

- La cal según ficha técnica presenta una gravedad específica de 3.19
- En el caso de arcilla con cal el valor de gravedad específica va aumentando de 2.75 hasta 2.79 en caso del 10% de cal.
- En caso de arcilla con caucho el valor de gravedad específica van disminuyendo desde 2.71 hasta un 2.58 en el caso de 10% de caucho.

3.5.4 Análisis Granulométrico de Arcilla

- En promedio pasa por la malla N°200 un 61.96% que es mayor al 50% lo que nos confirma que se habla de un suelo fino.

3.5.4.1 Análisis granulométrico del Caucho

- Tenemos un 100% pasante de la malla N°4 y por la malla N°200 el 0.74% teniendo un 99.26 retenido entre las mallas N°4 y N°200 tendría un comportamiento similar al de una arena por su granulometría.
 - $C_u = 2.44 < 4$ no cumple
 - $C_c = 0.74 < 1$ no cumple
- Teniendo un comportamiento mal graduado.

3.5.5 Límites de Atterberg

3.5.5.1 Límite Líquido

- EL limite líquido de la arcilla en promedio es 47.91%, el cual es coherente según el cuadro Costet para una arcilla debe ser mayor a 35%
- Al momento de incorporar porcentajes de cal el limite liquido va disminuyendo de 47.88% en el caso del 2% hasta un 45.97% en el caso del 12% siendo su comportamiento según la siguiente formula:

$$y = -0.0033x + 0.4842$$

Ecuación 57 Límite Líquido - Arcilla con porcentaje de Cal

$$R^2 = 0.973$$

3.5.5.2 Limite Plástico

- EL limite plástico de la arcilla en promedio es 22.26% el cual es coherente según el cuadro Costet para una arcilla debe ser mayor a 15%
- Se ve un incremento en todos los porcentajes regular de un 22.26% a un 22.55% en promedio desde el 2% al 12%.

3.5.5.3 Índice de Plasticidad

- El índice de plasticidad promedio es de 25.65%

Línea A

$$I_{pc} = 0.73 (L_l - 20)$$

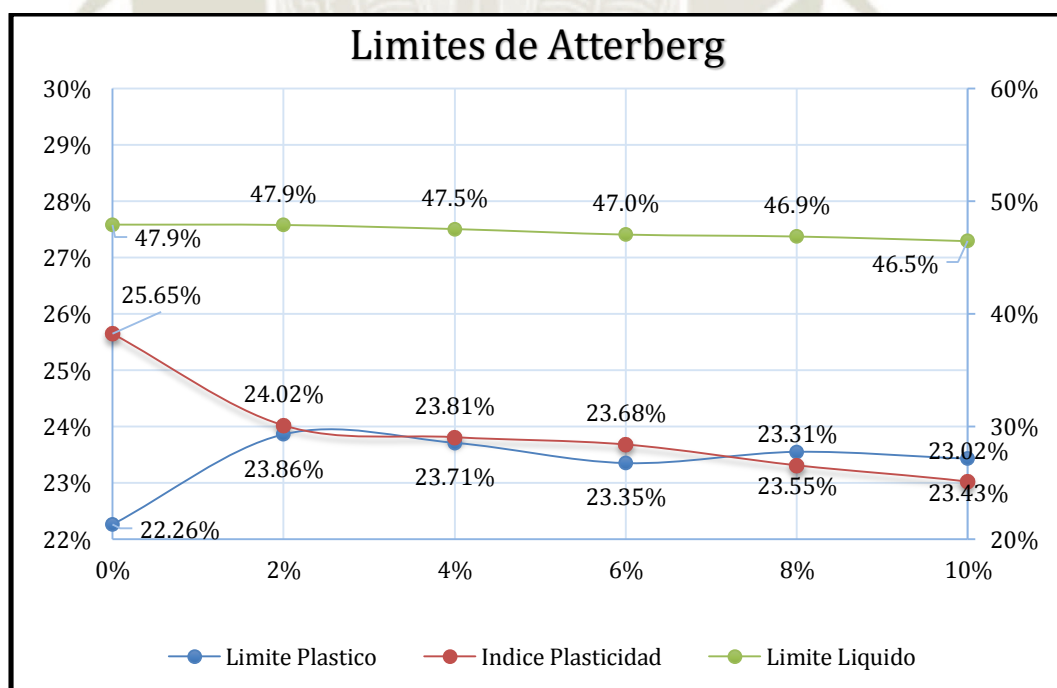
$$I_{pc} = 20.37\%$$

Línea U

$$I_{pc} = 0.9 (L_l - 8)$$

$$I_{pc} = 35.92\%$$

- En caso del suelo con porcentajes de cal se observa una disminución que va desde un 24.02% hasta un 22.60%



Gráfica 51 Límites de Atterberg de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6 Clasificación de Suelos

- Después de realizar el ensayo de Análisis Granulométrico por lavado de finos e Hidrómetro donde el 61.96% del peso es pasante por la malla N°200 siendo mayor al 50% lo que nos confirma que se habla de un suelo fino.
- Por medio del ensayo de Límites de Atterberg, se procede a clasificar por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
 - Debido a $25.65\% > 20.37\%$ es decir el $I_p > I_{pc}$ la clasificamos como una Arcilla
 - Mediante la Carta de Plasticidad de Casagrande uso exclusivo para Suelos cohesivos. Se tiene que es suelo arcillas de mediana Plasticidad

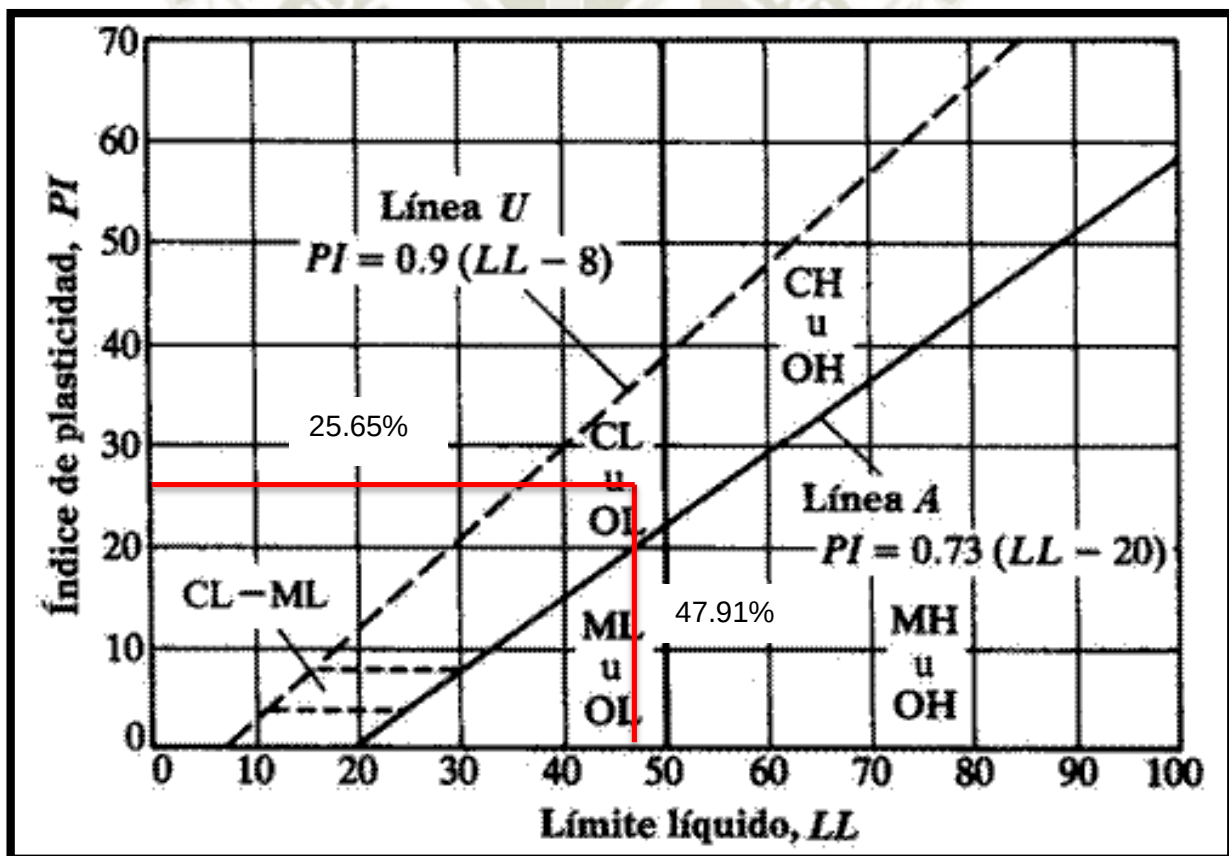


Ilustración 23 Carta de Plasticidad

- Debido a $47.91 < 50$ se la clasifica como una Arcilla de baja Plasticidad CL

- Clasificación de Cambio Potencial de Volumen

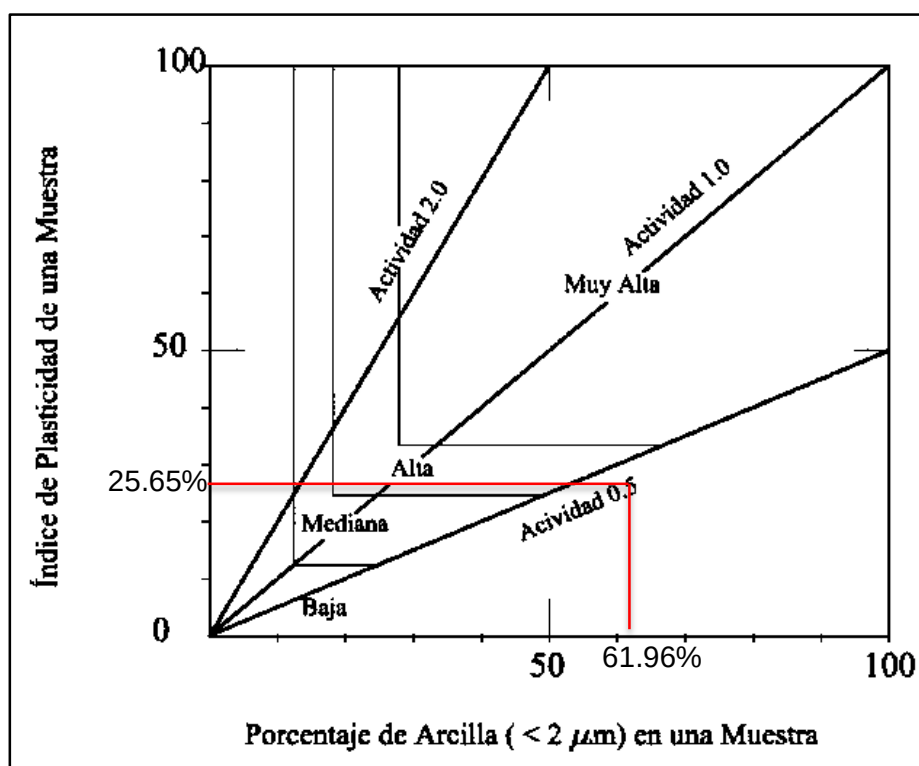


Ilustración 24 Cambio de Potencial de Volumen

- Es un suelo de Bajo potencial de cambio de volumen

3.5.7 Proctor Modificado

- Primero se realizó una corrección de absorción de contenido de humedad por cada porcentaje de cal que se le agrega al suelo teniendo como resultado 0.77% por cada unidad de porcentaje que se le incremente al suelo.
- En caso de la arcilla se tiene una densidad Máxima Seca de 1.658 g/cm³ y Contenido de Humedad de 20.4 %
- En el caso de la arcilla con incremento de porcentajes de cal se ve una pendiente decreciente de un 1.674 -1.613 g/cm³ en la densidad Máxima Seca. Cuyá ecuación es

$$y = -1.0148x + 1.6838$$

Ecuación 58 Densidad máxima seca - Arcilla con porcentajes de Cal

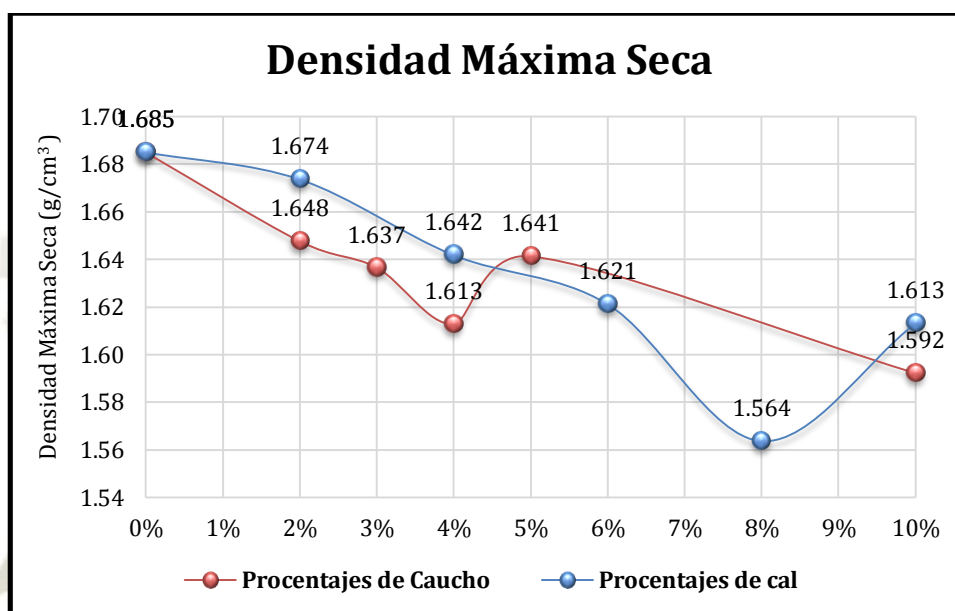
$$R^2 = 0.736$$

- De la misma forma en los porcentajes de caucho disminuye de un 1.685 g/cm^3 en el caso de 2% a 1.592 g/cm^3 en el caso del 10% de caucho en la densidad máxima seca.

$$y = -0.824x + 1.6689$$

Ecuación 59 Densidad máxima seca – Arcilla con porcentajes de Caucho

$$R^2 = 0.7828$$



Gráfica 52 Densidad máxima seca de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

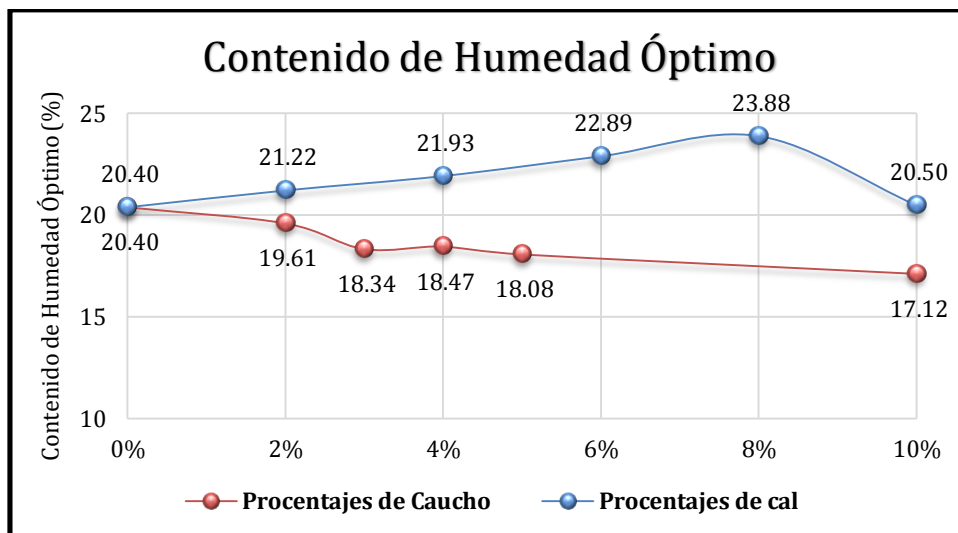
- Los porcentajes de cal incrementa el contenido de humedad optimo hasta un 23.88% en el caso de 8% de cal.
- Los porcentajes de caucho disminuyen el contenido de humedad optimo hasta un 17.12% en el caso del 10% de caucho. Cuya ecuación es la siguiente

$$y = -31.64x + 19.938$$

Ecuación 60 Contenido de humedad de Arcilla con porcentajes de Caucho

$$R^2 = 0.8579$$

- En todos los casos la Curva humedad - Densidad seca intersecta con la curva de saturación entre el 80% y 90%



Gráfica 53 Contenido de humedad Óptimo de Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho

Fuente: Elaboración Propia

3.5.7.1 Grado de Saturación

- El grado de Saturación de la arcilla inalterada es 88.89%
- En caso de los porcentajes de cal el grado de saturación disminuye desde el 85.25% hasta un 67.92%.
- En el caso de los porcentajes de caucho baja el grado de saturación significativamente desde un 79.91% hasta un 76.36%

$$y = -181.74x + 89.836$$

Ecuación 61 Grado de saturación de Arcilla con porcentajes de Caucho

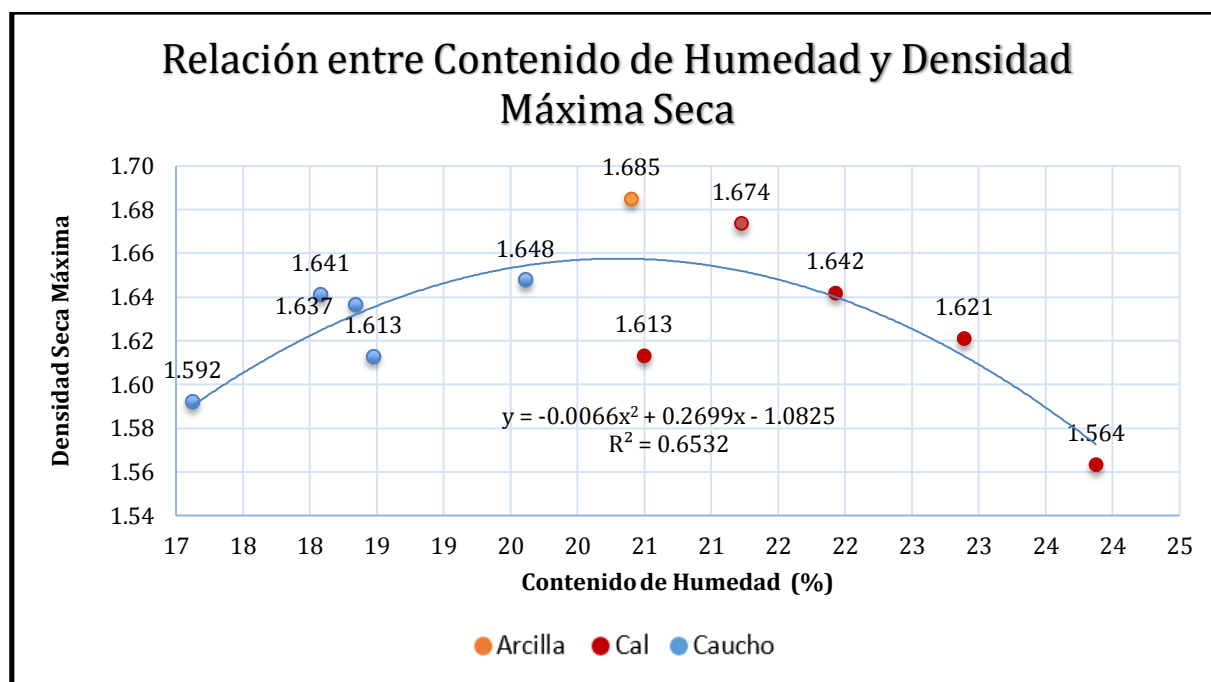
$$R^2 = 0.8601$$

3.5.7.2 Humedad de Saturación

- La humedad de saturación para arcilla inalterada es de 22.95%
- En el caso de la arcilla con los porcentajes de cal la humedad de saturación se matiné entre un 21.5 a 24.5%
- El incremento de porcentajes de caucho a la arcilla genera que la humedad de saturación se matiné entre un 22.58 a 24.50%

3.5.7.3 Relación entre Contenido de Humedad óptimo y la Densidad Seca

Máxima



Gráfica 54 Relación entre Contenido de humedad y Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- Se tiene un comportamiento de una función polinómica de segundo grado.

3.5.8 Mesa Vibratoria

- La Densidad Máxima promedio es 1.7 g/cm³

$$e_{\min} = \left(\frac{1 + \omega}{\gamma_{\max}} \gamma_{\omega} \cdot G_s \right) - 1$$

$$e_{\min} = 1.09$$

- La Densidad Mínima promedio es 0.99 g/cm³

$$e_{\max} = \left(\frac{1 + \omega}{\gamma_{\min}} \gamma_{\omega} \cdot G_s \right) - 1$$

$$e_{\max} = 2.59$$

3.5.9 Consolidación de Suelos Cohesivos

3.5.9.1 Coeficiente de consolidación

- Coeficiente de hinchamiento en caso de arcilla sin carga es de 1.60 m²/ año
- En Coeficiente de consolidación de la arcilla inalterada es de 13.89 m²/ año que se encuentra fuera del rango de 1-10 m²/ año.
- En caso de la arcilla al que se le adiciono los porcentajes de cal varían entre un 6.61 m²/ año – 2.85 m²/ año.
- El coeficiente de consolidación de nuestros porcentajes óptimos: 2% de cal y 3% de caucho es de 7.19 m²/ año.

3.5.9.2 Índice de Compresibilidad

- El Índice de Compresibilidad es 0.606 según Nishida (1956)

$$C_c = (1.15(e_0 - 0.35))$$

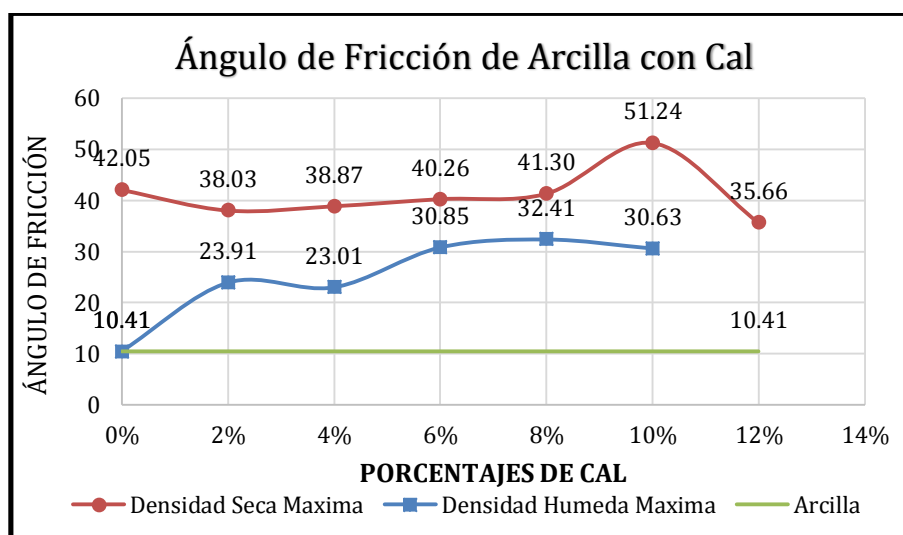
$$C_c = 0.678$$

- Es un valor aproximado para una arcilla de comportamiento de arcilla
- El Índice de Compresibilidad para el 2% de cal es 0.302 que es menor que nuestro Índice de arcilla inalterada.
- El Índice de Compresibilidad de nuestros porcentajes óptimos: 2% de cal y 3% de caucho es de 0.324

3.5.10 Corte Directo

3.5.10.1 Ángulo de Fricción

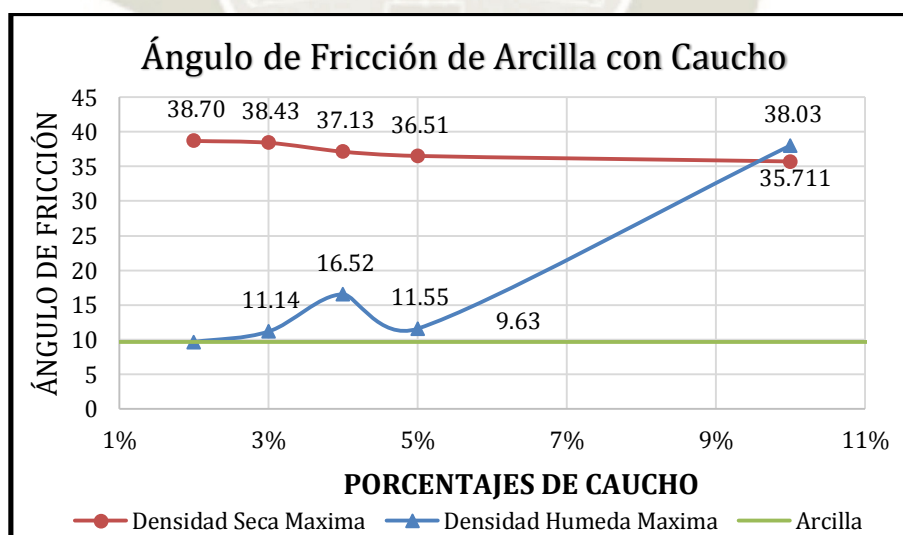
- Arcilla con porcentajes de Cal



Gráfica 55 Ángulo de Fricción de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de cal tanto con contenido de humedad como estado seco en todas las combinaciones supera el Ángulo de fricción del suelo inalterado. Siendo la segunda superior a la de estado húmedo
- Arcilla con porcentajes de Caucho

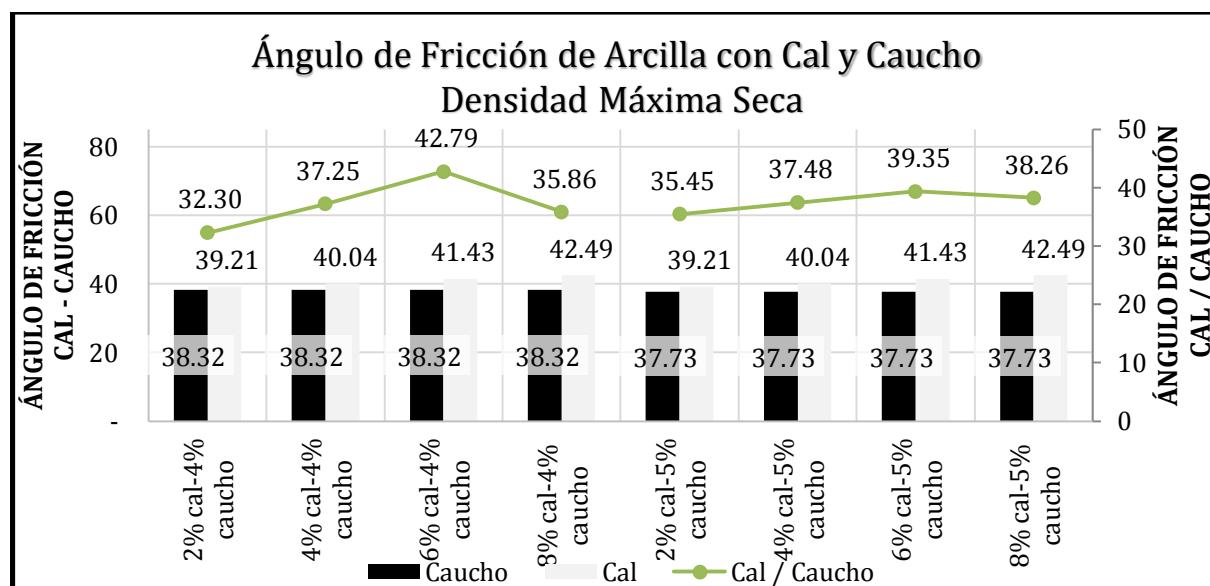


Gráfica 56 Ángulo de Fricción de Arcilla con porcentajes de Caucho

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de caucho tanto con contenido de humedad como estado seco en todas las combinaciones supera el Ángulo de fricción del suelo inalterado. Siendo la segunda superior a la de estado húmedo excepto en el 10% de caucho.

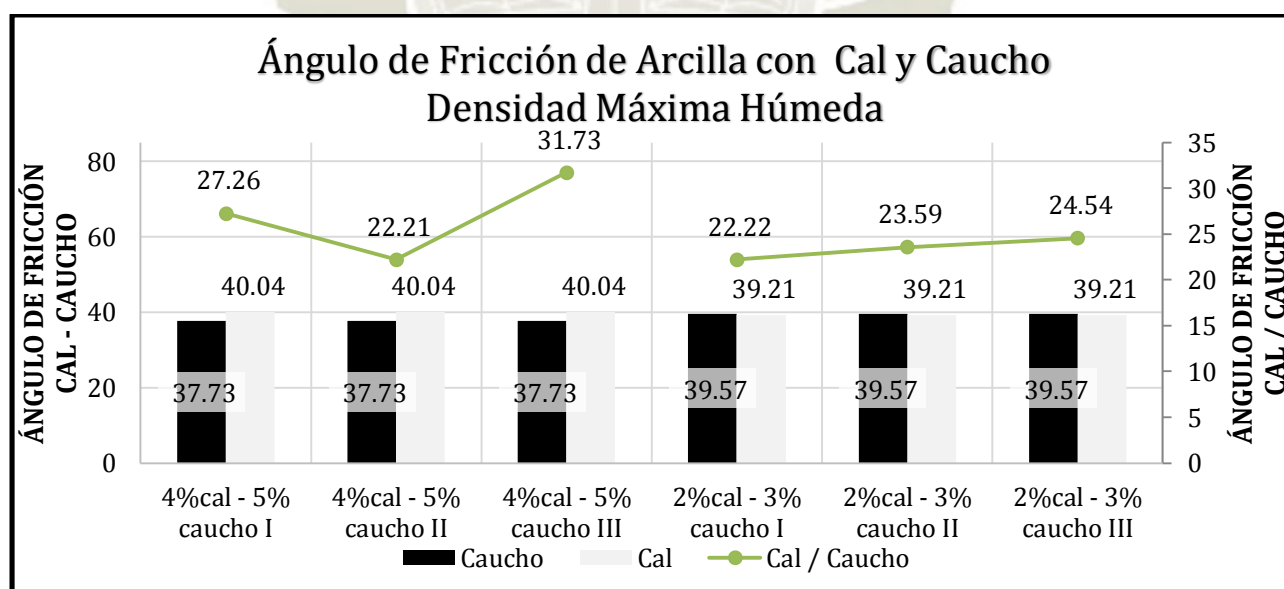
- Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca



Gráfica 57 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de Caucho y Cal en estado seco se observa que las combinaciones dan como resultado valores promedio entre ambos Ángulos de Fricción, en algunos casos mayores y en otros menores.
- Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda



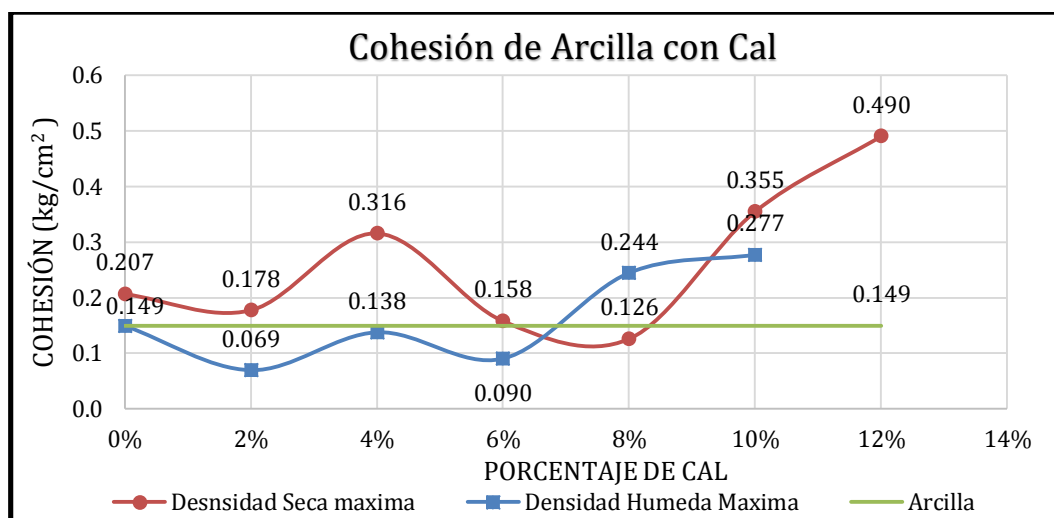
Gráfica 58 Ángulo de Fricción - Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de Caucho y Cal con w% se observa que las combinaciones dan como resultado valores menores a ambos Ángulos de Fricción, esto se debe a la presencia del agua.

3.5.10.2 Cohesión

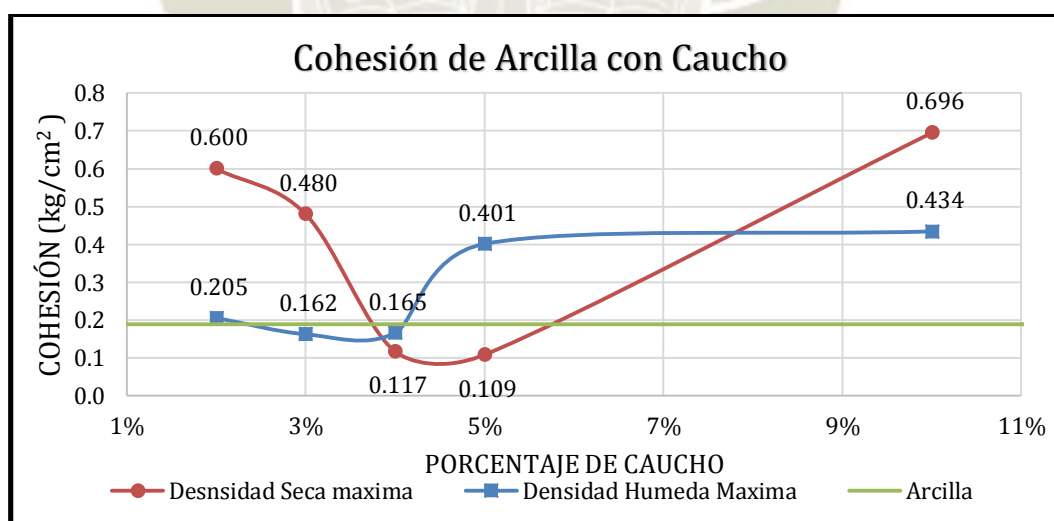
- Arcilla con porcentajes de Cal



Gráfica 59 Cohesión de Arcilla con porcentajes de Cal

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de Cal en estado seco se observa que en su mayoría los valores superan a la cohesión de la arcilla inalterada excepto en el 8%. En caso de las combinaciones con w% no superan a la cohesión inicial hasta el 8%. Siendo las del estado seca mayores a las de estado húmedo.
- Arcilla con porcentajes de Caucho

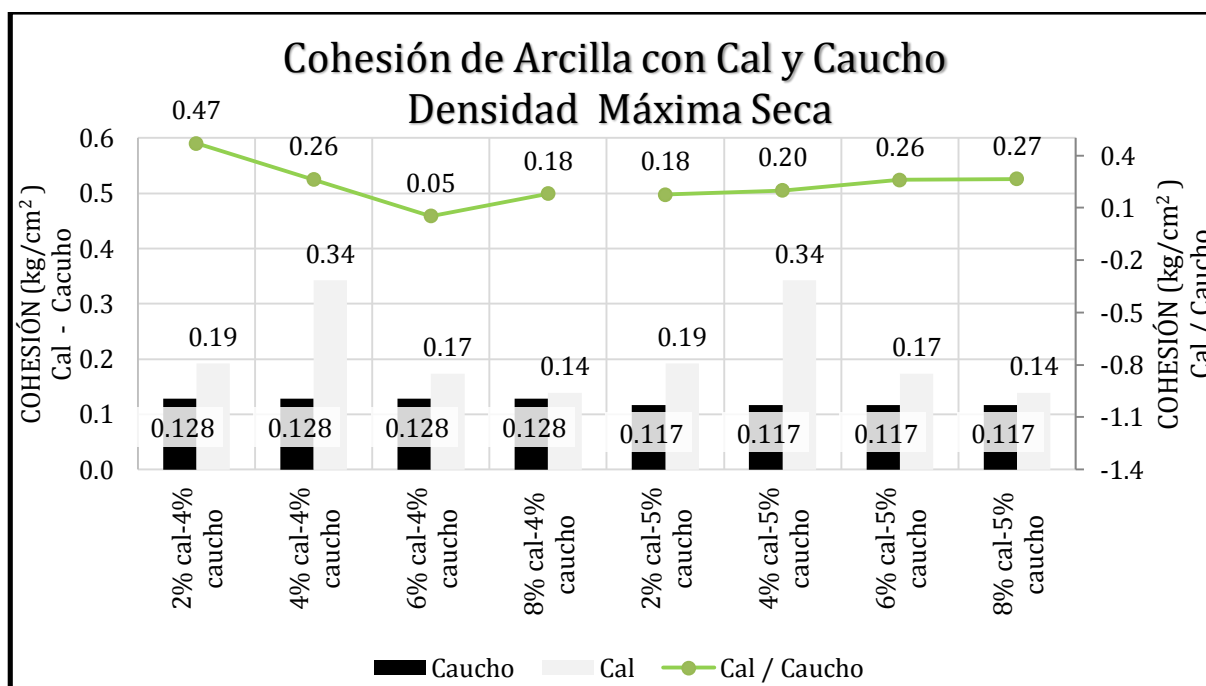


Gráfica 60 Cohesión de Arcilla con porcentajes de Caucho

Fuente: Elaboración Propia

- En el caso de los porcentajes de Caucho en estado seco se observa que en su mayoría los valores superan a la cohesión de la arcilla inalterada excepto en el 4% - 5%. En caso de las combinaciones con w% no superan a la cohesión inicial hasta el 5%. Siendo las del estado seca mayores a las de estado húmedo excepto en el 4% - 5%.

- Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima seca



Gráfica 61 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho– Densidad máxima seca

Fuente: Elaboración Propia

- Los porcentajes de Caucho y Cal en estado seco se observa que las combinaciones dan como resultado valores promedio entre ambas Cohesiones en el caso de:

% Cal	% de Caucho
4	4
2	5
4	5

Fuente: Elaboración Propia

- Los porcentajes de Caucho y Cal en estado seco se observa que las combinaciones dan como resultado valores mayores a ambas Cohesiones en el caso de:

% Cal	% de Caucho
2	4
8	4
6	5
8	5

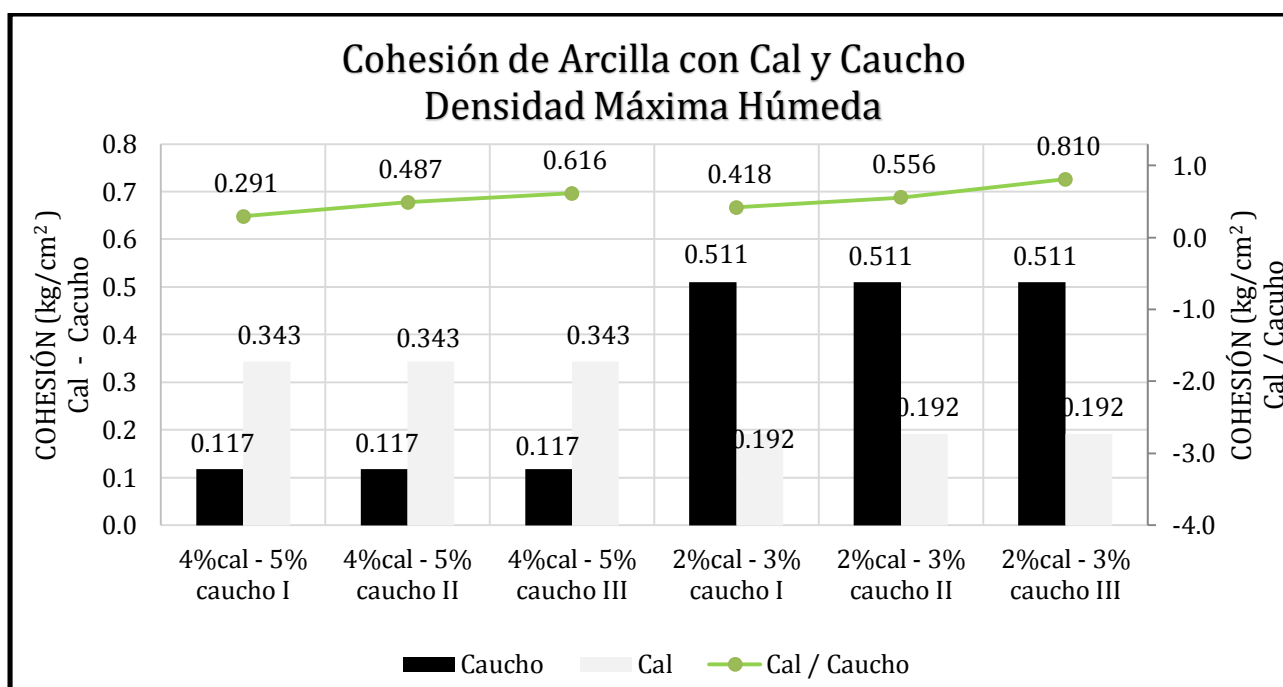
Fuente: Elaboración Propia

- Los porcentajes de Caucho y Cal en estado seco se observa que las combinaciones dan como resultado valores menores a ambas Cohesiones en el caso de:

% Cal	% de Caucho
6	4

Fuente: Elaboración Propia

- **Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda**
- Se seleccionaron los porcentajes de 4% de cal y 5% de caucho por ser los que presentaban mayores valores de ángulo de fracción en estado húmedo.
- Se seleccionaron los porcentajes de 2% de cal y 3% de caucho por ser los que presentaban mayores valores de cohesión en estado húmedo.
- En ambas combinaciones se ensayó a las 24 h, 48 h y 72 h.



Gráfica 62 Cohesión – Arcilla con porcentajes de Cal y Caucho – Densidad máxima húmeda

Fuente: Elaboración Propia

- Se observa con la cohesión va aumenta en relación al aumento de horas de reposo para hacer el ensayo.
- En ambos casos la combinación I no supera al promedio de cohesiones, pero la combinación II y III si superan ambas cohesiones.
- Siendo el valor elegido y óptimo el de la combinación 2% de cal y 3% de caucho.

3.5.11 Evaluación de resultado de gabinete

- La relación de vacíos es 0.94 concuerda con rango de arcillas que es de 0.84 a 3
- Porosidad es 48.54% se encuentra dentro del rango de 35% - 83% para suelos cohesivos.
- Grado de saturación de 96.68%
- Peso unitario Seco de 1.41 g/cm^3 este valor se encuentre dentro del intervalo de arcilla suave que es $1.15 - 1.45 \text{ g/cm}^3$
- Se lo pude considera una Arcilla blanda debido a que su relación de vacíos se encuentra entre 0.9 y 1.4, también su contenido de humedad esta entre 30% - 50% y su peso unitario seco esta entre 1.15 y 1.45 g/cm^3
- Peso específico saturado de 1.90 g/cm^3
- Peso unitario Sumergido de 0.90 g/cm^3
- Su Densidad Relativa es 79% que nos dice que es denso o compactado ya que se encuentra ente 70% y 85%

CAPÍTULO IV:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÚLTIMA

4.1 CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN LA TEORÍA DE TERZAGHI

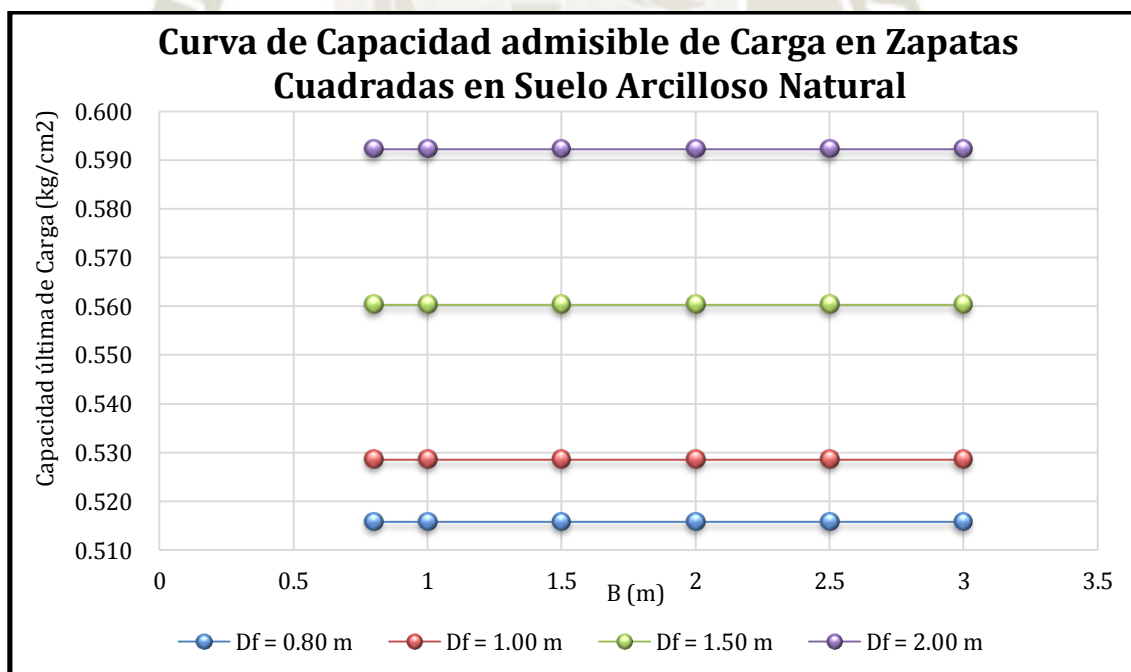
4.1.1 Determinación de la capacidad de carga del suelo - Método de Terzaghi

En el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma técnica E - 050 Suelos y Cimentaciones considera la aplicación del Método de Terzaghi, en la tabla y la gráfica adjunta se observa una distribución lineal ($x=x$), considerando el ángulo de fricción interna (ϕ) igual a cero y observando que no tiene relevancia en ancho de cimentación.

Tabla 19 Capacidad Admisible de Carga para diferentes valores de B (m) – Arcilla Natural

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516
Df = 1.00 m	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529
Df = 1.50 m	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560
Df = 2.00 m	0.592	0.592	0.592	0.592	0.592	0.592

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 63 Curva de Capacidad de Carga en Zapatas – Arcilla Natural

Fuente: Elaboración Propia

4.2 CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN LA TEORÍA DE MERYERHOF

4.2.1 Determinación de la capacidad de carga del suelo - Método de

Meyerhof

En el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma técnica E - 050 Suelos y Cimentaciones en el Capítulo 3.3, para suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcillosa), se empleará un ángulo de fricción interna (ϕ) igual a cero, en la Tabla N° 20 se observa que la presión admisible en un tipo de terreno de arcilla semidura es de 2.00 kg/cm².

Tabla 20 Presiones admisibles para proyectos de cimentaciones superficiales

TIPO DE TERRENO	Presiones Admisible kg/cm ²
Roca sana dura no estratificada	30-60
Roca sana dura estratificada	10-20
Roca blanca	8.5-10.8
Arcilla dura descansando sobre roca	10.8-13
Grava compacta y yacimientos de grava-canto rodado, grava arenosa muy compacta	10.8
Arcilla seca consolidad, dura	4
Arena gruesa o media suelta, arena fina media compacta	4.3
Suelo compactos de arena y arcilla	3.2
Arena fina suelta, suelo inorgánico de arena y limo medio compacto	2.1
Arcilla semidura	2
Suelo de arena y arcilla sueltos saturados, arcilla blanda	1
Arcilla fluida	0.5

Fuente: Estudios realizados por CONANMA Capítulo 12 GEOTECNIA

Por tanto, la capacidad de carga última y admisible del suelo (arcilla), se hará el uso de los parámetros obtenidos en los ensayos de corte directo de las diferentes muestras, ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión. Considerando un determinado ancho de cimentación que varía entre 0.50 m a 3.00 m, con profundidad de cimentación de 0.80 m, 1.00 m y 1.50 m. Cabe mencionar que los ensayos se realizaron en condiciones drenadas, por motivos de que existiera una mezcla homogénea entre el suelo(arcilla), cal y caucho.

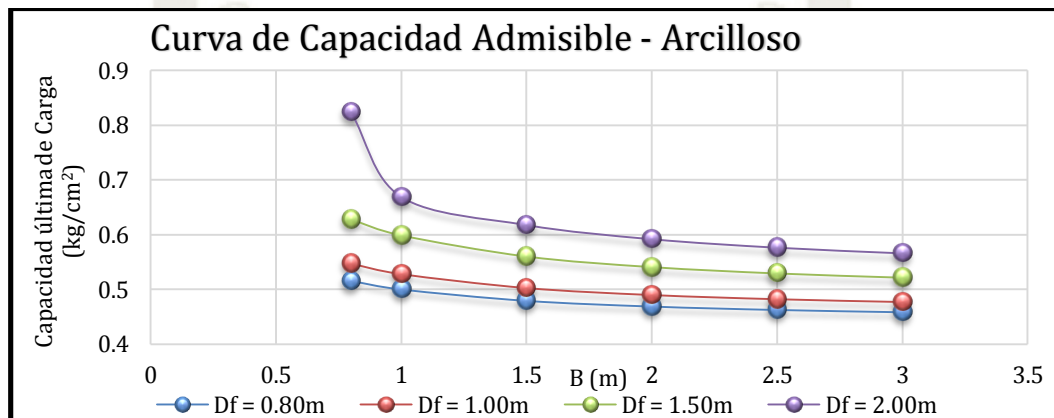
4.3 CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA

4.3.1 Capacidad de carga de suelo arcilloso

Tabla 21 Capacidad Admisible de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.515	0.500	0.479	0.469	0.463	0.459
Df = 1.00 m	0.547	0.528	0.502	0.489	0.482	0.476
Df = 1.50 m	0.628	0.599	0.560	0.540	0.529	0.521
Df = 2.00 m	0.824	0.669	0.617	0.592	0.576	0.566

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 64 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración Propia

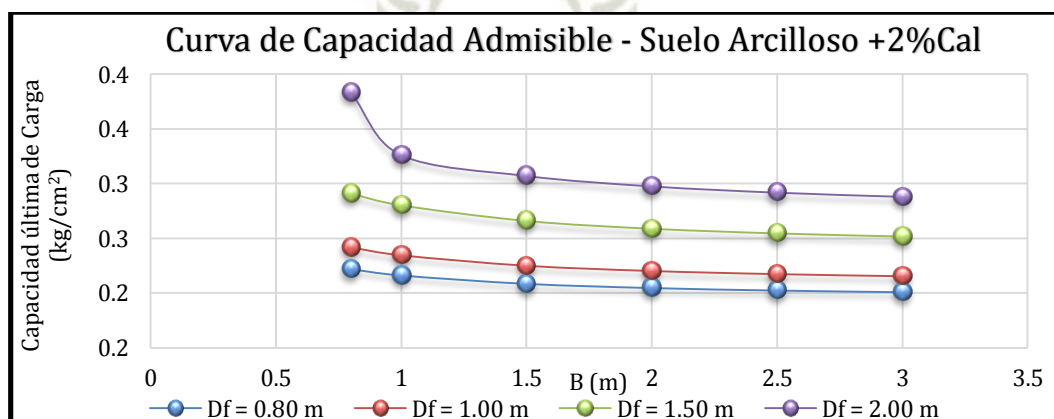
4.3.2 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal

4.3.2.1 Suelo arcilloso + 2%cal

Tabla 22 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 2% Cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.222	0.216	0.208	0.205	0.202	0.201
Df = 1.00 m	0.242	0.234	0.225	0.220	0.217	0.215
Df = 1.50 m	0.291	0.280	0.266	0.259	0.255	0.252
Df = 2.00 m	0.383	0.326	0.307	0.298	0.292	0.288

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 65 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso +2%Cal

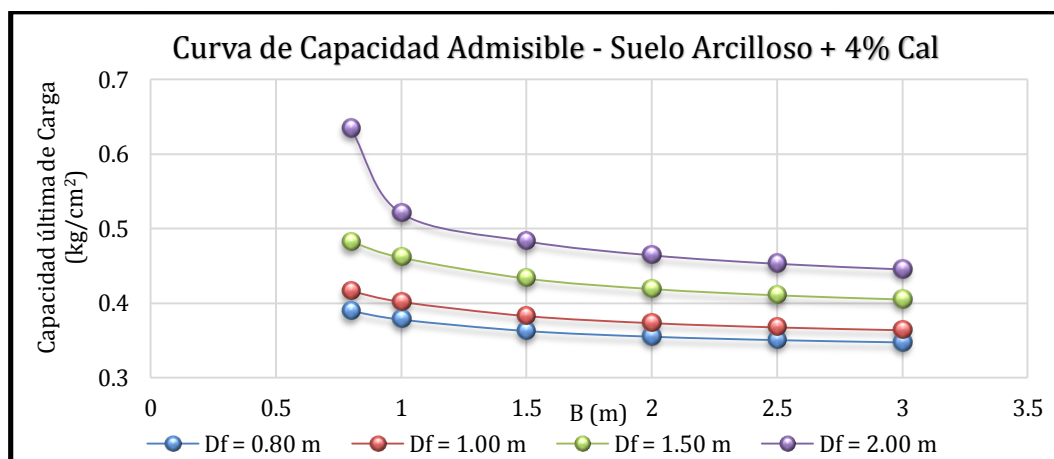
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.2 Suelo arcilloso + 4%cal

Tabla 23 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.389	0.378	0.363	0.355	0.351	0.348
Df = 1.00 m	0.416	0.402	0.383	0.374	0.368	0.364
Df = 1.50 m	0.483	0.461	0.433	0.419	0.411	0.405
Df = 2.00 m	0.634	0.521	0.483	0.465	0.453	0.446

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 66 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal

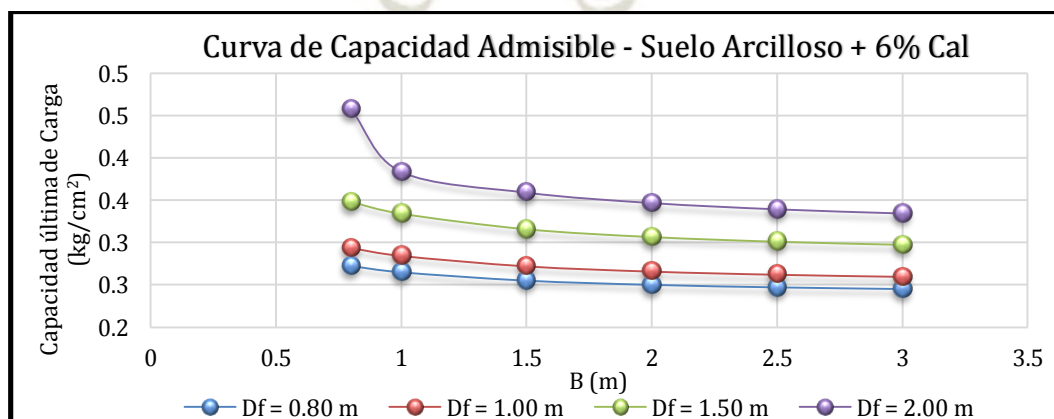
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.3 Suelo arcilloso + 6%cal

Tabla 24 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - suelo arcilloso + 6%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.272	0.265	0.255	0.250	0.247	0.245
Df = 1.00 m	0.294	0.284	0.272	0.266	0.262	0.260
Df = 1.50 m	0.348	0.334	0.316	0.306	0.301	0.297
Df = 2.00 m	0.458	0.384	0.359	0.347	0.339	0.334

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 67 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal

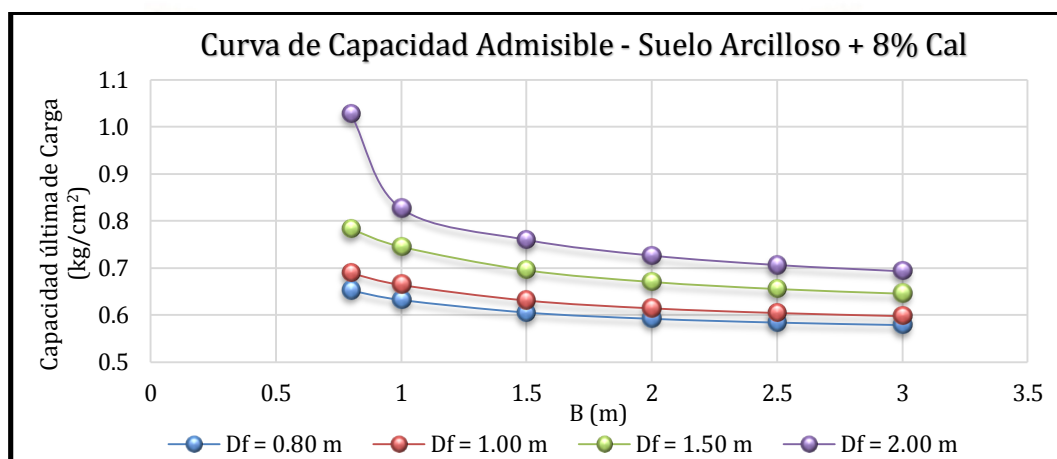
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.4 Suelo arcilloso + 8%cal

Tabla 25 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.652	0.632	0.605	0.592	0.584	0.578
Df = 1.00 m	0.689	0.664	0.631	0.614	0.604	0.597
Df = 1.50 m	0.783	0.745	0.695	0.670	0.655	0.645
Df = 2.00 m	1.027	0.826	0.759	0.726	0.706	0.692

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 68 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal

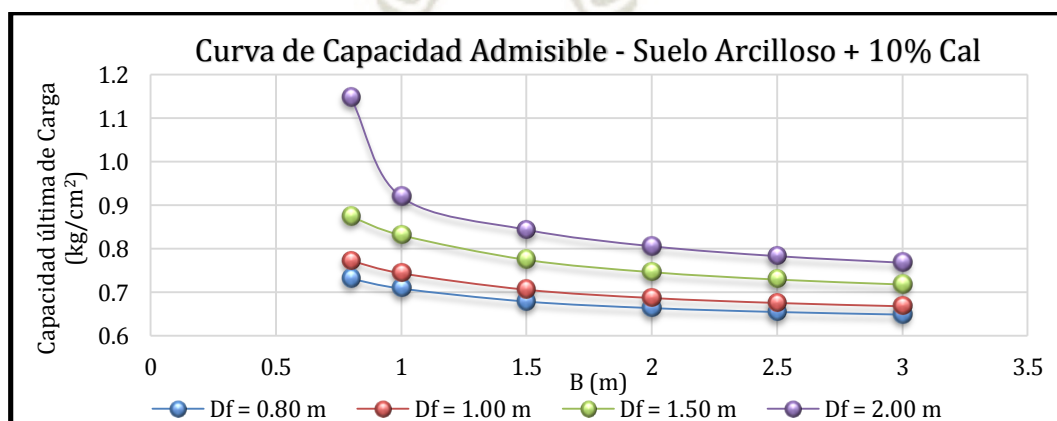
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.5 Suelo arcilloso + 10%cal

Tabla 26 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.732	0.709	0.679	0.664	0.655	0.649
Df = 1.00 m	0.773	0.744	0.706	0.687	0.676	0.668
Df = 1.50 m	0.874	0.832	0.775	0.746	0.729	0.718
Df = 2.00 m	1.147	0.919	0.843	0.805	0.783	0.767

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 69 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Cal

Fuente: Elaboración Propia

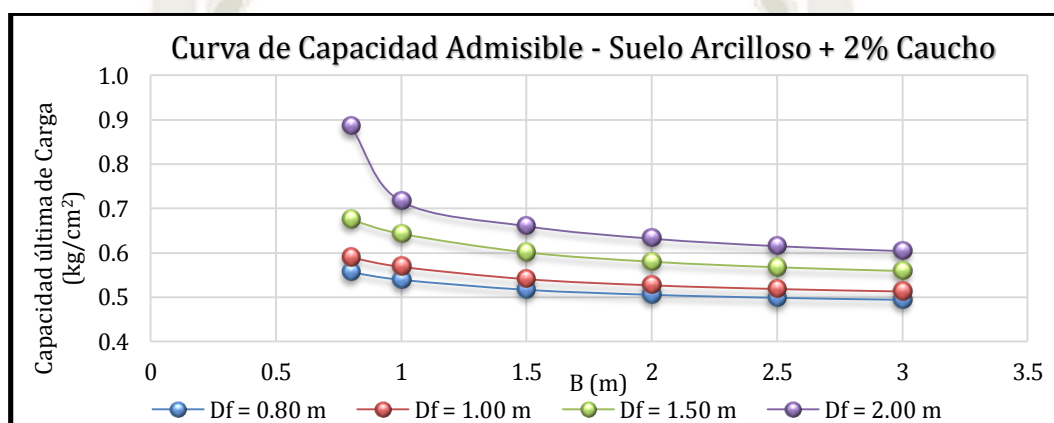
4.3.3 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho

4.3.3.1 Suelo arcilloso + 2%caucho

Tabla 27 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.556	0.539	0.517	0.506	0.499	0.494
Df = 1.00 m	0.590	0.569	0.541	0.527	0.518	0.513
Df = 1.50 m	0.674	0.643	0.601	0.580	0.567	0.558
Df = 2.00 m	0.885	0.717	0.660	0.632	0.615	0.604

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 70 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Caucho

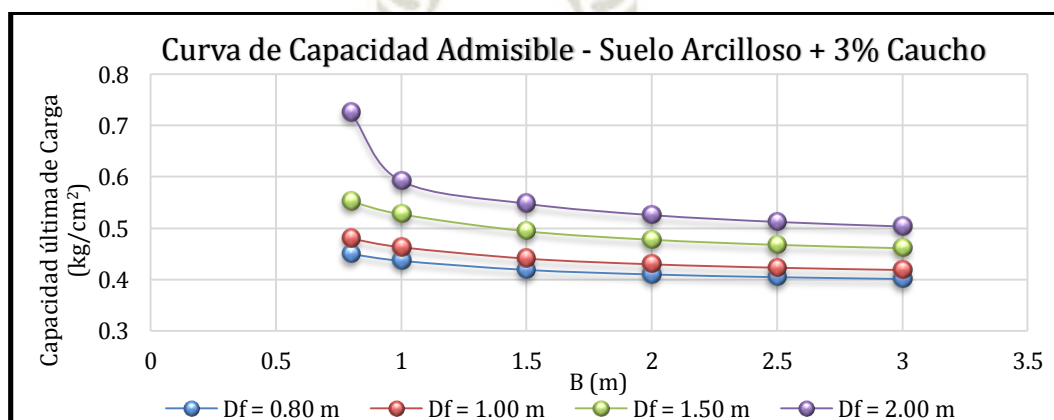
Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.2 Suelo arcilloso + 3%caucho

Tabla 28 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.450	0.436	0.419	0.410	0.405	0.401
Df = 1.00 m	0.479	0.462	0.440	0.429	0.422	0.418
Df = 1.50 m	0.552	0.527	0.494	0.477	0.467	0.461
Df = 2.00 m	0.725	0.592	0.548	0.526	0.512	0.503

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 71 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 3% Caucho

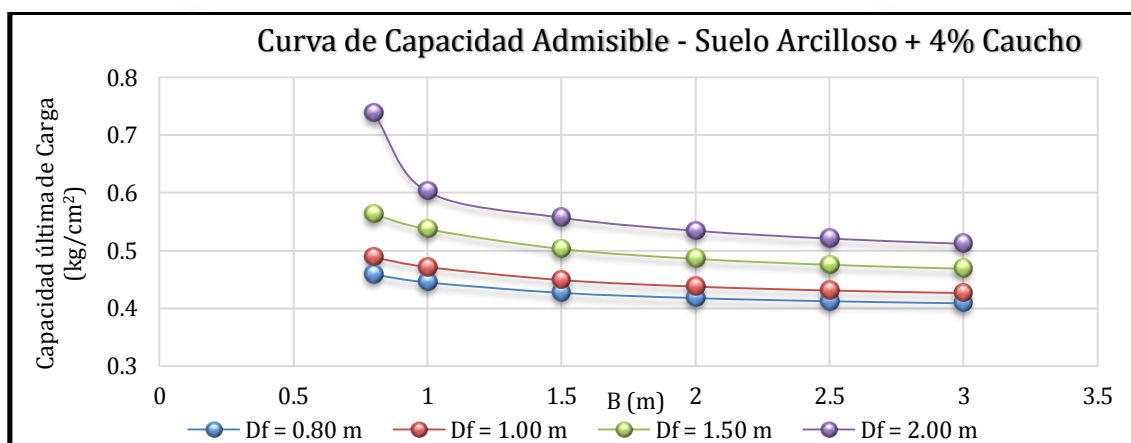
Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.3 Suelo arcilloso + 4%caucho

Tabla 29 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.459	0.445	0.427	0.418	0.412	0.409
Df = 1.00 m	0.488	0.471	0.448	0.437	0.430	0.426
Df = 1.50 m	0.562	0.537	0.503	0.486	0.475	0.469
Df = 2.00 m	0.738	0.602	0.557	0.534	0.521	0.512

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 72 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Caucho

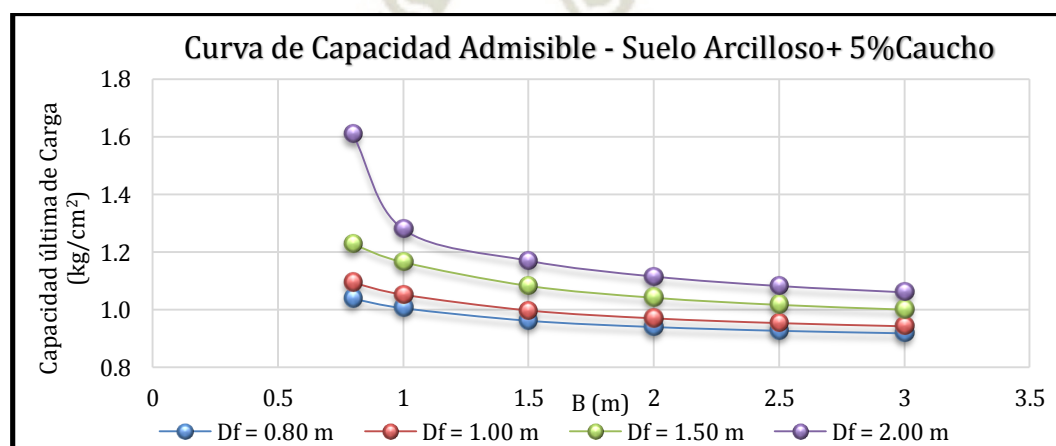
Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.4 Suelo arcilloso + 5%caucho

Tabla 30 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.039	1.006	0.962	0.940	0.927	0.918
Df = 1.00 m	1.093	1.052	0.997	0.969	0.953	0.942
Df = 1.50 m	1.227	1.165	1.083	1.042	1.017	1.001
Df = 2.00 m	1.609	1.279	1.169	1.114	1.081	1.060

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 73 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso+ 5%Caucho

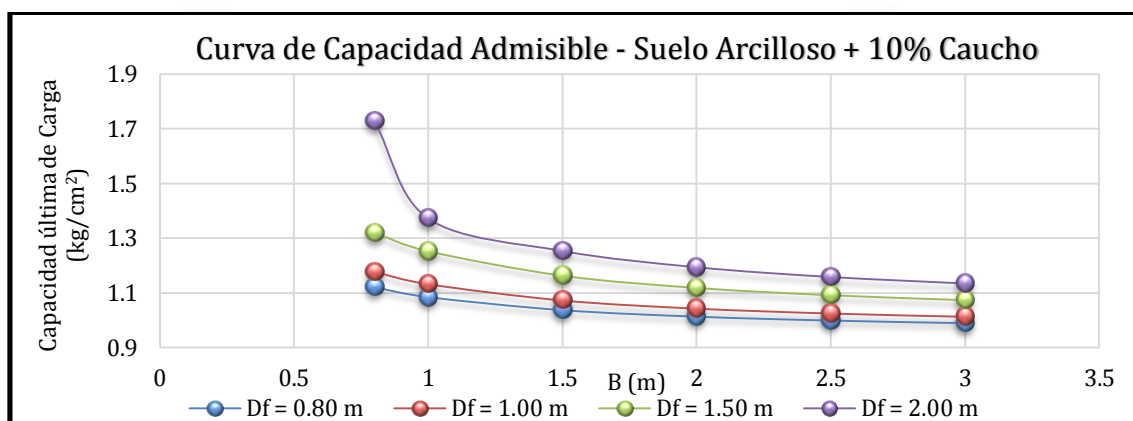
Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.5 Suelo arcilloso + 10%caucho

Tabla 31 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.119	1.084	1.036	1.013	0.998	0.989
Df = 1.00 m	1.176	1.132	1.072	1.043	1.025	1.013
Df = 1.50 m	1.319	1.252	1.163	1.118	1.092	1.074
Df = 2.00 m	1.729	1.372	1.254	1.194	1.158	1.135

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 74 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Caucho

Fuente: Elaboración Propia

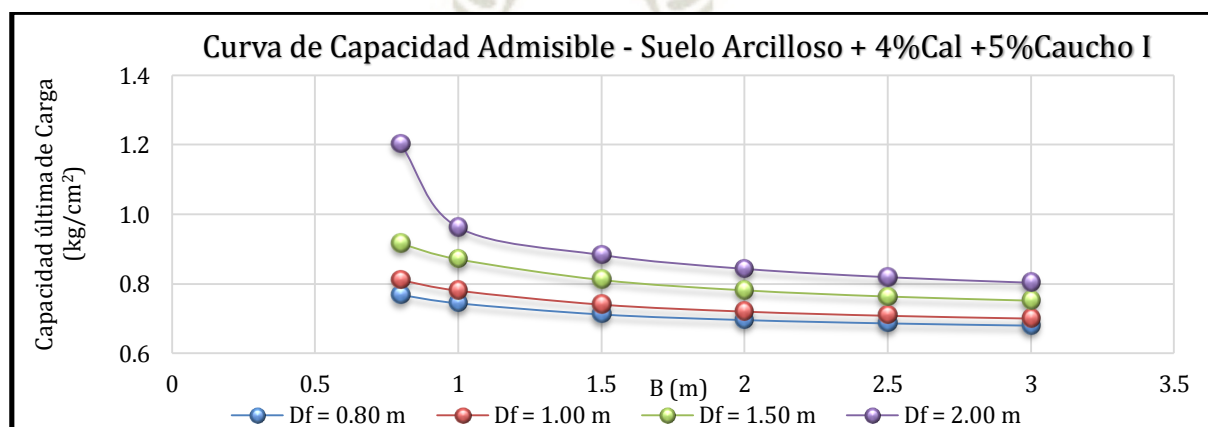
4.3.4 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho

4.3.4.1 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)

Tabla 32 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) -Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.768	0.744	0.712	0.696	0.687	0.680
Df = 1.00 m	0.811	0.781	0.741	0.721	0.709	0.701
Df = 1.50 m	0.916	0.871	0.812	0.782	0.764	0.752
Df = 2.00 m	1.202	0.962	0.882	0.842	0.819	0.803

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 75 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho I

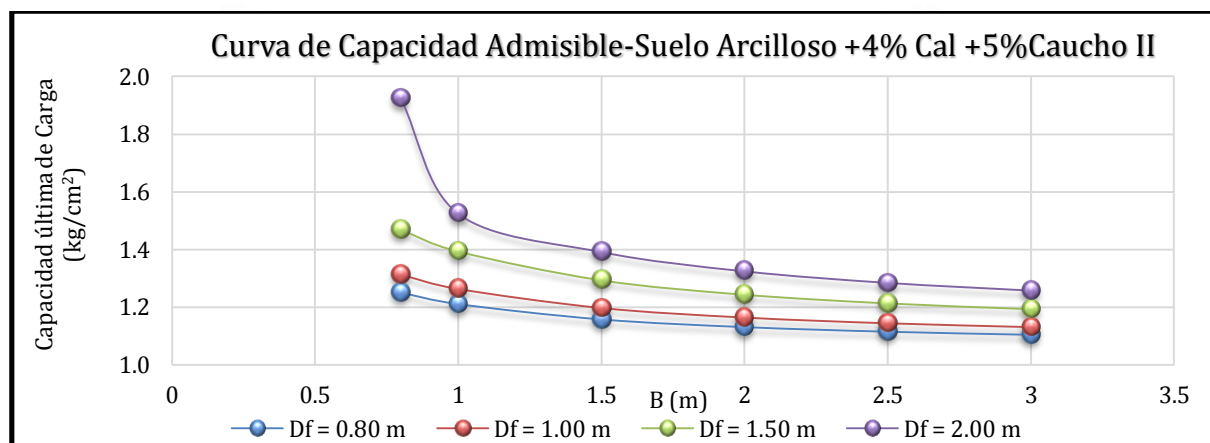
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.2 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)

Tabla 33 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.251	1.211	1.157	1.131	1.115	1.104
Df = 1.00 m	1.313	1.263	1.196	1.163	1.143	1.130
Df = 1.50 m	1.469	1.394	1.294	1.244	1.214	1.194
Df = 2.00 m	1.926	1.525	1.392	1.325	1.285	1.258

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 76 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho II

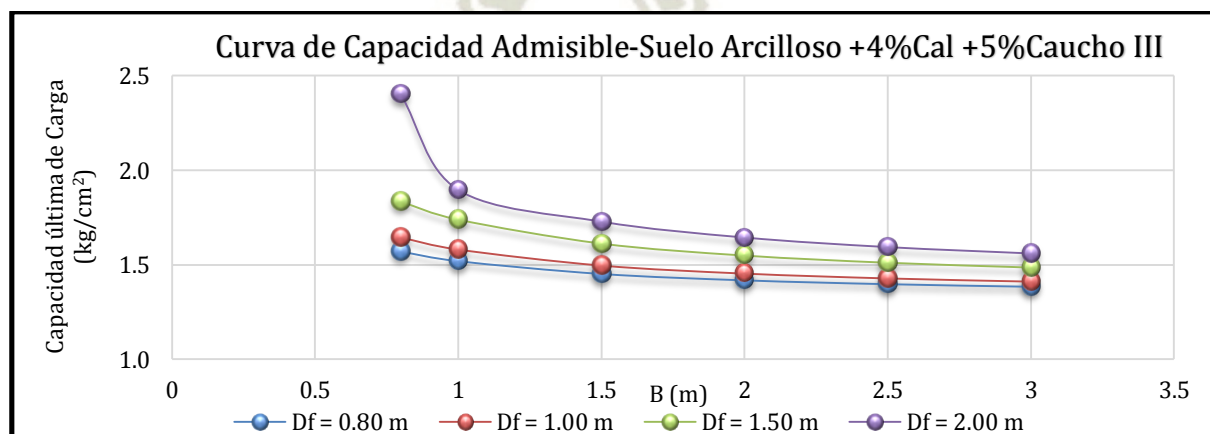
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.3 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)

Tabla 34 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.568	1.517	1.450	1.416	1.396	1.382
Df = 1.00 m	1.644	1.580	1.496	1.454	1.429	1.412
Df = 1.50 m	1.833	1.738	1.611	1.548	1.510	1.485
Df = 2.00 m	2.402	1.895	1.727	1.642	1.592	1.558

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 77 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho III

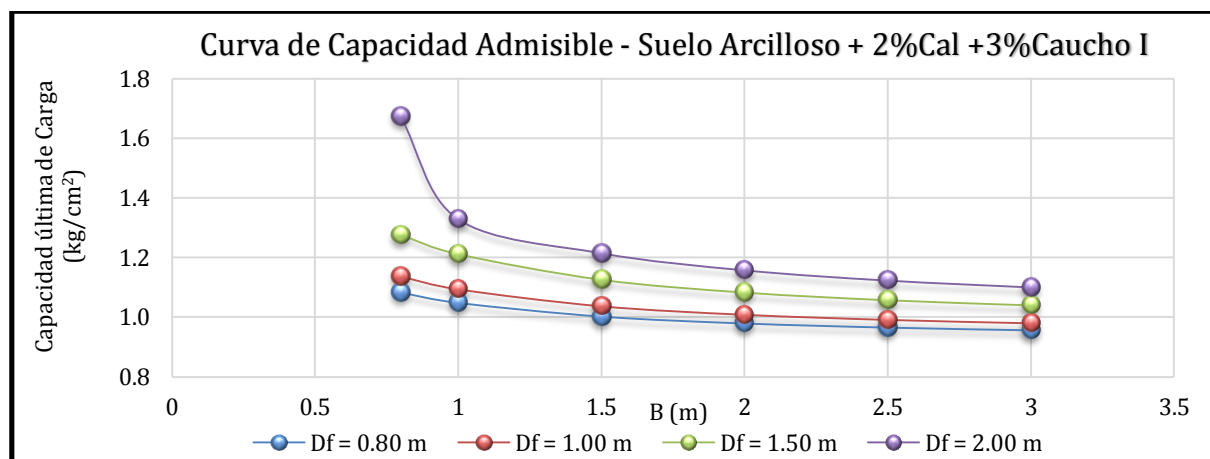
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.4 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)

Tabla 35 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.081	1.047	1.001	0.978	0.965	0.955
Df = 1.00 m	1.137	1.094	1.037	1.008	0.991	0.979
Df = 1.50 m	1.276	1.211	1.125	1.082	1.057	1.039
Df = 2.00 m	1.672	1.329	1.214	1.157	1.122	1.099

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 78 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho

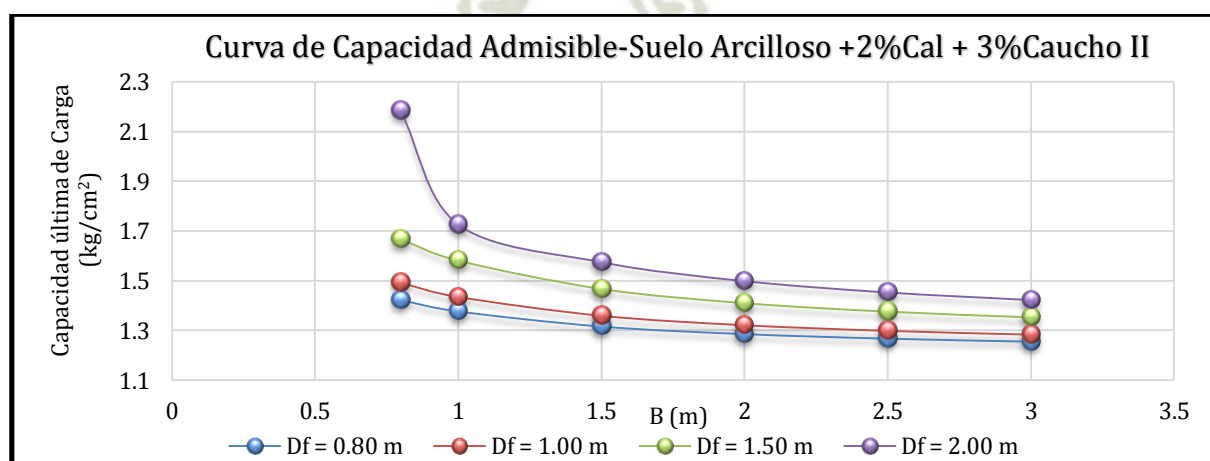
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.5 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)

Tabla 36 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.423	1.377	1.316	1.285	1.267	1.255
Df = 1.00 m	1.492	1.435	1.359	1.321	1.298	1.283
Df = 1.50 m	1.667	1.581	1.467	1.409	1.375	1.352
Df = 2.00 m	2.184	1.727	1.574	1.498	1.452	1.422

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 79 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho II

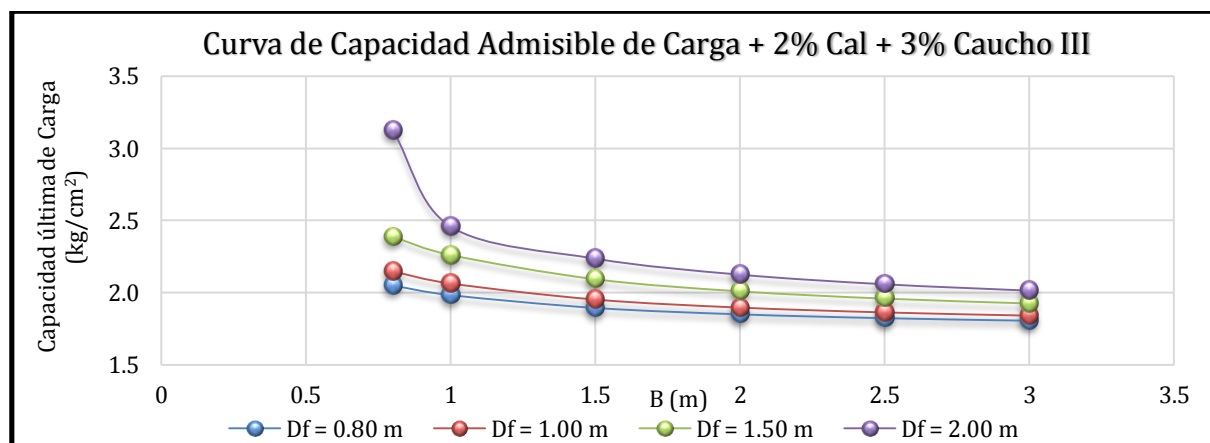
Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.6 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)

Tabla 37 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.049	1.982	1.893	1.849	1.822	1.804
Df = 1.00 m	2.144	2.061	1.950	1.895	1.861	1.839
Df = 1.50 m	2.384	2.259	2.092	2.009	1.959	1.926
Df = 2.00 m	3.123	2.457	2.235	2.124	2.057	2.013

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 80 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 3% Caucho III

Fuente: Elaboración Propia

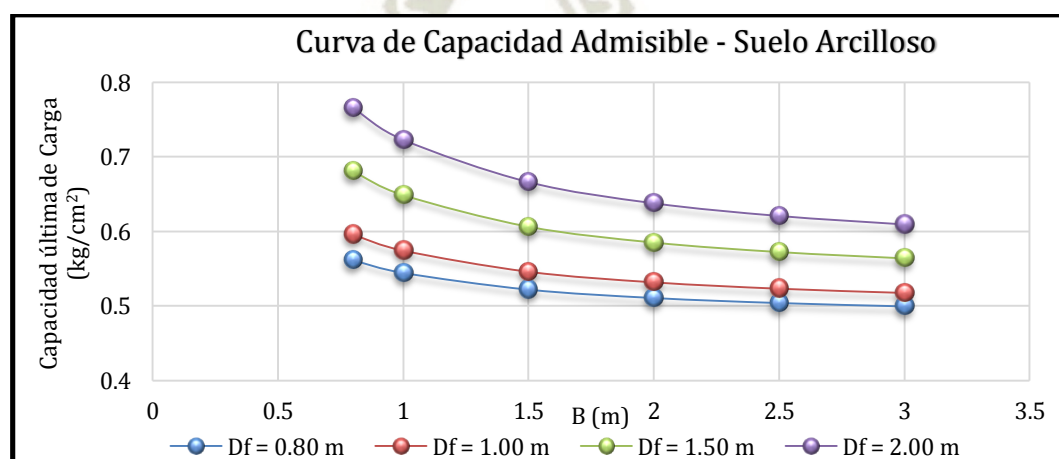
4.4 CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA SECA

4.4.1 Capacidad de carga de suelo arcilloso

Tabla 38 Capacidad Admisible de Carga (kg/cm²), para diferentes valores de B (m) – Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.561	0.544	0.521	0.510	0.503	0.499
Df = 1.00 m	0.595	0.574	0.546	0.531	0.523	0.517
Df = 1.50 m	0.680	0.648	0.606	0.584	0.572	0.563
Df = 2.00 m	0.765	0.723	0.666	0.638	0.621	0.609

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 81 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración Propia

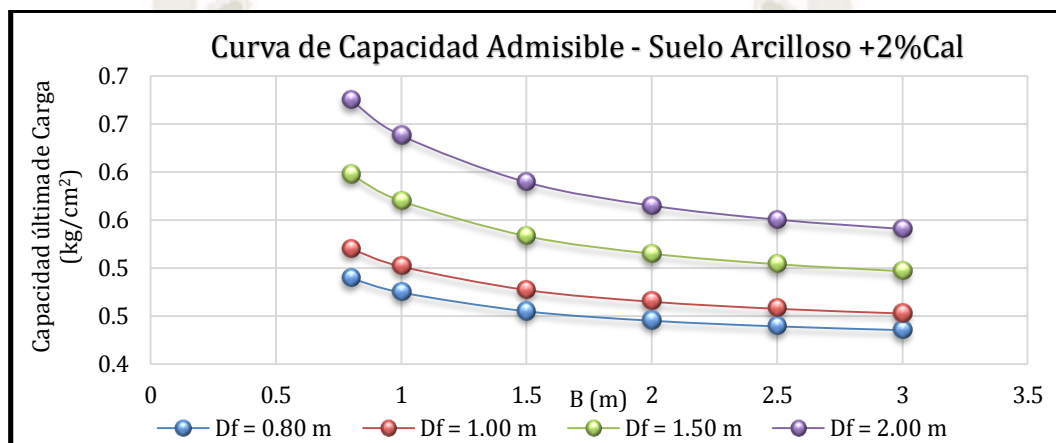
4.4.2 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal

4.4.2.1 Suelo arcilloso + 2%cal

Tabla 39 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.489	0.474	0.455	0.445	0.439	0.435
Df = 1.00 m	0.520	0.502	0.477	0.465	0.458	0.453
Df = 1.50 m	0.597	0.570	0.533	0.515	0.504	0.497
Df = 2.00 m	0.674	0.638	0.589	0.565	0.550	0.540

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 82 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2%Cal

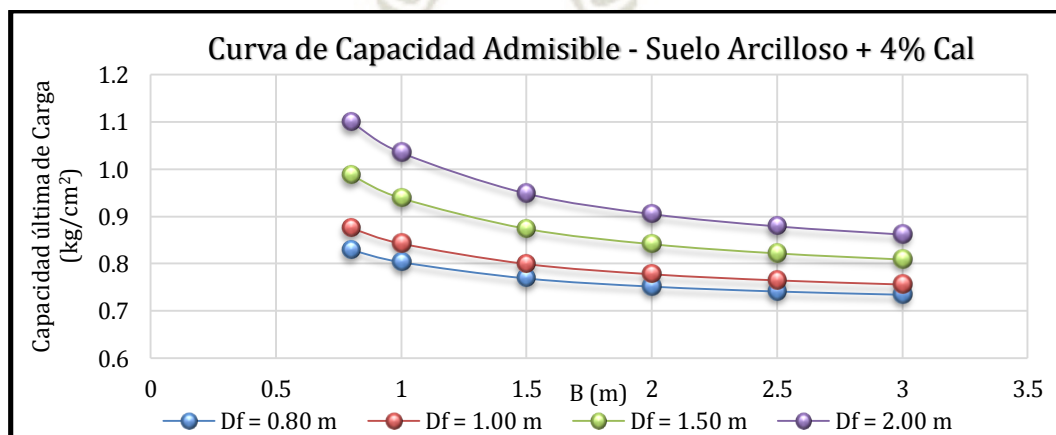
Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.2 Suelo arcilloso + 4%cal

Tabla 40 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.829	0.804	0.769	0.752	0.741	0.734
Df = 1.00 m	0.875	0.842	0.799	0.777	0.764	0.755
Df = 1.50 m	0.987	0.938	0.873	0.841	0.821	0.808
Df = 2.00 m	1.100	1.035	0.948	0.905	0.879	0.861

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 83 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal

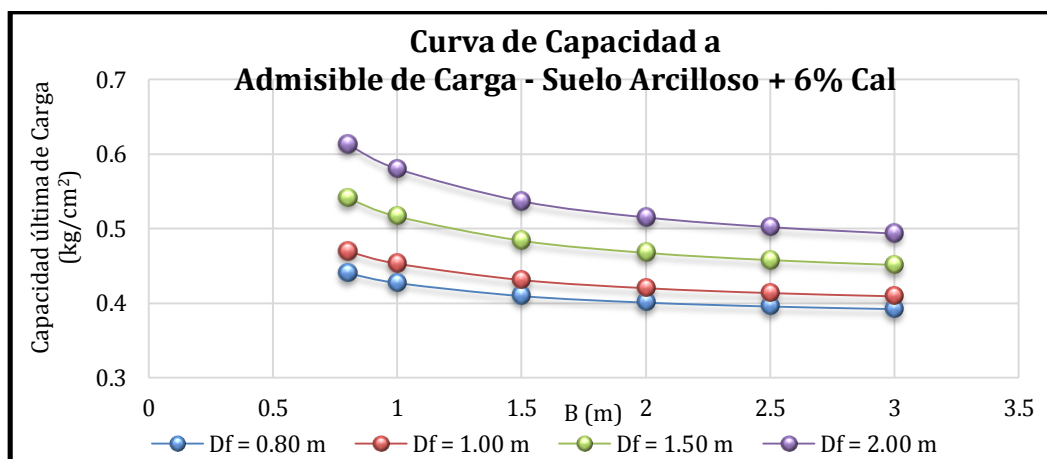
Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.3 Suelo arcilloso + 6%cal

Tabla 41 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.440	0.427	0.410	0.401	0.396	0.393
Df = 1.00 m	0.469	0.453	0.431	0.420	0.414	0.409
Df = 1.50 m	0.541	0.516	0.484	0.467	0.458	0.451
Df = 2.00 m	0.612	0.580	0.537	0.515	0.502	0.493

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 84 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal

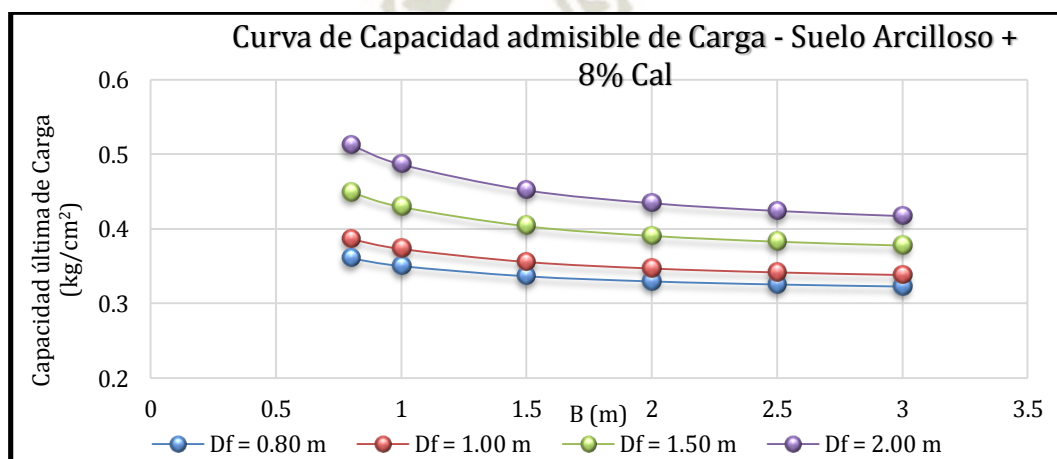
Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.4 Suelo arcilloso + 8%cal

Tabla 42 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.361	0.350	0.336	0.330	0.325	0.323
Df = 1.00 m	0.386	0.373	0.356	0.347	0.342	0.338
Df = 1.50 m	0.449	0.430	0.404	0.391	0.383	0.378
Df = 2.00 m	0.512	0.487	0.452	0.435	0.424	0.417

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 85 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal

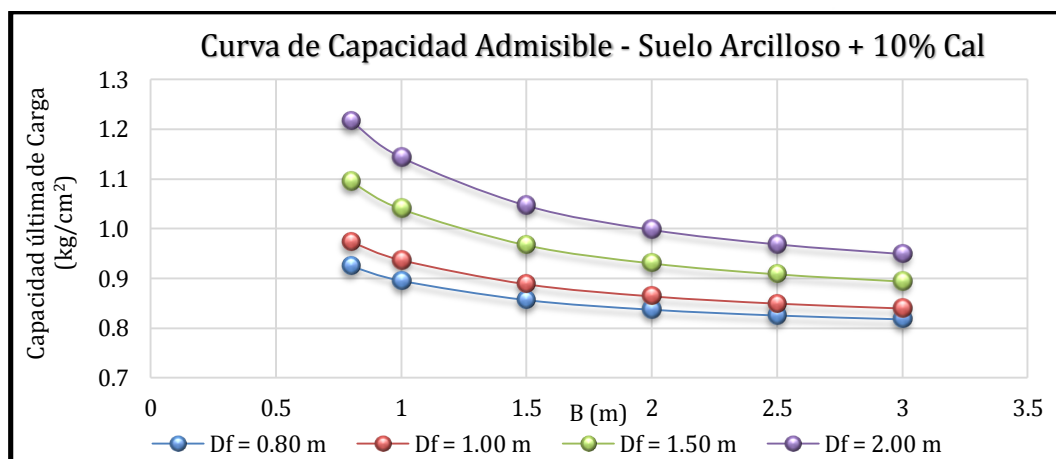
Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.5 Suelo arcilloso + 10%cal

Tabla 43 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.924	0.895	0.856	0.837	0.825	0.817
Df = 1.00 m	0.973	0.936	0.888	0.864	0.849	0.839
Df = 1.50 m	1.095	1.040	0.967	0.931	0.909	0.894
Df = 2.00 m	1.216	1.144	1.046	0.998	0.968	0.949

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 86 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Cal

Fuente: Elaboración Propia

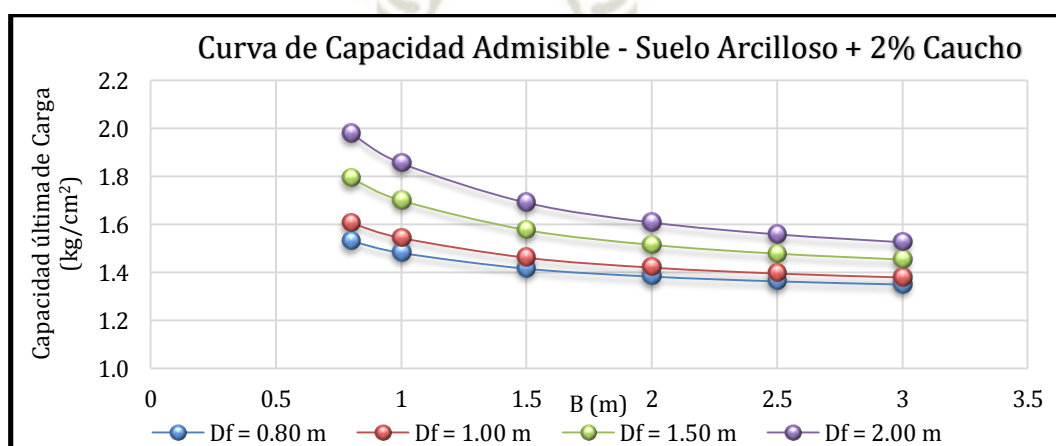
4.4.3 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho

4.4.3.1 Suelo arcilloso + 2%caucho

Tabla 44 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.532	1.483	1.417	1.384	1.364	1.351
Df = 1.00 m	1.606	1.545	1.462	1.421	1.397	1.380
Df = 1.50 m	1.792	1.700	1.576	1.515	1.478	1.453
Df = 2.00 m	1.978	1.855	1.690	1.608	1.559	1.526

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 87 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Caucho

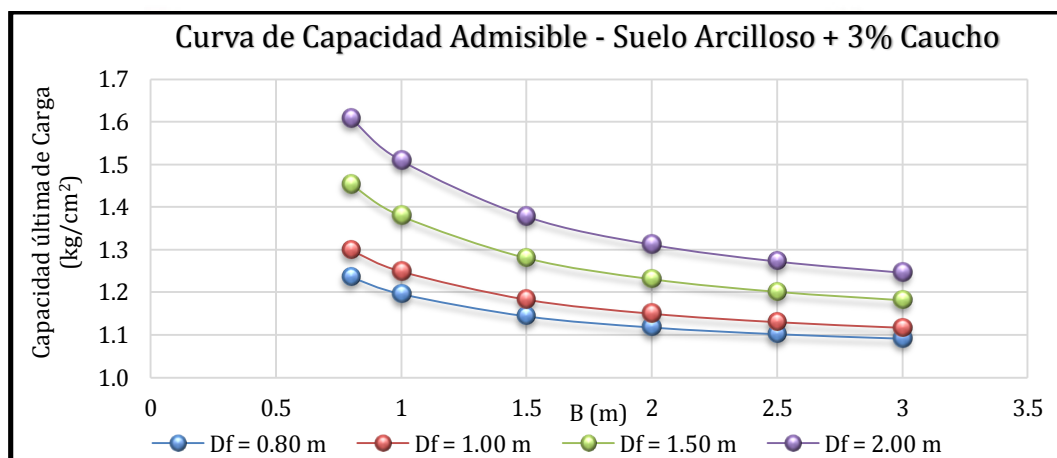
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.2 Suelo arcilloso + 3%Caucho

Tabla 45 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.236	1.196	1.144	1.117	1.101	1.091
Df = 1.00 m	1.298	1.248	1.183	1.150	1.130	1.117
Df = 1.50 m	1.453	1.379	1.280	1.231	1.201	1.181
Df = 2.00 m	1.608	1.509	1.378	1.312	1.272	1.246

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 88 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 3% Caucho

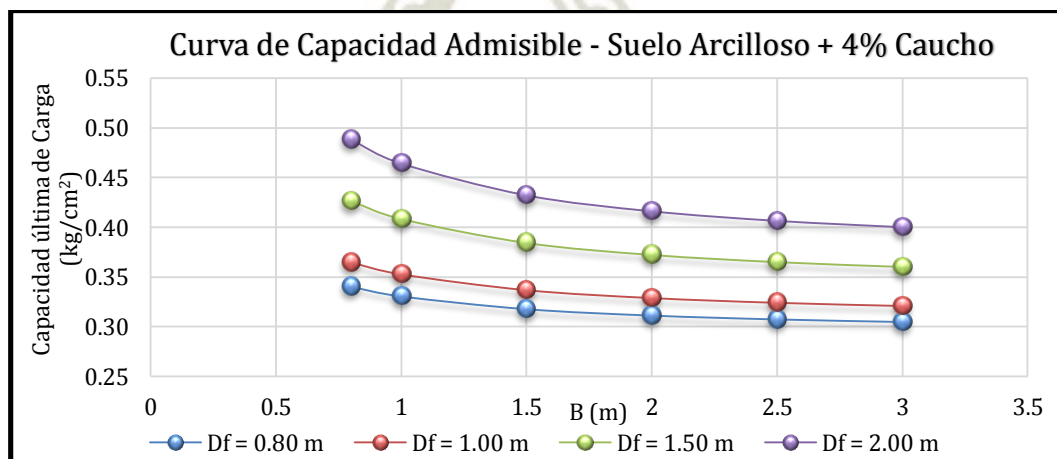
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.3 Suelo arcilloso + 4%caucho

Tabla 46 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.340	0.330	0.318	0.311	0.307	0.305
Df = 1.00 m	0.365	0.353	0.337	0.329	0.324	0.321
Df = 1.50 m	0.426	0.408	0.384	0.372	0.365	0.360
Df = 2.00 m	0.488	0.464	0.432	0.416	0.406	0.400

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 89 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Caucho

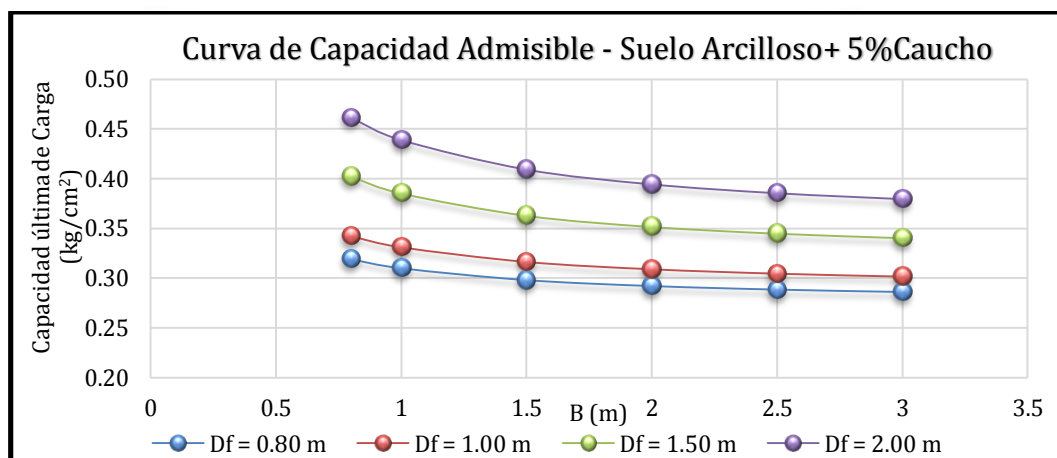
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.4 Suelo arcilloso + 5%caucho

Tabla 47 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.319	0.310	0.298	0.292	0.288	0.286
Df = 1.00 m	0.342	0.331	0.316	0.309	0.304	0.301
Df = 1.50 m	0.402	0.385	0.363	0.351	0.345	0.340
Df = 2.00 m	0.461	0.439	0.409	0.394	0.385	0.379

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 90 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso+ 5%Caucho

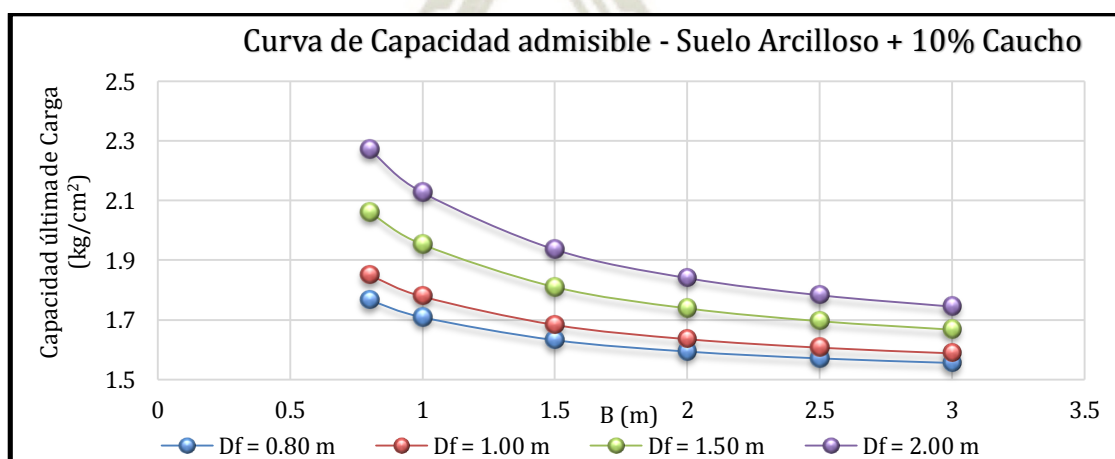
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.5 Suelo arcilloso + 10%Caucho

Tabla 48 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.766	1.708	1.632	1.594	1.571	1.556
Df = 1.00 m	1.850	1.778	1.683	1.635	1.606	1.587
Df = 1.50 m	2.059	1.952	1.809	1.738	1.695	1.666
Df = 2.00 m	2.269	2.126	1.936	1.840	1.783	1.745

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 91 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 10% Caucho

Fuente: Elaboración Propia

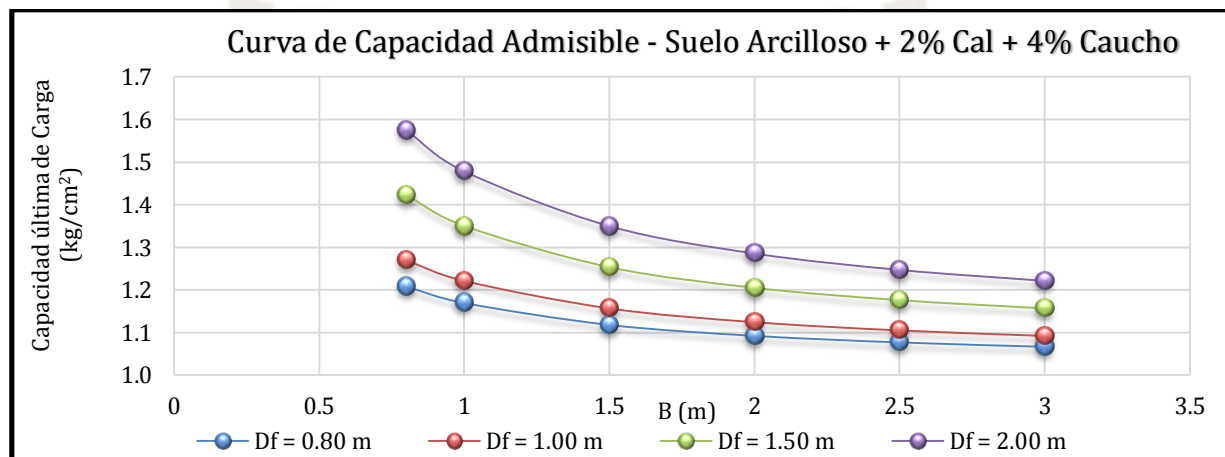
4.4.4 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho

4.4.4.1 Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho

Tabla 49 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.208	1.170	1.118	1.093	1.077	1.067
Df = 1.00 m	1.269	1.221	1.157	1.125	1.106	1.093
Df = 1.50 m	1.422	1.350	1.253	1.205	1.176	1.157
Df = 2.00 m	1.575	1.478	1.350	1.286	1.247	1.221

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 92 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 4% Caucho

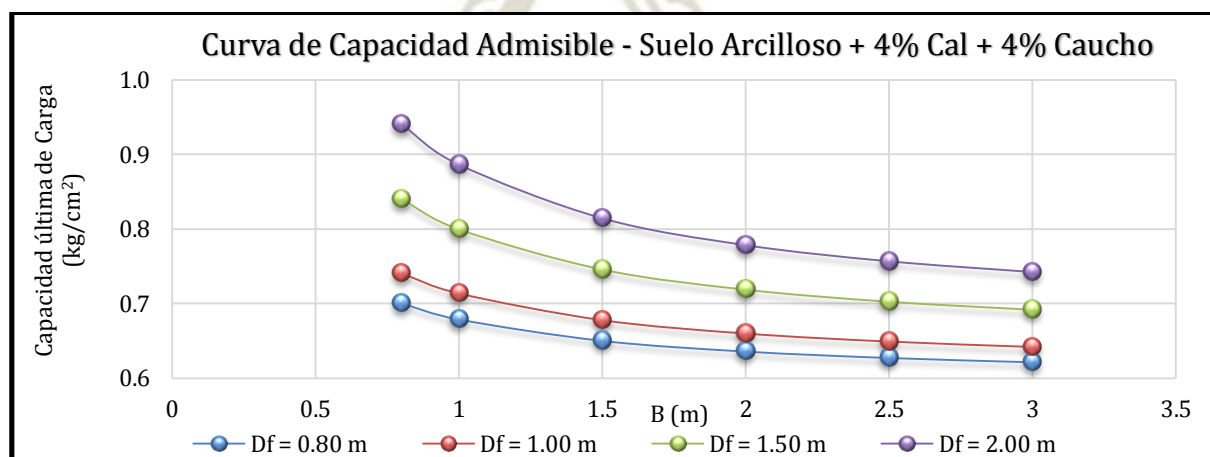
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.2 Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho

Tabla 50 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.700	0.679	0.650	0.636	0.627	0.621
Df = 1.00 m	0.740	0.713	0.677	0.659	0.648	0.641
Df = 1.50 m	0.840	0.800	0.746	0.719	0.702	0.692
Df = 2.00 m	0.940	0.886	0.814	0.778	0.756	0.742

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 93 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 4% Caucho

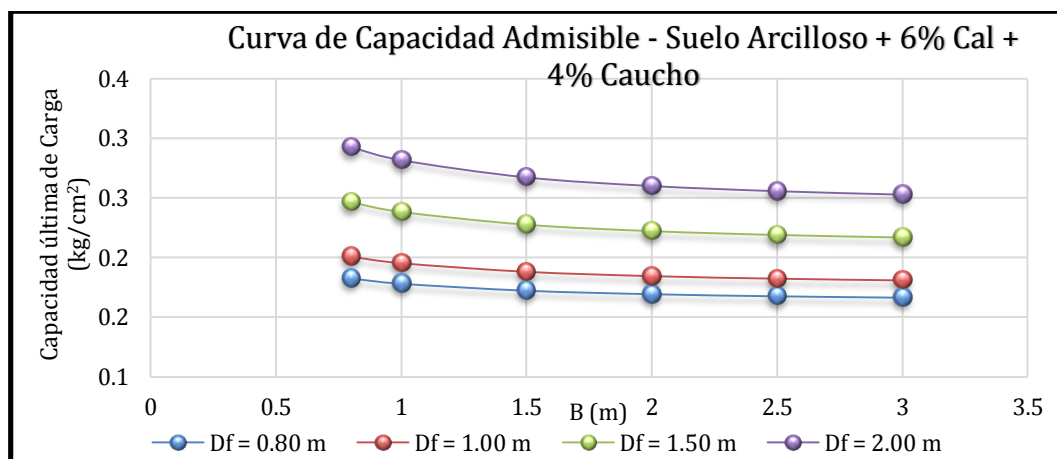
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.3 Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho

Tabla 51 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.182	0.178	0.172	0.169	0.167	0.166
Df = 1.00 m	0.201	0.195	0.188	0.184	0.182	0.181
Df = 1.50 m	0.246	0.238	0.227	0.222	0.219	0.217
Df = 2.00 m	0.292	0.281	0.267	0.260	0.255	0.252

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 94 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal + 4% Caucho

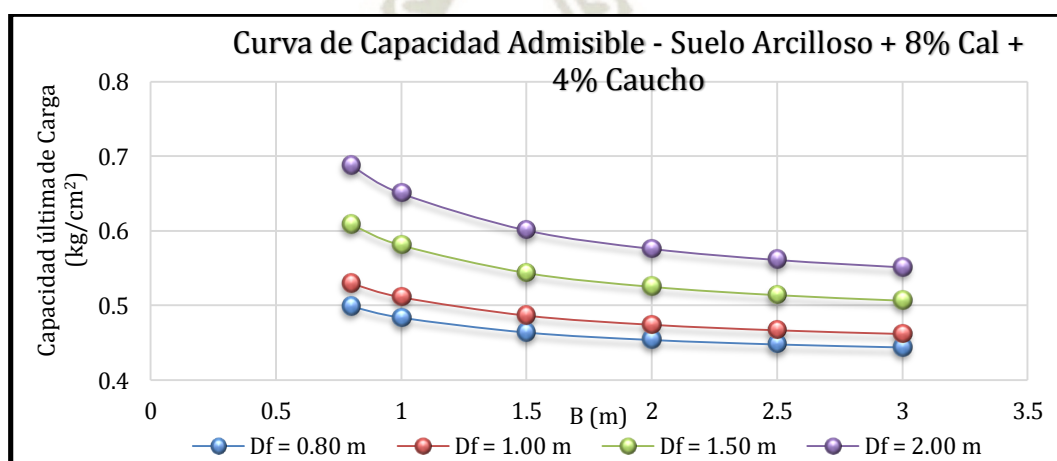
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.4 Suelo arcilloso + 8%cal + 4%caucho

Tabla 52 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal + 4%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.498	0.483	0.464	0.454	0.448	0.444
Df = 1.00 m	0.530	0.511	0.486	0.474	0.467	0.462
Df = 1.50 m	0.609	0.581	0.544	0.525	0.514	0.506
Df = 2.00 m	0.688	0.650	0.601	0.576	0.561	0.551

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 95 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal + 4% Caucho

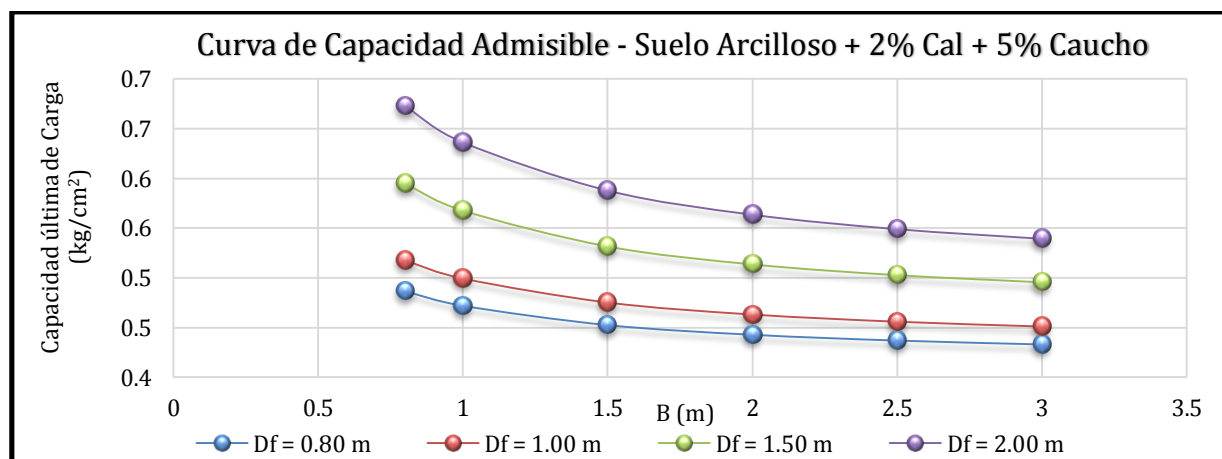
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.5 Suelo arcilloso + 2%cal + 5%caucho

Tabla 53 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.486	0.472	0.453	0.443	0.437	0.433
Df = 1.00 m	0.512	0.499	0.475	0.463	0.456	0.451
Df = 1.50 m	0.595	0.568	0.532	0.513	0.503	0.495
Df = 2.00 m	0.672	0.636	0.588	0.564	0.549	0.540

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 96 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 2% Cal + 5% Caucho

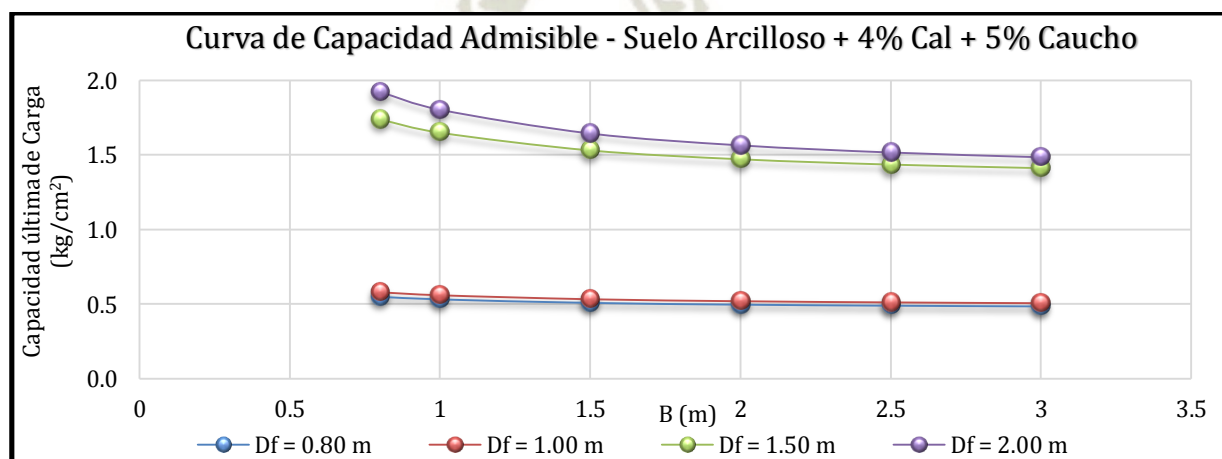
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.6 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho

Tabla 54 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.547	0.530	0.508	0.497	0.491	0.486
Df = 1.00 m	0.580	0.560	0.532	0.519	0.510	0.505
Df = 1.50 m	1.739	1.650	1.530	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.642	1.563	1.515	1.483

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 97 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 4% Cal + 5% Caucho

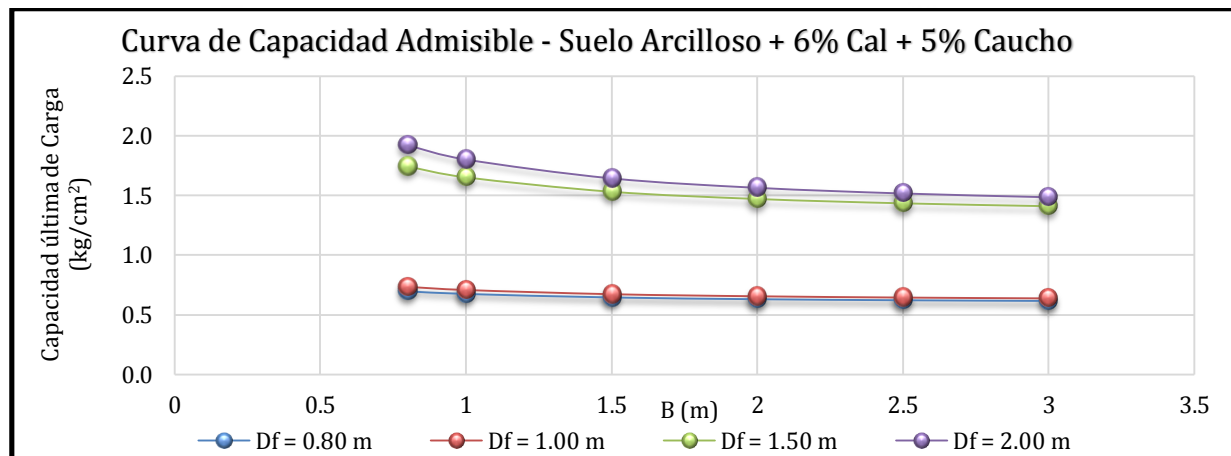
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.7 Suelo arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho

Tabla 55 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.694	0.672	0.644	0.630	0.621	0.615
Df = 1.00 m	0.733	0.707	0.671	0.653	0.642	0.635
Df = 1.50 m	1.740	1.650	1.531	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.643	1.563	1.515	1.483

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 98 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 6% Cal + 5% Caucho

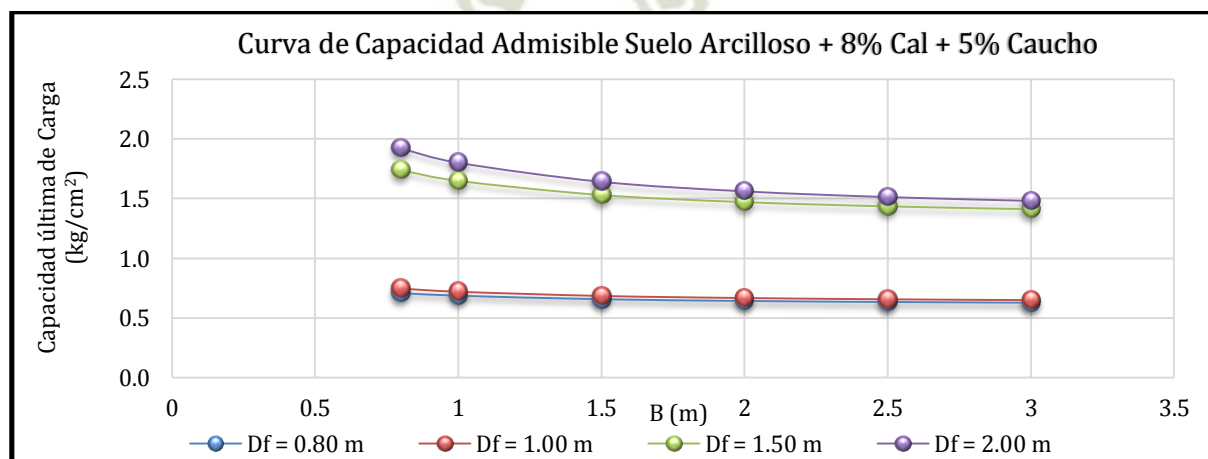
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.8 Suelo arcilloso + 8%cal + 5%caucho

Tabla 56 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 8%Cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.708	0.686	0.657	0.642	0.634	0.628
Df = 1.00 m	0.748	0.721	0.684	0.666	0.655	0.648
Df = 1.50 m	1.740	1.650	1.531	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.643	1.563	1.515	1.483

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 99 Curva de Capacidad admisible de Carga en Zapatas Cuadradas en Suelo Arcilloso + 8% Cal + 5% Caucho

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V:

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como referencia la Tesis “REFORZAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON CAUCHO RECICLADO PARA FINES DE CIMENTACIÓN EN EL DISTRITO DE YARABAMBA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”, en la cual se aplicará en un edificio destinado a uso de vivienda. El terreno cuenta con un área total de 160.00 m² con un frente hacia la calle y tres linderos colindantes con propiedades vecinas.

Arquitectura: El edificio tiene cinco pisos con la altura de entre pisos variada, siendo así del Primer Nivel 3.05 m de altura, del Segundo al Quinto Nivel de 2.80 m, la distribución y cortes típicos se muestran en el Plano de Arquitectura (Plano A-03, A-04 Cortes y Elevaciones); cuenta con un área techada total de 698.42 m²

Estructura: El sistema estructura cuenta con un sistema mixto de pórticos y albañilería confinada. Para dicho diseño se han considerado las siguientes características de materiales:

5.1.1 Condiciones Generales

5.1.1.1 Normas Técnicas a usar

El análisis y diseño del edificio cumple con los mínimos exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones; se usaron las siguientes normas:

- Norma de Cargas E.020. (2006)
- Norma de Suelos y Cimentaciones E.050. (2018)
- Norma de diseño Sismoresistente E.030. (2018)
- Norma de Concreto Armado E.060. (2009)

5.1.1.2 Materiales empleados

El concreto armado empleado tiene las siguientes características:

- Resistencia a la compresión: $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad: $E_c = 2.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
- Peso por unidad de volumen: $\gamma = 2400.00 \text{ kg/m}^3$
- Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$
- Límite de fluencia del acero (Grado 60): $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del acero: $E_s = 2,000,000 \text{ kg/cm}^2$

5.1.1.3 Método de Diseño

El método empleado para diseñar los elementos de concreto armado será el Método de Diseño por Resistencia donde las cargas actuantes se amplifican por factores y se usa combinaciones que dependen del tipo de carga especificadas en la norma de concreto armado E.060.

La resistencia requerida de los elementos en su etapa última, tiene las siguientes combinaciones de carga según norma E.060:

- $U = 1.4CM + 1.7CV$
- $U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$
- $U = 0.9CM \pm CS$
 - Siendo: CM (Carga muerta), CV (Carga viva) y CS (Carga de sismo)

La estructura soportará en forma segura las cargas o solicitaciones si se cumple que:

Resistencia de Diseño $\geq$ Resistencia Requerida o Última

Siendo:

- Resistencia Última = Φ Resistencia Nominal

El factor de reducción Φ depende de la sollicitación de diseño que estemos empleando, esto está especificado en la Norma E.060 artículo 9.3.

5.1.2 Dimensiones adoptadas para la Estructura

El pre dimensionamiento planteado en la tesis en los elementos estructuras losas aligerada, vigas y columnas fueron pre dimensionados tomando en cuenta los criterios del libro “Estructuración y diseño de edificios de concreto armado” que tiene como autor al Ing. Antonio Blanco Blasco.

A continuación, se presenta el resumen del pre dimensionamiento de los elementos estructurales:

- **Aligerados:**

Se usó un aligerado de espesor $H = 0.20$ m ya que se tiene luces menores a 3.90 m

- **Vigas:**

Las vigas tienen los siguientes peraltes:

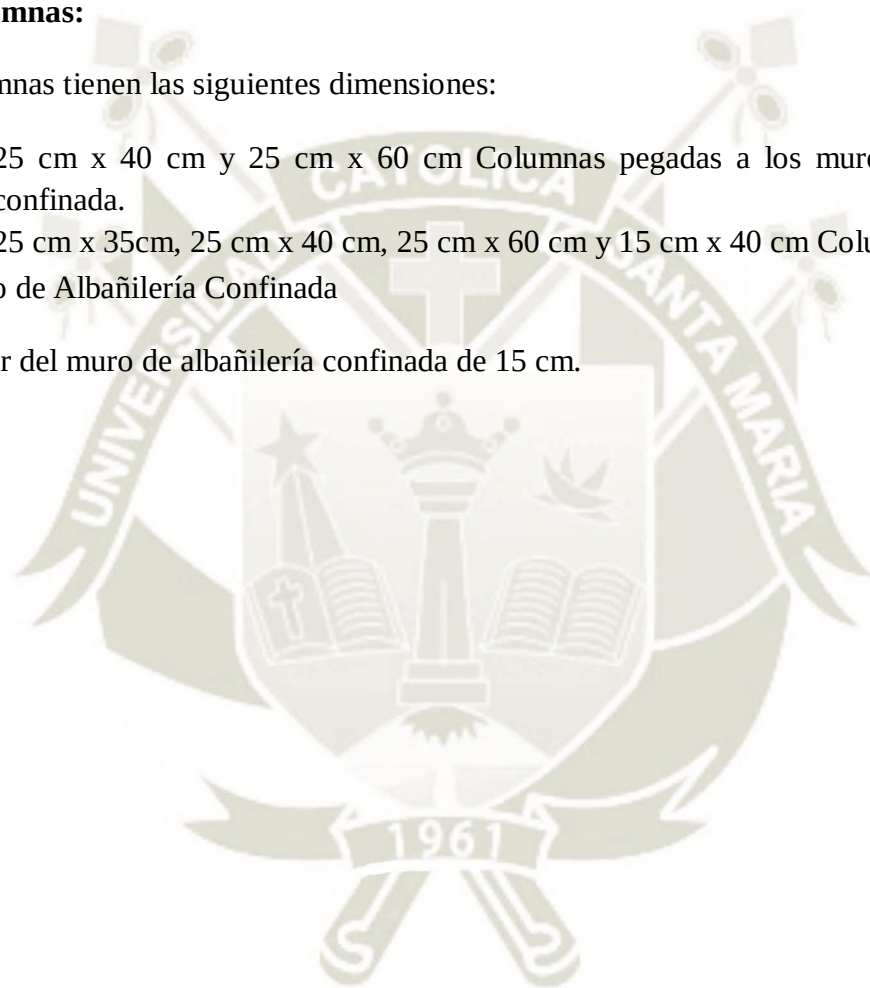
- ✓ 25 cm x 40 cm, 25 cm x 20 cm y 50 cm x 20 cm Vigas Principales.
- ✓ 25 cm x 40 cm, 15 cm x 40 cm, 30 cm x 20 cm, 50 cm x 20 cm y 15 cm x 20 cm Vigas Secundarias.
- ✓ 15 cm x 20 cm Volados en fachada frontal y viga ductos.

- **Columnas:**

Las columnas tienen las siguientes dimensiones:

- ✓ 25 cm x 40 cm y 25 cm x 60 cm Columnas pegadas a los muros de albañilería confinada.
- ✓ 25 cm x 35cm, 25 cm x 40 cm, 25 cm x 60 cm y 15 cm x 40 cm Columnas centrales.
- Muro de Albañilería Confinada

El espesor del muro de albañilería confinada de 15 cm.



5.2 ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis sísmico tiene por objetivo verificar que el edificio cumpla con los requisitos de rigidez establecidos por la norma de Diseño Sismoresistente E.030 (2018), también permite calcular las fuerzas internas en los elementos estructurales como consecuencia de la acción del sismo de diseño establecida por la norma, con esto se tienen las fuerzas para poder diseñar cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura; por tratarse de un tema relacionado netamente a cimentación solo se verificará el Diseño de Cimentación.

Se realizó un modelo en tres dimensiones del edificio mediante el programa ETABS 2016 V16.2 en el cual se consideró la rigidez y las propiedades inerciales elásticas del edificio. Así mismo, se asignan masas concentradas en el centro de masa de cada diafragma, el cual tendrá tres grados de libertad (dos traslaciones horizontales y una rotación perpendicular a la losa).

La masa del edificio se obtuvo mediante el metrado de todos los elementos de cada piso y mediante la fórmula asignada de acuerdo a la categoría del edificio (Categoría C) en la Norma E.030 (2018), considerando el total de la carga muerta y el 25% de la carga viva.

5.2.1 Cargas: Norma E-020 (2006)

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica. En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

En este estudio se tiene presente los tres tipos de cargas que actuaran en la edificación, las cuales tenemos:

- **Carga Muerta:** Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

- **Carga Viva:** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.
- **Carga de Sismo:** Son las cargas que actúan en los entrepisos de la estructura y que se obtienen de acuerdo al cortante basal de la edificación (se detallara más adelante).

La edificación en estudio, Vivienda Multifamiliar de 05 Pisos, según su configuración estructural, y según las tablas de cargas del R.N.E Norma E-020 (2006). A continuación, se presentarán los materiales a usar y los pesos unitarios de cada uno del elemento para determinar las Cargas (CM) y (CV).

Carga muerta (CM)

- Peso propio de la estructura 2400 kg/m^3
- Piso terminado 100 kg/m^2
- Aligerado ($e=0.20 \text{ m}$) 300 kg/m^2
- Tabiquería 1800 kg/m^3

Carga viva (CV)

- Viviendas 200 kg/m^2
- Escaleras y corredores 200 kg/m^2
- Azotea 100 kg/m^2

5.2.2 Diseño Sismo resistente E-030 (2018)

Para el estudio se tiene presente las siguientes condiciones:

- **La Zonificación:** De acuerdo al mapa de zonificación, la Ciudad de Arequipa el distrito de Yarabamba se encuentra ubicado en la Zona 4, la cual corresponde un valor de $Z=0.45$ (Tabla N°01 del Reglamento E.030, 2018).
- **La Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio:** Se establece los Parámetros del Suelo en donde se cimienta la edificación, siendo definido el suelo (según el estudio de Mecánica de Suelos) arcilla inorgánica de baja a mediana plasticidad de consistencia compacta, de color marrón claro, con presencia de arenas finas; y arcillas limosas, con una resistencia al corte no drenada de 0.49 kg/cm^2 y que por consiguiente se define

según la norma, como suelo tipo S-2 (suelos intermedio) y que conlleva a usar $TP = 0.6$, $TL = 2.0$ y $S = 1.10$ (Tabla N°03 y Tabla N°04 del Reglamento E.030, 2018).

- **Factor de Amplificación Sísmica:** De acuerdo a las características del sitio, se define el factor de amplificación sísmica como la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo, con un valor de $C=2.5$ (Numeral 14 del Reglamento E.030, 2016).
- **Categoría de la Edificación:** Como la edificación en estudio está destinada a vivienda, por ello pertenece a la Categoría “C” por lo que le corresponde un factor de uso $U=1.0$ (Tabla N°5 del Reglamento E.030, 2018).
- **Sistema Estructural:** De acuerdo al proyecto que se ha tomado por estudio, estructuralmente es a base de Pórticos y muros de albañilería confinada, siendo definido como Sistema de pórticos y muros de albañilería en la dirección X-X con un factor de Reducción Sísmica $R_o = 8$. Para la dirección Y-Y, se consideró un sistema estructural basado en muros albañilería con un factor de Reducción Sísmica $R_o = 3$. (Tabla 7 del Reglamento E.030, 2018).
- **Factor de Irregularidad:** De acuerdo a la configuración estructural del edificio en estudio, no presenta Irregularidad en Altura y planta.

En resumen, tenemos los siguientes datos:

- Factor de Zona: $Z = 0.45$
- Parámetros del suelo: $S=2$ (suelo Intermedio), $T_p=0.60s$, $T=2.00s$ y $S=1.10$
- Factor de amplificación: $C=2.50$
- Categoría de la edificación $C : U=1.00$
- Sistema Estructural:
 - Sistema de Pórtico Dirección X-X $R_o = 8$
 - Sistema de Muro de Albañilería Dirección Y-Y $R_o = 3$
- Factor de irregularidad (I_a): $I_a=1.0$
- Factor de irregularidad (I_p): $I_p=1.0$

5.2.3 Modelo del Edificio

Para realizar el análisis sísmico se idealizó la estructura en la dirección X-X como pórticos planos de concreto armado compuestos por columnas y muros de albañilería y en la dirección Y-Y albañilería confinada, unidos entre sí por medio de diafragmas rígidos en cada nivel de entrepiso. Se consideró para el modelo únicamente los elementos Sismoresistente (vigas sísmicas, columnas y muros de albañilería confinada).

Se consideraron brazos rígidos en las conexiones entre vigas y columnas. Así mismo, todos los apoyos en la base se consideraron como empotramientos.

5.2.3.1 Desarrollo de la Geometría en Plana y Altura

Para iniciar la modelación de la edificación, primero se procede a obtener una planilla de dibujo en el Autocad, con la finalidad que nos permita un rápido dibujo en planta de la edificación en el ETABS.

Luego de proceder a definir las secciones de las vigas, columnas y muros de albañilería, continuamos con el dibujo definiendo el tipo de elemento a usar: Frame, Deck y Wall sections, se dibuja la edificación en planta y en elevación.

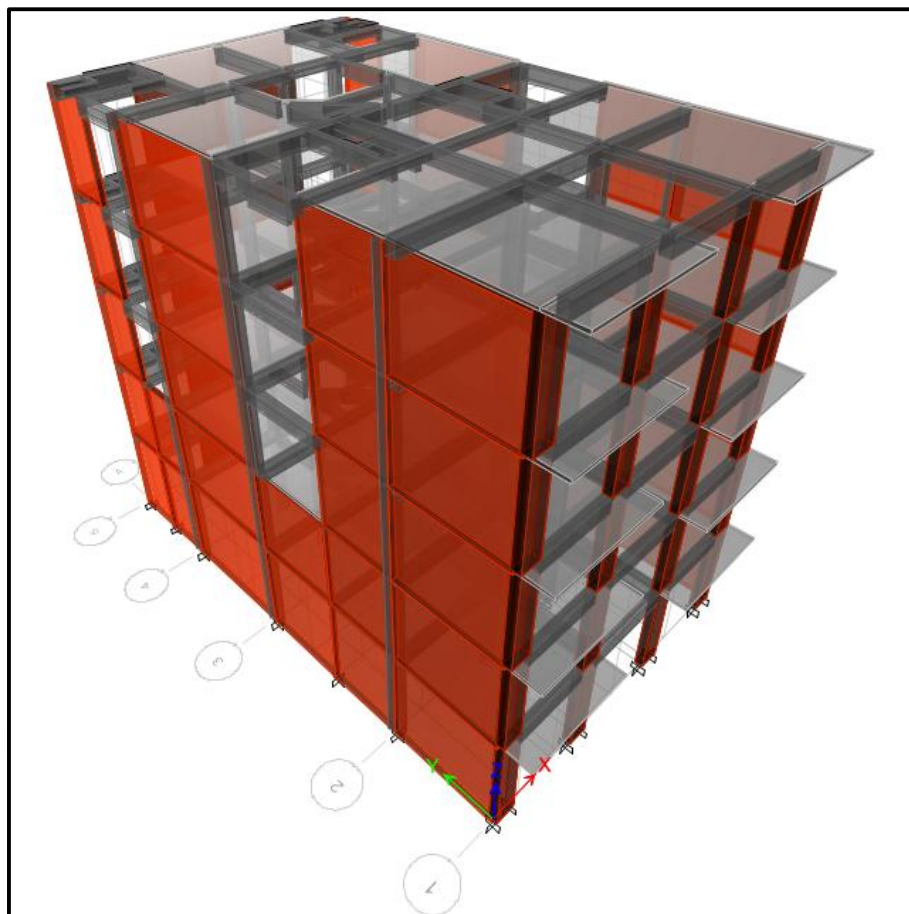


Ilustración 27 Modelo Pseudo tridimensional realizado en el programa ETABS

Fuente: Elaboración Propia

5.3 ANÁLISIS DINÁMICO

Para realizar el análisis sísmico dinámico, utilizamos el modelo del análisis sísmico estático, con toda sus definiciones y asignaciones; luego incorporamos un espectro de pseudo-aceleraciones de acuerdo a la norma E-030, “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA y modificada con Resolución Ministerial N°355-2018- Vivienda; debemos definir los casos de carga para realizar el análisis en la direcciones X y Y.

5.3.1 Modelamiento de la estructura

Para realizar el Análisis Sísmico Dinámico realizamos las siguientes definiciones en el programa Etabs.

5.3.1.1 Definición de los Caso de Carga

Al tener la estructura ya modelada, definimos los casos de carga sísmica dinámica que actuaran en la edificación: Define – Load Cases.

- SX = Sismo Dx – Espectro de Respuesta
- SY = Sismo Dy – Espectro de Respuesta

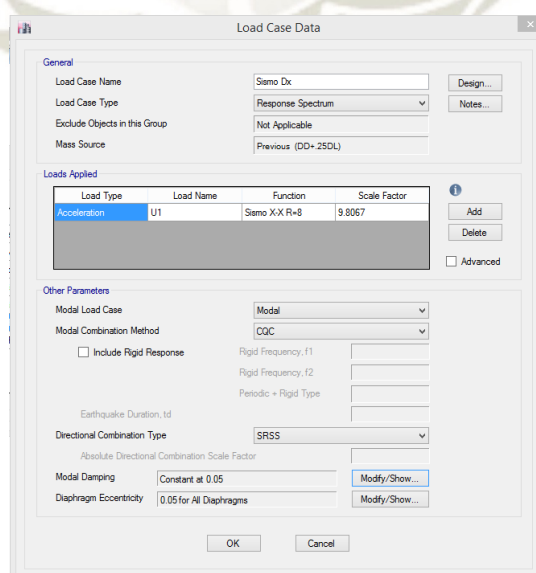


Ilustración 28 Definición de caso de Carga en X

Fuente: Etabs v16.2

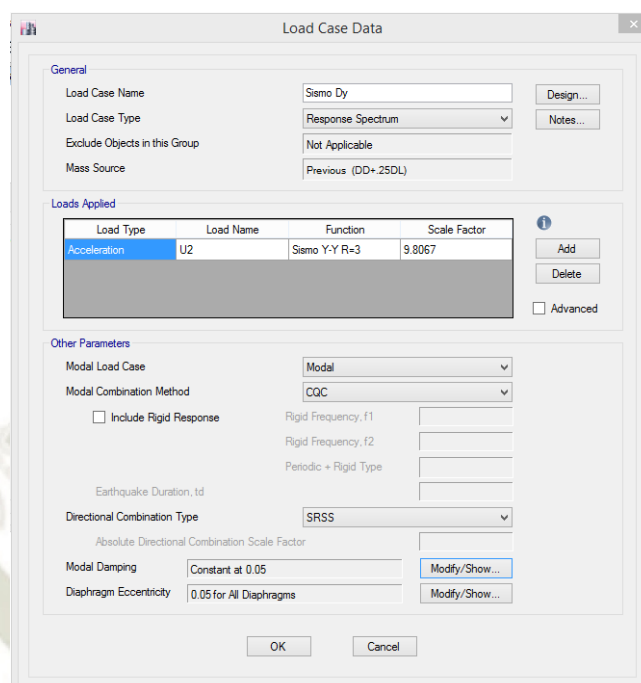


Ilustración 29 Definición de caso de Carga en Y

Fuente: Etabs v16.2

5.3.1.2 Definición del Espectro de Respuesta

Para ingresar nuestro Espectro de Respuesta al programa, se procede a calcular de acuerdo a la norma E-030, 2018 “Diseño Sismorresistente”; teniendo un Periodo (T) y una Aceleración Espectral definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

Ecuación 62 Aceleración Espectral

A continuación, se muestra el espectro de la estructura con los valores correspondientes:

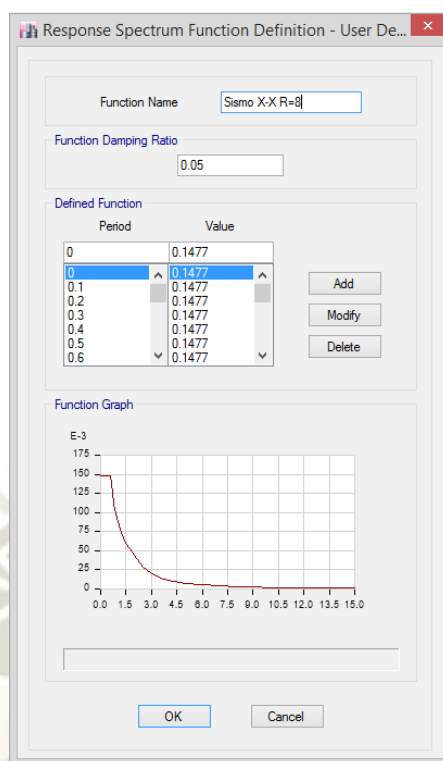


Ilustración 30 Espectro de respuesta E-030 Dirección X-X

Fuente: Etabs v16.2

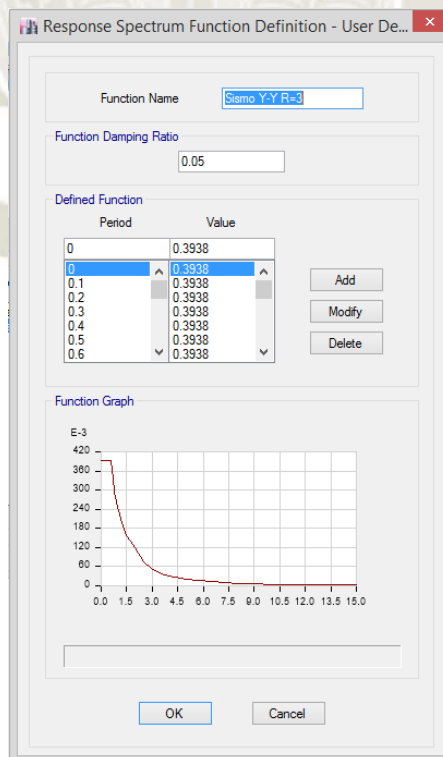


Ilustración 31 Espectro de respuesta E-030 Dirección Y-Y

Fuente: Etabs v16.2

5.3.2 Resultados del Análisis

5.3.2.1 Modos y períodos de la estructura

Se obtuvieron los siguientes resultados para los modos y periodos de vibración en cada dirección del edificio:

Tabla 57 Modos y Periodos fundamentales para cada dirección

Modo	Periodo s	Masa Participativa (%)	
		XX	YY
1	0.425	0.7846	0.0000
2	0.188	0.0000	0.7511
3	0.185	0.0008	0.0004
4	0.126	0.1388	0.0000
5	0.066	0.0000	0.1969
6	0.064	0.0459	0.0000
7	0.063	0.0000	0.0000
8	0.039	0.0200	0.0000
9	0.037	0.0000	0.0345
10	0.034	0.0004	0.0000
11	0.029	0.0055	0.0000
12	0.027	0.0000	0.0115
13	0.023	0.0012	0.0000
14	0.023	0.0000	0.0056
15	0.015	0.0029	0.0000

Fuente: Elaboración Propia

A partir del cuadro anterior, se puede observar que los modos más importantes para el análisis en la dirección XX son los modos 1 y 4, cuya suma de masa efectiva es 92.34%. Por otro lado, para la dirección YY, los modos más importantes son 2 y 5, cuya suma de masa efectiva es 94.80%.

Así mismo, se define el periodo fundamental de la estructura en la dirección XX por el modo 1 y en la dirección YY por el modo 2. Estos periodos se usarán para calcular la fuerza cortante en la base del edificio en el análisis traslacional y estático.

- Periodo en la dirección X-X: $T_{xx} = 0.425$ s.
- Periodo en la dirección Y-Y: $T_{yy} = 0.188$ s.

5.3.2.2 Desplazamientos de entrepiso

Los desplazamientos obtenidos para el presente modelo corresponden a un análisis lineal y elástico, en el cual las sollicitaciones sísmicas se ven reducidas. Por ello, para un sismo severo en el cual la estructura tenga incursiones en el rango elástico, se estimarán los desplazamientos reales, multiplicando los resultados de desplazamiento por el 75% del coeficiente de reducción sísmica R . (Considerando a la estructura como regular). Para el caso del concreto armado, la Norma de Diseño Sismorresistente establece que la deriva máxima (Desplazamiento relativo de entrepiso dividido entre la altura del mismo) no deberá exceder el valor de 0.007 y para el caso de albañilería confinada, no deberá exceder el valor de 0.005.

De esta manera, se obtienen los desplazamientos escalados, los cuales se muestran a continuación:

Dirección X-X:

Tabla 58 Desplazamientos y derivas para cada piso en la dirección X-X

Nivel	Altura de Entrepiso (m)	Desplazamiento CM (m)	Desplazamiento Relativo CM (m)	Deriva de Entrepiso CM	Deriva Máxima
5to Nivel	2.80	0.0540	0.0082	0.0029	0.0035
4to Nivel	2.80	0.0458	0.0111	0.0040	0.0044
3er Nivel	2.80	0.0346	0.0130	0.0047	0.0050
2do Nivel	2.80	0.0216	0.0133	0.0048	0.0051
1er Nivel	3.05	0.0082	0.0082	0.0027	0.0028

Fuente: Elaboración Propia

Para la dirección X-X la deriva máxima se encuentra en el piso 2 y tiene un valor de 0.0051.

Dirección YY:

Tabla 59 Desplazamientos y derivas para cada piso en la dirección Y-Y

Nivel	Altura de Entrepiso (m)	Desplazamiento CM (m)	Desplazamiento Relativo CM (m)	Deriva de Entrepiso CM	Deriva Máxima
5to Nivel	2.80	0.0110	0.0021	0.0008	0.0008
4to Nivel	2.80	0.0089	0.0027	0.0010	0.0010
3er Nivel	2.80	0.0062	0.0027	0.0010	0.0010
2do Nivel	2.80	0.0035	0.0018	0.0006	0.0007
1er Nivel	3.05	0.0017	0.0017	0.0005	0.0006

Fuente: Elaboración Propia

Para la dirección Y-Y la deriva máxima se encuentra en el piso 4 y tiene un valor de 0.0010.

Una vez verificada esta condición, se deberá efectuar el análisis de giros para evaluar si el edificio presenta irregularidad torsional o irregularidad torsional extrema en planta, también se efectuará el análisis para determinar si presenta irregularidad de piso blando e irregularidad extrema de rigidez.

5.3.3 Verificación de irregularidad torsional e irregularidad torsional extrema

Según la norma vigente N.T.P E.030, 2018, se deberán cumplir dos condiciones para calificar a una estructura como irregular por torsión:

El cociente entre el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, es mayor que mayor a 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso.

El Máximo desplazamiento relativo de entrepiso exceda del 50% del valor del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11 de la norma.

Tabla 60 Verificación de irregularidad torsional en la dirección X-X

Nivel	Derivas Laterales					Deriva Máxima	Condición	
	UX-A	UX-B	UX-C	UX-D	Promedio		$D_{max} > 1.3D_{prom}$	$D_{max} > 50\% PERM$
5to Nivel	0.0027	0.0027	0.0035	0.0035	0.0031	0.0035	Regular	No
4to Nivel	0.0039	0.0039	0.0044	0.0044	0.0042	0.0044	Regular	SI
3er Nivel	0.0047	0.0047	0.0050	0.0050	0.0048	0.0050	Regular	SI
2do Nivel	0.0050	0.0050	0.0048	0.0048	0.0049	0.0051	Regular	SI
1er Nivel	0.0027	0.0027	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	Regular	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61 Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y-Y

Nivel	Derivas Laterales					Deriva Máxima	Condición	
	UY-A	UY-B	UY-C	UY-D	Promedio		$D_{max} > 1.3D_{prom}$	$D_{max} > 50\% Perm$
5to Nivel	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	Regular	No
4to Nivel	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	Regular	No
3er Nivel	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	Regular	No
2do Nivel	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	Regular	No
1er Nivel	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	Regular	No

Fuente: Elaboración Propia

En la dirección X-X se verifica que el cociente D_{max}/D_{prom} no supera a 1.3 en ninguno de los niveles, por lo tanto, se verifica que la estructura no cumple con los requisitos de irregularidad torsional.

En la dirección Y-Y se verifica que la estructura no cumple los requisitos de irregularidad por torsión, se pudo anticipar este resultado debido a que la deriva máxima en esta dirección no supera el 50% de la deriva permisible, sin embargo, para fines didácticos se muestran los resultados obtenidos.

La estructura al no presentar irregularidad torsional excluye la verificación de irregularidad torsional extrema.

5.3.4 Verificación de irregularidad de piso blando e irregularidad extrema de rigidez

Según la norma vigente N.T.P E.030, se deberán cumplir dos condiciones para calificar a una estructura como irregular por piso blando:

- La rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Tabla 62 Verificación de irregularidad por piso blando en la dirección X-X

Nivel	Fuerza Cortante (Tonf)	Desplazamiento Relativo CM (m)	Rigidez Ki (Tonf/m)	$Ki < 0.7 * (Ki+1)$	Condición $Ki < 0.8 * (Ki+1 + Ki+2 + Ki+3) / 3$
5to Nivel	16.9956	0.0082	2070.61		
4to Nivel	33.2408	0.0111	2981.77	REGULAR	
3er Nivel	45.3075	0.0130	3476.63	REGULAR	REGULAR
2do Nivel	53.8941	0.0133	4040.64	REGULAR	REGULAR
1er Nivel	57.9754	0.0082	7042.69	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63 Verificación de irregularidad por piso blando en la dirección Y-Y

Nivel	Fuerza Cortante (Tonf)	Desplazamiento Relativo CM (m)	Rigidez Ki (Tonf/m)	$Ki < 0.7 * (Ki+1)$	Condición $Ki < 0.8 * (Ki+1 + Ki+2 + Ki+3) / 3$
5to Nivel	47.0676	0.0021	22066.39		
4to Nivel	89.7008	0.0027	33277.98	REGULAR	
3er Nivel	118.5246	0.0027	43752.16	REGULAR	REGULAR
2do Nivel	138.2191	0.0018	76122.32	REGULAR	REGULAR
1er Nivel	150.7479	0.0017	91031.34	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

En ambas direcciones se verifica que el cociente entre las Rigidez de pisos consecutivos es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, además el cociente de la rigidez de entrepiso y es menor que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes ($Ki+1+Ki+2+Ki+3$), por lo tanto, la estructura no cumple con los requisitos de irregularidad por piso blando.

La estructura al no presentar irregularidad por piso blando excluye la verificación de irregularidad extrema de rigidez.

Al verificarse las irregularidades faltantes la estructura califica como regular, lo cual indica que no se hará ninguna modificación en los factores sísmicos empleados al principio y los valores obtenidos hasta el momento son correctos.

5.3.5 Cortante de Diseño

La norma vigente N.T.P E.030, 2018 indica que, para cada una de las direcciones de análisis, la fuerza cortante en el edificio no será menor que el 80% del valor calculado por el método estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

En caso fuera necesario incrementar la fuerza cortante para cumplir los mínimos señalados se deberá escalar proporcionalmente todos los resultados obtenidos mediante el análisis

5.4 ANÁLISIS ESTÁTICO

Se halla la fuerza cortante total en la base de la estructura mediante la siguiente formula:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

Ecuación 63 Cortante Basal

Donde:

Debe cumplirse que: **$C/R \geq 0.11$**

- $Z = 0.45$ Factor de Zona
- $U = 1.00$ Categoría de la edificación C
- $S = 1.10$ Perfil del Suelo
- $C = 2.50$ Factor de amplificación
- Sistema Estructural:
 - Sistema de Pórtico Dirección X-X $R_o = 8$
 - Sistema de Muro de Albañilería Dirección Y-Y $R_o = 3$
- $P = 575.31$ Tonf Peso total del Edificio

Calculamos el Periodo Fundamental según el Numeral 28.4 de la Norma E.030.

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{14.25}{35} = 0.407 \text{ s} \quad \text{Direccion X - X}$$

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{14.25}{60} = 0.2375 \text{ s} \quad \text{Direccion Y - Y}$$

Distribución de la Fuerza Sísmica de acuerdo al Numeral 28.3 de la Norma E.030.

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Como $T = 0.407$ s en la dirección X y $T = 0.2375$ s en la dirección Y ambos < 0.50 s. Utilizaremos:

$$k = 1$$

A continuación, se muestran los valores del coeficiente de amplificación sísmica “C”, el cortante estático, así como el 80% de estos valores.

Tabla 64 Factor C y Cortante estático (Vest.)

Dirección de Análisis	Periodo (s)	Tp (s)	Factor de Amplificación C	C/R	Cortante estático Vest. (Tonf)	80% Vest. (Tonf)
XX	0.407	0.60	2.50	0.313	88.99	71.19
YY	0.238	0.60	2.50	0.833	237.32	189.85

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1 Cortante Dinámico (Vdin.)

La fuerza cortante dinámica en la base del edificio se hizo bajo un análisis dinámico y mediante una superposición modal.

A continuación, se muestra en la tabla N° 65 los resultados del análisis dinámico y el factor de amplificación para obtener la fuerza cortante mínima en el edificio:

Tabla 65 Cortante dinámica y factor de amplificación

Dirección de Análisis	V dinámica (Tonf)	80% V estática (Tonf)	f
XX	58.27	71.19	1.22
YY	150.90	189.85	1.26

Fuente: Elaboración Propia

Para la dirección X-X se necesita amplificar las fuerzas en un 22%, mientras que en la dirección Y-Y se amplificará un 26%, tal como se muestra en la tabla N° 65.

CAPITULO VI:

ANÁLISIS Y DISEÑO

ESTRUCTURAL DE

CIMENTACIÓN

6.1 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

Según López (2004) La cimentación de un edificio tiene como función principal transmitir los esfuerzos al suelo de manera que los reparte en una determinada área, y esta no supere la resistencia admisible del suelo. De suceder podría generar asentamientos imprevistos que ocasionarían daños internos a la estructura. Según la investigación realizada la resistencia a compresión de la arcilla está entre 0.45 a 0.59 kg/cm^2 , cuando en un suelo regular la resistencia a compresión es de 2 kg/cm^2 , indicada en el capítulo anterior.

Entre los diferentes tipos de cimentación se encuentran las zapatas aisladas, combinadas, conectadas, cimientos corridos y plateas de cimentación; según sea el caso, la capacidad de carga y el momento de cada elemento lleva a su base. Se recomienda que la carga aplicada se sitúe en medio de la zapata, de modo que las excentricidades se encuentren a una misma distancia.

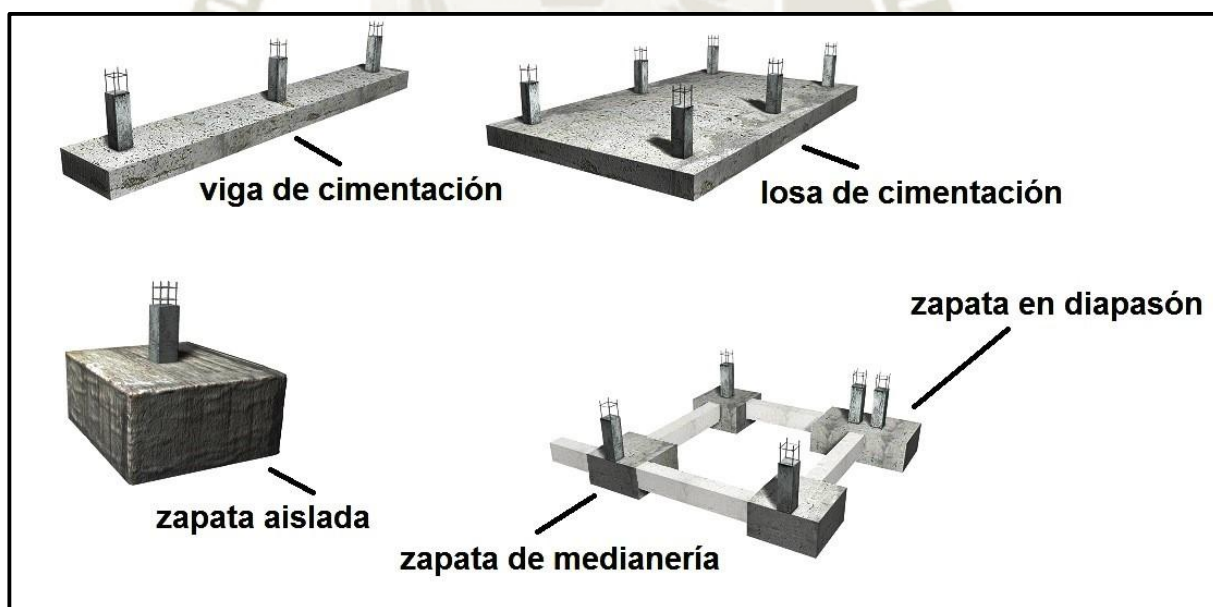


Ilustración 32 Tipos de Cimentaciones

6.2 CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO

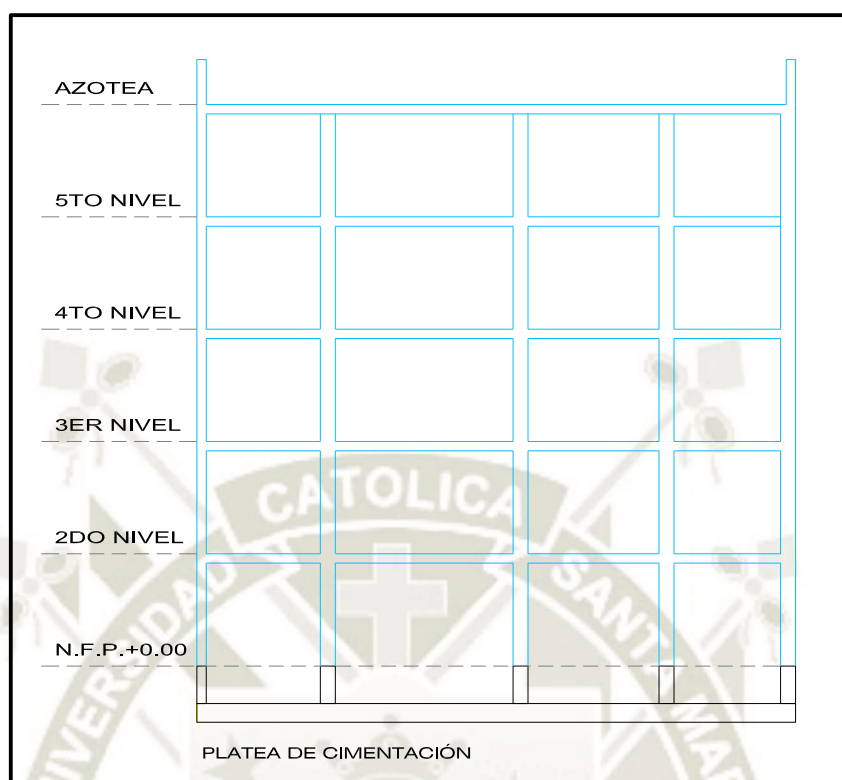


Ilustración 33 Perfil de Cimentación del Edificio multifamiliar con platea de cimentación

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de Suelo Arcilloso, la edificación deberá considerar una platea de cimentación, por lo que posee una capacidad portante del suelo muy baja, y los cimientos corridos tendrán volados muy largos y la construcción se encarecerá y demorará.

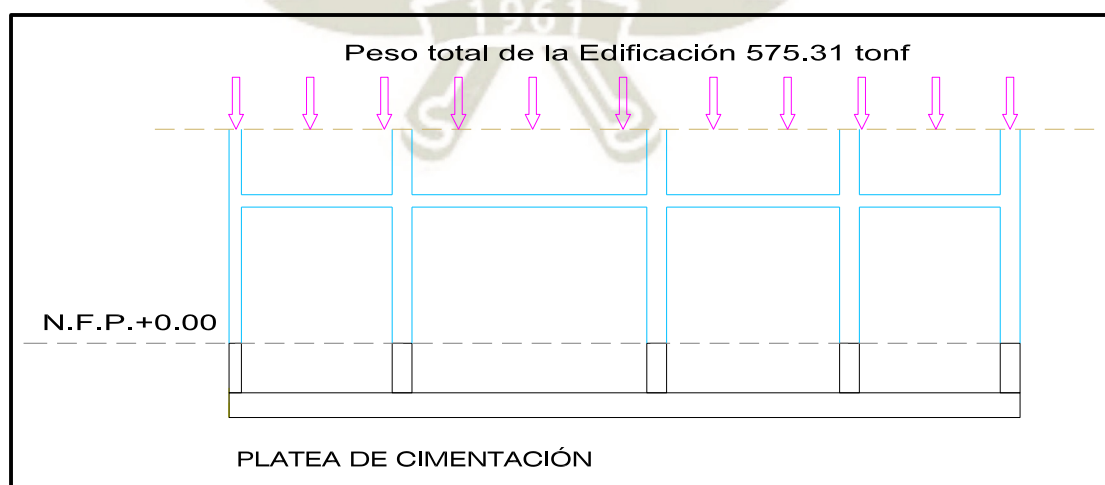


Ilustración 34 Peso total del Edificio multifamiliar

Fuente: Elaboración Propia

6.2.1 Consideraciones para el Diseño de Cimentación

6.2.1.1 Comportamiento de la Platea de Cimentación

El comportamiento de una Platea de Cimentación es parecido al de una losa maciza en ambas direcciones, donde los soportes son representados por resortes rígidos, los cuales poseen una rigidez igual al módulo de reacción de la subrasante.

Las dimensiones de la platea de cimentación serán denominadas longitud menor ($B=10$ m) y longitud mayor ($L=16$ m).

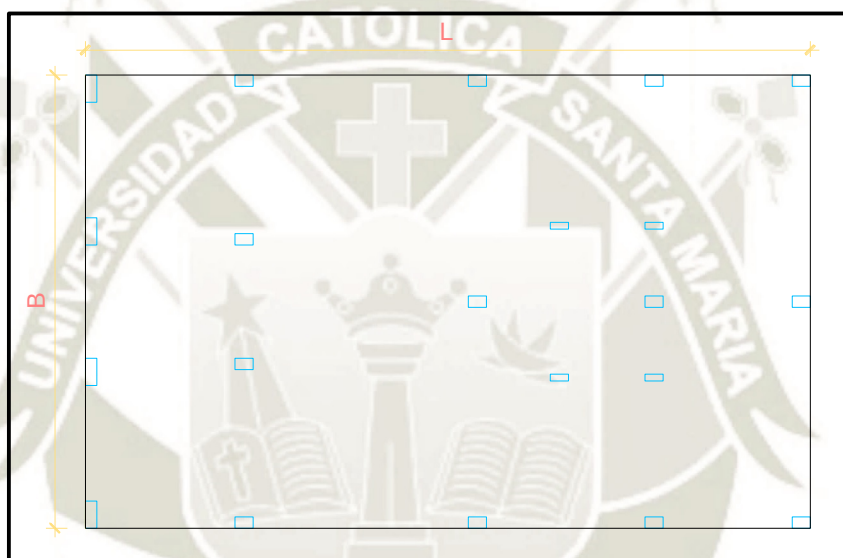


Ilustración 35 Dimensiones teóricas de la platea de cimentación

Fuente: Elaboración Propia

Asumimos el espesor de la platea de 40 cm (típico para edificio de 5 niveles) y con un área, sin volados, de 160 m^2 .

6.2.1.2 Modelamiento de la Platea de la Cimentación

Para el modelamiento y el análisis de la Platea de Cimentación se utiliza el programa SAFE, el cual trabaja en elementos finitos, donde se puede obtener presiones en el suelo y los esfuerzos actuantes en la Platea de Cimentación. Para ello es necesario idealizar la reacción del suelo con la Platea de Cimentación, dicha reacción se le conoce como el Coeficiente de Balasto (k_s).

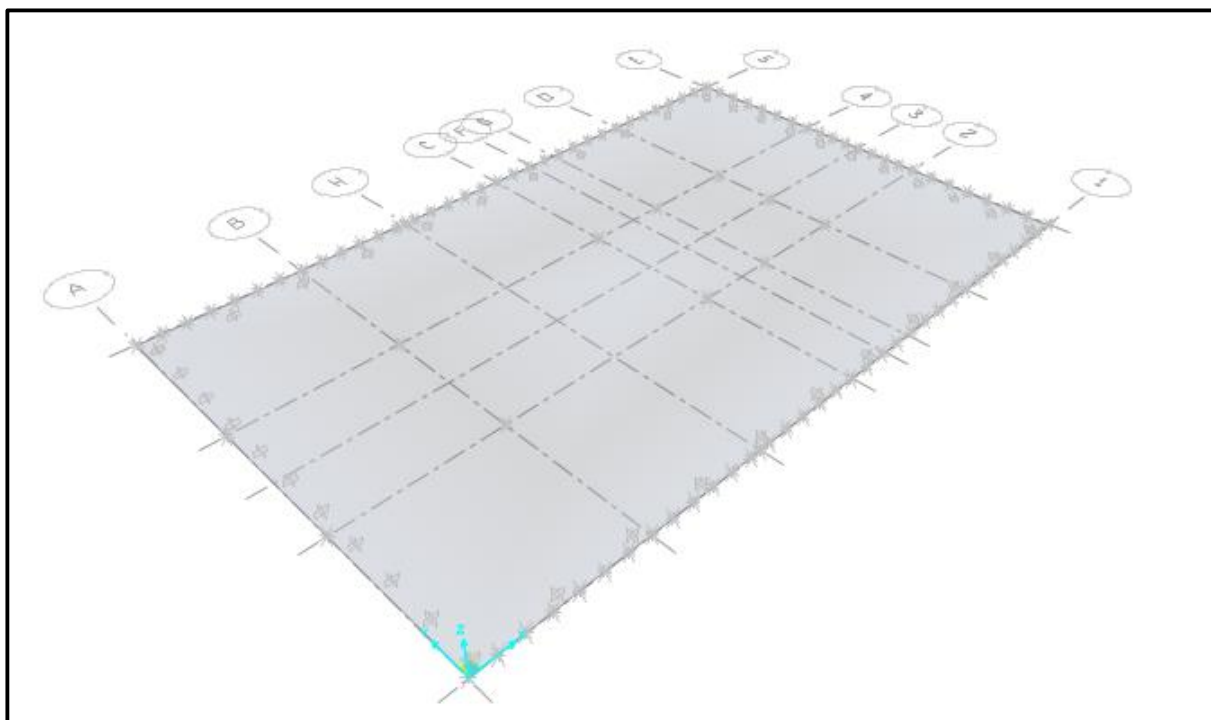


Ilustración 36 Modelo bidimensional de platea de cimentación realizado en el programa SAFE

Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.3 Predimensionamiento de la Platea de Cimentación

El predimensionamiento de la platea consiste en asumir a la Platea de Cimentación como una gran zapata y verificar que los esfuerzos en el suelo no sean mayores que la capacidad portante del suelo. Se aplicará el método de Meyerhof para dicha verificación. La tabla 66 muestra las cargas totales de todo el edificio en la base.

Tabla 66 Fuerzas Gravitacionales y Sísmicas en la Base del Edificio

TIPO DE CARGA	CARGA AXIAL (tonf)	CORTANTE EN X (tonf)	MX tonf.m	MY tonf.m
Carga Muerta	547.63	0	4161.12	2671.33
Carga Viva	110.71	0	807.59	539.93
Sismo Dx	0	70.74	0.13	713.46
Sismo Dy	0	189.95	1921.02	0.15

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2 Diseño Estructural de Cimentación

6.2.2.1 Esfuerzo en el suelo

Las presiones del suelo ejercido por las cargas de la estructura deben ser de compresión, el valor máximo de dichas compresiones dependerá de la combinación de carga y este a su vez no deberá exceder del Capacidad Portante del suelo, según la tabla 67.

Cuando las combinaciones sean solo de gravedad, las presiones como máximo deberán igualar a la Capacidad Portante del suelo ($q = 0.49 \text{ kg/cm}^2$), por otro lado, cuando las combinaciones de carga incluyan sismo, este valor máximo de las presiones se deberá amplificar por un factor de 1.2 ($q = 0.59 \text{ kg/cm}^2$). Según la Norma E050.

Tabla 67 Valor máximo de presiones en el suelo por combinaciones de carga

		Valor Máximo
Combinaciones por cargas de Gravedad	CM + CV	$q = 0.49 \text{ kg/cm}^2$
Combinaciones por cargas que incluyen Sismo	CM + CV $\pm$ 0.8 SX CM + CV $\pm$ 0.8 SY	1.2 $q = 0.59 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Se asignó un coeficiente de Balasto de $k_s = 1.3 \text{ kg/cm}^3$, valor designado en la tabla 68, para una capacidad portante de 0.49 kg/cm^2 (Combinaciones por cargas de gravedad) y un $k_s = 1.48 \text{ kg/cm}^3$, para una capacidad portante de 0.59 kg/cm^2 (Combinaciones por cargas que incluye Sismo).

Tabla 68 Modulo de Reacción del Suelo (Datos para SAFE)

Esfuerzo admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (kg/cm ³)	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (kg/cm ³)	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (kg/cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Fuente: Nelson Morrison, Tesis de maestría: Interacción Suelo-Estructuras: Semiespacio de Winkler, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona – España 1993).

En la ilustración 37 se muestra las presiones producidas por Cargas de Gravedad

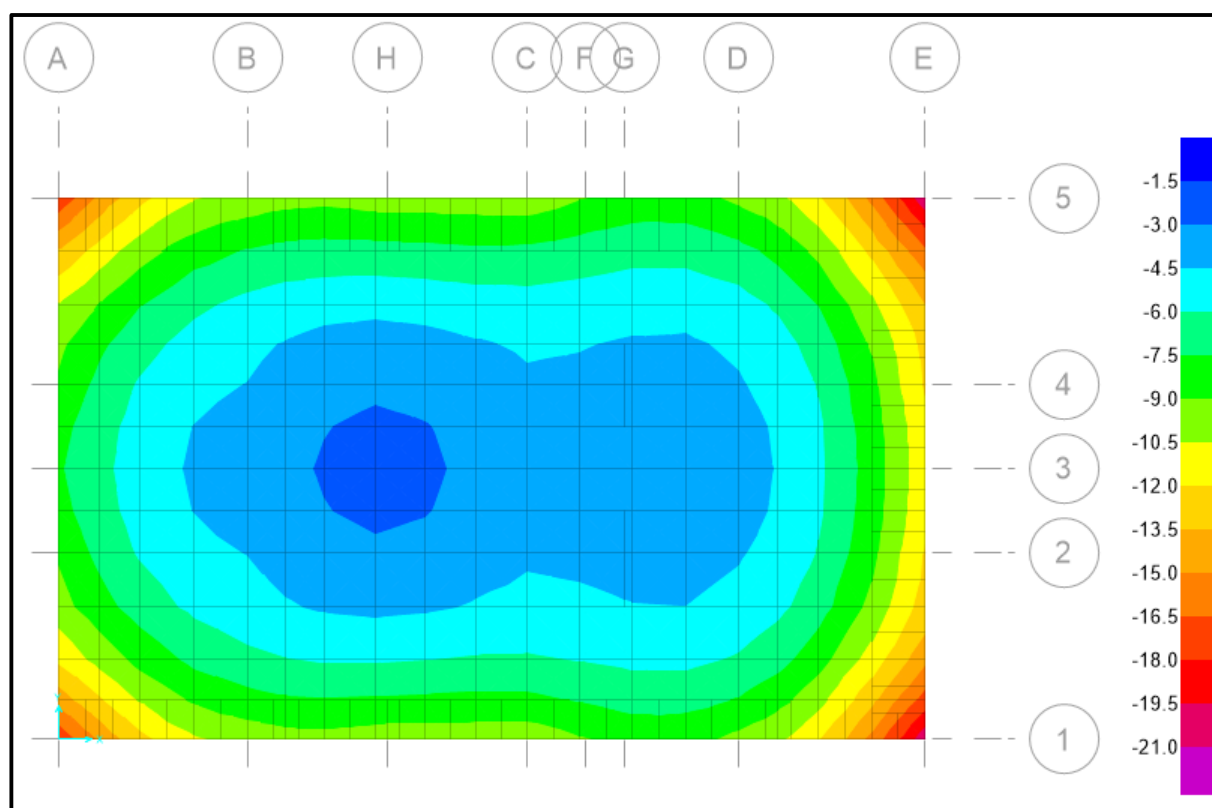


Ilustración 37 Presiones en el suelo (kg/cm²) combinación de Carga Muerta y Viva - SAFE

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.2 Diseño por flexión y cortante de la Platea de Cimentación

Se diseñó la platea por metro lineal; es decir, considerando una franja de 100 cm.

El acero de refuerzo se distribuyó en dos capas y se consideró un peralte efectivo de 33 cm (recubrimiento contra el suelo de 7 cm).

Para el cálculo del acero mínimo en la platea se consideró la siguiente expresión:

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 \times b \times h$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 \times 100 \times 40$$

$$A_{s_{\min}} = 7.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Se decidió colocar acero de diámetro ½" ($A_s = 1.27 \text{ cm}^2$), de modo que se tiene lo siguiente:

- Cálculo del espaciamiento entre barras de acero (considerando dos capas):

$$\frac{1.27}{\frac{7.2}{2}} = 0.35 \text{ m}$$

- Se tomó un espaciamiento de 0.30 m, de modo que el área de acero por metro lineal resulta:

$$\frac{1.27}{0.30} = 4.23 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- De las ecuaciones de diseño se tiene:

$$a = \frac{4.23 \times 4200}{0.85 \times 210 \times 100} = 0.99 \text{ cm/m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 4.23 \times 4200 \times \left(33 - \frac{0.99}{2} \right) = 5.19 \text{ tonf.m}$$

Se buscó que se cumpla la relación $\phi M_n \geq M_u$. En los lugares de la platea en los que el momento resultó mayor, se adicionaron bastones para cumplir con los requerimientos de flexión.

Para el diseño por fuerza cortante se tiene:

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 33 \times \left(\frac{1 \text{ tonf}}{1000 \text{ kg}} \right)$$

$$\phi V_c = 21.54 \text{ tonf}$$

Se buscará cumplir con la relación $\phi V_n \geq V_u$ para cumplir con los requerimientos de fuerza cortante.

A continuación, se realiza el diseño analizando los momentos resultantes del modelo para las direcciones 1-1 (dirección paralela al eje X-X) y 2-2 (dirección paralela al eje Y-Y).

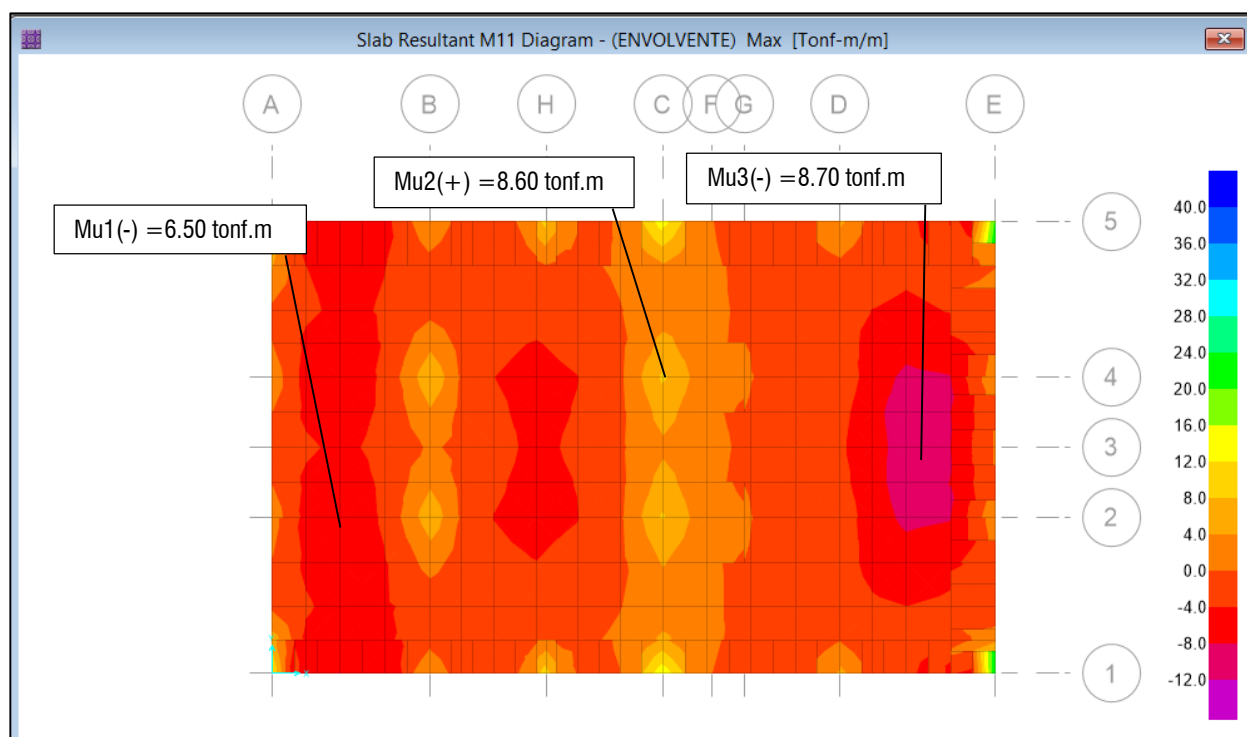


Ilustración 38 Momentos flectores en la dirección X-X (tonf.m) de la platea de cimentación - SAFE

Fuente: Elaboración Propia

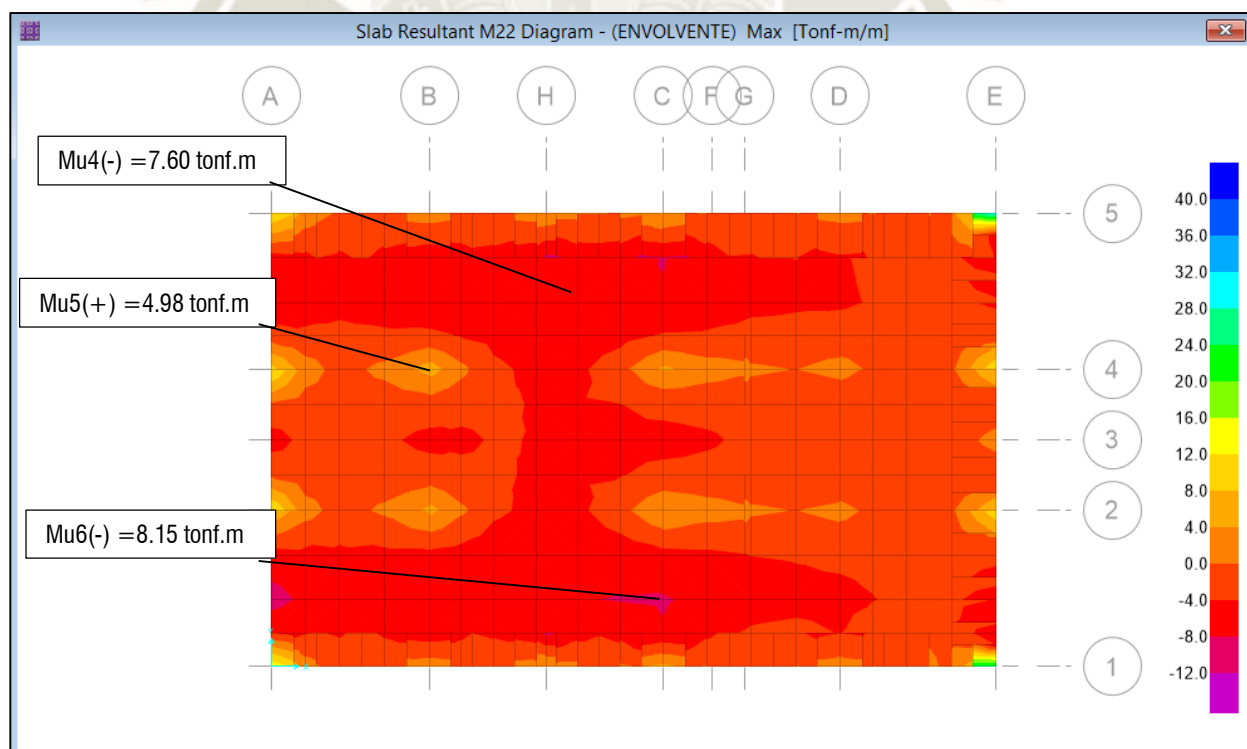


Ilustración 39 Momentos flectores en la dirección Y-Y (tonf.m) de la platea de cimentación - SAFE

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del diseño por flexión se muestran en la tabla 68

Tabla 69 Resultados del Diseño por Flexión y Cortante

REFUERZO	Mu		Acero Requerido (cm ²)	Refuerzo colocado	Acero colocado (cm ²)	Vu (tonf)	ØVc
INFERIOR	Mu1	6.50	5.28	Ø1/2"@0.30 m (malla)+ Ø1/2"@0.60 m (refuerzo)	6.35	5.50	21.54
	Mu3	8.70	7.26	Ø1/2"@0.30 m (malla)+ Ø1/2"@0.30 m (refuerzo)	8.46	8.80	21.54
	Mu4	7.60	6.27	Ø1/2"@0.30 m (malla)+ Ø1/2"@0.60 m (refuerzo)	6.35	1.50	21.54
	Mu6	8.15	6.60	Ø1/2"@0.30 m (malla)+ Ø1/2"@0.30 m (refuerzo)	8.46	5.95	21.54
SUPERIOR	Mu2	8.60	7.26	Ø1/2"@0.30 m (malla)+ Ø1/2"@0.30 m (refuerzo)	8.46	8.80	21.54
	Mu5	4.98	4.29	Ø1/2"@0.30 m (malla)	4.32	10.90	21.54

Fuente: Elaboración Propia

La ilustración 41 muestra la distribución de bastones de la Platea de Cimentación.

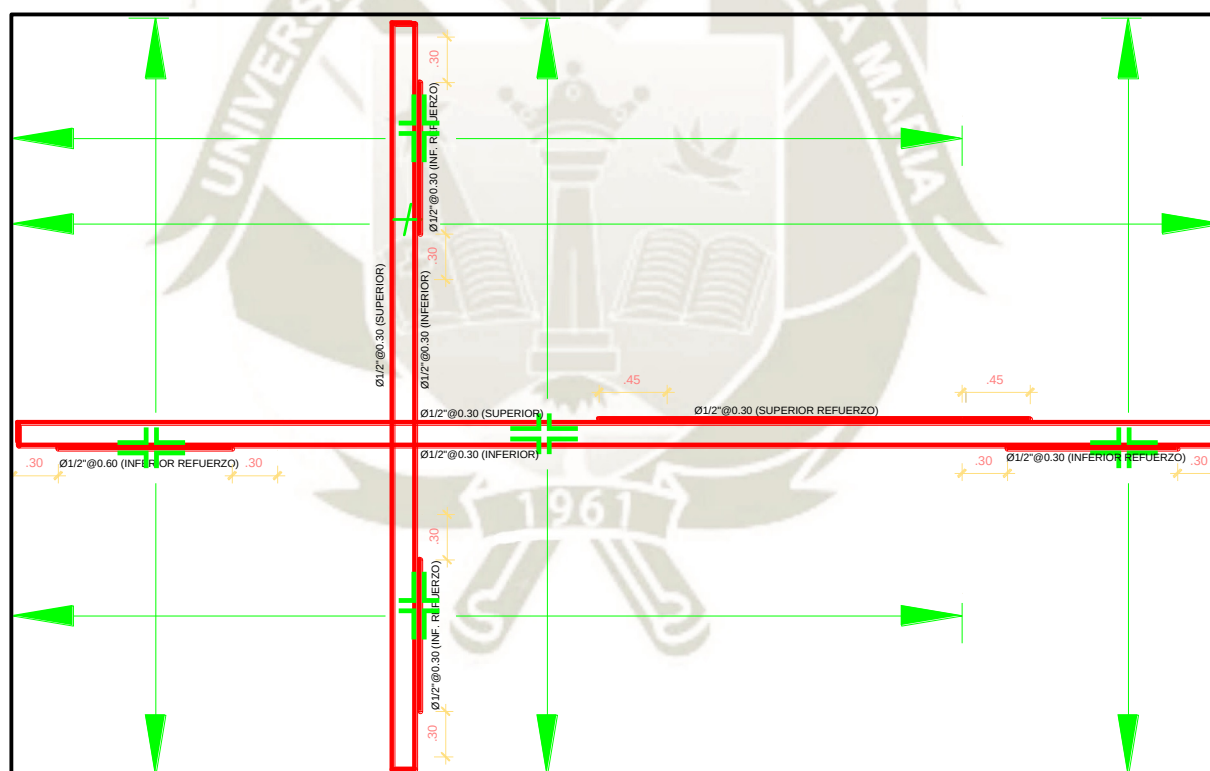


Ilustración 40 Distribución de bastones en la Platea de Cimentación

Fuente: Elaboración Propia

6.3 CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO

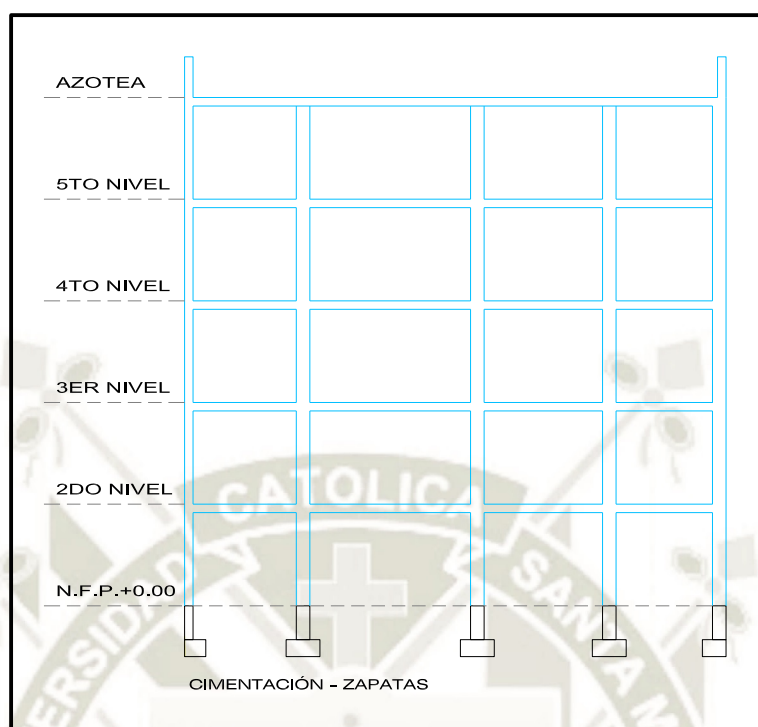


Ilustración 41 Perfil de Cimentación del Edificio multifamiliar con zapatas aisladas

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de la edificación, la profundidad y ancho zapata va en relación a las gráficas del anterior capítulo. Para las columnas y placas, se les asignará zapatas aisladas, los elementos restantes verticales cuentan con cimiento corrido. A continuación, se muestra su ubicación de la columna C-2 con más carga.

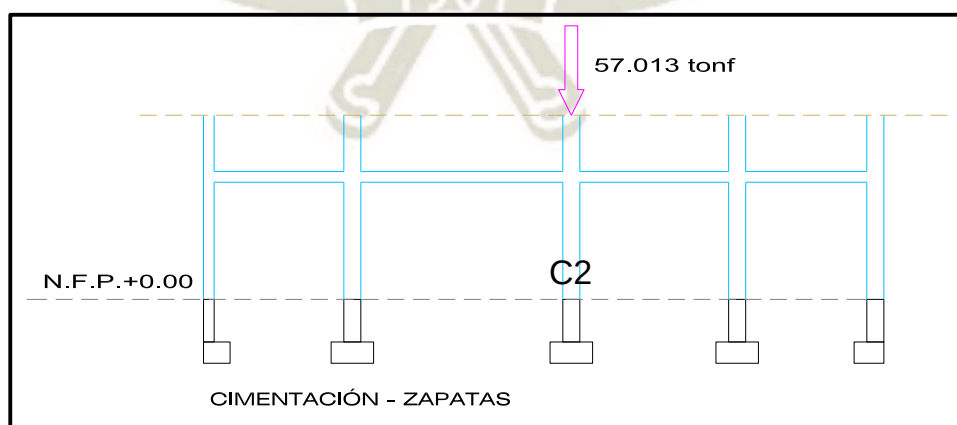


Ilustración 42 Ubicación de la columna C-2

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra las cargas y momentos actuantes de la columna C-2 que llega a la base del suelo.

6.3.1 Dimensionamiento

Las dimensiones de la zapata serán denominadas ancho de zapata (B) y longitud mayor (L). Se procura tener volados en ambos sentidos con dimensiones iguales a la columna que llega a ella.

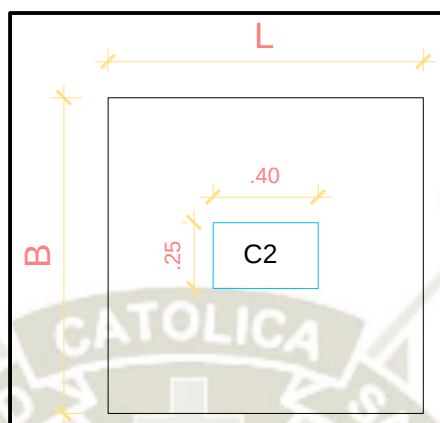


Ilustración 43 Dimensiones teóricas de la zapata aislada

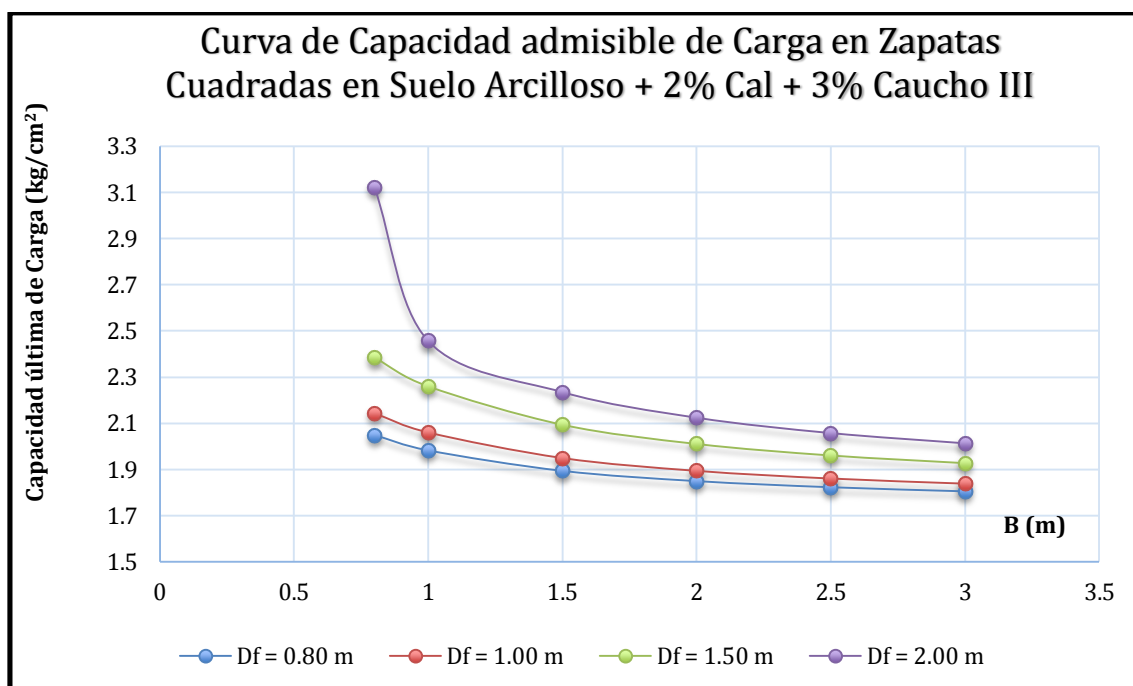
Fuente: Elaboración Propia

Considerando que se plantea realizar zapatas cuadradas en la cimentación del Edificio, en el capítulo anterior se realizó un estudio de la capacidad de carga del suelo (Arcilla con Caucho) con las diferentes dimensiones de ancho de zapatas; para lo cual en dicha cimentación obtiene lo siguiente:

Tabla 70 Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - 2% cal + 3% Caucho III

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.049	1.982	1.893	1.849	1.822	1.804
Df = 1.00 m	2.144	2.061	1.950	1.895	1.861	1.839
Df = 1.50 m	2.384	2.259	2.092	2.009	1.959	1.926
Df = 2.00 m	3.123	2.457	2.235	2.124	2.057	2.013

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 100 Curva de Capacidad admisible de Carga en zapatas – 2% cal + 3% Caucho III

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se determina que con el Estudio de Suelos realizado es óptimo para una zapata cuadrada entre 1 m x 1 m y 1.5 m x 1.5 m con una profundidad de Cimentación de 1.50 m, con un Esfuerzo admisible entre 2.092 a 2.259 kg/cm² superior al de un suelo de 2.0 kg/cm², teniendo como una carga puntual máxima entre 67.77 a 141.24 tonf, siendo superior a la carga puntual del Edificio de 57.013 tonf.

6.3.2 Diseño Estructural de Cimentación

6.3.2.1 Verificación por Punzonamiento

La falla por punzonamiento ocurre por la presencia de cargas elevadas de columnas esbeltas.

De igual modo para que sea más fácil entender el fenómeno idealizando la zapata en forma invertida, como si fuera una losa sin vigas sobre una columna y sostenida por solo ella.

Generalmente esta falla se analiza a $d/2$ de la cara de columna, considerando “d” el peralte efectivo de la zapata para un recubrimiento de 10cm. En este caso se hace un análisis para calcular el esfuerzo último, para la combinación de Carga ultima dividida entre el área dimensionada.

El cálculo del punzonamiento dentro del área de la zapata que limita a una distancia de $d/2$ al lado de cada cara de la columna, se muestra:

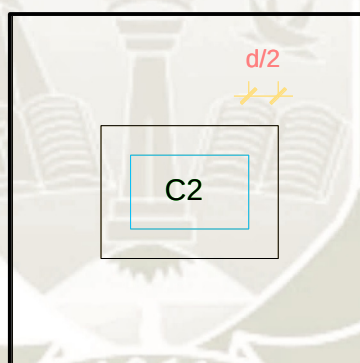


Ilustración 44 Área teórica de punzonamiento en la zapata aislada

Fuente: Elaboración Propia

Considerando una zapata cuadrada de 1.30 m y un peralte efectivo de 0.40 m se procede a calcular la resistencia requerida V_u

Ao: Área de punzonamiento

$$A_o = (x + d) * (x + d) = (0.40 + 0.40) * (0.25 + 0.40) = 0.520 \text{ m}^2$$

b: perímetro de la zona del punzonamiento

$$b = 2 * (D_x + D_y + 2d) = 2 * (0.40 + 0.25 + 2 * 0.40) = 2.90 \text{ m}$$

$$V_u = \sigma_u * (A + A_o) = 57.013 * (1.69 - 0.52) = 66.71 \text{ tonf}$$

Calculando la Resistencia de Diseño ϕV_c , se tiene:

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * b * d$$

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * \left(1 + \frac{2}{\frac{40}{25}}\right) * 290 * 40 = 170.39 \text{ tonf}$$

$$\phi V_c = \phi * 0.27 * \sqrt{f'c} * \left(\frac{a_s * d}{b} + 2\right) * b * d$$

$$\phi V_c = 0.85 * 0.27 * \sqrt{210} * \left(\frac{40 * 40}{290} + 2\right) * 290 * 40 = 290.00 \text{ tonf}$$

$$\phi V_c = \phi * 1.06 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 290 * 40 = 151.46 \text{ tonf}$$

Se observa que todos los casos se cumple la condición $\phi V_c > V_u$.

6.3.2.2 Diseño por fuerza cortante

Con el peralte “d” precisado anteriormente, se verifica la fuerza cortante haciendo que se cumpla la relación $\phi V_c > V_u$ a una distancia “d” de la cara de la columna.

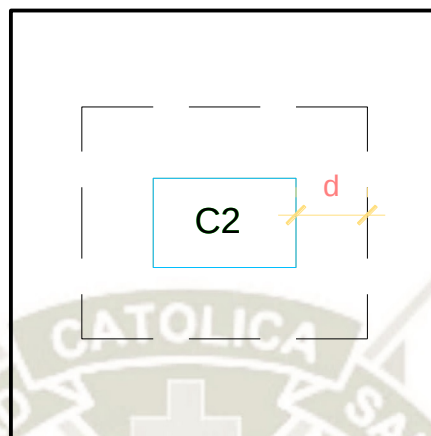


Ilustración 45 Zona teórica de verificación por fuerza cortante de la zapata aislada

Fuente: Elaboración Propia

De verificarse la relación, se continua con el Diseño por Flexión, de no ser así se incrementa el peralte efectivo hasta que cumpla.

Por tanto, se obtiene:

Para la dirección XX:

$$\phi V_c = \phi 0.53 * \sqrt{210} * L_y * d = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 130 * 40$$

$$\phi V_c = 33.95 \text{ tonf}$$

$$V_u = \sigma_u L_y * (L_{vx} - d) = 57.013 * 1.3 * (0.45 - 0.4)$$

$$V_u = 3.71 \text{ tonf}$$

Para la dirección YY:

$$\phi V_c = \phi 0.53 * \sqrt{210} * L_y * d = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 130 * 40$$

$$\phi V_c = 33.95 \text{ tonf}$$

$$V_u = \sigma_u L_y * (L_{vy} - d) = 57.013 * 1.3 * (0.525 - 0.4)$$

$$V_u = 9.26 \text{ tonf}$$

6.3.2.3 Diseño por Flexión

El Diseño por Flexión se realiza con el fin de determinar la cuantía de acero para la zapata y esta pueda soportar los momentos flectores que se producirán por la aplicación de la carga contra el suelo. El momento se calcula desde la cara de columna hasta el borde de la zapata mediante la ecuación:

En dirección XX:

$$M_{ux} = \sigma_u * L_{vx}^2 / 2 = 57.013 * 0.45^2 / 2 = 5.77 \text{ tonf}$$

En dirección YY:

$$M_{uy} = \sigma_u * L_{vy}^2 / 2 = 57.013 * 0.525^2 / 2 = 7.86 \text{ tonf}$$

Considerando $b=100\text{cm}$ y $d=40\text{cm}$, se obtiene:

$$A_s = 6.00\text{cm}^2 \rightarrow \rho = 0.0012 < \rho_{\min} = 0.0018$$

$$\therefore A_{s_{\min}} = 0.0018 * 100 * 40 = 7.2 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se colocara $1\emptyset 1/2" @ 0.15m$ de acero inferior en cada dirección.

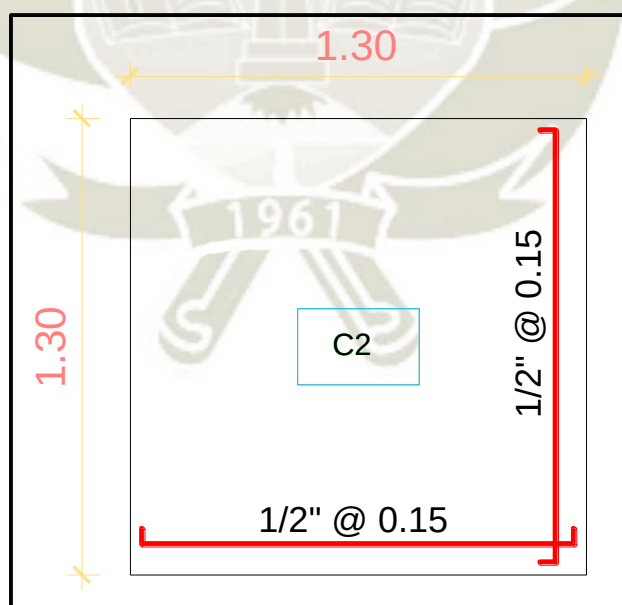


Ilustración 46 Distribución del acero en la zapata

Fuente: Elaboración Propia

6.4 ASENTAMIENTO DE SUELOS

6.4.1 Concepto General

El asentamiento de un suelo tiene importancia por tres razones, incluso aunque la falla no sea inminente: aspecto, condiciones de servicio y daños de la estructura. Los asentamientos pueden alterar el aspecto de una estructura, provocando grietas en los muros exteriores e interiores; también pueden dar lugar a que una estructura se incline lo suficiente para que su inclinación pueda ser observada a simple vista, produciendo una falla estructural en la edificación y su colapso, incluso aunque el factor de seguridad contra la falla por corte de la cimentación sea elevado.

El asentamiento de una cimentación se divide en dos categorías principales:

- Asentamiento elástico o inmediato (Si). Este asentamiento de una cimentación tiene lugar durante o inmediatamente después de la construcción de la estructura.
- Asentamiento por consolidación (Se). Este asentamiento ocurre a lo largo del tiempo. El agua de los poros es expulsada de los espacios vacíos de los suelos arcillosos saturados sumergidos en agua.

El asentamiento total de una cimentación es la suma de los asentamientos elásticos y por consolidación. La Norma E-050, señala que el asentamiento diferencial no debe ocasionar una distorsión angular mayor que la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 71 Asentamiento diferencial

Asentamiento Diferencial Permisible	
$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en que se debe tener daños estructurales en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígido puede ser visibles.
1/300	Límite en que se deben esperar dificultades con puentes grúas.
	Límite en que se deben esperar las primeras grietas en paredes.
	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Límite donde se espera dificultades en maquinarias sensible a asentamientos.
NOTA: En el caso de suelos granulares el asentamiento diferencial. Se puede estimar con el 75% de asentamiento total.	

Tabla 72 Métodos de cálculo de asentamientos

TIPO DE SENTAMIENTO	MÉTODO	PARÁMETRO BASE	APLICACIÓN
Inmediato	Elástico	Propiedades elásticas del suelo	Arena, grava, suelos no saturados, arcillas duras y rocas.
Inmediato	Meyerhof	N (SPT)	Arena, grava y similares.
Inmediato	Prueba de carga	Prueba de carga	Arena, grava, suelos no saturados, arcillas duras y rocas.
Consolidación primaria	Teoría de la Consolidación	Teoría de la Consolidación	Arcilla blandas a medias saturadas.
Consolidación primaria y secundaria	IDEM	IDEM	Arcilla blandas a muy blandas, suelos orgánicos y similares.

$$S_r = S_i + S_{cp} + S_{cs}$$

Ecuación 64 Asentamiento total

Donde:

 S_T = Asentamiento total

 S_i = Asentamiento inicial (inmediato)

 S_{cp} = Asentamiento por consolidación primaria

 S_{es} = Asentamiento por consolidación Secundaria

En consideración:

- En arenas, gravas, arcillas duras y suelos no saturados se tiene que: $S_r \cong S_i$
- En arcillas saturadas: $S_r \cong S_{cp}$
- En suelos de gran deformabilidad como turbas se tiene que: $S_r \cong S_{cp} + S_{cs}$

6.4.2 Método Elástico para el cálculo de asentamiento inmediato

La aplicación de la teoría de elasticidad es empírica porque se realizan ciertas modificaciones para hacer las simplificaciones menos restrictivas.

De la teoría elástica, el asentamiento está en función de la carga, geometría y constantes elásticas. Así, el asentamiento puede ser evaluado en mediciones elásticas. Pero las propiedades esfuerzo-deformación de suelos dependen de varios factores, y por consiguiente las propiedades elásticas no pueden ser determinadas en un ensayo arbitrario.

Lo que usualmente se hace es asumir que la teoría elástica predice correctamente los cambios debidos a las cargas aplicadas, y que las constantes elásticas pueden obtenerse al realizar los ensayos de laboratorio apropiados. En suelos granulares y muy permeables los asentamientos son básicamente instantáneos:

$$S_t = S_i$$

En suelos granulares, los asentamientos instantáneos vienen a ser los asentamientos totales que sufrirá la cimentación, estos dependerán de los valores del Módulo de Elasticidad obtenido a partir de ensayos triaxiales drenados o tipo CD (consolidado drenado). Los valores, de los módulos también pueden ser asumidos de manera conservadora.

Según la teoría elástica podemos utilizar la siguiente expresión:

$$S_i = \frac{q * B}{E} * (1 - \mu^2) * I_s$$

Ecuación 65 Asentamiento elástico

Donde:

- S_i = Asentamiento instantáneo (cm)
- q = Presión aplicada (tonf / m²)
- B = Menor dimensión de la cimentación (m)
- E = Módulo de elasticidad (tonf / m²)
- μ = Relación de Poisson del suelo
- I_s = Factor de influencia debido a la geometría (cm / m)

Esta ecuación es aplicable sólo para suelos donde los parámetros elásticos (μ , E) pueden asumirse constantes. En la mayor parte de los problemas prácticos las capas son de espesor finito, entonces el uso de la ecuación conduce a una sobreestimación. Se recomienda aplicar la ecuación solamente a las capas cuyo espesor sea superior al doble del ancho de la cimentación.

Tabla 73 Factores de Influencia (1,) para desplazamiento vertical debido a una compresión elástica de una capa de espesor Semi-infinito

Forma de la Zapata Ubicación		Valores de I_s (cm/m)		
		Cimentación Flexible Centro	Esquina	Medio
Rectangular	L/B			
	1.0	112.2	56.1	94.6
	1.5	135.8	67.9	114.8
	2.0	153.2	76.6	130.0
	3.5	178.3	89.2	152.7
	4.5	196.4	98.2	169.4
	5.5	210.5	105.2	182.6
	10.0	254.0	127.0	224.6
	100.0	401.0	200.5	369.3
Circular		100	64	85

Tabla 74 Modulo de elasticidad según el tipo de suelo

TIPO DE SUELO	E (tonf/m ²)
Arcilla muy blanda	30 - 300
Arcilla blanda	200 - 400
Arcilla media	450 - 900
Arcilla dura	700 - 2000
Arcilla arenosa	3000 - 4250
Suelos glaciares	1000 - 16000
Loess	1500 - 6000
Arcilla limosa	500 - 2000
Arena limosa	1000 - 2500
Arena densa	5000 - 10000
Grava arenosa: Densa	8000 - 20000
Grava arenosa: Suelta	5000 - 14000
Arcilla esquistosa	14000 - 140000
Limos	200 - 2000

Tabla 75 Relación de Poisson según el tipo de suelo

TIPO DE SUELO	μ (-)
Arcilla saturada	0.4 - 0.5
Arcilla no saturada	0.1 - 0.3
Arcilla arenosa	0.2 - 0.3
Limo	0.3 - 0.35
Arena densa	0.2 - 0.4
Arena de grano grueso	0.15
Arena de grano fino	0.25
Roca	0.1 - 0.4
Loess	0.1 - 0.3
Hielo	0.36
Concreto	0.15

6.4.3 Cálculo de Asentamiento Elástico

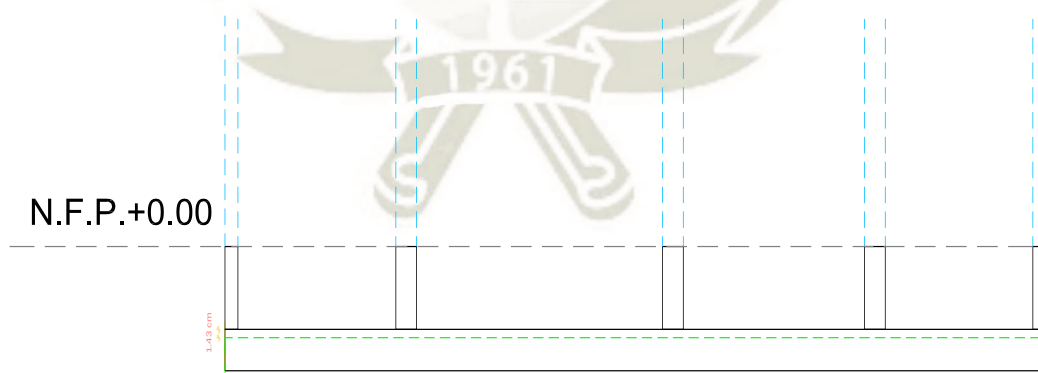
6.4.3.1 Asentamiento Elástico del Suelo Arcilloso

$$S_i = \frac{q * B}{E} * (1 - \mu^2) * I_s$$

$$S_i = \frac{3.319 * 10}{2000} * (1 - 0.3^2) * 94.60$$

$$S_i = 1.429 \text{ cm}$$

- En una platea de cimentación, el asentamiento es igual en toda la estructura



ASENTAMIENTO DE PLATEA DE CIMENTACIÓN

6.4.3.2 Asentamiento Elástico del Suelo Mejorado

$$S_i = \frac{q * B}{E} * (1 - \mu^2) * I_s$$

Asentamiento mínimo:

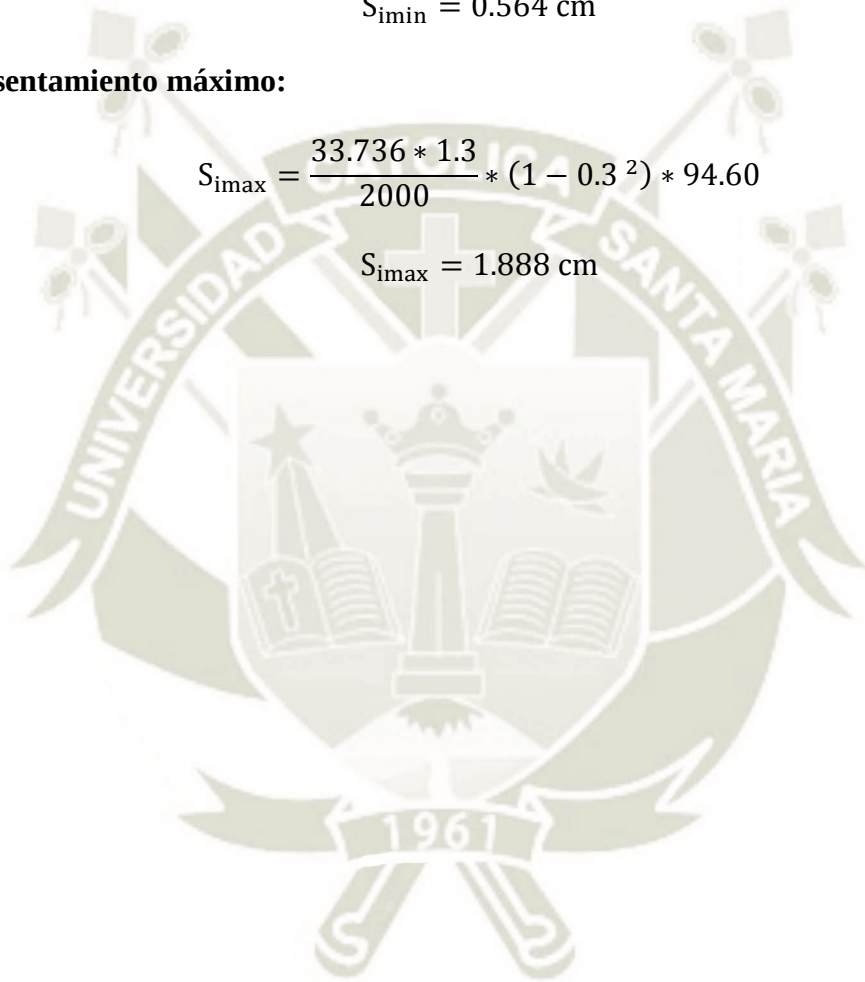
$$S_{imin} = \frac{9.18 * 1.3}{2000} * (1 - 0.3^2) * 94.60$$

$$S_{imin} = 0.564 \text{ cm}$$

Asentamiento máximo:

$$S_{imax} = \frac{33.736 * 1.3}{2000} * (1 - 0.3^2) * 94.60$$

$$S_{imax} = 1.888 \text{ cm}$$



6.4.1 Asentamiento Diferencial

En este tipo de asentamiento se presenta en la mayoría de los casos, donde la estructura tiene diferentes asentamientos de un punto a otro y cambia la magnitud y distribución de los esfuerzos, con el que fue diseñado la estructura. Es decir, se puede presentar la variación de la composición del suelo. El cálculo del asentamiento diferencial se da por la siguiente formula:

$$\Delta S = S_{imax} - S_{imin}$$

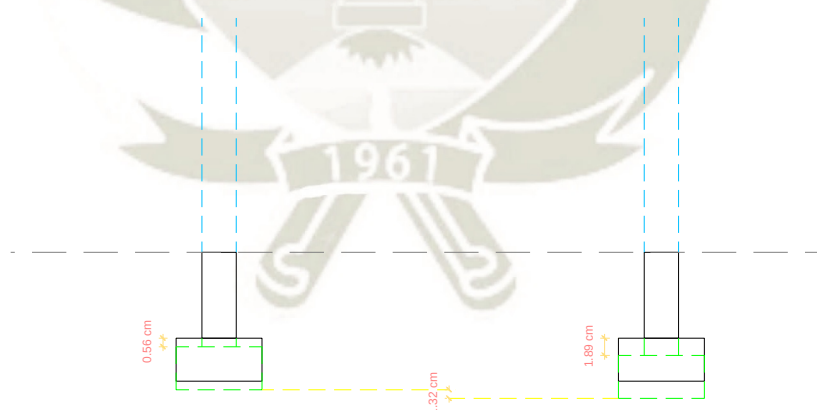
Ecuación 66 Asentamiento diferencial

6.4.1.1 Cálculo de Asentamiento Diferencial del Suelo Mejorado

$$\Delta S = S_{imax} - S_{imin}$$

$$\Delta S = 1.888 - 0.564$$

$$\Delta S = 1.324 \text{ cm}$$



ASENTAMIENTO DE ZAPATAS

6.5 MODELAMIENTO NUMÉRICO

6.5.1 Concepto General

La capacidad de carga de un suelo se obtiene por dos métodos uno el Método Teórico desarrollado en el capítulo anterior y el Método Numérico el cual se calcula con la aplicación del programa Plaxis2D, asumiendo las mismas propiedades del suelo en el Método Teórico.

6.5.2 Resultados

6.5.2.1 Suelo arcilloso

Tabla 76 Propiedades del Suelo arcilloso Inalterado a introducir en el programa PLAXIS 2D

Item	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	c kN/m ²	μ	E kN/m ²
Suelo Arcilloso	13.827	18.633	14.61	0.4	25000
Concreto	24			0.2	21000000

Fuente: Elaboración Propia

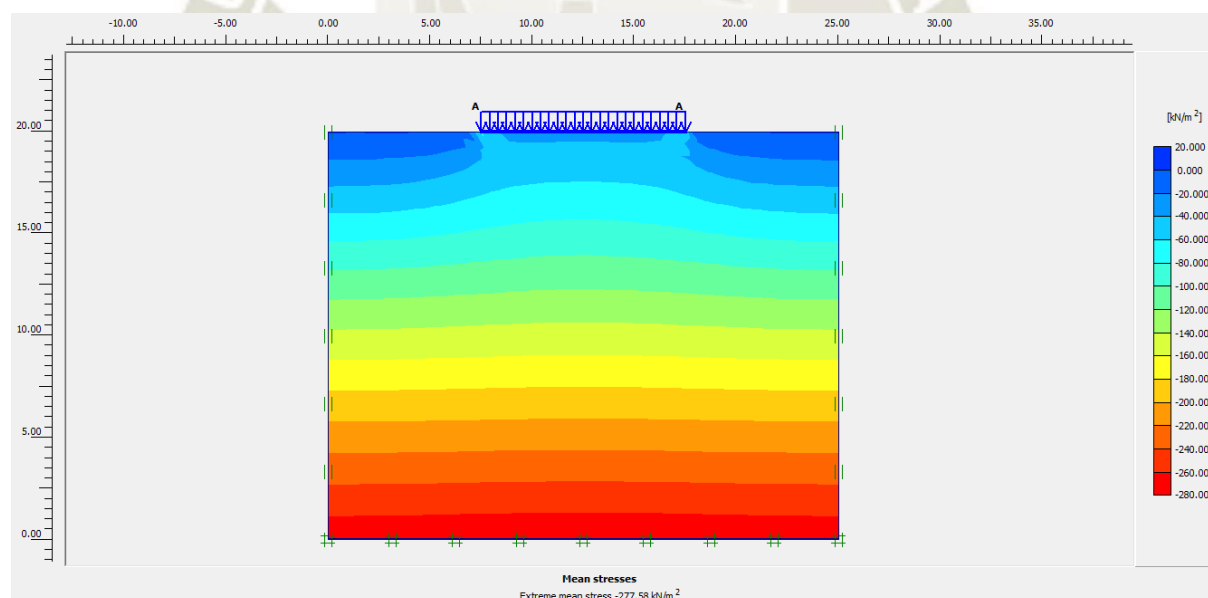


Ilustración 47 Disipación del esfuerzo efectivo sobre el suelo arcilloso inalterado con una platea de cimentación de 10m de ancho

6.5.2.2 Suelo arcilloso + 2% Cal +3% Caucho

Tabla 77 Propiedades del Suelo arcilloso+ 2% cal +3% caucho a introducir en el programa PLAXIS 2D

Item	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	c kN/m ²	μ	E kN/m ²
Suelo Mejorado	15.200	19.358	79.63	0.35	24520
Concreto	24			0.2	21000000

Fuente: Elaboración Propia

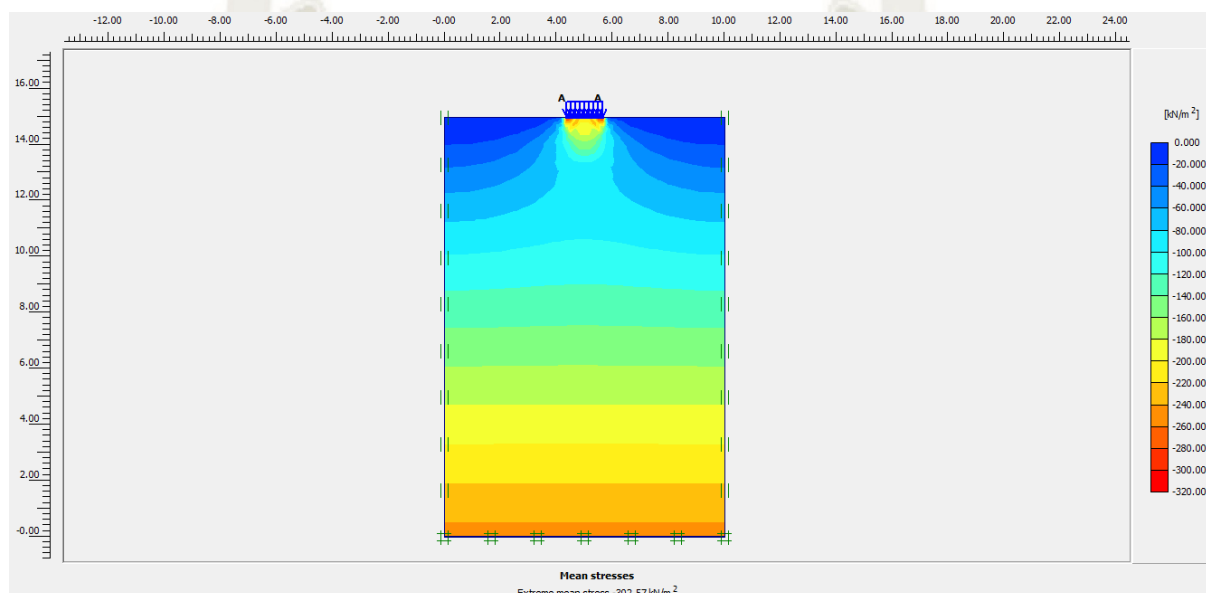


Ilustración 48 Disipación del esfuerzo efectivo sobre el suelo arcilloso mejorado con una zapata cuadrada de 1.30m de ancho

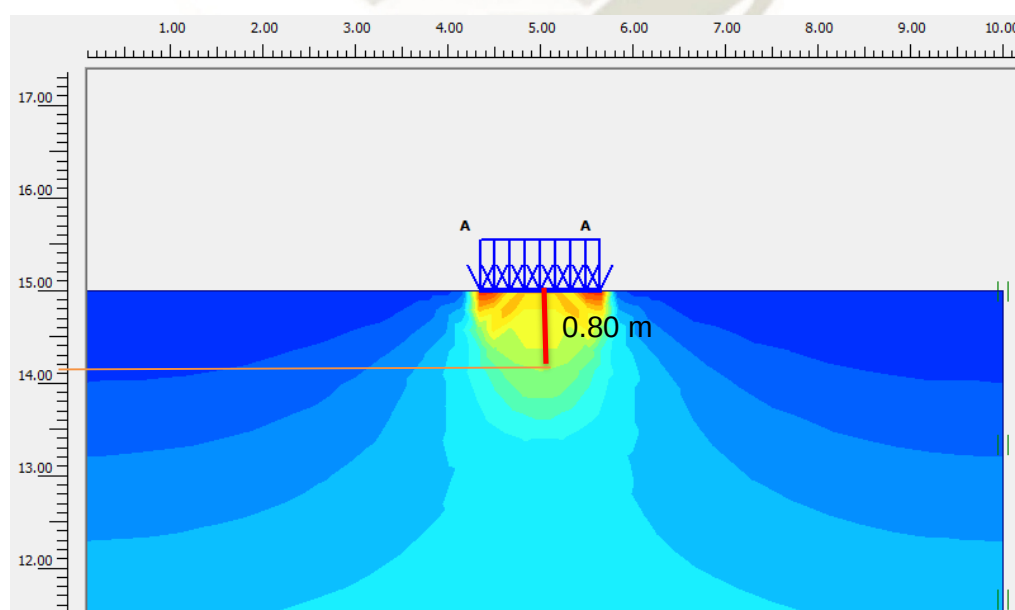


Ilustración 49 Excavación para colocar el suelo mejorado de 0.80 m de altura bajo la cimentación diseñada.



CAPITULO VII

ANÁLISIS DE COSTO

- BENEFICIO

7.1 METRADOS

7.1.1 Metrado de Cimentación con Suelo arcilloso

Tabla 78 Metrado de Cimentación con Suelo arcilloso

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO
01	<u>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</u>		
01.01	<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>		
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m ²	160.00
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	m ²	160.00
02	<u>ESTRUCTURAS</u>		
02.01	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>		
02.01.01	<u>EXCAVACIÓN EN RELLENO NATURAL</u>		
02.01.01.01	EXCAVACIÓN DE PLATEA DE CIMENTACIÓN	m ³	240.00
02.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m ³	185.42
02.01.01.03	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIONES DE LA CIMENTACIÓN (DM=5 km)	m ³	65.50
02.02	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE (CEMENTO IP)</u>		
02.02.01	CONCRETO SOLADO e=2" f'c=80 kg/cm ²	m ³	8.00
02.02.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS f'c=175 kg/cm ² +25%P.M	m ³	11.24
02.02.03	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO	m ²	89.90
02.02.04	ACERO CORRUGADO fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60 DE SOBRECIMIENTO	Kg	430.57
02.03	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO (CEMENTO IP)</u>		
02.03.01	<u>PLATEA DE CIMENTACIÓN</u>		
02.03.01.01	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACIÓN f'c=210 kg/cm ²	m ³	64.00
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACIÓN	m ²	20.80
02.03.01.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60 DE PLATEA DE CIMENTACIÓN	kg	2,676.03

Fuente: Elaboración Propia

7.1.2 Metrado de Cimentación con Suelo mejorado

Tabla 79 Metrado de Cimentación con Suelo mejorado

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO
01	<u>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</u>		
01.01	<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>		
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m ²	160.00
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	m ²	160.00
02	<u>ESTRUCTURAS</u>		
02.01	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>		
02.01.01	<u>EXCAVACIÓN EN RELLENO NATURAL</u>		
02.01.01.01	EXCAVACIÓN ZANJAS Y ZAPATAS	m ³	88.06
02.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m ³	28.96
02.01.01.03	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIONES DE LA CIMENTACIÓN (DM=5 km)	m ³	70.93
02.01.02	<u>EXCAVACIÓN EN RELLENO ESTRUCTURAL</u>		
02.01.02.01	EXCAVACIÓN PARA RELLENO ESTRUCTURAL	m ³	41.62
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO CON SUELO MEJORADO	m ³	49.94
02.01.02.03	TRANSPORTE DE CAUCHO A OBRA (DM=5 km)	m ³	49.94
02.02	<u>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE (CEMENTO IP)</u>		
02.02.01	CONCRETO SOLADO e=2" f'c=80 kg/cm ²	m ³	2.94
02.02.02	CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS f'c=100 kg/cm ²	m ³	41.19
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIMIENTO CORRIDO	m ²	166.20
02.02.04	CONCRETO SOBRECIMIENTOS f'c=175 kg/cm ² +25%P.M	m ³	2.58
02.02.05	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO	m ²	34.39
02.03	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO (CEMENTO IP)</u>		
02.03.01	<u>ZAPATAS</u>		
02.03.01.01	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm ²	m ³	15.21
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ZAPATAS	m ²	46.80
02.03.01.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 Kg/cm ² GRADO 60 DE ZAPATAS	kg	468.31

Fuente: Elaboración Propia

7.2 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Respecto al jornal de los costos unitarios de la Mano de Obra se utilizará el documento denominado “Convención Colectiva de Trabajo- Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2018-2019”, el cual fue suscrito por la Cámara Peruana de la Construcción y la Federación de Trabajadores de Construcción Civil del Perú.

TABLA DE SALARIOS Y BENEFICIOS SOCIALES						
PLIEGO NACIONAL 2018 -2019						
(Del 01.06.2018 al 31.05.2019)						
OPERARIO				Indemnizac.	vacaciones	
Jornal	67.20 * 6 días	403.20		diario	10.08	6.72
Jornal Dominical	11.20 * 6 días	67.20		semanal	60.48	40.32
BUC 32%	21.50 * 6 días	129.02				
Bonif. Por Movilidad	7.20 * 6 días	43.20				
Total salarios		642.62				
Descuento ONP 13%		77.93				
Descuento CONAF. 2%		9.41				
Pago Neto Semanal		555.28				
					Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
				diario	12.8	17.92
				mensual	384	537.6
				Total	2688.000	2688.000
Ley N°30334, Exonera a las gratif. Del descuento del SNP o SPP.						
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador						
OFICIAL				Indemnizac.	vacaciones	
Jornal	53.70 * 6 días	322.20		diario	8.06	5.37
Jornal Dominical	8.95 * 6 días	53.70		semanal	48.33	32.22
BUC 32%	16.11 * 6 días	96.66				
Bonif. Por Movilidad	7.20 * 6 días	43.20				
Total salarios		515.76				
Descuento ONP 13%		61.43				
Descuento CONAF. 2%		7.52				
Pago Neto Semanal		446.81				
					Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
				diario	10.23	14.32
				mensual	306.86	429.6
				Total	2148.000	2148.000
Ley N°30334, Exonera a las gratif. Del descuento del SNP o SPP.						
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador						
PEON				Indemnizac.	vacaciones	
Jornal	48.10 * 6 días	288.60		diario	7.22	4.81
Jornal Dominical	8.02 * 6 días	48.10		semanal	43.29	28.86
BUC 32%	14.43 * 6 días	86.58				
Bonif. Por Movilidad	7.20 * 6 días	43.20				
Total salarios		466.48				
Descuento ONP 13%		55.03				
Descuento CONAF. 2%		6.73				
Pago Neto Semanal		404.72				
					Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
				diario	9.16	12.83
				mensual	274.86	384.8
				Total	1924.000	1924.000
Ley N°30334, Exonera a las gratif. Del descuento del SNP o SPP.						
El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador						
Asignacion Escolar por un hijo			HORAS EXTRAS			
	diario	mensual	Simples	60%	100%	Indemniz.
OPERARIO	5.6	168	8.4	13.44	16.8	1.26
OFICIAL	4.48	134.25	6.71	10.74	13.43	1.01
PEON	4.01	120.25	6.01	9.62	12.03	0.9

Ilustración 50 Tabla de salarios y Beneficios sociales

Fuente: Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú

Con respecto a los materiales y equipo para la construcción, se están usando precios de la Revista Costos Actualizado del año 2019.

7.3 ANÁLISIS DE PRESUPUESTO

7.3.1 Presupuesto de Cimentación con Suelo arcilloso

PRESUPUESTO					
Presupuesto	1101002 MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO				
Subpresupuesto	002 CIMENTACIÓN PLATEA				
Cliente	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA				
Lugar	AREQUIPA • AREQUIPA • AREQUIPA			Costo al	710612019
item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				636.80
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				636.80
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m ²	160.00	1.99	318.40
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	m ²	160.00	1.99	318.40
02	ESTRUCTURAS				57,876.05
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				7,871.70
02.01.01	EXCAVACIÓN EN RELLENO NATURAL				7,871.70
02.01.01.01	EXCAVACIÓN DE PLATEA DE CIMENTACIÓN	m ³	240.00	9.80	2,352.00
02.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m ³	185.42	21.99	4,077.39
02.01.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA CIMENTACIÓN (DM=5 km)	m ³	65.50	22.02	1,442.31
02.02	CONCRETO SIMPLE				12,395.35
02.02.01	CONCRETO SOLADO e=2" fc=80 kg/cm ²	m ²	8.00	32.32	258.56
02.02.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS fc=175 kg/cm ² + 25% P.M.	m ²	11.24	299.51	3,366.49
02.02.03	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m ²	89.90	73.13	6,574.39
02.02.04	ACERO CORRUGADO FY. 4200 kg/cm ² GRADO 60 DE SOBRECIMENTOS	kg	431.	5.10	2,195.91
02.03	CONCRETO ARMADO				37,609.00
02.03.01	LOSA DE CIMENTACIÓN				37,609.00
02.03.01.01	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACIÓN fc. 210 kg/cm ²	m ³	64.00	347.40	22,233.60
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLATEA DE CIMENTACIÓN	m ²	20.80	83.06	1,727.65
02.03.01.03	ACERO CORRUGADO Fy= 4200 kg/cm ² GRADO 60 DE PLATEA DE CIMENTACIÓN	kg	2,676.03	5.10	13,647.75
	Costo Directo				58,512.85

SON : CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS DOCE CON 85/100 NUEVOS SOLES

7.3.2 Presupuesto de Cimentación con Suelo mejorado

PRESUPUESTO					
Presupuesto	1101002 MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON CAUCHO				
Subpresupuesto	002 CIMENTACIÓN PLATEA				
Cliente	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA				
Lugar	AREQUIPA • AREQUIPA • AREQUIPA				
				Costo al	710612019
item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				636.80
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				636.80
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m ²	160.00	1.99	318.40
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	m ²	160.00	1.99	318.40
02	ESTRUCTURAS				39,382.98
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				7,416.73
02.01.01	EXCAVACIÓN EN RELLENO NATURAL				2,873.73
02.01.01.01	EXCAVACIÓN DE PLATEA DE ZANJAS Y ZAPATAS	m ³	88.06	9.80	862.99
02.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m ³	28.96	21.99	636.83
02.01.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA EXCAVACIÓN DE CIMENTOS Y ZAPATAS (DM=5 km)	m ³	70.93	19.37	1,373.91
02.01.02	EXCAVACIÓN EN RELLENO ESTRUCTURAL				4,543.00
02.01.02.01	EXCAVACIÓN PARA RELLENO ESTRUCTURAL	m ³	41.62	12.31	512.34
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL MEJORADO	m ³	49.94	53.16	2,654.81
02.01.02.03	TRANSPORTE DE CAUCHO A OBRA (DM=5 km)	m ³	49.94	21.43	1,375.85
02.02	CONCRETO SIMPLE				20,874.33
02.02.01	CONCRETO SOLADO e=2" fc=80 kg/cm ²	m ²	2.94	32.32	95.02
02.02.02	CONCRETO CIMENTOS CORRIDOS (100 kg/cm ²)	m ³	41.19	193.52	7,971.09
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIMIENTO CORROO	m ²	166.20	62.08	10,317.30
02.02.04	CONCRETO SOBRECIMENTOS fc=175 kg/cm ² + 25% P.M.	m ³	2.58	299.51	772.74
02.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SOBRECIMIENTO	m ²	34.39	49.95	1,717.78
02.03	CONCRETO ARMADO				11,397.56
02.03.01	ZAPATAS				11,397.56
02.03.01.01	CONCRETO ZAPATAS fc. 210 kg/cm ²	m ³	15.	336.75	5,121.97

02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	m ²	46.80	83.06	3,867.21
02.03.01.03	ACERO CORRUGADO F _y = 4200 kg/cm ² GRADO 60 DE ZAPATAS	kg	468.31	5.10	2,368.38
	Costo Directo				40,325.42
	SON : CUARENTA MIL TRESCIENTOS VEINTICINCO CON 42/100 NUEVOS SOLES				



7.4 BENEFICIOS

7.4.1 Beneficio Económico

Uno de los aspectos más importantes para poder cuantificar el beneficio que resulta el mejoramiento de suelo arcilloso con caucho reciclado en cimentaciones superficiales frente a un suelo normal con una capacidad de carga permisible, es el factor económico.

Por ello, se realiza un análisis económico, en el cual se basa en una comparación de costos entre los ya mencionados estudios. Para ello se toma en consideración el presupuesto de cimentación de cada estudio de suelos.

Se puede apreciar una marcada diferencia de costos entre el suelo arcilloso mejorado con caucho reciclado y un suelo normal con una capacidad de carga permisible.

- Suelo arcilloso mejorado con caucho reciclado: S/. 40 325.42
- Suelo normal con una capacidad de carga permisible: S/. 58 512.85

La diferencia de costos entre ambos presupuestos de cimentación es de S/.18 187.43, monto que supone ahorra un 31.08% al emplear caucho reciclado en el suelo arcilloso.

7.4.2 Beneficio Ambiental

Otro aspecto importante de nuestra investigación es el impacto ambiental que se reduce por parte de los desechos de neumáticos usados.

- El porcentaje optimo usado para diseño de cimentación es: 2% de cal y 3% de caucho.

Se realizó el análisis por 1 m³ de suelo mejorado.

Tabla 80 Análisis de 1m³ de suelo mejorado

	γ (g/cm ³)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)
caucho	0.45	30000	13.5
cal	1.1	20000	22
Arcilla	1.91	950000	1814.5

Fuente: Elaboración Propia

Se usará 13.5 kg por metro cubico de suelo mejorado en el proyecto se empleará 49.94 m³ de suelo mejorado por ende se aprovechará 674.19 kg de caucho reciclado en total, si se sabe que en un neumático que peso 8.6 kg el 15% es acero se tiene 7.31 kg de caucho siendo de esta forma equivalente al uso de 93 neumáticos en todo el proyecto en mención.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

1. El incremento del 3% de caucho ha mejorado la capacidad portante de suelo arcilloso extraído de Yarabamba, Pasando de $q_{adm} = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ a un $q_{adm} = 2.14 \text{ kg/cm}^2$ siendo esta una forma más viable en el procedimiento constructivo para fines de cimentación.
2. El perfil estratigráfico de suelo de la investigación nos dio en primer lugar una capa de 40 cm (aprox) de Arena Limosa de color verdoso con presencia de grava angular de 3 cm (aprox), en una segunda parte se observó arcilla de color marrón claro con presencia de terrones de 5 cm (aprox). Repitiéndose el mismo perfil en el caso de las tres calicatas.
3. En los ensayos de Límites de Atterberg con arcilla y cal el caso de Límite Líquido se ve una disminución desde un 47.88% a un 45.97%, en caso de Limite Plásticos se mantiene el valor en un promedio de 23.36% y finalmente en caso de Índice Plástico disminuye de 24.02% hasta un 22.60%.
4. La densidad máxima seca del suelo es de 1.658 g/cm^3 para un contenido de humedad de 20.4%, la densidad máxima seca va disminuyendo tanto con el incremento de porcentajes de cal hasta un 1.564 g/cm^3 y como de caucho hasta un 1.592 g/cm^3 , el contenido de humedad optimo en el caso de caucho disminuye hasta un 17.12% y el caso de cal aumenta hasta un 23.88%.
5. Mediante el ensayo de consolidación sin carga determinamos un coeficiente de hinchamiento igual a $1.60 \text{ m}^2/\text{año}$ que nos indicó que el suelo se expandía en un mínimo porcentaje con la presencia del agua, para contrarrestar este comportamiento se realizó incrementos graduales de cal. Obteniendo un porcentaje optimo mínimo del 2% de dicho material.
6. El coeficiente de consolidación de la arcilla natural es $13.89 \text{ m}^2/\text{año}$ reduciéndose hasta un $6.61 \text{ m}^2/\text{año}$ en caso del 2% de cal y un $2.85 \text{ m}^2/\text{año}$ con 10% de cal, siendo nuestro porcentaje optimo 2% de cal.

7. Para alcanzar la reacción química entre la cal y la arcilla se optó por incrementar un contenido de humedad el cual se determinó por medio del ensayo de Proctor modificado de cada porcentaje a estudiar.
8. En la combinación N° 1 (arcilla – cal) al incrementar el porcentaje de humedad se obtiene valores menores de cohesión, caso contrario en la combinación N° 2 (caucho – arcilla) y combinación N° 3(cal - caucho – arcilla) en ambos casos se observa la tendencia de incremento de cohesión para los diferentes porcentajes.
9. Finalmente, la cohesión del suelo arcilloso mejoro de un 0.149 kg/cm^2 a un 0.81 kg/cm^2 en caso de combinación 2% de cal y 3% de caucho teniendo un coeficiente de consolidación de $7.41 \text{ m}^2/\text{año}$.
10. Durante el análisis de la obtención de la capacidad portante de la cimentación, por el método de Terzaghi se obtuvo un comportamiento lineal que no depende de las dimensiones de la estructura sino únicamente de la cohesión.
11. El método Meyerhof permitió la elaboración de ábacos para las diferentes dimensiones de la cimentación, donde no se considera el ángulo de fricción como propiedad mecánica del suelo, sino solamente la cohesión que es lo más importante en el caso de suelos arcillosos.
12. En el método elástico para el cálculo de asentamiento inmediato da como resultado para la platea de cimentación un 1.43 cm, mientras 1.89 cm en zapatas aisladas.
13. En el diseño estructural de cimentaciones se obtuvo como estructura una platea de cimentación de 10 m por 16 m y un peralte de 40 cm debido a las malas propiedades mecánicas del suelo inalterado. Con el suelo mejorado se obtuvo una zapata cuadrada de 1.30 m de ancho con un peralte de 40 cm.

14. El programa Plaxis nos determinó que la profundidad de excavación para el suelo mejorado es de 80 cm a partir de base de la zapata. Esta altura es determinada por el bulbo de presiones.
15. El análisis de Costo-beneficio nos da como resultado un ahorro del 31.08% del presupuesto inicial, además, en el proyecto se usará un total de 674.19 kg de caucho reciclado que equivalente a 93 neumáticos para desarrollar la partida de relleno estructural del proyecto.



8.2 RECOMENDACIONES

1. Para el uso de caucho, primero se debe determinar el porcentaje óptimo dependiendo de las propiedades de cada suelo, evitando así un porcentaje elevado que perjudique los costos del producto.
2. Se debería de tener un cuidado especial con el contenido de humedad de la muestra debido a que las arcillas tienden a absorber la humedad del ambiente. Procurando el uso de bolsas herméticas durante los ensayos.
3. Profundizar en el análisis sísmico para poder evaluar las propiedades del caucho como un aislador sísmico debido a su propiedad elástica.
4. Determinar la velocidad óptima para el ensayo de corte directo dependiendo del tipo de suelo y su comportamiento, específicamente en arcillas.
5. Realizar el análisis de capacidad portante teniendo en consideración el ángulo de fricción como propiedad mecánica del suelo, ya que al momento de adicionar el caucho gradualmente a un suelo arcilloso podría tomar propiedades de un suelo friccionante.
6. Ahondar en los beneficios ambientales del uso de caucho en cimentaciones en términos cualitativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, Z., & Alva Hurtado, J. (2002). *MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE AREQUIPA*. Arequipa: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación De Desastres.
- Alva, H. *Diseño de cimentaciones superficiales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Blanco, A. (2006). *Apuntes del Curso Concreto Armado*. Pontífice Universidad Católica del Perú.
- Braja, M. (2006). *Fundamento de la Ingeniería Geotécnica*. Sacramento: THOMSON
- Castro, g. (2007) *Reutilización, Reciclado y disposición final de neumáticos*. Buenos Aires: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA F.I.U.B.A.
- Culqui, M. (2017) “*Influencia de la calidad de las calizas para la producción de cal viva en la calera la conga del caserío de sogorón alto distrito de la encañada, Cajamarca 2017*” Universidad Privada del Norte: Cajamarca
- Cusquisibán, W. D. (2014). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos utilizando Caucho Granular de Neumáticos para fines de construcción de pavimento* (tesis de pregrado). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, Cajamarca.
- Gonzales, M. (2001) *El terreno*. Barcelona: Edicions UPC
- Gonzales, R. (2014). *Clasificación de arcillas en base a su estabilidad*. Tijuana: Instituto Tecnológico de Tijuana
- López, F. (2004) *Manual de Patología de la Edificación*, Universidad Politécnica de Madrid: Madrid
- López, J. (2013). *Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado (Pet)* (tesis de pregrado). Escuela de Ingeniería de Antioquia, Antioquia
- National Lime Association. (2004). *MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO TRATADO CON CAL*. Virginia.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *El Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.020 Cargas*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060 Concreto Armado*. Lima. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.030 Ingeniería Sismorresistente*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050 Suelos y Cimentaciones*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Patrones, J., & Prefumo, J. (2005). *La Acción de los Suelos Expansivos Sobre las Cimentaciones. Métodos de Prevención y Control*. Montevideo: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Montevideo.

ANEXOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

Determinación de la Humedad Natural (N.T.P. 339.127)

Análisis Granulométrico (N.T.P. 339.128)

Límites de Plasticidad (N.T.P. 339.129)

Peso específico (N.T.P. 339.139)

Clasificación de suelos SUCS. (N.T.P. 339.134)

Ensayo de Peso específico de sólidos (N.T.P. 339.137)

Mesa Vibratoria (N.T.P. 339.137)

Consolidación Unidimensional (N.T.P. 339.170)

Ensayo de Corte Directo (N.T.P. 339.171)

MEMORIA DE CÁLCULO DE CIMENTACIÓN

PLANOS

Plano de Ubicación

Plano de ubicación U-01

Planos de Arquitectura

Plano de planta A-01, A-02

Plano de elevaciones A-03, A-04

Planos de Estructuras

Cimentaciones E-01 E-02

Aligerados E-03

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“REFORZAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON CAUCHO RECICLADO PARA
FINES DE CIMENTACIÓN EN EL DISTRITO DE YARABAMBA EN LA CIUDAD
DE AREQUIPA”
TOMO II**

Tesis Presentada por las Bachilleres:

Llerena Castillo, Gabriela Amabilis

Paredes Chura, Mishel Vanesa

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Gamarra Tuco Rubén Francisco

Arequipa - Perú

2019

Lista de Anexos

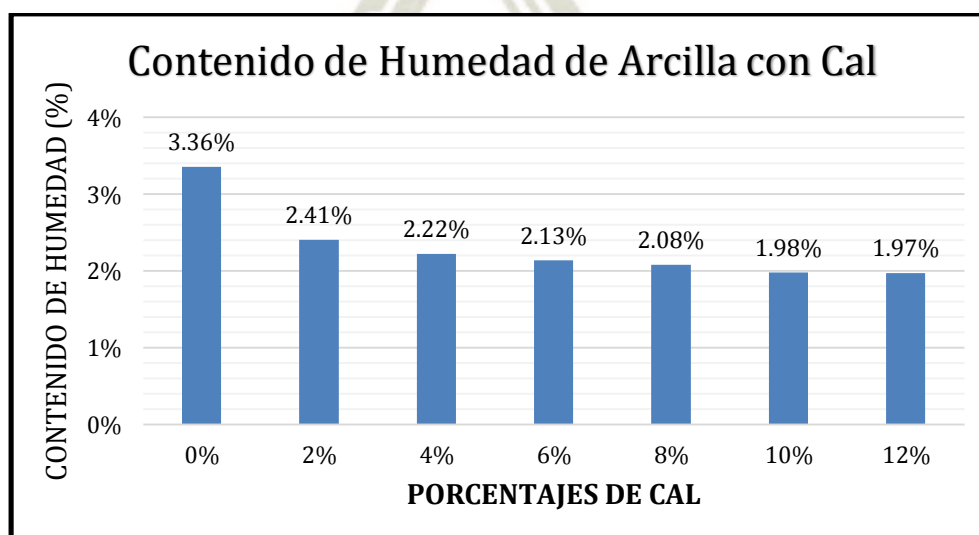
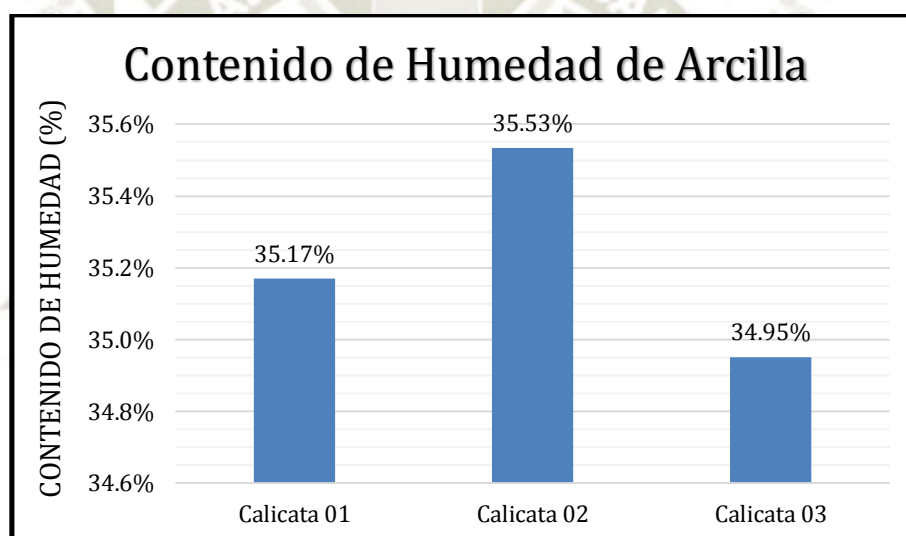
1	CONTENIDO DE HUMEDAD	4
2	PESO ESPECÍFICO NATURAL	5
3	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	7
4	LÍMITES DE ATTERBERG	9
5	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	17
6	PROCTOR MODIFICADO	24
7	MESA VIBRATORIA.....	70
8	DETERMINACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL	71
9	CORTE DIRECTO.....	110
10	CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA.....	242
11	CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA SECA.....	259
12	METRADO DE CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO	279
13	METRADO DE CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO	283
14	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO	292
15	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO.....	296



ENSAYOS DE LABORATORIO

1 CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA		Peso húmedo (g)	Peso Seco (g)	Peso Capsula (g)	w (%)
Arcilla	Calicata 1	95.7	70.8	27.1	35.2%
	Calicata 2	96.5	71.2	26.9	35.5%
	Calicata 3	97.3	72.1	26.8	34.9%
Porcentajes de Cal	0%	40	38.7	10.55	3.4%
	2%	35.3	34.47	10.85	2.4%
	4%	31.77	31.08	10.95	2.2%
	6%	33.02	32.33	11.08	2.1%
	8%	31.96	31.31	11.1	2.1%
	10%	31.9	31.28	11.08	2.0%
	12%	32.03	31.41	10.96	2.0%

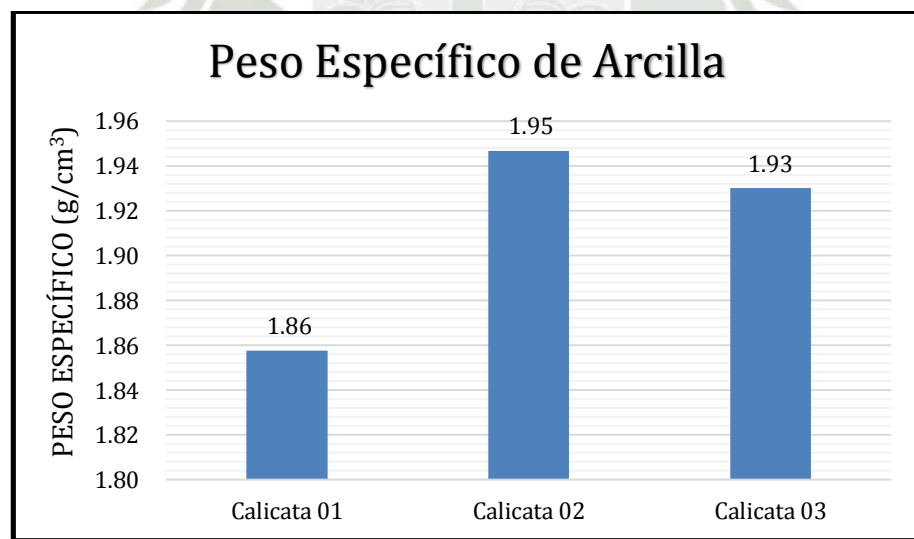


2 PESO ESPECÍFICO NATURAL

2.1 Arcilla

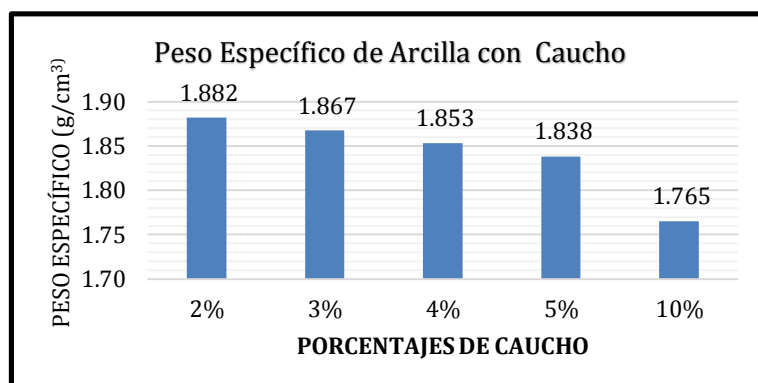
Peso específico de Parafina 0.87 gr/cm^3

Muestra	P. inicia (g)	P. c/parafina (g)	Vol. (500ml)	Vol. D (ml)	Peso de la Parafina (g)	Volumen de la Parafina (cm^3)	Volumen de la Muestra (cm^3)	Peso especifico (g/cm^3)
Calicata 1	46.4	49.9	529	29	3.5	4.02	24.98	1.86
Calicata 2	45.4	48.6	527	27	3.2	3.68	23.32	1.95
Calicata 3	43.2	44.6	524	24	1.4	1.61	22.39	1.93
								1.91

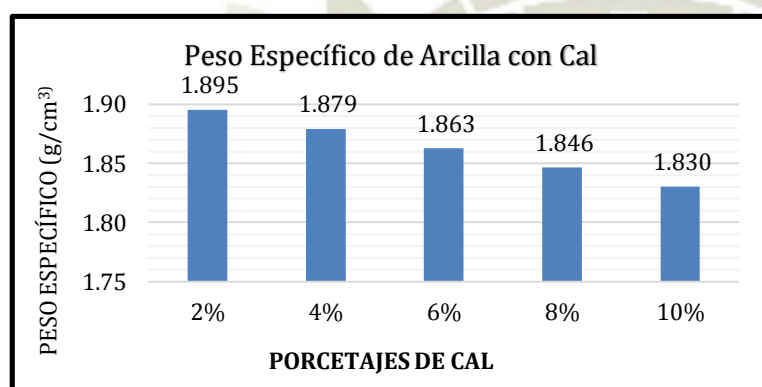


2.2 Porcentaje de Caucho

Peso específico (g/cm ³)	
CAUCHO	0.450
Porcentajes de Peso específico Caucho (g/cm ³)	
2%	1.882
3%	1.867
4%	1.853
5%	1.838
10%	1.765



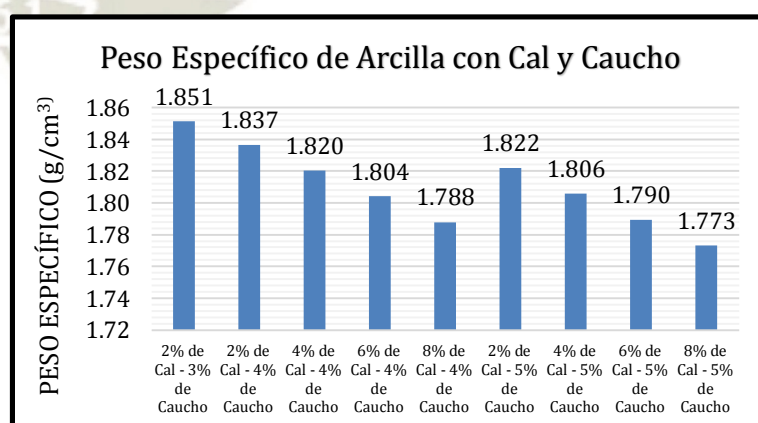
2.3 Porcentaje de Cal



Peso específico (g/cm ³)	
CAUCHO	0.450
CAL	1.100
Porcentajes de Peso específico cal (g/cm ³)	
2%	1.895
4%	1.879
6%	1.863
8%	1.846
10%	1.830

2.4 Porcentaje de Cal y Caucho

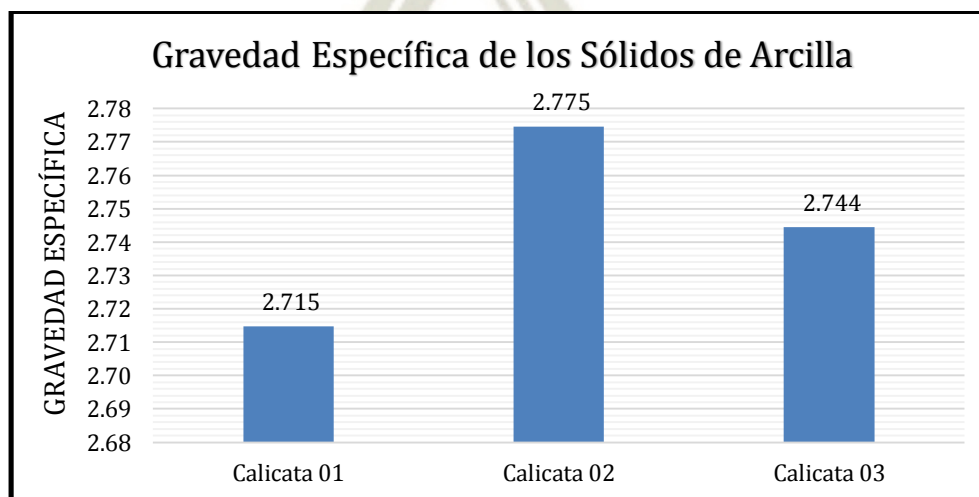
Porcentajes de cal y caucho	Peso específico (g/cm ³)
2% de Cal - 3% de Caucho	1.851
2% de Cal - 4% de Caucho	1.837
4% de Cal - 4% de Caucho	1.820
6% de Cal - 4% de Caucho	1.804
8% de Cal - 4% de Caucho	1.788
2% de Cal - 5% de Caucho	1.822
4% de Cal - 5% de Caucho	1.806
6% de Cal - 5% de Caucho	1.790
8% de Cal - 5% de Caucho	1.773



3 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS

3.1 Arcilla

Calicata 1				
Peso de la fiola + peso suelo seco	171.2	g	Peso específico relativo de los solidos	2.715
Peso de la fiola	146.2	g	Gs=	
Peso suelo seco	25	g		
Peso de la fiola + suelo seco + agua	659.5	g		
Peso de la fiola + agua	643.7	g		
Temperatura	24.7	°C		
Corrección de Temperatura	0.998			
Calicata 2				
Peso de la fiola + peso suelo seco	171.2	g	Peso específico relativo de los solidos	2.775
Peso de la fiola	146.2	g	Gs=	
Peso suelo seco	25	g		
Peso de la fiola + suelo seco + agua	660.2	g		
Peso de la fiola + agua	644.2	g		
Temperatura	25.6	°C		
Corrección de Temperatura	0.998			
Calicata 3				
Peso de la fiola + peso suelo seco	171.2	g	Peso específico relativo de los solidos	2.744
Peso de la fiola	146.2	g	Gs=	
Peso suelo seco	25	g		
Peso de la fiola + suelo seco + agua	659.5	g		
Peso de la fiola + agua	643.6	g		
Temperatura	24.9	°C		
Corrección de Temperatura	0.998			

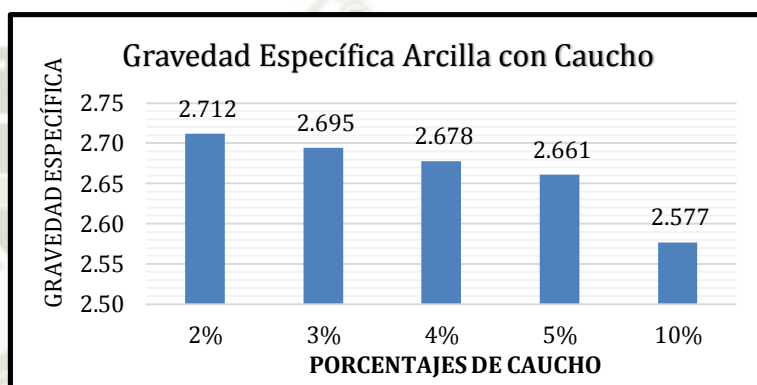


3.2 Caucho

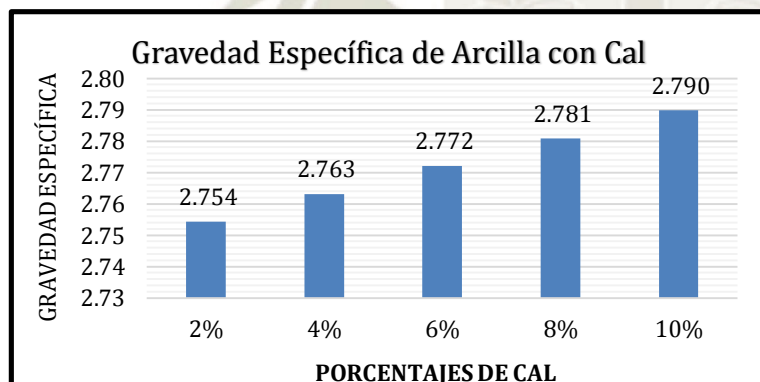
Caucho				
Peso de la fiola + peso suelo seco	171.2	g	Peso	
Peso de la fiola	146.2	g	específico	
Peso suelo seco	25	g	relativo de	2.744
Peso de la fiola + suelo seco + agua	659.5	g	los solidos	
Peso de la fiola + agua	643.6	g	Gs=	
Temperatura	24.9	°C		
Corrección de Temperatura	0.998			

3.2.1 Porcentajes de Caucho

Porcentajes de Caucho	Gravedad Específica
2%	2.712
3%	2.695
4%	2.678
5%	2.661
10%	2.577



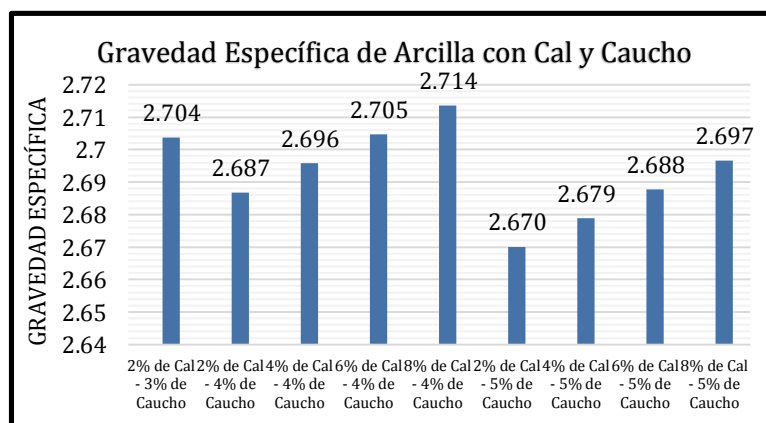
3.3 Porcentajes de Cal



Porcentajes de Caucho	Gravedad Específica
2%	2.754
3%	2.763
4%	2.772
5%	2.781
10%	2.790

3.4 Porcentajes de Cal con Caucho

Porcentajes de cal y caucho	Gs
2% de Cal - 3% de Caucho	2.704
2% de Cal - 4% de Caucho	2.687
4% de Cal - 4% de Caucho	2.696
6% de Cal - 4% de Caucho	2.705
8% de Cal - 4% de Caucho	2.714
2% de Cal - 5% de Caucho	2.670
4% de Cal - 5% de Caucho	2.679
6% de Cal - 5% de Caucho	2.688
8% de Cal - 5% de Caucho	2.697



4 LÍMITES DE ATTERBERG

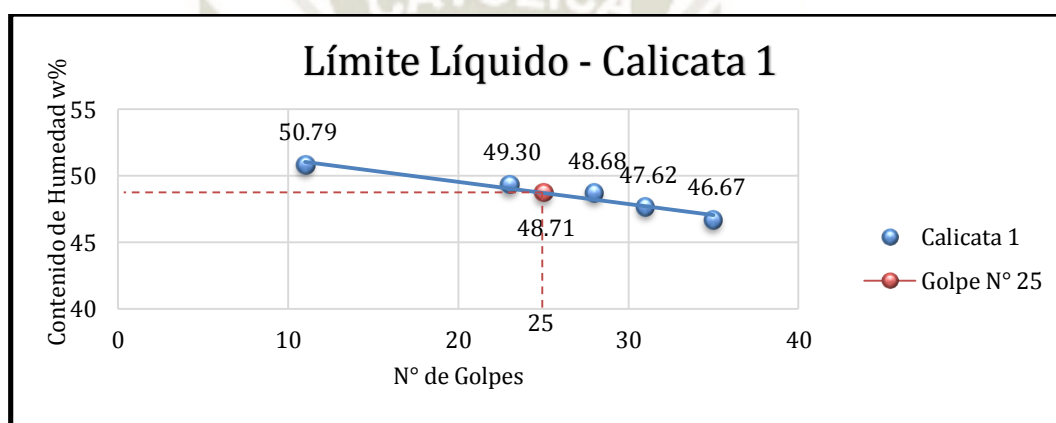
4.1 LÍMITE LÍQUIDO

4.1.1 Arcilla natural

a) Calicata 1

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	11	10.9	20.4	17.2	9.5	6.3	50.79
2	23	10.8	21.4	17.9	10.6	7.1	49.30
3	28	11	22.3	18.6	11.3	7.6	48.68
4	31	11	23.4	19.4	12.4	8.4	47.62
5	35	11.1	26.5	21.6	15.4	10.5	46.67

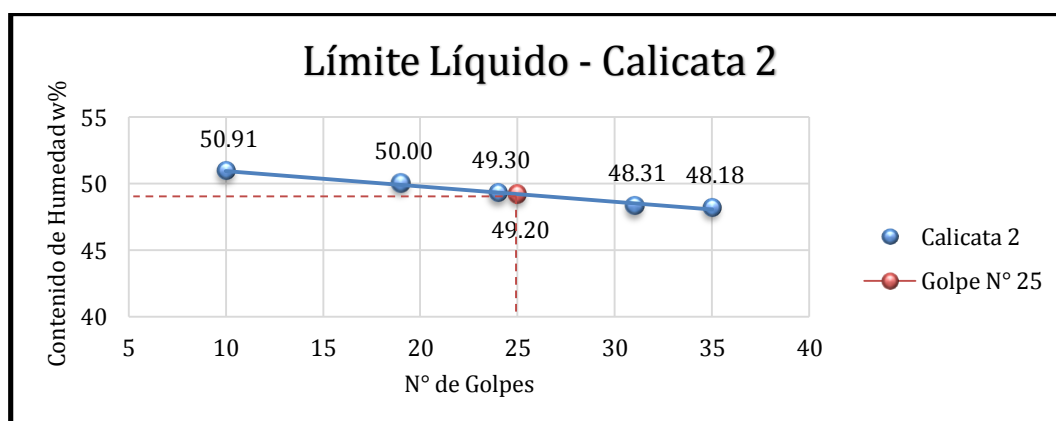
48.71



b) Calicata 2

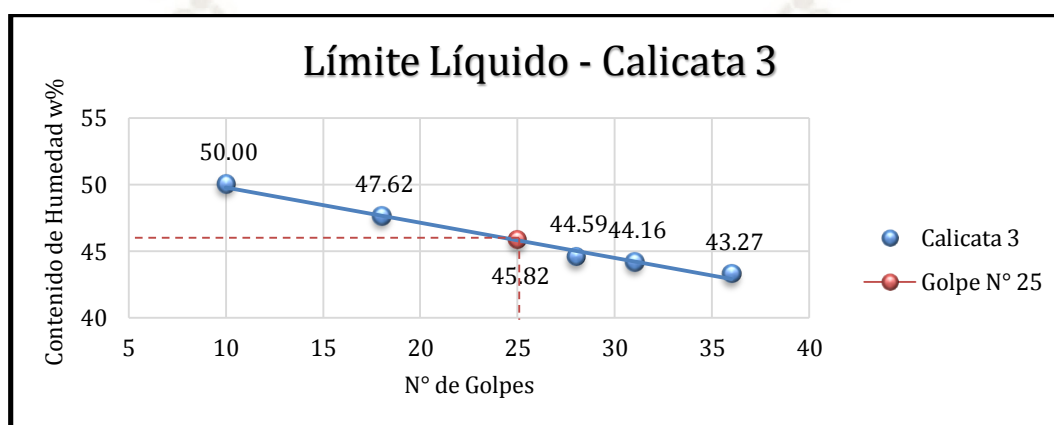
Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w (%)
1	10	11	19.3	16.5	8.3	5.5	50.91
2	19	10.9	20.5	17.3	9.6	6.4	50.00
3	24	11.1	21.7	18.2	10.6	7.1	49.30
4	31	11.2	24.4	20.1	13.2	8.9	48.31
5	35	11	27.3	22	16.3	11	48.18

49.20



c) Calicata 3

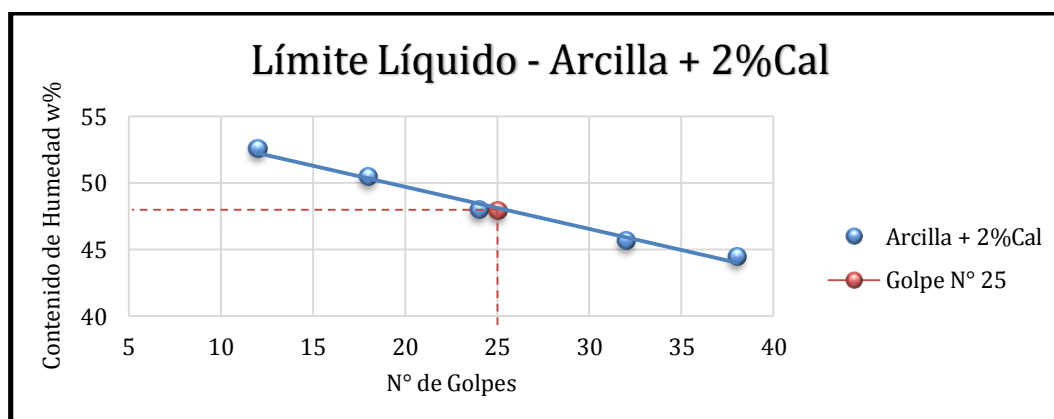
Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	10	10.9	19	16.3	8.1	5.4	50.00
2	18	10.9	20.2	17.2	9.3	6.3	47.62
3	28	11	21.7	18.4	10.7	7.4	44.59
4	31	11.1	22.2	18.8	11.1	7.7	44.16
5	36	11	25.9	21.4	14.9	10.4	43.27
							45.82



4.1.2 Arcilla con porcentaje de cal hidratada

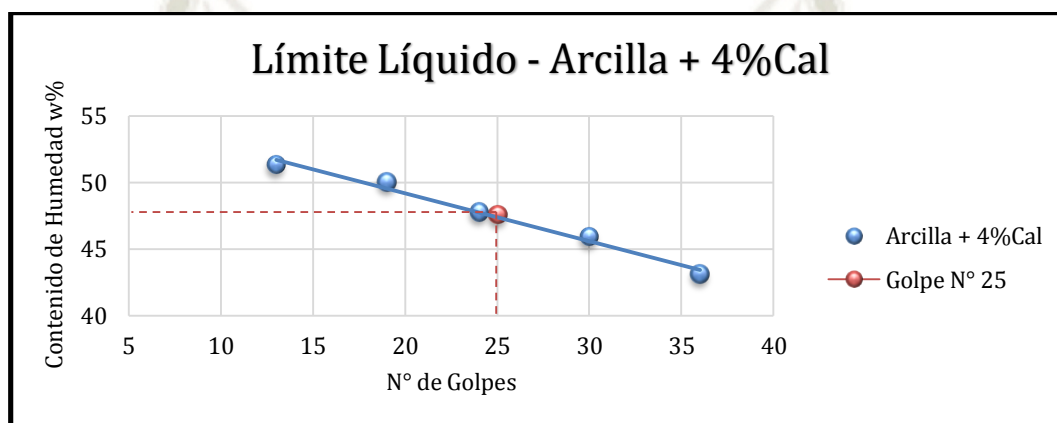
a) Arcilla + 2%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	12	11.1	20.1	17	9	5.9	52.54
2	18	10.9	19.7	16.7	8.8	5.8	50.43
3	24	11.4	18.5	16.2	7.1	4.8	47.92
4	32	11.1	17.8	15.7	6.7	4.6	45.65
5	38	11.1	25.4	21	14.3	9.9	44.44
							47.88



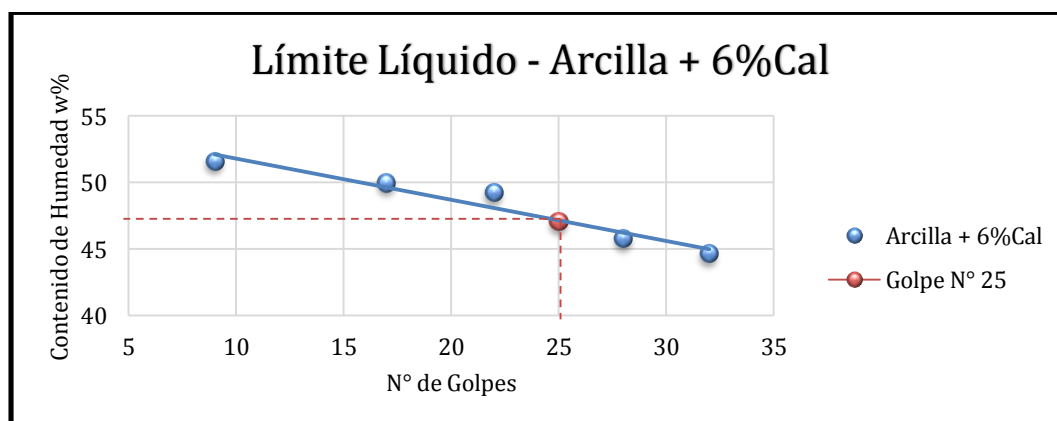
b) Arcilla + 4%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	13	11	16.9	14.9	5.9	3.9	51.28
2	19	11.1	19.8	16.9	8.7	5.8	50.00
3	24	11.1	20.6	17.5	9.5	6.4	47.74
4	30	10.9	23.3	19.4	12.4	8.5	45.88
5	36	11.1	21.4	18.3	10.3	7.2	43.06
							47.52



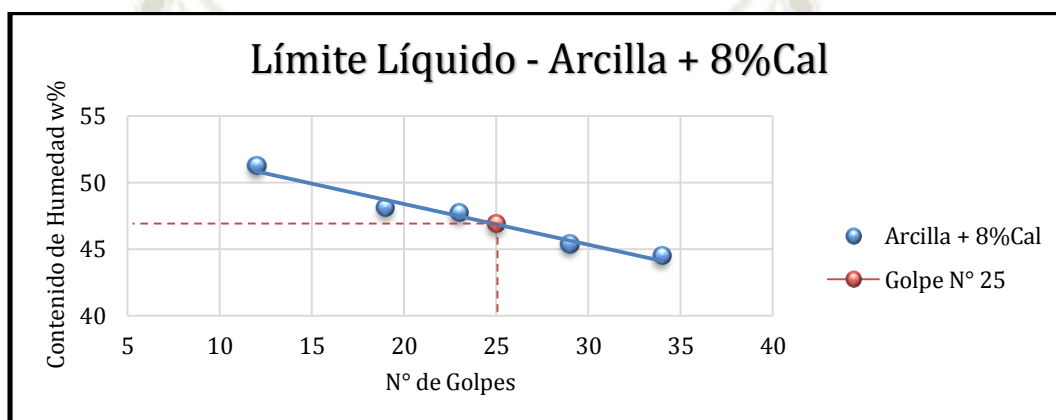
c) Arcilla + 6%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	9	11	20.7	17.4	9.7	6.4	51.56
2	17	11.1	19	16.37	7.9	5.27	49.91
3	22	11.2	20.3	17.3	9.1	6.1	49.18
4	28	10.8	19.4	16.7	8.6	5.9	45.76
5	32	11	19.1	16.6	8.1	5.6	44.64
							47.03



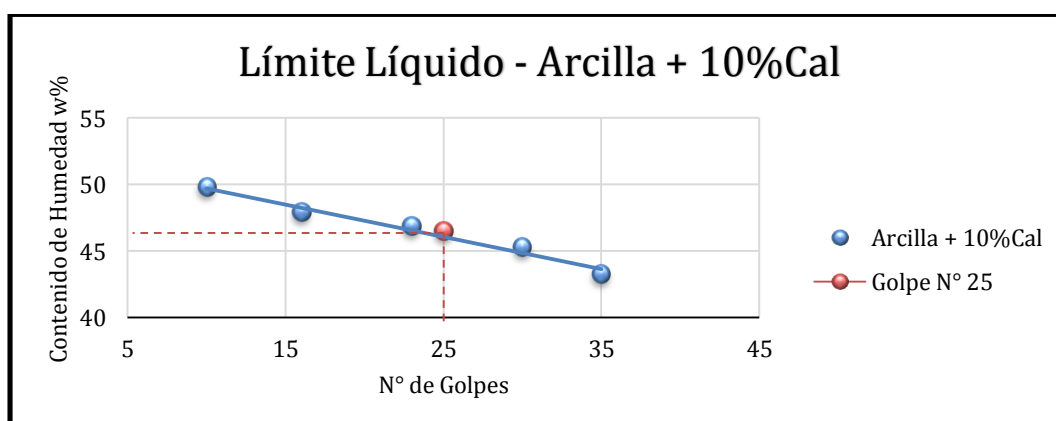
d) Arcilla + 8%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	12	11.3	17.5	15.4	6.2	4.1	51.22
2	19	11.1	18.8	16.3	7.7	5.2	48.08
3	23	10.9	20.5	17.4	9.6	6.5	47.69
4	29	11	20.3	17.4	9.3	6.4	45.31
5	34	11	21.4	18.2	10.4	7.2	44.44
							46.86



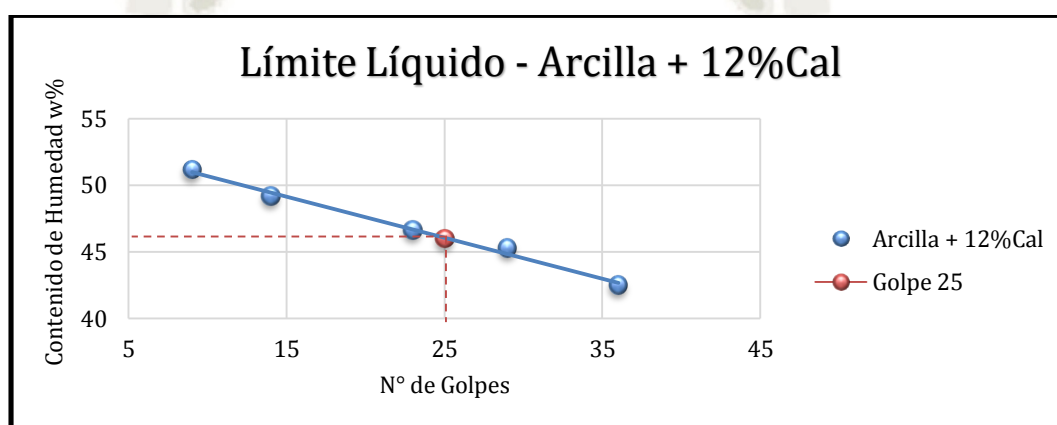
e) Arcilla + 10%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	10	11	17.2	15.14	6.2	4.14	49.76
2	16	11.1	19.9	17.05	8.8	5.95	47.90
3	23	11.2	18.6	16.24	7.4	5.04	46.83
4	30	10.9	23.1	19.3	12.2	8.4	45.24
5	35	10.8	21.4	18.2	10.6	7.4	43.24
							46.45



f) Arcilla + 12%Cal

Muestra	Golpes	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	9	10.8	17.3	15.1	6.5	4.3	51.16
2	14	11	19.8	16.9	8.8	5.9	49.15
3	23	11.1	20.6	17.58	9.5	6.48	46.60
4	29	11.2	23.4	19.6	12.2	8.4	45.24
5	36	11	21.4	18.3	10.4	7.3	42.47
							45.97



4.2 LÍMITE PLÁSTICO

4.2.1 Arcilla natural

a) Calicata 1

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	7.1	6.5	2.7	2.1	28.57
2	4.3	7.3	6.7	3	2.4	25.00
3	4.2	6.9	6.5	2.7	2.3	17.39
4	4.3	8.1	7.3	3.8	3	26.67
5	4.3	7.5	6.9	3.2	2.6	23.08
						24.14

b) Calicata 2

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	8.3	7.5	3.9	3.1	25.81
2	4.4	7.5	7	3.1	2.6	19.23
3	4.4	8.2	7.4	3.8	3	26.67
4	4.3	7.3	6.8	3	2.5	20.00
5	4.3	7.1	6.6	2.8	2.3	21.74
						22.69

c) Calicata 3

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.3	7.8	7.2	3.5	2.9	20.69
2	4.3	9.6	8.7	5.3	4.4	20.45
3	4.3	10.2	9.3	5.9	5	18.00
4	4.4	8.3	7.6	3.9	3.2	21.88
5	4.3	8.1	7.5	3.8	3.2	18.75
						19.95

4.2.2 Arcilla con porcentaje de cal hidratada

a) Arcilla + 2%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	7.1	6.6	2.7	2.2	22.73
2	4.3	7	6.6	2.7	2.3	17.39
3	4.4	6.9	6.4	2.5	2	25.00
4	4.3	8.1	7.4	3.8	3.1	22.58
5	4.3	6.8	6.2	2.5	1.9	31.58
						23.86

b) Arcilla + 4%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	9.1	8.2	4.7	3.8	23.68
2	4.3	8.9	7.9	4.6	3.6	27.78
3	4.4	8.2	7.4	3.8	3	26.67
4	4.3	7.6	7.1	3.3	2.8	17.86
5	4.3	8.1	7.4	3.8	3.1	22.58
						23.71

c) Arcilla + 6%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.3	9.5	8.4	5.2	4.1	26.83
2	4.3	9.2	8.2	4.9	3.9	25.64
3	4.3	9.9	8.9	5.6	4.6	21.74
4	4.4	8.3	7.6	3.9	3.2	21.88
5	4.1	7.6	7	3.5	2.9	20.69
						23.35

d) Arcilla + 8%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	7.5	6.9	3.1	2.5	24.00
2	4.3	7.1	6.6	2.8	2.3	21.74
3	4.4	6.8	6.3	2.4	1.9	26.32
4	4.3	6.3	5.9	2	1.6	25.00
5	4.2	7.7	7.1	3.5	2.9	20.69
						23.55

e) Arcilla + 10%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.3	8.5	7.7	4.2	3.4	23.53
2	4.3	8.1	7.4	3.8	3.1	22.58
3	4.4	7.8	7.2	3.4	2.8	21.43
4	4.4	7.3	6.7	2.9	2.3	26.09
5	4.2	6.3	5.9	2.1	1.7	23.53
						23.43

f) Arcilla + 12%Cal

Muestra	P. capsula (g)	P. inicial (g)	P. final (g)	Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)	w(%)
1	4.4	7.6	7	3.2	2.6	23.08
2	4.2	8.4	7.5	4.2	3.3	27.27
3	4.3	7.2	6.7	2.9	2.4	20.83
4	4.2	8.3	7.5	4.1	3.3	24.24
5	4.3	7.7	7.1	3.4	2.8	21.43
						23.37

4.2.3 ÍNDICE DE PLASTICIDAD

a) Arcilla natural

	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Calicata 01	48.71%	24.14%	24.57%
Calicata 02	49.20%	22.69%	26.51%
Calicata 03	45.82%	19.95%	25.87%

b) Arcilla con porcentaje de cal hidratada

%	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
0%	47.91%	22.26%	25.65%
2%	47.88%	23.86%	24.02%
4%	47.52%	23.71%	23.81%
6%	47.03%	23.35%	23.68%
8%	46.86%	23.55%	23.31%
10%	46.45%	23.43%	23.02%
12%	45.97%	23.37%	22.60%



5 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

5.1 Hidrómetro

5.1.1 Calicata 01

Datos Ensayo de Hidrómetro					
HIDRÓMETRO:	152H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACIÓN	0,05 N
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE Cd	8	CORRECCIÓN POR MENISCO , Cm	1	a=	0.980
VOLUMEN DEL HIDRÓMETRO	67,2 cm ³	ws, gr.	50	Gs:	2.802

TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R´H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
0.25	59	21.2	0.24	51.2	100.43	60	7.5	30.00	0.01309	0.0717	63.57
0.5	55	21.2	0.24	47.2	92.59	56	7.5	15.00	0.01309	0.0507	58.61
1	51	21.3	0.26	43.3	84.79	52	7.5	7.50	0.01309	0.0358	53.67
2	48	21.5	0.30	40.3	78.99	49	7.9	3.95	0.01309	0.0260	50.00
3	45	22	0.40	37.4	73.30	46	8.55	2.85	0.01309	0.0221	46.40
5	42	22.2	0.44	34.4	67.50	43	9	1.80	0.01309	0.0176	42.73
8	41	22.5	0.50	33.5	65.66	42	9.5	1.19	0.01309	0.0143	41.56
10	40	21	0.20	32.2	63.11	41	10.1	1.01	0.01294	0.0130	39.95
15	39	21.1	0.22	31.2	61.19	40	10.9	0.73	0.01309	0.0112	38.73
20	37	23	0.60	29.6	58.02	38	11.9	0.60	0.01294	0.0100	36.72
25	37	23.2	0.64	29.6	58.09	38	12.5	0.50	0.01294	0.0091	36.77
30	36.5	23.2	0.64	29.1	57.11	37.5	13.2	0.44	0.01294	0.0086	36.15
35	35.5	23	0.60	28.1	55.08	36.5	13.7	0.39	0.01274	0.0080	34.86
40	36	22.7	0.54	28.5	55.94	37	14.3	0.36	0.01294	0.0077	35.41
1440	19.5	19.9	-0.02	11.5	22.50	20.5	14.9	0.01	0.01325	0.0013	14.24
1829	18	19.7	-0.06	9.9	19.48	19	15.5	0.01	0.01394	0.0013	12.33
% PASANTE TAMIZ Nº 200			63.3								

5.1.2 Calicata 02

Datos Ensayo de Hidrómetro					
HIDRÓMETRO:	152H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACIÓN	0,05 N
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE Cd	8	CORRECCIÓN POR MENISCO , Cm	1	a=	0.980
VOLUMEN DEL HIDRÓMETRO	67,2 cm ³	ws, gr.	50	Gs:	2.802

TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
0.25	57	21.4	0.28	49.3	96.59	58	6.8	27.20	0.01309	0.0683	61.14
0.5	55	21.4	0.28	47.3	92.67	56	7.3	14.60	0.01309	0.0500	58.66
1	51.5	21.5	0.30	43.8	85.85	52.5	7.9	7.90	0.01309	0.0368	54.34
2	49	21.5	0.30	41.3	80.95	50	8.3	4.15	0.01309	0.0267	51.24
3	46	21.5	0.30	38.3	75.07	47	8.8	2.93	0.01309	0.0224	47.52
5	43	21.7	0.34	35.3	69.27	44	9.2	1.84	0.01309	0.0178	43.85
8	40.5	21.8	0.36	32.9	64.41	41.5	9.7	1.21	0.01309	0.0144	40.77
10	39	22	0.40	31.4	61.54	40	9.9	0.99	0.01294	0.0129	38.96
15	38	21.1	0.22	30.2	59.23	39	10.1	0.67	0.01309	0.0107	37.49
20	37	22.4	0.48	29.5	57.78	38	10.2	0.51	0.01294	0.0092	36.58
25	36	22.6	0.52	28.5	55.90	37	10.4	0.42	0.01294	0.0083	35.38
30	35.5	22.9	0.58	28.1	55.04	36.5	10.6	0.35	0.01294	0.0077	34.84
35	34.5	23	0.60	27.1	53.12	35.5	10.7	0.31	0.01274	0.0070	33.62
40	33	22.7	0.54	25.5	50.06	34	10.9	0.27	0.01294	0.0068	31.69
1465	18.5	20	0.00	10.5	20.58	19.5	13.3	0.01	0.01325	0.0013	13.03
1804	17	19.8	-0.04	9.0	17.56	18	14.2	0.01	0.01394	0.0012	11.12
% PASANTE TAMIZ N° 200			61.4								

5.1.3 Calicata 03

Datos Ensayo de Hidrómetro					
HIDRÓMETRO:	152H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACIÓN	0,05 N
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE Cd	8	CORRECCIÓN POR MENISCO , Cm	1	a=	0.980
VOLUMEN DEL HIDRÓMETRO	67,2 cm ³	ws, gr.	50	Gs:	2.802

TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
0.25	58	21.4	0.28	50.3	98.55	59	7.5	30.00	0.0133	0.0728	62.38
0.5	54	21.4	0.28	46.3	90.71	55	7.5	15.00	0.0133	0.0515	57.42
1	50	21.5	0.30	42.3	82.91	51	7.5	7.50	0.0133	0.0364	52.48
2	47	21.5	0.30	39.3	77.03	48	7.9	3.95	0.0133	0.0264	48.76
3	44	21.5	0.30	36.3	71.15	45	8.55	2.85	0.0133	0.0225	45.04
5	41	21.7	0.34	33.3	65.35	42	9	1.80	0.0133	0.0178	41.36
8	41	21.8	0.36	33.4	65.39	42	9.5	1.19	0.0133	0.0145	41.39
10	40	22	0.40	32.4	63.50	41	10.1	1.01	0.0133	0.0134	40.20
15	36	21.1	0.22	28.2	55.31	37	10.9	0.73	0.0133	0.0113	35.01
20	34	22.4	0.48	26.5	51.90	35	11.9	0.60	0.0133	0.0103	32.85
25	34	22.6	0.52	26.5	51.98	35	12.5	0.50	0.0133	0.0094	32.90
30	33.5	22.9	0.58	26.1	51.12	34.5	13.2	0.44	0.0133	0.0088	32.36
35	32.5	23	0.60	25.1	49.20	33.5	13.7	0.39	0.0133	0.0083	31.14
40	33	22.7	0.54	25.5	50.06	34	14.3	0.36	0.0133	0.0080	31.69
1418	16.5	20	0.00	8.5	16.66	17.5	0.06	0.00	0.0133	0.0001	10.55
1817	15	19.8	-0.04	7.0	13.64	16	0.01	0.00	0.0133	0.0000	8.64
% PASANTE TAMIZ N° 200			60.85								

5.2 Análisis Granulométrico

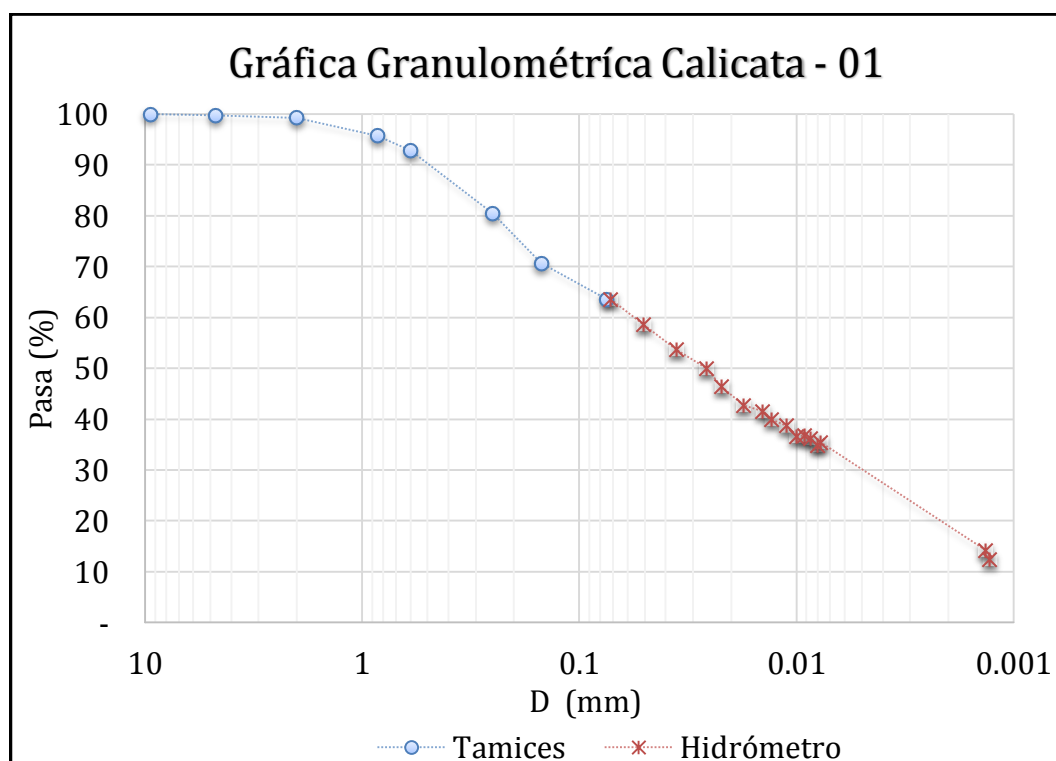
5.2.1 Calicata 01

Tamiz	D(mm)	ws(gf)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.5	0	-	100.00
N° 4	4.75	5.72	0.23	99.77
N° 10	2	15.1	0.60	99.17
N° 20	0.85	87.5	3.50	95.67
N°30	0.6	72.69	2.91	92.76
N° 60	0.25	307.01	12.28	80.48
N° 100	0.15	244.1	9.76	70.72
N° 200	0.075	177.04	7.08	63.63
FONDO		1590.84	63.63	-

Clasificación SUCS

Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm)	63.63
Límite Líquido	48.71%
Límite Plástico	24.14%
Índice de Plasticidad	24.57%

CL



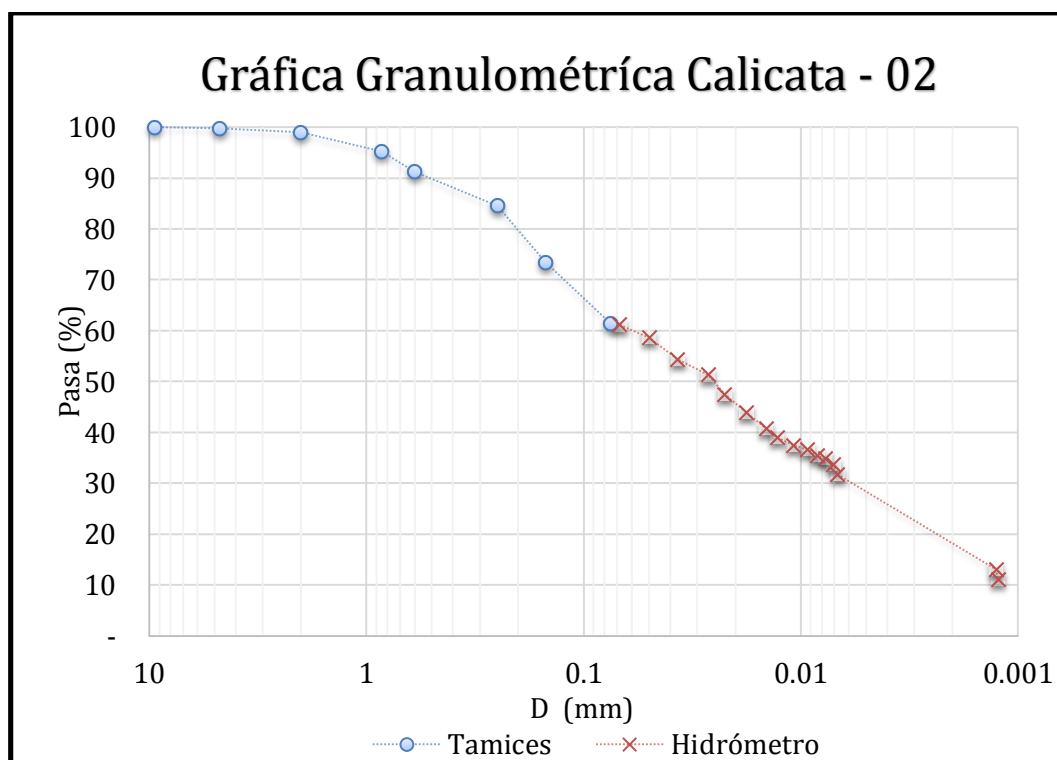
5.2.2 Calicata 02

Tamiz	D(mm)	ws(gf)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.5	0	-	100.00
N° 4	4.75	7.4	0.30	99.70
N° 10	2	18.5	0.74	98.96
N° 20	0.85	93.1	3.72	95.24
N° 30	0.6	102.4	4.10	91.14
N° 60	0.25	166.7	6.67	84.48
N° 100	0.15	275.6	11.02	73.45
N° 200	0.075	301.2	12.05	61.40
FONDO		1535.1	61.40	-

Clasificación SUCS

Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm)	61.40
Límite Líquido	49.20%
Límite Plástico	22.69%
Índice de Plasticidad	26.51%

CL



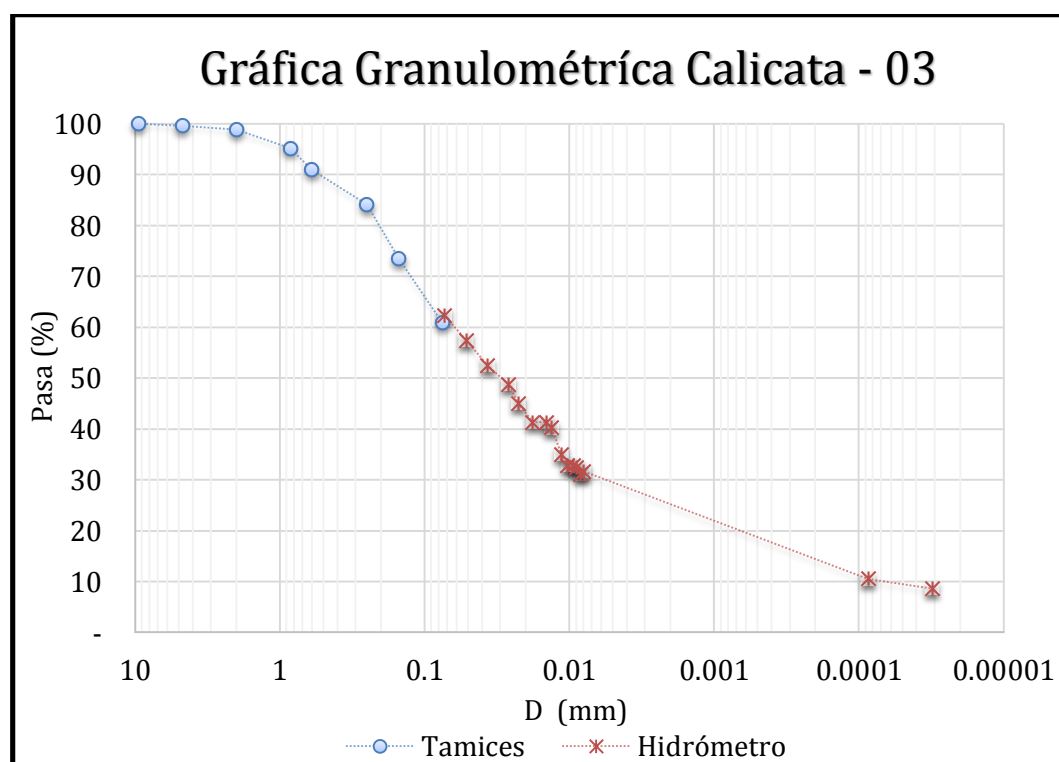
5.2.3 Calicata 03

Tamiz	D(mm)	ws(gf)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.5	0	-	100.00
N° 4	4.75	8.2	0.33	99.67
N° 10	2	20.1	0.80	98.87
N° 20	0.85	92.5	3.70	95.17
N°30	0.6	104.3	4.17	91.00
N° 60	0.25	170.6	6.82	84.17
N° 100	0.15	269.8	10.79	73.38
N° 200	0.075	313.2	12.53	60.85
FONDO		1521.3	60.85	-

Clasificación SUCS

Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm)	60.85
Limite Líquido	45.82%
Limite Plástico	19.95%
Índice de Plasticidad	25.87%

CL



5.3 Ensayo por Tamices

5.3.1 Caucho Granular

Tamiz	D(mm)	ws(gf)	% Retenido	% Que pasa
N° 4	4.75	0	-	100.00
N° 10	2	304.1	30.44	69.56
N° 20	0.85	584.7	58.53	11.02
N°40	0.425	50.4	5.05	5.98
N° 60	0.25	34.4	3.44	2.53
N° 100	0.15	12.2	1.22	1.31
N° 200	0.075	5.7	0.57	0.74
FONDO		7.4	0.74	0.00

TOTAL 998.9

Pasa tamiz N° 4 (5mm) 100.00

Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm) 0.74

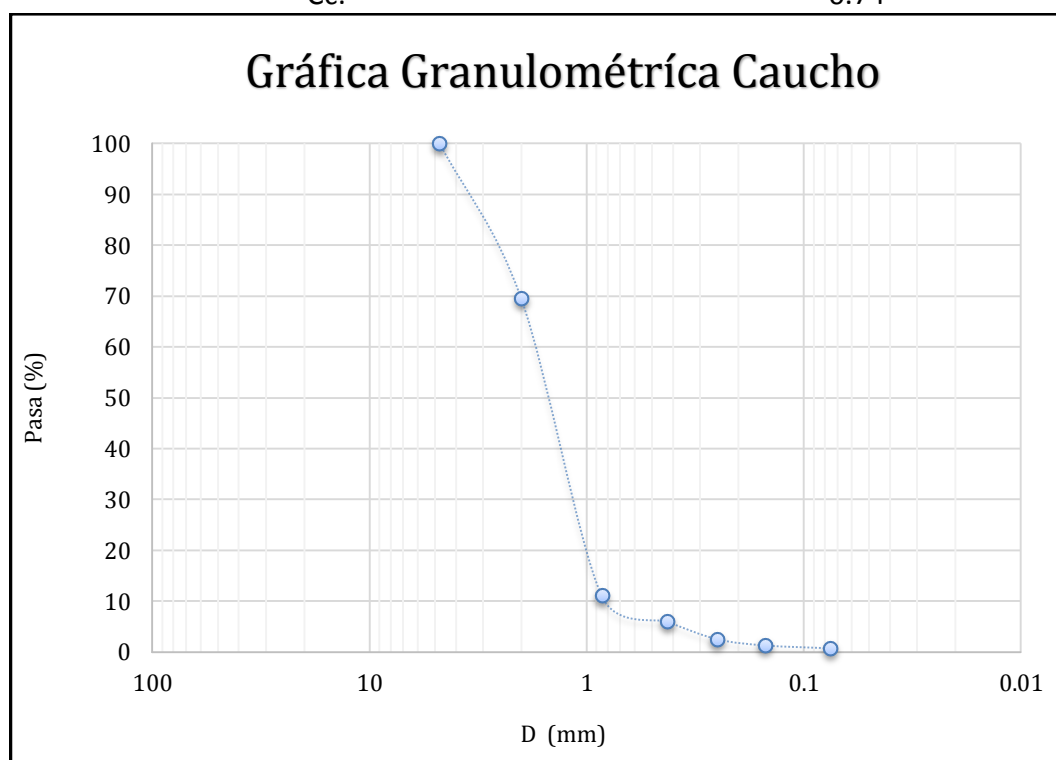
D60: 1.91

D30: 1.05

D10: 0.78

Cu: 2.44

Cc: 0.74

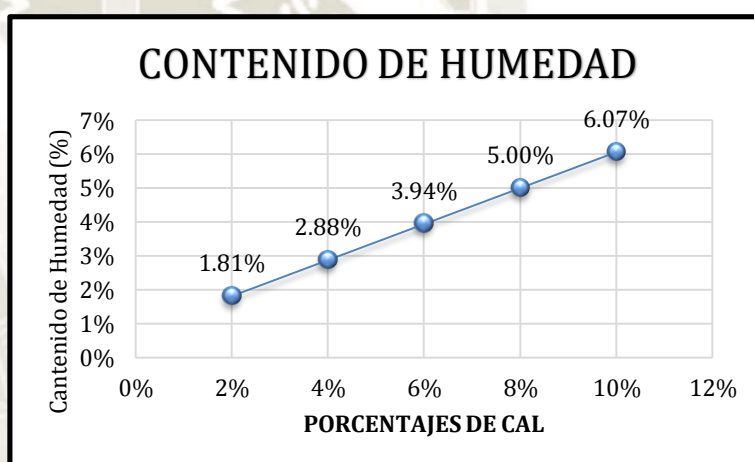


6 PROCTOR MODIFICADO

6.1 Control de Absorción de Humedad de la Cal

MUESTRA	% de Humedad	Peso húmedo (g)	Peso Seco (g)	Peso Capsula (g)	w%	Peso seco por cal (g)	Absorción (%)
2%	5%	223.9	214	117.1	10.22%	227.90	8.75%
	10%	234.5	214.4	118.1	20.87%	238.70	18.64%
	20%	243.4	217.9	120.9	26.29%	247.50	24.54%
8%	5%	229	218.9	115.8	9.80%	228.90	4.95%
	10%	238.4	217.3	114.4	20.51%	238.70	15.80%
	20%	248.9	222.5	119.8	25.71%	248.50	20.22%

Porcentaje de cal	w (%)
1%	0.008
2%	1.81%
4%	2.88%
6%	3.94%
8%	5.00%
10%	6.07%



6.1.1 Cuadro resumen

Tipo		w%	γ_d (g/cm ³)	γ_w (g/cm ³)	Sr %	%w sat
Suelo	0%	20.40	1.685	2.029	88.889	22.951
	2%	21.22	1.674	1.999	85.246	22.677
Porcentajes de cal	4%	21.93	1.642	1.955	81.967	23.141
	6%	22.89	1.621	1.928	83.051	22.859
	8%	23.88	1.564	1.859	77.419	24.545
	10%	20.50	1.613	1.613	67.925	21.449
Porcentajes de Caucho	2%	19.61	1.648	1.648	79.710	24.731
	3%	18.34	1.637	1.637	77.778	23.658
	4%	18.47	1.613	1.613	77.778	23.900
	5%	18.08	1.641	1.641	79.661	22.623
	10%	17.12	1.592	1.592	76.364	22.258

6.2 Curva Humedad - densidad seca - Sr - humedad de saturación

6.2.1 Arcilla natural

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	825.0	2%	3662	4487.00	9.85	789.17	31.30	29.92	4.61	1.00
2	1037.0	8%	3662	4699.00	10.30	825.22	32.50	29.50	10.17	1.14
3	1280.5	12%	3662	4942.50	10.10	809.20	38.20	33.20	15.06	1.38
4	1625.5	20%	3458	5083.50	10.00	801.18	41.90	34.80	20.40	1.69
5	1444.0	24%	3458	4902.00	9.30	745.10	26.80	21.60	24.07	1.56
6	1334.6	28%	3458	4792.60	9.40	753.11	30.50	23.80	28.15	1.38

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	100	1	63.57
1.1	2.745	100	1	54.48
1.2	2.745	100	1	46.90
1.4	2.745	100	1	35.00
1.6	2.745	100	1	26.07
1.7	2.745	100	1	22.39

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	95	1	60.39
1.1	2.745	95	1	51.76
1.2	2.745	95	1	44.56
1.4	2.745	95	1	33.25
1.6	2.745	95	1	24.77
1.7	2.745	95	1	21.27

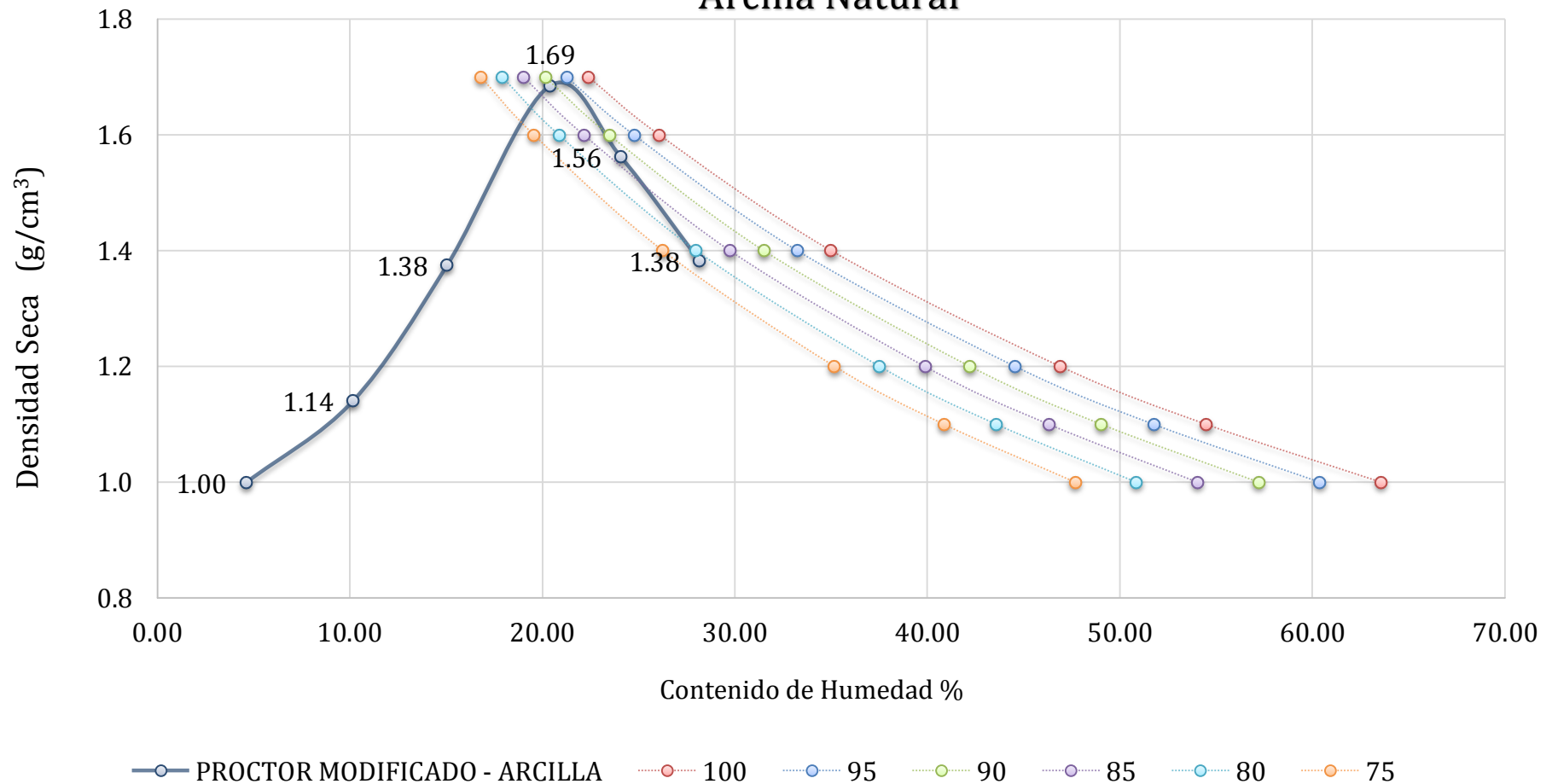
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	90	1	57.21
1.1	2.745	90	1	49.03
1.2	2.745	90	1	42.21
1.4	2.745	90	1	31.50
1.6	2.745	90	1	23.46
1.7	2.745	90	1	20.15

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	85	1	54.03
1.1	2.745	85	1	46.31
1.2	2.745	85	1	39.87
1.4	2.745	85	1	29.75
1.6	2.745	85	1	22.16
1.7	2.745	85	1	19.03

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	80	1	50.86
1.1	2.745	80	1	43.58
1.2	2.745	80	1	37.52
1.4	2.745	80	1	28.00
1.6	2.745	80	1	20.86
1.7	2.745	80	1	17.91

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.745	75	1	47.68
1.1	2.745	75	1	40.86
1.2	2.745	75	1	35.18
1.4	2.745	75	1	26.25
1.6	2.745	75	1	19.55
1.7	2.745	75	1	16.80

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación Arcilla Natural



6.2.2 Arcilla con porcentaje de cal hidratada

a) Arcilla + 2%Cal

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
	812.0	2%	3662	4474.0	9.52	762.73	35.4	34.5	2.61	4.42	1.06	1.04
2.	1034.0	8%	3662	4696.0	9.69	776.62	36.9	34.2	7.89	9.70	1.33	1.23
3.	1207.5	12%	3662	4869.5	9.28	743.77	41.5	36.5	13.70	15.51	1.62	1.43
4	1478.5	20%	3458	4936.5	9.23	739.76	32.6	27.3	19.41	21.22	2.00	1.67
5	1244.0	24%	3458	4702.0	9.71	777.68	36.8	29.5	24.75	26.56	1.60	1.28

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	100	1	62.83
1.1	2.690	100	1	53.73
1.2	2.690	100	1	46.16
1.4	2.690	100	1	34.25
1.6	2.690	100	1	25.33
1.7	2.690	100	1	21.65

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	90	1	56.54
1.1	2.690	90	1	48.36
1.2	2.690	90	1	41.54
1.4	2.690	90	1	30.83
1.6	2.690	90	1	22.79
1.7	2.690	90	1	19.48

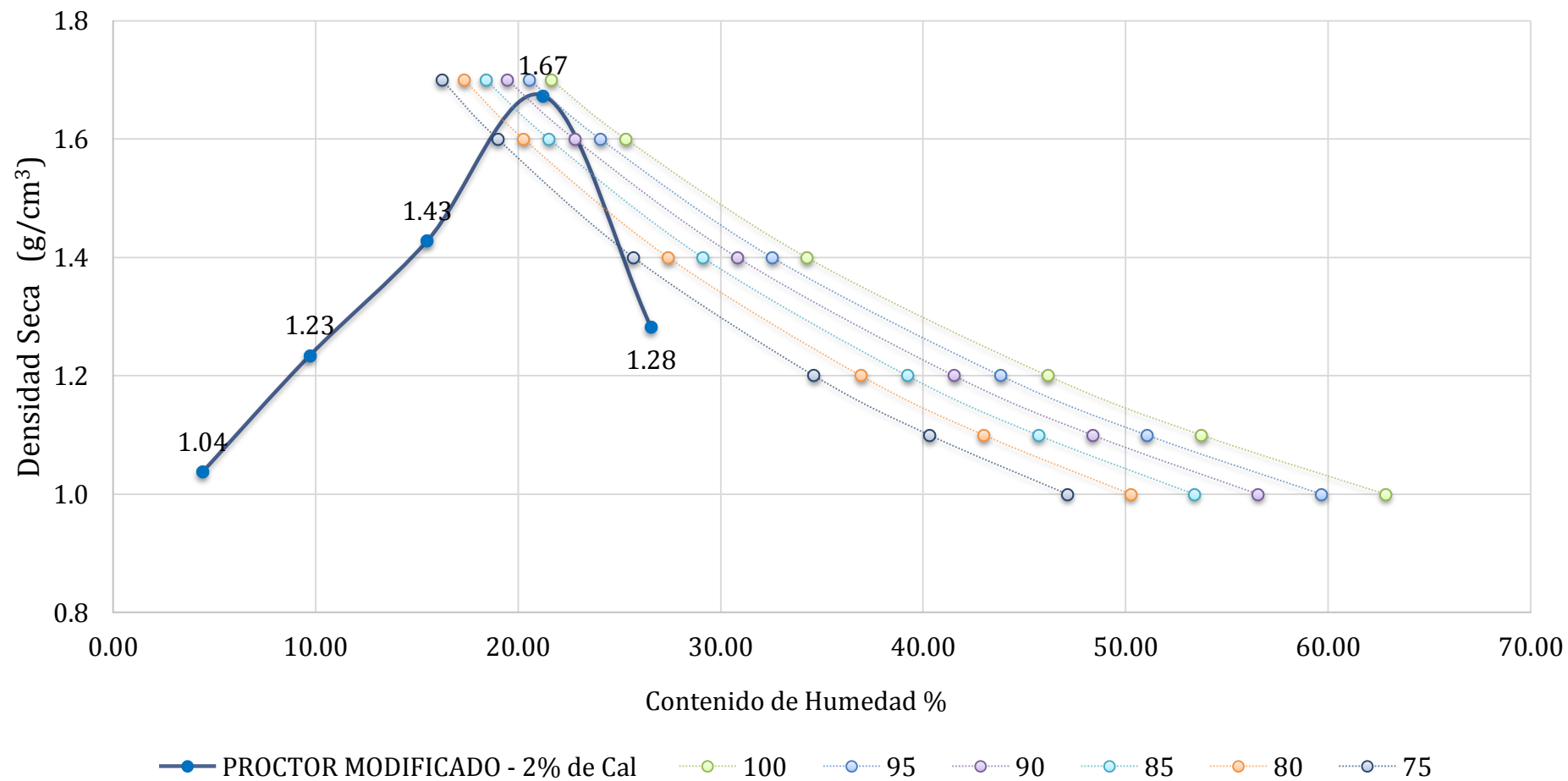
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	80	1	50.26
1.1	2.690	80	1	42.99
1.2	2.690	80	1	36.93
1.4	2.690	80	1	27.40
1.6	2.690	80	1	20.26
1.7	2.690	80	1	17.32

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	95	1	59.68
1.1	2.690	95	1	51.05
1.2	2.690	95	1	43.85
1.4	2.690	95	1	32.54
1.6	2.690	95	1	24.06
1.7	2.690	95	1	20.57

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	85	1	53.40
1.1	2.690	85	1	45.67
1.2	2.690	85	1	39.23
1.4	2.690	85	1	29.12
1.6	2.690	85	1	21.53
1.7	2.690	85	1	18.40

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.690	75	1	47.12
1.1	2.690	75	1	40.30
1.2	2.690	75	1	34.62
1.4	2.690	75	1	25.69
1.6	2.690	75	1	18.99
1.7	2.690	75	1	16.24

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



b) Arcilla + 4%Cal

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	812.0	4%	3662	4474.0	9.48	759.52	35.6	34.90	2.01	4.89	1.07	1.05
2	1064.0	8%	3662	4726.0	9.70	777.14	34.9	32.80	6.40	9.28	1.37	1.29
3	1257.5	12%	3662	4919.5	9.23	739.49	36.8	32.80	12.20	15.08	1.70	1.52
4	1448.5	20%	3458	4906.5	9.25	741.09	40	33.60	19.05	21.93	1.95	1.64
5	1344.0	24%	3458	4802.0	9.69	776.34	39.5	31.50	25.40	28.28	1.73	1.38

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	100	1	62.06
1.1	2.636	100	1	52.97
1.2	2.636	100	1	45.40
1.4	2.636	100	1	33.49
1.6	2.636	100	1	24.56
1.8	2.636	100	1	17.62

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	90	1	55.86
1.1	2.636	90	1	47.68
1.2	2.636	90	1	40.86
1.4	2.636	90	1	30.14
1.6	2.636	90	1	22.11
1.8	2.636	90	1	15.86

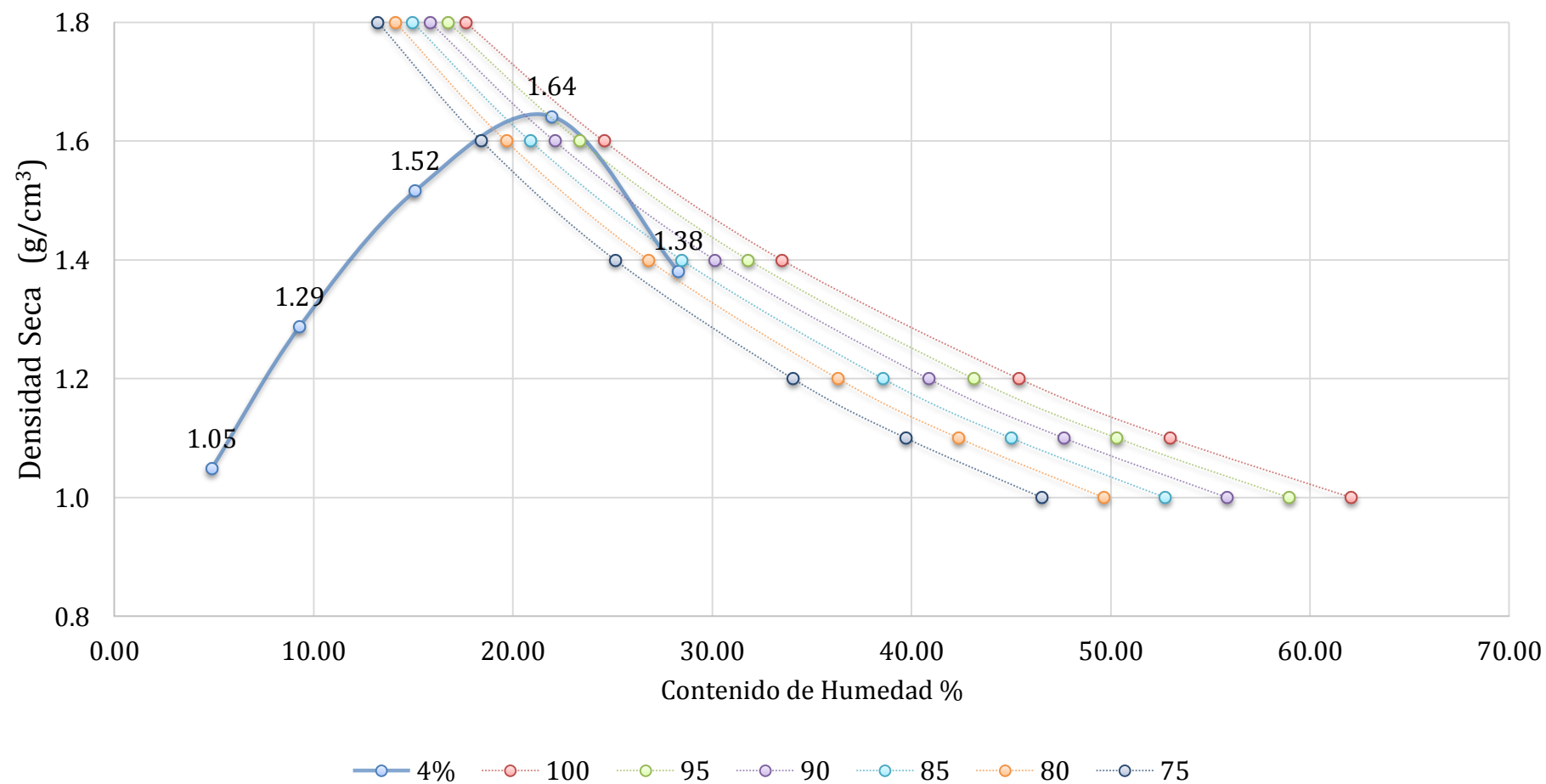
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	80	1	49.65
1.1	2.636	80	1	42.38
1.2	2.636	80	1	36.32
1.4	2.636	80	1	26.79
1.6	2.636	80	1	19.65
1.8	2.636	80	1	14.10

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	95	1	58.96
1.1	2.636	95	1	50.32
1.2	2.636	95	1	43.13
1.4	2.636	95	1	31.82
1.6	2.636	95	1	23.34
1.8	2.636	95	1	16.74

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	85	1	52.75
1.1	2.636	85	1	45.03
1.2	2.636	85	1	38.59
1.4	2.636	85	1	28.47
1.6	2.636	85	1	20.88
1.8	2.636	85	1	14.98

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	75	1	46.55
1.1	2.636	75	1	39.73
1.2	2.636	75	1	34.05
1.4	2.636	75	1	25.12
1.6	2.636	75	1	18.42
1.8	2.636	75	1	13.21

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



c) Arcilla + 6%Cal

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	920.5	2%	4495.5	5416	9.48	759.52	38.9	37.90	2.64	6.58	1.21	1.18
2	1160.5	6%	4415.5	5576	9.58	767.53	37.2	34.50	7.83	11.77	1.51	1.40
3	1235.0	8%	3800	5035	9.26	741.90	29.9	26.89	11.19	15.13	1.66	1.50
4	1424.5	15%	4415.5	5840	9.22	738.69	29.5	24.80	18.95	22.89	1.93	1.62
5	1380.5	20%	4395.5	5776	9.70	777.15	32.2	26.10	23.37	27.31	1.78	1.44

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	100	1	61.26
1.1	2.581	100	1	52.16
1.2	2.581	100	1	44.59
1.4	2.581	100	1	32.68
1.6	2.581	100	1	23.76
1.8	2.581	100	1	16.81

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	90	1	55.13
1.1	2.581	90	1	46.95
1.2	2.581	90	1	40.13
1.4	2.581	90	1	29.42
1.6	2.581	90	1	21.38
1.8	2.581	90	1	15.13

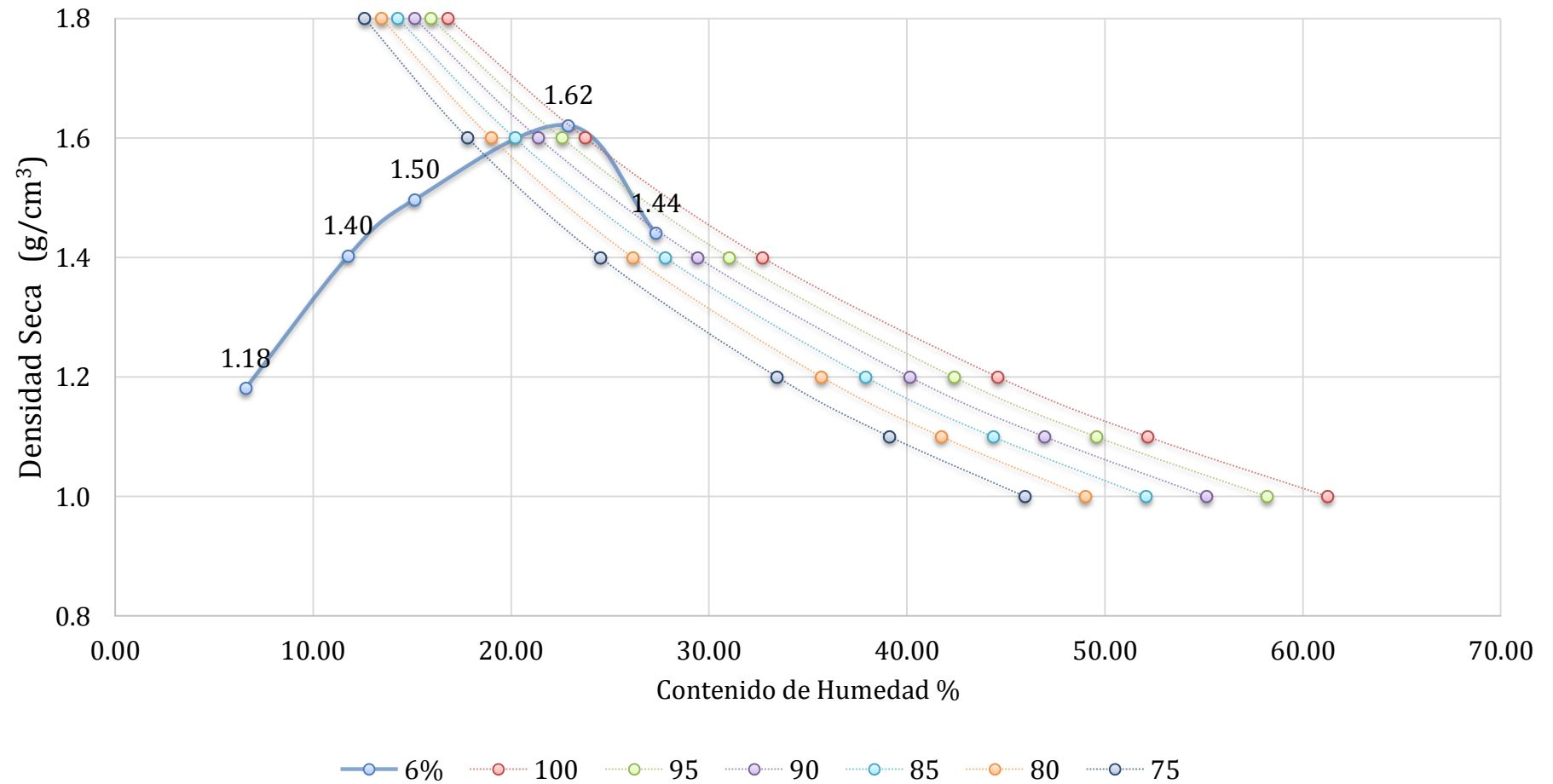
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	80	1	49.00
1.1	2.581	80	1	41.73
1.2	2.581	80	1	35.67
1.4	2.581	80	1	26.15
1.6	2.581	80	1	19.00
1.8	2.581	80	1	13.45

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	95	1	58.19
1.1	2.581	95	1	49.56
1.2	2.581	95	1	42.36
1.4	2.581	95	1	31.05
1.6	2.581	95	1	22.57
1.8	2.581	95	1	15.97

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	85	1	52.07
1.1	2.581	85	1	44.34
1.2	2.581	85	1	37.90
1.4	2.581	85	1	27.78
1.6	2.581	85	1	20.19
1.8	2.581	85	1	14.29

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.581	75	1	45.94
1.1	2.581	75	1	39.12
1.2	2.581	75	1	33.44
1.4	2.581	75	1	24.51
1.6	2.581	75	1	17.82
1.8	2.581	75	1	12.61

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



d) Arcilla + 8%Cal

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	780.0	2%	3662	4442.0	9.55	765.13	34.56	33.90	1.95	6.95	1.02	1.00
2	1012.0	6%	3662	4674.0	9.71	777.95	31.26	29.90	4.55	9.55	1.30	1.24
3	1125.5	8%	3662	4787.5	9.30	745.10	42.3	38.60	9.59	14.59	1.51	1.38
4	1377.5	15%	3458	4835.5	9.25	741.10	29.6	24.90	18.88	23.88	1.86	1.56
5	1212.0	20%	3458	4670.0	9.90	793.17	33.59	26.50	26.75	31.75	1.53	1.21

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	100	1	60.41
1.1	2.526	100	1	51.32
1.2	2.526	100	1	43.75
1.4	2.526	100	1	31.84
1.6	2.526	100	1	22.91
1.7	2.526	100	1	19.24

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	90	1	54.37
1.1	2.526	90	1	46.19
1.2	2.526	90	1	39.37
1.4	2.526	90	1	28.66
1.6	2.526	90	1	20.62
1.7	2.526	90	1	17.31

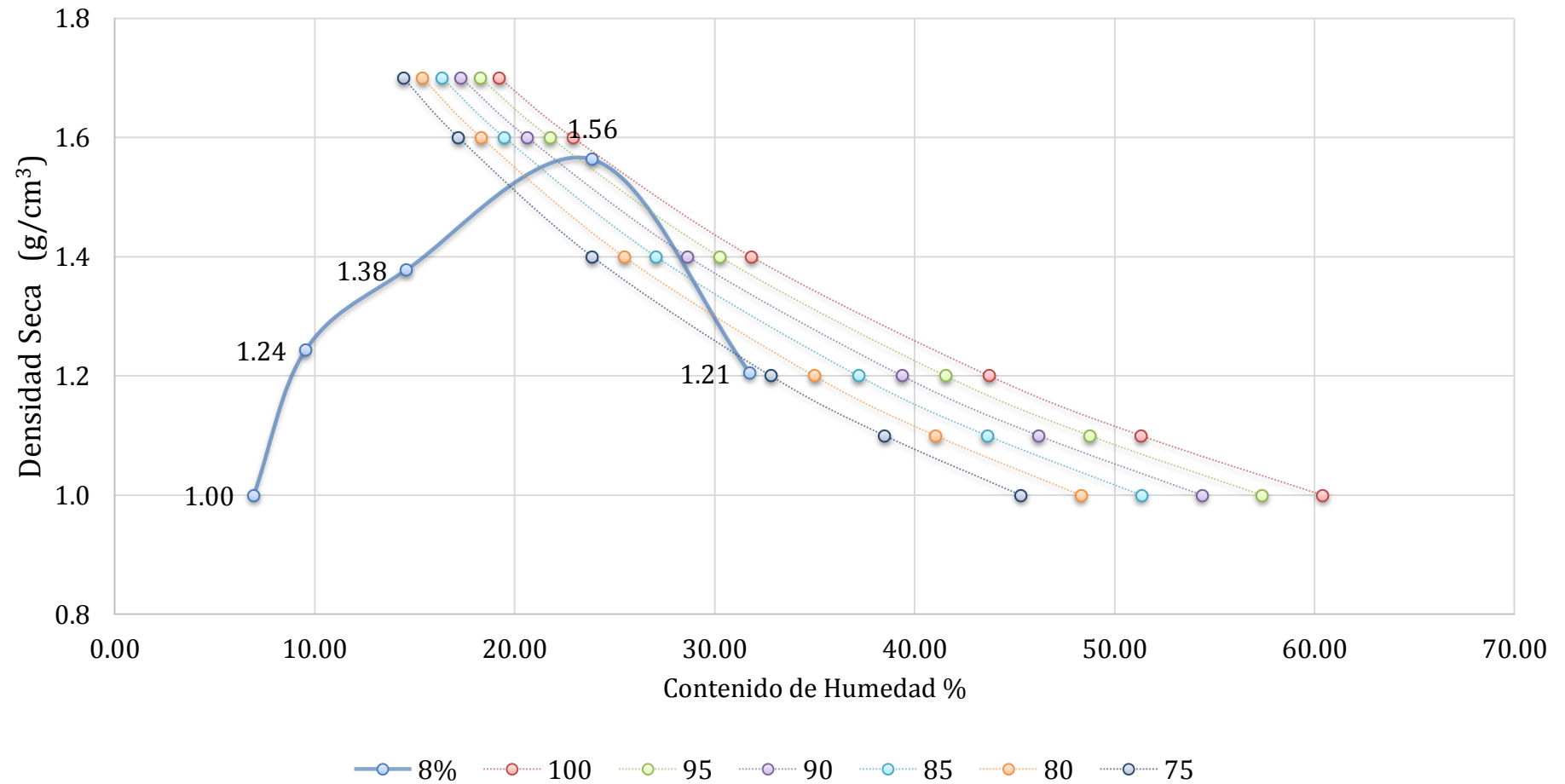
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	80	1	48.33
1.1	2.526	80	1	41.06
1.2	2.526	80	1	35.00
1.4	2.526	80	1	25.47
1.6	2.526	80	1	18.33
1.7	2.526	80	1	15.39

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	95	1	57.39
1.1	2.526	95	1	48.75
1.2	2.526	95	1	41.56
1.4	2.526	95	1	30.25
1.6	2.526	95	1	21.77
1.7	2.526	95	1	18.27

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	85	1	51.35
1.1	2.526	85	1	43.62
1.2	2.526	85	1	37.18
1.4	2.526	85	1	27.06
1.6	2.526	85	1	19.47
1.7	2.526	85	1	16.35

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.526	75	1	45.31
1.1	2.526	75	1	38.49
1.2	2.526	75	1	32.81
1.4	2.526	75	1	23.88
1.6	2.526	75	1	17.18
1.7	2.526	75	1	14.43

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



e) Arcilla + 10%Cal

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	785.5	2%	3662	4447.5	9.54	764.33	32.6	31.50	3.49	9.56	1.03	0.99
2	971.5	6%	3458	4429.5	9.78	783.56	29.6	27.98	5.79	11.86	1.24	1.17
3	1272.0	8%	3662	4934.0	9.75	781.16	36.5	33.20	9.94	16.01	1.63	1.48
4	1368.0	20%	3528	4896.0	9.25	741.10	34.9	30.50	14.43	20.50	1.85	1.61
5	1063.5	24%	3662	4725.5	9.46	757.92	32.56	26.10	24.75	30.82	1.40	1.12

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	100	1	59.53
1.1	2.471	100	1	50.44
1.2	2.471	100	1	42.86
1.4	2.471	100	1	30.96
1.6	2.471	100	1	22.03
1.7	2.471	100	1	18.35

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	90	1	53.58
1.1	2.471	90	1	45.40
1.2	2.471	90	1	38.58
1.4	2.471	90	1	27.86
1.6	2.471	90	1	19.83
1.7	2.471	90	1	16.52

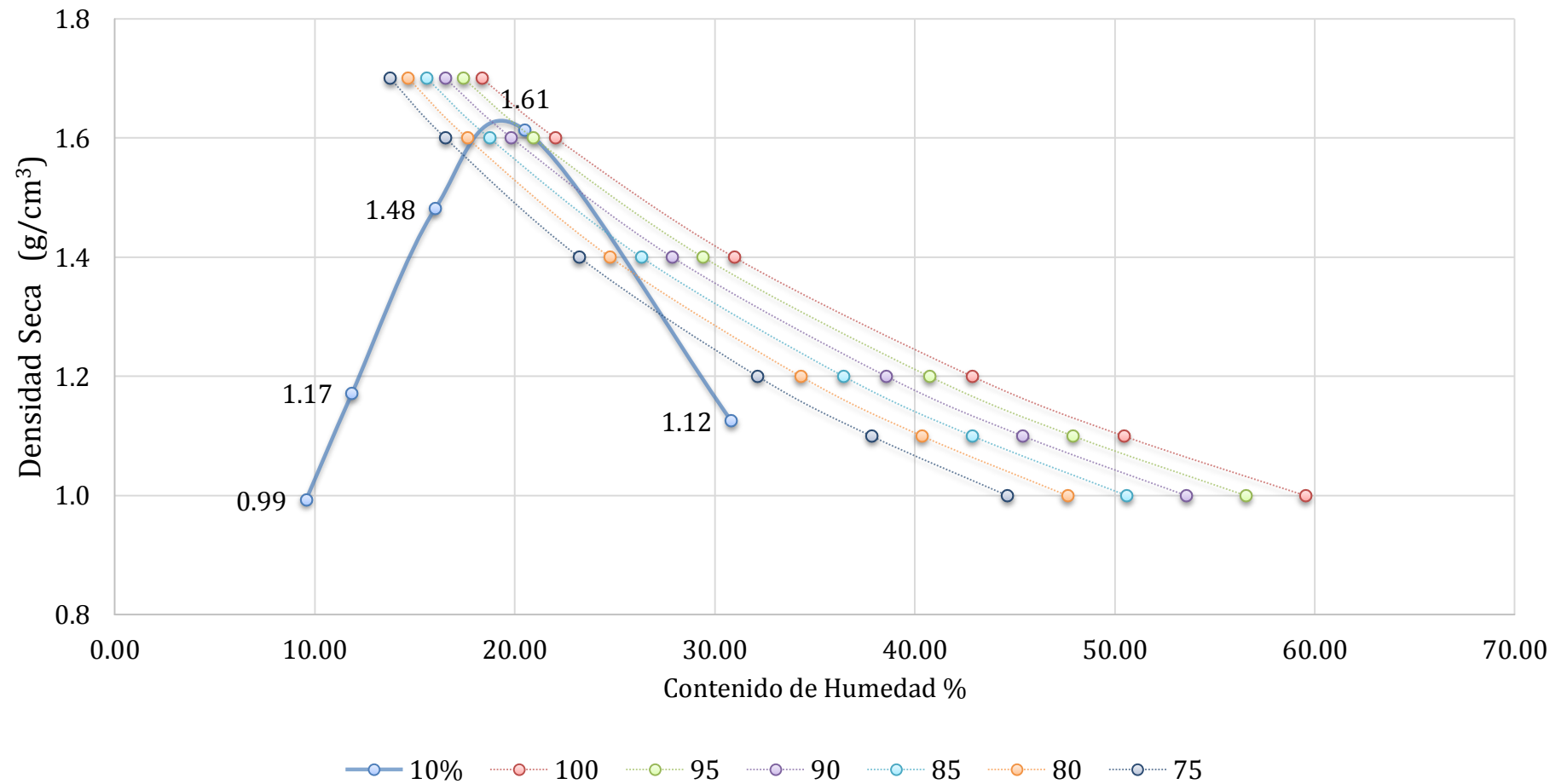
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	80	1	47.62
1.1	2.471	80	1	40.35
1.2	2.471	80	1	34.29
1.4	2.471	80	1	24.77
1.6	2.471	80	1	17.62
1.7	2.471	80	1	14.68

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	95	1	56.55
1.1	2.471	95	1	47.92
1.2	2.471	95	1	40.72
1.4	2.471	95	1	29.41
1.6	2.471	95	1	20.93
1.7	2.471	95	1	17.44

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	85	1	50.60
1.1	2.471	85	1	42.87
1.2	2.471	85	1	36.43
1.4	2.471	85	1	26.32
1.6	2.471	85	1	18.73
1.7	2.471	85	1	15.60

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	75	1	44.65
1.1	2.471	75	1	37.83
1.2	2.471	75	1	32.15
1.4	2.471	75	1	23.22
1.6	2.471	75	1	16.52
1.7	2.471	75	1	13.77

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



6.2.3 Arcilla con porcentaje de caucho

a) Arcilla + 2% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)
1	646.50	2%	4495.5	5142	6.47	518.37	35.4	34.50	2.61	1.25	1.22
2	777.50	8%	4595.5	5373	6.89	552.02	36.9	33.99	8.56	1.41	1.30
3	880.50	12%	4595.5	5476	6.52	522.37	39.48	34.78	13.51	1.69	1.48
4	1149.50	20%	4595.5	5745	7.28	583.26	36.78	30.75	19.61	1.97	1.65
5	849.50	24%	4595.5	5445	6.28	503.14	25.6	20.45	25.18	1.69	1.35

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	100	1	47.49
1.3	2.790	100	1	41.08
1.4	2.790	100	1	35.59
1.5	2.790	100	1	30.82
1.6	2.790	100	1	26.66
1.7	2.790	100	1	22.98

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	90	1	42.74
1.3	2.790	90	1	36.97
1.4	2.790	90	1	32.03
1.5	2.790	90	1	27.74
1.6	2.790	90	1	23.99
1.7	2.790	90	1	20.68

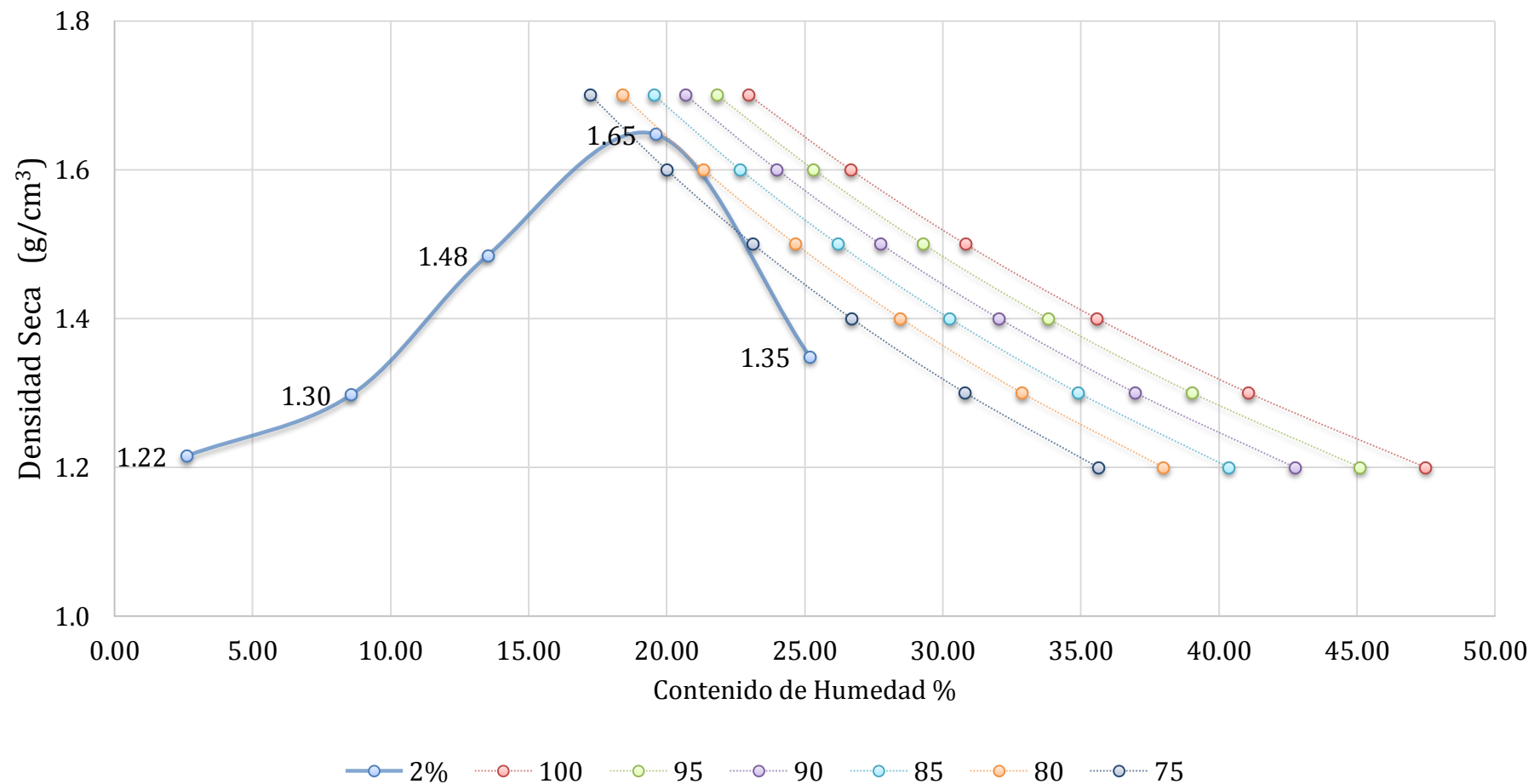
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	80	1	37.99
1.3	2.790	80	1	32.86
1.4	2.790	80	1	28.47
1.5	2.790	80	1	24.66
1.6	2.790	80	1	21.33
1.7	2.790	80	1	18.38

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	95	1	45.12
1.3	2.790	95	1	39.03
1.4	2.790	95	1	33.81
1.5	2.790	95	1	29.28
1.6	2.790	95	1	25.32
1.7	2.790	95	1	21.83

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	85	1	40.37
1.3	2.790	85	1	34.92
1.4	2.790	85	1	30.25
1.5	2.790	85	1	26.20
1.6	2.790	85	1	22.66
1.7	2.790	85	1	19.53

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.790	75	1	35.62
1.3	2.790	75	1	30.81
1.4	2.790	75	1	26.69
1.5	2.790	75	1	23.12
1.6	2.790	75	1	19.99
1.7	2.790	75	1	17.24

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



b) Arcilla + 3%Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)
1	683.5	2%	4495.5	5179	6.48	519.17	35.6	34.9	2.01	1.32	1.29
2	839.5	8%	4595.5	5435	6.58	527.18	34.9	31.5	10.79	1.59	1.44
3	912.5	12%	4435.5	5348	6.79	544.00	36.8	32.6	12.88	1.68	1.49
4	1109.5	20%	4595.5	5705	7.15	572.85	40	33.8	18.34	1.94	1.64
5	1152.5	24%	4595.5	5748	7.89	632.13	39.5	31.5	25.40	1.82	1.45

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	100	1	62.45
1.1	2.663	100	1	53.36
1.2	2.663	100	1	45.78
1.4	2.663	100	1	33.88
1.6	2.663	100	1	24.95
1.7	2.663	100	1	21.27

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	90	1	56.20
1.1	2.663	90	1	48.02
1.2	2.663	90	1	41.20
1.4	2.663	90	1	30.49
1.6	2.663	90	1	22.45
1.7	2.663	90	1	19.14

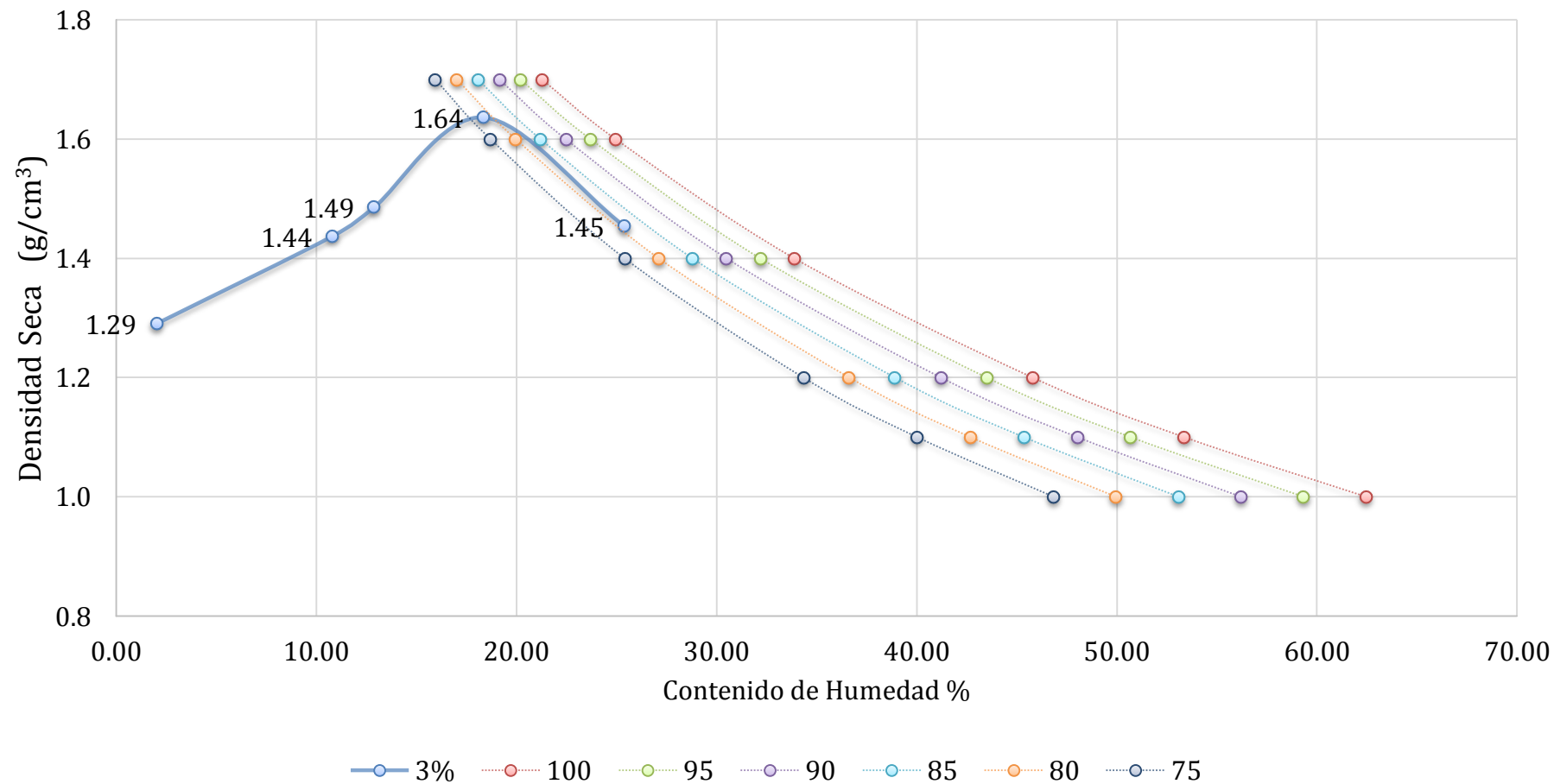
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	80	1	49.96
1.1	2.663	80	1	42.69
1.2	2.663	80	1	36.63
1.4	2.663	80	1	27.10
1.6	2.663	80	1	19.96
1.7	2.663	80	1	17.02

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	95	1	59.33
1.1	2.663	95	1	50.69
1.2	2.663	95	1	43.49
1.4	2.663	95	1	32.18
1.6	2.663	95	1	23.70
1.7	2.663	95	1	20.21

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	85	1	53.08
1.1	2.663	85	1	45.35
1.2	2.663	85	1	38.91
1.4	2.663	85	1	28.80
1.6	2.663	85	1	21.21
1.7	2.663	85	1	18.08

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.663	75	1	46.84
1.1	2.663	75	1	40.02
1.2	2.663	75	1	34.34
1.4	2.663	75	1	25.41
1.6	2.663	75	1	18.71
1.7	2.663	75	1	15.95

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



c) Arcilla + 4%Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)
1	646.5	2%	4495.5	5142	6.38	511.16	38.9	37.90	2.64	1.26	1.23
2	777.5	8%	4595.5	5373	6.78	543.20	37.2	34.50	7.83	1.43	1.33
3	892.5	12%	4595.5	5488	6.79	544.00	29.9	26.89	11.19	1.64	1.48
4	1114.5	20%	4595.5	5710	7.28	583.26	29.5	24.90	18.47	1.91	1.61
5	1029.5	24%	4615.5	5645	7.32	586.47	32.2	25.10	28.29	1.76	1.37

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	100	1	62.06
1.1	2.636	100	1	52.97
1.2	2.636	100	1	45.40
1.4	2.636	100	1	33.49
1.6	2.636	100	1	24.56
1.7	2.636	100	1	20.89

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	90	1	55.86
1.1	2.636	90	1	47.68
1.2	2.636	90	1	40.86
1.4	2.636	90	1	30.14
1.6	2.636	90	1	22.11
1.7	2.636	90	1	18.80

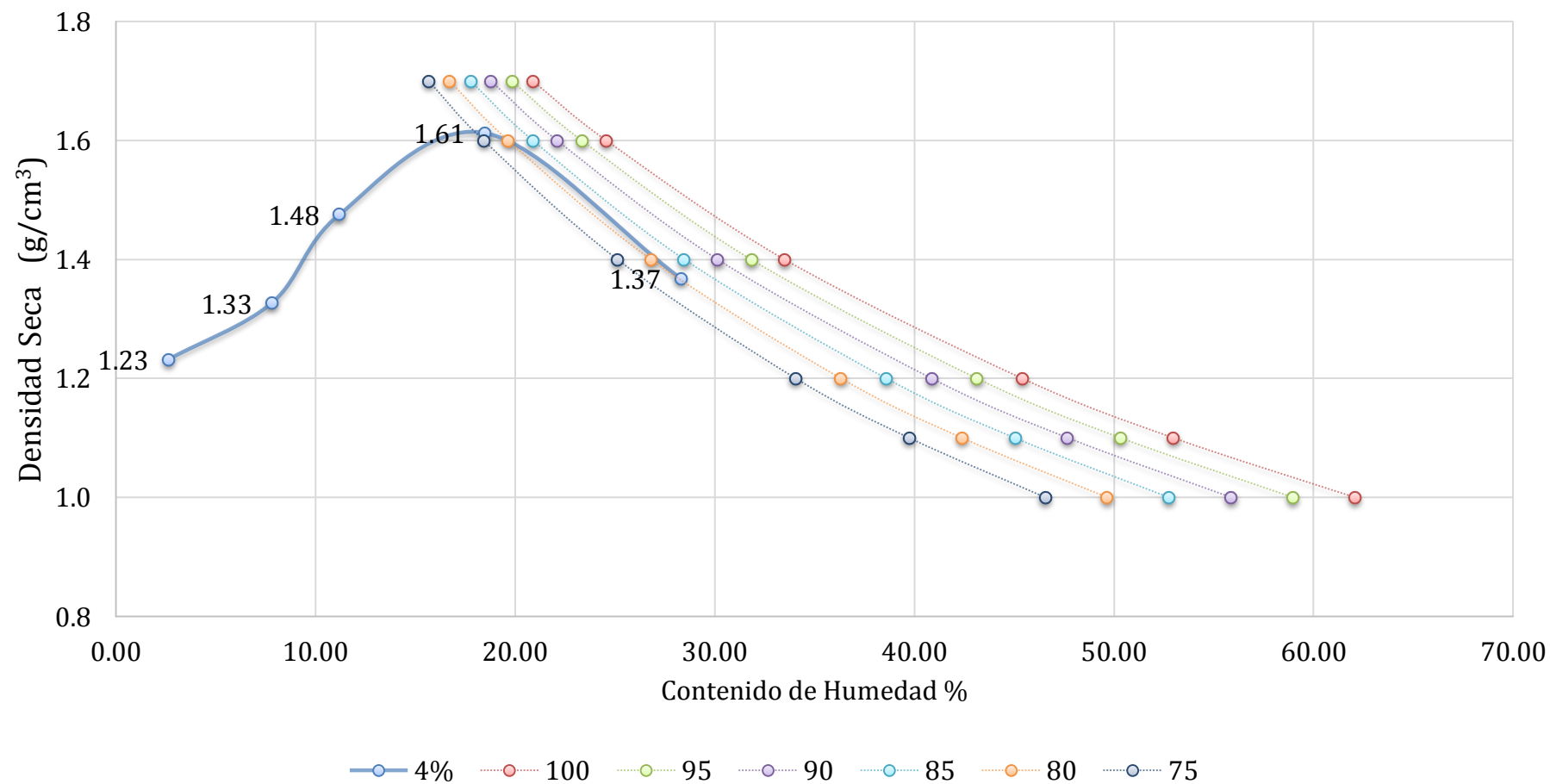
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	85	1	52.75
1.1	2.636	85	1	45.03
1.2	2.636	85	1	38.59
1.4	2.636	85	1	28.47
1.6	2.636	85	1	20.88
1.7	2.636	85	1	17.75

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	95	1	58.96
1.1	2.636	95	1	50.32
1.2	2.636	95	1	43.13
1.4	2.636	95	1	31.82
1.6	2.636	95	1	23.34
1.7	2.636	95	1	19.84

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	85	1	52.75
1.1	2.636	85	1	45.03
1.2	2.636	85	1	38.59
1.4	2.636	85	1	28.47
1.6	2.636	85	1	20.88
1.7	2.636	85	1	17.75

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.636	75	1	46.55
1.1	2.636	75	1	39.73
1.2	2.636	75	1	34.05
1.4	2.636	75	1	25.12
1.6	2.636	75	1	18.42
1.7	2.636	75	1	15.67

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



d) Arcilla + 5%Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)
1	646.5	2%	4495.5	5142	6.48	519.17	34.56	33.80	2.25	1.25	1.22
2	777.5	8%	4595.5	5373	6.93	555.22	29.9	28.20	6.03	1.40	1.32
3	832.5	12%	4595.5	5428	6.44	515.96	17.7	15.70	12.74	1.61	1.43
4	1132.5	20%	4595.5	5728	7.29	584.33	32	27.10	18.08	1.94	1.64
5	1029.5	24%	4615.5	5645	7.29	584.33	30	24.00	25.00	1.76	1.41

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	100	1	44.99
1.3	2.608	100	1	38.58
1.4	2.608	100	1	33.09
1.5	2.608	100	1	28.32
1.6	2.608	100	1	24.16
1.7	2.608	100	1	20.48

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	90	1	40.49
1.3	2.608	90	1	34.72
1.4	2.608	90	1	29.78
1.5	2.608	90	1	25.49
1.6	2.608	90	1	21.74
1.7	2.608	90	1	18.43

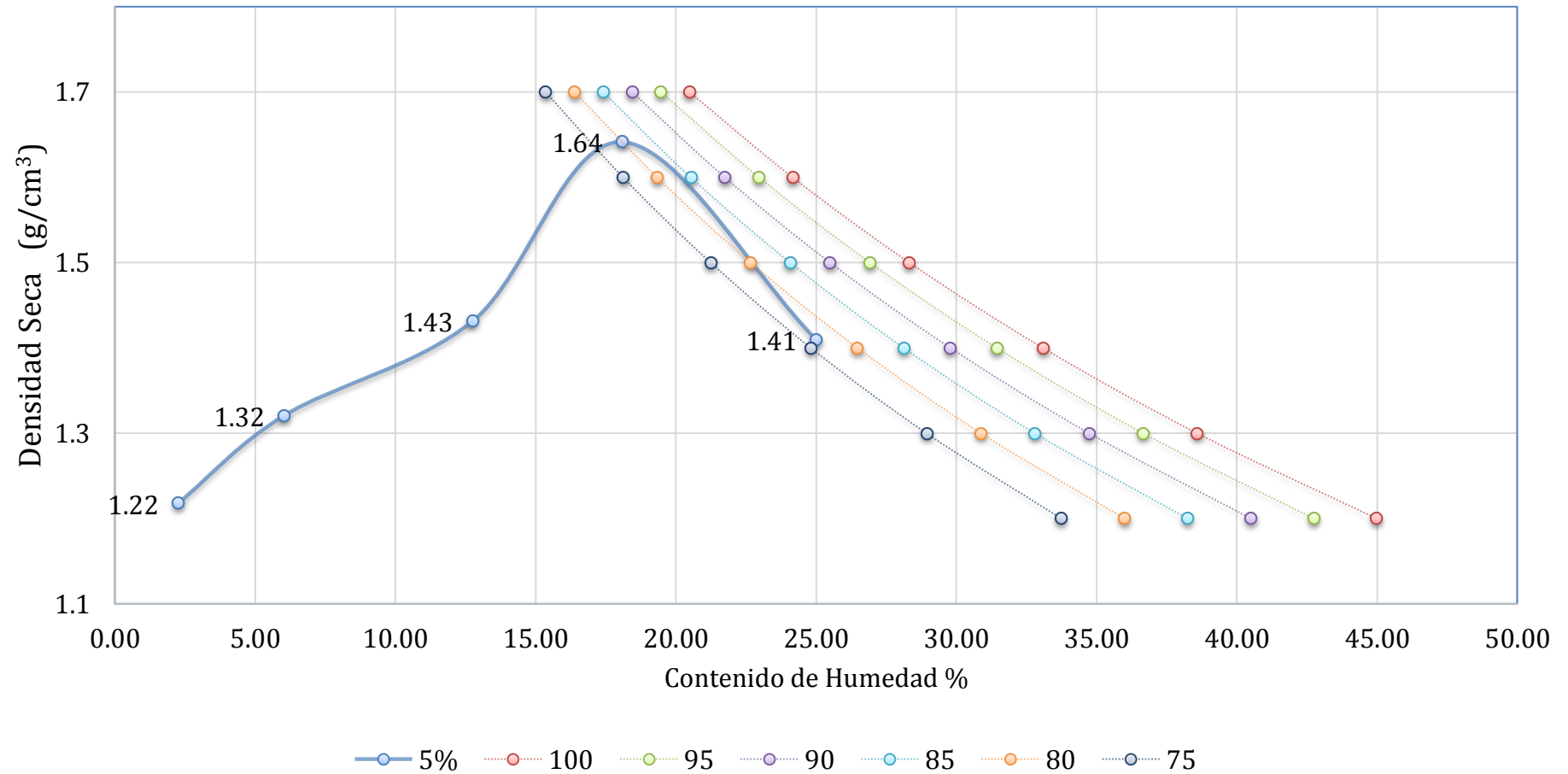
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	80	1	35.99
1.3	2.608	80	1	30.86
1.4	2.608	80	1	26.47
1.5	2.608	80	1	22.66
1.6	2.608	80	1	19.33
1.7	2.608	80	1	16.38

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	95	1	42.74
1.3	2.608	95	1	36.65
1.4	2.608	95	1	31.43
1.5	2.608	95	1	26.91
1.6	2.608	95	1	22.95
1.7	2.608	95	1	19.46

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	85	1	38.24
1.3	2.608	85	1	32.79
1.4	2.608	85	1	28.12
1.5	2.608	85	1	24.07
1.6	2.608	85	1	20.53
1.7	2.608	85	1	17.41

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1.2	2.608	75	1	33.74
1.3	2.608	75	1	28.93
1.4	2.608	75	1	24.81
1.5	2.608	75	1	21.24
1.6	2.608	75	1	18.12
1.7	2.608	75	1	15.36

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



e) Arcilla + 10% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)
1	735.5	2%	3662	4397.5	9.54	764.33	25.6	24.9	2.81	0.96	0.94
2	1021.5	8%	3458	4479.5	9.78	783.56	21.8	20.1	8.46	1.30	1.20
3	1231.0	12%	3662	4893.0	9.75	781.16	31.5	27.9	12.90	1.58	1.40
4	1382.0	20%	3458	4840.0	9.25	741.10	34.2	29.2	17.12	1.86	1.59
5	1183.5	24%	3662	4845.5	9.46	757.92	28.9	23.1	25.11	1.56	1.25

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	100	1	59.53
1.1	2.471	100	1	50.44
1.2	2.471	100	1	42.86
1.4	2.471	100	1	30.96
1.6	2.471	100	1	22.03
1.7	2.471	100	1	18.35

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	90	1	53.58
1.1	2.471	90	1	45.40
1.2	2.471	90	1	38.58
1.4	2.471	90	1	27.86
1.6	2.471	90	1	19.83
1.7	2.471	90	1	16.52

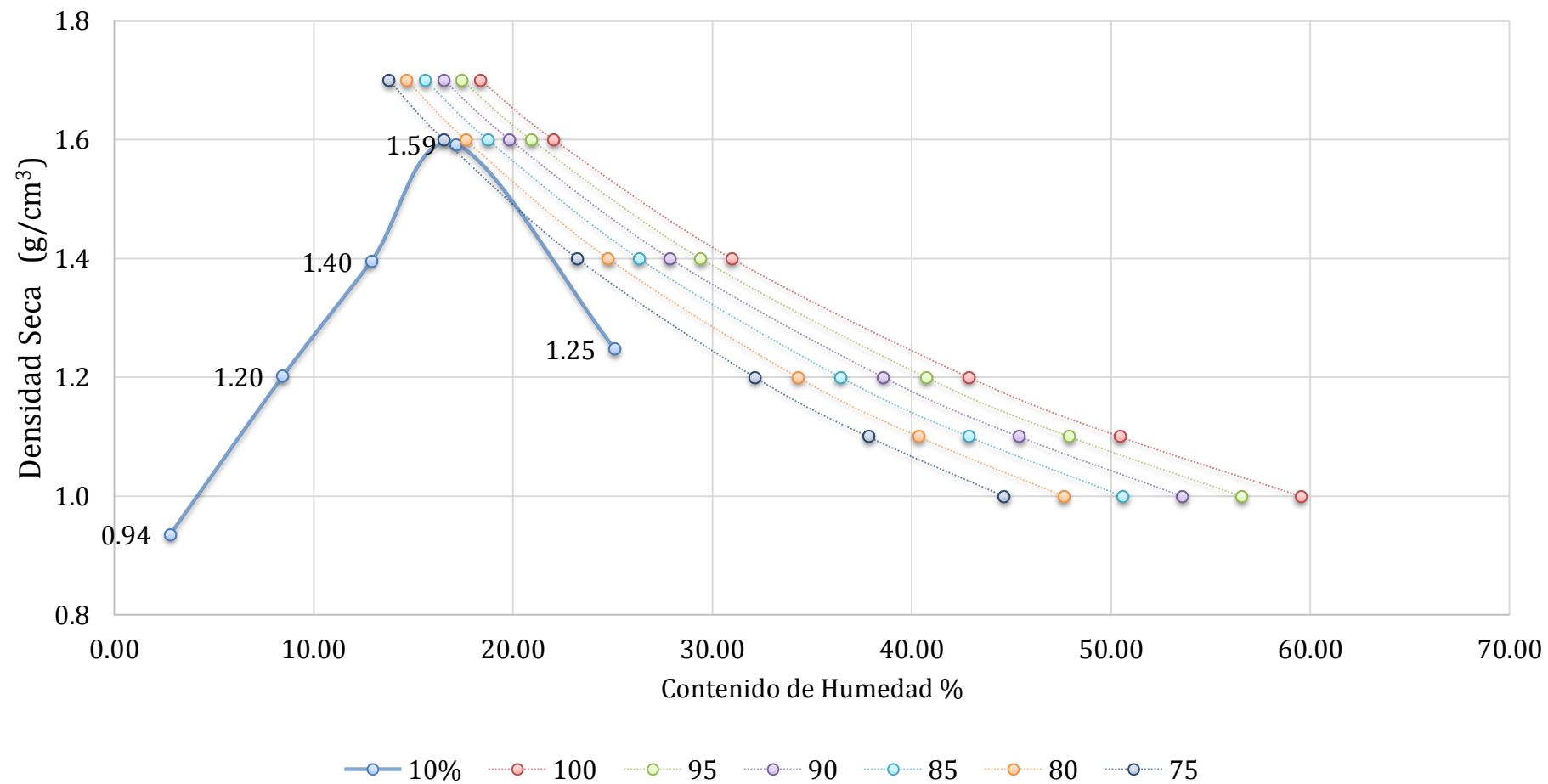
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	80	1	47.62
1.1	2.471	80	1	40.35
1.2	2.471	80	1	34.29
1.4	2.471	80	1	24.77
1.6	2.471	80	1	17.62
1.7	2.471	80	1	14.68

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	95	1	56.55
1.1	2.471	95	1	47.92
1.2	2.471	95	1	40.72
1.4	2.471	95	1	29.41
1.6	2.471	95	1	20.93
1.7	2.471	95	1	17.44

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	85	1	50.60
1.1	2.471	85	1	42.87
1.2	2.471	85	1	36.43
1.4	2.471	85	1	26.32
1.6	2.471	85	1	18.73
1.7	2.471	85	1	15.60

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.471	75	1	44.65
1.1	2.471	75	1	37.83
1.2	2.471	75	1	32.15
1.4	2.471	75	1	23.22
1.6	2.471	75	1	16.52
1.7	2.471	75	1	13.77

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



6.2.4 Arcilla con Porcentaje de Cal y Caucho

a) Arcilla + 2% Cal - 3% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	724.5	2%	3662	4386.5	9.86	789.97	27.4	26.7	2.62	3.53	0.92	0.89
2	1107.5	8%	3662	4769.5	9.75	781.16	31.6	28.9	9.34	10.25	1.42	1.30
3	1296.9	12%	3662	4958.9	9.71	777.95	31.5	27.8	13.31	14.21	1.67	1.47
4	1430.6	18%	3458	4888.6	9.10	729.08	37.55	31.6	18.83	19.73	1.96	1.65
5	1177.3	22%	3458	4635.3	9.31	745.90	31.2	25.4	22.83	23.74	1.58	1.28

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	100	1	63.02
1.1	2.704	100	1	53.93
1.2	2.704	100	1	46.35
1.4	2.704	100	1	34.45
1.6	2.704	100	1	25.52
1.7	2.704	100	1	21.84

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	90	1	56.72
1.1	2.704	90	1	48.53
1.2	2.704	90	1	41.72
1.4	2.704	90	1	31.00
1.6	2.704	90	1	22.97
1.7	2.704	90	1	19.66

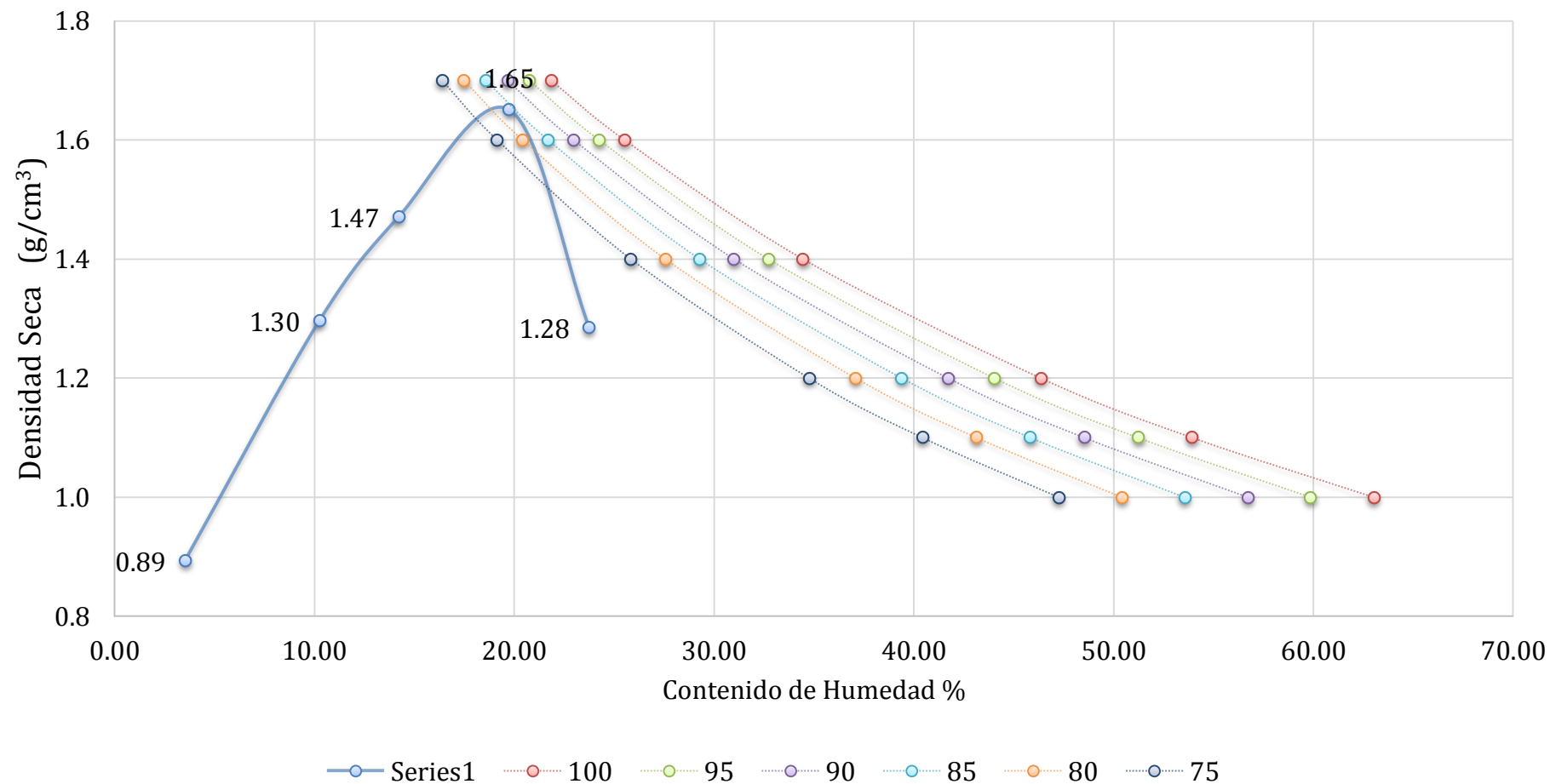
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	80	1	50.41
1.1	2.704	80	1	43.14
1.2	2.704	80	1	37.08
1.4	2.704	80	1	27.56
1.6	2.704	80	1	20.41
1.7	2.704	80	1	17.47

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	95	1	59.87
1.1	2.704	95	1	51.23
1.2	2.704	95	1	44.03
1.4	2.704	95	1	32.72
1.6	2.704	95	1	24.24
1.7	2.704	95	1	20.75

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	85	1	53.57
1.1	2.704	85	1	45.84
1.2	2.704	85	1	39.40
1.4	2.704	85	1	29.28
1.6	2.704	85	1	21.69
1.7	2.704	85	1	18.57

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.704	75	1	47.26
1.1	2.704	75	1	40.45
1.2	2.704	75	1	34.76
1.4	2.704	75	1	25.83
1.6	2.704	75	1	19.14
1.7	2.704	75	1	16.38

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



b) Arcilla + 2% Cal - 4% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	846.5	2%	3662	4508.5	9.87	790.77	25.5	25.1	1.59	2.50	1.07	1.05
2	1077.5	8%	3662	4739.5	9.74	780.35	22.5	20.9	7.66	8.56	1.38	1.28
3	1226.9	12%	3662	4888.9	9.70	777.15	31.9	28.5	11.93	12.83	1.58	1.41
4	1420.6	18%	3458	4878.6	9.11	729.88	35.1	29.5	18.98	19.89	1.95	1.64
5	1224.3	22%	3458	4682.3	9.30	745.10	28.9	23.1	25.11	26.01	1.64	1.31

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	100	1	62.78
1.1	2.687	100	1	53.69
1.2	2.687	100	1	46.12
1.4	2.687	100	1	34.21
1.6	2.687	100	1	25.28
1.7	2.687	100	1	21.61

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	90	1	56.51
1.1	2.687	90	1	48.32
1.2	2.687	90	1	41.51
1.4	2.687	90	1	30.79
1.6	2.687	90	1	22.76
1.7	2.687	90	1	19.45

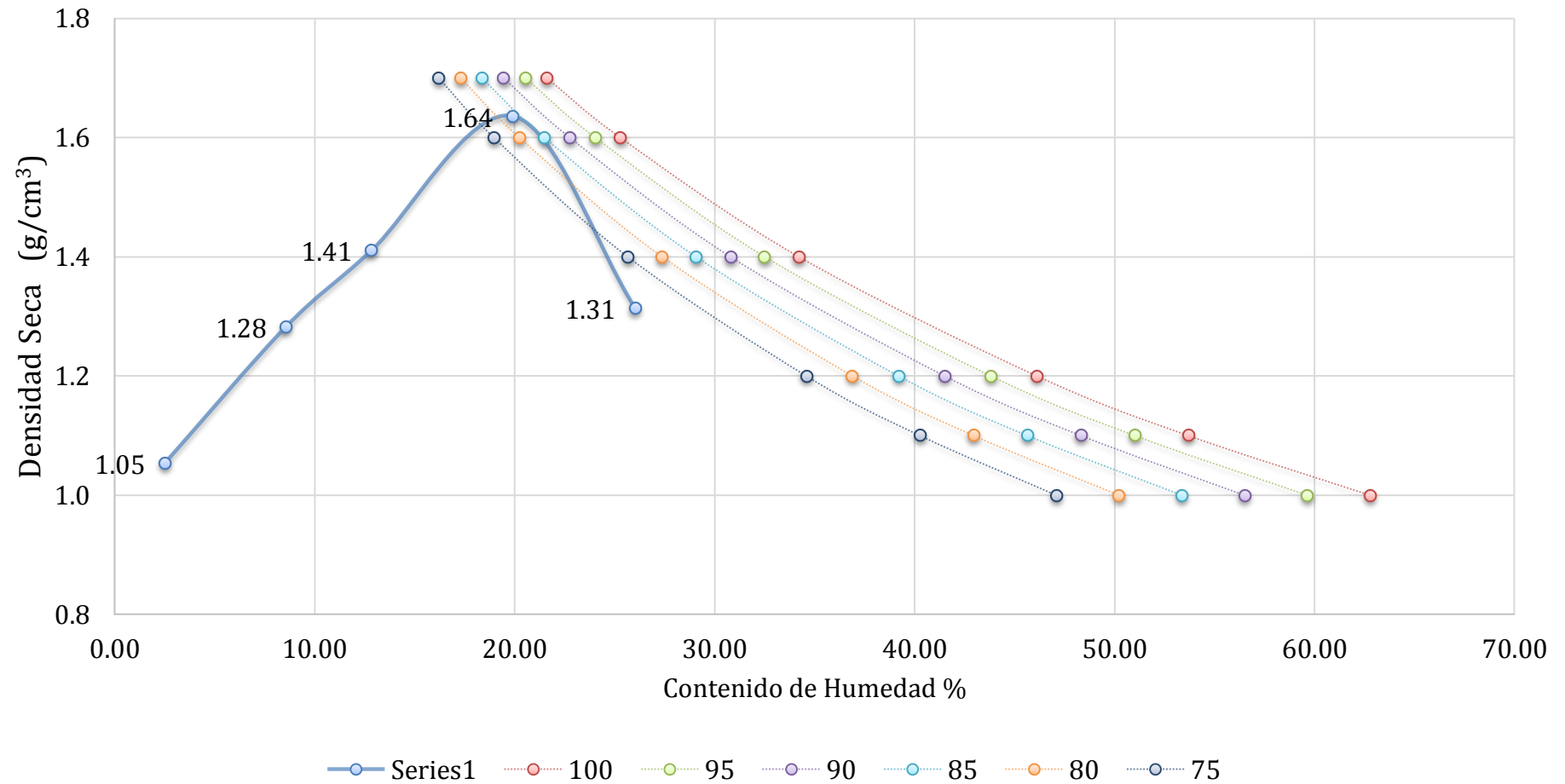
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	80	1	50.23
1.1	2.687	80	1	42.95
1.2	2.687	80	1	36.89
1.4	2.687	80	1	27.37
1.6	2.687	80	1	20.23
1.7	2.687	80	1	17.29

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	95	1	59.64
1.1	2.687	95	1	51.01
1.2	2.687	95	1	43.81
1.4	2.687	95	1	32.50
1.6	2.687	95	1	24.02
1.7	2.687	95	1	20.53

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	85	1	53.37
1.1	2.687	85	1	45.64
1.2	2.687	85	1	39.20
1.4	2.687	85	1	29.08
1.6	2.687	85	1	21.49
1.7	2.687	85	1	18.37

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.687	75	1	47.09
1.1	2.687	75	1	40.27
1.2	2.687	75	1	34.59
1.4	2.687	75	1	25.66
1.6	2.687	75	1	18.96
1.7	2.687	75	1	16.21

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



c) Arcilla + 4% Cal - 4% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	874.0	2%	3662	4536.0	9.86	789.97	27.8	27.3	1.83	3.27	1.11	1.09
2	973.5	8%	3662	4635.5	9.50	761.13	25.9	24.2	7.02	8.46	1.28	1.20
3	1124.5	12%	3662	4786.5	9.45	757.12	24.59	22.0	11.77	13.21	1.49	1.33
4	1357.2	18%	3458	4815.2	8.75	701.04	26.58	22.3	19.19	20.63	1.94	1.62
5	1145.5	22%	3458	4603.5	9.31	745.90	26.5	21.7	22.12	23.56	1.54	1.26

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	100	1	62.91
1.1	2.696	100	1	53.82
1.2	2.696	100	1	46.24
1.4	2.696	100	1	34.34
1.6	2.696	100	1	25.41
1.7	2.696	100	1	21.73

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	90	1	56.62
1.1	2.696	90	1	48.44
1.2	2.696	90	1	41.62
1.4	2.696	90	1	30.90
1.6	2.696	90	1	22.87
1.7	2.696	90	1	19.56

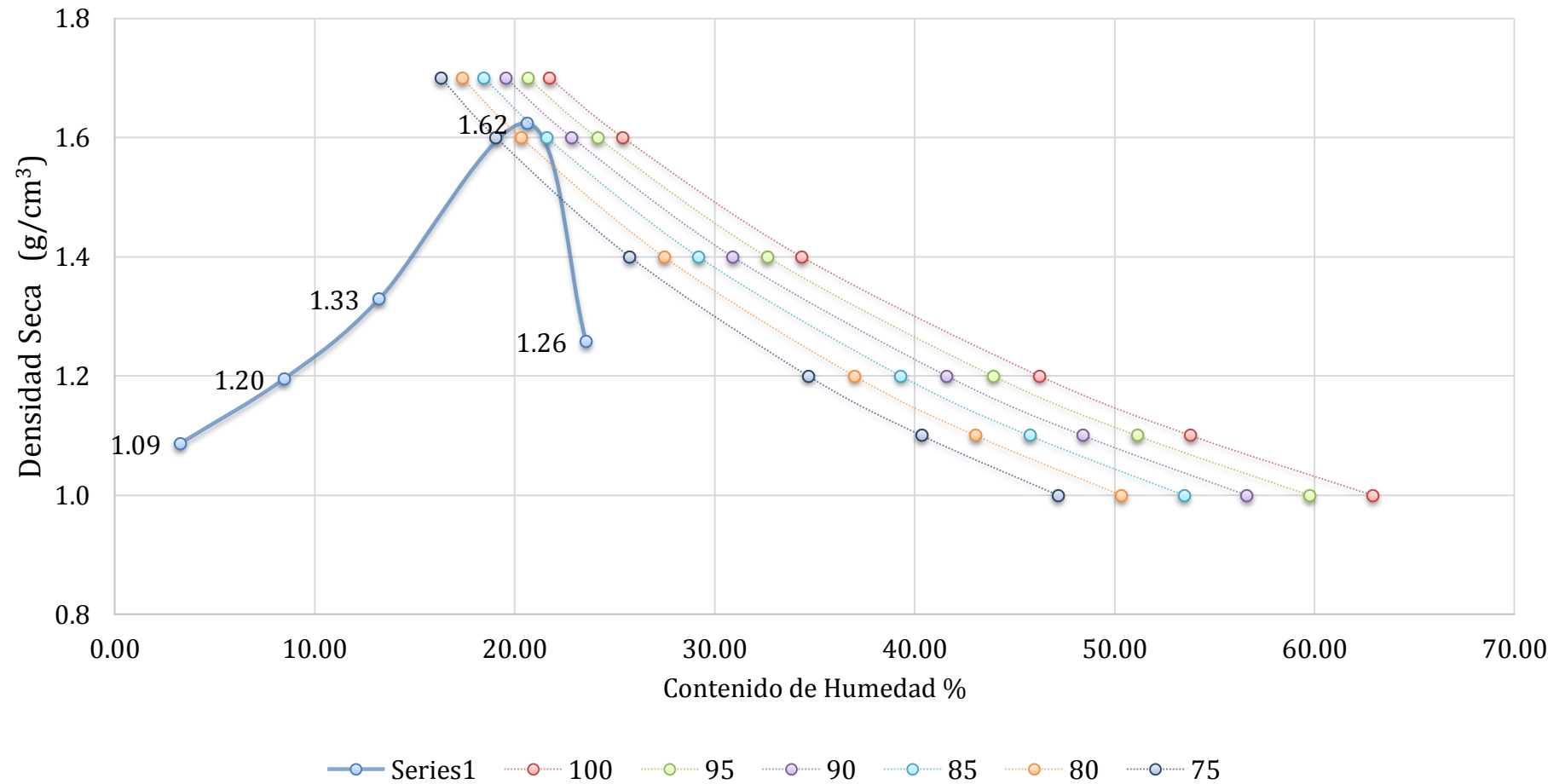
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	80	1	50.33
1.1	2.696	80	1	43.05
1.2	2.696	80	1	36.99
1.4	2.696	80	1	27.47
1.6	2.696	80	1	20.33
1.7	2.696	80	1	17.39

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	95	1	59.76
1.1	2.696	95	1	51.13
1.2	2.696	95	1	43.93
1.4	2.696	95	1	32.62
1.6	2.696	95	1	24.14
1.7	2.696	95	1	20.64

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	85	1	53.47
1.1	2.696	85	1	45.74
1.2	2.696	85	1	39.31
1.4	2.696	85	1	29.19
1.6	2.696	85	1	21.60
1.7	2.696	85	1	18.47

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.696	75	1	47.18
1.1	2.696	75	1	40.36
1.2	2.696	75	1	34.68
1.4	2.696	75	1	25.75
1.6	2.696	75	1	19.06
1.7	2.696	75	1	16.30

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



d) Arcilla + 6% Cal - 4% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	837.6	2%	3662	4499.6	9.75	781.16	26.5	26.2	1.15	3.12	1.07	1.06
2	1058.9	8%	3662	4720.9	9.86	789.97	27.6	25.8	6.98	8.95	1.34	1.25
3	1226.6	12%	3662	4888.6	9.84	788.37	24.3	21.8	11.47	13.44	1.56	1.40
4	1398.5	20%	3458	4856.5	9.12	730.68	28.6	24.1	18.67	20.64	1.91	1.61
5	1294.3	22%	3458	4752.3	9.41	753.91	27.3	22.5	21.33	23.30	1.72	1.41

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	100	1	63.03
1.1	2.705	100	1	53.94
1.2	2.705	100	1	46.36
1.4	2.705	100	1	34.46
1.6	2.705	100	1	25.53
1.7	2.705	100	1	21.85

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	90	1	56.73
1.1	2.705	90	1	48.55
1.2	2.705	90	1	41.73
1.4	2.705	90	1	31.01
1.6	2.705	90	1	22.98
1.7	2.705	90	1	19.67

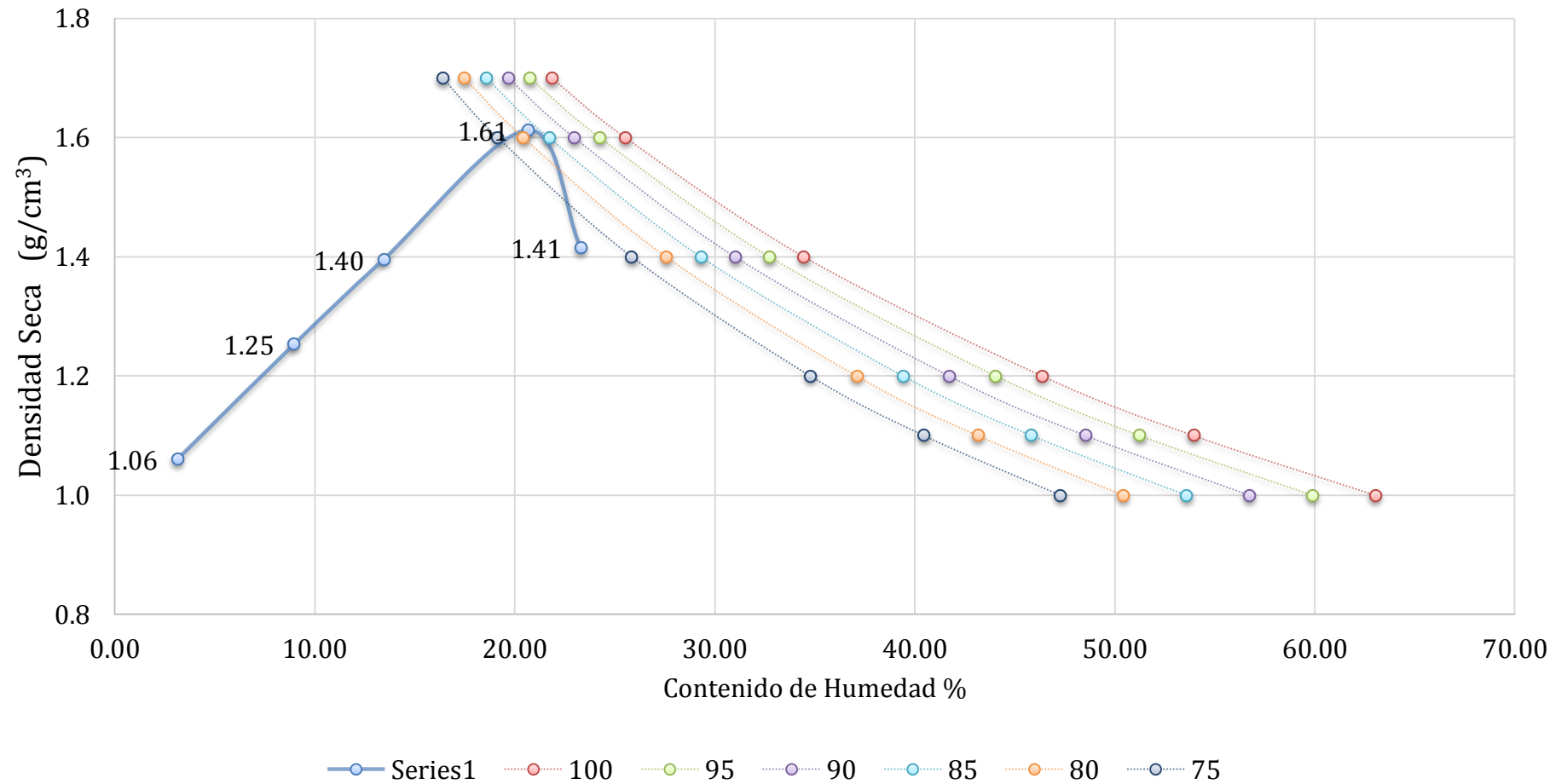
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	80	1	50.43
1.1	2.705	80	1	43.15
1.2	2.705	80	1	37.09
1.4	2.705	80	1	27.57
1.6	2.705	80	1	20.43
1.7	2.705	80	1	17.48

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	95	1	59.88
1.1	2.705	95	1	51.24
1.2	2.705	95	1	44.05
1.4	2.705	95	1	32.74
1.6	2.705	95	1	24.25
1.7	2.705	95	1	20.76

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	85	1	53.58
1.1	2.705	85	1	45.85
1.2	2.705	85	1	39.41
1.4	2.705	85	1	29.29
1.6	2.705	85	1	21.70
1.7	2.705	85	1	18.58

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.705	75	1	47.27
1.1	2.705	75	1	40.46
1.2	2.705	75	1	34.77
1.4	2.705	75	1	25.84
1.6	2.705	75	1	19.15
1.7	2.705	75	1	16.39

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



e) Arcilla + 8% Cal - 4% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	818.6	2%	3662	4480.6	9.75	781.16	23.6	23.1	2.16	4.66	1.05	1.03
2	1147.3	8%	3662	4809.3	9.74	780.35	24.6	22.6	8.85	11.35	1.47	1.35
3	1247.5	12%	3662	4909.5	9.71	777.95	28.4	25.4	11.81	14.31	1.60	1.43
4	1418.8	20%	3458	4876.8	9.13	731.48	28.9	24.2	19.42	21.92	1.94	1.62
5	1194.3	22%	3458	4652.3	9.32	746.70	23.7	19.5	21.54	24.04	1.60	1.32

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	100	1	63.15
1.1	2.714	100	1	54.06
1.2	2.714	100	1	46.49
1.4	2.714	100	1	34.58
1.6	2.714	100	1	25.65
1.7	2.714	100	1	21.98

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	90	1	56.84
1.1	2.714	90	1	48.66
1.2	2.714	90	1	41.84
1.4	2.714	90	1	31.12
1.6	2.714	90	1	23.09
1.7	2.714	90	1	19.78

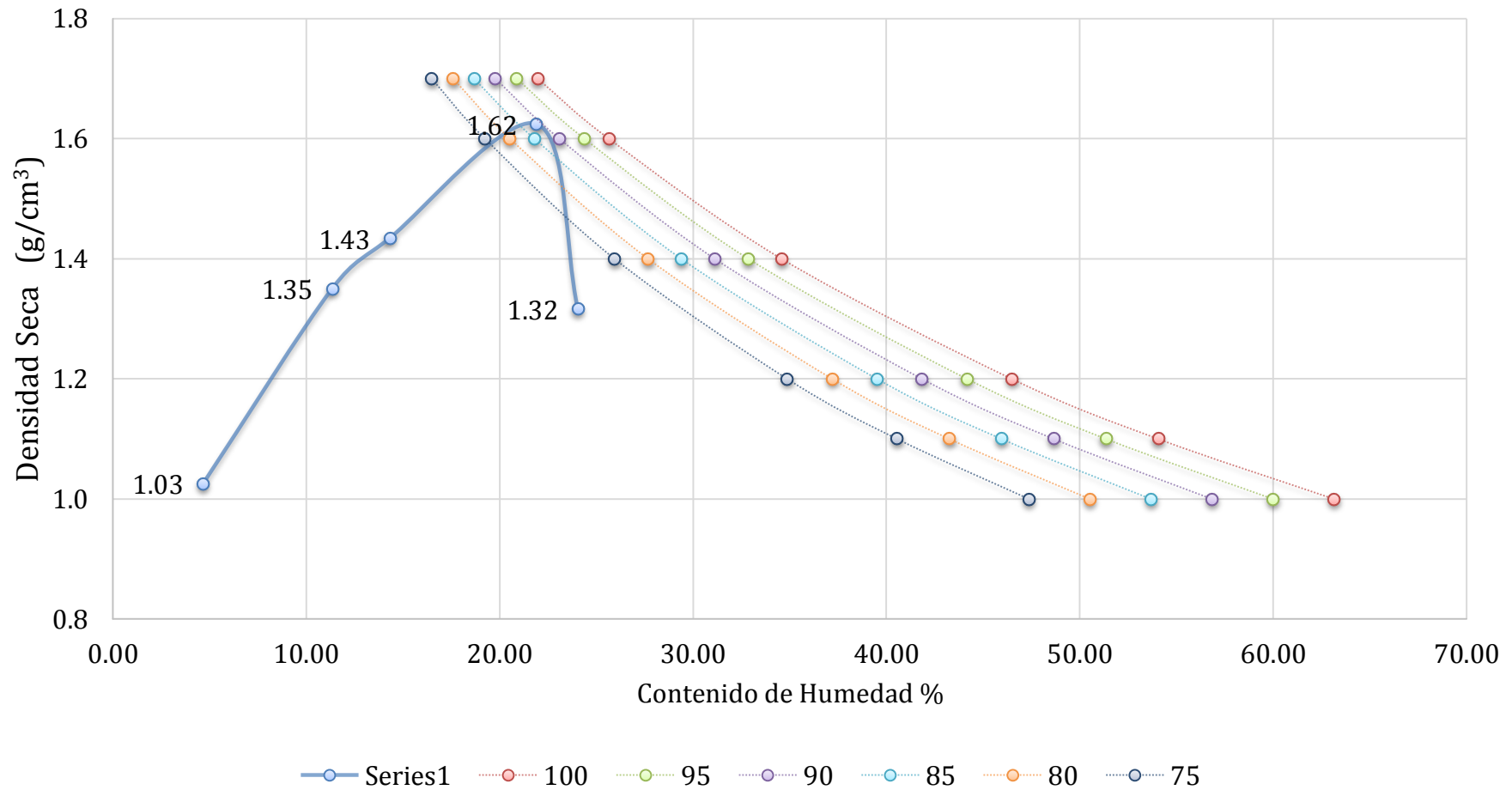
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	80	1	50.52
1.1	2.714	80	1	43.25
1.2	2.714	80	1	37.19
1.4	2.714	80	1	27.67
1.6	2.714	80	1	20.52
1.7	2.714	80	1	17.58

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	95	1	60.00
1.1	2.714	95	1	51.36
1.2	2.714	95	1	44.16
1.4	2.714	95	1	32.85
1.6	2.714	95	1	24.37
1.7	2.714	95	1	20.88

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	85	1	53.68
1.1	2.714	85	1	45.95
1.2	2.714	85	1	39.51
1.4	2.714	85	1	29.40
1.6	2.714	85	1	21.81
1.7	2.714	85	1	18.68

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.714	75	1	47.37
1.1	2.714	75	1	40.55
1.2	2.714	75	1	34.87
1.4	2.714	75	1	25.94
1.6	2.714	75	1	19.24
1.7	2.714	75	1	16.48

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



f) Arcilla + 2% Cal - 5% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	850.6	2%	3662	4512.6	9.75	781.16	24.6	23.9	2.93	3.83	1.09	1.06
2	997.8	8%	3662	4659.8	9.86	789.97	22.5	20.9	7.66	8.56	1.26	1.17
3	1235.6	12%	3662	4897.6	9.74	780.35	33.5	29.5	13.56	14.46	1.58	1.39
4	1420.6	20%	3458	4878.6	9.15	733.08	34.9	29.4	18.71	19.61	1.94	1.63
5	1127.3	24%	3458	4585.3	9.48	759.52	27.5	22.5	22.22	23.13	1.48	1.21

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	100	1	62.55
1.1	2.670	100	1	53.46
1.2	2.670	100	1	45.88
1.4	2.670	100	1	33.98
1.6	2.670	100	1	25.05
1.7	2.670	100	1	21.37

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	90	1	56.29
1.1	2.670	90	1	48.11
1.2	2.670	90	1	41.29
1.4	2.670	90	1	30.58
1.6	2.670	90	1	22.54
1.7	2.670	90	1	19.23

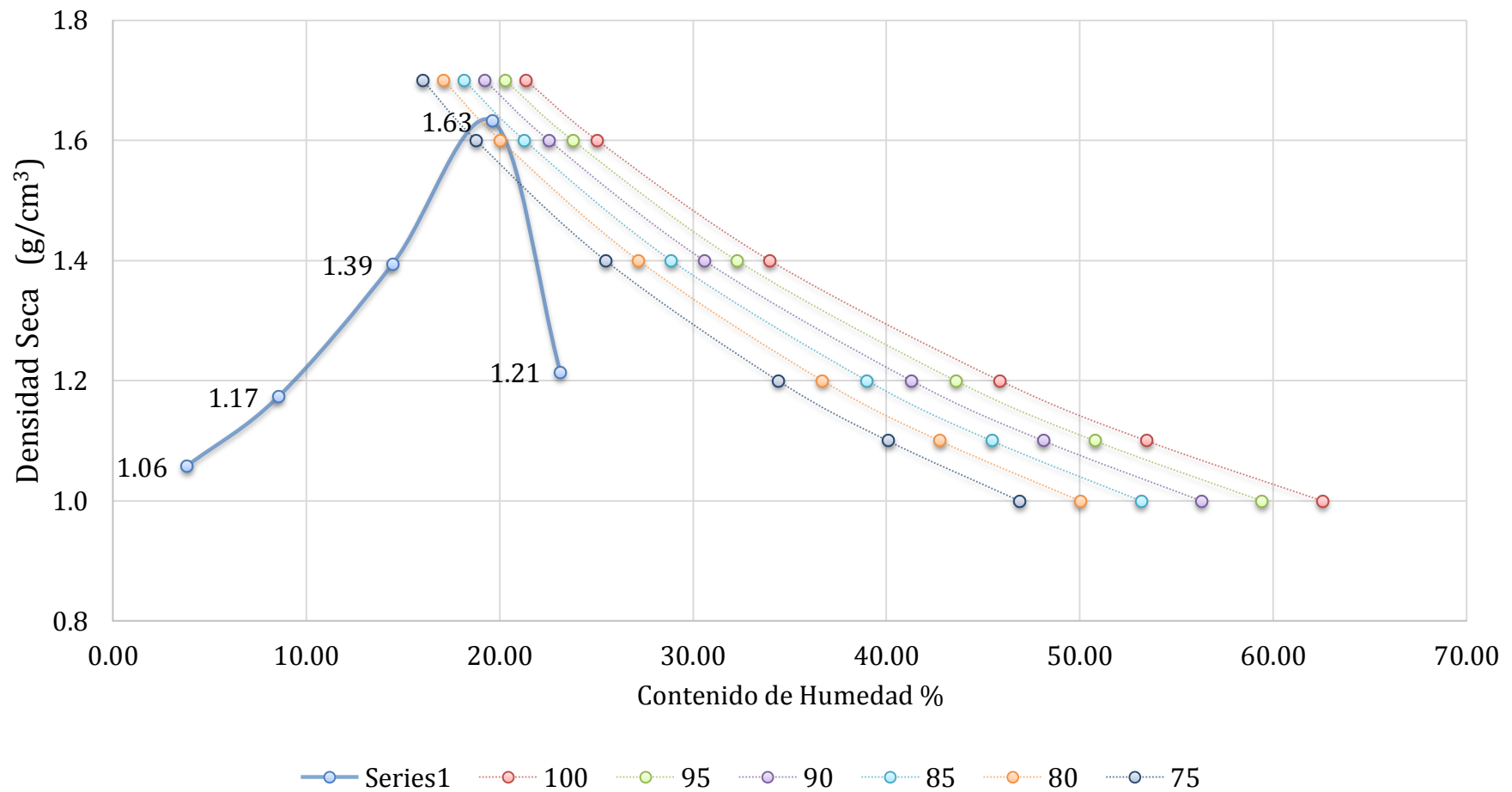
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	80	1	50.04
1.1	2.670	80	1	42.76
1.2	2.670	80	1	36.70
1.4	2.670	80	1	27.18
1.6	2.670	80	1	20.04
1.7	2.670	80	1	17.10

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	95	1	59.42
1.1	2.670	95	1	50.78
1.2	2.670	95	1	43.59
1.4	2.670	95	1	32.28
1.6	2.670	95	1	23.79
1.7	2.670	95	1	20.30

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	85	1	53.16
1.1	2.670	85	1	45.44
1.2	2.670	85	1	39.00
1.4	2.670	85	1	28.88
1.6	2.670	85	1	21.29
1.7	2.670	85	1	18.16

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.670	75	1	46.91
1.1	2.670	75	1	40.09
1.2	2.670	75	1	34.41
1.4	2.670	75	1	25.48
1.6	2.670	75	1	18.79
1.7	2.670	75	1	16.03

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



g) Arcilla + 4% Cal - 5% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	824.5	2%	3662	4486.5	9.86	789.97	26.1	24.9	4.82	6.26	1.04	1.00
2	1137.5	8%	3662	4799.5	9.75	781.16	22.5	20.1	11.94	13.38	1.46	1.30
3	1255.9	12%	3662	4917.9	9.71	777.95	31.9	27.9	14.34	15.78	1.61	1.41
4	1420.2	16%	3458	4878.2	9.10	729.08	34.7	29.2	18.84	20.28	1.95	1.64
5	1127.3	20%	3458	4585.3	9.31	745.90	28.9	23.1	25.11	26.55	1.51	1.21

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	100	1	62.67
1.1	2.679	100	1	53.58
1.2	2.679	100	1	46.00
1.4	2.679	100	1	34.10
1.6	2.679	100	1	25.17
1.7	2.679	100	1	21.49

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	90	1	56.40
1.1	2.679	90	1	48.22
1.2	2.679	90	1	41.40
1.4	2.679	90	1	30.69
1.6	2.679	90	1	22.65
1.7	2.679	90	1	19.35

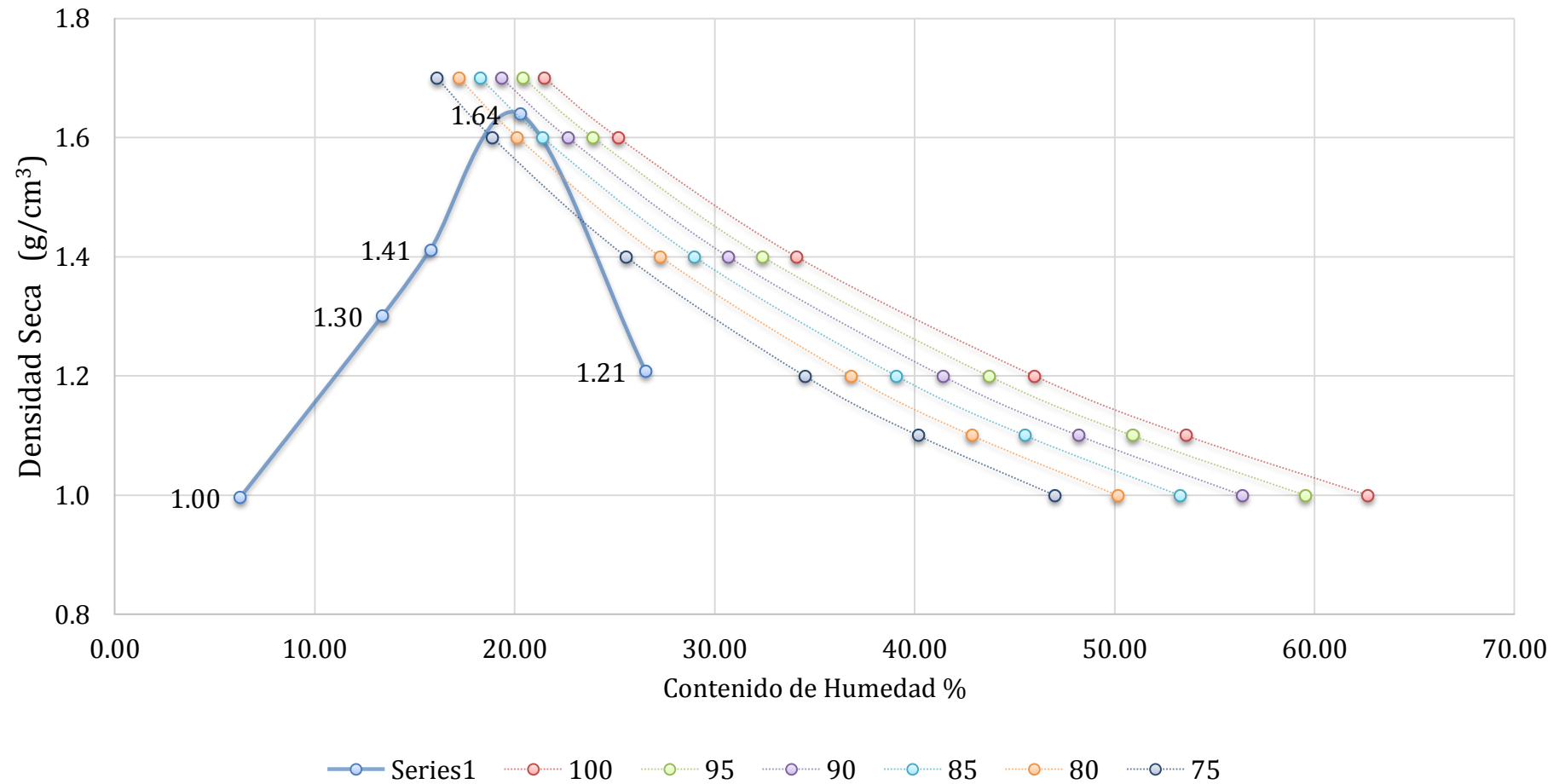
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	80	1	50.14
1.1	2.679	80	1	42.86
1.2	2.679	80	1	36.80
1.4	2.679	80	1	27.28
1.6	2.679	80	1	20.14
1.7	2.679	80	1	17.20

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	95	1	59.54
1.1	2.679	95	1	50.90
1.2	2.679	95	1	43.70
1.4	2.679	95	1	32.39
1.6	2.679	95	1	23.91
1.7	2.679	95	1	20.42

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	85	1	53.27
1.1	2.679	85	1	45.54
1.2	2.679	85	1	39.10
1.4	2.679	85	1	28.98
1.6	2.679	85	1	21.40
1.7	2.679	85	1	18.27

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.679	75	1	47.00
1.1	2.679	75	1	40.19
1.2	2.679	75	1	34.50
1.4	2.679	75	1	25.57
1.6	2.679	75	1	18.88
1.7	2.679	75	1	16.12

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



h) Arcilla + 6% Cal - 5% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	850.6	2%	3662	4512.6	9.87	790.77	27.5	26.9	2.23	4.20	1.08	1.05
2	1119.1	8%	3662	4781.1	9.56	765.93	29.6	27.5	7.64	9.61	1.46	1.36
3	1220.6	12%	3662	4882.6	9.24	740.29	24.3	21.9	10.96	12.93	1.65	1.49
4	1443.6	20%	3458	4901.6	9.35	749.11	28.3	23.9	18.41	20.38	1.93	1.63
5	1155.5	24%	3458	4613.5	9.12	730.68	24.5	19.9	23.12	25.09	1.58	1.28

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	100	1	62.80
1.1	2.688	100	1	53.71
1.2	2.688	100	1	46.13
1.4	2.688	100	1	34.23
1.6	2.688	100	1	25.30
1.7	2.688	100	1	21.62

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	90	1	56.52
1.1	2.688	90	1	48.34
1.2	2.688	90	1	41.52
1.4	2.688	90	1	30.80
1.6	2.688	90	1	22.77
1.7	2.688	90	1	19.46

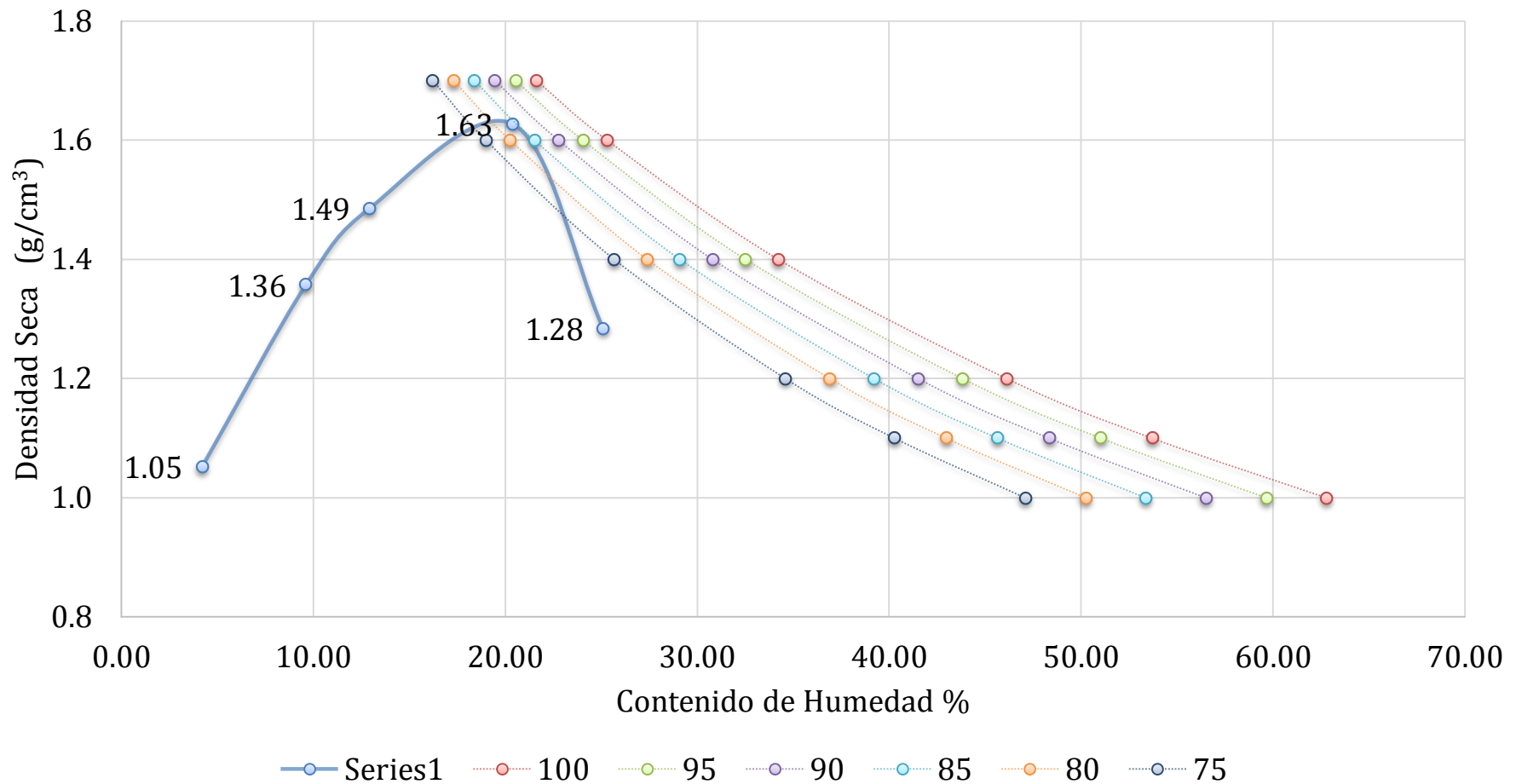
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	80	1	50.24
1.1	2.688	80	1	42.97
1.2	2.688	80	1	36.90
1.4	2.688	80	1	27.38
1.6	2.688	80	1	20.24
1.7	2.688	80	1	17.30

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	95	1	59.66
1.1	2.688	95	1	51.02
1.2	2.688	95	1	43.82
1.4	2.688	95	1	32.51
1.6	2.688	95	1	24.03
1.7	2.688	95	1	20.54

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	85	1	53.38
1.1	2.688	85	1	45.65
1.2	2.688	85	1	39.21
1.4	2.688	85	1	29.09
1.6	2.688	85	1	21.50
1.7	2.688	85	1	18.38

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.688	75	1	47.10
1.1	2.688	75	1	40.28
1.2	2.688	75	1	34.60
1.4	2.688	75	1	25.67
1.6	2.688	75	1	18.97
1.7	2.688	75	1	16.22

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



i) Arcilla + 8% Cal - 5% Caucho

Muestra	P. SUELO (g)	%Hum.	W Proctor (g)	Wproct+s.comp (g)	H (cm)	Volumen (cm ³)	Ws.hum (g)	Wcap+s.seco (g)	w(%)	w(%) Corregido	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
1	887.5	2%	3662	4549.5	9.75	781.16	25.6	25.1	1.99	4.49	1.14	1.11
2	1118.5	8%	3662	4780.5	9.45	757.12	24.8	22.8	8.77	11.27	1.48	1.36
3	1228.9	12%	3662	4890.9	9.87	790.77	26.7	24.2	10.33	12.83	1.55	1.41
4	1476.6	20%	3458	4934.6	9.63	771.54	25	21.0	19.05	21.55	1.91	1.61
5	1127.3	24%	3458	4585.3	9.78	783.56	24.3	20.1	20.90	23.40	1.44	1.19

Curva de Saturación

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	100	1	62.92
1.1	2.697	100	1	53.83
1.2	2.697	100	1	46.26
1.4	2.697	100	1	34.35
1.6	2.697	100	1	25.42
1.7	2.697	100	1	21.75

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	90	1	56.63
1.1	2.697	90	1	48.45
1.2	2.697	90	1	41.63
1.4	2.697	90	1	30.92
1.6	2.697	90	1	22.88
1.7	2.697	90	1	19.57

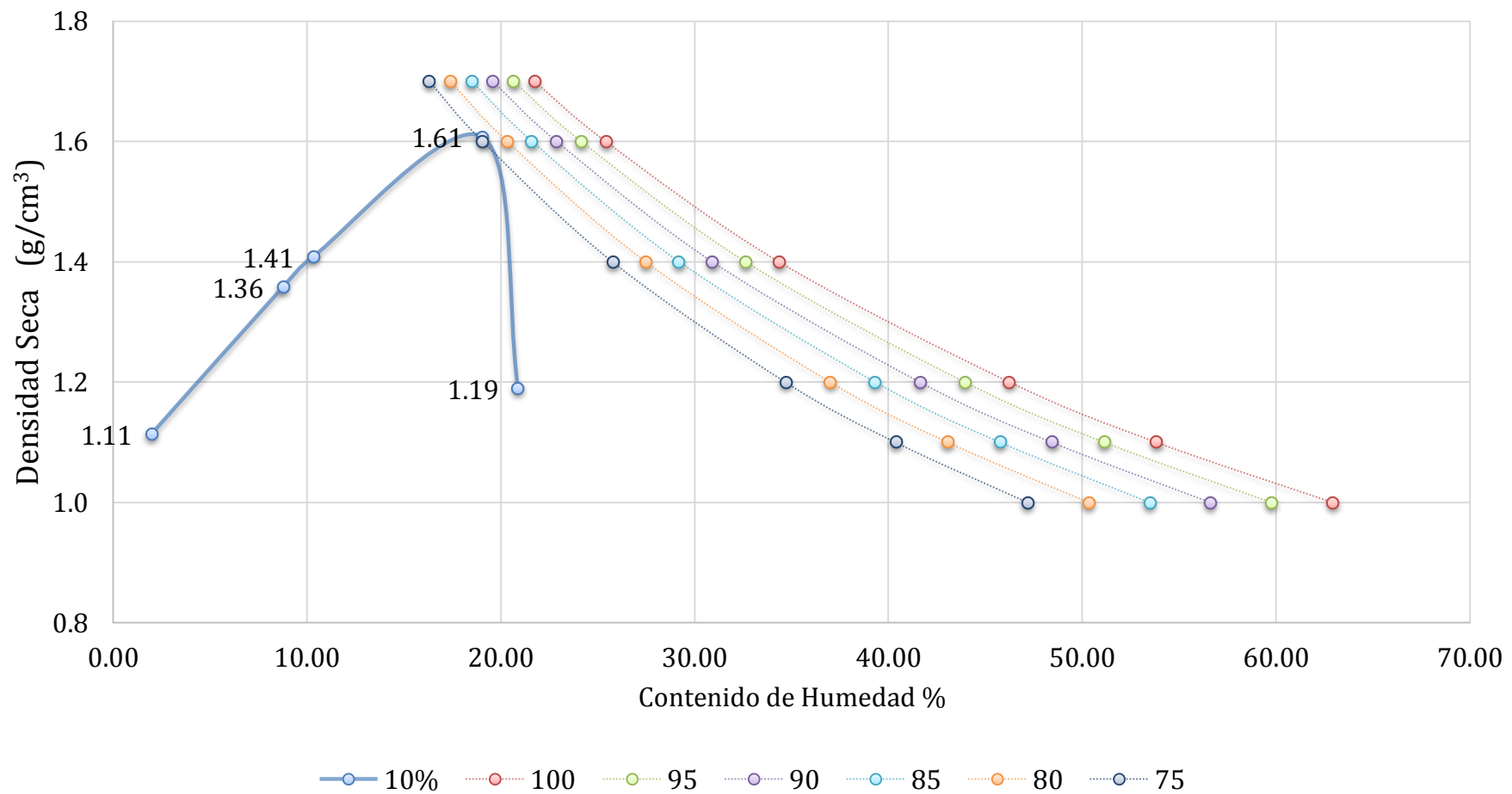
γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	80	1	50.34
1.1	2.697	80	1	43.06
1.2	2.697	80	1	37.00
1.4	2.697	80	1	27.48
1.6	2.697	80	1	20.34
1.7	2.697	80	1	17.40

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	95	1	59.78
1.1	2.697	95	1	51.14
1.2	2.697	95	1	43.94
1.4	2.697	95	1	32.63
1.6	2.697	95	1	24.15
1.7	2.697	95	1	20.66

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	85	1	53.48
1.1	2.697	85	1	45.76
1.2	2.697	85	1	39.32
1.4	2.697	85	1	29.20
1.6	2.697	85	1	21.61
1.7	2.697	85	1	18.48

γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	Sr	γ_w (g/cm ³)	%w
1	2.697	75	1	47.19
1.1	2.697	75	1	40.37
1.2	2.697	75	1	34.69
1.4	2.697	75	1	25.76
1.6	2.697	75	1	19.07
1.7	2.697	75	1	16.31

Curva de compactación de Proctor modificado - Curva de saturación



6.3 Grado de Saturación Sr %

6.3.1 Arcilla natural

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.13	1.75	1.62	7.43	63.75	0.074
0.28	1.41	1.13	19.86	51.37	0.199
0.41	1	0.59	41.00	36.43	0.410
0.56	0.63	0.07	88.89	22.95	0.889
0.66	0.76	0.10	86.84	27.69	0.868
0.77	0.99	0.22	77.78	36.07	0.778

6.3.2 Arcilla con porcentaje de Cal

a) Arcilla + 2%Cal

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	1.59	1.52	4.40	59.11	0.044
0.21	1.18	0.97	17.80	43.87	0.178
0.37	0.88	0.51	42.05	32.71	0.420
0.52	0.61	0.09	85.25	22.68	0.852
0.67	1.1	0.43	60.91	40.89	0.609

b) Arcilla + 4%Cal

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.05	1.52	1.47	3.29	57.66	0.033
0.17	1.05	0.88	16.19	39.83	0.162
0.32	0.74	0.42	43.24	28.07	0.432
0.50	0.61	0.11	81.97	23.14	0.820
0.67	0.91	0.24	73.63	34.52	0.736

c) Arcilla + 6%Cal

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	1.19	1.12	5.88	46.11	0.059
0.20	0.84	0.64	23.81	32.55	0.238
0.29	0.72	0.43	40.28	27.90	0.403
0.49	0.59	0.10	83.05	22.86	0.831
0.60	0.79	0.19	75.95	30.61	0.759

d) Arcilla + 8%Cal

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.05	1.53	1.48	3.27	60.57	0.033
0.11	1.03	0.92	10.68	40.78	0.107
0.24	0.83	0.59	28.92	32.86	0.289
0.48	0.62	0.14	77.42	24.54	0.774
0.68	1.1	0.42	61.82	43.55	0.618

e) Arcilla + 10%Cal

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.09	1.49	1.40	6.04	60.30	0.060
0.14	1.11	0.97	12.61	44.92	0.126
0.25	0.67	0.42	37.31	27.11	0.373
0.36	0.53	0.17	67.92	21.45	0.679
0.61	1.2	0.59	50.83	48.56	0.508

6.3.3 Arcilla con porcentaje de Cucho

a) Arcilla + 2%Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	1.3	1.23	5.38	46.59	0.054
0.24	1.15	0.91	20.87	41.22	0.209
0.38	0.88	0.50	43.18	31.54	0.432
0.55	0.69	0.14	79.71	24.73	0.797
0.70	1.07	0.37	65.42	38.35	0.654

b) Arcilla + 3%Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.05	1.06	1.01	4.72	39.80	0.047
0.29	0.85	0.56	34.12	31.92	0.341
0.34	0.79	0.45	43.04	29.67	0.430
0.49	0.63	0.14	77.78	23.66	0.778
0.68	0.83	0.15	81.93	31.17	0.819

c) Arcilla + 4% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	1.14	1.07	6.14	43.25	0.061
0.21	0.99	0.78	21.21	37.56	0.212
0.30	0.79	0.49	37.97	29.97	0.380
0.49	0.63	0.14	77.78	23.90	0.778
0.75	0.93	0.18	80.65	35.28	0.806

d) Arcilla + 5% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.06	1.14	1.08	5.26	43.71	0.053
0.16	0.97	0.81	16.49	37.19	0.165
0.33	0.82	0.49	40.24	31.44	0.402
0.47	0.59	0.12	79.66	22.62	0.797
0.65	0.85	0.20	76.47	32.59	0.765

e) Arcilla + 10% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	1.64	1.57	4.27	66.37	0.043
0.21	1.06	0.85	19.81	42.90	0.198
0.32	0.77	0.45	41.56	31.16	0.416
0.42	0.55	0.13	76.36	22.26	0.764
0.62	0.98	0.36	63.27	39.66	0.633

6.3.4 Arcilla con porcentaje de Cal y Caucho

a) Arcilla + 2% Cal - 3% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.07	2.03	1.96	3.45	75.07	0.034
0.25	1.09	0.84	22.94	40.31	0.229
0.36	0.84	0.48	42.86	31.07	0.429
0.51	0.64	0.13	79.69	23.67	0.797
0.62	1.1	0.48	56.36	40.68	0.564

b) Arcilla + 2% Cal - 4% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.04	1.55	1.51	2.58	57.69	0.026
0.21	1.09	0.88	19.27	40.57	0.193
0.32	0.91	0.59	35.16	33.87	0.352
0.51	0.64	0.13	79.69	23.82	0.797
0.67	1.05	0.38	63.81	39.08	0.638

c) Arcilla + 4% Cal - 4% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.05	1.48	1.43	3.38	54.90	0.034
0.19	1.26	1.07	15.08	46.74	0.151
0.32	1.03	0.71	31.07	38.20	0.311
0.52	0.66	0.14	78.79	24.48	0.788
0.60	1.14	0.54	52.63	42.28	0.526

d) Arcilla + 6% Cal - 4% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.03	1.55	1.52	1.94	57.30	0.019
0.19	1.16	0.97	16.38	42.88	0.164
0.31	0.94	0.63	32.98	34.75	0.330
0.51	0.68	0.17	75.00	25.14	0.750
0.58	0.91	0.33	63.74	33.64	0.637

e) Arcilla + 8% Cal - 4% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.06	1.65	1.59	3.64	60.80	0.036
0.24	1.01	0.77	23.76	37.21	0.238
0.32	0.89	0.57	35.96	32.79	0.360
0.53	0.67	0.14	79.10	24.69	0.791
0.58	1.06	0.48	54.72	39.06	0.547

f) Arcilla + 2% Cal - 5% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.08	1.52	1.44	5.26	56.93	0.053
0.20	1.28	1.08	15.63	47.94	0.156
0.36	0.91	0.55	39.56	34.08	0.396
0.50	0.64	0.14	78.13	23.97	0.781
0.59	1.2	0.61	49.17	44.94	0.492

g) Arcilla + 4% Cal - 5% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.13	1.69	1.56	7.69	63.09	0.077
0.32	1.06	0.74	30.19	39.57	0.302
0.38	0.9	0.52	42.22	33.60	0.422
0.50	0.63	0.13	79.37	23.52	0.794
0.67	1.22	0.55	54.92	45.54	0.549

h) Arcilla + 6% Cal - 5% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.06	1.55	1.49	3.87	57.66	0.039
0.21	0.98	0.77	21.43	36.46	0.214
0.29	0.81	0.52	35.80	30.13	0.358
0.49	0.65	0.16	75.38	24.18	0.754
0.62	1.09	0.47	56.88	40.55	0.569

i) Arcilla + 8% Cal - 5% Caucho

ew	e	ea	Sr %	%w sat	Sr %/100
0.05	1.42	1.37	3.52	52.65	0.035
0.24	0.99	0.75	24.24	36.71	0.242
0.28	0.91	0.63	30.77	33.74	0.308
0.51	0.68	0.17	75.00	25.21	0.750
0.56	1.27	0.71	44.09	47.09	0.441

7 MESA VIBRATORIA

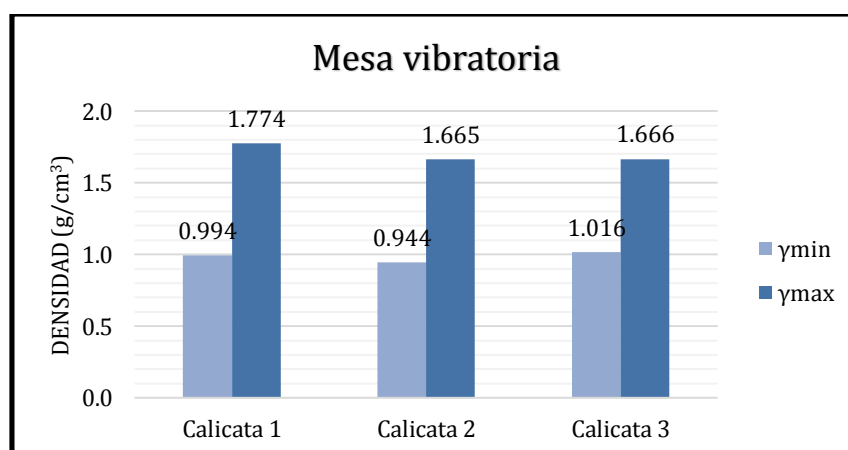
MEDIDAS DEL MOLDE		
H	15.3	cm
D	15.4	cm
volumen	2849.85	cm ²

7.1 Arcilla

Calicata 1					
W molde	3563.5	g	$\gamma_{\max}$ (W%)	2.22	g/cm ³
W m+s.suelto	7102.7	g	$\gamma_{\min}$ (W%)	1.24	g/cm ³
W m+s.compact	9878	g	w%	24.93%	
W bandeja	465.9	g	$\gamma_{\min}$	0.99	g/cm ³
Wb +S saturado	2569.5	g	$\gamma_{\max}$	1.77	g/cm ³
Wb +S seco	2056.8	g			

Calicata 2					
W molde	3563.5	g	$\gamma_{\max}$ (W%)	2.17	g/cm ³
W m+s.suelto	7073.5	g	$\gamma_{\min}$ (W%)	1.23	g/cm ³
W m+s.compact	9754.5	g	w%	30.45%	
W bandeja	359.4	g	$\gamma_{\min}$	0.94	g/cm ³
Wb +S saturado	4560.5	g	$\gamma_{\max}$	1.66	g/cm ³
Wb +S seco	3496	g			

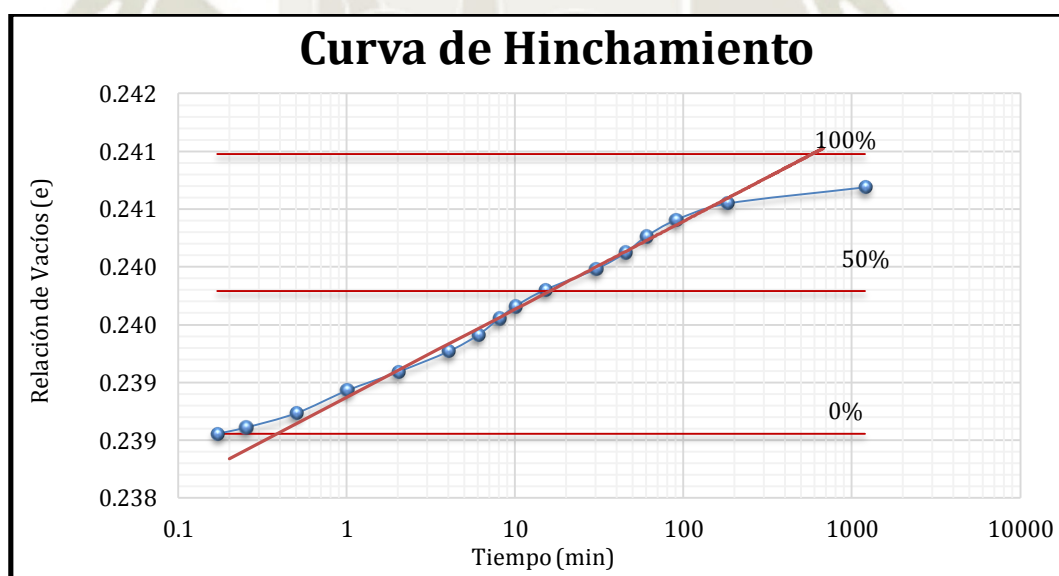
Calicata 3					
W molde	3563.5	g	$\gamma_{\max}$ (W%)	2.21	g/cm ³
W m+s.suelto	7401.5	g	$\gamma_{\min}$ (W%)	1.35	g/cm ³
W m+s.compact	9857	g	w%	32.59%	
W bandeja	459.6	g	$\gamma_{\min}$	1.02	g/cm ³
Wb +S saturado	2596.5	g	$\gamma_{\max}$	1.67	g/cm ³
Wb +S seco	1958.3	g			



8 DETERMINACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

8.1 Coeficiente de Hinchamiento de arcilla sin carga

P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
0	0	0.00	0.17	33.00	0.083	0.005	17.418	1.7418	0.23856
			0.25	32.70	0.082	0.005	17.418	1.7418	0.23861
			0.5	32.00	0.080	0.005	17.420	1.7420	0.23874
			1	30.90	0.077	0.004	17.423	1.7423	0.23893
			2	30.00	0.075	0.004	17.425	1.7425	0.23909
			4	29.00	0.073	0.004	17.428	1.7428	0.23927
			6	28.20	0.071	0.004	17.430	1.7430	0.23941
			8	27.40	0.069	0.004	17.432	1.7432	0.23955
			10	26.80	0.067	0.004	17.433	1.7433	0.23966
			15	26.00	0.065	0.004	17.435	1.7435	0.23980
			30	25.00	0.063	0.004	17.438	1.7438	0.23998
			45	24.20	0.061	0.003	17.440	1.7440	0.24012
			60	23.40	0.059	0.003	17.442	1.7442	0.24026
			90	22.60	0.057	0.003	17.444	1.7444	0.24041
			180	21.80	0.055	0.003	17.446	1.7446	0.24055
			1200	21.00	0.053	0.003	17.448	1.7448	0.24069
								1.7433	0.23967



CONSOLIDACIÓN DATOS

Ws	138.96	grf
l	6	cm
H0	17.5	mm
Área	36.00	cm ²
w	45%	
Hs	14.06	mm
$\gamma\sigma$	2.7450	

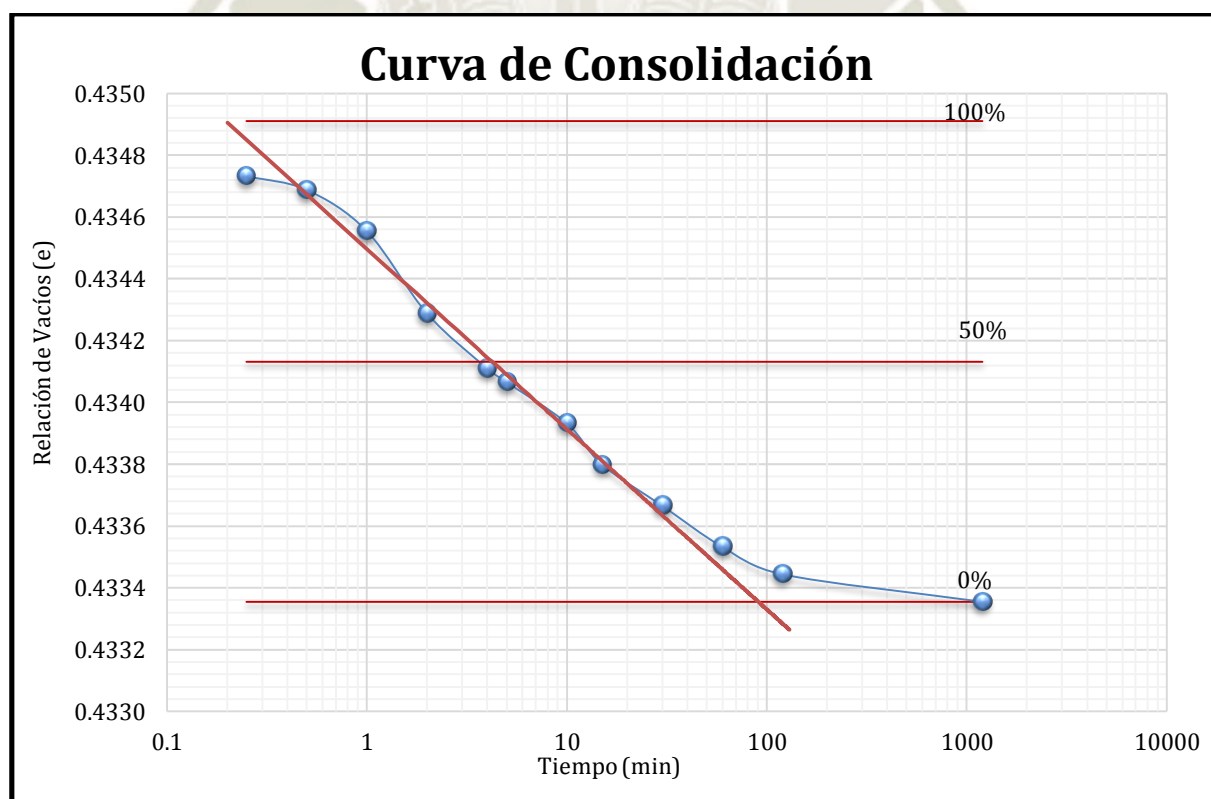
P	A	Tv	50%	t50%	CV
0	0.00028	0.197	0.2398	19.61	3.053

Cv 1.60

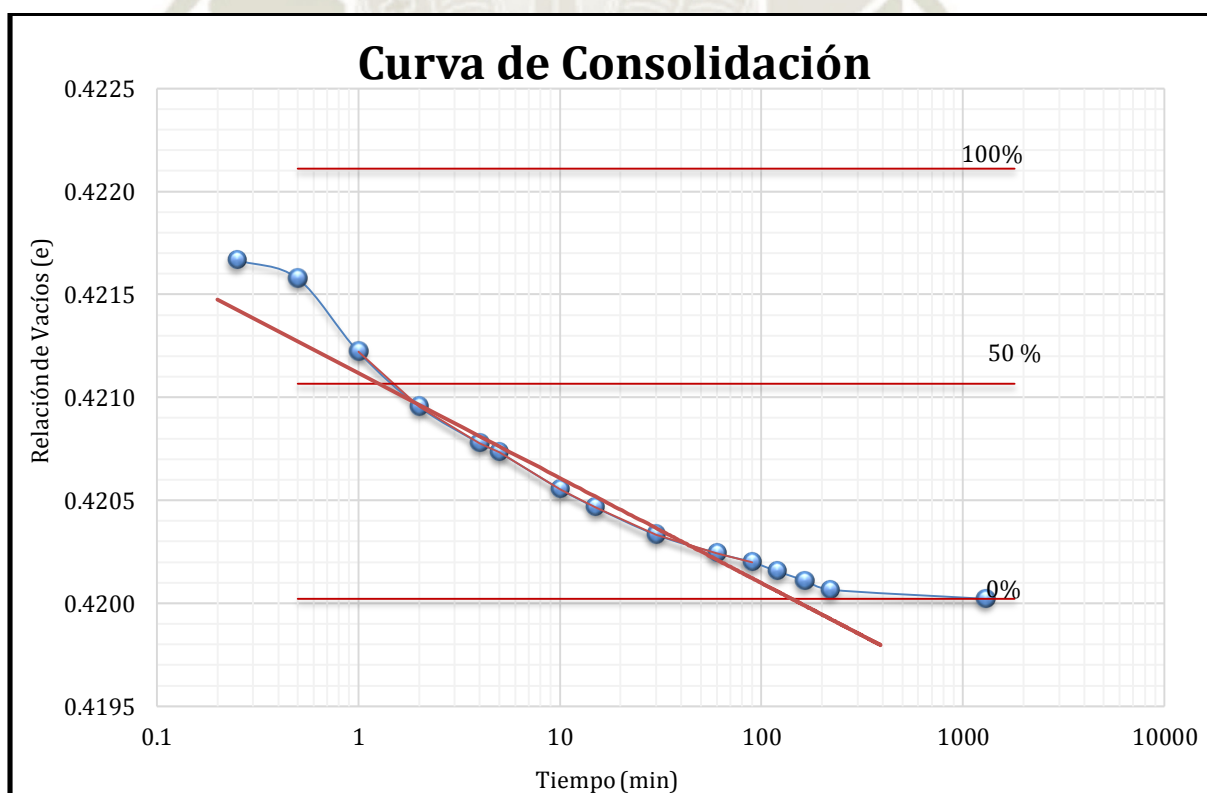
8.2 Coeficiente de consolidación

8.2.1 Arcilla natural

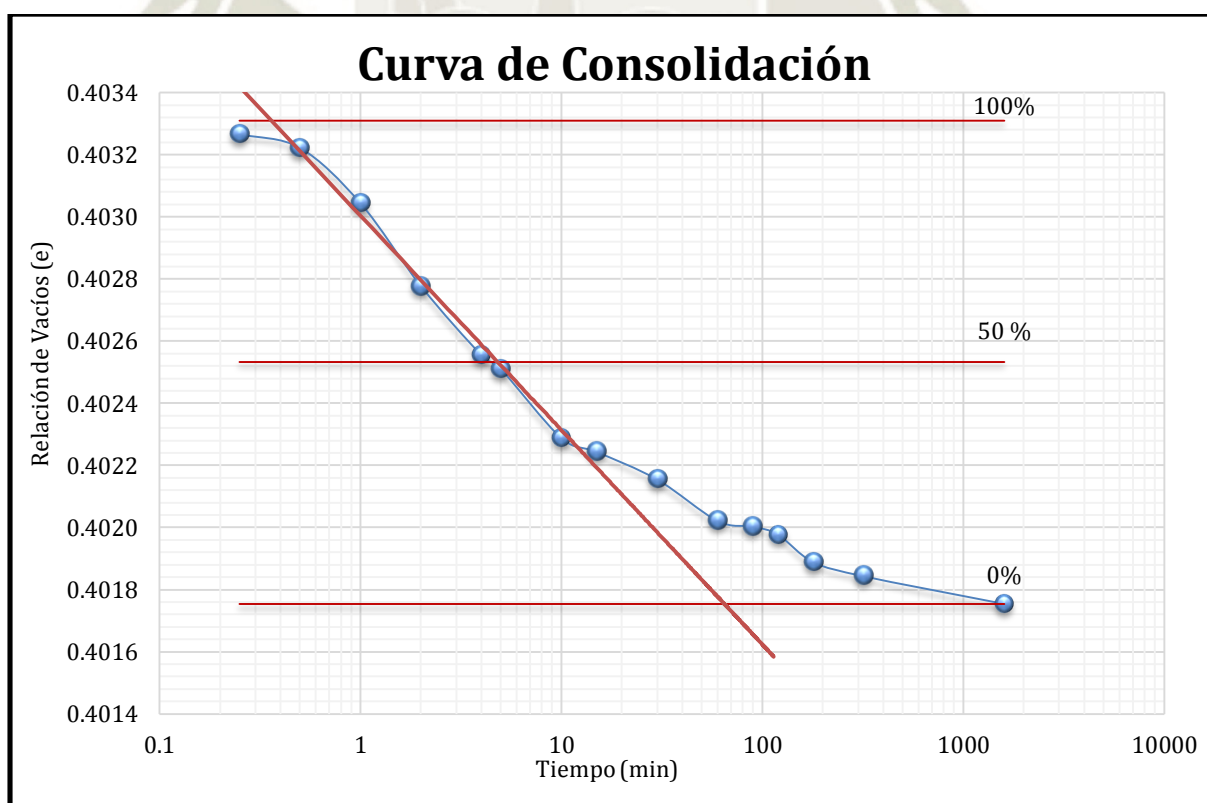
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	9.5	0.024	0.001	20.176	2.0176	0.43473
			0.5	9.75	0.024	0.001	20.176	2.0176	0.43469
			1	10.5	0.026	0.001	20.174	2.0174	0.43455
			2	12	0.030	0.001	20.170	2.0170	0.43429
			4	13	0.033	0.002	20.168	2.0168	0.43411
			5	13.25	0.033	0.002	20.167	2.0167	0.43407
			10	14	0.035	0.002	20.165	2.0165	0.43393
			15	14.75	0.037	0.002	20.163	2.0163	0.43380
			30	15.5	0.039	0.002	20.161	2.0161	0.43367
			60	16.25	0.041	0.002	20.159	2.0159	0.43353
			120	16.75	0.042	0.002	20.158	2.0158	0.43344
			1200	17.25	0.043	0.002	20.157	2.0157	0.43335
								2.0166	0.43401



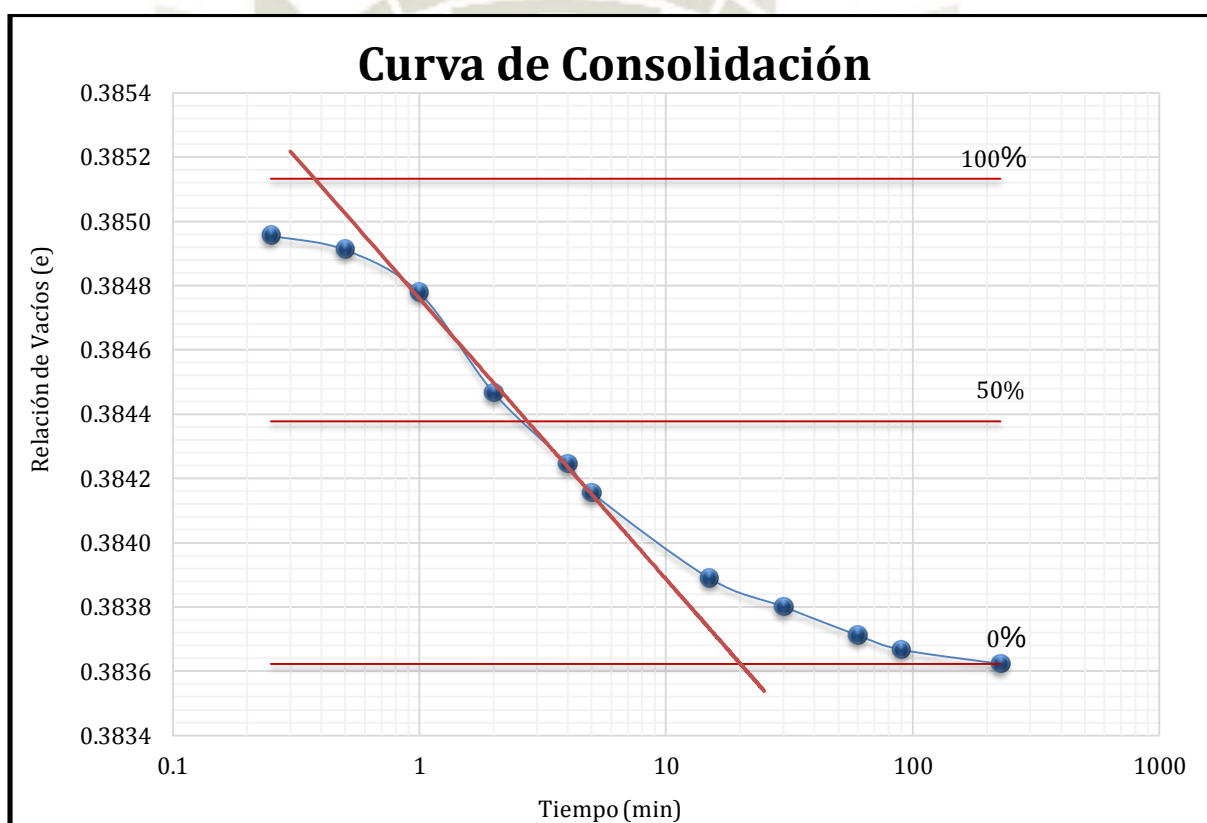
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.25	83	0.208	0.010	19.993	1.9993	0.421665
			0.5	83.5	0.209	0.010	19.991	1.9991	0.421577
			1	85.5	0.214	0.011	19.986	1.9986	0.421221
			2	87	0.218	0.011	19.983	1.9983	0.420954
			4	88	0.220	0.011	19.980	1.9980	0.420777
			5	88.25	0.221	0.011	19.979	1.9979	0.420732
			10	89.25	0.223	0.011	19.977	1.9977	0.420554
			15	89.75	0.224	0.011	19.976	1.9976	0.420465
			30	90.5	0.226	0.011	19.974	1.9974	0.420332
			60	91	0.228	0.011	19.973	1.9973	0.420243
			90	91.25	0.228	0.011	19.972	1.9972	0.420199
			120	91.5	0.229	0.011	19.971	1.9971	0.420154
			164	91.75	0.229	0.011	19.971	1.9971	0.420110
			220	92	0.230	0.011	19.970	1.9970	0.420065
			1300	92.25	0.231	0.011	19.969	1.9969	0.420021
								1.9978	0.420605



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.25	186.5	0.466	0.023	19.734	1.9734	0.40327
			0.5	186.75	0.467	0.023	19.733	1.9733	0.40322
			1	187.75	0.469	0.023	19.731	1.9731	0.40304
			2	189.25	0.473	0.023	19.727	1.9727	0.40278
			4	190.5	0.476	0.024	19.724	1.9724	0.40255
			5	190.75	0.477	0.024	19.723	1.9723	0.40251
			10	192	0.480	0.024	19.720	1.9720	0.40229
			15	192.25	0.481	0.024	19.719	1.9719	0.40224
			30	192.75	0.482	0.024	19.718	1.9718	0.40215
			60	193.5	0.484	0.024	19.716	1.9716	0.40202
			90	193.6	0.484	0.024	19.716	1.9716	0.40200
			120	193.75	0.484	0.024	19.716	1.9716	0.40198
			180	194.25	0.486	0.024	19.714	1.9714	0.40189
			320	194.50	0.486	0.024	19.714	1.9714	0.40184
			1602	195.00	0.488	0.024	19.713	1.9713	0.40175
								1.9721	0.40237



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	289.5	0.724	0.036	19.476	1.9476	0.384955
			0.5	289.75	0.724	0.036	19.476	1.9476	0.384910
			1	290.5	0.726	0.036	19.474	1.9474	0.384777
			2	292.25	0.731	0.036	19.469	1.9469	0.384466
			4	293.5	0.734	0.036	19.466	1.9466	0.384244
			5	294	0.735	0.036	19.465	1.9465	0.384155
			15	295.5	0.739	0.037	19.461	1.9461	0.383888
			30	296	0.740	0.037	19.460	1.9460	0.383799
			60	296.5	0.741	0.037	19.459	1.9459	0.383710
			90	296.75	0.742	0.037	19.458	1.9458	0.383666
			227	297	0.743	0.037	19.458	1.9458	0.383622
								1.9466	0.384199



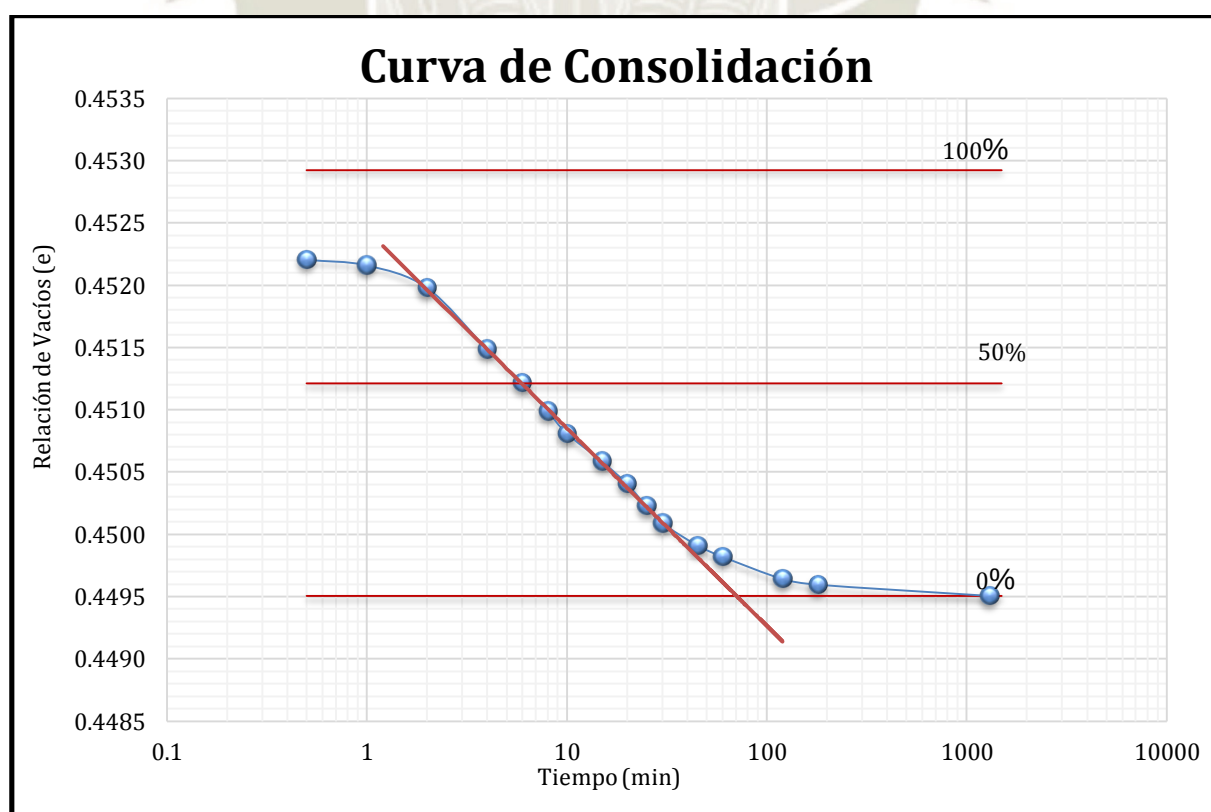
CONSOLIDACIÓN DATOS		
Ws	74.29	grf
D	4.95	cm
H0	20.2	mm
Área	19.24	cm ²
w	33.6%	
Hs	14.06	mm
$\gamma\sigma$	2.7450	

P	a	Tv	50%	t50%	CV
10	0.00018	0.197	0.4341	4.03	19.88
20	0.00044	0.197	0.4211	1.80	43.74
40	0.00004	0.197	0.4025	4.75	16.12
70	0.00018	0.197	0.3844	2.88	25.93
					26.419

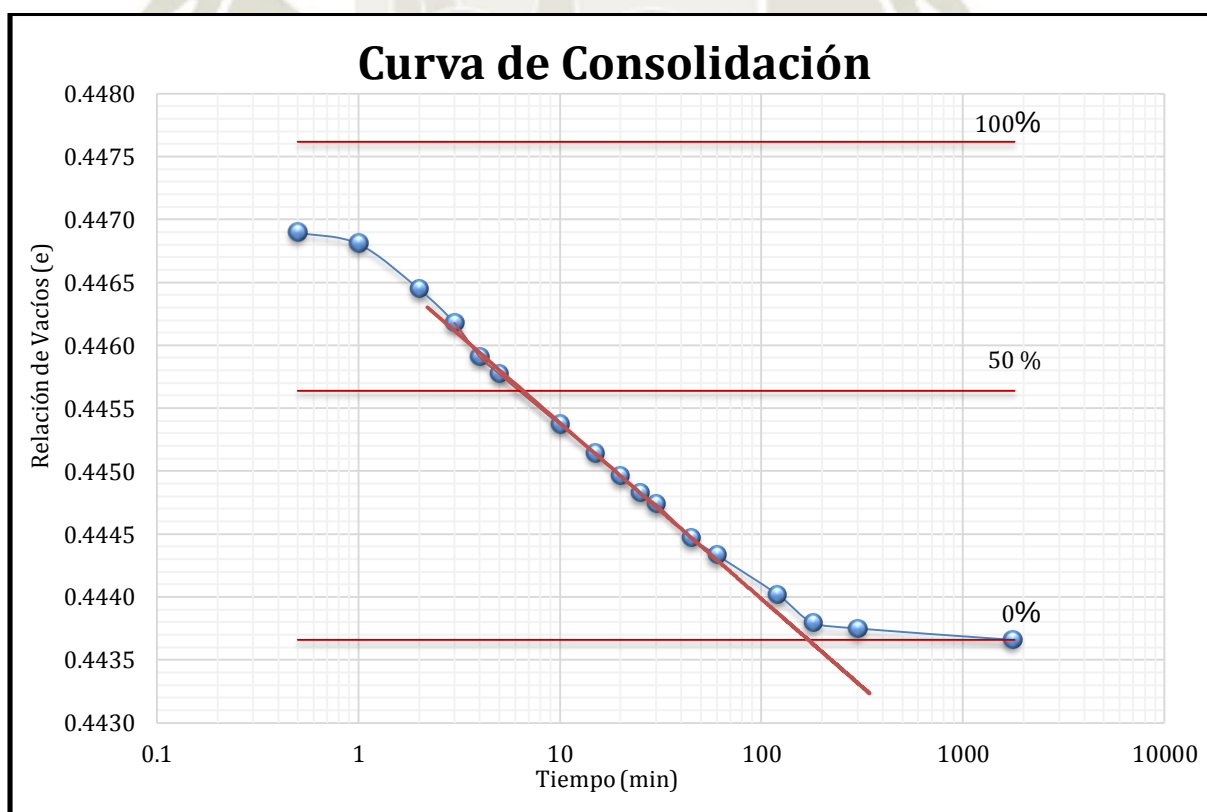
8.2.2 Arcila con porcentaje de Cal

a) Arcilla + 2% de Cal

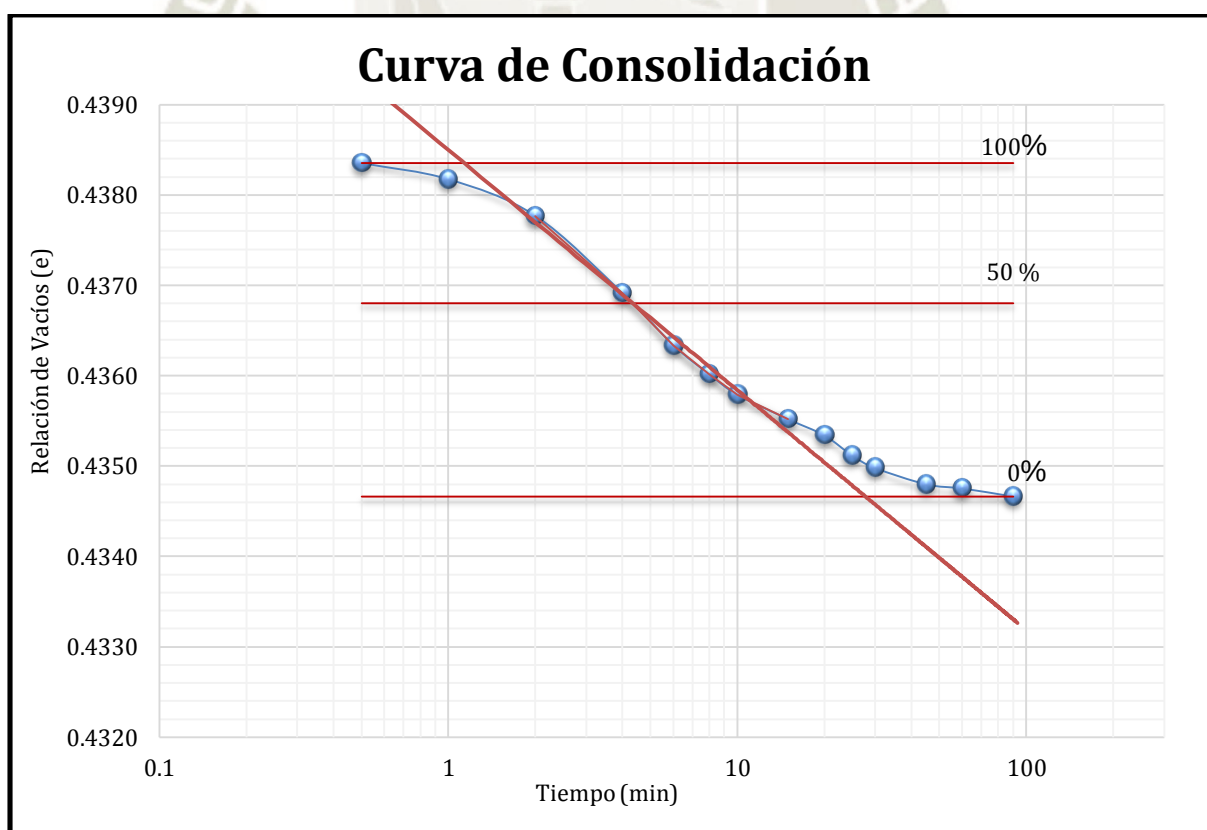
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.5	6.00	0.015	0.001	20.185	2.019	0.4522
			1	6.25	0.016	0.001	20.184	2.018	0.4522
			2	7.25	0.018	0.001	20.182	2.018	0.4520
			4	10.00	0.025	0.001	20.175	2.018	0.4515
			6	11.50	0.029	0.001	20.171	2.017	0.4512
			8	12.75	0.032	0.002	20.168	2.017	0.4510
			10	13.75	0.034	0.002	20.166	2.017	0.4508
			15	15.00	0.038	0.002	20.163	2.016	0.4506
			20	16.00	0.040	0.002	20.160	2.016	0.4504
			25	17.00	0.043	0.002	20.158	2.016	0.4502
			30	17.75	0.044	0.002	20.156	2.016	0.4501
			45	18.75	0.047	0.002	20.153	2.015	0.4499
			60	19.25	0.048	0.002	20.152	2.015	0.4498
			120	20.25	0.051	0.003	20.149	2.015	0.4496
			180	20.50	0.051	0.003	20.149	2.015	0.4496
			1298	21.00	0.053	0.003	20.148	2.015	0.4495
								2.016	0.4507



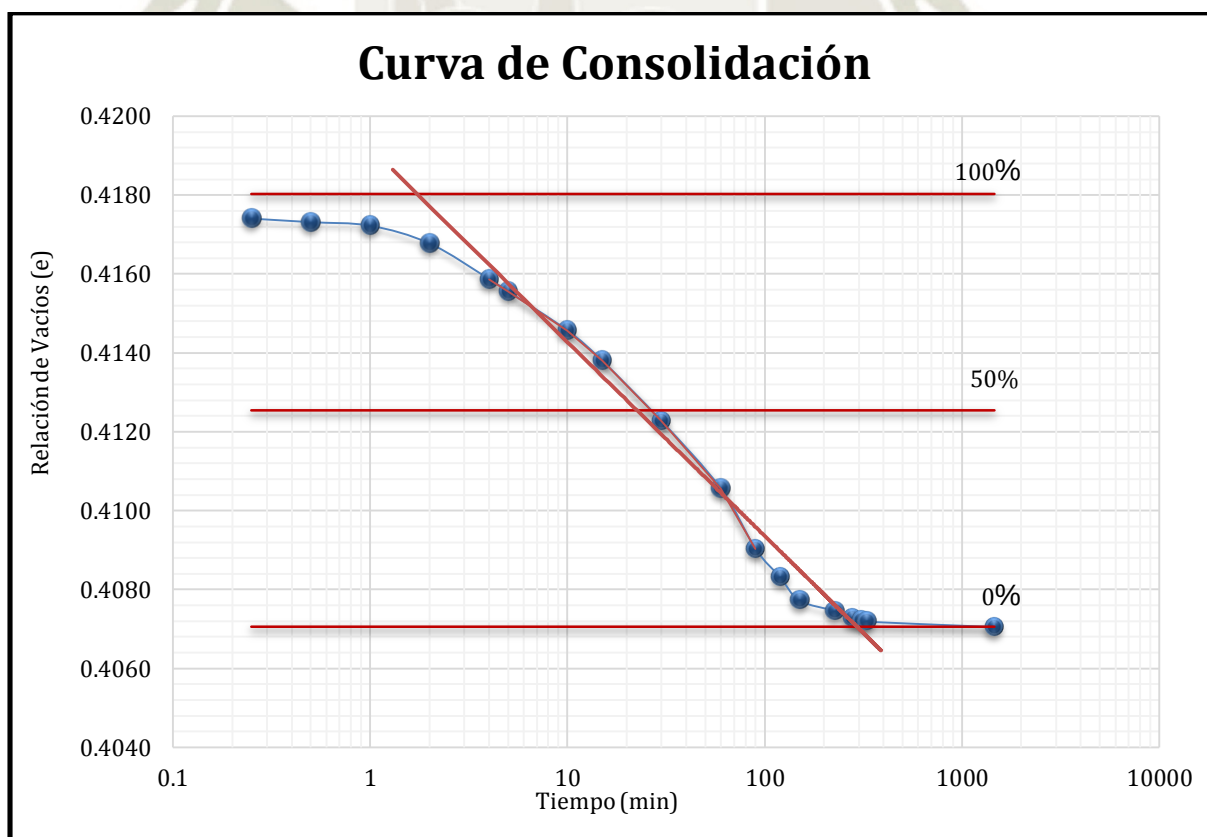
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.5	35.50	0.089	0.004	20.111	2.011	0.4469
			1	36.00	0.090	0.004	20.110	2.011	0.4468
			2	38.00	0.095	0.005	20.105	2.011	0.4464
			3	39.50	0.099	0.005	20.101	2.010	0.4462
			4	41.00	0.103	0.005	20.098	2.010	0.4459
			5	41.75	0.104	0.005	20.096	2.010	0.4458
			10	44.00	0.110	0.005	20.090	2.009	0.4454
			15	45.25	0.113	0.006	20.087	2.009	0.4451
			20	46.25	0.116	0.006	20.084	2.008	0.4450
			25	47.00	0.118	0.006	20.083	2.008	0.4448
			30	47.50	0.119	0.006	20.081	2.008	0.4447
			45	49.00	0.123	0.006	20.078	2.008	0.4445
			60	49.75	0.124	0.006	20.076	2.008	0.4443
			120	51.50	0.129	0.006	20.071	2.007	0.4440
			180	52.75	0.132	0.007	20.068	2.007	0.4438
			300	53.00	0.133	0.007	20.068	2.007	0.4437
			1759	53.50	0.134	0.007	20.066	2.007	0.4437
								2.009	0.4451



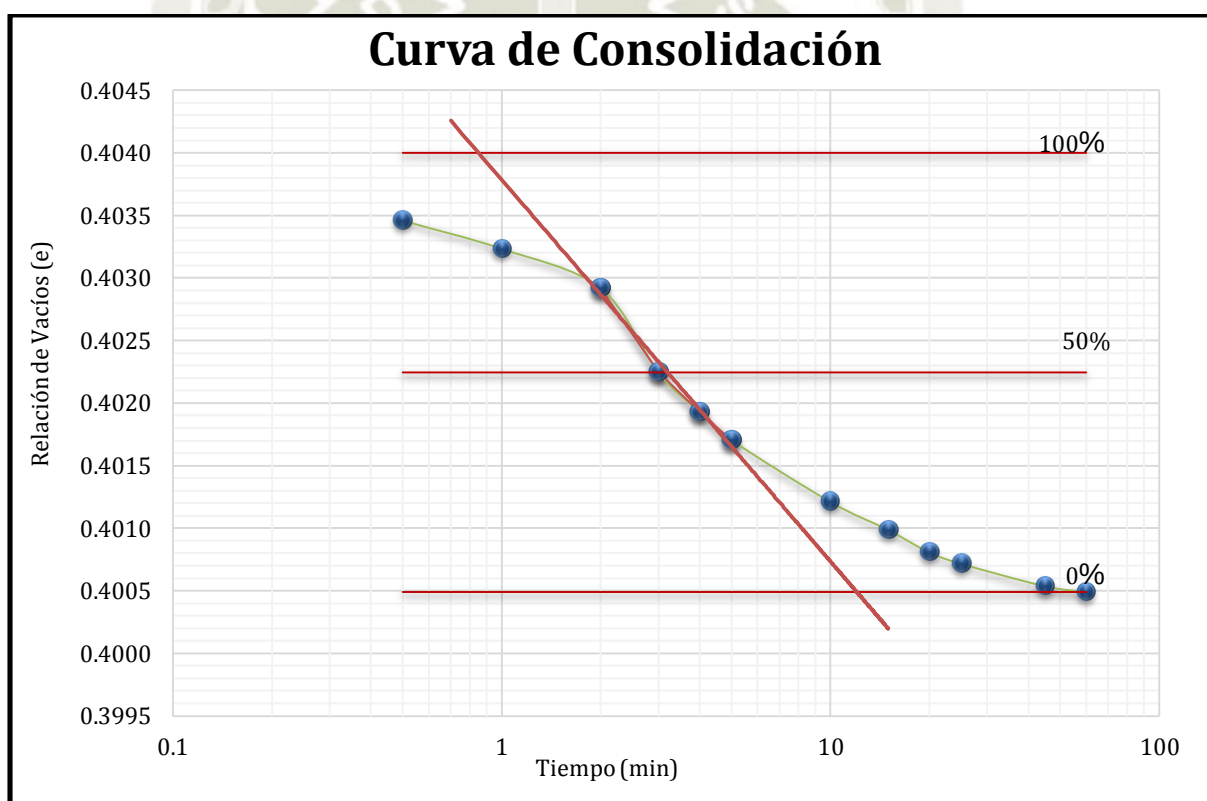
P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.5	83.00	0.208	0.010	19.993	1.999	0.4384
			1	84.00	0.210	0.010	19.990	1.999	0.4382
			2	86.25	0.216	0.011	19.984	1.998	0.4378
			4	91.00	0.228	0.011	19.973	1.997	0.4369
			6	94.20	0.236	0.012	19.965	1.996	0.4363
			8	96.00	0.240	0.012	19.960	1.996	0.4360
			10	97.25	0.243	0.012	19.957	1.996	0.4358
			15	98.75	0.247	0.012	19.953	1.995	0.4355
			20	99.75	0.249	0.012	19.951	1.995	0.4353
			25	101.00	0.253	0.013	19.948	1.995	0.4351
			30	101.75	0.254	0.013	19.946	1.995	0.4350
			45	102.75	0.257	0.013	19.943	1.994	0.4348
			60	103.00	0.258	0.013	19.943	1.994	0.4348
			90	103.50	0.259	0.013	19.941	1.994	0.4347
								1.996	0.4360



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	199.50	0.499	0.025	19.701	1.970	0.4174
			0.5	200.00	0.500	0.025	19.700	1.970	0.4173
			1	200.50	0.501	0.025	19.699	1.970	0.4172
			2	203.00	0.508	0.025	19.693	1.969	0.4168
			4	208.00	0.520	0.026	19.680	1.968	0.4159
			5	209.75	0.524	0.026	19.676	1.968	0.4156
			10	215.25	0.538	0.027	19.662	1.966	0.4146
			15	219.50	0.549	0.027	19.651	1.965	0.4138
			30	228.00	0.570	0.028	19.630	1.963	0.4123
			60	237.50	0.594	0.029	19.606	1.961	0.4106
			90	246.00	0.615	0.030	19.585	1.959	0.4090
			120	250.00	0.625	0.031	19.575	1.958	0.4083
			150	253.25	0.633	0.031	19.567	1.957	0.4077
			227	254.75	0.637	0.032	19.563	1.956	0.4075
			278	255.75	0.639	0.032	19.561	1.956	0.4073
			307	256.00	0.640	0.032	19.560	1.956	0.4072
			330	256.25	0.641	0.032	19.559	1.956	0.4072
			1459	257.00	0.643	0.032	19.558	1.956	0.4071
								1.962	0.4118



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
13	130	0.52	0.5	277.00	0.693	0.034	19.508	1.951	0.4035
			1	278.25	0.696	0.034	19.504	1.950	0.4032
			2	280.00	0.700	0.035	19.500	1.950	0.4029
			3	283.75	0.709	0.035	19.491	1.949	0.4022
			4	285.50	0.714	0.035	19.486	1.949	0.4019
			5	286.75	0.717	0.035	19.483	1.948	0.4017
			10	289.50	0.724	0.036	19.476	1.948	0.4012
			15	290.75	0.727	0.036	19.473	1.947	0.4010
			20	291.75	0.729	0.036	19.471	1.947	0.4008
			25	292.25	0.731	0.036	19.469	1.947	0.4007
			45	293.25	0.733	0.036	19.467	1.947	0.4005
			60	293.50	0.734	0.036	19.466	1.947	0.4005
								1.948	0.4017

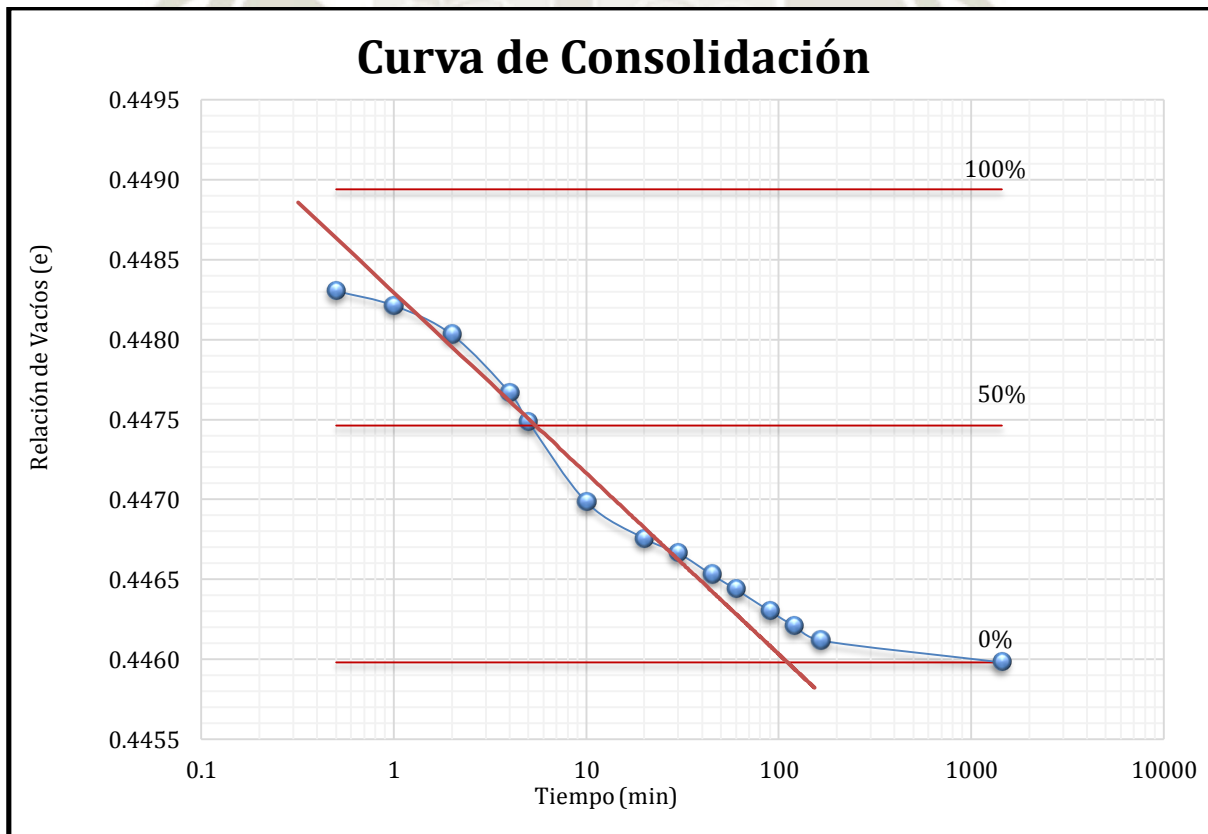


CONSOLIDACIÓN DATOS

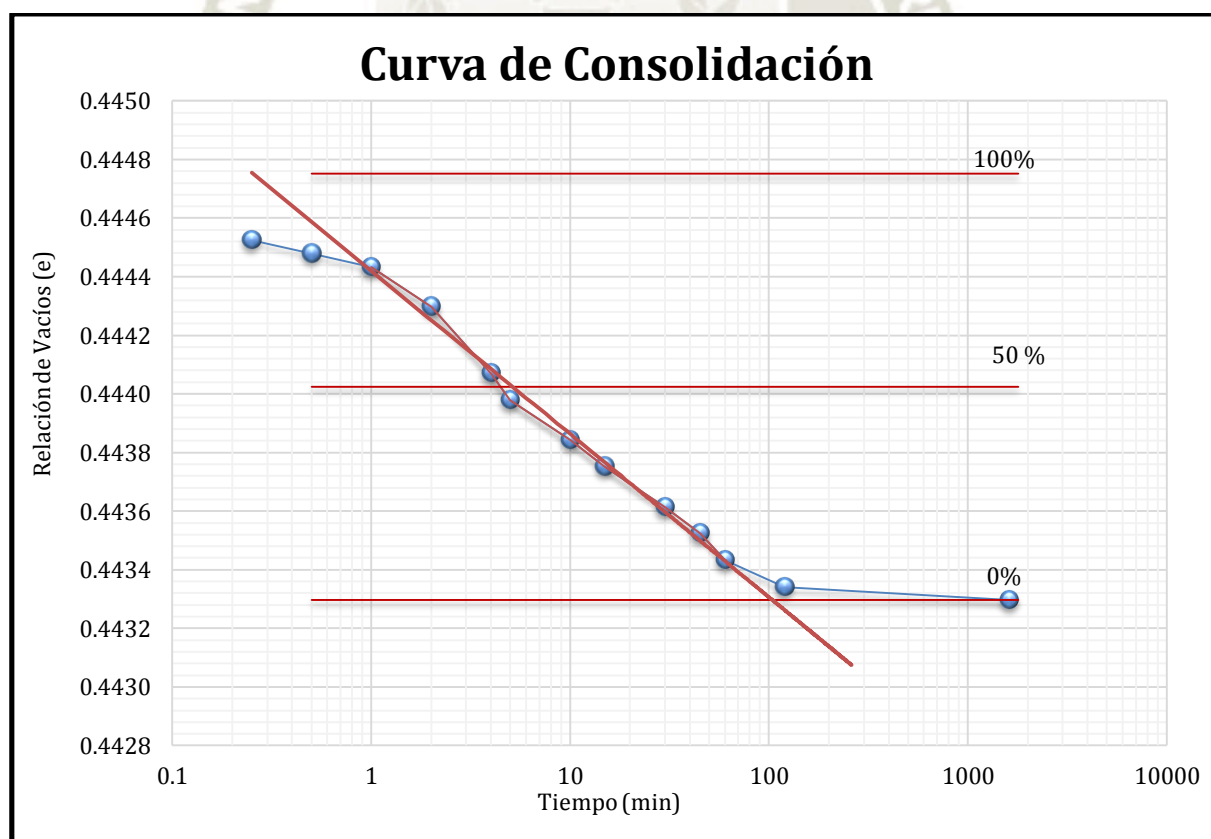
Ws	73.67	g	P	a	Tv	50%	t50%	CV
D	4.95	cm	10	0.00072	0.197	0.4512	5.46	14.671
H0	20.2	mm	20	0.00072	0.197	0.4456	6.96	11.425
Área	19.24	cm ²	40	0.00058	0.197	0.4368	4.48	17.521
w	43%		70	0.00063	0.197	0.4125	21.74	3.489
Hs	13.90	mm	130	0.00054	0.197	0.4022	4.74	15.79
$\gamma\sigma$	2.7540							12.578

b) Arcilla + 4% de Cal

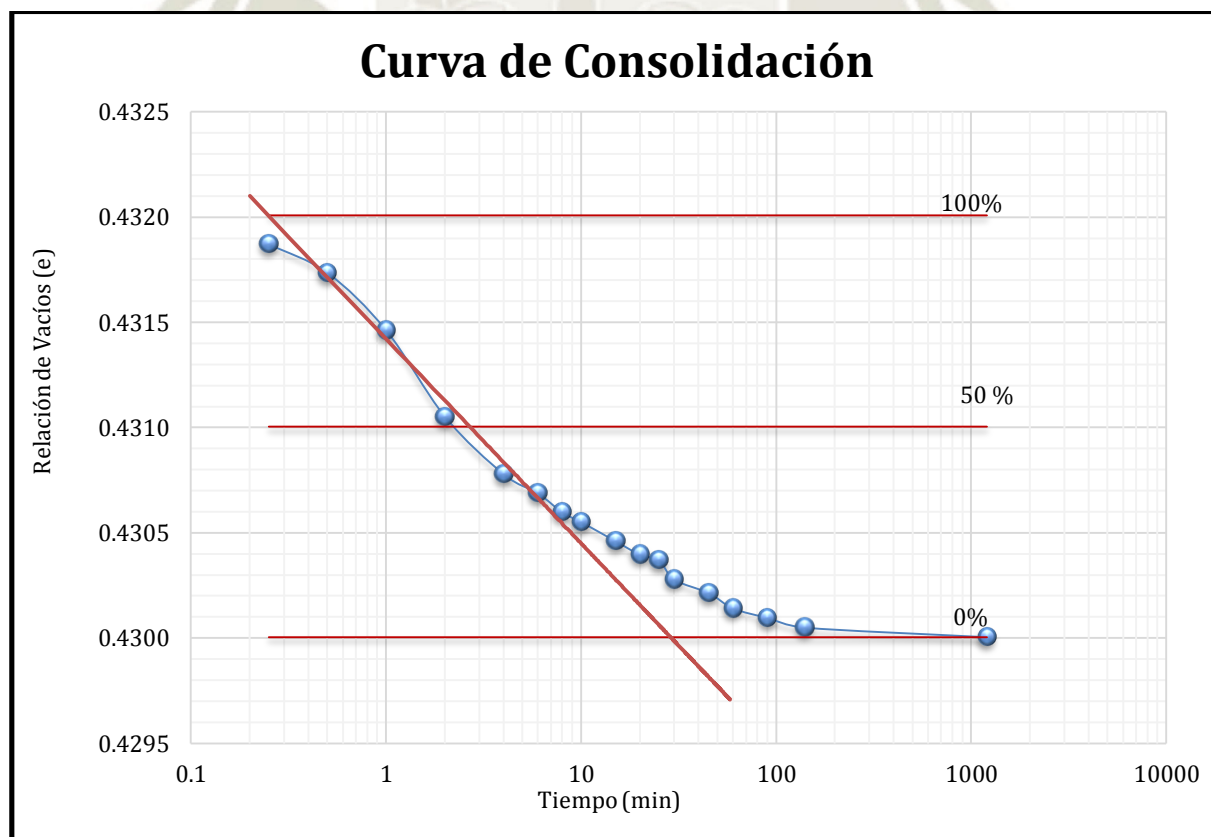
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.5	125.5	0.314	0.016	19.886	1.9886	0.44830
			1	126	0.315	0.016	19.885	1.9885	0.44821
			2	127	0.318	0.016	19.883	1.9883	0.44803
			4	129	0.323	0.016	19.878	1.9878	0.44767
			5	130	0.325	0.016	19.875	1.9875	0.44748
			10	132.75	0.332	0.016	19.868	1.9868	0.44698
			20	134	0.335	0.017	19.865	1.9865	0.44676
			30	134.5	0.336	0.017	19.864	1.9864	0.44666
			45	135.25	0.338	0.017	19.862	1.9862	0.44653
			60	135.75	0.339	0.017	19.861	1.9861	0.44644
			90	136.5	0.341	0.017	19.859	1.9859	0.44630
			120	137	0.343	0.017	19.858	1.9858	0.44621
			165	137.5	0.344	0.017	19.856	1.9856	0.44612
			1440	138.25	0.346	0.017	19.854	1.9854	0.44598
								1.9868	0.44698



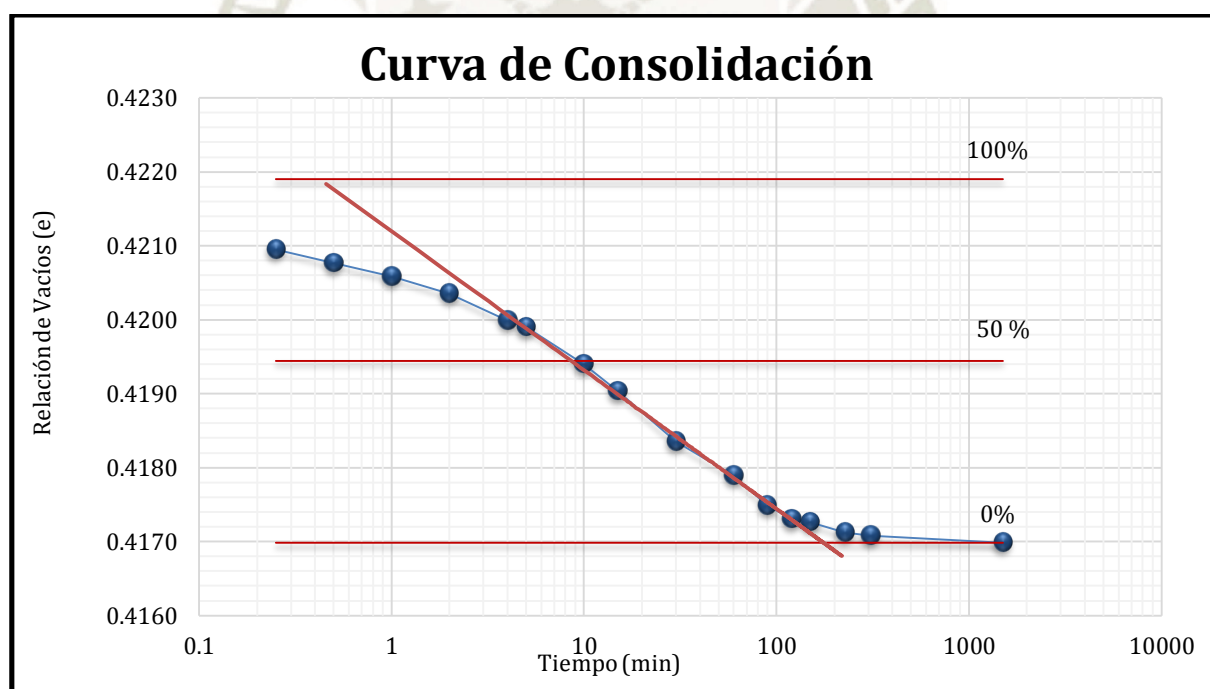
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.25	146.25	0.366	0.018	19.834	1.9834	0.444525
			0.5	146.5	0.366	0.018	19.834	1.9834	0.444479
			1	146.75	0.367	0.018	19.833	1.9833	0.444434
			2	147.5	0.369	0.018	19.831	1.9831	0.444297
			4	148.75	0.372	0.018	19.828	1.9828	0.444070
			5	149.25	0.373	0.018	19.827	1.9827	0.443979
			10	150	0.375	0.019	19.825	1.9825	0.443842
			15	150.5	0.376	0.019	19.824	1.9824	0.443751
			30	151.25	0.378	0.019	19.822	1.9822	0.443614
			45	151.75	0.379	0.019	19.821	1.9821	0.443523
			60	152.25	0.381	0.019	19.819	1.9819	0.443432
			120	152.75	0.382	0.019	19.818	1.9818	0.443341
			1620	153	0.383	0.019	19.818	1.9818	0.443296
								1.9826	0.443891



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.25	215.75	0.539	0.027	19.661	1.9661	0.43187
			0.5	216.5	0.541	0.027	19.659	1.9659	0.43173
			1	218	0.545	0.027	19.655	1.9655	0.43146
			2	220.25	0.551	0.027	19.649	1.9649	0.43105
			4	221.75	0.554	0.027	19.646	1.9646	0.43078
			6	222.25	0.556	0.028	19.644	1.9644	0.43069
			8	222.75	0.557	0.028	19.643	1.9643	0.43060
			10	223	0.558	0.028	19.643	1.9643	0.43055
			15	223.5	0.559	0.028	19.641	1.9641	0.43046
			20	223.85	0.560	0.028	19.640	1.9640	0.43040
			25	224	0.560	0.028	19.640	1.9640	0.43037
			30	224.5	0.561	0.028	19.639	1.9639	0.43028
			45	224.85	0.562	0.028	19.638	1.9638	0.43021
			60	225.25	0.563	0.028	19.637	1.9637	0.43014
			90	225.50	0.564	0.028	19.636	1.9636	0.43010
			140	225.75	0.564	0.028	19.636	1.9636	0.43005
			1200	226.00	0.565	0.028	19.635	1.9635	0.43000
								1.9644	0.43063



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	275.75	0.689	0.034	19.511	1.9511	0.420946
			0.5	276.75	0.692	0.034	19.508	1.9508	0.420764
			1	277.75	0.694	0.034	19.506	1.9506	0.420582
			2	279	0.698	0.035	19.503	1.9503	0.420355
			4	281	0.703	0.035	19.498	1.9498	0.419990
			5	281.5	0.704	0.035	19.496	1.9496	0.419899
			10	284.25	0.711	0.035	19.489	1.9489	0.419399
			15	286.25	0.716	0.035	19.484	1.9484	0.419035
			30	290	0.725	0.036	19.475	1.9475	0.418352
			60	292.5	0.731	0.036	19.469	1.9469	0.417897
			90	294.75	0.737	0.036	19.463	1.9463	0.417487
			120	295.75	0.739	0.037	19.461	1.9461	0.417305
			150	296	0.740	0.037	19.460	1.9460	0.417259
			226	296.75	0.742	0.037	19.458	1.9458	0.417123
			307	297	0.743	0.037	19.458	1.9458	0.417077
			1505	297.5	0.744	0.037	19.456	1.9456	0.416986
								1.9481	0.418779

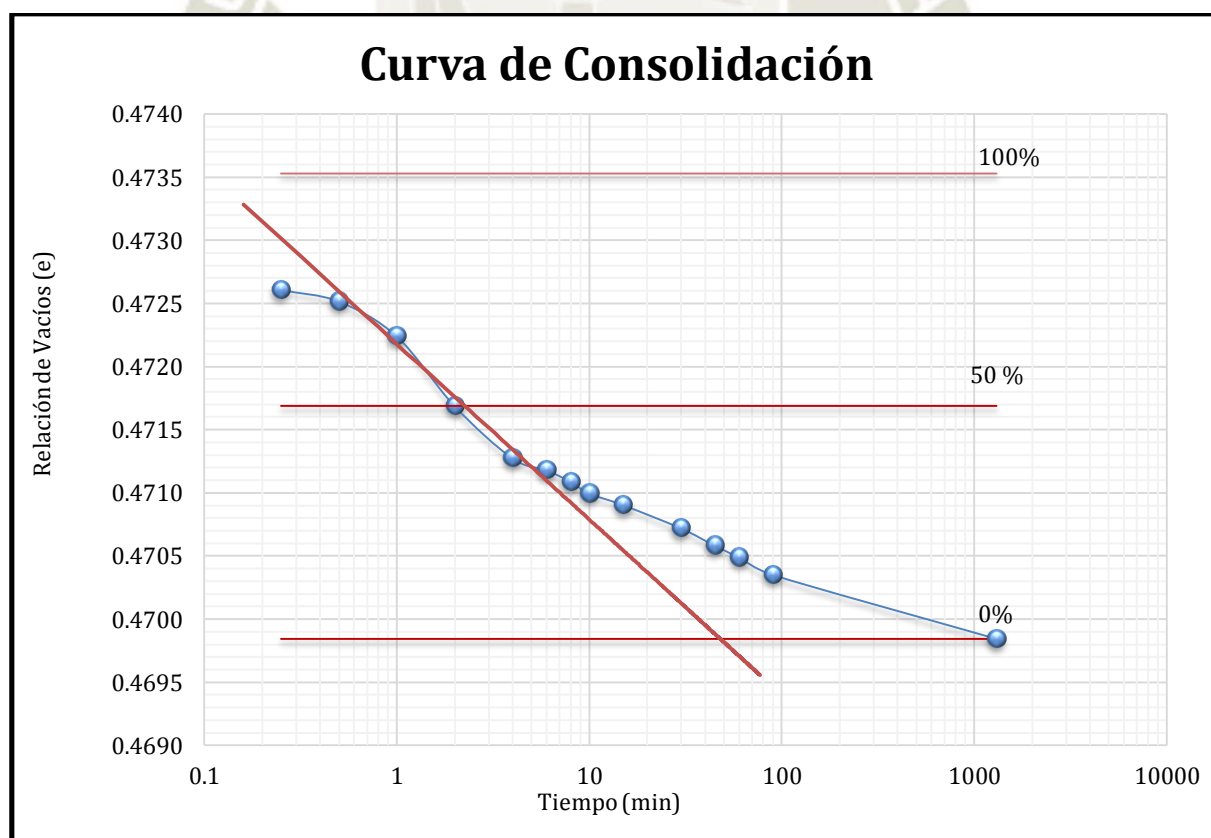


CONSOLIDACIÓN DATOS

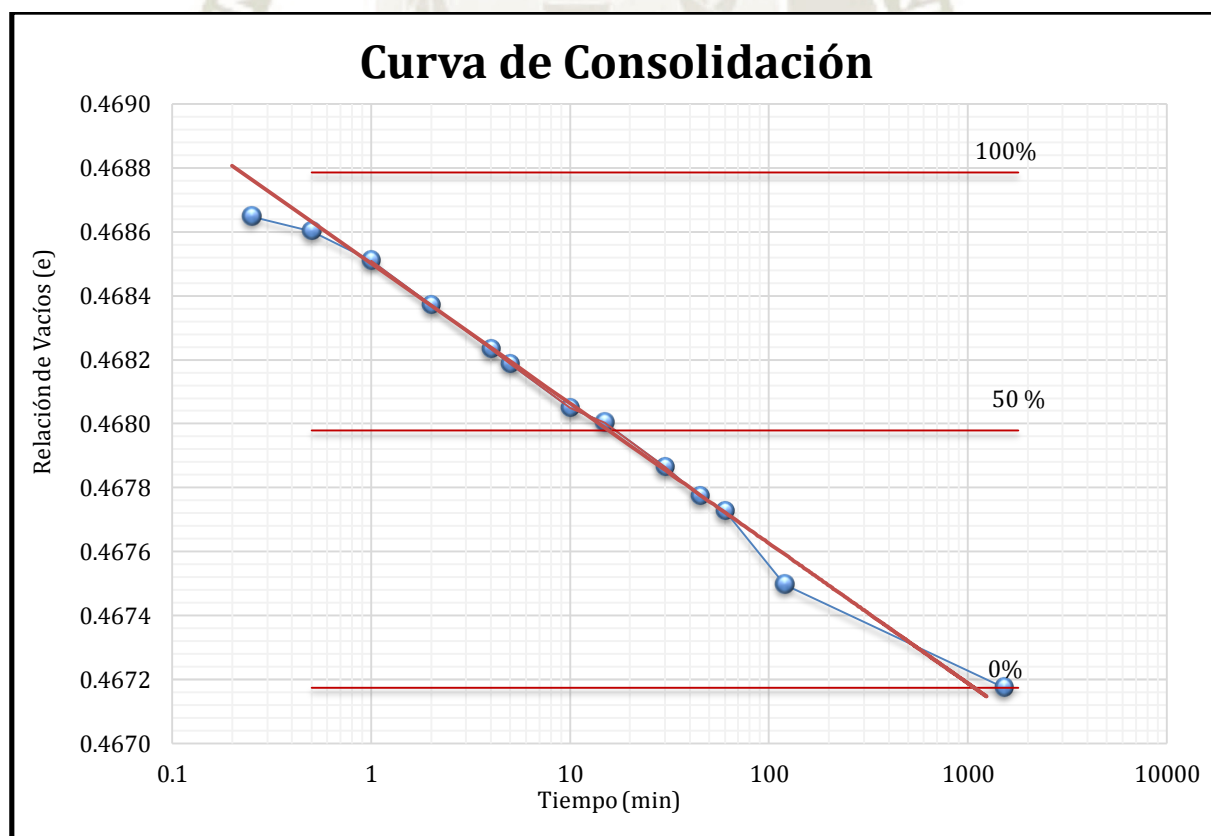
			P	a	Tv	50%	t50%	CV	
Ws	73.03513	g							
D	4.95	cm	10	0.00064	0.197	0.4475	5.36	14.515	
H0	20.2	mm	20	0.00023	0.197	0.4440	6.55	11.823	
Área	19.24	cm²	40	0.00014	0.197	0.4310	2.68	28.380	
w	37.3%		70	0.00096	0.197	0.4194	8.98	8.328	
Hs	13.73	mm							15.762
γσ	2.7640								

c) Arcilla + 6% de Cal

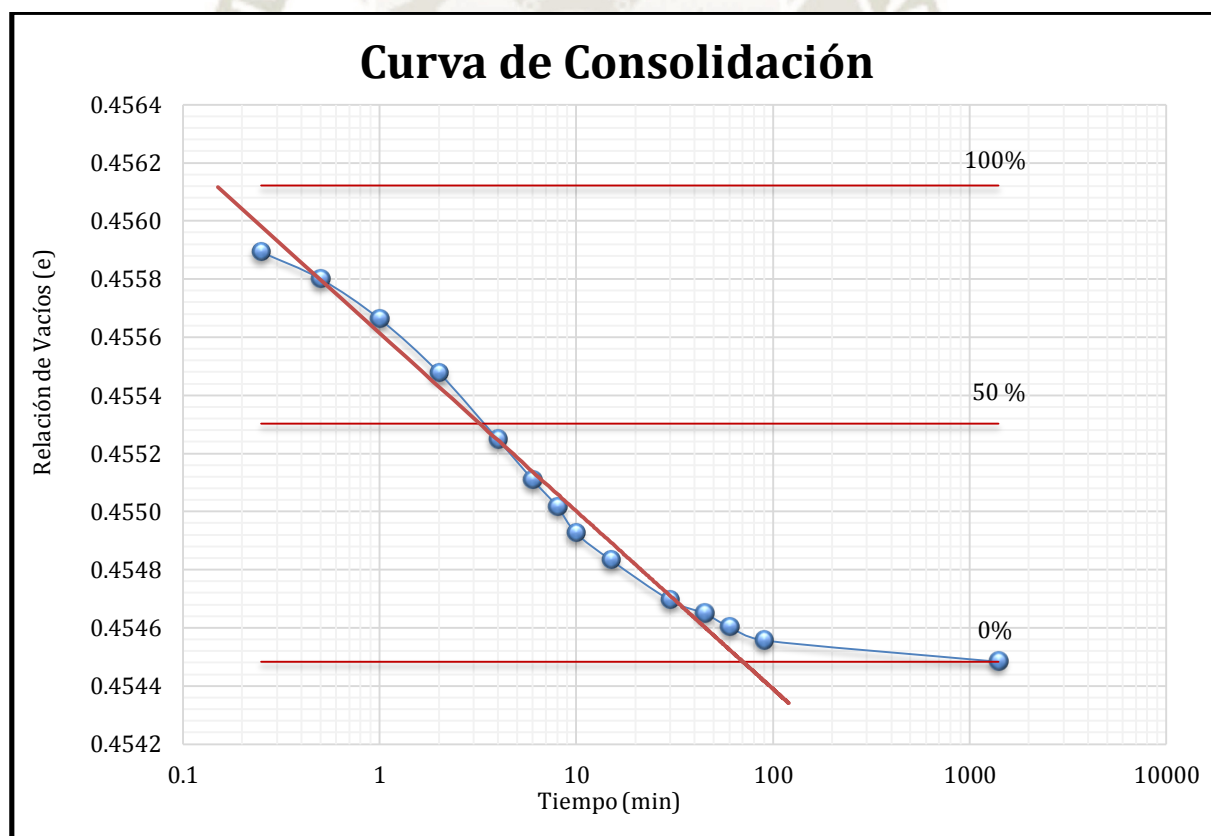
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	85	0.213	0.011	19.988	1.9988	0.47261
			0.5	85.5	0.214	0.011	19.986	1.9986	0.47252
			1	87	0.218	0.011	19.983	1.9983	0.47224
			2	90	0.225	0.011	19.975	1.9975	0.47169
			4	92.25	0.231	0.011	19.969	1.9969	0.47127
			6	92.75	0.232	0.011	19.968	1.9968	0.47118
			8	93.25	0.233	0.012	19.967	1.9967	0.47109
			10	93.75	0.234	0.012	19.966	1.9966	0.47100
			15	94.25	0.236	0.012	19.964	1.9964	0.47090
			30	95.25	0.238	0.012	19.962	1.9962	0.47072
			45	96	0.240	0.012	19.960	1.9960	0.47058
			60	96.5	0.241	0.012	19.959	1.9959	0.47049
			90	97.25	0.243	0.012	19.957	1.9957	0.47035
			1311	100	0.250	0.012	19.950	1.9950	0.46984
								1.9968	0.47118



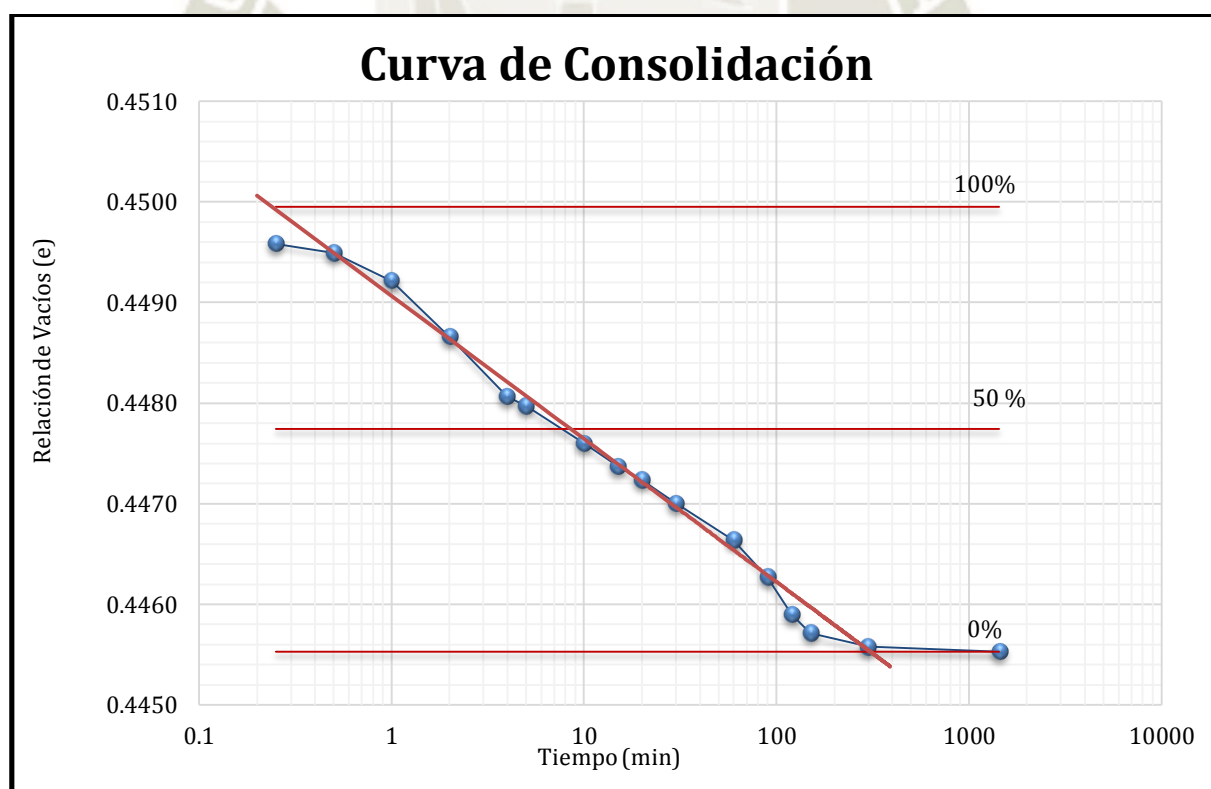
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.25	106.5	0.266	0.013	19.934	1.9934	0.468647
			0.5	106.75	0.267	0.013	19.933	1.9933	0.468601
			1	107.25	0.268	0.013	19.932	1.9932	0.468509
			2	108	0.270	0.013	19.930	1.9930	0.468371
			4	108.75	0.272	0.013	19.928	1.9928	0.468233
			5	109	0.273	0.013	19.928	1.9928	0.468187
			10	109.75	0.274	0.014	19.926	1.9926	0.468049
			15	110	0.275	0.014	19.925	1.9925	0.468002
			30	110.75	0.277	0.014	19.923	1.9923	0.467864
			45	111.25	0.278	0.014	19.922	1.9922	0.467772
			60	111.5	0.279	0.014	19.921	1.9921	0.467726
			120	112.75	0.282	0.014	19.918	1.9918	0.467496
			1522	114.5	0.286	0.014	19.914	1.9914	0.467174
								1.9926	0.468049



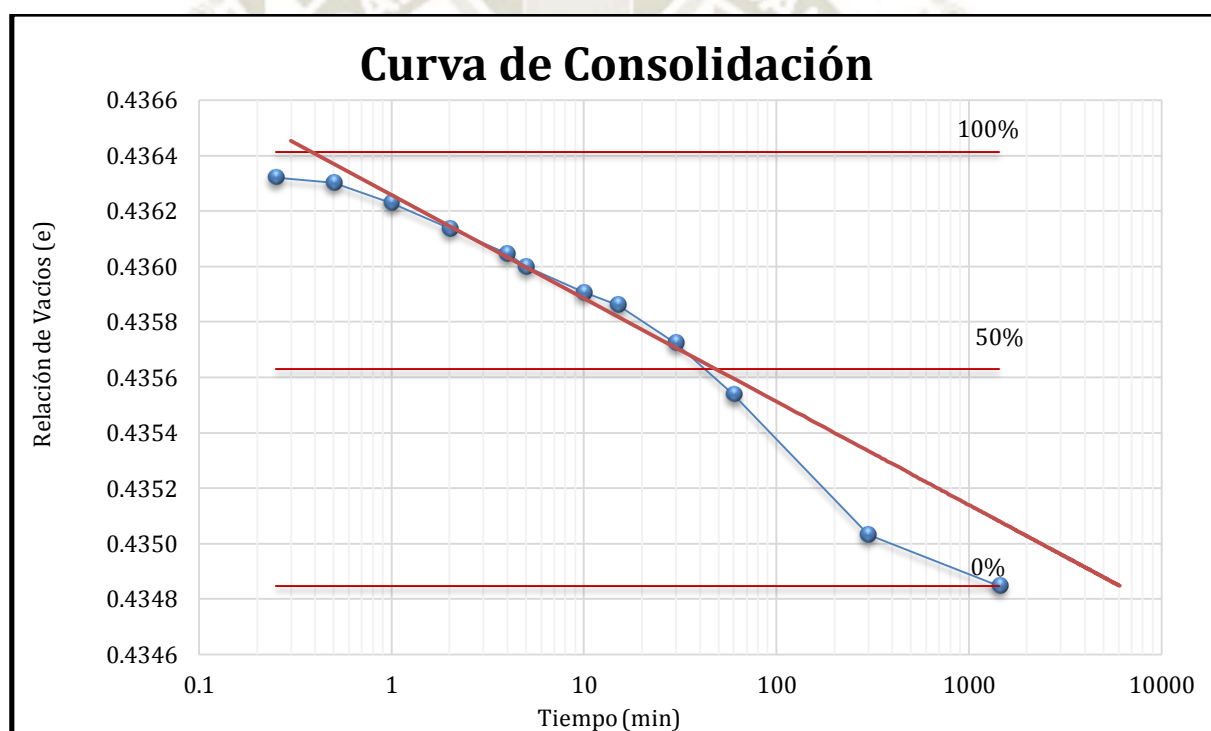
P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.25	175.75	0.439	0.022	19.761	1.9761	0.45589
			0.5	176.25	0.441	0.022	19.759	1.9759	0.45580
			1	177	0.443	0.022	19.758	1.9758	0.45566
			2	178	0.445	0.022	19.755	1.9755	0.45548
			4	179.25	0.448	0.022	19.752	1.9752	0.45525
			6	180	0.450	0.022	19.750	1.9750	0.45511
			8	180.5	0.451	0.022	19.749	1.9749	0.45502
			10	181	0.453	0.022	19.748	1.9748	0.45492
			15	181.5	0.454	0.022	19.746	1.9746	0.45483
			30	182.25	0.456	0.023	19.744	1.9744	0.45469
			45	182.5	0.456	0.023	19.744	1.9744	0.45465
			60	182.75	0.457	0.023	19.743	1.9743	0.45460
			90	183	0.458	0.023	19.743	1.9743	0.45456
			1405	183.40	0.459	0.023	19.742	1.9742	0.45448
								1.9749	0.45507



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	210	0.525	0.026	19.675	1.9675	0.449583
			0.5	210.5	0.526	0.026	19.674	1.9674	0.449491
			1	212	0.530	0.026	19.670	1.9670	0.449215
			2	215	0.538	0.027	19.663	1.9663	0.448662
			4	218.25	0.546	0.027	19.654	1.9654	0.448064
			5	218.75	0.547	0.027	19.653	1.9653	0.447972
			10	220.75	0.552	0.027	19.648	1.9648	0.447603
			15	222	0.555	0.027	19.645	1.9645	0.447373
			20	222.75	0.557	0.028	19.643	1.9643	0.447235
			30	224	0.560	0.028	19.640	1.9640	0.447005
			60	226	0.565	0.028	19.635	1.9635	0.446636
			90	228	0.570	0.028	19.630	1.9630	0.446268
			120	230	0.575	0.028	19.625	1.9625	0.445900
			150	231	0.578	0.029	19.623	1.9623	0.445715
			300	231.75	0.579	0.029	19.621	1.9621	0.445577
			1435	232	0.580	0.029	19.620	1.9620	0.445531
								1.9645	0.447364



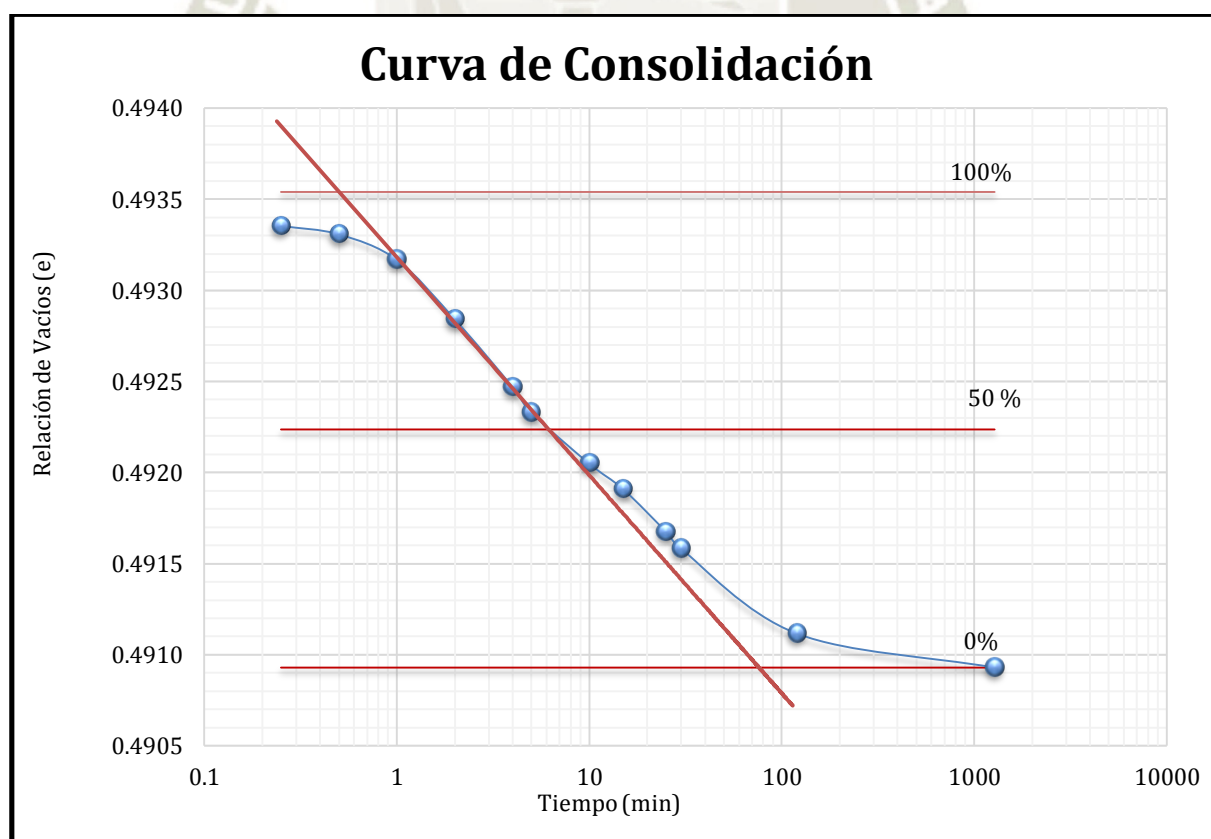
P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
13	130	0.52	0.25	282	0.705	0.035	19.495	1.9495	0.436322
			0.5	282.1	0.705	0.035	19.495	1.9495	0.436303
			1	282.5	0.706	0.035	19.494	1.9494	0.436230
			2	283	0.708	0.035	19.493	1.9493	0.436137
			4	283.5	0.709	0.035	19.491	1.9491	0.436045
			5	283.75	0.709	0.035	19.491	1.9491	0.435999
			10	284.25	0.711	0.035	19.489	1.9489	0.435907
			15	284.5	0.711	0.035	19.489	1.9489	0.435861
			30	285.25	0.713	0.035	19.487	1.9487	0.435723
			60	286.25	0.716	0.035	19.484	1.9484	0.435539
			300	289	0.723	0.036	19.478	1.9478	0.435032
			1440	290	0.725	0.036	19.475	1.9475	0.434848
								1.9488	0.435829



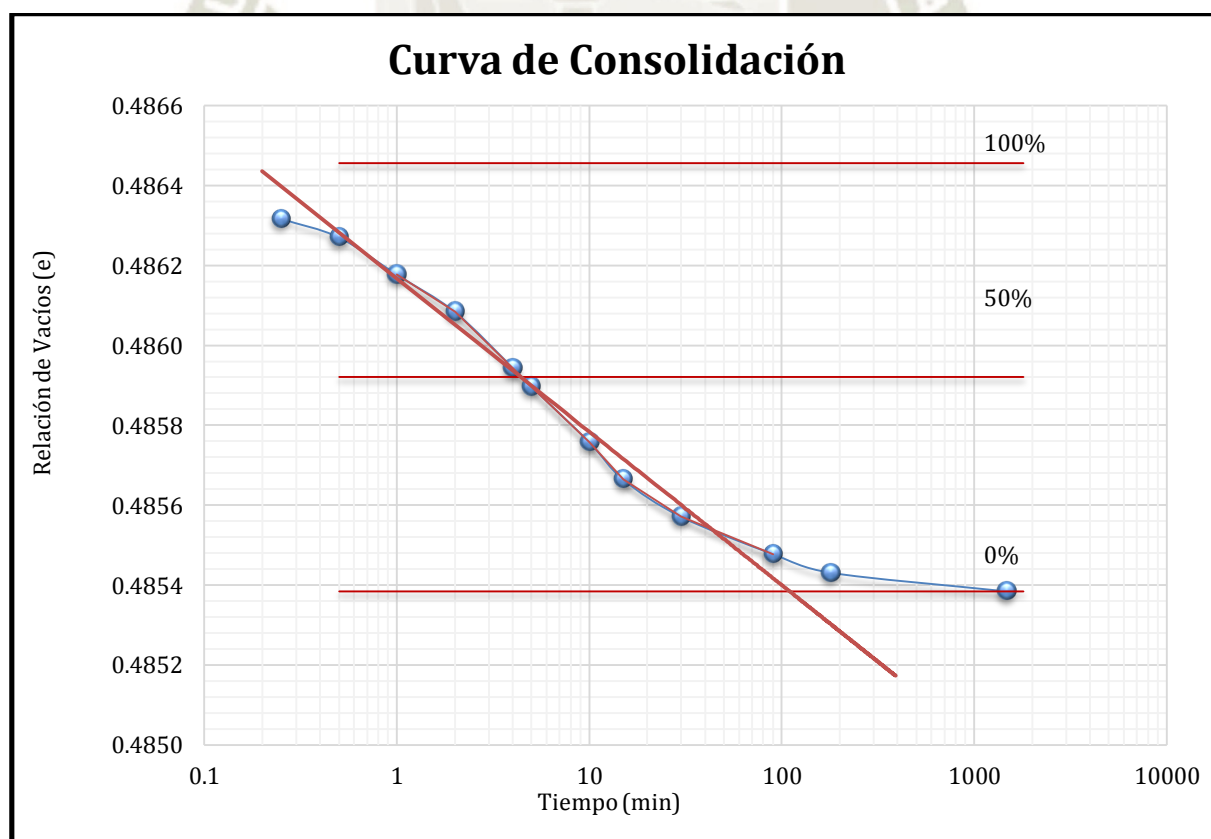
CONSOLIDACIÓN DATOS				P	a	Tv	50%	t50%	CV
Ws	72.40441	g		10	0.00092	0.197	0.4717	2.35	33.366
D	4.95	cm		20	0.00014	0.197	0.4680	17.34	4.512
H0	20.2	mm		40	0.00023	0.197	0.4553	3.18	24.128
Área	19.24	cm ²		70	0.00037	0.197	0.4477	9.62	7.900
w	35.6%			130	0.00009	0.197	0.4356	46.78	1.599
Hs	13.57	mm							14.301
γσ	2.7720								

d) Arcilla + 8% de Cal

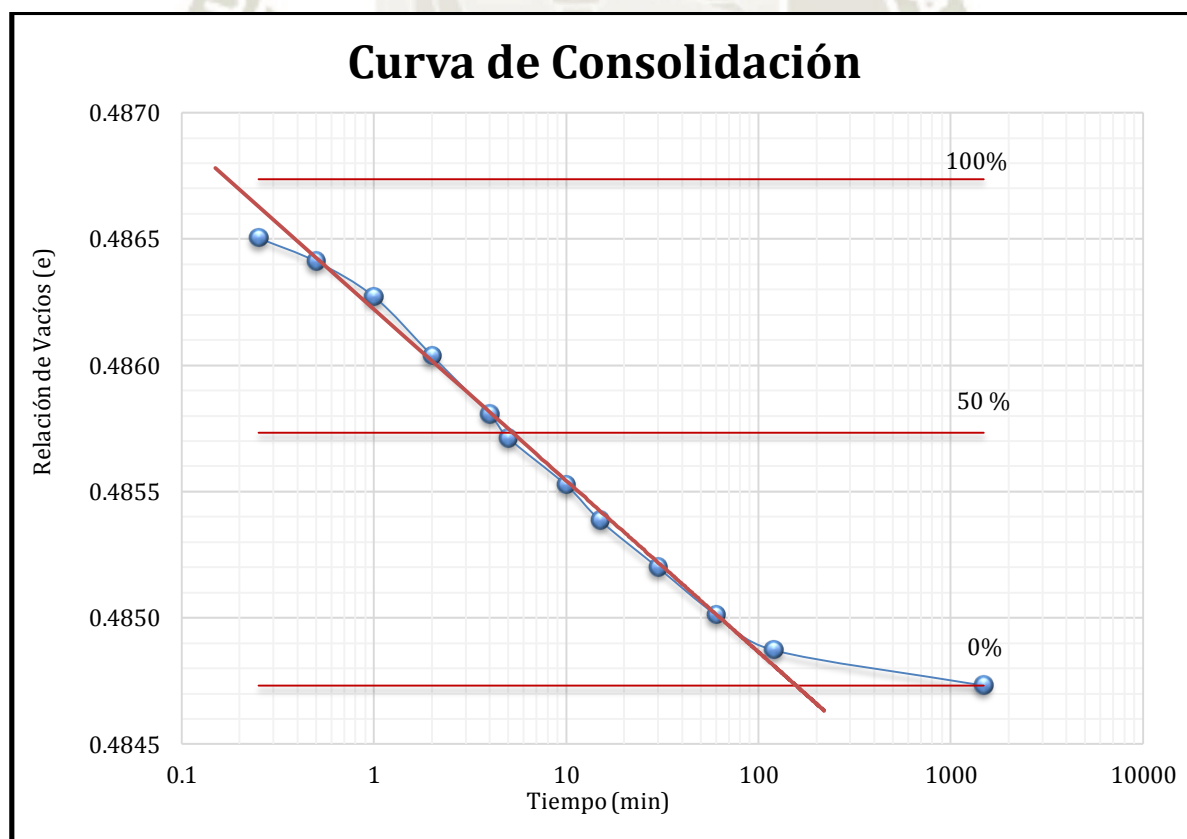
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	69	0.173	0.009	20.028	2.0028	0.4933
			0.5	69.25	0.173	0.009	20.027	2.0027	0.4933
			1	70	0.175	0.009	20.025	2.0025	0.4931
			2	71.75	0.179	0.009	20.021	2.0021	0.4928
			4	73.75	0.184	0.009	20.016	2.0016	0.4924
			5	74.5	0.186	0.009	20.014	2.0014	0.4923
			10	76	0.190	0.009	20.010	2.0010	0.4920
			15	76.75	0.192	0.009	20.008	2.0008	0.4919
			25	78	0.195	0.010	20.005	2.0005	0.4916
			30	78.5	0.196	0.010	20.004	2.0004	0.4915
			120	81	0.203	0.010	19.998	1.9998	0.4911
			1277	82	0.205	0.010	19.995	1.9995	0.4909
								2.0012	0.4922



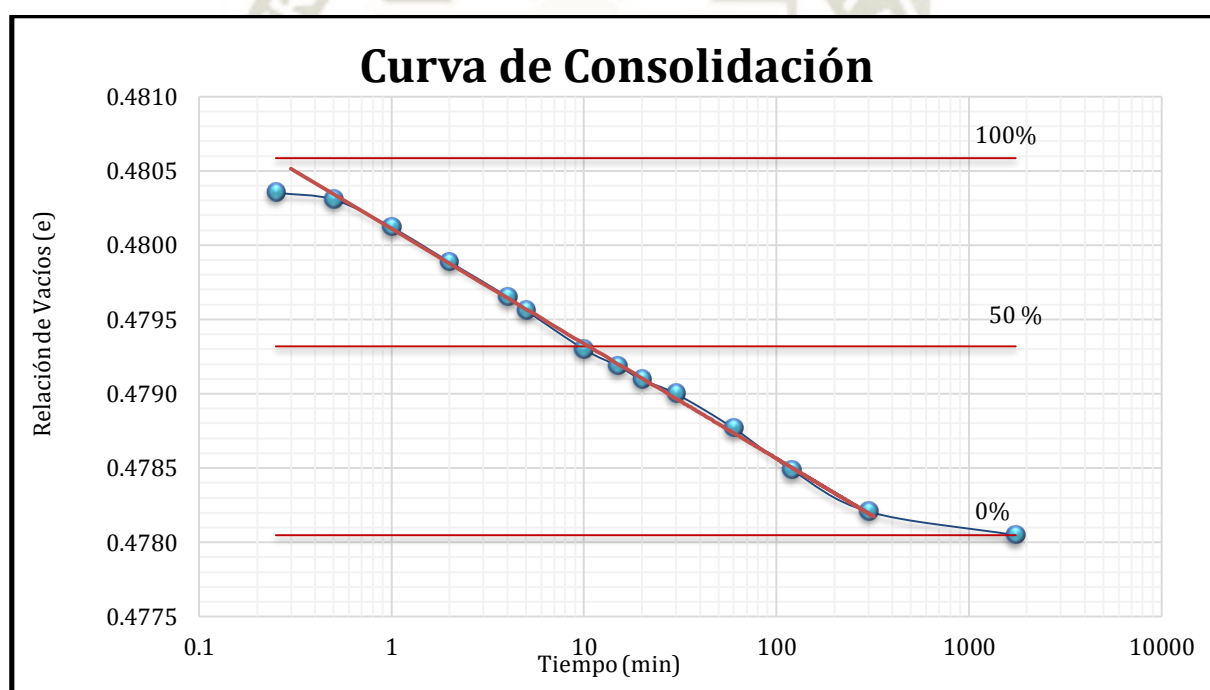
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.25	106.75	0.267	0.013	19.933	1.9933	0.48631
			0.5	107	0.268	0.013	19.933	1.9933	0.48627
			1	107.5	0.269	0.013	19.931	1.9931	0.48617
			2	108	0.270	0.013	19.930	1.9930	0.48608
			4	108.75	0.272	0.013	19.928	1.9928	0.48594
			5	109	0.273	0.013	19.928	1.9928	0.48589
			10	109.75	0.274	0.014	19.926	1.9926	0.48575
			15	110.25	0.276	0.014	19.924	1.9924	0.48566
			30	110.75	0.277	0.014	19.923	1.9923	0.48557
			90	111.25	0.278	0.014	19.922	1.9922	0.48547
			180	111.5	0.279	0.014	19.921	1.9921	0.48543
			1475	111.75	0.279	0.014	19.921	1.9921	0.48538
								1.9927	0.485831



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.25	105.75	0.264	0.013	19.936	1.9936	0.48650
			0.5	106.25	0.266	0.013	19.934	1.9934	0.48641
			1	107	0.268	0.013	19.933	1.9933	0.48627
			2	108.25	0.271	0.013	19.929	1.9929	0.48604
			4	109.5	0.274	0.014	19.926	1.9926	0.48580
			5	110	0.275	0.014	19.925	1.9925	0.48571
			10	111	0.278	0.014	19.923	1.9923	0.48552
			15	111.75	0.279	0.014	19.921	1.9921	0.48538
			30	112.75	0.282	0.014	19.918	1.9918	0.48520
			60	113.75	0.284	0.014	19.916	1.9916	0.48501
			120	114.5	0.286	0.014	19.914	1.9914	0.48487
			1482	115.25	0.288	0.014	19.912	1.9912	0.48473
								1.9924	0.48562



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	138.75	0.347	0.017	19.853	1.9853	0.48035
			0.5	139	0.348	0.017	19.853	1.9853	0.48030
			1	140	0.350	0.017	19.850	1.9850	0.48011
			2	141.25	0.353	0.017	19.847	1.9847	0.47988
			4	142.5	0.356	0.018	19.844	1.9844	0.47965
			5	143	0.358	0.018	19.843	1.9843	0.47955
			10	144.4	0.361	0.018	19.839	1.9839	0.47929
			15	145	0.363	0.018	19.838	1.9838	0.47918
			20	145.5	0.364	0.018	19.836	1.9836	0.47909
			30	146	0.365	0.018	19.835	1.9835	0.47900
			60	147.25	0.368	0.018	19.832	1.9832	0.47876
			120	148.75	0.372	0.018	19.828	1.9828	0.47848
			300	150.25	0.376	0.019	19.824	1.9824	0.47820
			1748	151.1	0.378	0.019	19.822	1.9822	0.47804
								1.9839	0.479283



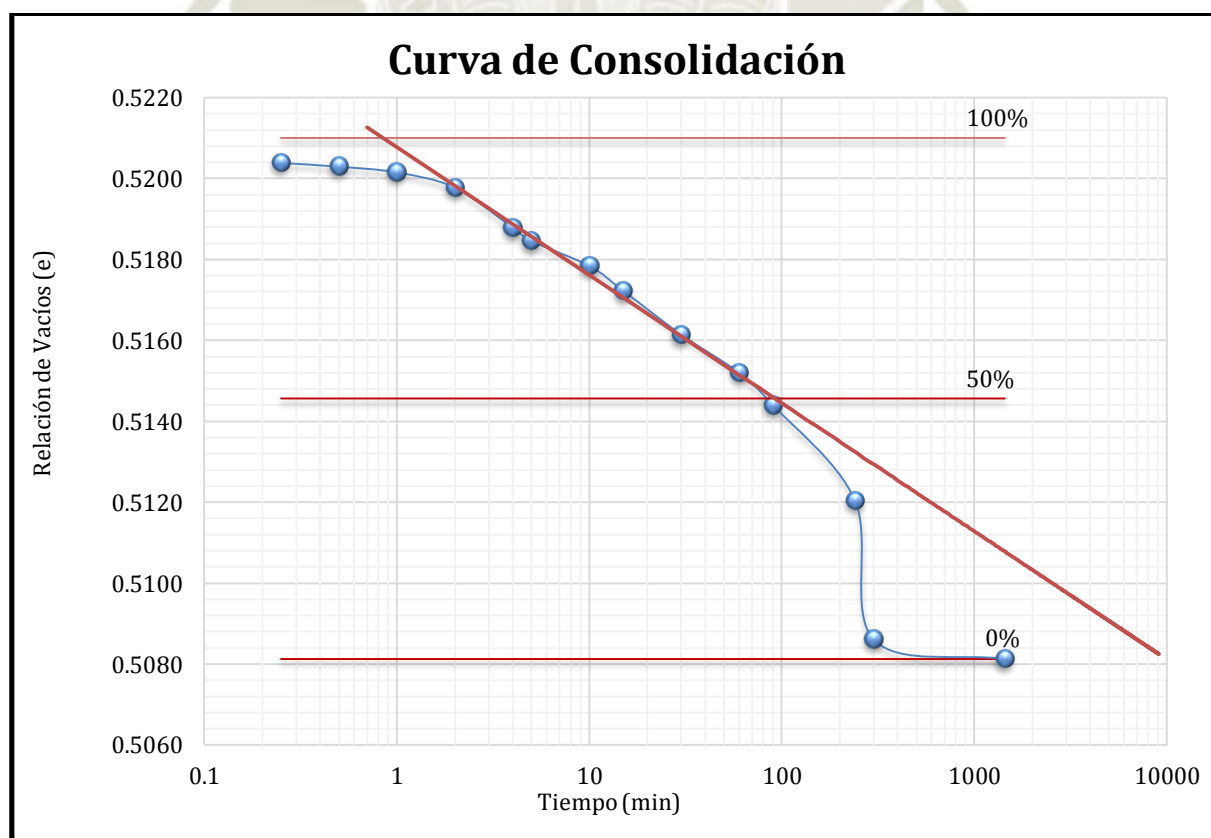
CONSOLIDACIÓN DATOS

Ws	71.7737	g
D	4.95	cm
H0	20.2	mm
Área	19.24	cm ²
w	39.8%	
Hs	13.41	mm
γσ	2.7810	

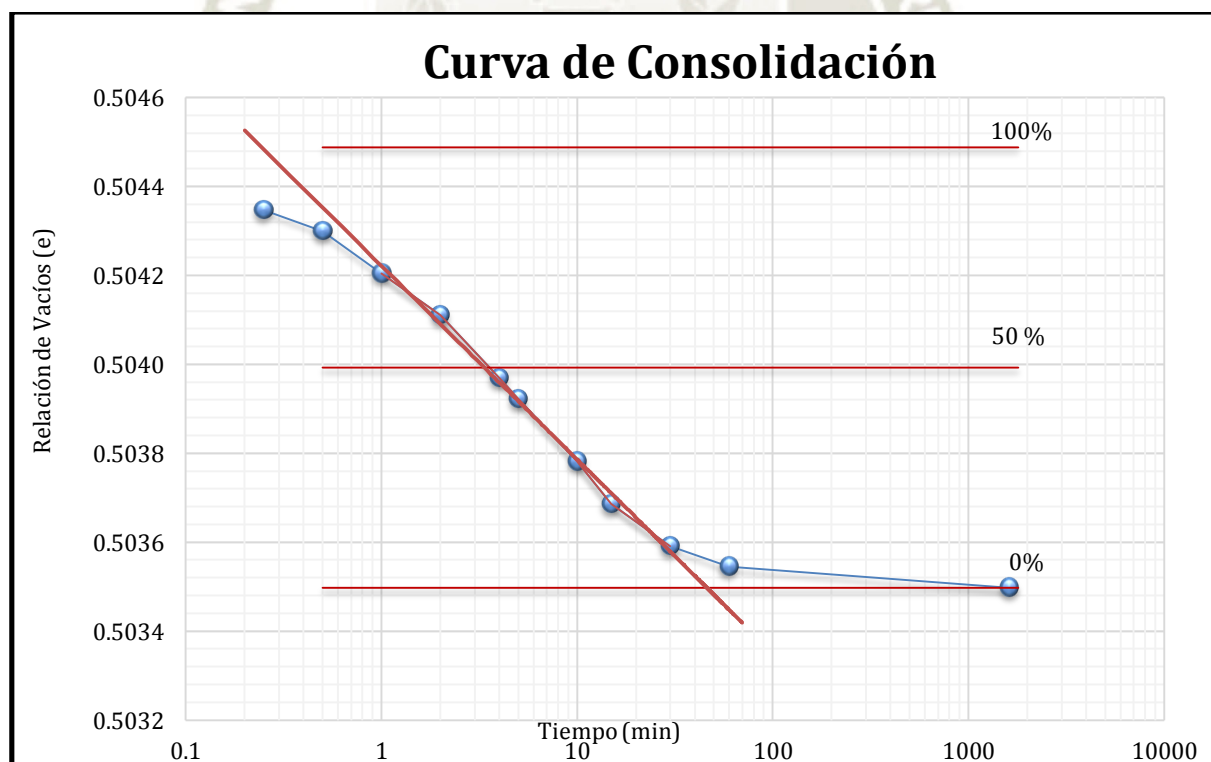
P	a	Tv	50%	t50%	CV
10	0.00019	0.197	0.4922	6.89	11.458
20	0.00014	0.197	0.4859	4.04	19.341
40	0.00023	0.197	0.4857	4.73	16.549
70	0.00023	0.197	0.4793	13.61	5.699
					13.262

e) Arcilla + 10% de Cal

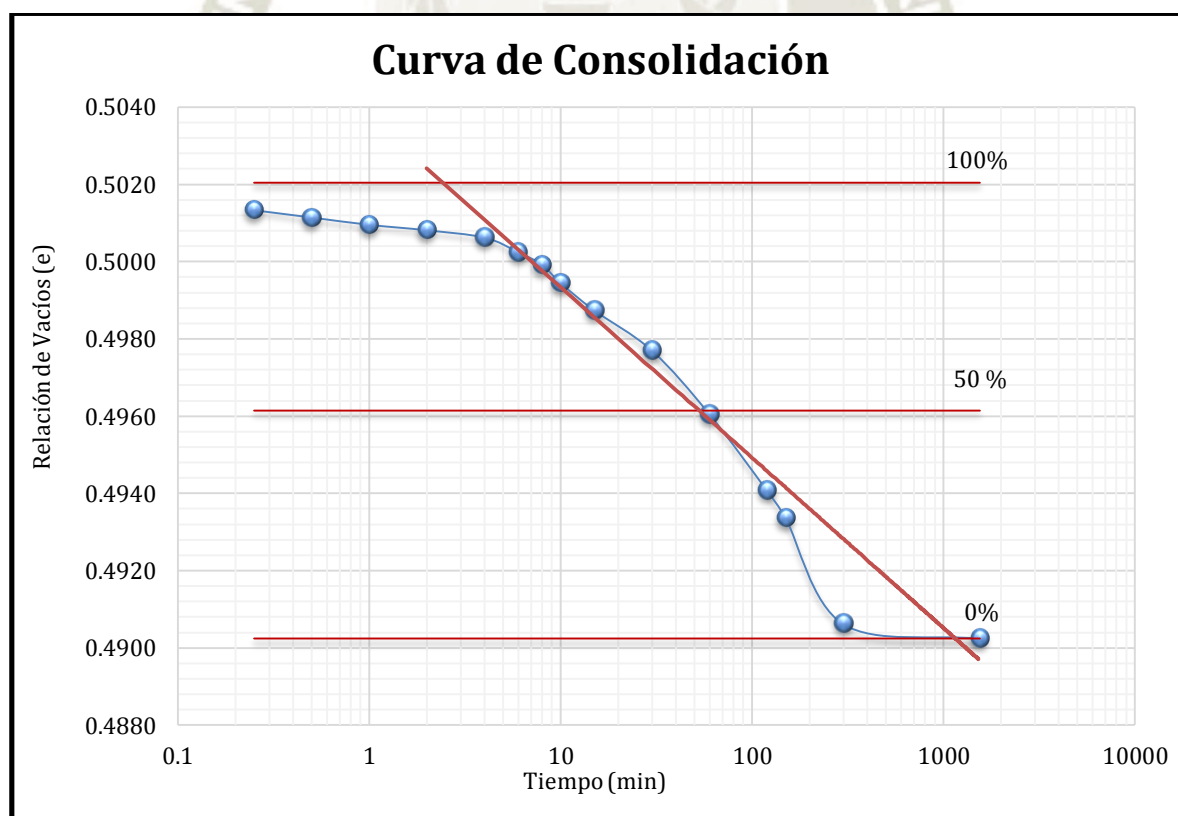
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	21.75	0.054	0.003	20.146	2.0146	0.52038
			0.5	22.25	0.056	0.003	20.144	2.0144	0.52029
			1	23	0.058	0.003	20.143	2.0143	0.52015
			2	25	0.063	0.003	20.138	2.0138	0.51977
			4	30.25	0.076	0.004	20.124	2.0124	0.51878
			5	32	0.080	0.004	20.120	2.0120	0.51845
			10	35.25	0.088	0.004	20.112	2.0112	0.51784
			15	38.5	0.096	0.005	20.104	2.0104	0.51722
			30	44.25	0.111	0.005	20.089	2.0089	0.51614
			60	49.25	0.123	0.006	20.077	2.0077	0.51520
			90	53.5	0.134	0.007	20.066	2.0066	0.51439
			240	66	0.165	0.008	20.035	2.0035	0.51203
			300	84.2	0.211	0.010	19.990	1.9990	0.50860
			1440	86.75	0.217	0.011	19.983	1.9983	0.50812
								2.0091	0.51624



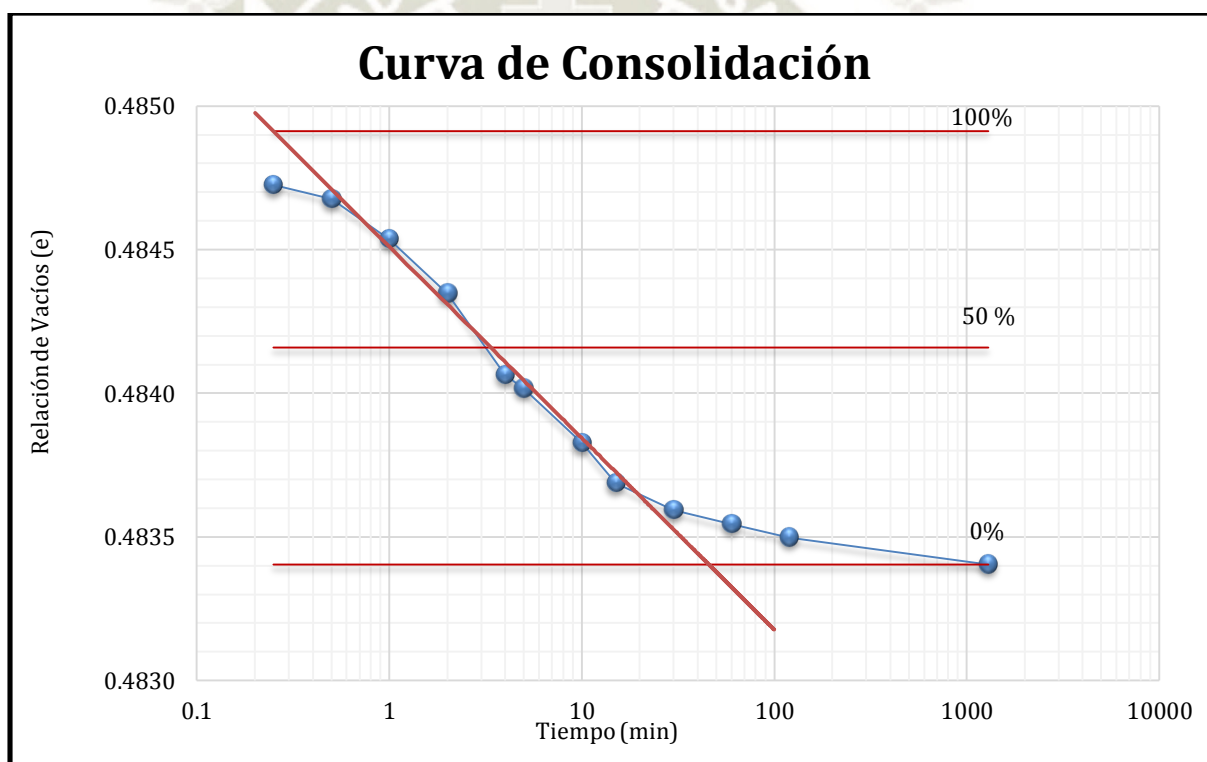
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
3	30	1.56	0.25	106.75	0.267	0.013	19.933	1.9933	0.50434
			0.5	107	0.268	0.013	19.933	1.9933	0.50429
			1	107.5	0.269	0.013	19.931	1.9931	0.50420
			2	108	0.270	0.013	19.930	1.9930	0.50411
			4	108.75	0.272	0.013	19.928	1.9928	0.50396
			5	109	0.273	0.013	19.928	1.9928	0.50392
			10	109.75	0.274	0.014	19.926	1.9926	0.50378
			15	110.25	0.276	0.014	19.924	1.9924	0.50368
			30	110.75	0.277	0.014	19.923	1.9923	0.50359
			60	111	0.278	0.014	19.923	1.9923	0.50354
			1624	111.25	0.278	0.014	19.922	1.9922	0.50349
								1.9927	0.50390



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
6	60	0.52	0.25	122.75	0.307	0.015	19.893	1.9893	0.5013
			0.5	123.75	0.309	0.015	19.891	1.9891	0.5011
			1	124.75	0.312	0.015	19.888	1.9888	0.5009
			2	125.5	0.314	0.016	19.886	1.9886	0.5008
			4	126.5	0.316	0.016	19.884	1.9884	0.5006
			6	128.5	0.321	0.016	19.879	1.9879	0.5002
			8	130.25	0.326	0.016	19.874	1.9874	0.4999
			10	132.75	0.332	0.016	19.868	1.9868	0.4994
			15	136.5	0.341	0.017	19.859	1.9859	0.4987
			30	142	0.355	0.018	19.845	1.9845	0.4977
			60	150.75	0.377	0.019	19.823	1.9823	0.4960
			120	161.25	0.403	0.020	19.797	1.9797	0.4940
			150	165	0.413	0.020	19.788	1.9788	0.4933
			300	179.5	0.449	0.022	19.751	1.9751	0.4906
			1552	181.5	0.454	0.022	19.746	1.9746	0.4902
								1.9845	0.4976



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ (mm)	Hi(cm)	e
10	100	0.52	0.25	210.75	0.527	0.026	19.673	1.9673	0.484724
			0.5	211	0.528	0.026	19.673	1.9673	0.484677
			1	211.75	0.529	0.026	19.671	1.9671	0.484536
			2	212.75	0.532	0.026	19.668	1.9668	0.484347
			4	214.25	0.536	0.027	19.664	1.9664	0.484064
			5	214.5	0.536	0.027	19.664	1.9664	0.484017
			10	215.5	0.539	0.027	19.661	1.9661	0.483828
			15	216.25	0.541	0.027	19.659	1.9659	0.483687
			30	216.75	0.542	0.027	19.658	1.9658	0.483592
			60	217	0.543	0.027	19.658	1.9658	0.483545
			120	217.25	0.543	0.027	19.657	1.9657	0.483498
			1299	217.75	0.544	0.027	19.656	1.9656	0.483403
								1.9663	0.483993



CONSOLIDACIÓN DATOS

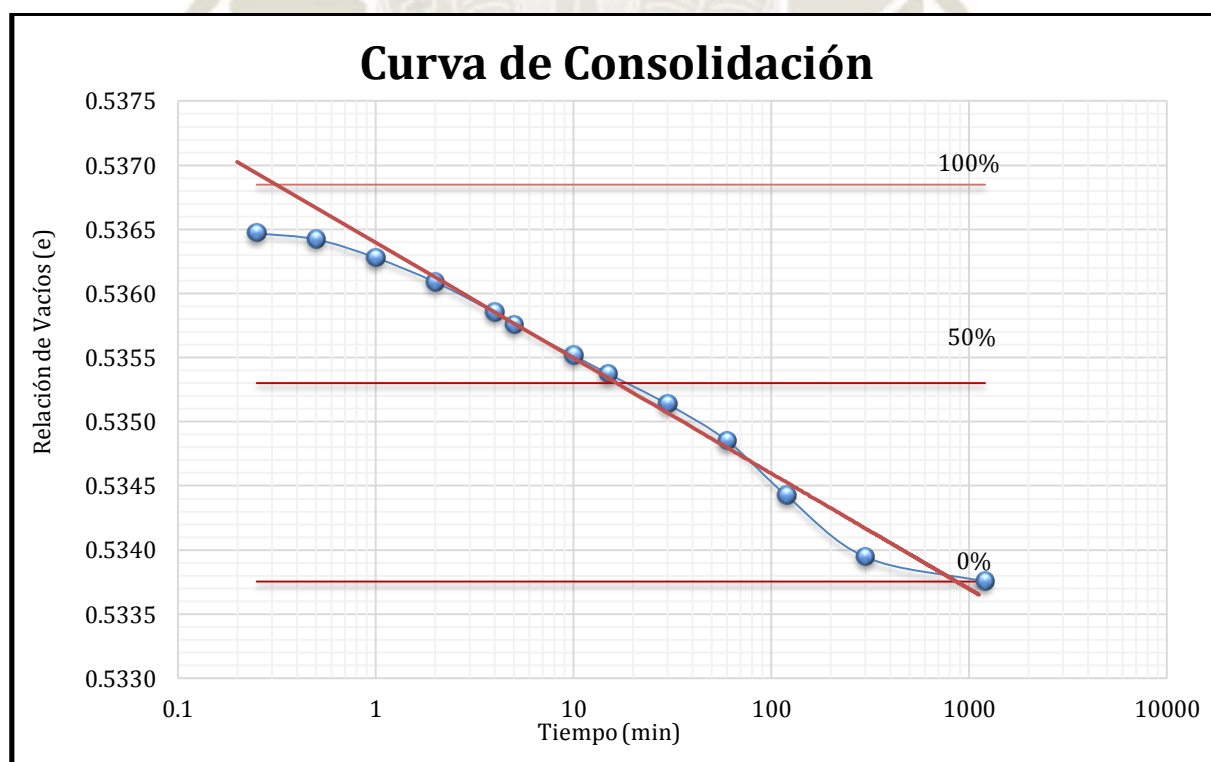
Ws	71.14298	g
D	4.95	cm
H0	20.2	mm
Área	19.24	cm ²
w	37.8%	
Hs	13.25	mm
$\gamma\sigma$	2.7900	

P	a	Tv	50%	t50%	CV
10	0.00061	0.197	0.5146	188.99	0.421
30	0.00014	0.197	0.5040	2.82	27.729
60	0.00071	0.197	0.4961	45.17	1.717
100	0.00019	0.197	0.4842	3.12	24.377

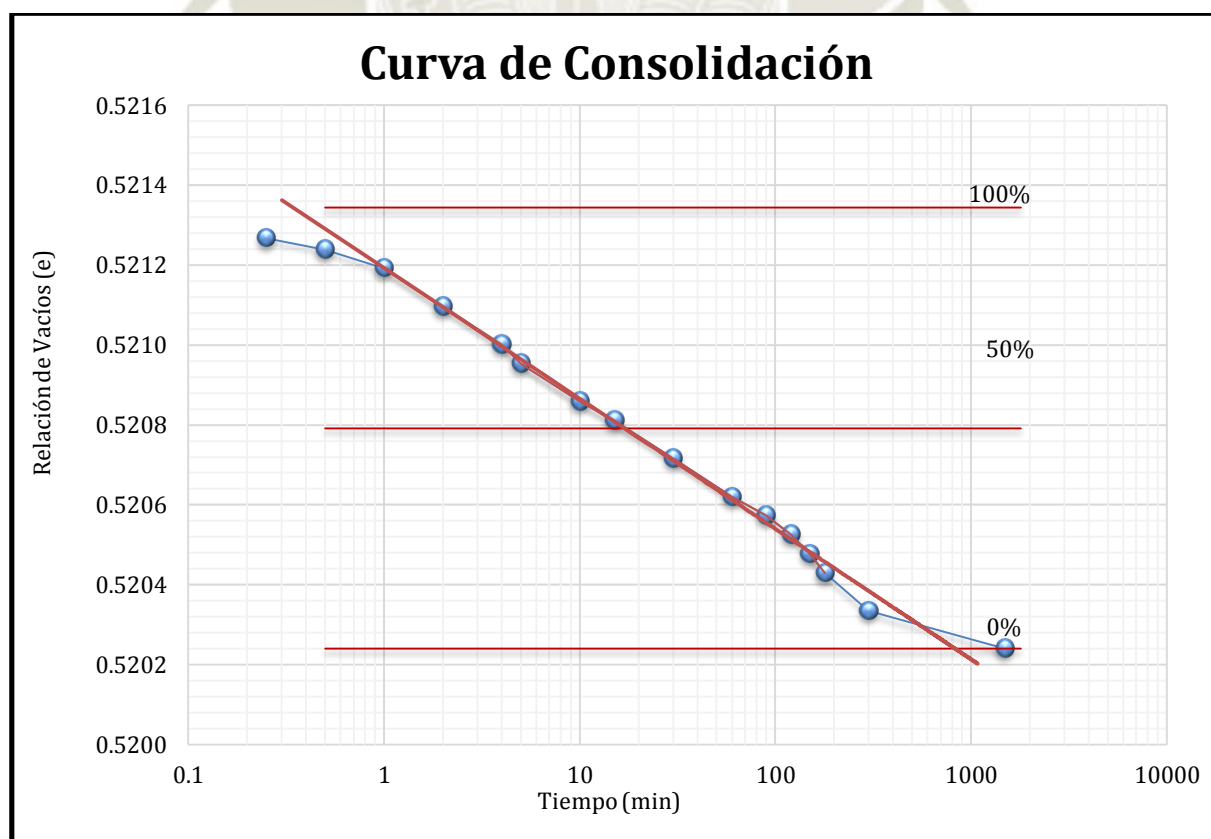
13.561

a) Arcilla + 12% de Cal

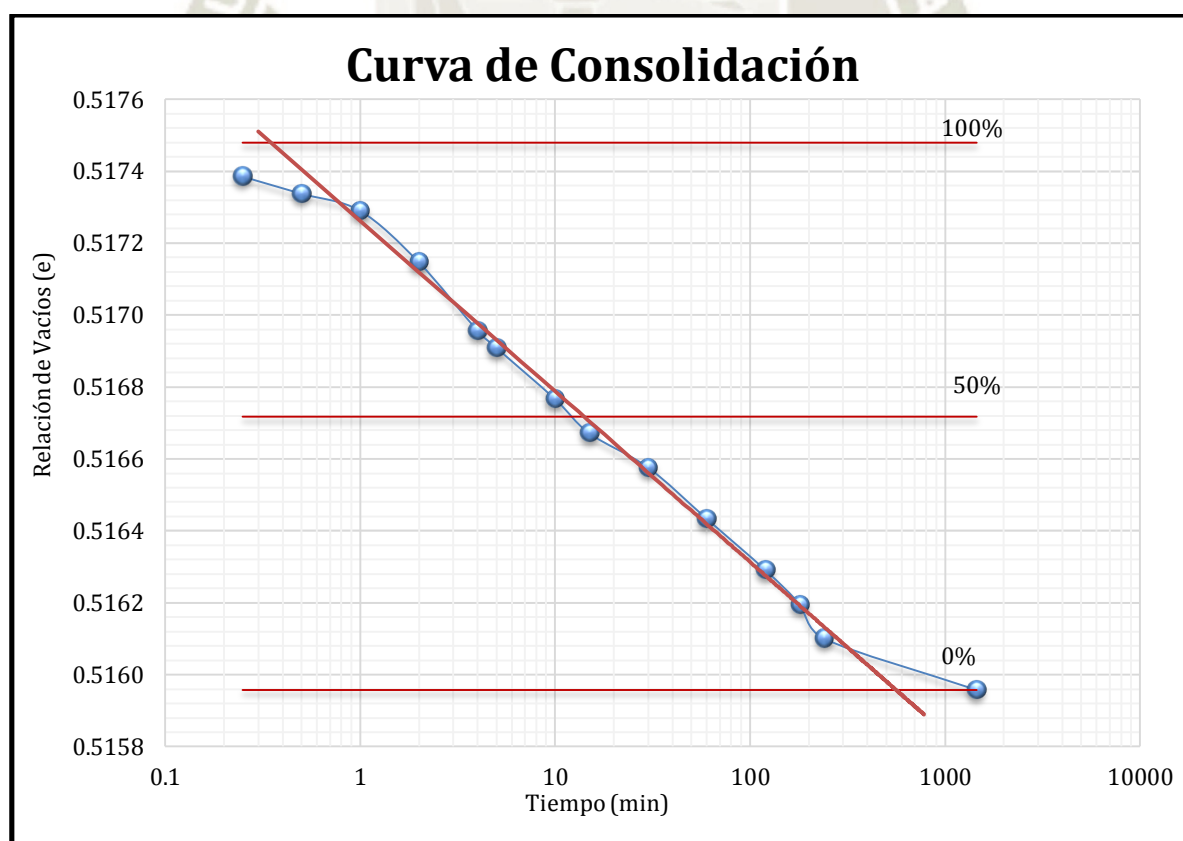
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	8.25	0.021	0.001	20.179	2.0179	0.53647
			0.5	8.5	0.021	0.001	20.179	2.0179	0.53642
			1	9.25	0.023	0.001	20.177	2.0177	0.53628
			2	10.25	0.026	0.001	20.174	2.0174	0.53609
			4	11.5	0.029	0.001	20.171	2.0171	0.53585
			5	12	0.030	0.001	20.170	2.0170	0.53575
			10	13.25	0.033	0.002	20.167	2.0167	0.53552
			15	14	0.035	0.002	20.165	2.0165	0.53537
			30	15.25	0.038	0.002	20.162	2.0162	0.53513
			60	16.75	0.042	0.002	20.158	2.0158	0.53485
			120	19	0.048	0.002	20.153	2.0153	0.53442
			300	21.5	0.054	0.003	20.146	2.0146	0.53394
			1204	22.5	0.056	0.003	20.144	2.0144	0.53375
								2.0165	0.53537



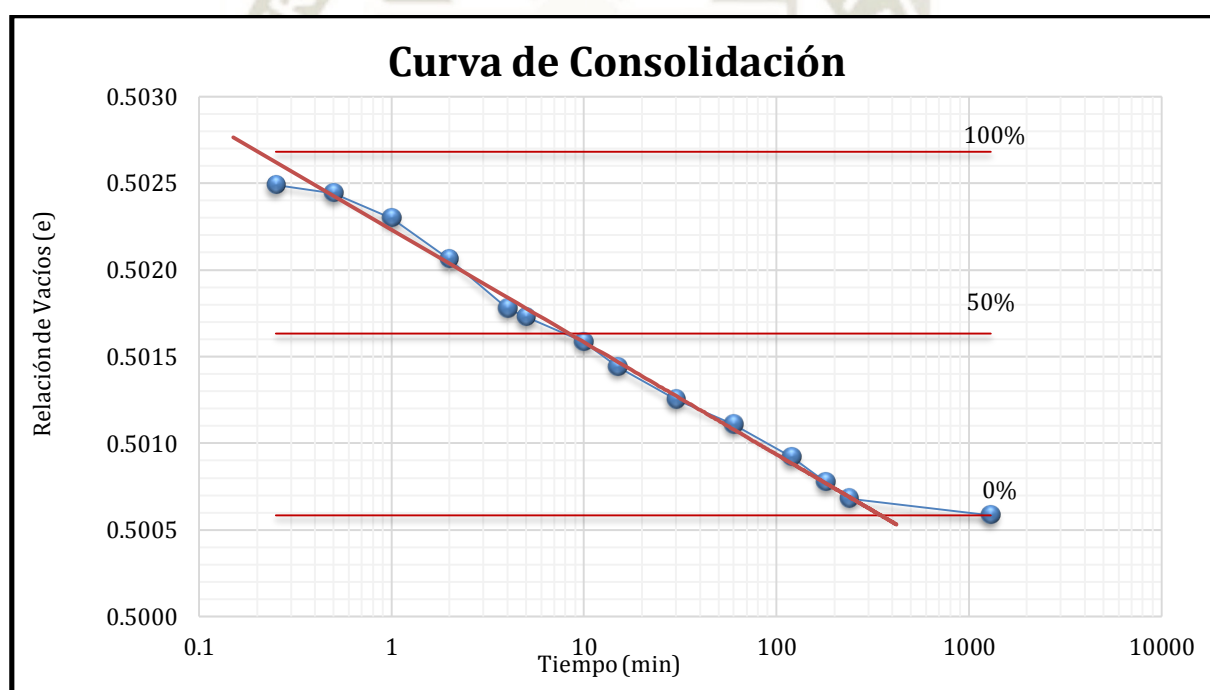
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
3	30	1.56	0.25	88.1	0.220	0.011	19.980	1.9980	0.521268
			0.5	88.25	0.221	0.011	19.979	1.9979	0.521239
			1	88.5	0.221	0.011	19.979	1.9979	0.521191
			2	89	0.223	0.011	19.978	1.9978	0.521096
			4	89.5	0.224	0.011	19.976	1.9976	0.521001
			5	89.75	0.224	0.011	19.976	1.9976	0.520953
			10	90.25	0.226	0.011	19.974	1.9974	0.520858
			15	90.5	0.226	0.011	19.974	1.9974	0.520811
			30	91	0.228	0.011	19.973	1.9973	0.520716
			60	91.5	0.229	0.011	19.971	1.9971	0.520620
			90	91.75	0.229	0.011	19.971	1.9971	0.520573
			120	92	0.230	0.011	19.970	1.9970	0.520525
			150	92.25	0.231	0.011	19.969	1.9969	0.520478
			180	92.5	0.231	0.011	19.969	1.9969	0.520430
			300	93	0.233	0.012	19.968	1.9968	0.520335
			1487	93.5	0.234	0.012	19.966	1.9966	0.520240
								1.9973	0.520771



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
6	60	0.52	0.25	108.5	0.271	0.013	19.929	1.9929	0.51738
			0.5	108.75	0.272	0.013	19.928	1.9928	0.51734
			1	109	0.273	0.013	19.928	1.9928	0.51729
			2	109.75	0.274	0.014	19.926	1.9926	0.51715
			4	110.75	0.277	0.014	19.923	1.9923	0.51696
			5	111	0.278	0.014	19.923	1.9923	0.51691
			10	111.75	0.279	0.014	19.921	1.9921	0.51677
			15	112.25	0.281	0.014	19.919	1.9919	0.51667
			30	112.75	0.282	0.014	19.918	1.9918	0.51658
			60	113.5	0.284	0.014	19.916	1.9916	0.51643
			120	114.25	0.286	0.014	19.914	1.9914	0.51629
			180	114.75	0.287	0.014	19.913	1.9913	0.51619
			240	115.25	0.288	0.014	19.912	1.9912	0.51610
			1454	116	0.290	0.014	19.910	1.9910	0.51596
								1.9920	0.51671



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ (mm)	Hi(cm)	e
10	100	0.52	0.25	186.75	0.467	0.023	19.733	1.9733	0.50248
			0.5	187	0.468	0.023	19.733	1.9733	0.50244
			1	187.75	0.469	0.023	19.731	1.9731	0.50229
			2	189	0.473	0.023	19.728	1.9728	0.50206
			4	190.5	0.476	0.024	19.724	1.9724	0.50177
			5	190.75	0.477	0.024	19.723	1.9723	0.50172
			10	191.5	0.479	0.024	19.721	1.9721	0.50158
			15	192.25	0.481	0.024	19.719	1.9719	0.50144
			30	193.25	0.483	0.024	19.717	1.9717	0.50125
			60	194	0.485	0.024	19.715	1.9715	0.50110
			120	195	0.488	0.024	19.713	1.9713	0.50091
			180	195.75	0.489	0.024	19.711	1.9711	0.50077
			240	196.25	0.491	0.024	19.709	1.9709	0.50068
			1299	196.75	0.492	0.024	19.708	1.9708	0.50058
								1.9720	0.501510



CONSOLIDACIÓN DATOS

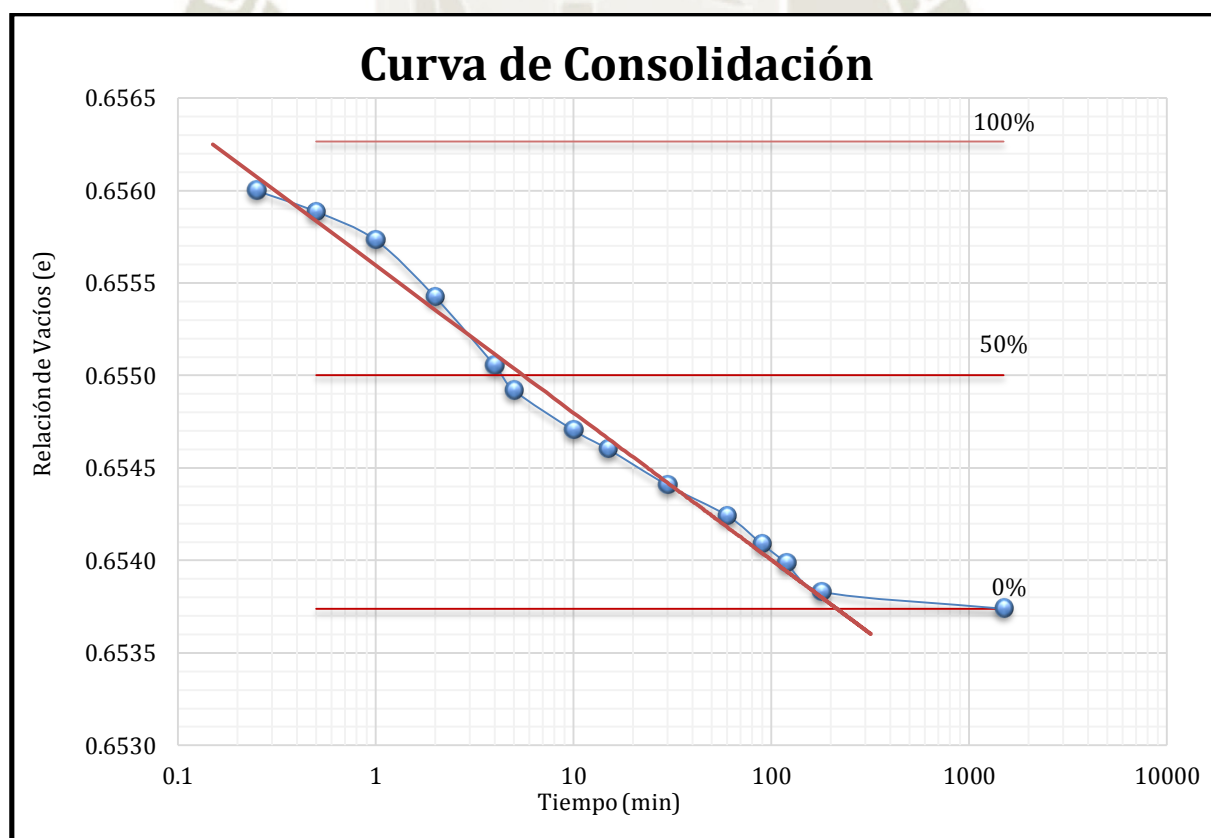
Ws	70.5162	g
D	4.95	cm
H0	20.2	mm
Área	19.24	cm ²
w	43%	
Hs	13.13	mm
$\gamma\sigma$	2.7900	

P	a	Tv	50%	t50%	CV
10	0.00038	0.197	0.5353	17.67	4.533
30	0.00008	0.197	0.5208	59.34	1.324
60	0.00010	0.197	0.5167	18.34	4.262
100	0.00019	0.197	0.5016	6.62	11.567
					5.421

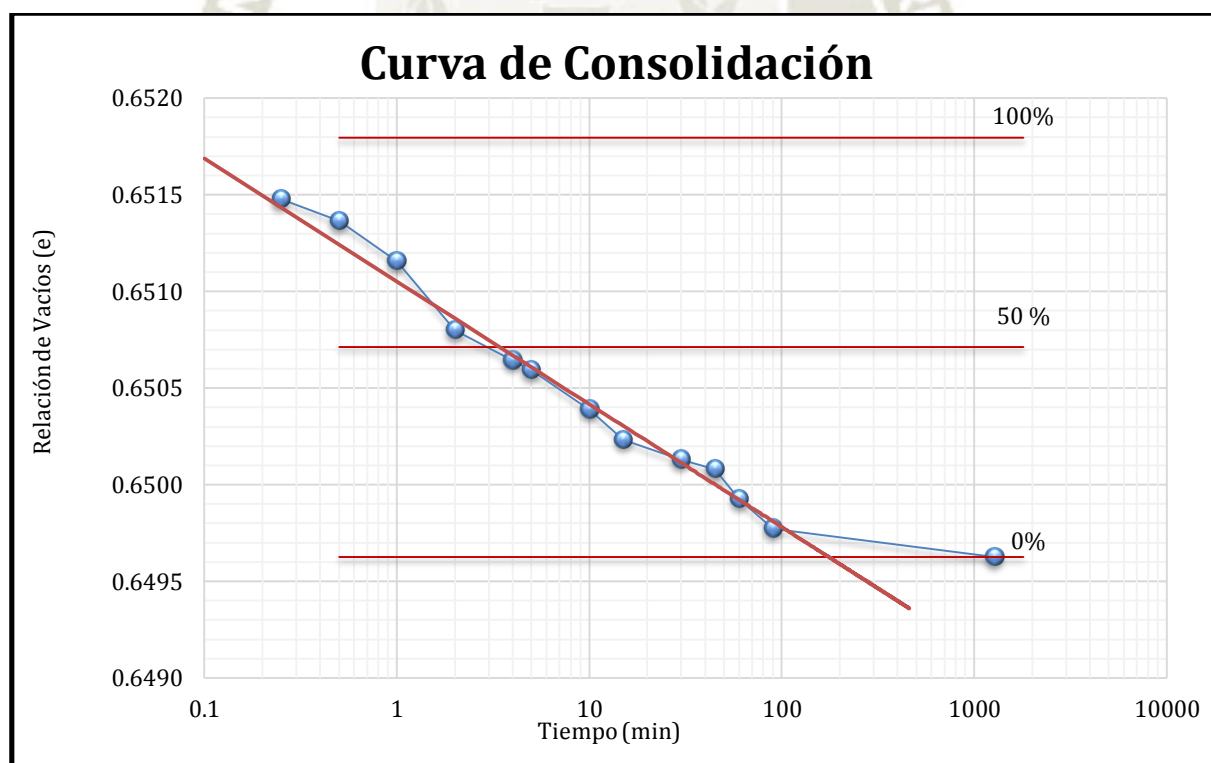
8.2.3 ARCILLA CON PORCENTAJE DE CAL Y CUCHO

a) Arcilla + 2% de cal + 3 % de caucho

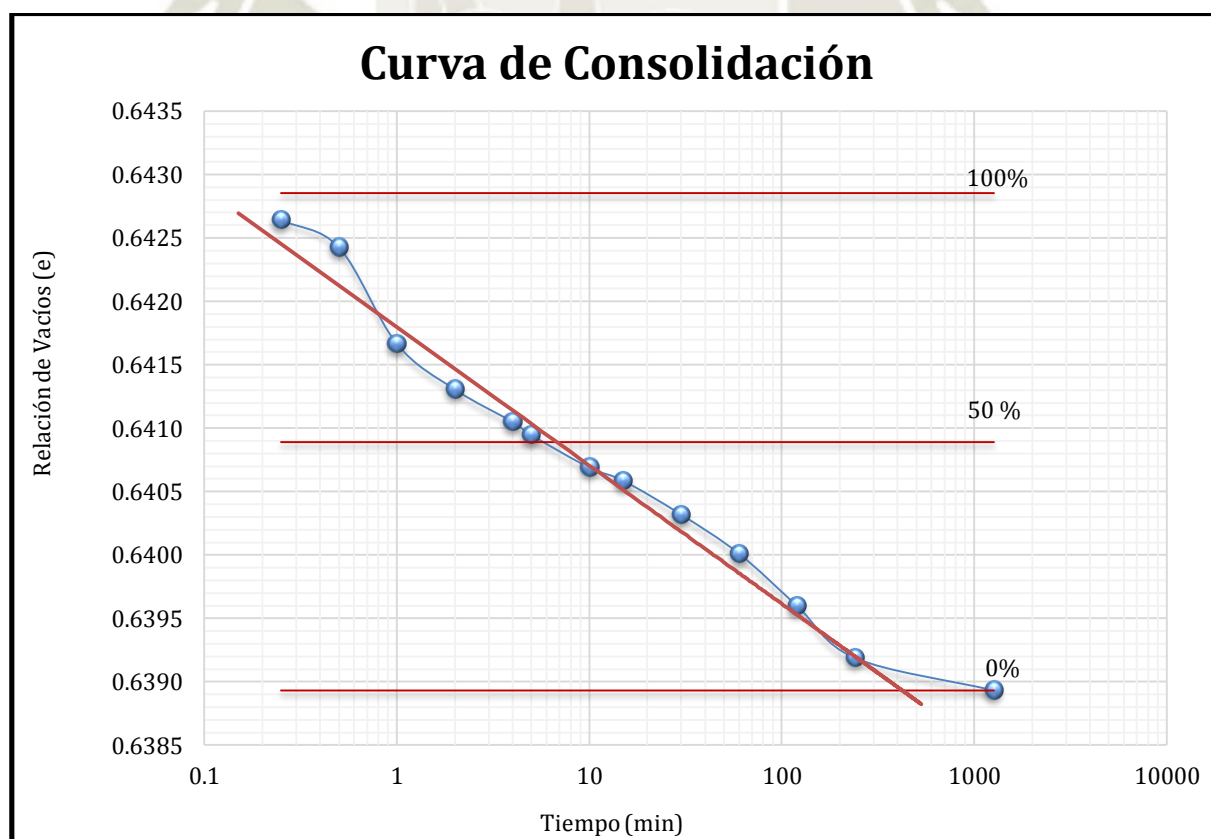
P1	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
1	10	0.52	0.25	22.20	0.056	0.003	20.145	2.0145	0.6560
			0.5	22.75	0.057	0.003	20.143	2.0143	0.6558
			1	23.50	0.059	0.003	20.141	2.0141	0.6557
			2	25.00	0.063	0.003	20.138	2.0138	0.6554
			4	26.80	0.067	0.003	20.133	2.0133	0.6550
			5	27.45	0.069	0.003	20.131	2.0131	0.6549
			10	28.50	0.071	0.004	20.129	2.0129	0.6547
			15	29.00	0.073	0.004	20.128	2.0128	0.6546
			30	29.95	0.075	0.004	20.125	2.0125	0.6544
			60	30.75	0.077	0.004	20.123	2.0123	0.6542
			90	31.50	0.079	0.004	20.121	2.0121	0.6540
			120	32.00	0.080	0.004	20.120	2.0120	0.6539
			180	32.75	0.082	0.004	20.118	2.0118	0.6538
			1510	33.20	0.083	0.004	20.117	2.0117	0.6537
								2.0129	0.6547



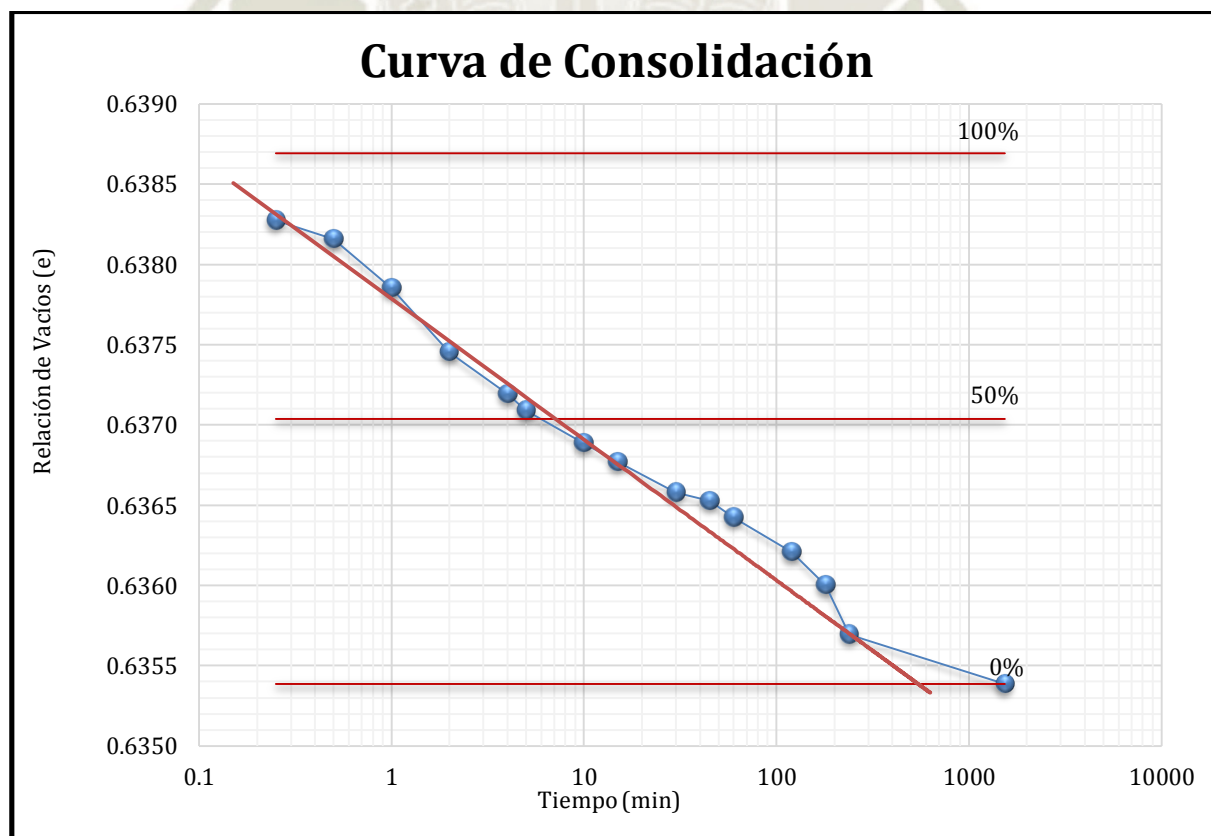
P2	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
2	20	1.04	0.25	44.20	0.111	0.005	20.090	2.0090	0.65147
			0.5	44.75	0.112	0.006	20.088	2.0088	0.65136
			1	45.75	0.114	0.006	20.086	2.0086	0.65115
			2	47.50	0.119	0.006	20.081	2.0081	0.65079
			4	48.25	0.121	0.006	20.079	2.0079	0.65064
			5	48.50	0.121	0.006	20.079	2.0079	0.65059
			10	49.50	0.124	0.006	20.076	2.0076	0.65038
			15	50.25	0.126	0.006	20.074	2.0074	0.65023
			30	50.75	0.127	0.006	20.073	2.0073	0.65013
			45	51.00	0.128	0.006	20.073	2.0073	0.65007
			60	51.75	0.129	0.006	20.071	2.0071	0.64992
			90	52.50	0.131	0.006	20.069	2.0069	0.64977
			1273	53.20	0.133	0.007	20.067	2.0067	0.64962
								2.0077	0.65047



P3	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
4	40	0.52	0.25	87.20	0.218	0.011	19.982	1.9982	0.6426
			0.5	88.25	0.221	0.011	19.979	1.9979	0.6424
			1	91.95	0.230	0.011	19.970	1.9970	0.6416
			2	93.70	0.234	0.012	19.966	1.9966	0.6413
			4	94.95	0.237	0.012	19.963	1.9963	0.6410
			5	95.45	0.239	0.012	19.961	1.9961	0.6409
			10	96.70	0.242	0.012	19.958	1.9958	0.6406
			15	97.20	0.243	0.012	19.957	1.9957	0.6405
			30	97.95	0.245	0.012	19.955	1.9955	0.6404
			60	98.20	0.246	0.012	19.955	1.9955	0.6403
			120	102.00	0.255	0.013	19.945	1.9945	0.6396
			240	104.00	0.260	0.013	19.940	1.9940	0.6391
			1269	105.25	0.263	0.013	19.937	1.9937	0.6389
								1.9959	0.6407

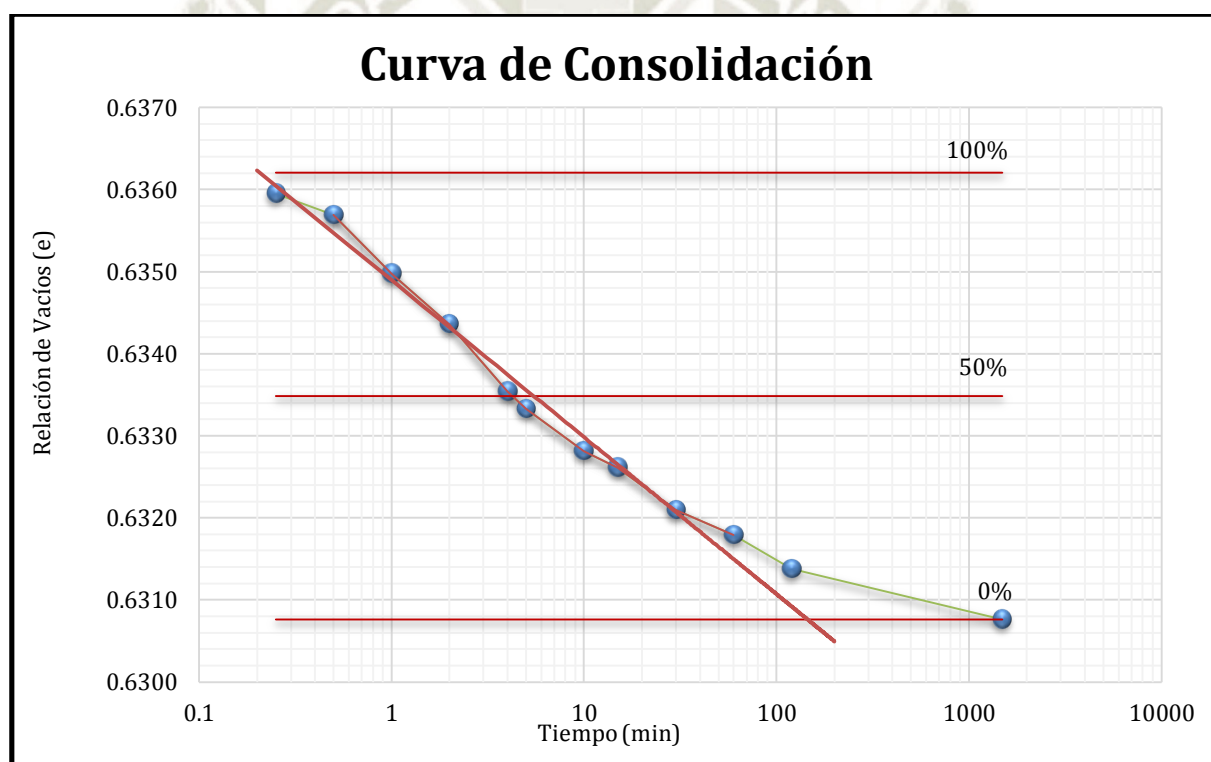


P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ε	ρ(mm)	Hi(cm)	e
7	70	0.52	0.25	108.45	0.271	0.013	19.929	1.9929	0.63827
			0.5	109.00	0.273	0.013	19.928	1.9928	0.63815
			1	110.50	0.276	0.014	19.924	1.9924	0.63785
			2	112.45	0.281	0.014	19.919	1.9919	0.63745
			4	113.70	0.284	0.014	19.916	1.9916	0.63719
			5	114.20	0.286	0.014	19.915	1.9915	0.63709
			10	115.20	0.288	0.014	19.912	1.9912	0.63688
			15	115.75	0.289	0.014	19.911	1.9911	0.63677
			30	116.70	0.292	0.014	19.908	1.9908	0.63657
			45	116.95	0.292	0.014	19.908	1.9908	0.63652
			60	117.45	0.294	0.015	19.906	1.9906	0.63642
			120	117.80	0.295	0.015	19.906	1.9906	0.63635
			180	118.15	0.295	0.015	19.905	1.9905	0.63627
			1535	119.25	0.298	0.015	19.902	1.9902	0.63605
								1.9913	0.63699



P4	P	Esfuerzo (Kg/cm ²)	t (min)	Lectura def.	dH (mm)	ϵ	ρ (mm)	Hi(cm)	e
13	130	0.52	0.25	119.75	0.299	0.015	19.901	1.9901	0.635950
			0.5	121.00	0.303	0.015	19.898	1.9898	0.635693
			1	124.50	0.311	0.015	19.889	1.9889	0.634974
			2	127.50	0.319	0.016	19.881	1.9881	0.634357
			4	131.50	0.329	0.016	19.871	1.9871	0.633535
			5	132.50	0.331	0.016	19.869	1.9869	0.633329
			10	135.00	0.338	0.017	19.863	1.9863	0.632816
			15	136.00	0.340	0.017	19.860	1.9860	0.632610
			30	138.50	0.346	0.017	19.854	1.9854	0.632096
			60	140.00	0.350	0.017	19.850	1.9850	0.631788
			120	142.00	0.355	0.018	19.845	1.9845	0.631377
			1495	145.00	0.363	0.018	19.838	1.9838	0.630761

0.632816



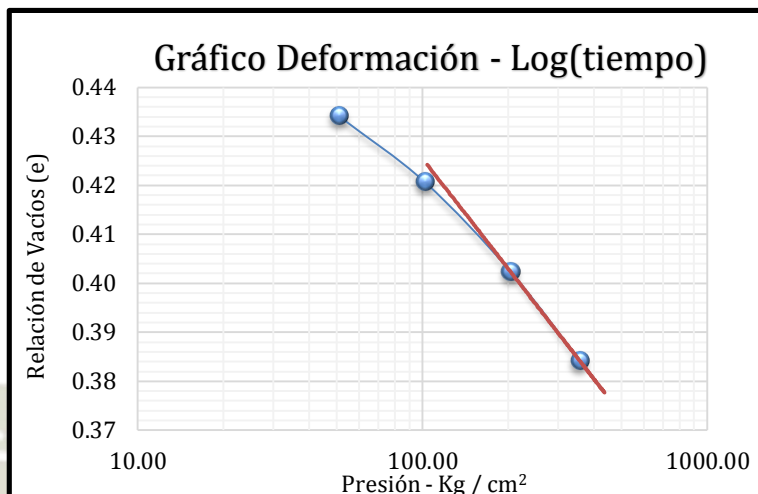
CONSOLIDACIÓN DATOS

Ws	63.3	g	P	a	Tv	50%	t50%	CV
D	4.95	cm	10	0.00027	0.197	0.6550	7.36	10.840
H0	20.2	mm	20	0.00032	0.197	0.6507	3.66	21.707
Área	19.24	cm ²	40	0.00022	0.197	0.6415	1.77	44.322
w	32.5%		70	0.00042	0.197	0.6374	2.97	26.264
Hs	12.16	mm	130	0.00026	0.197	0.6342	1.77	43.93
$\gamma\sigma$	2.704							29.413

8.3 Índice de Compresión

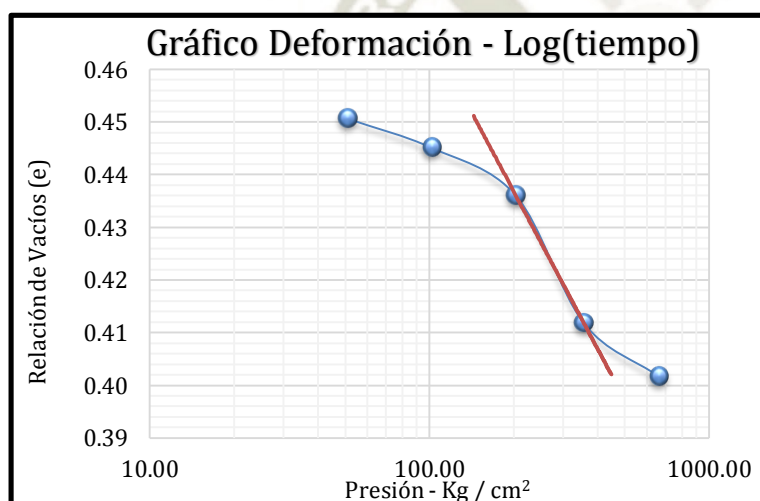
8.3.1 Arcilla

P	Esfuerzo (Kg/cm ²)		e
10	50.96	0.001	0.434013
20	101.92	0.001	0.420605
40	203.84	0.002	0.402370
70	356.71	0.004	0.384199



8.3.2 Arcila con porcentaje de Cal

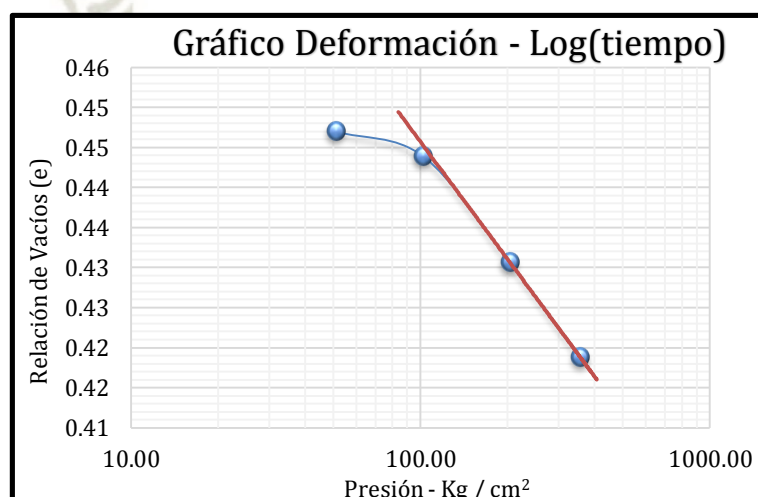
a) Arcilla + 2% de Cal



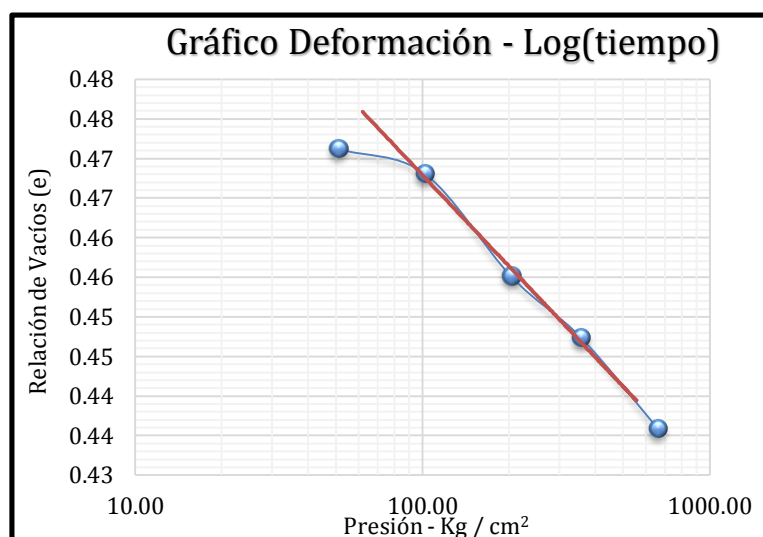
P	Esfuerzo (Kg/cm ²)		e
10	50.96	0.001	0.4338
20	101.92	0.001	0.4283
40	203.84	0.002	0.4193
70	356.71	0.004	0.3954
130	662.47	0.002	0.3854

b) Arcilla + 4% de Cal

P	Esfuerzo (Kg/cm ²)		e
10	50.96	0.001	0.4469
20	101.92	0.001	0.4438
40	203.84	0.002	0.4306
70	356.71	0.004	0.4187



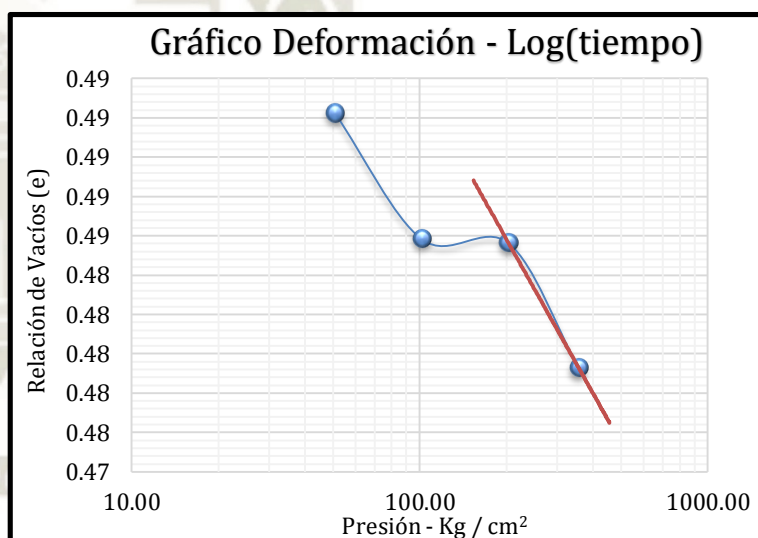
c) Arcilla + 6% de Cal



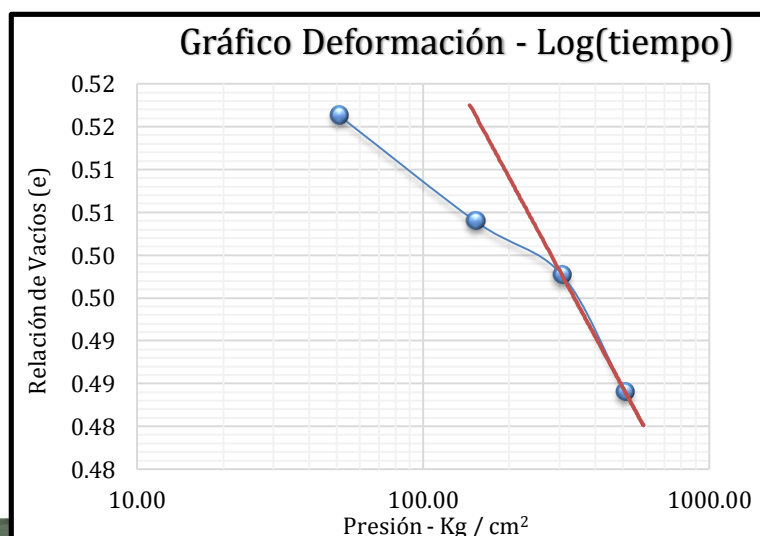
P	Esfuerzo (Kg/cm²)		e
10	50.96	0.001	0.4712
20	101.92	0.001	0.4680
40	203.84	0.002	0.4551
70	356.71	0.004	0.4474
130	662.47	0.007	0.4358

d) Arcilla + 8% de Cal

P	Esfuerzo (Kg/cm²)		e
10	50.96	0.001	0.4922
20	101.92	0.001	0.4858
40	203.84	0.002	0.4856
70	356.71	0.004	0.4792



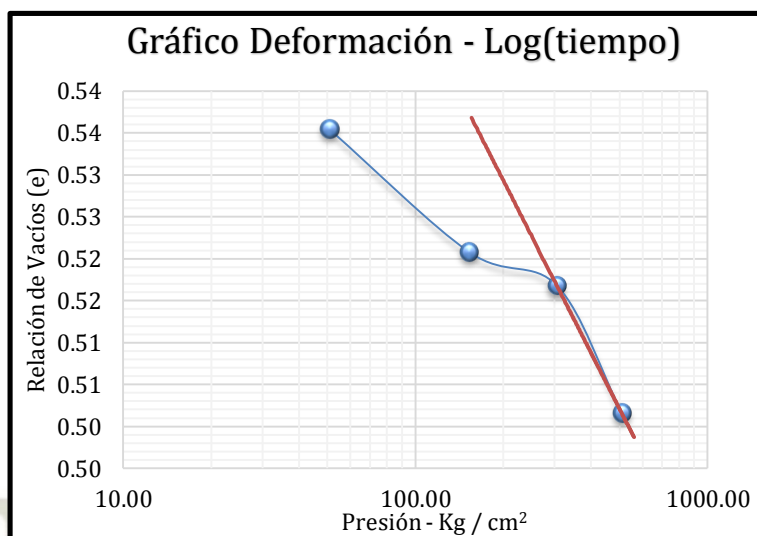
e) Arcilla + 10% de Cal



P	Esfuerzo (Kg/cm²)		e
10	50.96	0.001	0.5162
30	152.88	0.002	0.5039
60	305.75	0.003	0.4976
100	509.59	0.005	0.4839

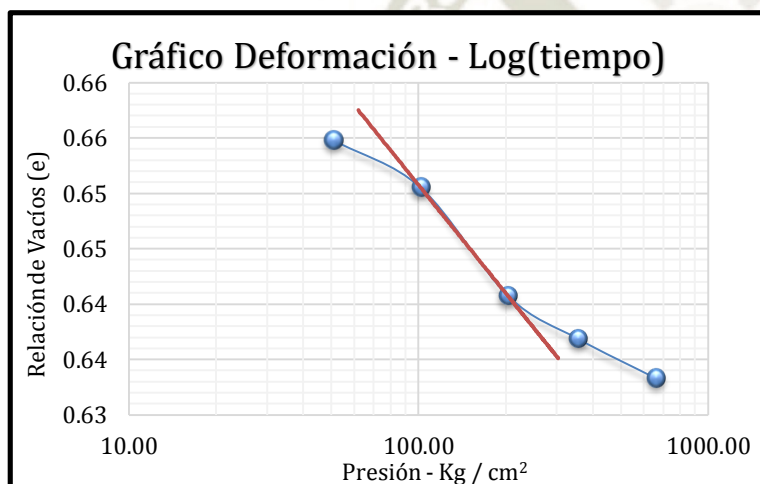
f) Arcilla + 12% de Cal

P	Esfuerzo (Kg/cm ²)		e
10	50.96	0.001	0.5353
30	152.88	0.002	0.5207
60	305.75	0.003	0.5167
100	509.59	0.005	0.5015



8.3.3 Arcilla con porcentaje de Cal y Caucho

a) Arcilla + 2% de Cal + 3% de Caucho



P	Esfuerzo (Kg/cm ²)		e
10	50.96	0.001	0.6547
20	101.92	0.001	0.6504
40	203.84	0.002	0.6411
70	356.71	0.004	0.6369
130	662.47	0.002	0.6335

8.3.4 Cuadro Resumen

	Índice de compresión Cc	Coficiente de Consolidación Cv(m2/año)
0		1.60
0%	0.606	13.89
2%	0.302	6.61
4%	0.440	8.28
6%	0.431	7.52
8%	0.261	6.97
10%	0.617	7.13
12%	0.685	2.85
2%- 3%	0.324	7.19

9 CORTE DIRECTO

9.1 Arcilla - Densidad Máxima Seca

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	28	8	0.233
20	0.02	39	12	0.325
30	0.03	44	13	0.367
40	0.04	49	15	0.408
50	0.05	52	16	0.433
60	0.06	56	17	0.467
70	0.07	60	18	0.500
80	0.08	64	19	0.533
90	0.09	68	20	0.567
100	0.10	72	22	0.600
110	0.11	76	23	0.633
120	0.12	79	24	0.658
130	0.13	83	25	0.688
140	0.14	86	26	0.717
150	0.15	90	27	0.746
160	0.16	93	28	0.775
170	0.17	97	29	0.808
180	0.18	101	30	0.838
190	0.19	104	31	0.867
200	0.20	107	32	0.892
210	0.21	110	33	0.917
220	0.22	114	34	0.950
230	0.23	115	35	0.958
240	0.24	118	35	0.983
250	0.25	120	36	1.000
260	0.26	122	37	1.017
270	0.27	125	37	1.038
280	0.28	127	38	1.058
290	0.29	129	39	1.075
300	0.30	132	39	1.096
310	0.31	134	40	1.113
320	0.32	135	41	1.125
330	0.33	136	41	1.133
340	0.34	139	42	1.155

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
350	0.35	141	42	1.171
360	0.36	142	42	1.179
370	0.37	144	43	1.196
380	0.38	145	43	1.204
390	0.39	145	44	1.208
400	0.40	147	44	1.225
410	0.41	148	44	1.229
420	0.42	148	44	1.233

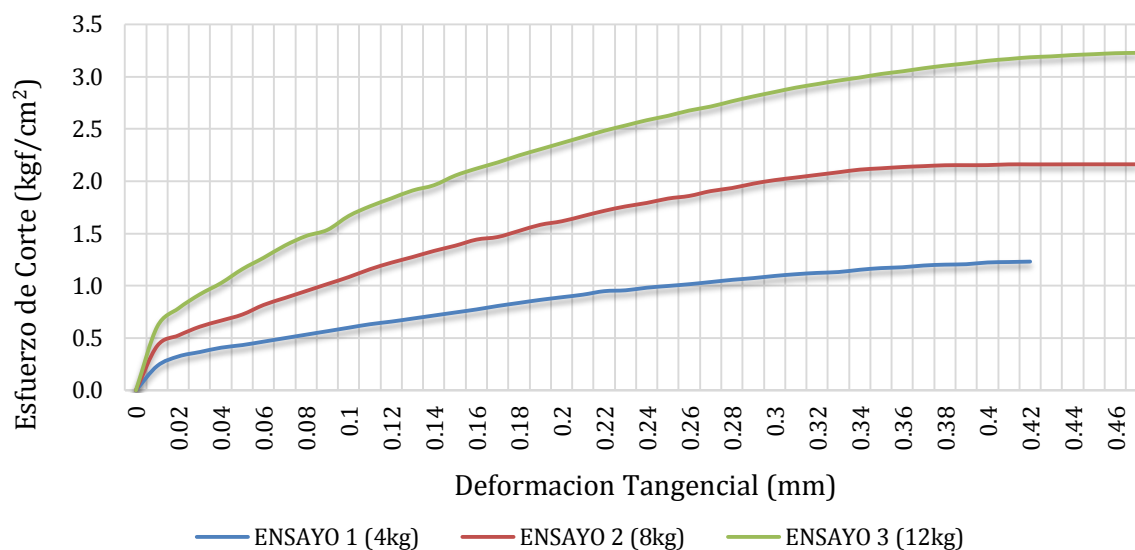
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	51	15.3	0.425
20	0.02	63	18.9	0.525
30	0.03	73	21.9	0.608
40	0.04	80	24	0.667
50	0.05	87	26.1	0.725
60	0.06	98	29.4	0.817
70	0.07	106	31.8	0.883
80	0.08	114	34.2	0.950
90	0.09	122	36.6	1.017
100	0.1	130	39	1.083
110	0.11	139	41.7	1.158
120	0.12	146.5	43.95	1.221
130	0.13	153	45.9	1.275
140	0.14	160	48	1.333
150	0.15	166	49.8	1.383
160	0.16	173	51.9	1.442
170	0.17	176	52.8	1.467
180	0.18	183	54.9	1.525
190	0.19	190	57	1.583
200	0.2	194	58.2	1.617
210	0.21	200	60	1.667
220	0.22	206	61.81	1.717
230	0.23	211	63.32	1.759
240	0.24	215	64.52	1.792
250	0.25	220	66.03	1.834
260	0.26	223	66.94	1.859
270	0.27	228.5	68.60	1.905
280	0.28	232	69.65	1.935
290	0.29	237	71.16	1.977
300	0.3	241	72.37	2.010
310	0.31	244	73.27	2.035
320	0.32	247	74.18	2.060
330	0.33	250	75.08	2.086
340	0.34	253	75.99	2.111
350	0.35	254.5	76.44	2.123
360	0.36	256	76.89	2.136

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	257	77.19	2.144
380	0.38	258	77.50	2.153
390	0.39	258.1	77.53	2.154
400	0.4	258.2	77.56	2.154
410	0.41	259	77.80	2.161
420	0.42	259	77.80	2.161
430	0.43	259	77.80	2.161
440	0.44	259.1	77.83	2.162
450	0.45	259.1	77.83	2.162
460	0.46	259.1	77.83	2.162
470	0.47	259.1	77.83	2.162

<u>ENSAYO N° 3 (12 Kg)</u>				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	73	21.9	0.608
20	0.02	94	28.2	0.783
30	0.03	110	33	0.917
40	0.04	123	36.9	1.025
50	0.05	139	41.7	1.158
60	0.06	152	45.6	1.267
70	0.07	166	49.8	1.383
80	0.08	177	53.1	1.475
90	0.09	184	55.2	1.533
100	0.1	200	60	1.667
110	0.11	211	63.32	1.759
120	0.12	220	66.03	1.834
130	0.13	229	68.75	1.910
140	0.14	235	70.56	1.960
150	0.15	246	73.88	2.052
160	0.16	254	76.29	2.119
170	0.17	261	78.40	2.178
180	0.18	269	80.82	2.245
190	0.19	276	82.94	2.304
200	0.2	283	85.06	2.363
210	0.21	290	87.18	2.422
220	0.22	297	89.30	2.480
230	0.23	303	91.11	2.531
240	0.24	309	92.93	2.581
250	0.25	314	94.44	2.623
260	0.26	320	96.26	2.674
270	0.27	324.5	97.62	2.712
280	0.28	330.5	99.44	2.762
290	0.29	336	101.11	2.808
300	0.3	341	102.62	2.851
310	0.31	346	104.13	2.893
320	0.32	350	105.34	2.926
330	0.33	354	106.56	2.960
340	0.34	357.5	107.62	2.989
350	0.35	361.5	108.83	3.023
360	0.36	364.5	109.74	3.048
370	0.37	368	110.79	3.078

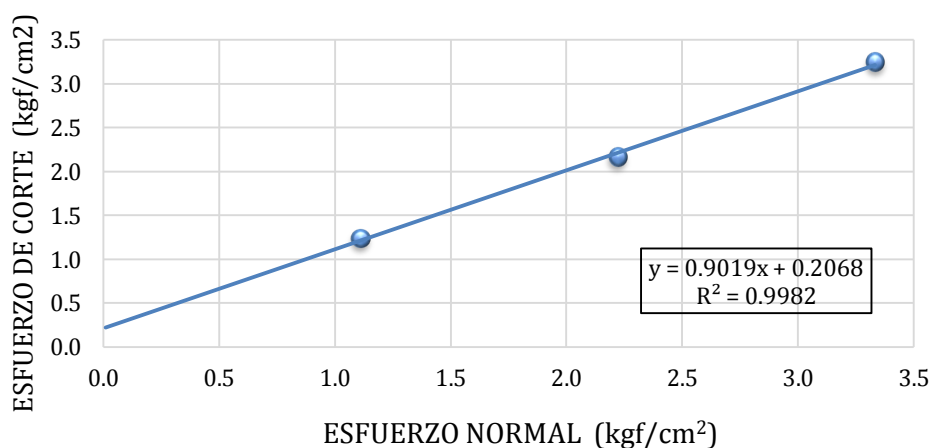
<u>ENSAYO N° 3 (12 Kg)</u>				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	371	111.70	3.103
390	0.39	373.5	112.46	3.124
400	0.4	376.5	113.37	3.149
410	0.41	378.5	113.97	3.166
420	0.42	380.5	114.58	3.183
430	0.43	381.5	114.88	3.191
440	0.44	383	115.34	3.204
450	0.45	384	115.64	3.212
460	0.46	385.1	115.97	3.221
470	0.47	385.5	116.09	3.225
480	0.48	386	116.25	3.229
490	0.49	386.5	116.40	3.233
500	0.5	387	116.55	3.237

Grafica Esfuerzo - Deformación de Arcilla



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm²)
1.233	1.111
2.162	2.222
3.237	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm²)
42.045	0.2068

9.2 Arcilla - Densidad Húmeda Máxima

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	11	3.3	0.092
20	0.02	15	4.5	0.125
30	0.03	20	6	0.167
40	0.04	24	7.2	0.200
50	0.05	27	8.1	0.225
60	0.06	29	8.7	0.242
70	0.07	31	9.3	0.258
80	0.08	33	9.9	0.275
90	0.09	35	10.5	0.292
100	0.1	36	10.8	0.300
110	0.11	37.5	11.25	0.313
120	0.12	38	11.4	0.317
130	0.13	38.5	11.55	0.321
140	0.14	39	11.7	0.325
150	0.15	39.5	11.85	0.329
160	0.16	40	12	0.333
170	0.17	40.5	12.15	0.338
180	0.18	41	12.3	0.342
190	0.19	41.5	12.45	0.346
200	0.2	42	12.6	0.350
210	0.21	42.5	12.75	0.354
220	0.22	43	12.9	0.358
230	0.23	43.5	13.05	0.363
240	0.24	44	13.2	0.367
250	0.25	44.5	13.35	0.371
260	0.26	45	13.5	0.375
270	0.27	45.5	13.65	0.379
280	0.28	46	13.8	0.383
290	0.29	46.5	13.95	0.388
300	0.3	47	14.1	0.392
310	0.31	47.25	14.175	0.394
320	0.32	47.5	14.25	0.396
330	0.33	47.75	14.325	0.398
340	0.34	48	14.4	0.400
350	0.35	48.25	14.475	0.402
360	0.36	48.5	14.55	0.404

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	48.75	14.625	0.406
380	0.38	49	14.7	0.408
390	0.39	49.25	14.775	0.410
400	0.4	49.5	14.85	0.413
410	0.41	49.75	14.925	0.415
420	0.42	50	15	0.417
430	0.43	50	15	0.417

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	18	5.4	0.150
20	0.02	24	7.2	0.200
30	0.03	29	8.7	0.242
40	0.04	32	9.6	0.267
50	0.05	35	10.5	0.292
60	0.06	36.5	10.95	0.304
70	0.07	38	11.4	0.317
80	0.08	40	12	0.333
90	0.09	41	12.3	0.342
100	0.1	42	12.6	0.350
110	0.11	42.5	12.75	0.354
120	0.12	43	12.9	0.358
130	0.13	44	13.2	0.367
140	0.14	44.5	13.35	0.371
150	0.15	45	13.5	0.375
160	0.16	45.5	13.65	0.379
170	0.17	46.25	13.875	0.385
180	0.18	46.5	13.95	0.388
190	0.19	46.75	14.025	0.390
200	0.2	47	14.1	0.392
210	0.21	48	14.4	0.400
220	0.22	48.5	14.55	0.404
230	0.23	49	14.7	0.408
240	0.24	49.25	14.775	0.410
250	0.25	50	15	0.417
260	0.26	50.5	15.15	0.421
270	0.27	51	15.3	0.425
280	0.28	51.5	15.45	0.429
290	0.29	51.75	15.525	0.431
300	0.3	52	15.6	0.433
310	0.31	52.25	15.675	0.435
320	0.32	52.5	15.75	0.438
330	0.33	52.75	15.825	0.440
340	0.34	53	15.9	0.442
350	0.35	53.25	15.975	0.444
360	0.36	53.5	16.05	0.446
370	0.37	53.75	16.125	0.448
380	0.38	54	16.2	0.450

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	54.5	16.35	0.454
400	0.4	54.75	16.425	0.456
410	0.41	55	16.5	0.458
420	0.42	55.5	16.65	0.463
430	0.43	55.75	16.725	0.465
440	0.44	56	16.8	0.467
450	0.45	56.25	16.875	0.469
460	0.46	56.5	16.95	0.471
470	0.47	56.75	17.025	0.473
480	0.48	57	17.1	0.475
490	0.49	57.5	17.25	0.479
500	0.5	58	17.4	0.483
510	0.51	58.25	17.475	0.485
520	0.52	59	17.7	0.492
530	0.53	59.25	17.775	0.494
540	0.54	59.5	17.85	0.496
550	0.55	59.75	17.925	0.498
560	0.56	60	18	0.500
570	0.57	60.25	18.075	0.502
580	0.58	60.5	18.15	0.504
590	0.59	60.75	18.225	0.506
600	0.6	61	18.3	0.508
610	0.61	61.25	18.375	0.510
620	0.62	61.5	18.45	0.513
630	0.63	61.75	18.525	0.515
640	0.64	61.75	18.525	0.515
650	0.65	61.75	18.525	0.515
660	0.66	61.75	18.525	0.515
670	0.67	62	18.6	0.517
680	0.68	62.25	18.675	0.519
690	0.69	62.5	18.75	0.521
700	0.7	62.75	18.825	0.523
710	0.71	62.75	18.825	0.523
720	0.72	63	18.9	0.525
730	0.73	63.25	18.975	0.527
740	0.74	63.5	19.05	0.529
750	0.75	63.75	19.125	0.531
760	0.76	63.75	19.125	0.531

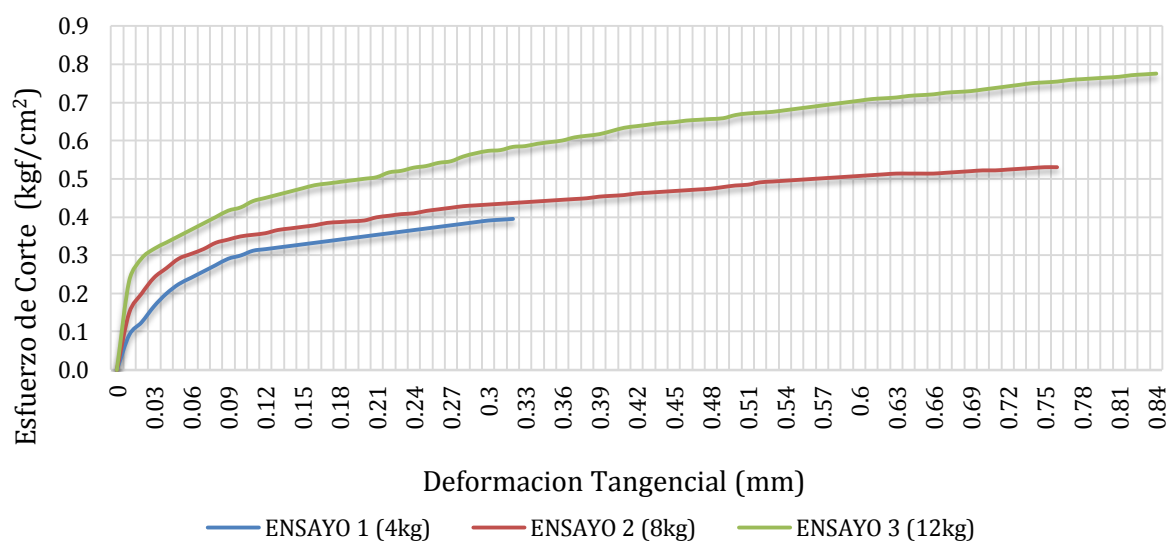
ENSAYO N° 3 (12 Kg)

DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	28	8.4	0.233
20	0.02	35	10.5	0.292
30	0.03	38	11.4	0.317
40	0.04	40	12	0.333
50	0.05	42	12.6	0.350
60	0.06	44	13.2	0.367
70	0.07	46	13.8	0.383
80	0.08	48	14.4	0.400
90	0.09	50	15	0.417
100	0.1	51	15.3	0.425
110	0.11	53	15.9	0.442
120	0.12	54	16.2	0.450
130	0.13	55	16.5	0.458
140	0.14	56	16.8	0.467
150	0.15	57	17.1	0.475
160	0.16	58	17.4	0.483
170	0.17	58.5	17.55	0.488
180	0.18	59	17.7	0.492
190	0.19	59.5	17.85	0.496
200	0.2	60	18	0.500
210	0.21	60.5	18.15	0.504
220	0.22	62	18.6	0.517
230	0.23	62.5	18.75	0.521
240	0.24	63.5	19.05	0.529
250	0.25	64	19.2	0.533
260	0.26	65	19.5	0.542
270	0.27	65.5	19.65	0.546
280	0.28	67	20.1	0.558
290	0.29	68	20.4	0.567
300	0.3	68.75	20.625	0.573
310	0.31	69	20.7	0.575
320	0.32	70	21	0.583
330	0.33	70.25	21.075	0.585
340	0.34	71	21.3	0.592
350	0.35	71.5	21.45	0.596
360	0.36	72	21.6	0.600
370	0.37	73	21.9	0.608
380	0.38	73.5	22.05	0.613
390	0.39	74	22.2	0.617
400	0.4	75	22.5	0.625
410	0.41	76	22.8	0.633

ENSAYO N° 3 (12 Kg)

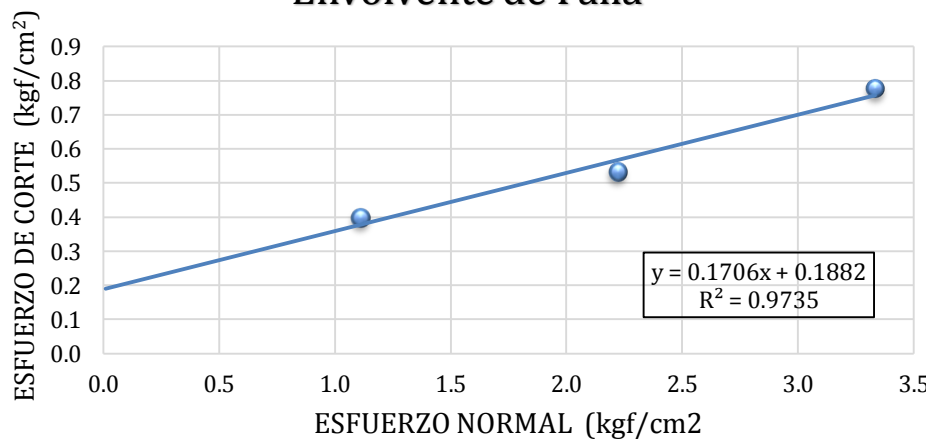
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
420	0.42	76.5	22.95	0.638
430	0.43	77	23.1	0.642
440	0.44	77.5	23.25	0.646
450	0.45	77.75	23.325	0.648
460	0.46	78.25	23.475	0.652
470	0.47	78.5	23.55	0.654
480	0.48	78.75	23.625	0.656
490	0.49	79	23.7	0.658
500	0.5	80	24	0.667
510	0.51	80.5	24.15	0.671
520	0.52	80.75	24.225	0.673
530	0.53	81	24.3	0.675
540	0.54	81.5	24.45	0.679
550	0.55	82	24.6	0.683
560	0.56	82.5	24.75	0.688
570	0.57	83	24.9	0.692
580	0.58	83.5	25.05	0.696
590	0.59	84	25.2	0.700
600	0.6	84.5	25.35	0.704
610	0.61	85	25.5	0.708
620	0.62	85.25	25.575	0.710
630	0.63	85.5	25.65	0.713
640	0.64	86	25.8	0.717
650	0.65	86.25	25.875	0.719
660	0.66	86.5	25.95	0.721
670	0.67	87	26.1	0.725
680	0.68	87.25	26.175	0.727
690	0.69	87.5	26.25	0.729
700	0.7	88	26.4	0.733
710	0.71	88.5	26.55	0.738
720	0.72	89	26.7	0.742
730	0.73	89.5	26.85	0.746
740	0.74	90	27	0.750
750	0.75	90.25	27.075	0.752
760	0.76	90.5	27.15	0.754
770	0.77	91	27.3	0.758
780	0.78	91.25	27.375	0.760
790	0.79	91.5	27.45	0.763
800	0.8	91.75	27.525	0.765
810	0.81	92	27.6	0.767
820	0.82	92.5	27.75	0.771
830	0.83	92.75	27.825	0.773
840	0.84	93	27.9	0.775

Grafica Esfuerzo - Deformación de Arcilla w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.396	1.111
0.531	2.222
0.775	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
9.682	0.1882

9.3 Arcilla con porcentaje de cal hidratada - Densidad Seca Máxima

9.3.1 Arcilla +2% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	320	0.32	127.5	38.25	1.063
10	0.01	36	10.8	0.300	330	0.33	128	38.4	1.067
20	0.02	50	15	0.417	340	0.34	129	38.7	1.075
30	0.03	60	18	0.500	350	0.35	129.5	38.85	1.079
40	0.04	69	20.7	0.575	360	0.36	130.5	39.15	1.088
50	0.05	72.5	21.75	0.604	370	0.37	131	39.3	1.092
60	0.06	77.5	23.25	0.646	380	0.38	131.5	39.45	1.096
70	0.07	80	24	0.667	390	0.39	131.5	39.45	1.096
80	0.08	83	24.9	0.692	400	0.4	131.9	39.57	1.099
90	0.09	86	25.8	0.717	410	0.41	132	39.6	1.100
100	0.1	89	26.7	0.742	420	0.42	132.1	39.63	1.101
110	0.11	91.5	27.45	0.763	430	0.43	132.5	39.75	1.104
120	0.12	94	28.2	0.783	440	0.44	132.5	39.75	1.104
130	0.13	95.5	28.65	0.796	450	0.45	132.5	39.75	1.104
140	0.14	98	29.4	0.817	460	0.46	132.5	39.75	1.104
150	0.15	100	30	0.833	470	0.47	132.5	39.75	1.104
160	0.16	102	30.6	0.850	480	0.48	132.5	39.75	1.104
170	0.17	105	31.5	0.875					
180	0.18	107	32.1	0.892					
190	0.19	109.5	32.85	0.913					
200	0.2	111	33.3	0.925					
210	0.21	113	33.9	0.942					
220	0.22	115	34.5	0.958					
230	0.23	116	34.8	0.967					
240	0.24	118	35.4	0.983					
250	0.25	119.5	35.85	0.996					
260	0.26	121	36.3	1.008					
270	0.27	122.5	36.75	1.021					
280	0.28	124	37.2	1.033					
290	0.29	125	37.5	1.042					
300	0.3	126	37.8	1.050					
310	0.31	127	38.1	1.058					

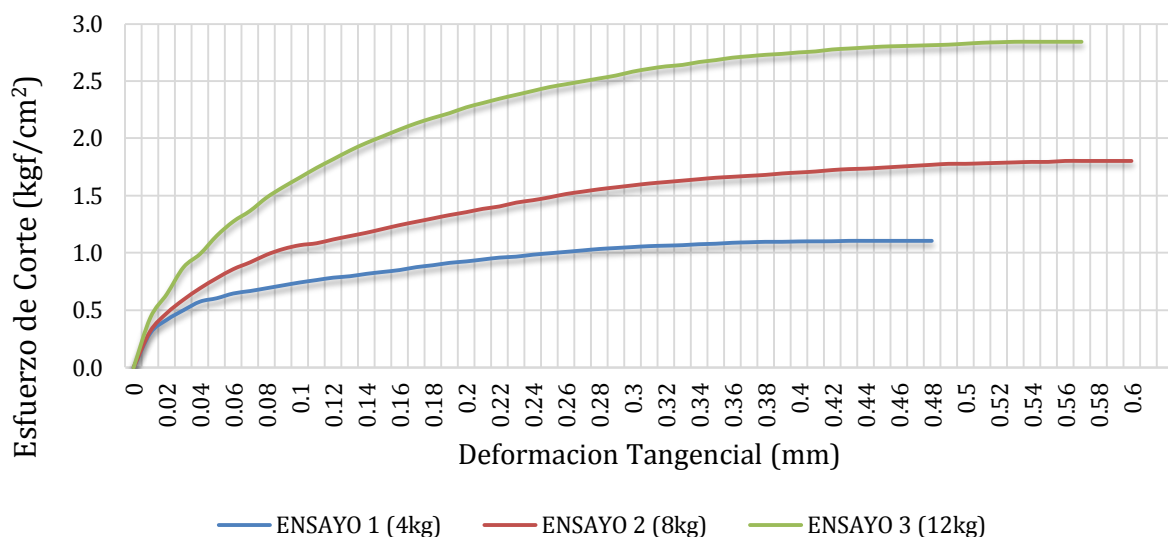
Ensayo 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	38	11.4	0.317
20	0.02	57	17.1	0.475
30	0.03	71	21.3	0.592
40	0.04	83	24.9	0.692
50	0.05	93.5	28.05	0.779
60	0.06	103	30.9	0.858
70	0.07	110	33	0.917
80	0.08	118	35.4	0.983
90	0.09	124	37.2	1.033
100	0.1	128	38.4	1.067
110	0.11	130	39	1.083
120	0.12	134	40.2	1.117
130	0.13	137.5	41.25	1.146
140	0.14	141	42.3	1.175
150	0.15	145	43.5	1.208
160	0.16	149	44.7	1.242
170	0.17	152.5	45.75	1.271
180	0.18	156	46.8	1.300
190	0.19	159.5	47.85	1.329
200	0.2	162.5	48.75	1.354
210	0.21	166	49.8	1.383
220	0.22	168.5	50.55	1.404
230	0.23	172.5	51.75	1.438
240	0.24	175	52.5	1.458
250	0.25	178	53.4	1.483
260	0.26	181.5	54.45	1.513
270	0.27	184	55.2	1.533
280	0.28	186.5	55.95	1.554
290	0.29	188.5	56.55	1.571
300	0.3	190.5	57.15	1.588
310	0.31	192.5	57.75	1.604
320	0.32	194	58.2	1.617
330	0.33	195.5	58.65	1.629

Ensayo 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
340	0.34	197	59.1	1.642
350	0.35	198.5	59.55	1.654
360	0.36	199.5	59.85	1.663
370	0.37	200.5	60.15083	1.671
380	0.38	201.5	60.452489	1.679
390	0.39	203	60.904977	1.692
400	0.4	204	61.206637	1.700
410	0.41	205	61.508296	1.709
420	0.42	206.5	61.960784	1.721
430	0.43	207.5	62.262443	1.730
440	0.44	208	62.413273	1.734
450	0.45	209	62.714932	1.742
460	0.46	210	63.016591	1.750
470	0.47	211	63.31825	1.759
480	0.48	212	63.61991	1.767
490	0.49	213	63.921569	1.776
500	0.5	213	63.921569	1.776
510	0.51	213.5	64.072398	1.780
520	0.52	214	64.223228	1.784
530	0.53	214.5	64.374057	1.788
540	0.54	215	64.524887	1.792
550	0.55	215	64.524887	1.792
560	0.56	216	64.826546	1.801
570	0.57	216	64.826546	1.801
580	0.58	216	64.826546	1.801
590	0.59	216	64.826546	1.801
600	0.6	216	64.826546	1.801

Ensayo 3 (12kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	52	15.6	0.433
20	0.02	77	23.1	0.642
30	0.03	105	31.5	0.875
40	0.04	119	35.7	0.992
50	0.05	138	41.4	1.150
60	0.06	153	45.9	1.275
70	0.07	164	49.2	1.367
80	0.08	178	53.4	1.483
90	0.09	189	56.7	1.575
100	0.1	199	59.7	1.658
110	0.11	209	62.7	1.742
120	0.12	218	65.4	1.817
130	0.13	227	68.1	1.893
140	0.14	235	70.6	1.960
150	0.15	242	72.7	2.019
160	0.16	249	74.8	2.077
170	0.17	255.5	76.7	2.132
180	0.18	261	78.4	2.178
190	0.19	266	79.9	2.220
200	0.2	272	81.7	2.270
210	0.21	276.5	83.1	2.308
220	0.22	281	84.5	2.346
230	0.23	285	85.7	2.380
240	0.24	289	86.9	2.413
250	0.25	293	88.1	2.447
260	0.26	296	89.0	2.472
270	0.27	299	89.9	2.497
280	0.28	302	90.8	2.522
290	0.29	305	91.7	2.548
300	0.3	309	92.9	2.581
310	0.31	312	93.8	2.607
320	0.32	314.5	94.6	2.628
330	0.33	316	95.0	2.640
340	0.34	319	96.0	2.665

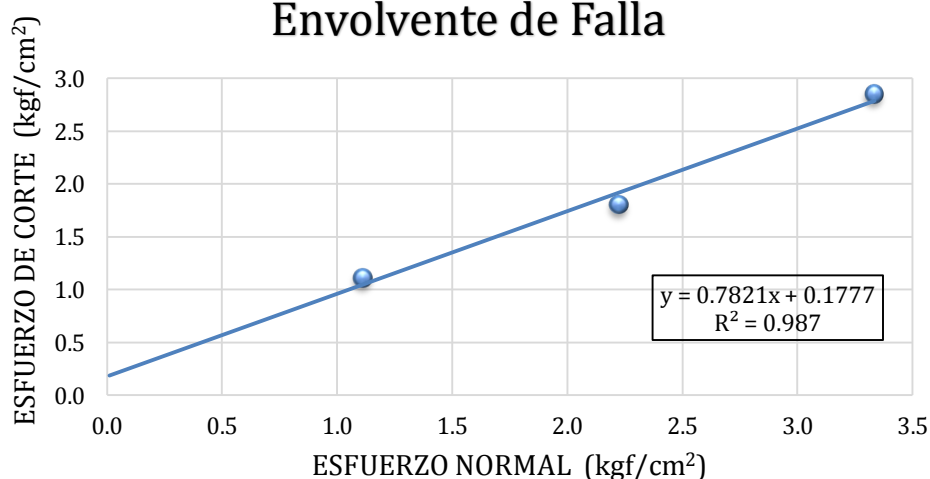
Ensayo 3 (12kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
350	0.35	321	96.6	2.682
360	0.36	323.5	97.3	2.703
370	0.37	325	97.8	2.716
380	0.38	326.5	98.2	2.729
390	0.39	327.5	98.5	2.737
400	0.4	329	99.0	2.750
410	0.41	330	99.3	2.758
420	0.42	332	99.9	2.775
430	0.43	333	100.2	2.783
440	0.44	334	100.5	2.792
450	0.45	335	100.8	2.800
460	0.46	335.5	101.0	2.804
470	0.47	336	101.1	2.808
480	0.48	336.5	101.3	2.813
490	0.49	337	101.4	2.817
500	0.5	338	101.7	2.825
510	0.51	339	102.0	2.834
520	0.52	339.5	102.2	2.838
530	0.53	340	102.3	2.842
540	0.54	340	102.3	2.842
550	0.55	340	102.3	2.842
560	0.56	340	102.3	2.842
570	0.57	340	102.3	2.842

Grafica Esfuerzo - Deformación de 2 % de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.104	1.111
1.801	2.222
2.842	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.028	0.1777

9.3.2 Arcilla +4% de Cal

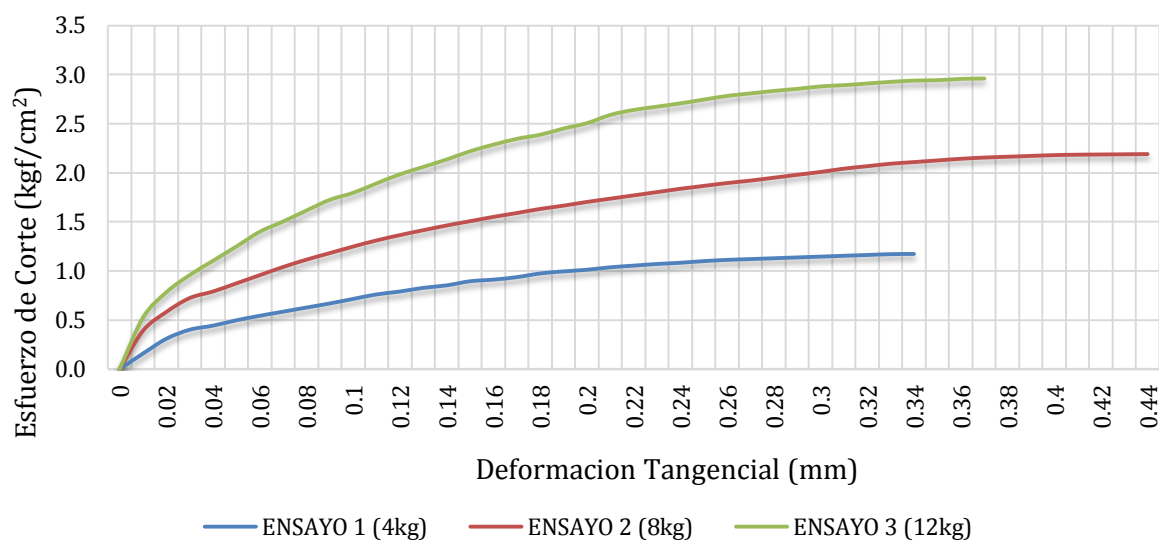
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	19	5.7	0.158
20	0.02	37	11.1	0.308
30	0.03	48	14.4	0.400
40	0.04	53	15.9	0.442
50	0.05	59.5	17.85	0.496
60	0.06	65	19.5	0.542
70	0.07	70	21	0.583
80	0.08	75	22.5	0.625
90	0.09	80	24	0.667
100	0.1	85.5	25.65	0.713
110	0.11	91	27.3	0.758
120	0.12	94.5	28.35	0.788
130	0.13	99	29.7	0.825
140	0.14	102	30.6	0.850
150	0.15	107	32.1	0.892
160	0.16	109	32.7	0.908
170	0.17	112	33.6	0.933
180	0.18	116.5	34.95	0.971
190	0.19	119	35.7	0.992
200	0.2	121	36.3	1.008
210	0.21	124	37.2	1.033
220	0.22	126	37.8	1.050
230	0.23	128	38.4	1.067
240	0.24	129.5	38.85	1.079
250	0.25	131.5	39.45	1.096
260	0.26	133	39.9	1.108
270	0.27	134	40.2	1.117
280	0.28	135	40.5	1.125
290	0.29	136	40.8	1.133
300	0.3	137	41.1	1.142
310	0.31	138	41.4	1.150
320	0.32	139	41.7	1.158
330	0.33	140	42	1.167
340	0.34	140.25	42.075	1.169

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kg)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	63	18.9	0.525
20	0.02	94	28.2	0.783
30	0.03	115	34.5	0.958
40	0.04	132.5	39.75	1.104
50	0.05	150	45	1.250
60	0.06	168	50.4	1.400
70	0.07	180.5	54.15	1.504
80	0.08	194	58.2	1.617
90	0.09	207	62.11	1.725
100	0.1	215.5	64.68	1.797
110	0.11	227	68.14	1.893
120	0.12	238	71.46	1.985
130	0.13	247	74.18	2.060
140	0.14	256	76.89	2.136
150	0.15	266	79.91	2.220
160	0.16	274	82.33	2.287
170	0.17	281	84.45	2.346
180	0.18	286	85.97	2.388
190	0.19	293.5	88.24	2.451
200	0.2	300	90.20	2.506
210	0.21	310	93.23	2.590
220	0.22	316	95.05	2.640
230	0.23	320	96.26	2.674
240	0.24	324	97.47	2.708
250	0.25	328.5	98.83	2.745
260	0.26	333	100.20	2.783
270	0.27	336	101.11	2.808
280	0.28	339	102.01	2.834
290	0.29	341.5	102.77	2.855
300	0.3	344.5	103.68	2.880
310	0.31	346	104.13	2.893
320	0.32	348	104.74	2.909
330	0.33	350	105.34	2.926
340	0.34	351.5	105.80	2.939
350	0.35	352	105.95	2.943
360	0.36	353.5	106.40	2.956
370	0.37	354	106.56	2.960

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	47	14.1	0.392
20	0.02	70	21	0.583
30	0.03	87	26.1	0.725
40	0.04	95	28.5	0.792
50	0.05	105	31.5	0.875
60	0.06	115	34.5	0.958
70	0.07	125	37.5	1.042
80	0.08	134	40.2	1.117
90	0.09	142	42.6	1.183
100	0.1	150	45	1.250
110	0.11	157.5	47.25	1.313
120	0.12	164	49.2	1.367
130	0.13	170	51	1.417
140	0.14	175.75	52.725	1.465
150	0.15	181	54.3	1.508
160	0.16	186.25	55.875	1.552
170	0.17	191	57.3	1.592
180	0.18	196	58.8	1.633
190	0.19	200	60	1.667
200	0.2	204.5	61.36	1.704
210	0.21	208.5	62.56	1.738
220	0.22	212.5	63.77	1.771
230	0.23	216.5	64.98	1.805
240	0.24	220.5	66.18	1.838
250	0.25	224	67.24	1.868
260	0.26	227.5	68.30	1.897
270	0.27	230.5	69.20	1.922
280	0.28	234	70.26	1.952
290	0.29	237.5	71.31	1.981
300	0.3	241	72.37	2.010
310	0.31	245	73.57	2.044
320	0.32	248	74.48	2.069
330	0.33	251	75.38	2.094
340	0.34	253	75.99	2.111
350	0.35	255	76.59	2.128

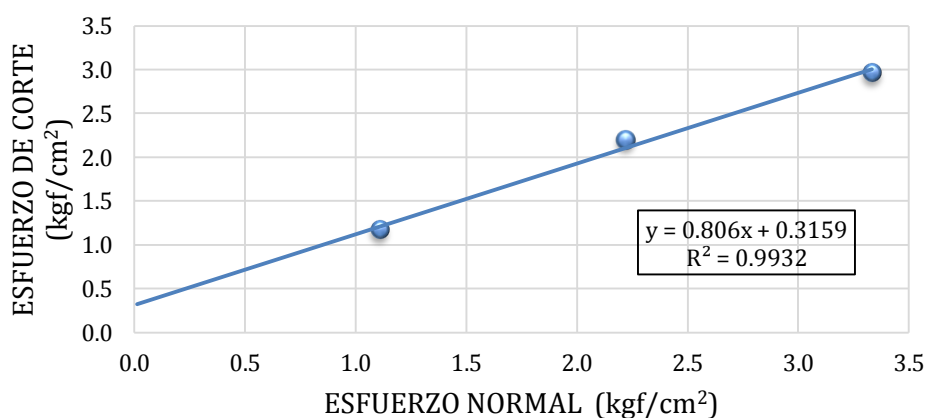
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
360	0.36	257	77.19	2.144
370	0.37	258.5	77.65	2.157
380	0.38	259.5	77.95	2.165
390	0.39	260.5	78.25	2.174
400	0.4	261.5	78.55	2.182
410	0.41	262	78.70	2.186
420	0.42	262.25	78.78	2.188
430	0.43	262.5	78.85	2.190
440	0.44	262.75	78.93	2.192

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 4 % de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.169	1.111
2.192	2.222
2.960	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.869	0.3159

9.3.3 Arcilla +6% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	24	7.2	0.200
20	0.02	36	10.8	0.300
30	0.03	42.5	12.75	0.354
40	0.04	48	14.4	0.400
50	0.05	52	15.6	0.433
60	0.06	57	17.1	0.475
70	0.07	62	18.6	0.517
80	0.08	67	20.1	0.558
90	0.09	71.5	21.45	0.596
100	0.1	76	22.8	0.633
110	0.11	80	24	0.667
120	0.12	84.5	25.35	0.704
130	0.13	88	26.4	0.733
140	0.14	92	27.6	0.767
150	0.15	96	28.8	0.800
160	0.16	99	29.7	0.825
170	0.17	102	30.6	0.850
180	0.18	105	31.5	0.875
190	0.19	107.5	32.25	0.896
200	0.2	109.5	32.85	0.913
210	0.21	111	33.3	0.925
220	0.22	113	33.9	0.942
230	0.23	115.5	34.65	0.963
240	0.24	117.5	35.25	0.979
250	0.25	119	35.7	0.992
260	0.26	121	36.3	1.008
270	0.27	122.5	36.75	1.021
280	0.28	124	37.2	1.033
290	0.29	125	37.5	1.042
300	0.3	126	37.8	1.050
310	0.31	127.5	38.25	1.063

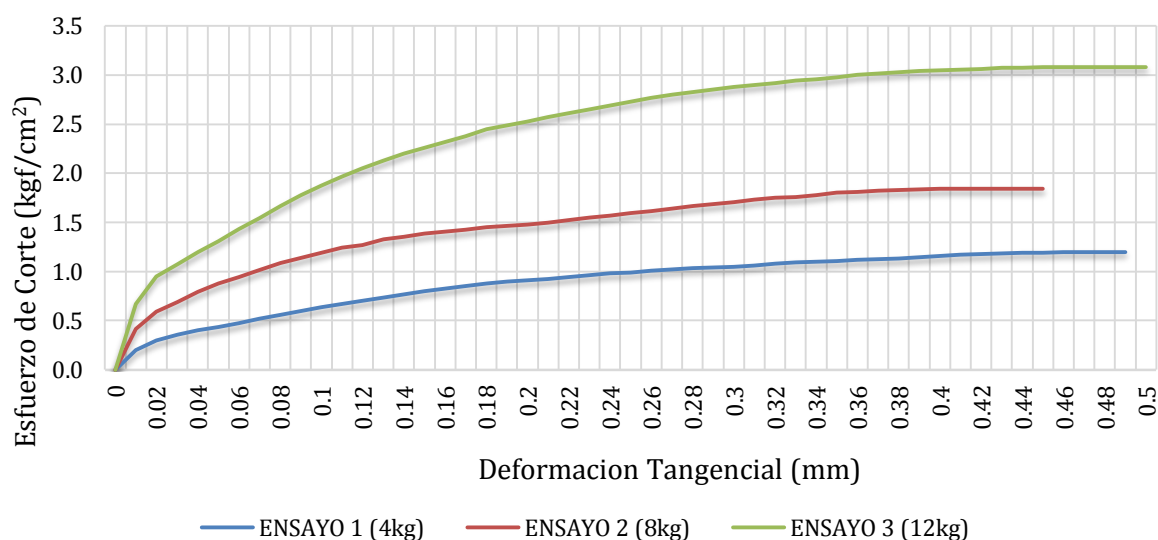
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
320	0.32	129.5	38.85	1.079
330	0.33	131	39.3	1.092
340	0.34	132	39.6	1.100
350	0.35	133	39.9	1.108
360	0.36	134	40.2	1.117
370	0.37	135	40.5	1.125
380	0.38	136	40.8	1.133
390	0.39	137.5	41.25	1.146
400	0.4	139	41.7	1.158
410	0.41	140.5	42.15	1.171
420	0.42	141.25	42.375	1.177
430	0.43	142.25	42.675	1.185
440	0.44	143	42.9	1.192
450	0.45	143.25	42.975	1.194
460	0.46	143.75	43.125	1.198
470	0.47	143.75	43.125	1.198
480	0.48	143.75	43.125	1.198
490	0.49	143.75	43.125	1.198

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15	0.417
20	0.02	71	21.3	0.592
30	0.03	83	24.9	0.692
40	0.04	95	28.5	0.792
50	0.05	105	31.5	0.875
60	0.06	113	33.9	0.942
70	0.07	122	36.6	1.017
80	0.08	130	39	1.083
90	0.09	137	41.1	1.142
100	0.1	143	42.9	1.192
110	0.11	149	44.7	1.242
120	0.12	152	45.6	1.267
130	0.13	159	47.7	1.325
140	0.14	162.5	48.75	1.354
150	0.15	166	49.8	1.383
160	0.16	169	50.7	1.408
170	0.17	171	51.3	1.425
180	0.18	174	52.2	1.450
190	0.19	176	52.8	1.467
200	0.2	177.5	53.25	1.479
210	0.21	180	54	1.500
220	0.22	182.5	54.75	1.521
230	0.23	186	55.8	1.550
240	0.24	188.5	56.55	1.571
250	0.25	191.5	57.45	1.596
260	0.26	194	58.2	1.617
270	0.27	197	59.1	1.642
280	0.28	200	60	1.667
290	0.29	202.5	60.75	1.688
300	0.3	205	61.51	1.709
310	0.31	207.5	62.26	1.730
320	0.32	210	63.02	1.750
330	0.33	211	63.32	1.759
340	0.34	213.5	64.07	1.780
350	0.35	216	64.83	1.801
360	0.36	217.5	65.28	1.813
370	0.37	219	65.73	1.826
380	0.38	219.75	65.96	1.832
390	0.39	220.5	66.18	1.838
400	0.4	221	66.33	1.843

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	80	24	0.667
20	0.02	114	34.2	0.950
30	0.03	129	38.7	1.075
40	0.04	144	43.2	1.200
50	0.05	157	47.1	1.308
60	0.06	172	51.6	1.433
70	0.07	185	55.5	1.542
80	0.08	200	60	1.667
90	0.09	213.5	64.07	1.780
100	0.1	225	67.54	1.876
110	0.11	236	70.86	1.968
120	0.12	246	73.88	2.052
130	0.13	255	76.59	2.128
140	0.14	263.5	79.16	2.199
150	0.15	271	81.42	2.262
160	0.16	278	83.54	2.321
170	0.17	285	85.66	2.380
180	0.18	293	88.08	2.447
190	0.19	298	89.60	2.489
200	0.2	302.5	90.96	2.527
210	0.21	308	92.63	2.573
220	0.22	313	94.14	2.615
230	0.23	317.5	95.50	2.653
240	0.24	322	96.87	2.691
250	0.25	326.5	98.23	2.729
260	0.26	331	99.59	2.766
270	0.27	335	100.80	2.800
280	0.28	338	101.71	2.825
290	0.29	341.5	102.77	2.855
300	0.3	344.5	103.68	2.880
310	0.31	347	104.44	2.901
320	0.32	349.5	105.19	2.922

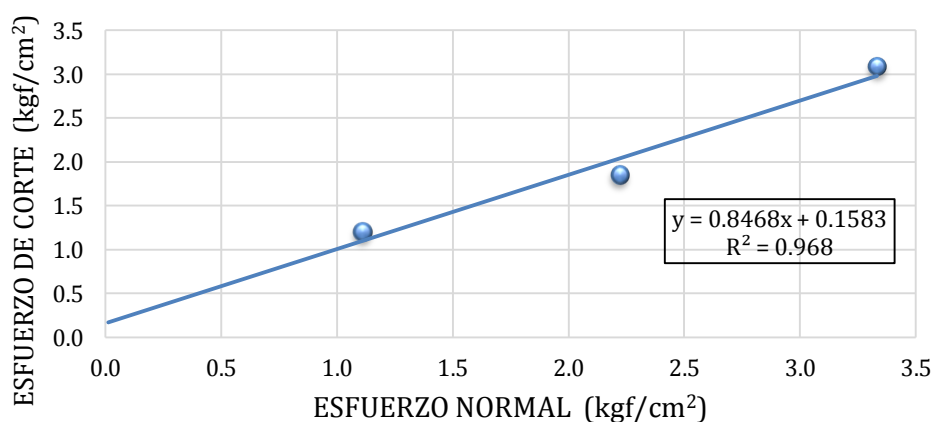
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
330	0.33	352	105.95	2.943
340	0.34	354	106.56	2.960
350	0.35	356.5	107.31	2.981
360	0.36	359	108.07	3.002
370	0.37	360.5	108.52	3.015
380	0.38	362	108.98	3.027
390	0.39	363.5	109.43	3.040
400	0.4	364.5	109.74	3.048
410	0.41	365.5	110.04	3.057
420	0.42	366.5	110.34	3.065
430	0.43	367.5	110.64	3.073
440	0.44	368	110.79	3.078
450	0.45	368.25	110.87	3.080

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 6 % de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.198	1.111
1.843	2.222
3.080	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
40.258	0.1583

9.3.4 Arcilla +8% de Cal

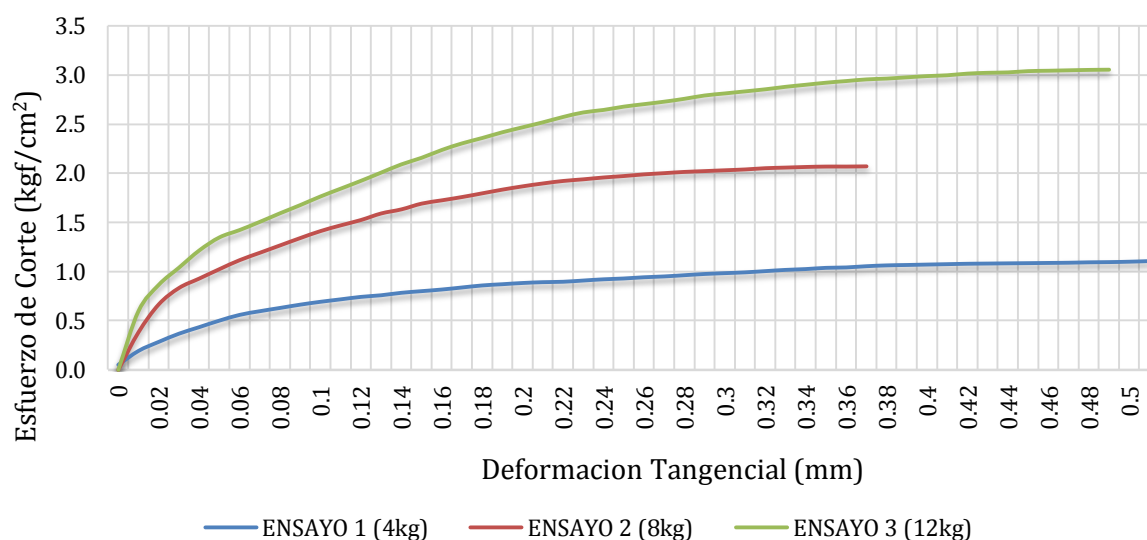
ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	6	1.8	0.050	370	0.37	126.5	37.95	1.054
10	0.01	23	6.9	0.192	380	0.38	127.5	38.25	1.063
20	0.02	34	10.2	0.283	390	0.39	128	38.4	1.067
30	0.03	44	13.2	0.367	400	0.4	128.5	38.55	1.071
40	0.04	52	15.6	0.433	410	0.41	129	38.7	1.075
50	0.05	60	18	0.500	420	0.42	129.5	38.85	1.079
60	0.06	67	20.1	0.558	430	0.43	129.75	38.925	1.081
70	0.07	71.5	21.45	0.596	440	0.44	130	39	1.083
80	0.08	75.5	22.65	0.629	450	0.45	130.25	39.075	1.085
90	0.09	79.5	23.85	0.663	460	0.46	130.5	39.15	1.088
100	0.1	83	24.9	0.692	470	0.47	130.75	39.225	1.090
110	0.11	86	25.8	0.717	480	0.48	131.25	39.375	1.094
120	0.12	89	26.7	0.742	490	0.49	131.5	39.45	1.096
130	0.13	91	27.3	0.758	500	0.5	132	39.6	1.100
140	0.14	94	28.2	0.783	510	0.51	132.75	39.825	1.106
150	0.15	96	28.8	0.800					
160	0.16	98	29.4	0.817					
170	0.17	100.5	30.15	0.838					
180	0.18	103	30.9	0.858					
190	0.19	104.5	31.35	0.871					
200	0.2	106	31.8	0.883					
210	0.21	107	32.1	0.892					
220	0.22	107.5	32.25	0.896					
230	0.23	109	32.7	0.908					
240	0.24	110.5	33.15	0.921					
250	0.25	111.5	33.45	0.929					
260	0.26	113	33.9	0.942					
270	0.27	114	34.2	0.950					
280	0.28	115.5	34.65	0.963					
290	0.29	117	35.1	0.975					
300	0.3	118	35.4	0.983					
310	0.31	119	35.7	0.992					
320	0.32	120.5	36.15	1.004					
330	0.33	122	36.6	1.017					
340	0.34	123	36.9	1.025					
350	0.35	124.5	37.35	1.038					
360	0.36	125	37.5	1.042					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	46	13.8	0.383
20	0.02	80	24	0.667
30	0.03	100	30	0.833
40	0.04	111.5	33.45	0.929
50	0.05	123	36.9	1.025
60	0.06	134	40.2	1.117
70	0.07	143	42.9	1.192
80	0.08	152	45.6	1.267
90	0.09	161	48.3	1.342
100	0.1	169.5	50.85	1.413
110	0.11	176.5	52.95	1.471
120	0.12	183	54.9	1.525
130	0.13	191	57.3	1.592
140	0.14	196	58.8	1.633
150	0.15	203	60.90	1.692
160	0.16	207	62.11	1.725
170	0.17	211	63.31	1.759
180	0.18	215.5	64.67	1.797
190	0.19	220	66.03	1.834
200	0.2	224	67.23	1.868
210	0.21	227.5	68.29	1.897
220	0.22	230.5	69.20	1.922
230	0.23	232.5	69.80	1.939
240	0.24	234.75	70.48	1.958
250	0.25	236.5	71.01	1.973
260	0.26	238.5	71.61	1.989
270	0.27	240	72.06	2.002
280	0.28	241.5	72.51	2.014
290	0.29	242.5	72.82	2.023
300	0.3	243.5	73.12	2.031
310	0.31	244.5	73.42	2.040
320	0.32	246	73.87	2.052
330	0.33	246.75	74.10	2.058
340	0.34	247.5	74.32	2.065
350	0.35	248	74.47	2.069
360	0.36	248	74.47	2.069
370	0.37	248.25	74.55	2.071

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	72	21.6	0.600
20	0.02	104	31.2	0.867
30	0.03	125	37.5	1.042
40	0.04	146	43.8	1.217
50	0.05	162	48.6	1.350
60	0.06	171	51.3	1.425
70	0.07	181	54.3	1.508
80	0.08	191.5	57.45	1.596
90	0.09	201.5	60.45	1.679
100	0.1	212	63.61	1.767
110	0.11	221.5	66.48	1.847
120	0.12	231	69.35	1.926
130	0.13	241	72.36	2.010
140	0.14	251	75.38	2.094
150	0.15	259	77.79	2.161
160	0.16	268.5	80.66	2.241
170	0.17	276.5	83.08	2.308
180	0.18	283	85.05	2.363
190	0.19	290	87.17	2.422
200	0.2	296	88.99	2.472
210	0.21	302	90.80	2.522
220	0.22	308.5	92.77	2.577
230	0.23	314	94.44	2.623
240	0.24	317	95.35	2.649
250	0.25	321	96.56	2.682
260	0.26	324	97.47	2.708
270	0.27	327	98.38	2.733
280	0.28	330.5	99.43	2.762
290	0.29	334.5	100.65	2.796
300	0.3	337	101.42	2.817
310	0.31	339.5	102.16	2.838
320	0.32	342	102.92	2.859
330	0.33	345	103.83	2.884

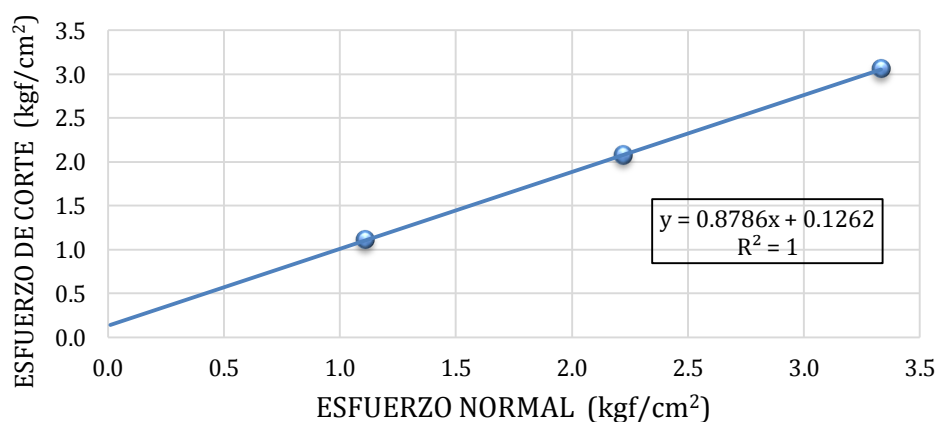
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
340	0.34	347.5	104.58	2.905
350	0.35	350	105.34	2.926
360	0.36	352	105.95	2.943
370	0.37	354	106.55	2.960
380	0.38	355	106.85	2.968
390	0.39	356.5	107.31	2.981
400	0.4	358	107.76	2.994
410	0.41	359	108.06	3.002
420	0.42	361	108.67	3.019
430	0.43	362	108.97	3.027
440	0.44	362.5	109.12	3.031
450	0.45	364	109.58	3.044
460	0.46	364.5	109.73	3.048
470	0.47	365	109.88	3.052
480	0.48	365.5	110.03	3.057
490	0.49	365.75	110.11	3.059

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 8% de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.106	1.111
2.071	2.222
3.059	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
41.302	0.1262

9.3.5 Arcilla +10% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	
0	0	0	0.000	
10	0.01	25	7.45	0.207
20	0.02	34	10.15	0.282
30	0.03	43	12.85	0.357
40	0.04	52	15.55	0.432
50	0.05	61	18.25	0.507
60	0.06	70	20.95	0.582
70	0.07	79	23.65	0.657
80	0.08	87	25.95	0.721
90	0.09	100	29.85	0.829
100	0.1	106	31.8	0.883
110	0.11	109.5	32.85	0.913
120	0.12	114.5	34.35	0.954
130	0.13	119.5	35.85	0.996
140	0.14	124.5	37.35	1.038
150	0.15	129.5	38.85	1.079
160	0.16	134.5	40.35	1.121
170	0.17	138.5	41.55	1.154
180	0.18	142.5	42.75	1.188
190	0.19	146.5	43.95	1.221
200	0.2	150.5	45.15	1.254
210	0.21	154.5	46.35	1.288
220	0.22	158.5	47.55	1.321
230	0.23	162.5	48.75	1.354
240	0.24	164.5	49.35	1.371
250	0.25	166.5	49.95	1.388
260	0.26	168.5	50.55	1.404
270	0.27	170.5	51.15	1.421
280	0.28	172.5	51.75	1.438
290	0.29	173.5	52.05	1.446
300	0.3	174.5	52.35	1.454
310	0.31	175.5	52.65	1.463
320	0.32	176.5	52.95	1.471
330	0.33	177.5	53.25	1.479
340	0.34	177.75	53.325	1.481
350	0.35	178	53.4	1.483
360	0.36	178.25	53.475	1.485
370	0.37	178.61	53.583	1.488

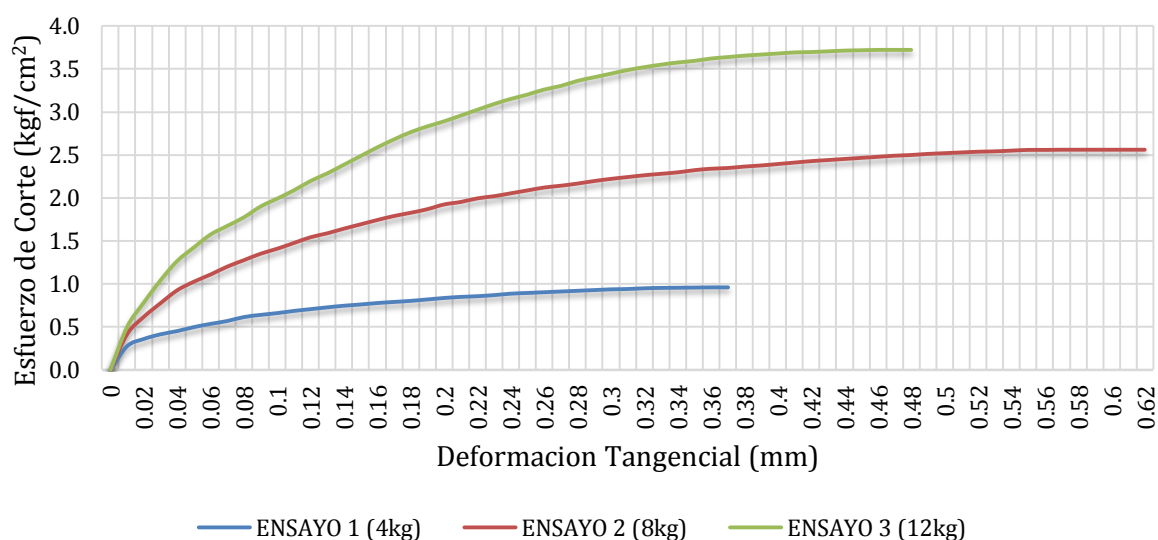
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15	0.417
20	0.02	74	22.2	0.617
30	0.03	93	27.9	0.775
40	0.04	111	33.3	0.925
50	0.05	123	36.9	1.025
60	0.06	133	39.9	1.108
70	0.07	144	43.2	1.200
80	0.08	153	45.9	1.275
90	0.09	162	48.6	1.350
100	0.1	169	50.7	1.408
110	0.11	177	53.1	1.475
120	0.12	185	55.5	1.542
130	0.13	190.5	57.15	1.588
140	0.14	197	59.1	1.642
150	0.15	203	60.90	1.692
160	0.16	209	62.71	1.742
170	0.17	214.5	64.37	1.788
180	0.18	219	65.73	1.826
190	0.19	224	67.23	1.868
200	0.2	230.5	69.20	1.922
210	0.21	234	70.25	1.952
220	0.22	239	71.76	1.993
230	0.23	242	72.66	2.019
240	0.24	246	73.87	2.052
250	0.25	250	75.08	2.086
260	0.26	254	76.28	2.119
270	0.27	256.5	77.04	2.140
280	0.28	259.5	77.94	2.165
290	0.29	263	79.00	2.195
300	0.3	266	79.90	2.220
310	0.31	268.5	80.66	2.241
320	0.32	271	81.42	2.262
330	0.33	273	82.02	2.279
340	0.34	275	82.63	2.295
350	0.35	278	83.54	2.321
360	0.36	280	84.14	2.337

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	281	84.45	2.346
380	0.38	283	85.05	2.363
390	0.39	284.5	85.51	2.375
400	0.4	286.5	86.11	2.392
410	0.41	288.5	86.72	2.409
420	0.42	290.5	87.32	2.426
430	0.43	292	87.78	2.438
440	0.44	293.5	88.23	2.451
450	0.45	295	88.69	2.464
460	0.46	296.5	89.14	2.476
470	0.47	298	89.59	2.489
480	0.48	299	89.90	2.497
490	0.49	300.5	90.35	2.510
500	0.5	301.5	90.65	2.518
510	0.51	302.5	90.96	2.527
520	0.52	303.5	91.26	2.535
530	0.53	304	91.41	2.539
540	0.54	305	91.71	2.548
550	0.55	306	92.02	2.556
560	0.56	306	92.02	2.556
620	0.62	306.25	92.09	2.558

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	60	18	0.500
20	0.02	94	28.2	0.783
30	0.03	125	37.5	1.042
40	0.04	152	45.6	1.267
50	0.05	171	51.3	1.425
60	0.06	189	56.7	1.575
70	0.07	201	60.30	1.675
80	0.08	213	63.92	1.776
90	0.09	228	68.45	1.901
100	0.1	239	71.76	1.993
110	0.11	250.5	75.23	2.090
120	0.12	263.5	79.16	2.199
130	0.13	274	82.33	2.287
140	0.14	286	85.97	2.388
150	0.15	298	89.60	2.489
160	0.16	310	93.23	2.590
170	0.17	321	96.56	2.682
180	0.18	331	99.59	2.766
190	0.19	339	102.01	2.834
200	0.2	346	104.13	2.893
210	0.21	354	106.56	2.960
220	0.22	362	108.98	3.027
230	0.23	370	111.40	3.094
240	0.24	377	113.52	3.153
250	0.25	383	115.34	3.204
260	0.26	390	117.46	3.263
270	0.27	395	118.97	3.305
280	0.28	402	121.09	3.363
290	0.29	407	122.59	3.405
300	0.3	412	124.10	3.447
310	0.31	417	125.61	3.489
320	0.32	421	126.82	3.523

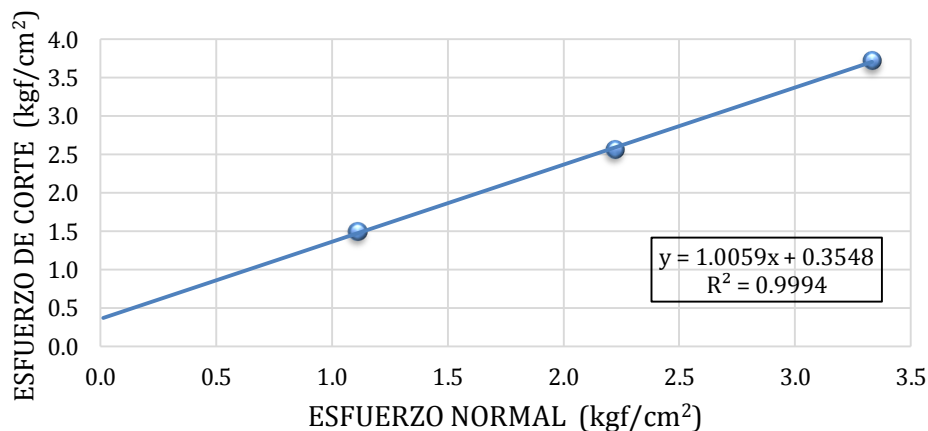
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
330	0.33	424.5	127.87	3.552
340	0.34	427.5	128.78	3.577
350	0.35	429.75	129.46	3.596
360	0.36	433	130.44	3.623
370	0.37	435	131.04	3.640
380	0.38	437	131.64	3.657
390	0.39	438.5	132.10	3.669
400	0.4	440	132.55	3.682
410	0.41	441.5	133.00	3.694
420	0.42	442	133.15	3.699
430	0.43	443	133.45	3.707
440	0.44	444	133.76	3.715
450	0.45	444.5	133.91	3.720
460	0.46	445	134.06	3.724
470	0.47	445	134.06	3.724
480	0.48	445	134.06	3.724

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 10% de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.956	1.111
2.558	2.222
3.724	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
51.237	0.3548

9.3.6 Arcilla +12% de Cal

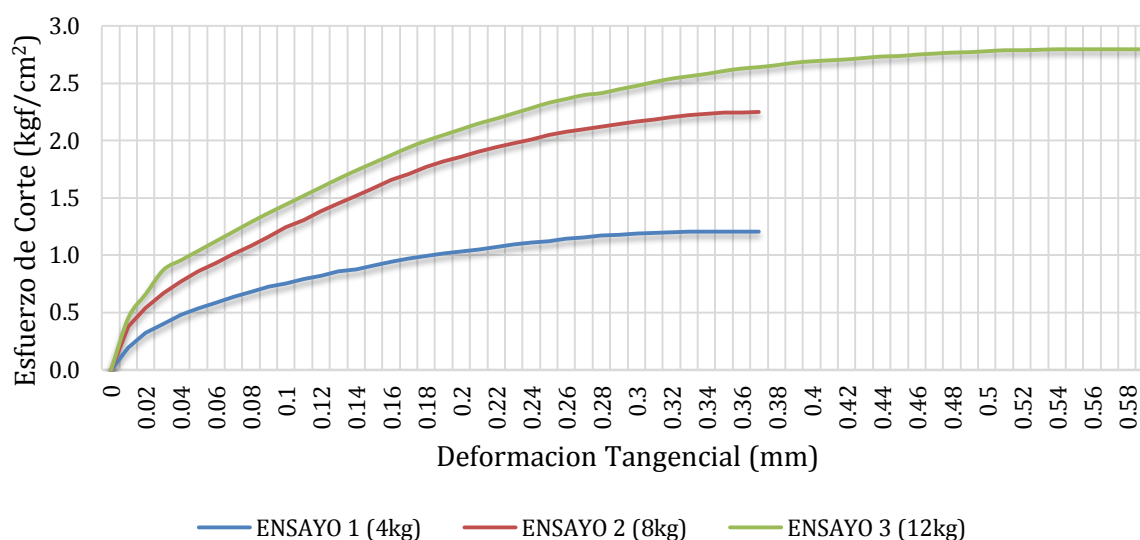
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	22	6.91	0.192
20	0.02	37	11.63	0.323
30	0.03	46	14.46	0.402
40	0.04	55	17.29	0.480
50	0.05	61	19.18	0.533
60	0.06	67	21.06	0.585
70	0.07	73	22.95	0.638
80	0.08	78	24.52	0.681
90	0.09	83	26.10	0.725
100	0.1	86	27.04	0.751
110	0.11	90.5	28.45	0.791
120	0.12	94	29.55	0.821
130	0.13	98	30.81	0.856
140	0.14	100.5	31.60	0.878
150	0.15	104	32.70	0.908
160	0.16	108	33.96	0.943
170	0.17	111	34.90	0.970
180	0.18	113.5	35.69	0.991
190	0.19	116	36.47	1.013
200	0.2	118	37.10	1.031
210	0.21	120	37.73	1.048
220	0.22	122.5	38.52	1.070
230	0.23	125	39.30	1.092
240	0.24	127	39.93	1.109
250	0.25	128.5	40.40	1.122
260	0.26	131	41.19	1.144
270	0.27	132.5	41.66	1.157
280	0.28	134	42.13	1.171
290	0.29	135	42.45	1.179
300	0.3	136	42.76	1.188
310	0.31	136.5	42.92	1.192
320	0.32	137	43.08	1.197
370	0.37	138	43.39	1.205

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kg)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	45	13.5	0.375
20	0.02	65	19.5	0.542
30	0.03	80	24	0.667
40	0.04	92	27.6	0.767
50	0.05	103	30.9	0.858
60	0.06	112	33.6	0.933
70	0.07	121	36.3	1.008
80	0.08	130	39	1.083
90	0.09	139	41.7	1.158
100	0.1	149	44.7	1.242
110	0.11	157	47.1	1.308
120	0.12	166	49.8	1.383
130	0.13	174	52.2	1.450
140	0.14	182	54.6	1.517
150	0.15	190.5	57.15	1.588
160	0.16	199	59.7	1.658
170	0.17	205	61.50	1.709
180	0.18	212	63.61	1.767
190	0.19	218	65.42	1.817
200	0.2	223	66.93	1.859
210	0.21	228	68.44	1.901
220	0.22	233	69.95	1.943
230	0.23	237	71.16	1.977
240	0.24	241	72.36	2.010
250	0.25	245.5	73.72	2.048
260	0.26	249	74.78	2.077
270	0.27	251.5	75.53	2.098
280	0.28	254.5	76.44	2.123
290	0.29	257	77.19	2.144
300	0.3	259.5	77.94	2.165
310	0.31	261.5	78.55	2.182
320	0.32	264.25	79.38	2.205
330	0.33	266	79.90	2.220
340	0.34	267.5	80.36	2.232
350	0.35	269	80.81	2.245
360	0.36	269.25	80.89	2.247
370	0.37	269.5	80.96	2.249

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	55	16.5	0.458
20	0.02	80	24	0.667
30	0.03	105	31.5	0.875
40	0.04	115	34.5	0.958
50	0.05	125	37.5	1.042
60	0.06	135	40.5	1.125
70	0.07	145	43.5	1.208
80	0.08	155	46.5	1.292
90	0.09	164.5	49.35	1.371
100	0.1	173.5	52.05	1.446
110	0.11	182.5	54.75	1.521
120	0.12	191.5	57.45	1.596
130	0.13	200.5	60.15	1.671
140	0.14	209	62.71	1.742
150	0.15	217	65.13	1.809
160	0.16	225	67.54	1.876
170	0.17	233	69.95	1.943
180	0.18	240	72.07	2.002
190	0.19	246	73.88	2.052
200	0.2	252	75.69	2.102
210	0.21	258	77.50	2.153
220	0.22	263	79.00	2.195
230	0.23	268.5	80.67	2.241
240	0.24	274	82.33	2.287
250	0.25	279.5	84.00	2.333
260	0.26	283.5	85.21	2.367
270	0.27	287.5	86.42	2.401
280	0.28	289.5	87.02	2.417
290	0.29	293.5	88.24	2.451
300	0.3	297	89.30	2.480
310	0.31	301	90.51	2.514
320	0.32	304.5	91.57	2.544

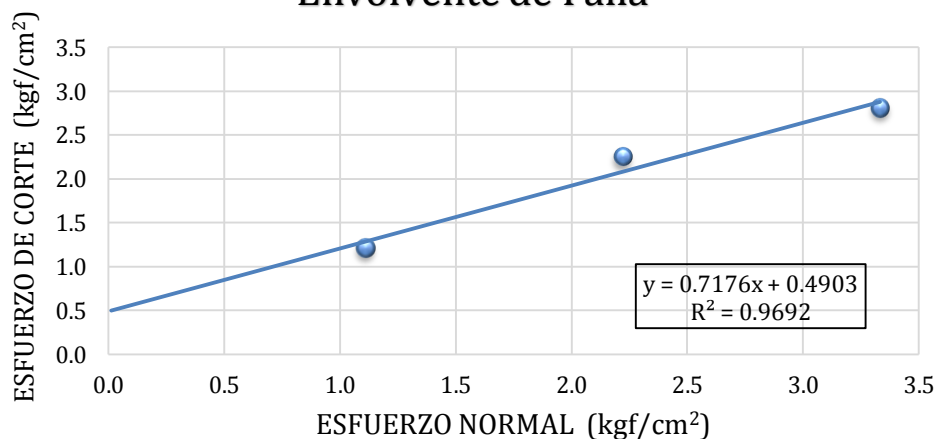
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
330	0.33	307	92.32	2.565
340	0.34	309.5	93.08	2.586
350	0.35	312.5	93.99	2.611
360	0.36	315	94.75	2.632
370	0.37	316.5	95.20	2.644
380	0.38	318.5	95.81	2.661
390	0.39	321	96.56	2.682
400	0.4	322.5	97.02	2.695
410	0.41	323.5	97.32	2.703
420	0.42	324.5	97.62	2.712
430	0.43	326	98.08	2.724
440	0.44	327.5	98.53	2.737
450	0.45	328	98.68	2.741
460	0.46	329.5	99.14	2.754
470	0.47	330.5	99.44	2.762
480	0.48	331.5	99.74	2.771
490	0.49	332	99.89	2.775
500	0.5	333	100.20	2.783
510	0.51	334	100.50	2.792
520	0.52	334	100.50	2.792
530	0.53	334.5	100.65	2.796
540	0.54	335	100.80	2.800

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 12% de cal



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.205	1.111
2.249	2.222
2.800	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
35.662	0.4903

9.4 Arcilla con porcentaje de cal hidratada - Densidad Húmeda Máxima

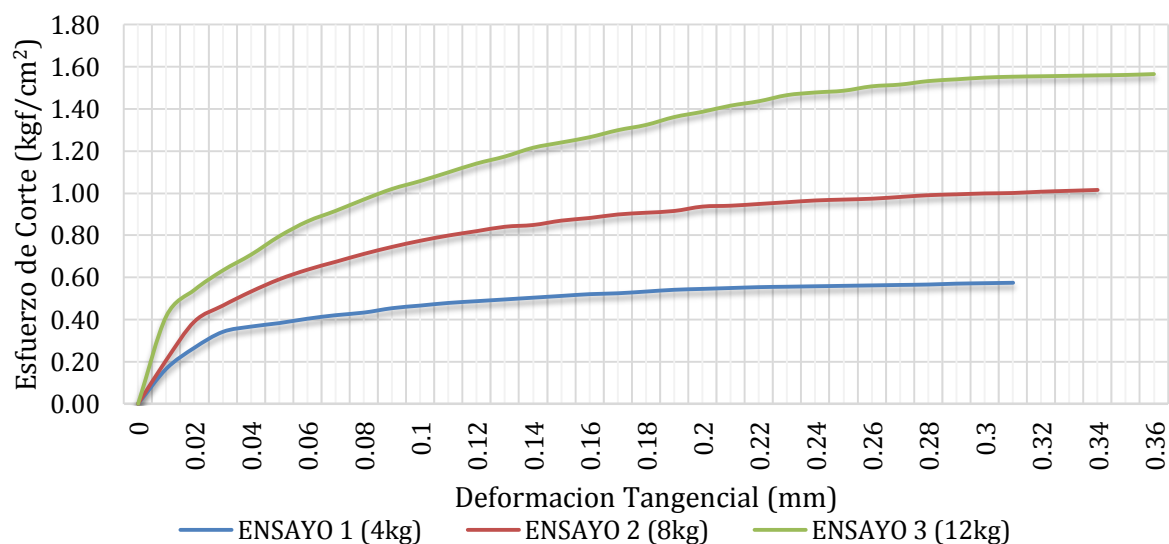
9.4.1 Arcilla +2% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	20	6	0.167
20	0.02	32	9.6	0.267
30	0.03	41	12.3	0.342
40	0.04	44	13.2	0.367
50	0.05	46	13.8	0.383
60	0.06	48.5	14.55	0.404
70	0.07	50.5	15.15	0.421
80	0.08	52	15.6	0.433
90	0.09	54.5	16.35	0.454
100	0.1	56	16.8	0.467
110	0.11	57.5	17.25	0.479
120	0.12	58.5	17.55	0.488
130	0.13	59.5	17.85	0.496
140	0.14	60.5	18.15	0.504
150	0.15	61.5	18.45	0.513
160	0.16	62.5	18.75	0.521
170	0.17	63	18.9	0.525
180	0.18	64	19.2	0.533
190	0.19	65	19.5	0.542
200	0.2	65.5	19.65	0.546
210	0.21	66	19.8	0.550
220	0.22	66.5	19.95	0.554
230	0.23	66.75	20.025	0.556
240	0.24	67	20.1	0.558
250	0.25	67.25	20.175	0.560
260	0.26	67.5	20.25	0.563
270	0.27	67.75	20.325	0.565
280	0.28	68	20.4	0.567
290	0.29	68.5	20.55	0.571
300	0.3	68.75	20.625	0.573
310	0.31	69	20.7	0.575
320	0.32	69.25	20.775	0.577
330	0.33	69.5	20.85	0.579
340	0.34	69.75	20.925	0.581

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	25	7.5	0.208
20	0.02	47	14.1	0.392
30	0.03	56	16.8	0.467
40	0.04	64	19.2	0.533
50	0.05	71	21.3	0.592
60	0.06	76.5	22.95	0.638
70	0.07	81	24.3	0.675
80	0.08	85.5	25.65	0.713
90	0.09	89.5	26.85	0.746
100	0.1	93	27.9	0.775
110	0.11	96	28.8	0.800
120	0.12	98.5	29.55	0.821
130	0.13	101	30.3	0.842
140	0.14	102	30.6	0.850
150	0.15	104.5	31.35	0.871
160	0.16	106	31.8	0.883
170	0.17	108	32.4	0.900
180	0.18	109	32.7	0.908
190	0.19	110	33	0.917
200	0.2	112.5	33.75	0.938
210	0.21	113	33.9	0.942
220	0.22	114	34.2	0.950
230	0.23	115	34.5	0.958
240	0.24	116	34.8	0.967
250	0.25	116.5	34.95	0.971
260	0.26	117	35.1	0.975
270	0.27	118	35.4	0.983
280	0.28	119	35.7	0.992
290	0.29	119.5	35.85	0.996
300	0.3	120	36	1.000
310	0.31	120.25	36.075	1.002
320	0.32	121	36.3	1.008
330	0.33	121.5	36.45	1.013
340	0.34	122	36.6	1.017

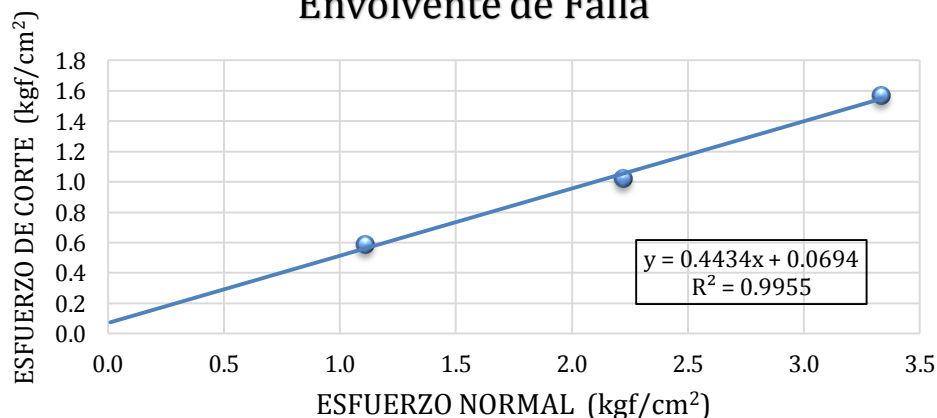
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15	0.417
20	0.02	65	19.5	0.542
30	0.03	76	22.8	0.633
40	0.04	85	25.5	0.708
50	0.05	95.5	28.65	0.796
60	0.06	104	31.2	0.867
70	0.07	110	33	0.917
80	0.08	116.5	34.95	0.971
90	0.09	122.5	36.75	1.021
100	0.1	127	38.1	1.058
110	0.11	132	39.6	1.100
120	0.12	137	41.1	1.142
130	0.13	141	42.3	1.175
140	0.14	146	43.8	1.217
150	0.15	149	44.7	1.242
160	0.16	152	45.6	1.267
170	0.17	156	46.8	1.300
180	0.18	159	47.700	1.325
190	0.19	163.5	49.05	1.363
200	0.2	166.5	49.95	1.388
210	0.21	170	51	1.417
220	0.22	172.5	51.75	1.438
230	0.23	176	52.8	1.467
240	0.24	177.5	53.25	1.479
250	0.25	178.5	53.55	1.488
260	0.26	181	54.3	1.508
270	0.27	182	54.6	1.517
280	0.28	184	55.2	1.533
290	0.29	185	55.5	1.542
300	0.3	186	55.8	1.550
310	0.31	186.5	55.95	1.554
320	0.32	186.75	56.025	1.556
330	0.33	187	56.1	1.558
340	0.34	187.25	56.175	1.560
350	0.35	187.5	56.25	1.563
360	0.36	188	56.4	1.567

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 2 % de cal w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.581	1.111
1.017	2.222
1.567	3.333

Envolvente de Falla



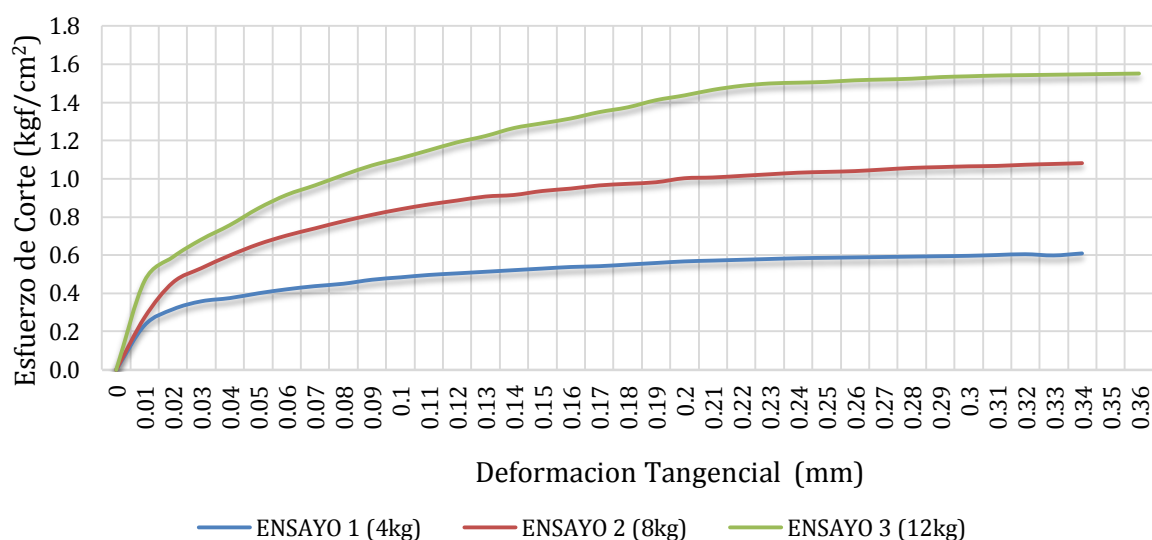
Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
23.914	0.0694

9.4.2 Arcilla +4% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0.000
10	0.01	28	8.4	0.233	10	0.01	33	9.9	0.275
20	0.02	38	11.4	0.317	20	0.02	55	16.5	0.458
30	0.03	43	12.9	0.358	30	0.03	64	19.2	0.533
40	0.04	45	13.5	0.375	40	0.04	72	21.6	0.600
50	0.05	48	14.4	0.400	50	0.05	79	23.7	0.658
60	0.06	50.5	15.15	0.421	60	0.06	84.5	25.35	0.704
70	0.07	52.5	15.75	0.438	70	0.07	89	26.7	0.742
80	0.08	54	16.2	0.450	80	0.08	93.5	28.05	0.779
90	0.09	56.5	16.95	0.471	90	0.09	97.5	29.25	0.813
100	0.1	58	17.4	0.483	100	0.1	101	30.3	0.842
110	0.11	59.5	17.85	0.496	110	0.11	104	31.2	0.867
120	0.12	60.5	18.15	0.504	120	0.12	106.5	31.95	0.888
130	0.13	61.5	18.45	0.513	130	0.13	109	32.7	0.908
140	0.14	62.5	18.75	0.521	140	0.14	110	33	0.917
150	0.15	63.5	19.05	0.529	150	0.15	112.5	33.75	0.938
160	0.16	64.5	19.35	0.538	160	0.16	114	34.2	0.950
170	0.17	65	19.5	0.542	170	0.17	116	34.8	0.967
180	0.18	66	19.8	0.550	180	0.18	117	35.1	0.975
190	0.19	67	20.1	0.558	190	0.19	118	35.4	0.983
200	0.2	68	20.4	0.567	200	0.2	120.5	36.15	1.004
210	0.21	68.5	20.55	0.571	210	0.21	121	36.3	1.008
220	0.22	69	20.7	0.575	220	0.22	122	36.6	1.017
230	0.23	69.5	20.85	0.579	230	0.23	123	36.9	1.025
240	0.24	70	21	0.583	240	0.24	124	37.2	1.033
250	0.25	70.25	21.075	0.585	250	0.25	124.5	37.35	1.038
260	0.26	70.5	21.15	0.588	260	0.26	125	37.5	1.042
270	0.27	70.75	21.225	0.590	270	0.27	126	37.8	1.050
280	0.28	71	21.3	0.592	280	0.28	127	38.1	1.058
290	0.29	71.25	21.375	0.594	290	0.29	127.5	38.25	1.063
300	0.3	71.5	21.45	0.596	300	0.3	128	38.4	1.067
310	0.31	72	21.6	0.600	310	0.31	128.25	38.475	1.069
311	0.311	72.5	21.75	0.604	320	0.32	129	38.7	1.075
312	0.312	71.75	21.525	0.598	330	0.33	129.5	38.85	1.079
313	0.313	73	21.9	0.608	340	0.34	130	39	1.083

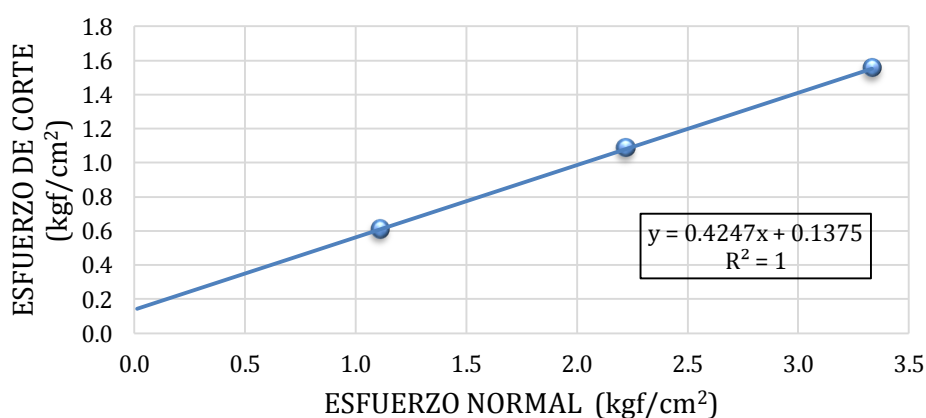
ENSAYO N° 3 (12 Kg)					
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	
0	0	0	0	0.000	
10	0.01	56	16.8	0.467	
20	0.02	71	21.3	0.592	
30	0.03	82	24.6	0.683	
40	0.04	91	27.3	0.758	
50	0.05	101.5	30.45	0.846	
60	0.06	110	33	0.917	
70	0.07	116	34.8	0.967	
80	0.08	122.5	36.75	1.021	
90	0.09	128.5	38.55	1.071	
100	0.1	133	39.9	1.108	
110	0.11	138	41.4	1.150	
120	0.12	143	42.9	1.192	
130	0.13	147	44.1	1.225	
140	0.14	152	45.6	1.267	
150	0.15	155	46.5	1.292	
160	0.16	158	47.4	1.317	
170	0.17	162	48.6	1.350	
180	0.18	165	49.5	1.375	
190	0.19	169.5	50.85	1.413	
200	0.2	172.5	51.75	1.438	
210	0.21	176	52.8	1.467	
220	0.22	178.5	53.55	1.488	
230	0.23	180	54	1.500	
240	0.24	180.5	54.15	1.504	
250	0.25	181	54.3	1.508	
260	0.26	182	54.6	1.517	
270	0.27	182.5	54.75	1.521	
280	0.28	183	54.9	1.525	
290	0.29	184	55.2	1.533	
300	0.3	184.5	55.35	1.538	
310	0.31	185	55.5	1.542	
320	0.32	185.25	55.575	1.544	
330	0.33	185.5	55.65	1.546	
340	0.34	185.75	55.725	1.548	
350	0.35	186	55.8	1.550	
360	0.36	186.25	55.875	1.552	

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 4% de cal w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.608	1.111
1.083	2.222
1.552	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
23.010	0.1375

9.4.3 Arcilla +6% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	25	7.5	0.208
20	0.02	35	10.5	0.292
30	0.03	41	12.3	0.342
40	0.04	47	14.1	0.392
50	0.05	51	15.3	0.425
60	0.06	55	16.5	0.458
70	0.07	57	17.1	0.475
80	0.08	59	17.7	0.492
90	0.09	61	18.3	0.508
100	0.1	62	18.6	0.517
110	0.11	63	18.9	0.525
120	0.12	64	19.2	0.533
130	0.13	65	19.5	0.542
140	0.14	65.5	19.65	0.546
150	0.15	66	19.8	0.550
160	0.16	67	20.1	0.558
170	0.17	68	20.4	0.567
180	0.18	68.5	20.55	0.571
190	0.19	69	20.7	0.575
200	0.2	70	21	0.583
210	0.21	70.5	21.15	0.588
220	0.22	71	21.3	0.592
230	0.23	72	21.6	0.600
240	0.24	73.5	22.05	0.613
250	0.25	74.5	22.35	0.621
260	0.26	75.5	22.65	0.629
270	0.27	77	23.1	0.642
280	0.28	77.5	23.25	0.646
290	0.29	78	23.4	0.650
300	0.3	78.5	23.55	0.654
310	0.31	79	23.7	0.658
320	0.32	79.25	23.775	0.660
330	0.33	80	24	0.667
340	0.34	81.25	24.375	0.677
350	0.35	82	24.6	0.683

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
360	0.36	83	24.9	0.692
370	0.37	84	25.2	0.700
380	0.38	85	25.5	0.708
390	0.39	86	25.8	0.717
400	0.4	87	26.1	0.725
410	0.41	88	26.4	0.733
420	0.42	89	26.7	0.742
430	0.43	90	27	0.750
440	0.44	91	27.3	0.758

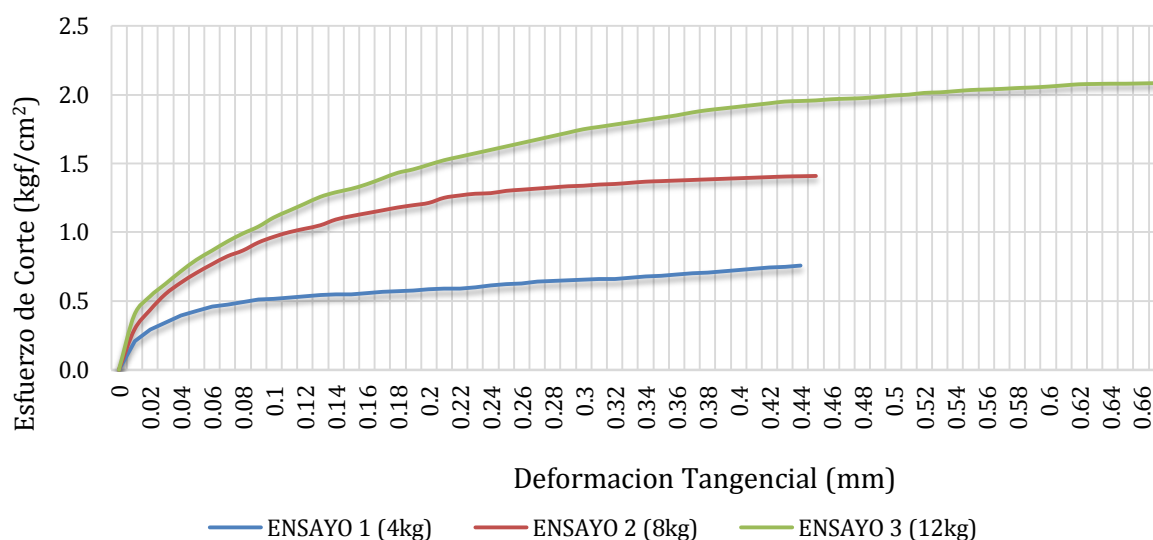
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	35	10.5	0.292
20	0.02	52	15.6	0.433
30	0.03	66	19.8	0.550
40	0.04	76	22.8	0.633
50	0.05	84.5	25.35	0.704
60	0.06	92	27.6	0.767
70	0.07	99	29.7	0.825
80	0.08	104	31.2	0.867
90	0.09	111	33.3	0.925
100	0.1	116	34.8	0.967
110	0.11	120	36	1.000
120	0.12	123	36.9	1.025
130	0.13	126	37.8	1.050
140	0.14	131	39.3	1.092
150	0.15	134	40.2	1.117
160	0.16	136.5	40.95	1.138
170	0.17	139	41.7	1.158
180	0.18	141.5	42.45	1.179
190	0.19	143.5	43.05	1.196
200	0.2	145.5	43.65	1.213
210	0.21	150	45	1.250
220	0.22	152	45.6	1.267
230	0.23	153.5	46.05	1.279
240	0.24	154	46.2	1.283
250	0.25	156	46.8	1.300
260	0.26	157	47.1	1.308
270	0.27	158	47.4	1.317
280	0.28	159	47.7	1.325
290	0.29	160	48	1.333
300	0.3	160.5	48.15	1.338
310	0.31	161.5	48.45	1.346
320	0.32	162	48.6	1.350
330	0.33	163	48.9	1.358
340	0.34	164	49.2	1.367
350	0.35	164.5	49.35	1.371
360	0.36	165	49.5	1.375
370	0.37	165.5	49.65	1.379
380	0.38	166	49.8	1.383

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	166.5	49.95	1.388
400	0.4	167	50.1	1.392
410	0.41	167.5	50.25	1.396
420	0.42	168	50.4	1.400
430	0.43	168.5	50.55	1.404
440	0.44	168.75	50.625	1.406
450	0.45	169	50.7	1.408

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	48	14.4	0.400
20	0.02	64	19.2	0.533
30	0.03	75	22.5	0.625
40	0.04	86	25.8	0.717
50	0.05	96	28.8	0.800
60	0.06	104	31.2	0.867
70	0.07	112	33.6	0.933
80	0.08	119	35.7	0.992
90	0.09	125	37.5	1.042
100	0.1	133	39.9	1.108
110	0.11	139	41.7	1.158
120	0.12	145	43.5	1.208
130	0.13	151	45.3	1.258
140	0.14	155	46.5	1.292
150	0.15	158	47.4	1.317
160	0.16	162	48.6	1.350
170	0.17	167	50.1	1.392
180	0.18	172	51.6	1.433
190	0.19	175	52.5	1.458
200	0.2	179	53.7	1.492
210	0.21	183	54.9	1.525
220	0.22	186	55.8	1.550
230	0.23	189	56.7	1.575
240	0.24	192	57.6	1.600
250	0.25	195	58.5	1.625
260	0.26	198	59.4	1.650
270	0.27	201	60.30	1.675
280	0.28	204	61.21	1.700
290	0.29	207	62.11	1.725
300	0.3	210	63.02	1.750
310	0.31	212	63.62	1.767
320	0.32	214	64.22	1.784
330	0.33	216	64.83	1.801
340	0.34	218	65.43	1.817
350	0.35	220	66.03	1.834
360	0.36	222	66.64	1.851
370	0.37	224.5	67.39	1.872

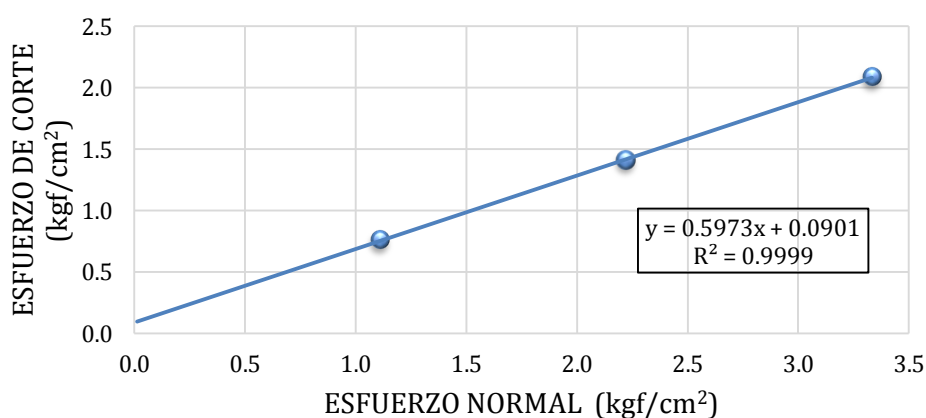
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	226.5	67.99	1.889
390	0.39	228	68.45	1.901
400	0.4	229.5	68.90	1.914
410	0.41	231	69.35	1.926
420	0.42	232.5	69.80	1.939
430	0.43	234	70.26	1.952
440	0.44	234.5	70.41	1.956
450	0.45	235	70.56	1.960
460	0.46	236	70.86	1.968
470	0.47	236.5	71.01	1.973
480	0.48	237	71.16	1.977
490	0.49	238	71.46	1.985
500	0.5	239.25	71.84	1.996
510	0.51	240	72.07	2.002
520	0.52	241.5	72.52	2.014
530	0.53	242	72.67	2.019
540	0.54	243	72.97	2.027
550	0.55	244	73.27	2.035
560	0.56	244.5	73.42	2.040
570	0.57	245	73.57	2.044
580	0.58	245.75	73.80	2.050
590	0.59	246.25	73.95	2.054
600	0.6	247	74.18	2.060
610	0.61	248	74.48	2.069
620	0.62	249	74.78	2.077
630	0.63	249.25	74.86	2.079
640	0.64	249.5	74.93	2.081
650	0.65	249.5	74.93	2.081
660	0.66	249.75	75.01	2.084
670	0.67	250	75.08	2.086

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 6% de cal w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.758	1.111
1.408	2.222
2.086	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
30.849	0.0901

9.4.4 Arcilla +8% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	30	9	0.250
20	0.02	41	12.3	0.342
30	0.03	47	14.1	0.392
40	0.04	51	15.3	0.425
50	0.05	54	16.2	0.450
60	0.06	58.5	17.55	0.488
70	0.07	61	18.3	0.508
80	0.08	64	19.2	0.533
90	0.09	67	20.1	0.558
100	0.1	69	20.7	0.575
110	0.11	71	21.3	0.592
120	0.12	72	21.6	0.600
130	0.13	74	22.2	0.617
140	0.14	76	22.8	0.633
150	0.15	78	23.4	0.650
160	0.16	79.5	23.85	0.663
170	0.17	81	24.3	0.675
180	0.18	82.5	24.75	0.688
190	0.19	84	25.2	0.700
200	0.2	85	25.5	0.708
210	0.21	86.5	25.95	0.721
220	0.22	88	26.4	0.733
230	0.23	89	26.7	0.742
240	0.24	90	27	0.750
250	0.25	92	27.6	0.767
260	0.26	93	27.9	0.775
270	0.27	94	28.2	0.783
280	0.28	94	28.2	0.783
290	0.29	95	28.5	0.792
300	0.3	96.5	28.95	0.804
310	0.31	97.5	29.25	0.813
320	0.32	98.5	29.55	0.821
330	0.33	99.5	29.85	0.829
340	0.34	100.5	30.15	0.838
350	0.35	101.5	30.45	0.846
360	0.36	102.5	30.75	0.854

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	103.5	31.05	0.863
380	0.38	104	31.2	0.867
390	0.39	105	31.5	0.875
400	0.4	106	31.8	0.883
410	0.41	107	32.1	0.892
420	0.42	107.5	32.25	0.896
430	0.43	108.5	32.55	0.904
440	0.44	109.5	32.85	0.913
450	0.45	110.5	33.15	0.921
460	0.46	111	33.3	0.925
470	0.47	111.5	33.45	0.929
480	0.48	112	33.6	0.933
490	0.49	112.5	33.75	0.938
500	0.5	113	33.9	0.942
510	0.51	113.5	34.05	0.946
520	0.52	114	34.2	0.950
530	0.53	114.5	34.35	0.954
540	0.54	115	34.5	0.958
550	0.55	115.5	34.65	0.963
560	0.56	116	34.8	0.967
570	0.57	116.25	34.875	0.969
580	0.58	116.5	34.95	0.971

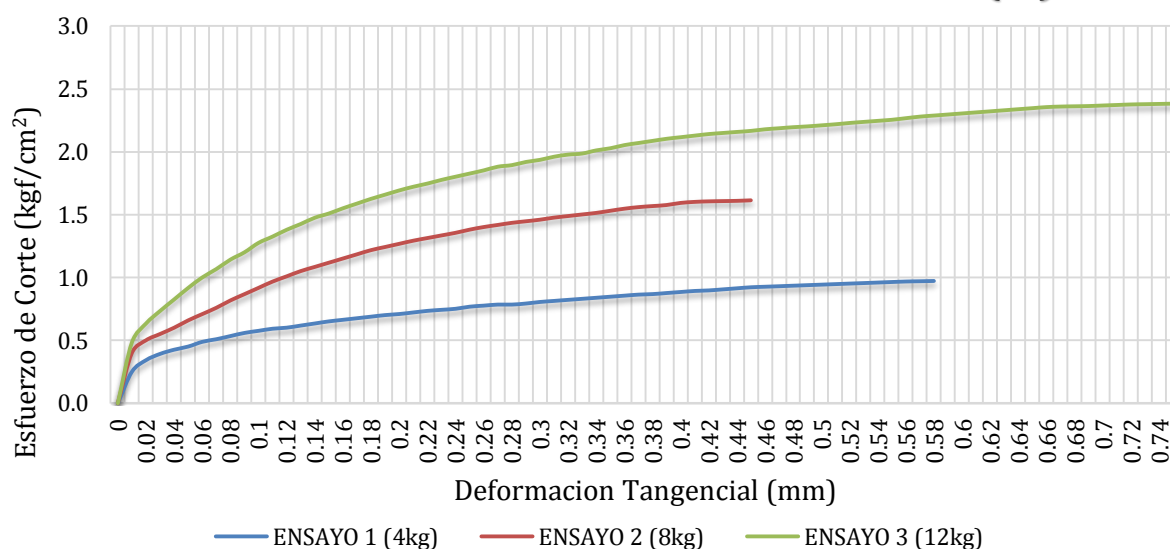
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	48	14.4	0.400
20	0.02	60	18	0.500
30	0.03	66	19.8	0.550
40	0.04	72	21.6	0.600
50	0.05	79	23.7	0.658
60	0.06	85	25.5	0.708
70	0.07	91	27.3	0.758
80	0.08	98	29.4	0.817
90	0.09	104	31.2	0.867
100	0.1	110	33	0.917
110	0.11	116	34.8	0.967
120	0.12	121	36.3	1.008
130	0.13	126	37.8	1.050
140	0.14	130	39	1.083
150	0.15	134	40.2	1.117
160	0.16	138	41.4	1.150
170	0.17	142	42.6	1.183
180	0.18	146	43.8	1.217
190	0.19	149	44.7	1.242
200	0.2	152	45.6	1.267
210	0.21	155	46.5	1.292
220	0.22	157.5	47.25	1.313
230	0.23	160	48	1.333
240	0.24	162.5	48.75	1.354
250	0.25	165.5	49.65	1.379
260	0.26	168	50.4	1.400
270	0.27	170	51	1.417
280	0.28	172	51.6	1.433
290	0.29	173.5	52.05	1.446
300	0.3	175	52.5	1.458
310	0.31	177	53.1	1.475
320	0.32	178.5	53.55	1.488
330	0.33	180	54	1.500
340	0.34	181.5	54.45	1.513
350	0.35	183.5	55.05	1.529
360	0.36	185.5	55.65	1.546

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	187	56.1	1.558
380	0.38	188	56.4	1.567
390	0.39	189	56.7	1.575
400	0.4	191	57.3	1.592
410	0.41	192	57.6	1.600
420	0.42	192.5	57.75	1.604
430	0.43	192.75	57.825	1.606
440	0.44	193	57.9	1.608
450	0.45	193.5	58.05	1.613

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	58	17.4	0.483
20	0.02	76	22.8	0.633
30	0.03	88	26.4	0.733
40	0.04	99	29.7	0.825
50	0.05	110	33	0.917
60	0.06	120	36	1.000
70	0.07	128	38.4	1.067
80	0.08	137	41.1	1.142
90	0.09	144	43.2	1.200
100	0.1	153	45.9	1.275
110	0.11	159	47.7	1.325
120	0.12	165.5	49.65	1.379
130	0.13	171	51.3	1.425
140	0.14	177	53.1	1.475
150	0.15	181	54.3	1.508
160	0.16	186	55.8	1.550
170	0.17	190.5	57.15	1.588
180	0.18	195	58.5	1.625
190	0.19	199	59.7	1.658
200	0.2	203	60.90	1.692
210	0.21	206.5	61.96	1.721
220	0.22	209.5	62.87	1.746
230	0.23	213	63.92	1.776
240	0.24	216	64.83	1.801
250	0.25	219	65.73	1.826
260	0.26	222	66.64	1.851
270	0.27	225.5	67.69	1.880
280	0.28	227	68.14	1.893
290	0.29	230	69.05	1.918
300	0.3	232	69.65	1.935
310	0.31	235	70.56	1.960
320	0.32	237	71.16	1.977
330	0.33	238	71.46	1.985
340	0.34	241	72.37	2.010
350	0.35	243	72.97	2.027
360	0.36	246	73.88	2.052
370	0.37	248	74.48	2.069

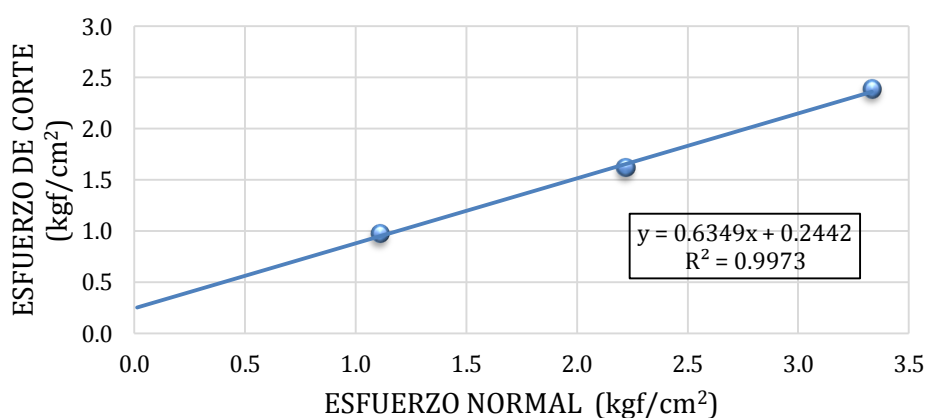
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	250	75.08	2.086
390	0.39	252	75.69	2.102
400	0.4	253.5	76.14	2.115
410	0.41	255	76.59	2.128
420	0.42	256.5	77.04	2.140
430	0.43	257.5	77.35	2.148
440	0.44	258.5	77.65	2.157
450	0.45	259.5	77.95	2.165
460	0.46	261	78.40	2.178
470	0.47	262	78.70	2.186
480	0.48	263	79.00	2.195
490	0.49	263.75	79.23	2.201
500	0.5	264.75	79.53	2.209
510	0.51	265.75	79.83	2.218
520	0.52	267	80.21	2.228
530	0.53	268	80.51	2.237
540	0.54	269	80.82	2.245
550	0.55	270	81.12	2.253
560	0.56	271.5	81.57	2.266
570	0.57	273	82.03	2.279
580	0.58	274	82.33	2.287
590	0.59	275	82.63	2.295
600	0.6	276	82.94	2.304
610	0.61	277	83.24	2.312
620	0.62	278	83.54	2.321
630	0.63	279	83.85	2.329
640	0.64	280	84.15	2.337
650	0.65	281	84.45	2.346
660	0.66	282	84.75	2.354
670	0.67	282.5	84.91	2.358
680	0.68	282.75	84.98	2.361
690	0.69	283	85.06	2.363
700	0.7	283.5	85.21	2.367
710	0.71	284	85.36	2.371
720	0.72	284.5	85.51	2.375
730	0.73	284.75	85.59	2.377
740	0.74	285	85.66	2.380
750	0.75	285.25	85.74	2.382

Grafica Esfuerzo - Deformacion de 8% de cal w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.971	1.111
1.613	2.222
2.382	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
32.409	0.2442

9.4.5 Arcilla +10% de Cal

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	100.5	30.15	0.838
10	0.01	25	7.5	0.208	380	0.38	101	30.3	0.842
20	0.02	38	11.4	0.317	390	0.39	102	30.6	0.850
30	0.03	44	13.2	0.367	400	0.4	103	30.9	0.858
40	0.04	48	14.4	0.400	410	0.41	104	31.2	0.867
50	0.05	51	15.3	0.425	420	0.42	104.5	31.35	0.871
60	0.06	55.5	16.65	0.463	430	0.43	105.5	31.65	0.879
70	0.07	58	17.4	0.483	440	0.44	106.5	31.95	0.888
80	0.08	61	18.3	0.508	450	0.45	107.5	32.25	0.896
90	0.09	64	19.2	0.533	460	0.46	108	32.4	0.900
100	0.1	66	19.8	0.550	470	0.47	108.5	32.55	0.904
110	0.11	68	20.4	0.567	480	0.48	109	32.7	0.908
120	0.12	70	21	0.583	490	0.49	109.5	32.85	0.913
130	0.13	71	21.3	0.592	500	0.5	110	33	0.917
140	0.14	73	21.9	0.608	510	0.51	110.5	33.15	0.921
150	0.15	75	22.5	0.625	520	0.52	111	33.3	0.925
160	0.16	76.5	22.95	0.638	530	0.53	111.5	33.45	0.929
170	0.17	78	23.4	0.650	540	0.54	112	33.6	0.933
180	0.18	79.5	23.85	0.663	550	0.55	112.5	33.75	0.938
190	0.19	81	24.3	0.675	560	0.56	113	33.9	0.942
200	0.2	83	24.9	0.692	570	0.57	113.25	33.975	0.944
210	0.21	84.5	25.35	0.704	580	0.58	113.5	34.05	0.946
220	0.22	85	25.5	0.708					
230	0.23	86	25.8	0.717					
240	0.24	87	26.1	0.725					
250	0.25	89	26.7	0.742					
260	0.26	90	27	0.750					
270	0.27	91	27.3	0.758					
280	0.28	91	27.3	0.758					
290	0.29	92	27.6	0.767					
300	0.3	93.5	28.05	0.779					
310	0.31	94.5	28.35	0.788					
320	0.32	95.5	28.65	0.796					
330	0.33	96.5	28.95	0.804					
340	0.34	97.5	29.25	0.813					
350	0.35	98.5	29.55	0.821					
360	0.36	99.5	29.85	0.829					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	37	11.1	0.308
20	0.02	53	15.9	0.442
30	0.03	61	18.3	0.508
40	0.04	67	20.1	0.558
50	0.05	74	22.2	0.617
60	0.06	80	24	0.667
70	0.07	86	25.8	0.717
80	0.08	93	27.9	0.775
90	0.09	99	29.7	0.825
100	0.1	105	31.5	0.875
110	0.11	111	33.3	0.925
120	0.12	116	34.8	0.967
130	0.13	121	36.3	1.008
140	0.14	125	37.5	1.042
150	0.15	129	38.7	1.075
160	0.16	133	39.9	1.108
170	0.17	137	41.1	1.142
180	0.18	141	42.3	1.175
190	0.19	144	43.2	1.200
200	0.2	147	44.1	1.225
210	0.21	150	45	1.250
220	0.22	152.5	45.75	1.271
230	0.23	155	46.5	1.292
240	0.24	157.5	47.25	1.313
250	0.25	160.5	48.15	1.338
260	0.26	163	48.9	1.358
270	0.27	165	49.5	1.375
280	0.28	167	50.1	1.392
290	0.29	168.5	50.55	1.404
300	0.3	170	51	1.417
310	0.31	172	51.6	1.433
320	0.32	173.5	52.05	1.446
330	0.33	175	52.5	1.458
340	0.34	176.5	52.95	1.471
350	0.35	178.5	53.55	1.488
360	0.36	180.5	54.15	1.504
370	0.37	182	54.6	1.517
380	0.38	183	54.9	1.525

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	184	55.2	1.533
400	0.4	186	55.8	1.550
410	0.41	187	56.1	1.558
420	0.42	187.5	56.25	1.563
430	0.43	187.75	56.325	1.565
440	0.44	188	56.4	1.567
450	0.45	188.5	56.55	1.571

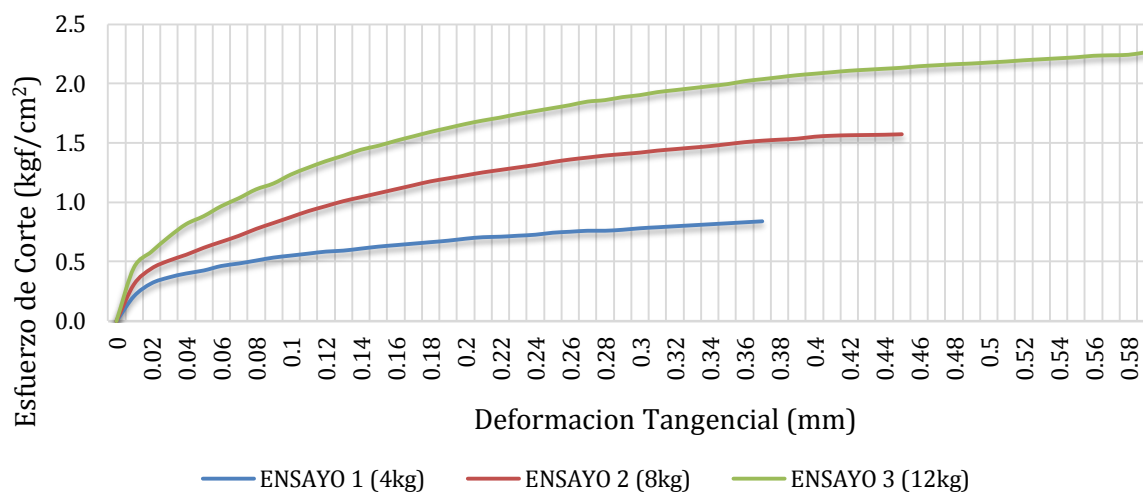
ENSAYO N° 3 (12 Kg)

DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	54	16.2	0.450
20	0.02	70	21	0.583
30	0.03	85	25.5	0.708
40	0.04	98	29.4	0.817
50	0.05	106	31.8	0.883
60	0.06	116	34.8	0.967
70	0.07	124	37.2	1.033
80	0.08	133	39.9	1.108
90	0.09	139	41.7	1.158
100	0.1	148	44.4	1.233
110	0.11	155	46.5	1.292
120	0.12	161.5	48.45	1.346
130	0.13	167	50.1	1.392
140	0.14	173	51.9	1.442
150	0.15	177	53.1	1.475
160	0.16	182	54.6	1.517
170	0.17	186.5	55.95	1.554
180	0.18	191	57.3	1.592
190	0.19	195	58.5	1.625
200	0.2	199	59.7	1.658
210	0.21	202.5	60.75	1.688
220	0.22	205.5	61.65	1.713
230	0.23	209	62.71	1.742
240	0.24	212	63.61	1.767
250	0.25	215	64.52	1.792
260	0.26	218	65.42	1.817
270	0.27	221.5	66.48	1.847
280	0.28	223	66.93	1.859
290	0.29	226	67.84	1.885
300	0.3	228	68.44	1.901
310	0.31	231	69.35	1.926
320	0.32	233	69.95	1.943
330	0.33	235	70.55	1.960
340	0.34	237	71.16	1.977
350	0.35	239	71.76	1.993
360	0.36	242	72.66	2.019
370	0.37	244	73.27	2.035

ENSAYO N° 3 (12 Kg)

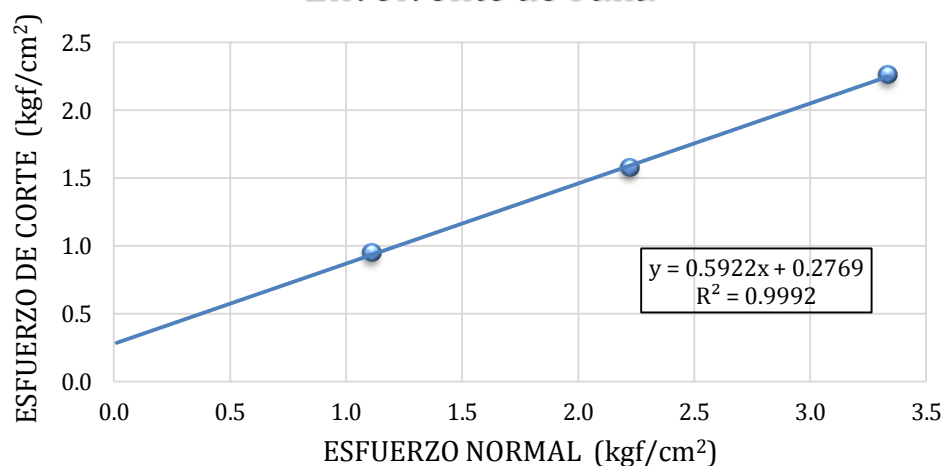
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	246	73.87	2.052
390	0.39	248	74.47	2.069
400	0.4	249.5	74.93	2.081
410	0.41	251	75.38	2.094
420	0.42	252.5	75.83	2.107
430	0.43	253.5	76.13	2.115
440	0.44	254.5	76.440	2.123
450	0.45	255.5	76.74	2.132
460	0.46	257	77.19	2.144
470	0.47	258	77.49	2.153
480	0.48	259	77.79	2.161
490	0.49	259.75	78.02	2.167
500	0.5	260.75	78.32	2.176
510	0.51	261.75	78.62	2.184
520	0.52	263	79.00	2.195
530	0.53	264	79.30	2.203
540	0.54	265	79.60	2.211
550	0.55	266	79.90	2.220
560	0.56	267.5	80.36	2.232
570	0.57	268	80.51	2.237
580	0.58	268.5	80.66	2.241
590	0.59	271	81.42	2.262

Grafica Esfuerzo - Deformación de 10% de cal w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.946	1.111
1.571	2.222
2.262	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
30.632	0.2769

9.5 Arcilla con porcentaje de caucho - Densidad Seca Máxima

9.5.1 Arcilla +2% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	350	0.35	138.75	41.625	1.156
10	0.01	15	4.5	0.125	360	0.36	141	42.3	1.175
20	0.02	36	10.8	0.300	370	0.37	143.5	43.05	1.196
30	0.03	43	12.9	0.358	380	0.38	145	43.5	1.208
40	0.04	49	14.7	0.408	390	0.39	146.5	43.95	1.221
50	0.05	55	16.5	0.458	400	0.4	148	44.4	1.233
60	0.06	60	18	0.500	410	0.41	149.5	44.85	1.246
70	0.07	65	19.5	0.542	420	0.42	151.5	45.45	1.263
80	0.08	70	21	0.583	430	0.43	153.5	46.05	1.279
90	0.09	74.5	22.35	0.621	440	0.44	155	46.5	1.292
100	0.1	79	23.7	0.658	450	0.45	157	47.1	1.308
110	0.11	83	24.9	0.692	460	0.46	159	47.7	1.325
120	0.12	87	26.1	0.725	470	0.47	161	48.3	1.342
130	0.13	90	27	0.750	480	0.48	162.75	48.825	1.356
140	0.14	93	27.9	0.775	490	0.49	163.75	49.125	1.365
150	0.15	95.5	28.65	0.796	500	0.5	165	49.5	1.375
160	0.16	98.5	29.55	0.821	510	0.51	167.5	50.25	1.396
170	0.17	101	30.3	0.842	520	0.52	170	51	1.417
180	0.18	104	31.2	0.867	530	0.53	173	51.9	1.442
190	0.19	107	32.1	0.892	540	0.54	176.5	52.95	1.471
200	0.2	110.5	33.15	0.921	550	0.55	178.5	53.55	1.488
210	0.21	113	33.9	0.942	560	0.56	181	54.3	1.508
220	0.22	116	34.8	0.967	570	0.57	184	55.2	1.533
230	0.23	119	35.7	0.992	580	0.58	187	56.1	1.558
240	0.24	121.5	36.45	1.013	590	0.59	190	57	1.583
250	0.25	123	36.9	1.025	600	0.6	193	57.9	1.608
260	0.26	125.5	37.65	1.046	610	0.61	195.5	58.65	1.629
270	0.27	127.5	38.25	1.063	620	0.62	198	59.4	1.650
280	0.28	129	38.7	1.075	630	0.63	200	60	1.667
290	0.29	131	39.3	1.092					
300	0.3	132	39.6	1.100					
310	0.31	133	39.9	1.108					
320	0.32	134	40.2	1.117					
330	0.33	135.25	40.575	1.127					
340	0.34	136.5	40.95	1.138					

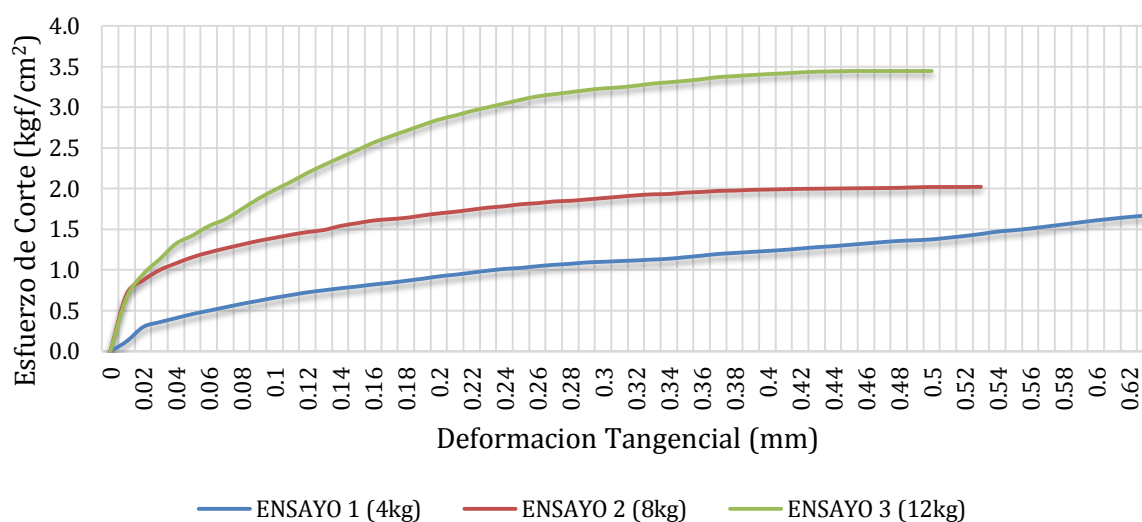
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	85	25.5	0.708
20	0.02	105	31.5	0.875
30	0.03	120	36	1.000
40	0.04	130	39	1.083
50	0.05	139	41.7	1.158
60	0.06	146	43.8	1.217
70	0.07	152	45.6	1.267
80	0.08	157.5	47.25	1.313
90	0.09	163	48.9	1.358
100	0.1	167.5	50.25	1.396
110	0.11	172	51.6	1.433
120	0.12	176	52.8	1.467
130	0.13	179	53.7	1.492
140	0.14	185	55.5	1.542
150	0.15	189	56.7	1.575
160	0.16	193	57.9	1.608
170	0.17	195	58.5	1.625
180	0.18	197	59.1	1.642
190	0.19	200.5	60.15	1.671
200	0.2	203.5	61.06	1.696
210	0.21	206	61.81	1.717
220	0.22	209	62.71	1.742
230	0.23	212	63.62	1.767
240	0.24	214	64.22	1.784
250	0.25	217	65.13	1.809
260	0.26	218.5	65.58	1.822
270	0.27	221	66.33	1.843
280	0.28	222	66.64	1.851
290	0.29	224	67.24	1.868
300	0.3	226	67.84	1.885
310	0.31	228	68.45	1.901
320	0.32	230	69.05	1.918
330	0.33	231.5	69.50	1.931
340	0.34	232	69.65	1.935
350	0.35	234	70.26	1.952
360	0.36	235	70.56	1.960
370	0.37	236.5	71.01	1.973
380	0.38	237	71.16	1.977

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	238	71.46	1.985
400	0.4	238.5	71.61	1.989
410	0.41	239	71.76	1.993
420	0.42	239.5	71.92	1.998
430	0.43	239.75	71.99	2.000
440	0.44	240	72.07	2.002
450	0.45	240.25	72.14	2.004
460	0.46	240.5	72.22	2.006
470	0.47	240.75	72.29	2.008
480	0.48	241	72.37	2.010
490	0.49	241.75	72.59	2.017
500	0.5	242.25	72.75	2.021
510	0.51	242.25	72.75	2.021
520	0.52	242.25	72.75	2.021
530	0.53	242.5	72.82	2.023
540	0.54	242.65	72.87	2.024
550	0.55	242.8	72.91	2.025
560	0.56	242.95	72.96	2.027
570	0.57	243.1	73.00	2.028
580	0.58	243.25	73.05	2.029

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	80	24	0.667
20	0.02	114	34.2	0.950
30	0.03	136	40.8	1.133
40	0.04	159	47.7	1.325
50	0.05	171	51.3	1.425
60	0.06	185	55.5	1.542
70	0.07	195	58.5	1.625
80	0.08	210	63.02	1.750
90	0.09	225	67.54	1.876
100	0.1	238	71.46	1.985
110	0.11	250	75.08	2.086
120	0.12	263	79.00	2.195
130	0.13	274.5	82.48	2.291
140	0.14	285.5	85.81	2.384
150	0.15	296	88.99	2.472
160	0.16	307	92.32	2.565
170	0.17	316	95.05	2.640
180	0.18	324.5	97.62	2.712
190	0.19	333	100.20	2.783
200	0.2	341	102.62	2.851
210	0.21	347	104.44	2.901
220	0.22	353.5	106.40	2.956
230	0.23	359	108.07	3.002
240	0.24	364.5	109.74	3.048
250	0.25	370	111.40	3.094
260	0.26	375	112.91	3.137
270	0.27	378	113.82	3.162
280	0.28	381	114.73	3.187
290	0.29	384	115.64	3.212
300	0.3	386.5	116.40	3.233

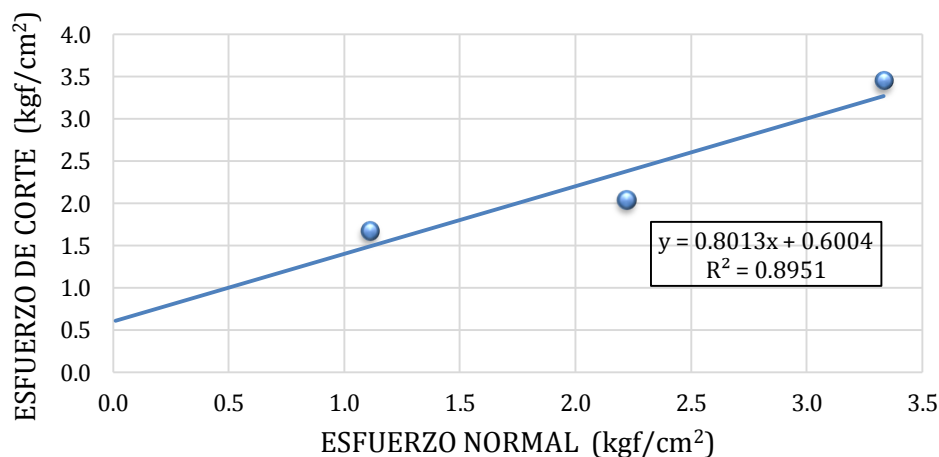
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
310	0.31	388	116.85	3.246
320	0.32	390.5	117.61	3.267
330	0.33	393.5	118.52	3.292
340	0.34	395.5	119.12	3.309
350	0.35	397.5	119.73	3.326
360	0.36	400	120.48	3.347
370	0.37	403	121.39	3.372
380	0.38	404.5	121.84	3.384
390	0.39	406	122.29	3.397
400	0.4	407.5	122.75	3.410
410	0.41	408.5	123.05	3.418
420	0.42	410	123.50	3.431
430	0.43	411	123.80	3.439
440	0.44	411.5	123.95	3.443
450	0.45	412	124.10	3.447

Grafica Esfuerzo - Deformación de 2 % de caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.667	1.111
2.029	2.222
3.447	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.704	0.6004

9.5.2 Arcilla +3% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	156	46.8	1.300
10	0.01	10	3	0.083	380	0.38	157.5	47.25	1.313
20	0.02	24	7.2	0.200	390	0.39	158.5	47.55	1.321
30	0.03	39	11.7	0.325	400	0.4	159.5	47.85	1.329
40	0.04	51	15.3	0.425	410	0.41	160.5	48.15	1.338
50	0.05	58	17.4	0.483	420	0.42	161.5	48.45	1.346
60	0.06	67	20.1	0.558	430	0.43	162	48.6	1.350
70	0.07	74	22.2	0.617	440	0.44	162.5	48.75	1.354
80	0.08	78	23.4	0.650	450	0.45	162.5	48.75	1.354
90	0.09	83	24.9	0.692	460	0.46	162.5	48.75	1.354
100	0.1	87.5	26.25	0.729	470	0.47	162.5	48.75	1.354
110	0.11	91	27.3	0.758					
120	0.12	95	28.5	0.792					
130	0.13	99.5	29.85	0.829					
140	0.14	103.5	31.05	0.863					
150	0.15	108	32.4	0.900					
160	0.16	111	33.3	0.925					
170	0.17	114.5	34.35	0.954					
180	0.18	117	35.1	0.975					
190	0.19	120.5	36.15	1.004					
200	0.2	123.5	37.05	1.029					
210	0.21	126.5	37.95	1.054					
220	0.22	128.5	38.55	1.071					
230	0.23	131	39.3	1.092					
240	0.24	133.5	40.05	1.113					
250	0.25	136.5	40.95	1.138					
260	0.26	137.5	41.25	1.146					
270	0.27	139.5	41.85	1.163					
280	0.28	141.5	42.45	1.179					
290	0.29	143	42.9	1.192					
300	0.3	145	43.5	1.208					
310	0.31	147	44.1	1.225					
320	0.32	148.5	44.55	1.238					
330	0.33	149	44.7	1.242					
340	0.34	151.5	45.45	1.263					
350	0.35	153.5	46.05	1.279					
360	0.36	155	46.5	1.292					

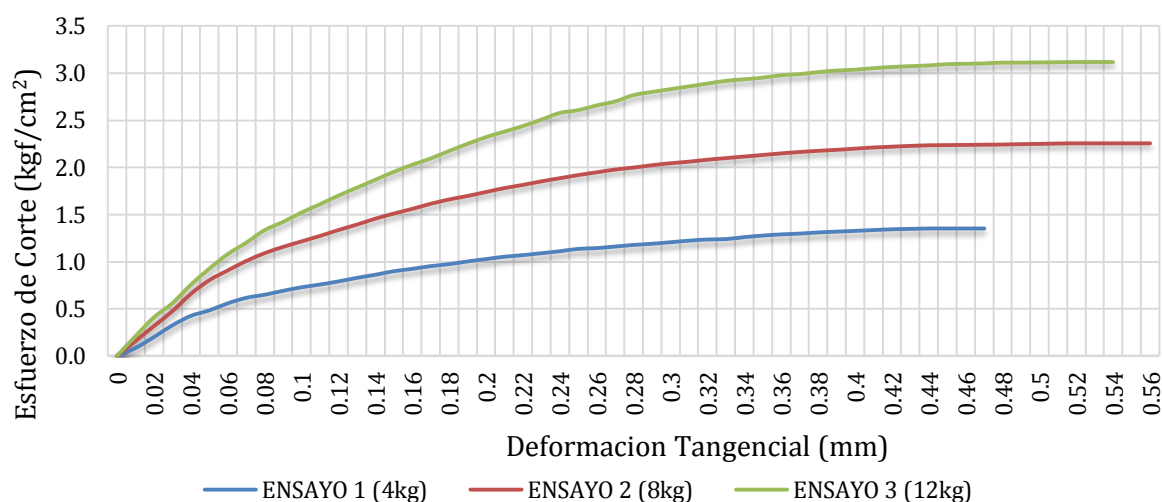
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	19	5.7	0.158
20	0.02	38	11.4	0.317
30	0.03	57	17.1	0.475
40	0.04	79	23.7	0.658
50	0.05	96.5	28.95	0.804
60	0.06	109	32.7	0.908
70	0.07	121	36.3	1.008
80	0.08	131	39.3	1.092
90	0.09	139	41.7	1.158
100	0.1	146	43.8	1.217
110	0.11	153	45.9	1.275
120	0.12	160.5	48.15	1.338
130	0.13	167.5	50.25	1.396
140	0.14	175	52.5	1.458
150	0.15	181.5	54.45	1.513
160	0.16	187.5	56.25	1.563
170	0.17	194	58.2	1.617
180	0.18	199.5	59.85	1.663
190	0.19	204	61.20	1.700
200	0.2	209	62.71	1.742
210	0.21	214	64.22	1.784
220	0.22	218	65.42	1.817
230	0.23	222.5	66.78	1.855
240	0.24	226.5	67.99	1.889
250	0.25	230.5	69.20	1.922
260	0.26	234	70.25	1.952
270	0.27	237.5	71.31	1.981
280	0.28	240	72.06	2.002
290	0.29	243	72.97	2.027
300	0.3	245.5	73.72	2.048
310	0.31	247.5	74.32	2.065
320	0.32	250	75.08	2.086
330	0.33	252	75.68	2.102
340	0.34	254	76.28	2.119
350	0.35	256	76.89	2.136
360	0.36	258	77.49	2.153
370	0.37	259.75	78.02	2.167
380	0.38	261.25	78.47	2.180

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	262.5	78.85	2.190
400	0.4	264	79.30	2.203
410	0.41	265.5	79.75	2.216
420	0.42	266.5	80.06	2.224
430	0.43	267.5	80.36	2.232
440	0.44	268.25	80.59	2.239
450	0.45	268.5	80.66	2.241
460	0.46	268.75	80.74	2.243
470	0.47	269	80.81	2.245
480	0.48	269.25	80.89	2.247
490	0.49	269.75	81.04	2.251
500	0.5	270	81.12	2.253
510	0.51	270.5	81.27	2.258

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	25	7.5	0.208
20	0.02	49	14.7	0.408
30	0.03	67	20.1	0.558
40	0.04	90.5	27.15	0.754
50	0.05	111	33.3	0.925
60	0.06	129.5	38.85	1.079
70	0.07	144	43.2	1.200
80	0.08	160	48	1.333
90	0.09	170.5	51.15	1.421
100	0.1	182.5	54.75	1.521
110	0.11	193	57.9	1.608
120	0.12	204	61.20	1.700
130	0.13	214	64.22	1.784
140	0.14	224	67.23	1.868
150	0.15	234	70.26	1.952
160	0.16	243	72.97	2.027
170	0.17	251	75.38	2.094
180	0.18	260.5	78.25	2.174
190	0.19	269.5	80.97	2.249
200	0.2	278	83.54	2.321
210	0.21	285	85.66	2.380
220	0.22	292	87.78	2.438
230	0.23	300	90.20	2.506
240	0.24	308.5	92.78	2.577
250	0.25	312	93.84	2.607
260	0.26	318	95.65	2.657
270	0.27	323	97.17	2.699
280	0.28	331	99.59	2.766
290	0.29	335	100.80	2.800
300	0.3	338.5	101.86	2.830
310	0.31	342	102.92	2.859
320	0.32	345.5	103.98	2.888
330	0.33	349	105.04	2.918
340	0.34	351	105.65	2.935
350	0.35	353	106.25	2.951
360	0.36	356	107.16	2.977
370	0.37	357.5	107.62	2.989

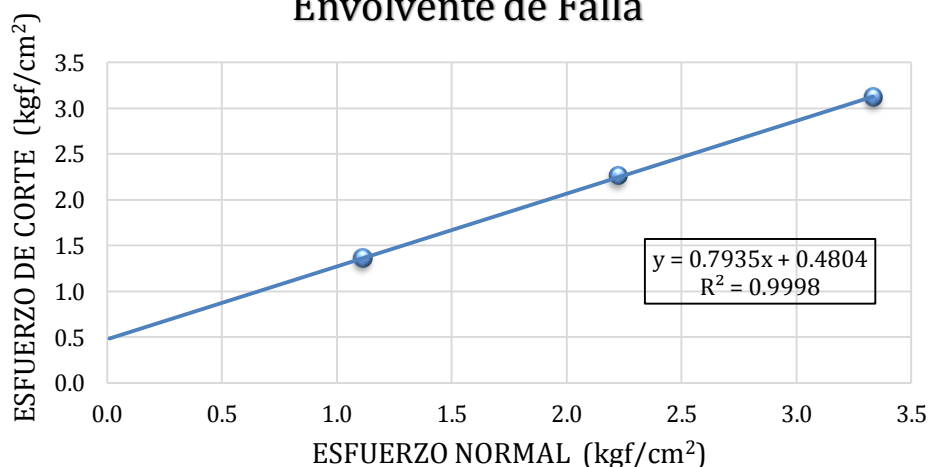
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	360	108.37	3.010
390	0.39	362	108.98	3.027
400	0.4	363	109.28	3.036
410	0.41	365	109.89	3.052
420	0.42	366.5	110.34	3.065
430	0.43	367.5	110.64	3.073
440	0.44	368.5	110.95	3.082
450	0.45	370	111.40	3.094
460	0.46	370.5	111.55	3.099
470	0.47	371	111.70	3.103
480	0.48	372	112.01	3.111
490	0.49	372	112.01	3.111
500	0.5	372.25	112.08	3.113
510	0.51	372.5	112.16	3.115
520	0.52	372.75	112.23	3.118

Grafica Esfuerzo - Deformación de 3% de caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.354	1.111
2.260	2.222
3.118	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.433	0.4804

9.5.3 Arcilla +4% de Caucho

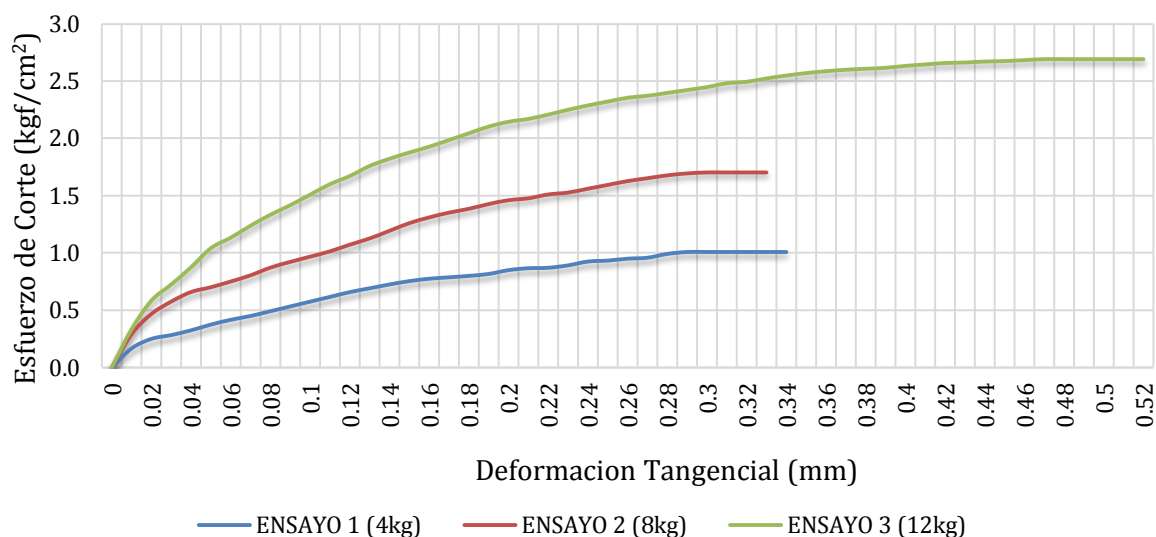
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	20	6	0.167
20	0.02	30	9	0.250
30	0.03	34	10.2	0.283
40	0.04	39	11.7	0.325
50	0.05	45	13.5	0.375
60	0.06	50	15	0.417
70	0.07	54	16.2	0.450
80	0.08	59	17.7	0.492
90	0.09	64	19.2	0.533
100	0.1	69	20.7	0.575
110	0.11	74	22.2	0.617
120	0.12	79	23.7	0.658
130	0.13	83	24.9	0.692
140	0.14	87	26.1	0.725
150	0.15	90.5	27.15	0.754
160	0.16	93	27.9	0.775
170	0.17	94.5	28.35	0.788
180	0.18	96	28.8	0.800
190	0.19	98	29.4	0.817
200	0.2	102	30.6	0.850
210	0.21	104	31.2	0.867
220	0.22	104.5	31.35	0.871
230	0.23	107	32.1	0.892
240	0.24	111	33.3	0.925
250	0.25	112	33.6	0.933
260	0.26	114	34.2	0.950
270	0.27	115	34.5	0.958
280	0.28	119	35.7	0.992
290	0.29	121	36.3	1.008

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	35	10.5	0.292
20	0.02	56	16.8	0.467
30	0.03	69	20.7	0.575
40	0.04	79	23.7	0.658
50	0.05	84	25.2	0.700
60	0.06	90	27	0.750
70	0.07	96.5	28.95	0.804
80	0.08	104.5	31.35	0.871
90	0.09	110.5	33.15	0.921
100	0.1	116	34.8	0.967
110	0.11	121.5	36.45	1.013
120	0.12	128.5	38.55	1.071
130	0.13	135	40.5	1.125
140	0.14	143	42.9	1.192
150	0.15	151	45.3	1.258
160	0.16	157	47.1	1.308
170	0.17	162	48.6	1.350
180	0.18	166	49.8	1.383
190	0.19	171	51.3	1.425
200	0.2	175	52.5	1.458
210	0.21	177	53.1	1.475
220	0.22	181	54.3	1.508
230	0.23	183	54.9	1.525
240	0.24	187	56.1	1.558
250	0.25	191	57.3	1.592
260	0.26	195	58.5	1.625
270	0.27	198	59.4	1.650
280	0.28	201	60.30	1.675
290	0.29	203	60.90	1.692
300	0.3	204	61.20	1.700

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	40	12	0.333
20	0.02	70	21	0.583
30	0.03	87	26.1	0.725
40	0.04	105	31.5	0.875
50	0.05	125	37.5	1.042
60	0.06	136	40.8	1.133
70	0.07	148.5	44.55	1.238
80	0.08	160	48	1.333
90	0.09	170	51	1.417
100	0.1	181	54.3	1.508
110	0.11	192	57.6	1.600
120	0.12	200.5	60.15	1.671
130	0.13	211	63.32	1.759
140	0.14	218.5	65.58	1.822
150	0.15	225	67.54	1.876
160	0.16	231	69.35	1.926
170	0.17	238	71.46	1.985
180	0.18	245	73.57	2.044
190	0.19	252	75.69	2.102
200	0.2	257	77.19	2.144
210	0.21	260	78.10	2.169
220	0.22	264.5	79.46	2.207
230	0.23	269.5	80.97	2.249
240	0.24	274	82.33	2.287
250	0.25	278	83.54	2.321
260	0.26	282	84.75	2.354
270	0.27	284	85.36	2.371
280	0.28	287	86.27	2.396
290	0.29	290	87.18	2.422
300	0.3	293	88.08	2.447
310	0.31	297	89.30	2.480
320	0.32	298.5	89.75	2.493
330	0.33	302	90.81	2.522
340	0.34	305	91.72	2.548
350	0.35	307.5	92.48	2.569

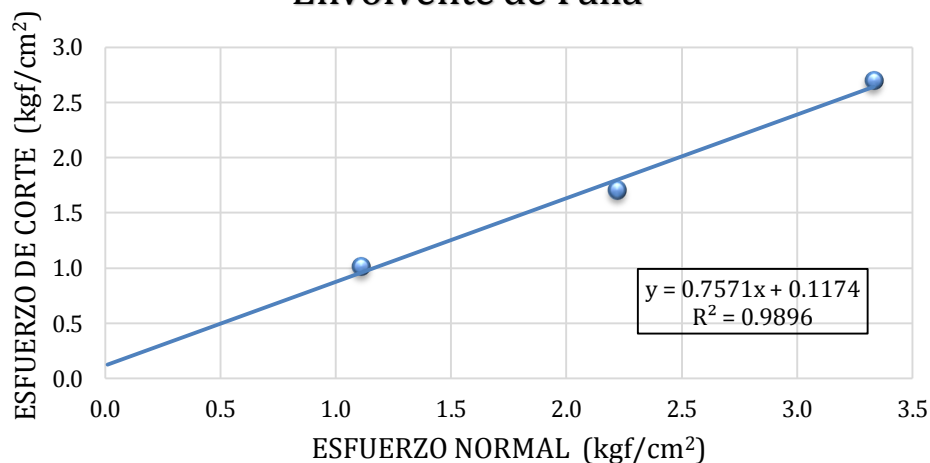
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
360	0.36	309.5	93.08	2.586
370	0.37	311	93.54	2.598
380	0.38	312	93.84	2.607
390	0.39	313	94.14	2.615
400	0.4	315	94.75	2.632
410	0.41	316.5	95.20	2.644
420	0.42	318	95.65	2.657
430	0.43	318.5	95.81	2.661
440	0.44	319.5	96.11	2.670
450	0.45	320	96.26	2.674
460	0.46	321	96.56	2.682
470	0.47	322	96.87	2.691

Grafica Esfuerzo - Deformación de 4% de caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.008	1.111
1.700	2.222
2.691	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
37.128	0.1174

9.5.4 Arcilla +5% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	15	4.5	0.125
20	0.02	23	6.9	0.192
30	0.03	30	9	0.250
40	0.04	36	10.8	0.300
50	0.05	42	12.6	0.350
60	0.06	45	13.5	0.375
70	0.07	49	14.7	0.408
80	0.08	52	15.6	0.433
90	0.09	55.5	16.65	0.463
100	0.1	59	17.7	0.492
110	0.11	62	18.6	0.517
120	0.12	65	19.5	0.542
130	0.13	67	20.1	0.558
140	0.14	70	21	0.583
150	0.15	71.5	21.45	0.596
160	0.16	73	21.9	0.608
170	0.17	74.5	22.35	0.621
180	0.18	76	22.8	0.633
190	0.19	77	23.1	0.642
200	0.2	78.5	23.55	0.654
210	0.21	79.5	23.85	0.663
220	0.22	81	24.3	0.675
230	0.23	82	24.6	0.683
240	0.24	83	24.9	0.692
250	0.25	84	25.2	0.700
260	0.26	84.5	25.35	0.704
270	0.27	85	25.5	0.708
280	0.28	86	25.8	0.717
290	0.29	86.5	25.95	0.721
300	0.3	87	26.1	0.725
310	0.31	87.5	26.25	0.729
320	0.32	88	26.4	0.733
330	0.33	88.5	26.55	0.738
340	0.34	88.6	26.58	0.738
350	0.35	88.8	26.64	0.740
360	0.36	89	26.7	0.742
370	0.37	89.2	26.76	0.743
380	0.38	89.2	26.76	0.743
390	0.39	89.2	26.76	0.743

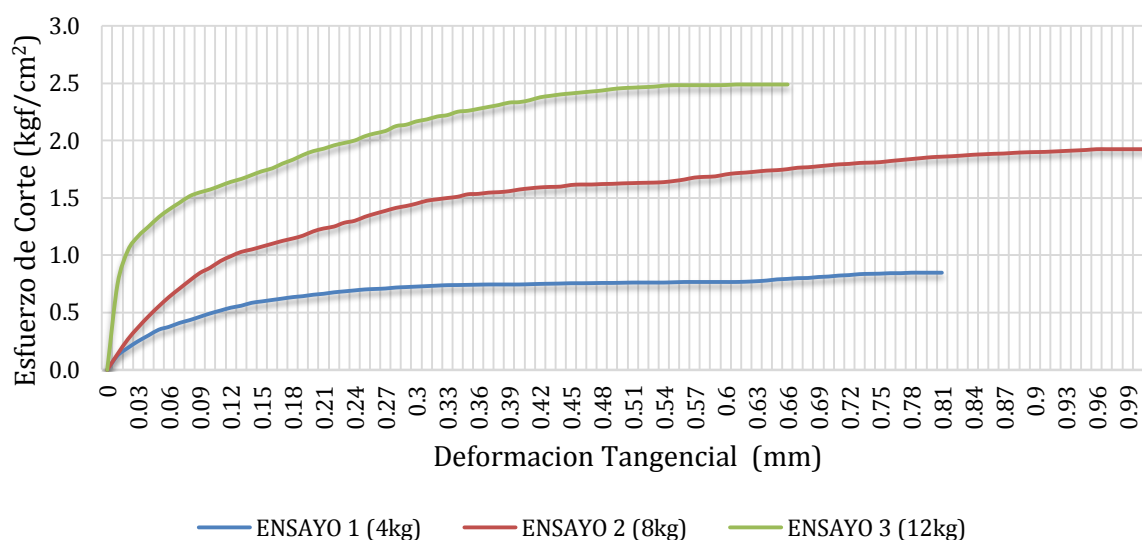
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
400	0.4	89.2	26.76	0.743
410	0.41	89.5	26.85	0.746
420	0.42	89.8	26.94	0.748
430	0.43	90	27	0.750
440	0.44	90.2	27.06	0.752
450	0.45	90.5	27.15	0.754
460	0.46	90.5	27.15	0.754
470	0.47	90.6	27.18	0.755
480	0.48	90.8	27.24	0.757
490	0.49	90.8	27.24	0.757
500	0.5	91	27.3	0.758
510	0.51	91.2	27.36	0.760
520	0.52	91.2	27.36	0.760
530	0.53	91.2	27.36	0.760
540	0.54	91.2	27.36	0.760
550	0.55	91.5	27.45	0.763
560	0.56	91.8	27.54	0.765
570	0.57	91.8	27.54	0.765
580	0.58	91.8	27.54	0.765
590	0.59	91.8	27.54	0.765
600	0.6	91.8	27.54	0.765
610	0.61	91.8	27.54	0.765
620	0.62	92.1	27.63	0.768
630	0.63	92.6	27.78	0.772
640	0.64	93.3	27.99	0.778
650	0.65	94.5	28.35	0.788
660	0.66	95	28.5	0.792
670	0.67	95.8	28.74	0.798
680	0.68	96	28.8	0.800
690	0.69	97	29.1	0.808
700	0.7	97.5	29.25	0.813
710	0.71	98.5	29.55	0.821
720	0.72	99	29.7	0.825
730	0.73	100	30	0.833
740	0.74	100.3	30.09	0.836
750	0.75	100.5	30.15	0.838
760	0.76	101	30.3	0.842
770	0.77	101	30.3	0.842
780	0.78	101.5	30.45	0.846

ENSAYO N° 2 (8kg)										
DIAL DEFORMACIÓ N	DEFORMACIÓ N TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)						
0	0	0	0	0.000	450	0.45	193.5	58.05	1.613	
10	0.01	16.5	4.95	0.138	460	0.46	194	58.2	1.617	
20	0.02	32	9.6	0.267	470	0.47	194	58.2	1.617	
30	0.03	44.5	13.35	0.371	480	0.48	194.5	58.35	1.621	
40	0.04	56	16.8	0.467	490	0.49	194.7	58.41	1.623	
50	0.05	66.5	19.95	0.554	500	0.5	195.2	58.56	1.627	
60	0.06	76.3	22.89	0.636	510	0.51	195.5	58.65	1.629	
70	0.07	85	25.5	0.708	520	0.52	195.8	58.74	1.632	
80	0.08	93.5	28.05	0.779	530	0.53	196	58.8	1.633	
90	0.09	101.5	30.45	0.846	540	0.54	196.5	58.95	1.638	
100	0.1	107	32.1	0.892	550	0.55	197.7	59.31	1.648	
110	0.11	114	34.2	0.950	560	0.56	199.2	59.76	1.660	
120	0.12	119	35.7	0.992	570	0.57	201.3	60.39	1.678	
130	0.13	123.5	37.05	1.029	580	0.58	202	60.60	1.683	
140	0.14	126	37.8	1.050	590	0.59	202.5	60.75	1.688	
150	0.15	129	38.7	1.075	600	0.6	204.5	61.36	1.704	
160	0.16	132	39.6	1.100	610	0.61	205.8	61.75	1.715	
170	0.17	135	40.5	1.125	620	0.62	206.5	61.96	1.721	
180	0.18	137.5	41.25	1.146	630	0.63	207.5	62.26	1.730	
190	0.19	140.5	42.15	1.171	640	0.64	208.5	62.56	1.738	
200	0.2	145	43.5	1.208	650	0.65	209	62.71	1.742	
210	0.21	148	44.4	1.233	660	0.66	210	63.02	1.750	
220	0.22	150	45	1.250	670	0.67	211.5	63.47	1.763	
230	0.23	154	46.2	1.283	680	0.68	212	63.62	1.767	
240	0.24	156	46.8	1.300	690	0.69	213	63.92	1.776	
250	0.25	160.2	48.06	1.335	700	0.7	214	64.22	1.784	
260	0.26	163.5	49.05	1.363	710	0.71	215	64.52	1.792	
270	0.27	166.5	49.95	1.388	720	0.72	215.5	64.68	1.797	
280	0.28	169.5	50.85	1.413	730	0.73	216.5	64.98	1.805	
290	0.29	171.5	51.45	1.429	740	0.74	216.8	65.07	1.807	
300	0.3	174	52.2	1.450	750	0.75	217.3	65.22	1.812	
310	0.31	177	53.1	1.475	760	0.76	218.5	65.58	1.822	
320	0.32	178.5	53.55	1.488	770	0.77	219.5	65.88	1.830	
330	0.33	179.9	53.97	1.499	780	0.78	220.5	66.18	1.838	
340	0.34	181.2	54.36	1.510	790	0.79	221.5	66.49	1.847	
350	0.35	183.8	55.14	1.532	800	0.8	222.5	66.79	1.855	
360	0.36	184.2	55.26	1.535	810	0.81	223	66.94	1.859	
370	0.37	185.5	55.65	1.546	820	0.82	223.5	67.09	1.864	
380	0.38	186	55.8	1.550	830	0.83	224.2	67.30	1.869	
390	0.39	187	56.1	1.558	840	0.84	225	67.54	1.876	
400	0.4	188.8	56.64	1.573	850	0.85	225.5	67.69	1.880	
410	0.41	190	57	1.583	860	0.86	226	67.84	1.885	
420	0.42	191	57.3	1.592	870	0.87	226.3	67.93	1.887	
430	0.43	191.5	57.45	1.596	880	0.88	227	68.14	1.893	
440	0.44	191.8	57.54	1.598	890	0.89	227.5	68.30	1.897	
					900	0.9	227.8	68.39	1.900	
					910	0.91	228	68.45	1.901	
					920	0.92	228.5	68.60	1.905	
					930	0.93	229	68.75	1.910	
					940	0.94	229.5	68.90	1.914	
					950	0.95	230	69.05	1.918	
					960	0.96	230.8	69.29	1.925	

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	90	27	0.750
20	0.02	125	37.5	1.042
30	0.03	140	42	1.167
40	0.04	150	45	1.250
50	0.05	160	48	1.333
60	0.06	168	50.4	1.400
70	0.07	175	52.5	1.458
80	0.08	182	54.6	1.517
90	0.09	186	55.8	1.550
100	0.1	189	56.7	1.575
110	0.11	193	57.9	1.608
120	0.12	197	59.1	1.642
130	0.13	200	60	1.667
140	0.14	204	61.21	1.700
150	0.15	208	62.41	1.734
160	0.16	211	63.32	1.759
170	0.17	216	64.83	1.801
180	0.18	220	66.03	1.834
190	0.19	225	67.54	1.876
200	0.2	229	68.75	1.910
210	0.21	231.5	69.50	1.931
220	0.22	235	70.56	1.960
230	0.23	237.5	71.31	1.981
240	0.24	240	72.07	2.002
250	0.25	244.5	73.42	2.040
260	0.26	247.5	74.33	2.065
270	0.27	250	75.08	2.086
280	0.28	255	76.59	2.128
290	0.29	256.5	77.04	2.140
300	0.3	260	78.10	2.169
310	0.31	262	78.70	2.186
320	0.32	265	79.61	2.211
330	0.33	266.5	80.06	2.224
340	0.34	270	81.12	2.253
350	0.35	271	81.42	2.262
360	0.36	273	82.03	2.279
370	0.37	275	82.63	2.295

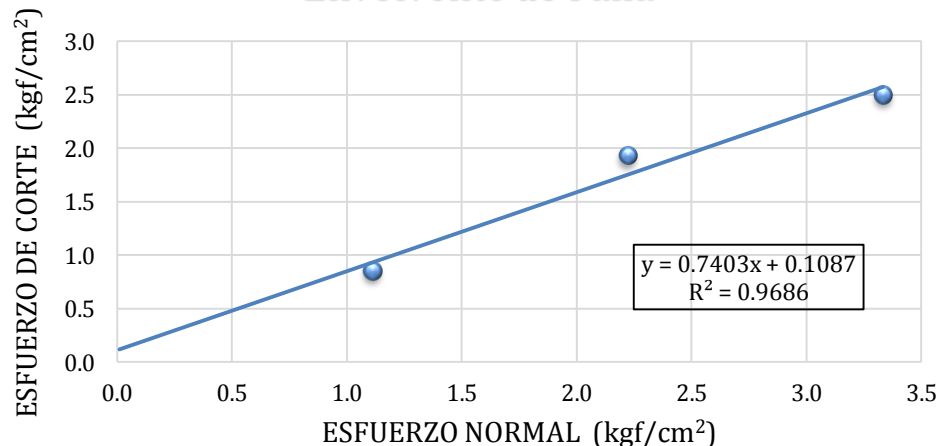
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	277	83.24	2.312
390	0.39	279.5	84.00	2.333
400	0.4	280	84.15	2.337
410	0.41	282	84.75	2.354
420	0.42	285	85.66	2.380
430	0.43	286.5	86.12	2.392
440	0.44	288	86.57	2.405
450	0.45	289	86.87	2.413
460	0.46	290	87.18	2.422
470	0.47	291	87.48	2.430
480	0.48	292	87.78	2.438
490	0.49	293.5	88.24	2.451
500	0.5	294.5	88.54	2.459
510	0.51	295	88.69	2.464
520	0.52	295.5	88.84	2.468
530	0.53	296	88.99	2.472
540	0.54	297	89.30	2.480
550	0.55	297.5	89.45	2.485
560	0.56	297.5	89.45	2.485
570	0.57	297.5	89.45	2.485
580	0.58	297.5	89.45	2.485
590	0.59	297.5	89.45	2.485
600	0.6	297.7	89.51	2.486
610	0.61	298.25	89.67	2.491

Grafica Esfuerzo - Deformación de 5% de caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.846	1.111
1.925	2.222
2.491	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
36.512	0.1087

9.5.5 Arcilla +10% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	15	4.5	0.125
20	0.02	29	8.7	0.242
30	0.03	39	11.7	0.325
40	0.04	46	13.8	0.383
50	0.05	51.5	15.45	0.429
60	0.06	57.5	17.25	0.479
70	0.07	63.5	19.05	0.529
80	0.08	69	20.7	0.575
90	0.09	74	22.2	0.617
100	0.1	79.5	23.85	0.663
110	0.11	84	25.2	0.700
120	0.12	89	26.7	0.742
130	0.13	94	28.2	0.783
140	0.14	98	29.4	0.817
150	0.15	102.5	30.75	0.854
160	0.16	106.5	31.95	0.888
170	0.17	110	33	0.917
180	0.18	114	34.2	0.950
190	0.19	118	35.4	0.983
200	0.2	121.5	36.45	1.013
210	0.21	124	37.2	1.033
220	0.22	127	38.1	1.058
230	0.23	130	39	1.083
240	0.24	132.5	39.75	1.104
250	0.25	135	40.5	1.125
260	0.26	137.5	41.25	1.146
270	0.27	140	42	1.167
280	0.28	142	42.6	1.183
290	0.29	144	43.2	1.200
300	0.3	146	43.8	1.217
310	0.31	147.25	44.175	1.227
320	0.32	149	44.7	1.242
330	0.33	150.75	45.225	1.256
340	0.34	152.25	45.675	1.269
350	0.35	153.5	46.05	1.279
360	0.36	155	46.5	1.292
370	0.37	156	46.8	1.300
380	0.38	157.5	47.25	1.313
390	0.39	158.5	47.55	1.321
400	0.4	159.5	47.85	1.329

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
410	0.41	160	48	1.333
420	0.42	160.75	48.225	1.340
430	0.43	161	48.3	1.342
440	0.44	162	48.6	1.350
450	0.45	163	48.9	1.358
460	0.46	164	49.2	1.367
470	0.47	165	49.5	1.375
480	0.48	166	49.8	1.383
490	0.49	167	50.1	1.392
500	0.5	168	50.4	1.400
510	0.51	169	50.7	1.408
520	0.52	170	51	1.417
530	0.53	171	51.3	1.425
540	0.54	172	51.6	1.433
550	0.55	173	51.9	1.442
560	0.56	174	52.2	1.450
570	0.57	175	52.5	1.458
580	0.58	176	52.8	1.467
590	0.59	177	53.1	1.475
600	0.6	178	53.4	1.483
610	0.61	179	53.7	1.492
620	0.62	180	54	1.500
630	0.63	181	54.3	1.508
640	0.64	182	54.6	1.517
650	0.65	184	55.2	1.533
660	0.66	187	56.1	1.558
670	0.67	188.75	56.625	1.573
680	0.68	190.75	57.225	1.590
690	0.69	191	57.3	1.592
700	0.7	192	57.6	1.600
710	0.71	193	57.9	1.608
720	0.72	194	58.2	1.617
730	0.73	195	58.5	1.625
740	0.74	196	58.8	1.633
750	0.75	197	59.1	1.642
760	0.76	198	59.4	1.650
770	0.77	199	59.7	1.658
780	0.78	199.75	59.93	1.665
790	0.79	200.75	60.23	1.673
800	0.8	201	60.30	1.675

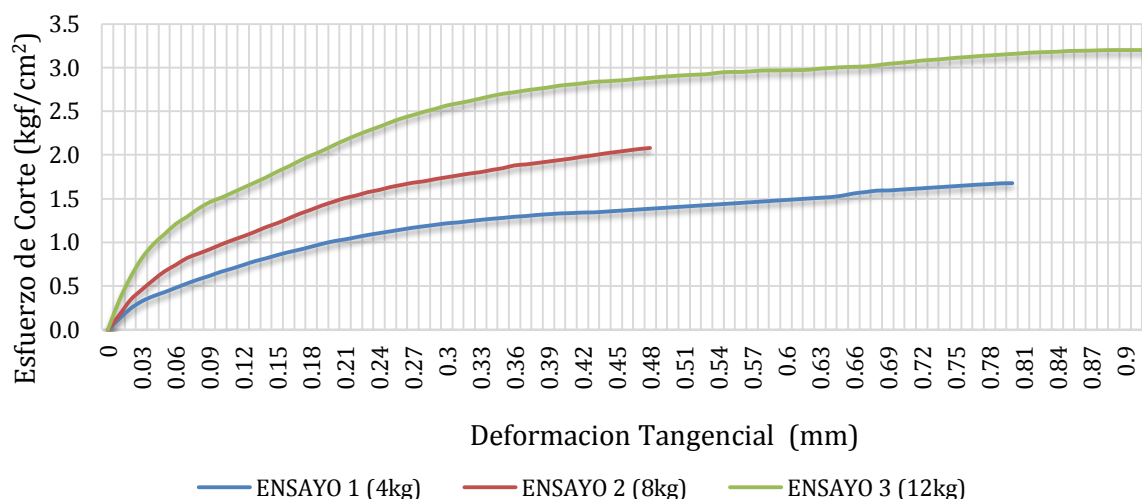
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	20	6	0.167
20	0.02	41	12.3	0.342
30	0.03	55	16.5	0.458
40	0.04	68	20.4	0.567
50	0.05	80	24	0.667
60	0.06	89	26.7	0.742
70	0.07	98.5	29.55	0.821
80	0.08	104.5	31.35	0.871
90	0.09	110.5	33.15	0.921
100	0.1	117	35.1	0.975
110	0.11	123	36.9	1.025
120	0.12	128.5	38.55	1.071
130	0.13	134.5	40.35	1.121
140	0.14	141	42.3	1.175
150	0.15	146.5	43.95	1.221
160	0.16	153	45.9	1.275
170	0.17	159.5	47.85	1.329
180	0.18	165	49.5	1.375
190	0.19	171	51.3	1.425
200	0.2	176	52.8	1.467
210	0.21	181	54.3	1.508
220	0.22	184.5	55.35	1.538
230	0.23	189	56.7	1.575
240	0.24	192	57.6	1.600
250	0.25	196	58.8	1.633
260	0.26	199	59.7	1.658
270	0.27	202	60.60	1.683
280	0.28	204	61.21	1.700
290	0.29	207	62.11	1.725
300	0.3	209.5	62.87	1.746
310	0.31	212	63.62	1.767
320	0.32	214.5	64.37	1.788
330	0.33	216.5	64.98	1.805
340	0.34	219.5	65.88	1.830
350	0.35	222	66.64	1.851
360	0.36	225.7	67.75	1.882
370	0.37	227	68.14	1.893
380	0.38	229	68.75	1.910

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	231	69.35	1.926
400	0.4	233	69.95	1.943
410	0.41	235	70.56	1.960
420	0.42	237.5	71.31	1.981
430	0.43	239.5	71.92	1.998
440	0.44	242	72.67	2.019
450	0.45	244	73.27	2.035
460	0.46	246	73.88	2.052
470	0.47	248	74.48	2.069
480	0.48	249.5	74.93	2.081

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓ N	DEFORMACIÓ N TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	40	12	0.333
20	0.02	72	21.6	0.600
30	0.03	98	29.4	0.817
40	0.04	117	35.1	0.975
50	0.05	131	39.3	1.092
60	0.06	145	43.5	1.208
70	0.07	155	46.5	1.292
80	0.08	166	49.8	1.383
90	0.09	175	52.5	1.458
100	0.1	181	54.3	1.508
110	0.11	188	56.4	1.567
120	0.12	195	58.5	1.625
130	0.13	202	60.60	1.683
140	0.14	209	62.71	1.742
150	0.15	217	65.13	1.809
160	0.16	224	67.24	1.868
170	0.17	232	69.65	1.935
180	0.18	239	71.76	1.993
190	0.19	245.5	73.73	2.048
200	0.2	253	75.99	2.111
210	0.21	260	78.10	2.169
220	0.22	266.5	80.06	2.224
230	0.23	272.5	81.88	2.274
240	0.24	278	83.54	2.321
250	0.25	284	85.36	2.371
260	0.26	289.5	87.02	2.417
270	0.27	294	88.39	2.455
280	0.28	298.5	89.75	2.493
290	0.29	302.5	90.96	2.527
300	0.3	307	92.32	2.565
310	0.31	310	93.23	2.590
320	0.32	313	94.14	2.615
330	0.33	316.5	95.20	2.644
340	0.34	320	96.26	2.674
350	0.35	323	97.17	2.699
360	0.36	325	97.77	2.716
370	0.37	327.5	98.53	2.737
380	0.38	329.5	99.14	2.754
390	0.39	331.5	99.74	2.771
400	0.4	334	100.50	2.792
410	0.41	335.5	100.95	2.804

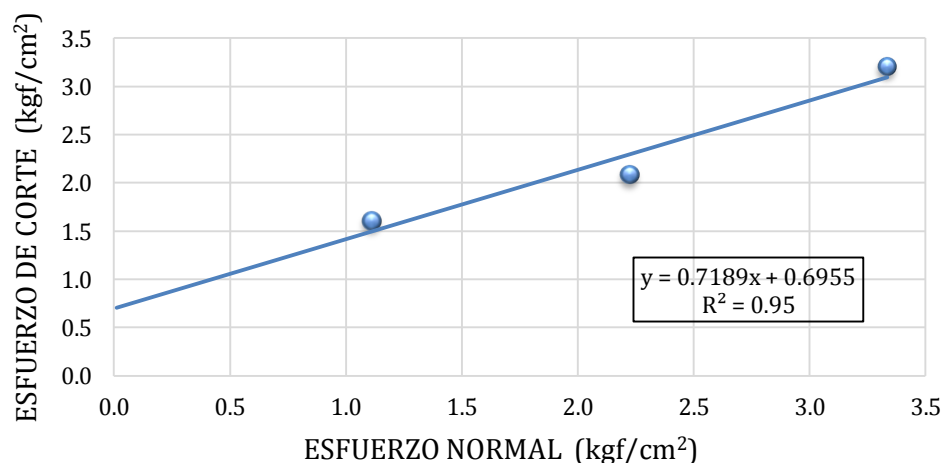
420	0.42	337	101.41	2.817
430	0.43	339	102.01	2.834
440	0.44	339.75	102.24	2.840
450	0.45	340.75	102.54	2.848
460	0.46	341.75	102.85	2.857
470	0.47	343.5	103.38	2.872
480	0.48	344.5	103.68	2.880
490	0.49	346	104.13	2.893
500	0.5	347	104.44	2.901
510	0.51	348	104.74	2.909
520	0.52	348.75	104.97	2.916
530	0.53	349.5	105.19	2.922
540	0.54	351.5	105.80	2.939
550	0.55	352.5	106.10	2.947
560	0.56	352.5	106.10	2.947
570	0.57	353.5	106.40	2.956
580	0.58	354.5	106.71	2.964
590	0.59	354.5	106.71	2.964
600	0.6	354.75	106.78	2.966
610	0.61	355	106.86	2.968
620	0.62	355.5	107.01	2.972
630	0.63	357	107.46	2.985
640	0.64	358	107.77	2.994
650	0.65	359	108.07	3.002
660	0.66	359.5	108.22	3.006
670	0.67	360	108.37	3.010
680	0.68	361.5	108.83	3.023
690	0.69	363.5	109.43	3.040
700	0.7	364.75	109.81	3.050
710	0.71	366.25	110.26	3.063
720	0.72	368	110.79	3.078
730	0.73	369	111.10	3.086
740	0.74	370.25	111.48	3.097
750	0.75	371.75	111.93	3.109
760	0.76	372.75	112.23	3.118
770	0.77	374	112.61	3.128
780	0.78	375	112.91	3.137
790	0.79	376	113.22	3.145
800	0.8	377	113.52	3.153
810	0.81	378	113.82	3.162
820	0.82	379	114.13	3.170
830	0.83	379.5	114.28	3.174
840	0.84	380	114.43	3.179
850	0.85	381	114.73	3.187
860	0.86	381.25	114.81	3.189
870	0.87	381.5	114.88	3.191
880	0.88	382	115.03	3.195
890	0.89	382.25	115.11	3.197

Grafica Esfuerzo - Deformación de 10% de caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.600	1.111
2.081	2.222
3.197	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
35.711	0.6955

9.6 Arcilla con porcentaje de caucho - Densidad Húmeda Máxima

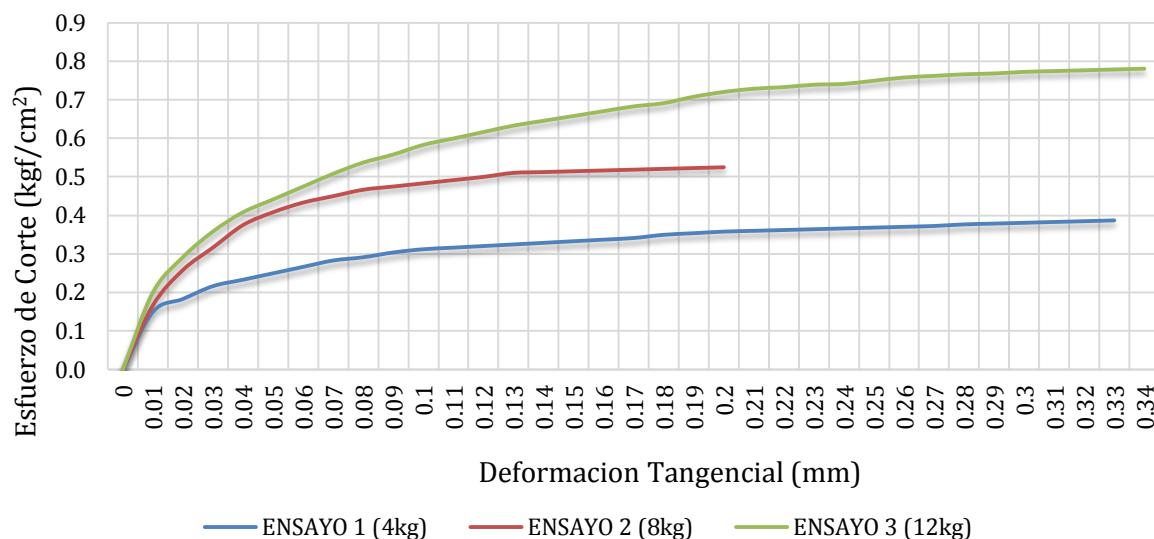
9.6.1 Arcilla +2% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	330	0.33	46.5	13.95	0.388
10	0.01	18	5.4	0.150	340	0.34	46.75	14.025	0.390
20	0.02	22	6.6	0.183	350	0.35	47	14.1	0.392
30	0.03	26	7.8	0.217	360	0.36	47.25	14.175	0.394
40	0.04	28	8.4	0.233	370	0.37	47.5	14.25	0.396
50	0.05	30	9	0.250	380	0.38	47.75	14.325	0.398
60	0.06	32	9.6	0.267	390	0.39	48	14.4	0.400
70	0.07	34	10.2	0.283	400	0.4	48.25	14.475	0.402
80	0.08	35	10.5	0.292	410	0.41	48.5	14.55	0.404
90	0.09	36.5	10.95	0.304					
100	0.1	37.5	11.25	0.313					
110	0.11	38	11.4	0.317					
120	0.12	38.5	11.55	0.321					
130	0.13	39	11.7	0.325					
140	0.14	39.5	11.85	0.329					
150	0.15	40	12	0.333					
160	0.16	40.5	12.15	0.338					
170	0.17	41	12.3	0.342					
180	0.18	42	12.6	0.350					
190	0.19	42.5	12.75	0.354					
200	0.2	43	12.9	0.358					
210	0.21	43.25	12.975	0.360					
220	0.22	43.5	13.05	0.363					
230	0.23	43.75	13.125	0.365					
240	0.24	44	13.2	0.367					
250	0.25	44.25	13.275	0.369					
260	0.26	44.5	13.35	0.371					
270	0.27	44.75	13.425	0.373					
280	0.28	45.25	13.575	0.377					
290	0.29	45.5	13.65	0.379					
300	0.3	45.75	13.725	0.381					
310	0.31	46	13.8	0.383					
320	0.32	46.25	13.875	0.385					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	20	6	0.167
20	0.02	31	9.3	0.258
30	0.03	38	11.4	0.317
40	0.04	45	13.5	0.375
50	0.05	49	14.7	0.408
60	0.06	52	15.6	0.433
70	0.07	54	16.2	0.450
80	0.08	56	16.8	0.467
90	0.09	57	17.1	0.475
100	0.1	58	17.4	0.483
110	0.11	59	17.7	0.492
120	0.12	60	18	0.500
130	0.13	61.25	18.38	0.510
140	0.14	61.5	18.45	0.513
150	0.15	61.75	18.53	0.515
160	0.16	62	18.60	0.517
170	0.17	62.25	18.68	0.519
180	0.18	62.5	18.75	0.521
190	0.19	62.75	18.83	0.523
200	0.2	63	18.90	0.525
210	0.21	63.25	18.98	0.527
220	0.22	63.5	19.05	0.529
230	0.23	63.75	19.13	0.531
240	0.24	64	19.20	0.533
250	0.25	64.25	19.28	0.535
260	0.26	64.5	19.35	0.538
270	0.27	64.75	19.43	0.540
280	0.28	65	19.50	0.542
290	0.29	65.25	19.58	0.544
300	0.3	65.5	19.65	0.546
310	0.31	65.75	19.73	0.548
320	0.32	66	19.80	0.550
330	0.33	66.25	19.88	0.552
340	0.34	66.5	19.95	0.554
350	0.35	66.75	20.03	0.556
360	0.36	67	20.10	0.558
370	0.37	67.25	20.18	0.560

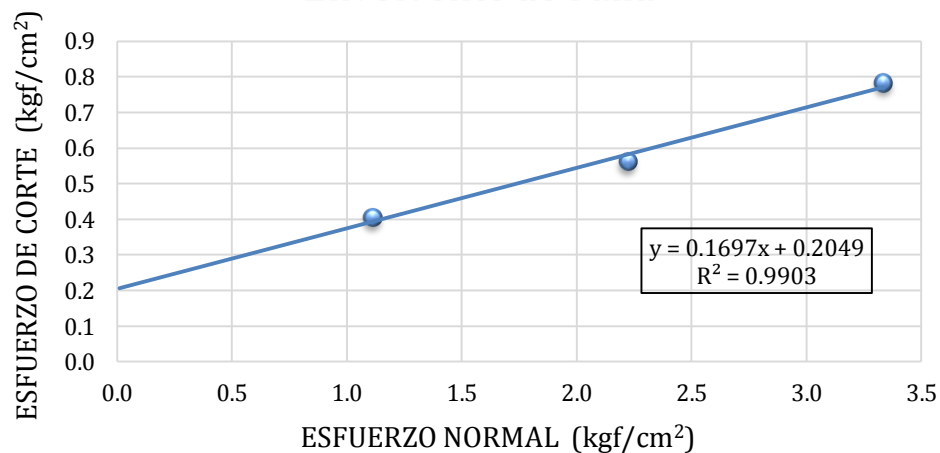
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	24	7.2	0.200
20	0.02	35	10.5	0.292
30	0.03	43	12.9	0.358
40	0.04	49	14.7	0.408
50	0.05	53	15.9	0.442
60	0.06	57	17.1	0.475
70	0.07	61	18.3	0.508
80	0.08	64.5	19.35	0.538
90	0.09	67	20.1	0.558
100	0.1	70	21	0.583
110	0.11	72	21.6	0.600
120	0.12	74	22.2	0.617
130	0.13	76	22.8	0.633
140	0.14	77.5	23.25	0.646
150	0.15	79	23.7	0.658
160	0.16	80.5	24.15	0.671
170	0.17	82	24.6	0.683
180	0.18	83	24.9	0.692
190	0.19	85	25.5	0.708
200	0.2	86.5	25.95	0.721
210	0.21	87.5	26.25	0.729
220	0.22	88	26.4	0.733
230	0.23	88.75	26.625	0.740
240	0.24	89	26.7	0.742
250	0.25	90	27	0.750
260	0.26	91	27.3	0.758
270	0.27	91.5	27.45	0.763
280	0.28	92	27.6	0.767
290	0.29	92.25	27.675	0.769
300	0.3	92.75	27.825	0.773
310	0.31	93	27.9	0.775
320	0.32	93.25	27.975	0.777
330	0.33	93.5	28.05	0.779
340	0.34	93.75	28.125	0.781

Grafica Esfuerzo - Deformación de 2 % de caucho w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.404	1.111
0.560	2.222
0.781	3.333

Envolvente de Falla



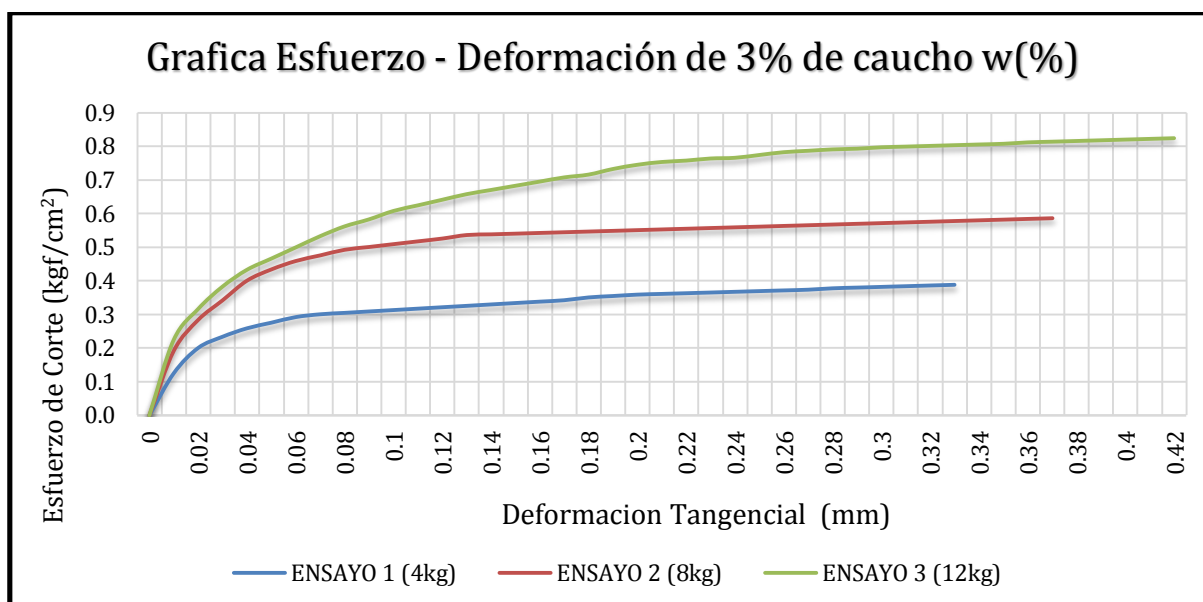
Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
9.630	0.2049

9.6.2 Arcilla +3% de Caucho

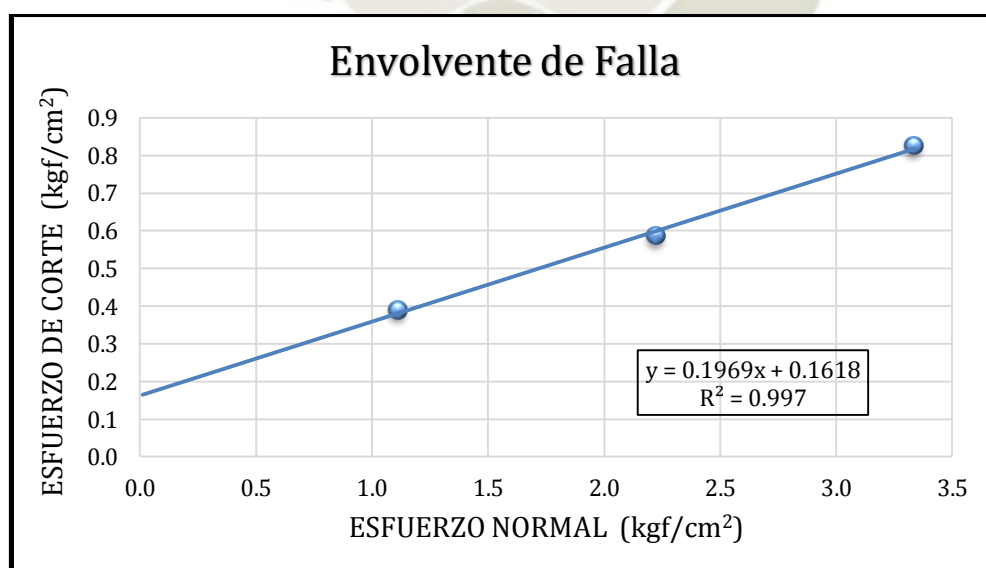
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	15	4.5	0.125
20	0.02	24	7.2	0.200
30	0.03	28	8.4	0.233
40	0.04	31	9.3	0.258
50	0.05	33	9.9	0.275
60	0.06	35	10.50	0.292
70	0.07	36	10.80	0.300
80	0.08	36.5	10.95	0.304
90	0.09	37	11.10	0.308
100	0.1	37.5	11.25	0.313
110	0.11	38	11.40	0.317
120	0.12	38.5	11.55	0.321
130	0.13	39	11.70	0.325
140	0.14	39.5	11.85	0.329
150	0.15	40	12.00	0.333
160	0.16	40.5	12.15	0.338
170	0.17	41	12.30	0.342
180	0.18	42	12.60	0.350
190	0.19	42.5	12.75	0.354
200	0.2	43	12.90	0.358
210	0.21	43.25	12.98	0.360
220	0.22	43.5	13.05	0.363
230	0.23	43.75	13.13	0.365
240	0.24	44	13.20	0.367
250	0.25	44.25	13.28	0.369
260	0.26	44.5	13.35	0.371
270	0.27	44.75	13.43	0.373
280	0.28	45.25	13.58	0.377
290	0.29	45.5	13.65	0.379
300	0.3	45.75	13.73	0.381
310	0.31	46	13.80	0.383
320	0.32	46.25	13.88	0.385
330	0.33	46.5	13.95	0.388

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	23	6.9	0.192
20	0.02	34	10.2	0.283
30	0.03	41	12.3	0.342
40	0.04	48	14.4	0.400
50	0.05	52	15.6	0.433
60	0.06	55	16.5	0.458
70	0.07	57	17.1	0.475
80	0.08	59	17.7	0.492
90	0.09	60	18	0.500
100	0.1	61	18.3	0.508
110	0.11	62	18.6	0.517
120	0.12	63	18.9	0.525
130	0.13	64.25	19.28	0.535
140	0.14	64.5	19.35	0.538
150	0.15	64.75	19.43	0.540
160	0.16	65	19.50	0.542
170	0.17	65.25	19.58	0.544
180	0.18	65.5	19.65	0.546
190	0.19	65.75	19.73	0.548
200	0.2	66	19.80	0.550
210	0.21	66.25	19.88	0.552
220	0.22	66.5	19.95	0.554
230	0.23	66.75	20.03	0.556
240	0.24	67	20.10	0.558
250	0.25	67.25	20.18	0.560
260	0.26	67.5	20.25	0.563
270	0.27	67.75	20.33	0.565
280	0.28	68	20.40	0.567
290	0.29	68.25	20.48	0.569
300	0.3	68.5	20.55	0.571
310	0.31	68.75	20.63	0.573
320	0.32	69	20.70	0.575
330	0.33	69.25	20.78	0.577
340	0.34	69.5	20.85	0.579
350	0.35	69.75	20.93	0.581
360	0.36	70	21.00	0.583
370	0.37	70.25	21.08	0.585

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0.0	0.000
10	0.01	27	8.1	0.225
20	0.02	38	11.4	0.317
30	0.03	46	13.8	0.383
40	0.04	52	15.6	0.433
50	0.05	56	16.8	0.467
60	0.06	60	18.0	0.500
70	0.07	64	19.2	0.533
80	0.08	67.5	20.3	0.563
90	0.09	70	21.0	0.583
100	0.1	73	21.9	0.608
110	0.11	75	22.5	0.625
120	0.12	77	23.1	0.642
130	0.13	79	23.7	0.658
140	0.14	80.5	24.2	0.671
150	0.15	82	24.6	0.683
160	0.16	83.5	25.1	0.696
170	0.17	85	25.5	0.708
180	0.18	86	25.8	0.717
190	0.19	88	26.4	0.733
200	0.2	89.5	26.9	0.746
210	0.21	90.5	27.2	0.754
220	0.22	91	27.3	0.758
230	0.23	91.75	27.5	0.765
240	0.24	92	27.6	0.767
250	0.25	93	27.9	0.775
260	0.26	94	28.2	0.783
270	0.27	94.5	28.4	0.788
280	0.28	95	28.5	0.792
290	0.29	95.25	28.6	0.794
300	0.3	95.75	28.7	0.798
310	0.31	96	28.8	0.800
320	0.32	96.25	28.9	0.802
330	0.33	96.5	29.0	0.804
340	0.34	96.75	29.0	0.806
350	0.35	97	29.1	0.808
360	0.36	97.5	29.3	0.813
370	0.37	97.75	29.3	0.815
380	0.38	98	29.4	0.817
390	0.39	98.25	29.5	0.819
400	0.4	98.5	29.6	0.821
410	0.41	98.75	29.6	0.823
420	0.42	99	29.7	0.825



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.388	1.111
0.585	2.222
0.825	3.333



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
11.137	0.1618

9.6.3 Arcilla +4% de Caucho

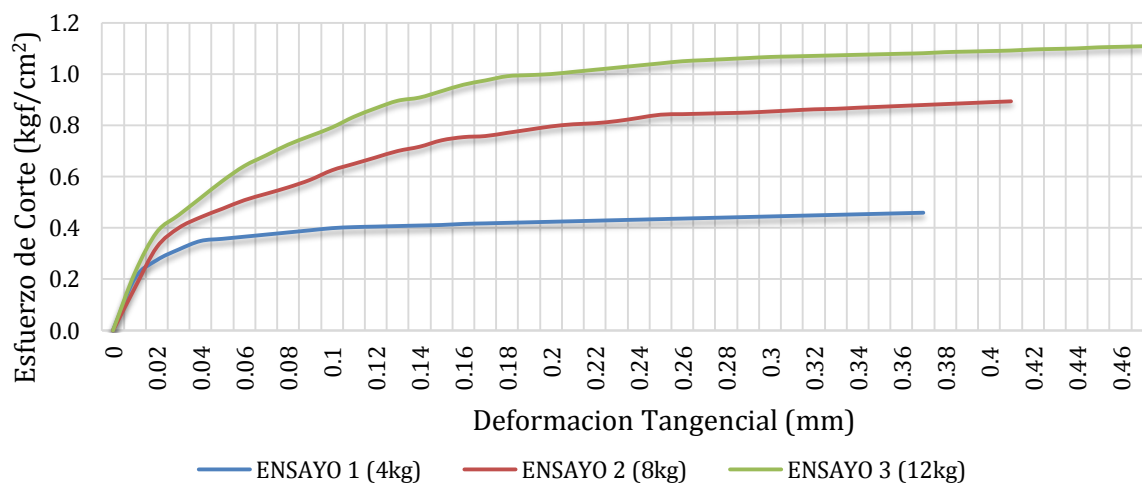
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	24.5	7.35	0.204
20	0.02	33	9.9	0.275
30	0.03	38	11.4	0.317
40	0.04	42	12.6	0.350
50	0.05	43	12.9	0.358
60	0.06	44	13.2	0.367
70	0.07	45	13.5	0.375
80	0.08	46	13.8	0.383
90	0.09	47	14.1	0.392
100	0.1	48	14.4	0.400
110	0.11	48.5	14.55	0.404
120	0.12	48.75	14.625	0.406
130	0.13	49	14.7	0.408
140	0.14	49.25	14.775	0.410
150	0.15	49.5	14.85	0.413
160	0.16	50	15	0.417
170	0.17	50.25	15.075	0.419
180	0.18	50.5	15.15	0.421
190	0.19	50.75	15.225	0.423
200	0.2	51	15.3	0.425
210	0.21	51.25	15.375	0.427
220	0.22	51.5	15.45	0.429
230	0.23	51.75	15.525	0.431
240	0.24	52	15.6	0.433
250	0.25	52.25	15.675	0.435
260	0.26	52.5	15.75	0.438
270	0.27	52.75	15.825	0.440
280	0.28	53	15.9	0.442
290	0.29	53.25	15.975	0.444
300	0.3	53.5	16.05	0.446
310	0.31	53.75	16.125	0.448
320	0.32	54	16.2	0.450
330	0.33	54.25	16.275	0.452
340	0.34	54.5	16.35	0.454
350	0.35	54.75	16.425	0.456
360	0.36	55	16.5	0.458
370	0.37	55.25	16.575	0.460

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	20	6	0.167
20	0.02	39	11.7	0.325
30	0.03	48	14.4	0.400
40	0.04	53	15.9	0.442
50	0.05	57	17.1	0.475
60	0.06	61	18.3	0.508
70	0.07	64	19.2	0.533
80	0.08	67	20.1	0.558
90	0.09	70.5	21.15	0.588
100	0.1	75	22.5	0.625
110	0.11	78	23.4	0.650
120	0.12	81	24.3	0.675
130	0.13	84	25.2	0.700
140	0.14	86	25.8	0.717
150	0.15	89	26.7	0.742
160	0.16	90.5	27.15	0.754
170	0.17	91	27.3	0.758
180	0.18	92.5	27.75	0.771
190	0.19	94	28.2	0.783
200	0.2	95.5	28.65	0.796
210	0.21	96.5	28.95	0.804
220	0.22	97	29.1	0.808
230	0.23	98	29.4	0.817
240	0.24	99.5	29.85	0.829
250	0.25	101	30.3	0.842
260	0.26	101.25	30.375	0.844
270	0.27	101.5	30.45	0.846
280	0.28	101.75	30.525	0.848
290	0.29	102	30.6	0.850
300	0.3	102.5	30.75	0.854
310	0.31	103	30.9	0.858
320	0.32	103.5	31.05	0.863
330	0.33	103.75	31.125	0.865
340	0.34	104.25	31.275	0.869
350	0.35	104.68	31.40	0.872
360	0.36	105.11	31.53	0.876
370	0.37	105.54	31.66	0.879
380	0.38	105.96	31.79	0.883
390	0.39	106.39	31.92	0.887
400	0.4	106.82	32.05	0.890
410	0.41	107.25	32.18	0.894

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	27	8.1	0.225
20	0.02	46	13.8	0.383
30	0.03	54	16.2	0.450
40	0.04	62	18.6	0.517
50	0.05	70	21	0.583
60	0.06	77	23.1	0.642
70	0.07	82	24.6	0.683
80	0.08	87	26.1	0.725
90	0.09	91	27.3	0.758
100	0.1	95	28.5	0.792
110	0.11	100	30	0.833
120	0.12	104	31.2	0.867
130	0.13	107.5	32.25	0.896
140	0.14	109	32.7	0.908
150	0.15	112	33.6	0.933
160	0.16	115	34.50	0.958
170	0.17	117	35.10	0.975
180	0.18	119	35.70	0.992
190	0.19	119.5	35.85	0.996
200	0.2	120	36.00	1.000
210	0.21	121	36.30	1.008
220	0.22	122	36.60	1.017
230	0.23	123	36.90	1.025
240	0.24	124	37.20	1.033
250	0.25	125	37.50	1.042
260	0.26	126	37.80	1.050
270	0.27	126.5	37.95	1.054
280	0.28	127	38.10	1.058
290	0.29	127.5	38.25	1.063
300	0.3	128	38.40	1.067
310	0.31	128.25	38.48	1.069
320	0.32	128.5	38.55	1.071
330	0.33	128.75	38.63	1.073
340	0.34	129	38.70	1.075
350	0.35	129.25	38.78	1.077
360	0.36	129.5	38.85	1.079
370	0.37	129.75	38.93	1.081

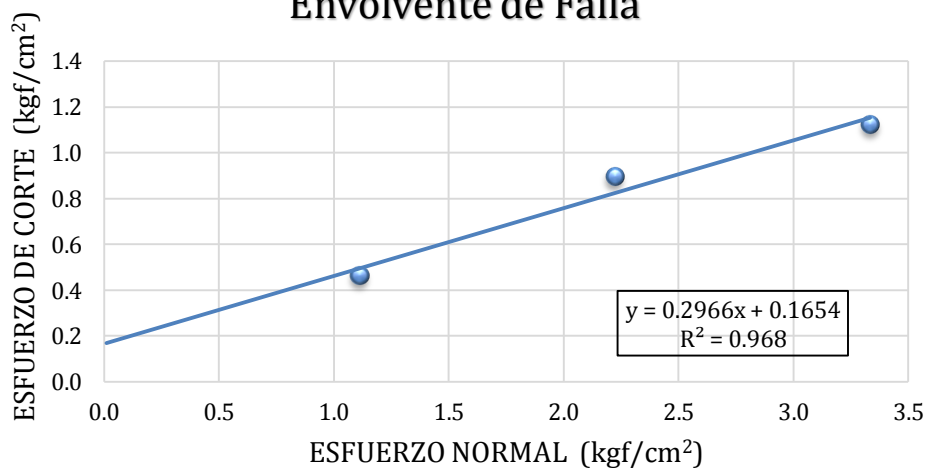
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	130.25	39.08	1.085
390	0.39	130.5	39.15	1.088
400	0.4	130.75	39.23	1.090
410	0.41	131	39.30	1.092
420	0.42	131.5	39.45	1.096
430	0.43	131.75	39.53	1.098
440	0.44	132	39.60	1.100
450	0.45	132.5	39.75	1.104
460	0.46	132.75	39.83	1.106
470	0.47	133	39.90	1.108
480	0.48	133.375	40.01	1.111
490	0.49	133.7	40.11	1.114
500	0.5	134.025	40.21	1.117
510	0.51	134.35	40.31	1.120

Grafica Esfuerzo - Deformación de 4% de caucho w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.460	1.111
0.894	2.222
1.120	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
16.521	0.1654

9.6.4 Arcilla +5% de Caucho

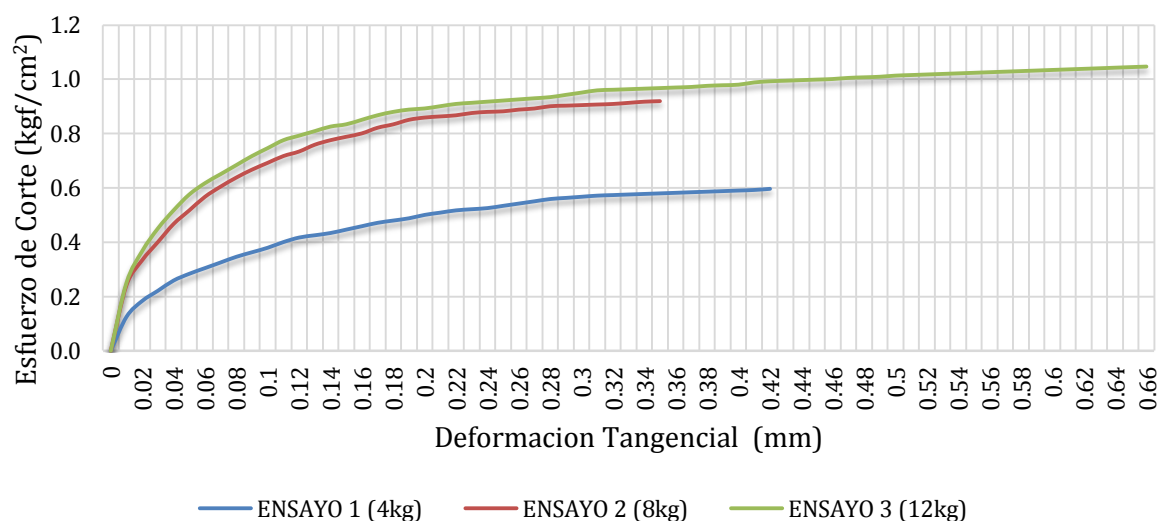
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	15	4.5	0.125
20	0.02	22	6.6	0.183
30	0.03	26.5	7.95	0.221
40	0.04	31	9.3	0.258
50	0.05	34	10.2	0.283
60	0.06	36.5	10.95	0.304
70	0.07	39	11.7	0.325
80	0.08	41.5	12.45	0.346
90	0.09	43.5	13.05	0.363
100	0.1	45.5	13.65	0.379
110	0.11	48	14.4	0.400
120	0.12	50	15	0.417
130	0.13	51	15.3	0.425
140	0.14	52	15.6	0.433
150	0.15	53.5	16.05	0.446
160	0.16	55	16.5	0.458
170	0.17	56.5	16.95	0.471
180	0.18	57.5	17.25	0.479
190	0.19	58.5	17.55	0.488
200	0.2	60	18	0.500
210	0.21	61	18.3	0.508
220	0.22	62	18.6	0.517
230	0.23	62.5	18.75	0.521
240	0.24	63	18.9	0.525
250	0.25	64	19.2	0.533
260	0.26	65	19.5	0.542
270	0.27	66	19.8	0.550
280	0.28	67	20.1	0.558
290	0.29	67.5	20.25	0.563
300	0.3	68	20.40	0.567
310	0.31	68.5	20.55	0.571
320	0.32	68.75	20.63	0.573
330	0.33	69	20.70	0.575
340	0.34	69.25	20.78	0.577
350	0.35	69.5	20.85	0.579
360	0.36	69.75	20.93	0.581
370	0.37	70	21.00	0.583
380	0.38	70.25	21.08	0.585
390	0.39	70.5	21.15	0.588
400	0.4	70.75	21.23	0.590
410	0.41	71	21.30	0.592
420	0.42	71.5	21.45	0.596

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	29	8.70	0.242
20	0.02	40	12.00	0.333
30	0.03	48	14.40	0.400
40	0.04	56	16.80	0.467
50	0.05	62	18.60	0.517
60	0.06	68	20.40	0.567
70	0.07	72.5	21.75	0.604
80	0.08	76.5	22.95	0.638
90	0.09	80	24.00	0.667
100	0.1	83	24.90	0.692
110	0.11	86	25.80	0.717
120	0.12	88	26.40	0.733
130	0.13	91	27.30	0.758
140	0.14	93	27.90	0.775
150	0.15	94.5	28.35	0.788
160	0.16	96	28.80	0.800
170	0.17	98.5	29.55	0.821
180	0.18	100	30.00	0.833
190	0.19	102	30.60	0.850
200	0.2	103	30.90	0.858
210	0.21	103.5	31.05	0.863
220	0.22	104	31.20	0.867
230	0.23	105	31.50	0.875
240	0.24	105.5	31.65	0.879
250	0.25	105.75	31.73	0.881
260	0.26	106.5	31.95	0.888
270	0.27	107	32.10	0.892
280	0.28	108	32.40	0.900
290	0.29	108.25	32.48	0.902
300	0.3	108.5	32.55	0.904
310	0.31	108.75	32.63	0.906
320	0.32	109	32.70	0.908
330	0.33	109.5	32.85	0.913
340	0.34	110	33.00	0.917
350	0.35	110.25	33.08	0.919

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	30	9	0.250
20	0.02	44	13.2	0.367
30	0.03	54	16.2	0.450
40	0.04	62	18.6	0.517
50	0.05	69	20.7	0.575
60	0.06	74	22.2	0.617
70	0.07	78	23.4	0.650
80	0.08	82	24.6	0.683
90	0.09	86	25.8	0.717
100	0.1	89.5	26.85	0.746
110	0.11	93	27.9	0.775
120	0.12	95	28.5	0.792
130	0.13	97	29.1	0.808
140	0.14	99	29.7	0.825
150	0.15	100	30	0.833
160	0.16	102	30.6	0.850
170	0.17	104	31.2	0.867
180	0.18	105.5	31.65	0.879
190	0.19	106.5	31.95	0.888
200	0.2	107	32.1	0.892
210	0.21	108	32.4	0.900
220	0.22	109	32.7	0.908
230	0.23	109.5	32.85	0.913
240	0.24	110	33	0.917
250	0.25	110.5	33.15	0.921
260	0.26	111	33.3	0.925
270	0.27	111.5	33.45	0.929
280	0.28	112	33.6	0.933
290	0.29	113	33.9	0.942
300	0.3	114	34.2	0.950
310	0.31	115	34.5	0.958
320	0.32	115.25	34.58	0.960
330	0.33	115.5	34.65	0.963
340	0.34	115.75	34.73	0.965
350	0.35	116	34.80	0.967
360	0.36	116.25	34.88	0.969
370	0.37	116.5	34.95	0.971

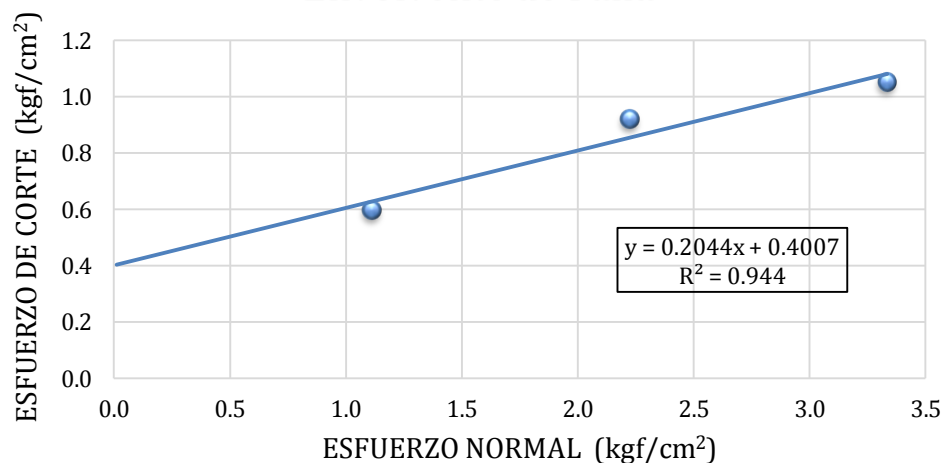
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	117	35.10	0.975
390	0.39	117.25	35.18	0.977
400	0.4	117.5	35.25	0.979
410	0.41	118.5	35.55	0.988
420	0.42	119	35.70	0.992
430	0.43	119.25	35.78	0.994
440	0.44	119.5	35.85	0.996
450	0.45	119.75	35.93	0.998
460	0.46	120	36.00	1.000
470	0.47	120.5	36.15	1.004
480	0.48	120.75	36.23	1.006
490	0.49	121	36.30	1.008
500	0.5	121.5	36.45	1.013
510	0.51	121.75	36.53	1.015
520	0.52	122	36.60	1.017
530	0.53	122.25	36.68	1.019
540	0.54	122.5	36.75	1.021
550	0.55	122.75	36.83	1.023
560	0.56	123	36.90	1.025
570	0.57	123.25	36.98	1.027
580	0.58	123.5	37.05	1.029
590	0.59	123.75	37.13	1.031
600	0.6	124	37.20	1.033
610	0.61	124.25	37.28	1.035
620	0.62	124.5	37.35	1.038
630	0.63	124.75	37.43	1.040
640	0.64	125	37.50	1.042
650	0.65	125.25	37.58	1.044
660	0.66	125.5	37.65	1.046
670	0.67	125.75	37.73	1.048
680	0.68	126	37.80	1.050

Grafica Esfuerzo - Deformación de 5% de caucho w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.596	1.111
0.919	2.222
1.050	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
11.550	0.4007

9.6.5 Arcilla +10% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	11	3.30	0.092
20	0.02	31	9.30	0.258
30	0.03	41	12.30	0.342
40	0.04	47	14.10	0.392
50	0.05	52.5	15.75	0.438
60	0.06	58.5	17.55	0.488
70	0.07	64.5	19.35	0.538
80	0.08	70	21.00	0.583
90	0.09	75	22.50	0.625
100	0.1	80.5	24.15	0.671
110	0.11	85	25.50	0.708
120	0.12	90	27.00	0.750
130	0.13	95	28.50	0.792
140	0.14	99	29.70	0.825
150	0.15	103.5	31.05	0.863
160	0.16	107.5	32.25	0.896
170	0.17	111	33.30	0.925
180	0.18	115	34.50	0.958
190	0.19	117.5	35.25	0.979
200	0.2	121	36.30	1.008
210	0.21	123.5	37.05	1.029
220	0.22	126.5	37.95	1.054
230	0.23	129.5	38.85	1.079
240	0.24	132	39.60	1.100
250	0.25	134.5	40.35	1.121
260	0.26	137	41.10	1.142
270	0.27	139.5	41.85	1.163
280	0.28	141.5	42.45	1.179
290	0.29	143.5	43.05	1.196
300	0.3	145.5	43.65	1.213
310	0.31	146.75	44.03	1.223
320	0.32	148.5	44.55	1.238
330	0.33	150.25	45.08	1.252
340	0.34	151.75	45.53	1.265
350	0.35	153	45.90	1.275
360	0.36	154.5	46.35	1.288

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	155.5	46.65	1.296
380	0.38	157.5	47.25	1.313
390	0.39	158.5	47.55	1.321
400	0.4	159.5	47.85	1.329
410	0.41	160.5	48.15	1.338
420	0.42	161.25	48.38	1.344
430	0.43	161.75	48.53	1.348
440	0.44	162.25	48.68	1.352
450	0.45	162.5	48.75	1.354

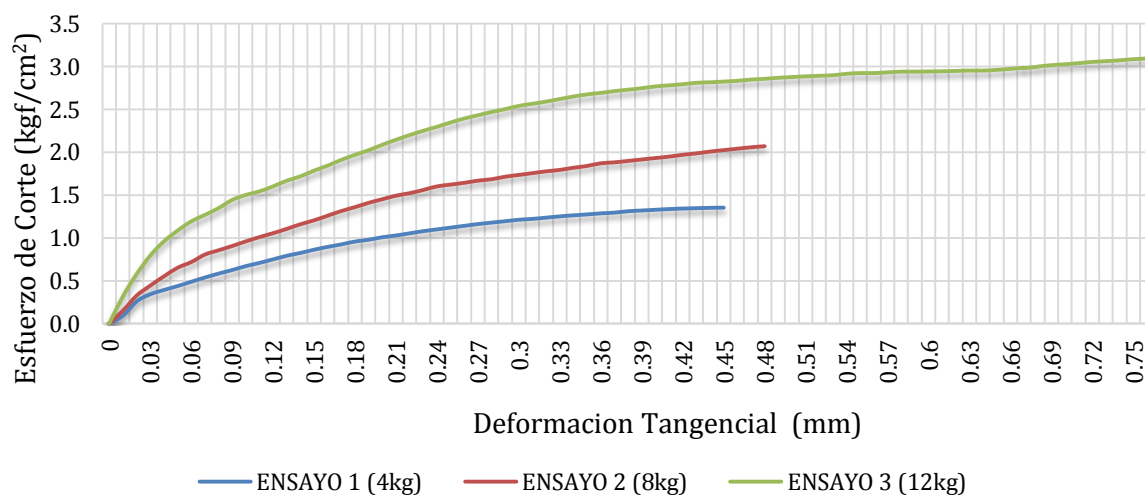
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	18	5.40	0.150
20	0.02	39	11.70	0.325
30	0.03	53	15.90	0.442
40	0.04	66	19.80	0.550
50	0.05	78	23.40	0.650
60	0.06	86	25.80	0.717
70	0.07	96.5	28.95	0.804
80	0.08	102.5	30.75	0.854
90	0.09	108.5	32.55	0.904
100	0.1	115	34.50	0.958
110	0.11	121	36.30	1.008
120	0.12	126.5	37.95	1.054
130	0.13	132.5	39.75	1.104
140	0.14	139	41.70	1.158
150	0.15	144.5	43.35	1.204
160	0.16	151	45.30	1.258
170	0.17	157.5	47.25	1.313
180	0.18	163	48.90	1.358
190	0.19	169	50.70	1.408
200	0.2	174	52.20	1.450
210	0.21	179	53.70	1.492
220	0.22	182.5	54.75	1.521
230	0.23	187	56.10	1.558
240	0.24	192	57.60	1.600
250	0.25	194.5	58.35	1.621
260	0.26	197	59.10	1.642
270	0.27	200	60.00	1.667
280	0.28	202	60.60	1.683
290	0.29	205.5	61.66	1.713
300	0.3	208	62.41	1.734
310	0.31	210.5	63.17	1.755
320	0.32	213	63.92	1.776
330	0.33	215	64.52	1.792
340	0.34	218	65.43	1.817
350	0.35	220.5	66.18	1.838
360	0.36	224.2	67.30	1.869
370	0.37	225.5	67.69	1.880
380	0.38	227.5	68.30	1.897

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	229.5	68.90	1.914
400	0.4	231.5	69.50	1.931
410	0.41	233.5	70.11	1.947
420	0.42	236	70.86	1.968
430	0.43	238	71.46	1.985
440	0.44	240.5	72.22	2.006
450	0.45	242.5	72.82	2.023
460	0.46	244.5	73.42	2.040
470	0.47	246.5	74.03	2.056
480	0.48	248	74.48	2.069

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	38	11.40	0.317
20	0.02	69	20.70	0.575
30	0.03	95	28.50	0.792
40	0.04	115	34.50	0.958
50	0.05	130	39.00	1.083
60	0.06	143	42.90	1.192
70	0.07	152	45.60	1.267
80	0.08	161.5	48.45	1.346
90	0.09	173	51.90	1.442
100	0.1	180	54.00	1.500
110	0.11	185	55.50	1.542
120	0.12	192	57.60	1.600
130	0.13	200	60.00	1.667
140	0.14	206	61.81	1.717
150	0.15	214	64.22	1.784
160	0.16	221	66.33	1.843
170	0.17	229	68.75	1.910
180	0.18	236	70.86	1.968
190	0.19	242.5	72.82	2.023
200	0.2	250	75.08	2.086
210	0.21	257	77.19	2.144
220	0.22	263.5	79.16	2.199
230	0.23	269.5	80.97	2.249
240	0.24	275	82.63	2.295
250	0.25	281	84.45	2.346
260	0.26	286.5	86.12	2.392
270	0.27	291	87.48	2.430
280	0.28	295.5	88.84	2.468
290	0.29	299.5	90.05	2.501
300	0.3	304	91.42	2.539
310	0.31	307	92.32	2.565
320	0.32	310	93.23	2.590
330	0.33	313.5	94.29	2.619
340	0.34	317	95.35	2.649
350	0.35	320	96.26	2.674
360	0.36	322	96.87	2.691
370	0.37	324.5	97.62	2.712
380	0.38	326.5	98.23	2.729

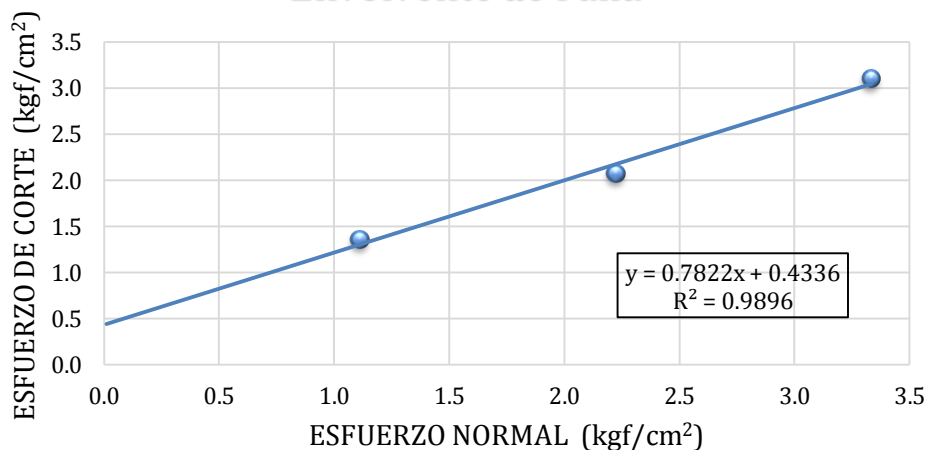
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	328.5	98.83	2.745
400	0.4	331	99.59	2.766
410	0.41	332.5	100.05	2.779
420	0.42	334	100.50	2.792
430	0.43	336	101.11	2.808
440	0.44	336.75	101.33	2.815
450	0.45	337.75	101.64	2.823
460	0.46	338.75	101.94	2.832
470	0.47	340.5	102.47	2.846
480	0.48	341.5	102.77	2.855
490	0.49	343	103.22	2.867
500	0.5	344	103.53	2.876
510	0.51	345	103.83	2.884
520	0.52	345.75	104.06	2.890
530	0.53	346.5	104.28	2.897
540	0.54	348.5	104.89	2.914
550	0.55	349.5	105.19	2.922
560	0.56	349.5	105.19	2.922
570	0.57	350.5	105.50	2.930
580	0.58	351.5	105.80	2.939
590	0.59	351.5	105.80	2.939
600	0.6	351.75	105.87	2.941
610	0.61	352	105.95	2.943
620	0.62	352.5	106.10	2.947
630	0.63	353	106.25	2.951
640	0.64	353	106.25	2.951
650	0.65	354	106.56	2.960
660	0.66	355.25	106.93	2.970
670	0.67	357	107.46	2.985
680	0.68	358.5	107.92	2.998
690	0.69	360.5	108.52	3.015
700	0.7	361.75	108.90	3.025
710	0.71	363.25	109.36	3.038
720	0.72	365	109.89	3.052
730	0.73	366	110.19	3.061
740	0.74	367.25	110.57	3.071
750	0.75	368.75	111.02	3.084
760	0.76	369.75	111.32	3.092

Grafica Esfuerzo - Deformación de 10% de caucho w(%)



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.354	1.111
2.069	2.222
3.092	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.031	0.4336

9.7 Arcilla con porcentaje de cal hidratada y caucho – Densidad Seca

Máxima

9.7.1 Arcilla +2 % Cal + 4% de Caucho

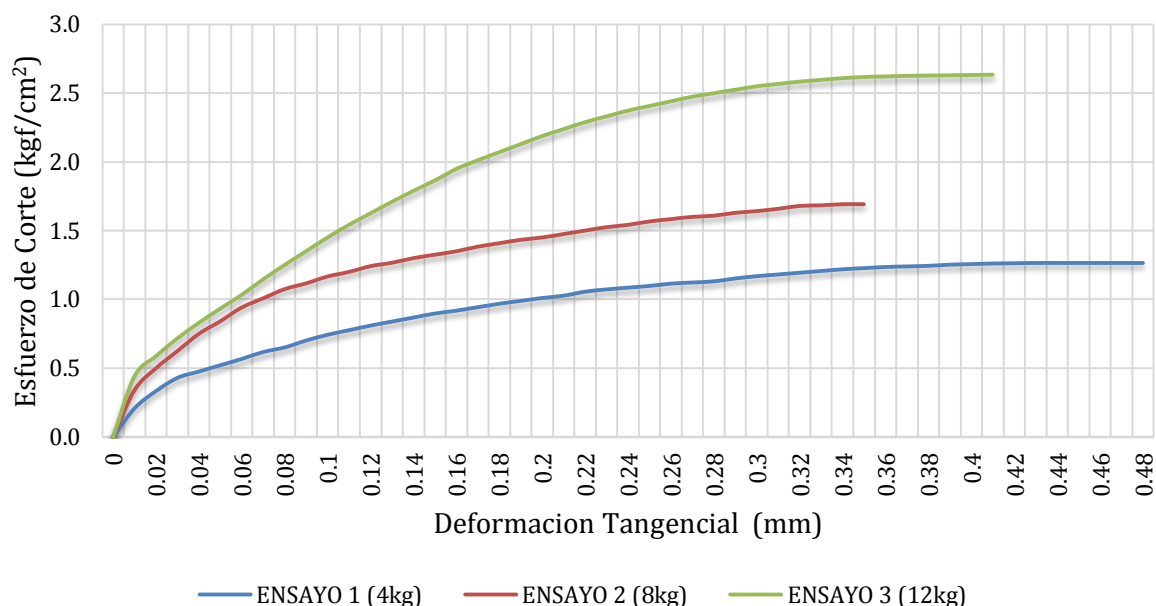
ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	330	0.33	144.5	43.35	1.204
10	0.01	25	7.5	0.208	340	0.34	146	43.8	1.217
20	0.02	40	12	0.333	350	0.35	147	44.1	1.225
30	0.03	51.5	15.45	0.429	360	0.36	148	44.4	1.233
40	0.04	57	17.1	0.475	370	0.37	148.5	44.55	1.238
50	0.05	62.5	18.75	0.521	380	0.38	149	44.7	1.242
60	0.06	68	20.4	0.567	390	0.39	150	45	1.250
70	0.07	74	22.2	0.617	400	0.4	150.5	45.15	1.254
80	0.08	78	23.4	0.650	410	0.41	151	45.3	1.258
90	0.09	84	25.2	0.700	420	0.42	151.25	45.375	1.260
100	0.1	89	26.7	0.742	430	0.43	151.5	45.45	1.263
110	0.11	93	27.9	0.775					
120	0.12	97	29.1	0.808					
130	0.13	100.5	30.15	0.838					
140	0.14	104	31.2	0.867					
150	0.15	107.5	32.25	0.896					
160	0.16	110	33	0.917					
170	0.17	113	33.9	0.942					
180	0.18	116	34.8	0.967					
190	0.19	118.5	35.55	0.988					
200	0.2	121	36.3	1.008					
210	0.21	123	36.9	1.025					
220	0.22	126.5	37.95	1.054					
230	0.23	128.5	38.55	1.071					
240	0.24	130	39	1.083					
250	0.25	131.5	39.45	1.096					
260	0.26	133.5	40.05	1.113					
270	0.27	134.5	40.35	1.121					
280	0.28	135.5	40.65	1.129					
290	0.29	138	41.4	1.150					
300	0.3	140	42	1.167					
310	0.31	141.5	42.45	1.179					
320	0.32	143	42.9	1.192					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	41	12.3	0.342
20	0.02	60	18	0.500
30	0.03	75	22.5	0.625
40	0.04	90	27	0.750
50	0.05	101	30.3	0.842
60	0.06	113	33.9	0.942
70	0.07	121	36.3	1.008
80	0.08	129	38.7	1.075
90	0.09	134	40.2	1.117
100	0.1	140	42	1.167
110	0.11	144	43.2	1.200
120	0.12	149	44.7	1.242
130	0.13	152	45.6	1.267
140	0.14	156	46.8	1.300
150	0.15	159	47.7	1.325
160	0.16	162	48.6	1.350
170	0.17	166	49.8	1.383
180	0.18	169	50.7	1.408
190	0.19	172	51.6	1.433
200	0.2	174	52.2	1.450
210	0.21	177	53.1	1.475
220	0.22	180	54	1.500
230	0.23	183	54.9	1.525
240	0.24	185	55.5	1.542
250	0.25	188	56.4	1.567
260	0.26	190	57	1.583
270	0.27	192	57.6	1.600
280	0.28	193	57.9	1.608
290	0.29	195.5	58.65	1.629
300	0.3	197	59.1	1.642
310	0.31	199	59.7	1.658
320	0.32	201.5	60.45	1.679
330	0.33	202	60.60	1.683
340	0.34	203	60.90	1.692

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	53	15.9	0.442
20	0.02	70.5	21.15	0.588
30	0.03	86	25.8	0.717
40	0.04	99.5	29.85	0.829
50	0.05	112	33.6	0.933
60	0.06	124	37.2	1.033
70	0.07	137.5	41.25	1.146
80	0.08	150	45	1.250
90	0.09	162	48.6	1.350
100	0.1	174	52.2	1.450
110	0.11	185	55.5	1.542
120	0.12	195	58.5	1.625
130	0.13	205	61.51	1.709
140	0.14	214.5	64.37	1.788
150	0.15	223.5	67.09	1.864
160	0.16	233.5	70.11	1.947
170	0.17	241	72.37	2.010
180	0.18	248	74.48	2.069
190	0.19	255	76.59	2.128
200	0.2	262	78.70	2.186
210	0.21	268	80.51	2.237
220	0.22	274	82.33	2.287
230	0.23	279	83.85	2.329
240	0.24	284	85.36	2.371
250	0.25	288	86.57	2.405
260	0.26	292	87.78	2.438
270	0.27	296	88.99	2.472
280	0.28	299	89.90	2.497
290	0.29	302	90.81	2.522
300	0.3	305	91.72	2.548
310	0.31	307	92.32	2.565
320	0.32	309	92.93	2.581
330	0.33	310.5	93.38	2.594
340	0.34	312	93.84	2.607

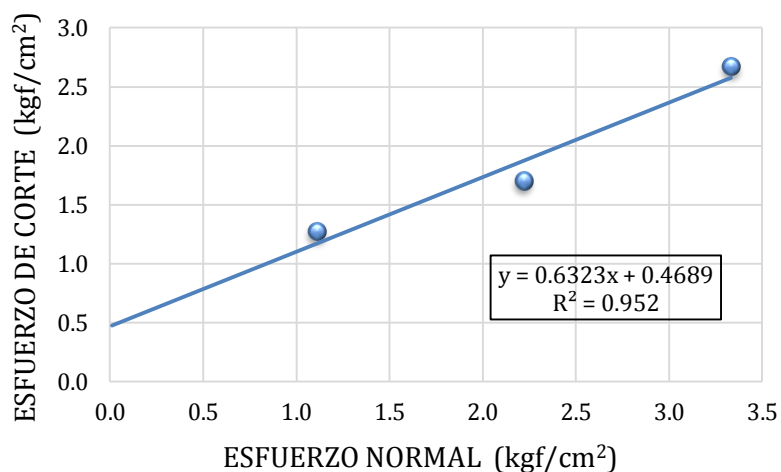
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
350	0.35	313	94.14	2.615
360	0.36	313.5	94.29	2.619
370	0.37	314	94.44	2.623
380	0.38	314.25	94.52	2.626
390	0.39	314.5	94.60	2.628
400	0.4	314.75	94.67	2.630
410	0.41	315	94.75	2.632
420	0.42	315.25	94.82	2.634
430	0.43	315.5	94.90	2.636
440	0.44	315.75	94.97	2.638
450	0.45	316	95.05	2.640
460	0.46	316.25	95.12	2.642
470	0.47	316.5	95.20	2.644
480	0.48	316.75	95.28	2.647
490	0.49	317	95.35	2.649
500	0.5	317.25	95.43	2.651
510	0.51	317.5	95.50	2.653
520	0.52	317.75	95.58	2.655
530	0.53	318	95.65	2.657
540	0.54	318.25	95.73	2.659
550	0.55	318.5	95.81	2.661
560	0.56	318.75	95.88	2.663
570	0.57	319	95.96	2.665
580	0.58	319.25	96.03	2.668

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 2%cal+4%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.263	1.111
1.692	2.222
2.668	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
32.304	0.4689

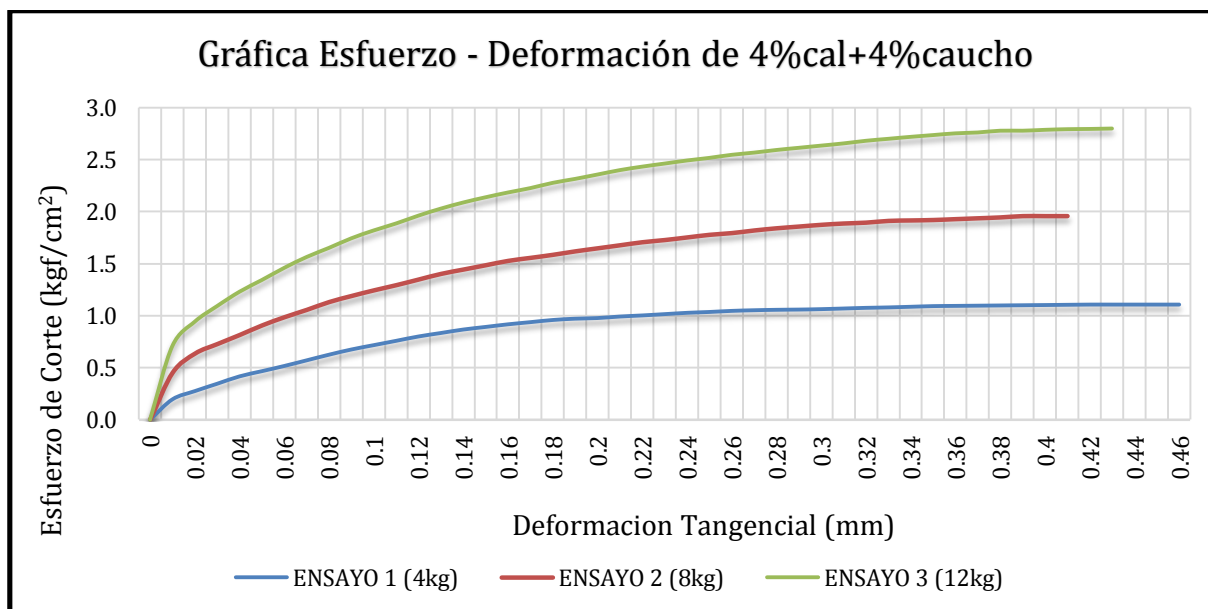
9.7.2 Arcilla +4 % Cal + 4% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	23.5	7.05	0.196
20	0.02	33	9.90	0.275
30	0.03	41.5	12.45	0.346
40	0.04	50	15.00	0.417
50	0.05	56	16.80	0.467
60	0.06	62	18.60	0.517
70	0.07	68.5	20.55	0.571
80	0.08	75	22.50	0.625
90	0.09	81	24.30	0.675
100	0.1	86	25.80	0.717
110	0.11	91	27.30	0.758
120	0.12	96	28.80	0.800
130	0.13	100	30.00	0.833
140	0.14	104	31.20	0.867
150	0.15	107	32.10	0.892
160	0.16	110	33.00	0.917
170	0.17	112.5	33.75	0.938
180	0.18	115	34.50	0.958
190	0.19	116.5	34.95	0.971
200	0.2	117.25	35.18	0.977
210	0.21	119	35.70	0.992
220	0.22	120.25	36.08	1.002
230	0.23	121.75	36.53	1.015
240	0.24	123.25	36.98	1.027
250	0.25	124.25	37.28	1.035
260	0.26	125.5	37.65	1.046
270	0.27	126.25	37.88	1.052
280	0.28	126.75	38.03	1.056
290	0.29	127	38.10	1.058
300	0.3	127.5	38.25	1.063
310	0.31	128.25	38.48	1.069
320	0.32	129	38.70	1.075
330	0.33	129.5	38.85	1.079
340	0.34	130.25	39.08	1.085

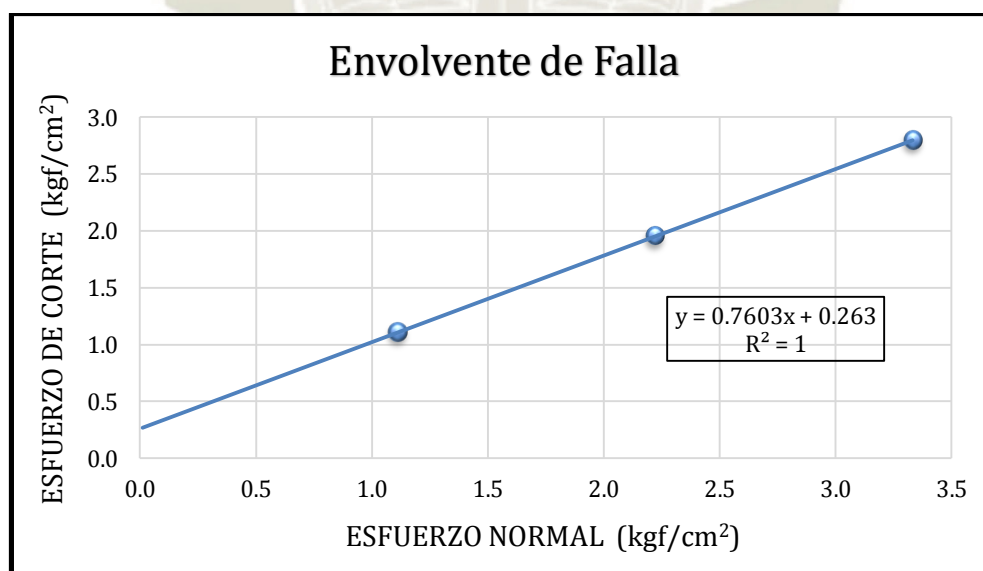
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
350	0.35	131	39.30	1.092
360	0.36	131.25	39.38	1.094
370	0.37	131.5	39.45	1.096
380	0.38	131.75	39.53	1.098
390	0.39	132	39.60	1.100
400	0.4	132.25	39.68	1.102
410	0.41	132.5	39.75	1.104
420	0.42	132.75	39.83	1.106
430	0.43	132.75	39.83	1.106
440	0.44	132.75	39.83	1.106
450	0.45	132.75	39.83	1.106
460	0.46	132.75	39.83	1.106

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓ N	DEFORMACIÓ N TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	54	16.20	0.450
20	0.02	76	22.80	0.633
30	0.03	87	26.10	0.725
40	0.04	97.5	29.25	0.813
50	0.05	108.5	32.55	0.904
60	0.06	118	35.40	0.983
70	0.07	126.5	37.95	1.054
80	0.08	135.5	40.65	1.129
90	0.09	142.5	42.75	1.188
100	0.1	149	44.70	1.242
110	0.11	155	46.50	1.292
120	0.12	161.5	48.45	1.346
130	0.13	168	50.40	1.400
140	0.14	173	51.90	1.442
150	0.15	178	53.40	1.483
160	0.16	183	54.90	1.525
170	0.17	186.5	55.95	1.554
180	0.18	190	57.00	1.583
190	0.19	194	58.20	1.617
200	0.2	197.5	59.25	1.646
210	0.21	201	60.30	1.675
220	0.22	204.5	61.36	1.704
230	0.23	207	62.11	1.725
240	0.24	210	63.02	1.750
250	0.25	213	63.92	1.776
260	0.26	215	64.52	1.792
270	0.27	218	65.43	1.817
280	0.28	220.5	66.18	1.838
290	0.29	222.5	66.79	1.855
300	0.3	224.5	67.39	1.872
310	0.31	226	67.84	1.885
320	0.32	227	68.14	1.893
330	0.33	229	68.75	1.910
340	0.34	229.5	68.90	1.914
350	0.35	230	69.05	1.918
360	0.36	231	69.35	1.926
370	0.37	232	69.65	1.935
380	0.38	233	69.95	1.943
390	0.39	234.5	70.41	1.956
400	0.4	234.5	70.41	1.956
410	0.41	234.5	70.41	1.956

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓ N	DEFORMACIÓ N TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	54	16.20	0.450
20	0.02	76	22.80	0.633
30	0.03	87	26.10	0.725
40	0.04	97.5	29.25	0.813
50	0.05	108.5	32.55	0.904
60	0.06	118	35.40	0.983
70	0.07	126.5	37.95	1.054
80	0.08	135.5	40.65	1.129
90	0.09	142.5	42.75	1.188
100	0.1	149	44.70	1.242
110	0.11	155	46.50	1.292
120	0.12	161.5	48.45	1.346
130	0.13	168	50.40	1.400
140	0.14	173	51.90	1.442
150	0.15	178	53.40	1.483
160	0.16	183	54.90	1.525
170	0.17	186.5	55.95	1.554
180	0.18	190	57.00	1.583
190	0.19	194	58.20	1.617
200	0.2	197.5	59.25	1.646
210	0.21	201	60.30	1.675
220	0.22	204.5	61.36	1.704
230	0.23	207	62.11	1.725
240	0.24	210	63.02	1.750
250	0.25	213	63.92	1.776
260	0.26	215	64.52	1.792
270	0.27	218	65.43	1.817
280	0.28	220.5	66.18	1.838
290	0.29	222.5	66.79	1.855
300	0.3	224.5	67.39	1.872
310	0.31	226	67.84	1.885
320	0.32	227	68.14	1.893
330	0.33	229	68.75	1.910
340	0.34	229.5	68.90	1.914
350	0.35	230	69.05	1.918
360	0.36	231	69.35	1.926
370	0.37	232	69.65	1.935
380	0.38	233	69.95	1.943
390	0.39	234.5	70.41	1.956
400	0.4	234.5	70.41	1.956
410	0.41	234.5	70.41	1.956



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.106	1.111
1.956	2.222
2.796	3.333



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
37.246	0.263

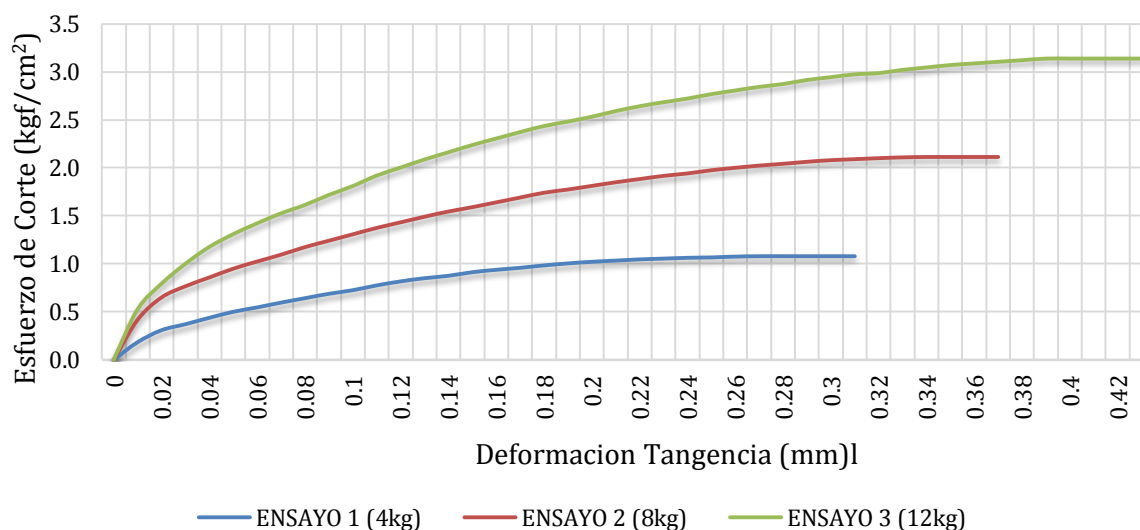
9.7.3 Arcilla +6 % Cal + 4% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	22	6.6	0.183
20	0.02	37	11.1	0.308
30	0.03	44.5	13.35	0.371
40	0.04	52.5	15.75	0.438
50	0.05	60	18	0.500
60	0.06	65.5	19.65	0.546
70	0.07	71.5	21.45	0.596
80	0.08	77	23.1	0.642
90	0.09	82.5	24.75	0.688
100	0.1	87	26.1	0.725
110	0.11	93	27.9	0.775
120	0.12	98	29.4	0.817
130	0.13	102	30.6	0.850
140	0.14	105	31.5	0.875
150	0.15	109.5	32.85	0.913
160	0.16	112.5	33.75	0.938
170	0.17	115	34.5	0.958
180	0.18	118	35.4	0.983
190	0.19	120.5	36.15	1.004
200	0.2	122.5	36.75	1.021
210	0.21	124	37.2	1.033
220	0.22	125.5	37.65	1.046
230	0.23	126.5	37.95	1.054
240	0.24	127.5	38.25	1.063
250	0.25	128	38.4	1.067
260	0.26	129	38.7	1.075
270	0.27	129.5	38.85	1.079

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15.00	0.417
20	0.02	78	23.40	0.650
30	0.03	92	27.60	0.767
40	0.04	103	30.90	0.858
50	0.05	114	34.20	0.950
60	0.06	123	36.90	1.025
70	0.07	131.5	39.45	1.096
80	0.08	141	42.30	1.175
90	0.09	149	44.70	1.242
100	0.1	157	47.10	1.308
110	0.11	165	49.50	1.375
120	0.12	172	51.60	1.433
130	0.13	179	53.70	1.492
140	0.14	185.5	55.65	1.546
150	0.15	191	57.30	1.592
160	0.16	197	59.10	1.642
170	0.17	203	60.90	1.692
180	0.18	209	62.71	1.742
190	0.19	213	63.92	1.776
200	0.2	217.5	65.28	1.813
210	0.21	222	66.64	1.851
220	0.22	226	67.84	1.885
230	0.23	230	69.05	1.918
240	0.24	233	69.95	1.943
250	0.25	237	71.16	1.977
260	0.26	240	72.07	2.002
270	0.27	242.75	72.90	2.025
280	0.28	245	73.57	2.044
290	0.29	247.5	74.33	2.065
300	0.3	249.5	74.93	2.081
310	0.31	250.75	75.31	2.092
320	0.32	252	75.69	2.102
330	0.33	253	75.99	2.111
340	0.34	253.5	76.14	2.115
350	0.35	253.5	76.14	2.115
360	0.36	253.5	76.14	2.115

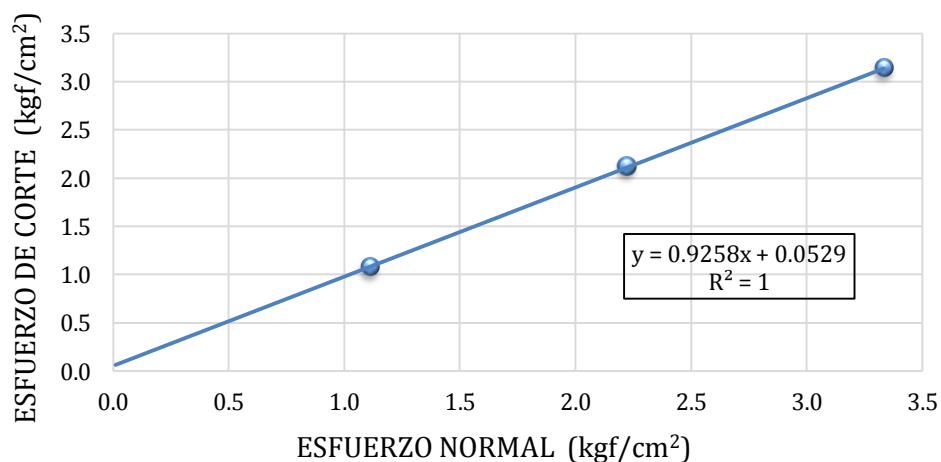
ENSAYO N° 3 (12 Kg)					
DIAL DEFORMACIÓ N	DEFORMACIÓ N	TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0	0.000
10	0.01	63	18.90	0.525	
20	0.02	95	28.50	0.792	
30	0.03	120	36.00	1.000	
40	0.04	141	42.30	1.175	
50	0.05	157	47.10	1.308	
60	0.06	170.5	51.15	1.421	
70	0.07	183	54.90	1.525	
80	0.08	193.5	58.05	1.613	
90	0.09	206	61.81	1.717	
100	0.1	217	65.13	1.809	
110	0.11	230	69.05	1.918	
120	0.12	240	72.07	2.002	
130	0.13	250	75.08	2.086	
140	0.14	259	77.80	2.161	
150	0.15	268	80.51	2.237	
160	0.16	276	82.94	2.304	
170	0.17	284	85.36	2.371	
180	0.18	291.5	87.63	2.434	
190	0.19	297	89.30	2.480	
200	0.2	303	91.11	2.531	
210	0.21	310	93.23	2.590	
220	0.22	316	95.05	2.640	
230	0.23	321	96.56	2.682	
240	0.24	325.5	97.93	2.720	
250	0.25	331	99.59	2.766	
260	0.26	335.5	100.95	2.804	
270	0.27	340	102.32	2.842	
280	0.28	343.5	103.38	2.872	
290	0.29	348.5	104.89	2.914	
300	0.3	352	105.95	2.943	
310	0.31	355.5	107.01	2.972	
320	0.32	357	107.46	2.985	
330	0.33	361	108.68	3.019	
340	0.34	364	109.58	3.044	
350	0.35	367	110.49	3.069	
360	0.36	369	111.10	3.086	
370	0.37	371	111.70	3.103	
380	0.38	373	112.31	3.120	
390	0.39	375	112.91	3.137	

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 6%cal+4%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.079	1.111
2.115	2.222
3.137	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
42.793	0.0529

9.7.4 Arcilla +8 % Cal + 4% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	26	7.8	0.217
20	0.02	37	11.1	0.308
30	0.03	42	12.6	0.350
40	0.04	48	14.4	0.400
50	0.05	53	15.9	0.442
60	0.06	58.5	17.55	0.488
70	0.07	63	18.9	0.525
80	0.08	68	20.4	0.567
90	0.09	73	21.9	0.608
100	0.1	77	23.1	0.642
110	0.11	82	24.6	0.683
120	0.12	86	25.8	0.717
130	0.13	90	27	0.750
140	0.14	94	28.2	0.783
150	0.15	97	29.1	0.808
160	0.16	100.5	30.15	0.838
170	0.17	103.5	31.05	0.863
180	0.18	105.5	31.65	0.879
190	0.19	107	32.1	0.892
200	0.2	109	32.7	0.908
210	0.21	110	33	0.917
220	0.22	112	33.6	0.933
230	0.23	113	33.9	0.942
240	0.24	114	34.2	0.950
250	0.25	114	34.2	0.950
260	0.26	114	34.2	0.950
270	0.27	114	34.2	0.950
280	0.28	114	34.2	0.950
290	0.29	114	34.2	0.950

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	30	9.00	0.250
20	0.02	55	16.50	0.458
30	0.03	68	20.40	0.567
40	0.04	80	24.00	0.667
50	0.05	93	27.90	0.775
60	0.06	105	31.50	0.875
70	0.07	115	34.50	0.958
80	0.08	124	37.20	1.033
90	0.09	132.5	39.75	1.104
100	0.1	139.5	41.85	1.163
110	0.11	146.5	43.95	1.221
120	0.12	153	45.90	1.275
130	0.13	159.5	47.85	1.329
140	0.14	165	49.50	1.375
150	0.15	170	51.00	1.417
160	0.16	175	52.50	1.458
170	0.17	179.5	53.85	1.496
180	0.18	183	54.90	1.525
190	0.19	186.5	55.95	1.554
200	0.2	190	57.00	1.583
210	0.21	193.5	58.05	1.613
220	0.22	196	58.80	1.633
230	0.23	198.75	59.63	1.656
240	0.24	200.25	60.08	1.669
250	0.25	202.5	60.75	1.688
260	0.26	204.5	61.36	1.704
270	0.27	206	61.81	1.717
280	0.28	207.25	62.19	1.727
290	0.29	209	62.71	1.742
300	0.3	210	63.02	1.750
310	0.31	211	63.32	1.759
320	0.32	212	63.62	1.767
330	0.33	212.75	63.85	1.774
340	0.34	213.5	64.07	1.780
350	0.35	214.5	64.37	1.788
360	0.36	215.5	64.68	1.797
370	0.37	216.25	64.90	1.803
380	0.38	216.75	65.05	1.807

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
390	0.39	217	65.13	1.809
400	0.4	219	65.73	1.826
410	0.41	219.5	65.88	1.830
420	0.42	220.25	66.11	1.836
430	0.43	221	66.33	1.843
440	0.44	221.5	66.49	1.847
450	0.45	222	66.64	1.851
460	0.46	222.5	66.79	1.855
470	0.47	222.5	66.79	1.855
480	0.48	222.5	66.79	1.855
490	0.49	222.5	66.79	1.855
500	0.5	222.5	66.79	1.855
510	0.51	222.5	66.79	1.855

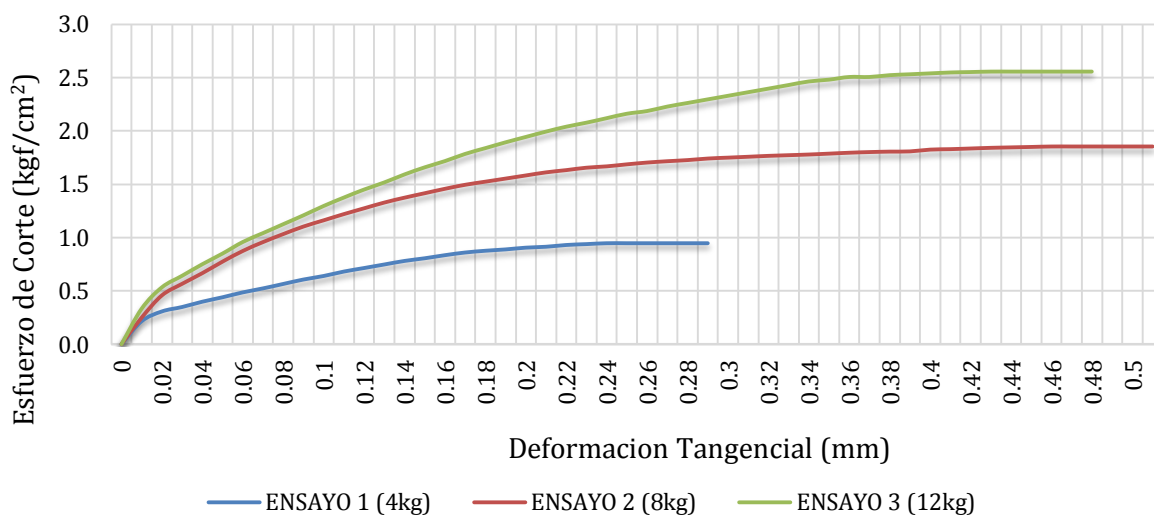
ENSAYO N° 3 (12 Kg)

DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	40	12	0.333
20	0.02	64	19.2	0.533
30	0.03	77	23.1	0.642
40	0.04	90	27	0.750
50	0.05	102	30.6	0.850
60	0.06	115	34.5	0.958
70	0.07	125	37.5	1.042
80	0.08	135	40.5	1.125
90	0.09	145	43.5	1.208
100	0.1	155.5	46.65	1.296
110	0.11	165	49.5	1.375
120	0.12	174	52.2	1.450
130	0.13	182	54.6	1.517
140	0.14	191	57.3	1.592
150	0.15	199	59.7	1.658
160	0.16	206	61.81	1.717
170	0.17	214	64.22	1.784
180	0.18	220.5	66.18	1.838
190	0.19	227	68.14	1.893
200	0.2	233	69.95	1.943
210	0.21	239	71.76	1.993
220	0.22	244.5	73.42	2.040
230	0.23	249	74.78	2.077
240	0.24	254	76.29	2.119
250	0.25	259	77.80	2.161
260	0.26	262	78.70	2.186
270	0.27	267	80.21	2.228
280	0.28	271	81.42	2.262
290	0.29	275	82.63	2.295
300	0.3	279	83.85	2.329
310	0.31	283	85.06	2.363
320	0.32	287	86.27	2.396
330	0.33	291	87.48	2.430
340	0.34	295	88.69	2.464
350	0.35	297	89.30	2.480
360	0.36	300	90.20	2.506
370	0.37	300	90.20	2.506

ENSAYO N° 3 (12 Kg)

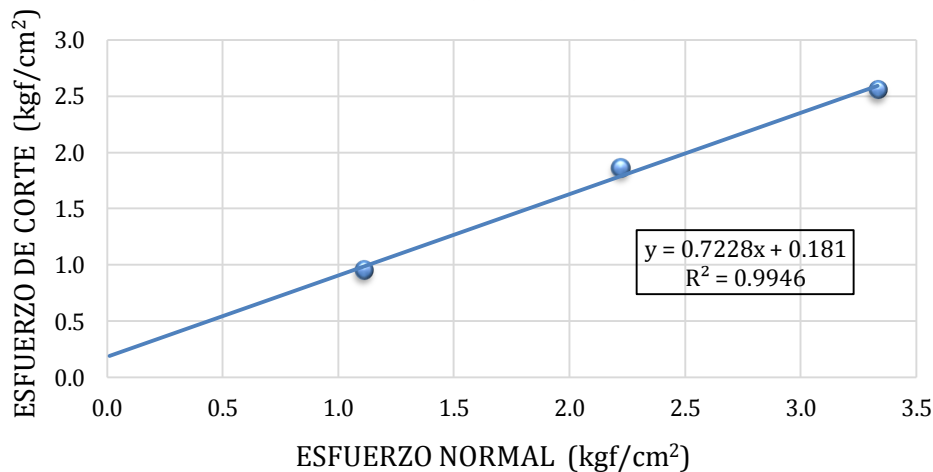
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	302	90.81	2.522
390	0.39	303	91.11	2.531
400	0.4	304	91.42	2.539
410	0.41	305	91.72	2.548
420	0.42	305.5	91.87	2.552
430	0.43	306	92.02	2.556
440	0.44	306	92.02	2.556
450	0.45	306	92.02	2.556
460	0.46	306	92.02	2.556
470	0.47	306	92.02	2.556
480	0.48	306	92.02	2.556

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 8%cal+4%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.950	1.111
1.855	2.222
2.556	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
35.858	0.181

9.7.5 Arcilla +2 % Cal + 5% de Caucho

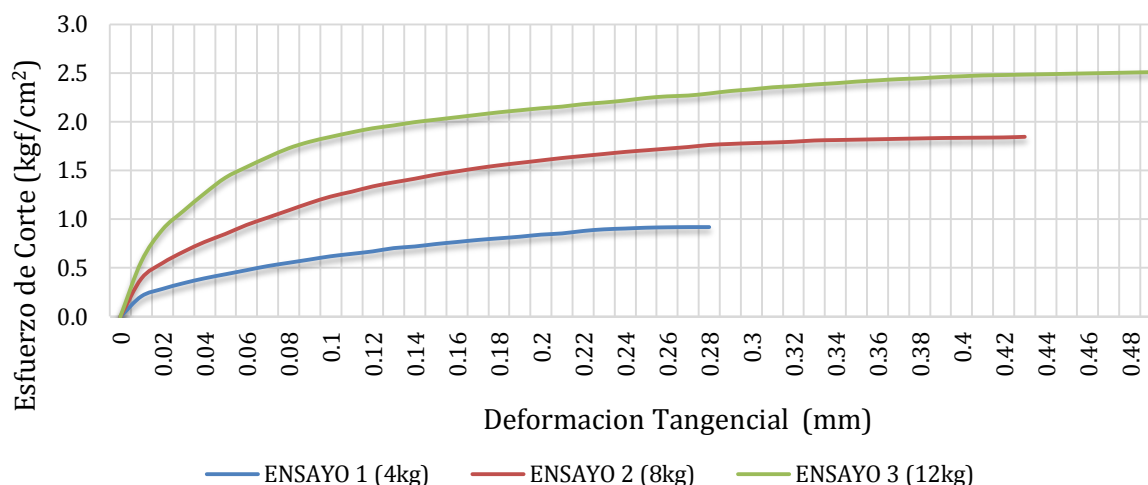
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	25	7.5	0.208
20	0.02	34	10.2	0.283
30	0.03	41	12.3	0.342
40	0.04	47	14.1	0.392
50	0.05	52	15.6	0.433
60	0.06	57	17.1	0.475
70	0.07	62	18.6	0.517
80	0.08	66	19.8	0.550
90	0.09	70	21	0.583
100	0.1	74	22.2	0.617
110	0.11	77	23.1	0.642
120	0.12	80	24	0.667
130	0.13	84	25.2	0.700
140	0.14	86	25.8	0.717
150	0.15	89	26.7	0.742
160	0.16	91.5	27.45	0.763
170	0.17	94	28.2	0.783
180	0.18	96	28.8	0.800
190	0.19	98	29.4	0.817
200	0.2	100.5	30.15	0.838
210	0.21	102	30.6	0.850
220	0.22	105	31.5	0.875
230	0.23	107	32.1	0.892
240	0.24	108	32.4	0.900
250	0.25	109	32.7	0.908
260	0.26	109.5	32.85	0.913
270	0.27	109.75	32.93	0.915
280	0.28	109.75	32.93	0.915
290	0.29	109.91	32.98	0.916
300	0.3	110.04	33.01	0.917
310	0.31	110.16	33.05	0.918
320	0.32	110.29	33.09	0.919
330	0.33	110.41	33.13	0.920
340	0.34	110.54	33.16	0.921
350	0.35	110.66	33.20	0.922
360	0.36	110.79	33.24	0.923

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	47	14.1	0.392
20	0.02	66	19.8	0.550
30	0.03	80	24	0.667
40	0.04	92	27.6	0.767
50	0.05	102	30.6	0.850
60	0.06	113	33.9	0.942
70	0.07	122	36.6	1.017
80	0.08	131	39.3	1.092
90	0.09	140	42	1.167
100	0.1	148	44.4	1.233
110	0.11	154	46.2	1.283
120	0.12	160.5	48.15	1.338
130	0.13	165.5	49.65	1.379
140	0.14	170	51	1.417
150	0.15	175	52.5	1.458
160	0.16	179	53.7	1.492
170	0.17	183	54.9	1.525
180	0.18	186.5	55.95	1.554
190	0.19	189.5	56.85	1.579
200	0.2	192.5	57.75	1.604
210	0.21	195.5	58.65	1.629
220	0.22	198	59.4	1.650
230	0.23	200.5	60.15	1.671
240	0.24	203	60.90	1.692
250	0.25	205	61.51	1.709
260	0.26	207	62.11	1.725
270	0.27	209	62.71	1.742
280	0.28	211.5	63.47	1.763
290	0.29	212.75	63.85	1.774
300	0.3	213.75	64.15	1.782
310	0.31	214.5	64.37	1.788
320	0.32	215.5	64.68	1.797
330	0.33	217	65.13	1.809
340	0.34	217.5	65.28	1.813
350	0.35	218	65.43	1.817
360	0.36	218.5	65.58	1.822
370	0.37	219	65.73	1.826
380	0.38	219.5	65.88	1.830
390	0.39	220	66.03	1.834
400	0.4	220.25	66.11	1.836
410	0.41	220.5	66.18	1.838
420	0.42	220.75	66.26	1.841
430	0.43	221.5	66.49	1.847

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	68	20.4	0.567
20	0.02	107	32.1	0.892
30	0.03	130	39	1.083
40	0.04	151.5	45.45	1.263
50	0.05	171	51.3	1.425
60	0.06	184	55.2	1.533
70	0.07	196	58.8	1.633
80	0.08	207	62.11	1.725
90	0.09	215	64.52	1.792
100	0.1	221	66.33	1.843
110	0.11	226.5	67.99	1.889
120	0.12	231.5	69.50	1.931
130	0.13	235	70.56	1.960
140	0.14	239	71.76	1.993
150	0.15	242	72.67	2.019
160	0.16	245	73.57	2.044
170	0.17	248	74.48	2.069
180	0.18	251	75.38	2.094
190	0.19	253.5	76.14	2.115
200	0.2	256	76.89	2.136
210	0.21	258	77.50	2.153
220	0.22	261	78.40	2.178
230	0.23	263	79.00	2.195
240	0.24	265.5	79.76	2.216
250	0.25	268.5	80.67	2.241
260	0.26	270.5	81.27	2.258
270	0.27	271.5	81.57	2.266
280	0.28	274	82.33	2.287
290	0.29	277	83.24	2.312
300	0.3	279	83.85	2.329
310	0.31	281.5	84.60	2.350
320	0.32	283	85.06	2.363

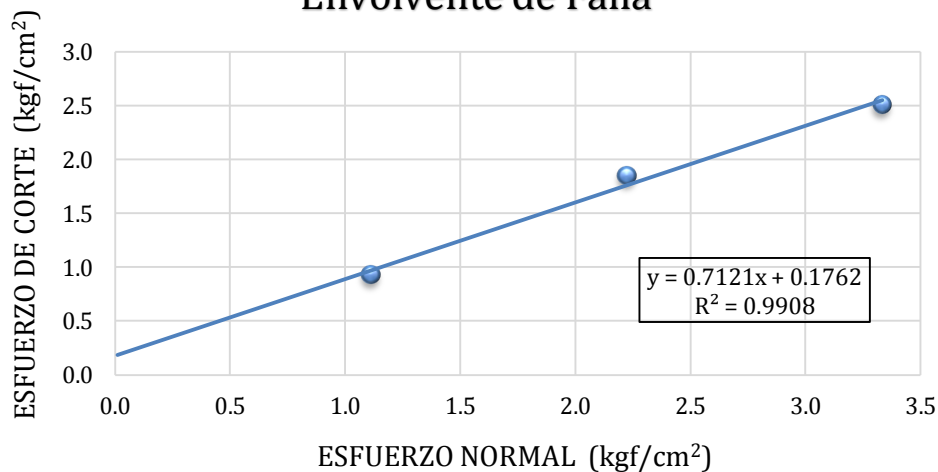
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
330	0.33	285	85.66	2.380
340	0.34	286.5	86.12	2.392
350	0.35	288.5	86.72	2.409
360	0.36	290	87.18	2.422
370	0.37	291.5	87.63	2.434
380	0.38	292.5	87.93	2.443
390	0.39	294	88.39	2.455
400	0.4	295	88.69	2.464
410	0.41	296	88.99	2.472
420	0.42	296.5	89.14	2.476
430	0.43	297	89.30	2.480
440	0.44	297.5	89.45	2.485
450	0.45	298	89.60	2.489
460	0.46	298.5	89.75	2.493
470	0.47	299	89.90	2.497
480	0.48	299.5	90.05	2.501
490	0.49	300	90.20	2.506

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 2%cal+5%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.923	1.111
1.847	2.222
2.506	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
35.454	0.1762

9.7.6 Arcilla +4 % Cal + 5% de Caucho

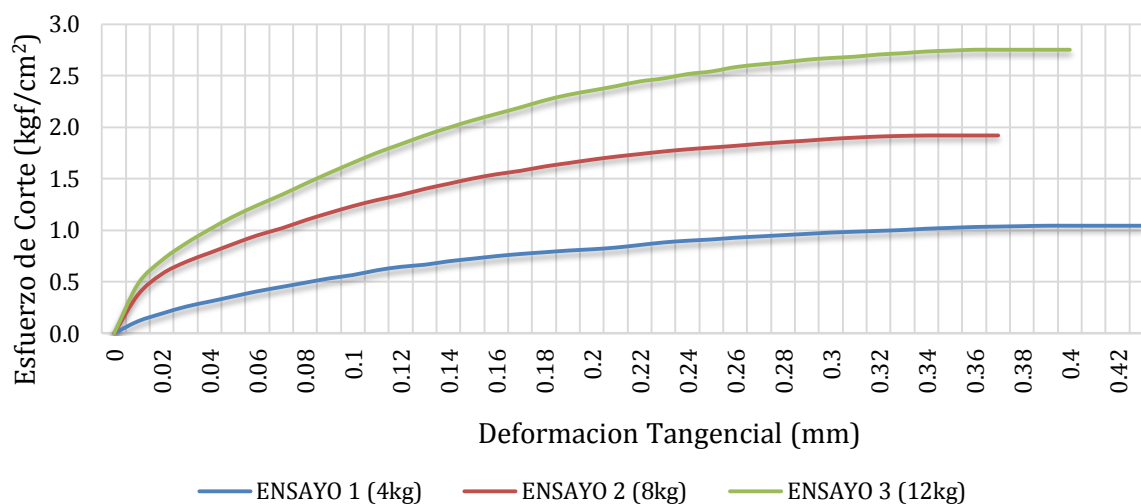
ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	14	4.2	0.117
20	0.02	23	6.9	0.192
30	0.03	31	9.3	0.258
40	0.04	37	11.1	0.308
50	0.05	43	12.9	0.358
60	0.06	49	14.7	0.408
70	0.07	54	16.2	0.450
80	0.08	59	17.7	0.492
90	0.09	64	19.2	0.533
100	0.1	68	20.4	0.567
110	0.11	73.5	22.05	0.613
120	0.12	77.5	23.25	0.646
130	0.13	80	24	0.667
140	0.14	84	25.2	0.700
150	0.15	87	26.1	0.725
160	0.16	90	27	0.750
170	0.17	92.5	27.75	0.771
180	0.18	94.5	28.35	0.788
190	0.19	96.5	28.95	0.804
200	0.2	98	29.4	0.817
210	0.21	100	30	0.833
220	0.22	103	30.9	0.858
230	0.23	106	31.8	0.883
240	0.24	108	32.4	0.900
250	0.25	109.5	32.85	0.913
260	0.26	111.5	33.45	0.929
270	0.27	113	33.9	0.942
280	0.28	114.5	34.35	0.954
290	0.29	116	34.8	0.967
300	0.3	117.5	35.25	0.979
310	0.31	118.5	35.55	0.988
320	0.32	119.5	35.85	0.996
330	0.33	120.5	36.15	1.004
340	0.34	122	36.6	1.017
350	0.35	123	36.9	1.025
360	0.36	124	37.2	1.033

ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
370	0.37	124.5	37.35	1.038
380	0.38	125	37.5	1.042
390	0.39	125.5	37.65	1.046
400	0.4	125.5	37.65	1.046
410	0.41	125.5	37.65	1.046
420	0.42	125.5	37.65	1.046
430	0.43	125.5	37.65	1.046

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	45	13.5	0.375
20	0.02	69	20.7	0.575
30	0.03	83	24.9	0.692
40	0.04	93.5	28.05	0.779
50	0.05	104	31.2	0.867
60	0.06	114	34.2	0.950
70	0.07	122	36.6	1.017
80	0.08	131.5	39.45	1.096
90	0.09	140	42	1.167
100	0.1	148	44.4	1.233
110	0.11	155	46.5	1.292
120	0.12	161	48.3	1.342
130	0.13	168	50.4	1.400
140	0.14	174	52.2	1.450
150	0.15	180	54	1.500
160	0.16	185	55.5	1.542
170	0.17	189	56.7	1.575
180	0.18	194	58.2	1.617
190	0.19	198	59.4	1.650
200	0.2	202	61	1.683
210	0.21	205.5	62	1.713
220	0.22	208.5	63	1.738
230	0.23	211.5	63	1.763
240	0.24	214	64	1.784
250	0.25	216	65	1.801
260	0.26	218	65	1.817
270	0.27	220.25	66	1.836
280	0.28	222.25	67	1.853
290	0.29	224	67	1.868
300	0.3	226	68	1.885
310	0.31	227.5	68	1.897
320	0.32	228.75	69	1.908
330	0.33	229.5	69	1.914
340	0.34	230	69	1.918
350	0.35	230	69	1.918
360	0.36	230	69	1.918
370	0.37	230	69	1.918

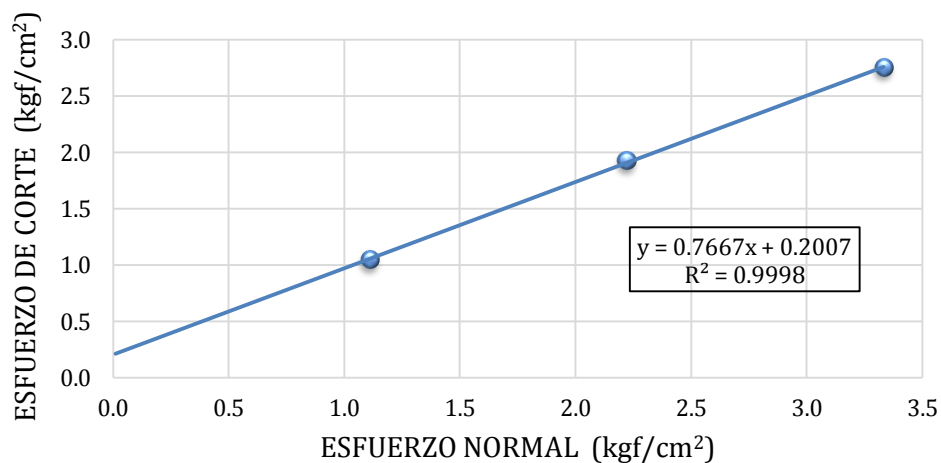
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	57.5	17.25	0.479
20	0.02	85	25.5	0.708
30	0.03	104.5	31.35	0.871
40	0.04	121	36.3	1.008
50	0.05	136	40.8	1.133
60	0.06	149	44.7	1.242
70	0.07	161	48.3	1.342
80	0.08	174	52.2	1.450
90	0.09	186.5	55.95	1.554
100	0.1	198.5	59.55	1.654
110	0.11	210	63.02	1.750
120	0.12	220	66.03	1.834
130	0.13	230	69.05	1.918
140	0.14	239	71.76	1.993
150	0.15	247.5	74.33	2.065
160	0.16	255	76.59	2.128
170	0.17	262.5	78.85	2.190
180	0.18	270.5	81.27	2.258
190	0.19	277	83.24	2.312
200	0.2	282	84.75	2.354
210	0.21	287	86.27	2.396
220	0.22	292.5	87.93	2.443
230	0.23	296	88.99	2.472
240	0.24	301	90.51	2.514
250	0.25	304	91.42	2.539
260	0.26	309	92.93	2.581
270	0.27	312	93.84	2.607
280	0.28	314.5	94.60	2.628
290	0.29	317.5	95.50	2.653
300	0.3	319.5	96.11	2.670
310	0.31	321	96.56	2.682
320	0.32	323.5	97.32	2.703
330	0.33	325	97.77	2.716
340	0.34	327	98.38	2.733
350	0.35	328	98.68	2.741
360	0.36	329	98.99	2.750
370	0.37	329	98.99	2.750
380	0.38	329	98.99	2.750
390	0.39	329	98.99	2.750
400	0.4	329	98.99	2.750

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 4%cal+5%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.046	1.111
1.918	2.222
2.750	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
37.477	0.2007

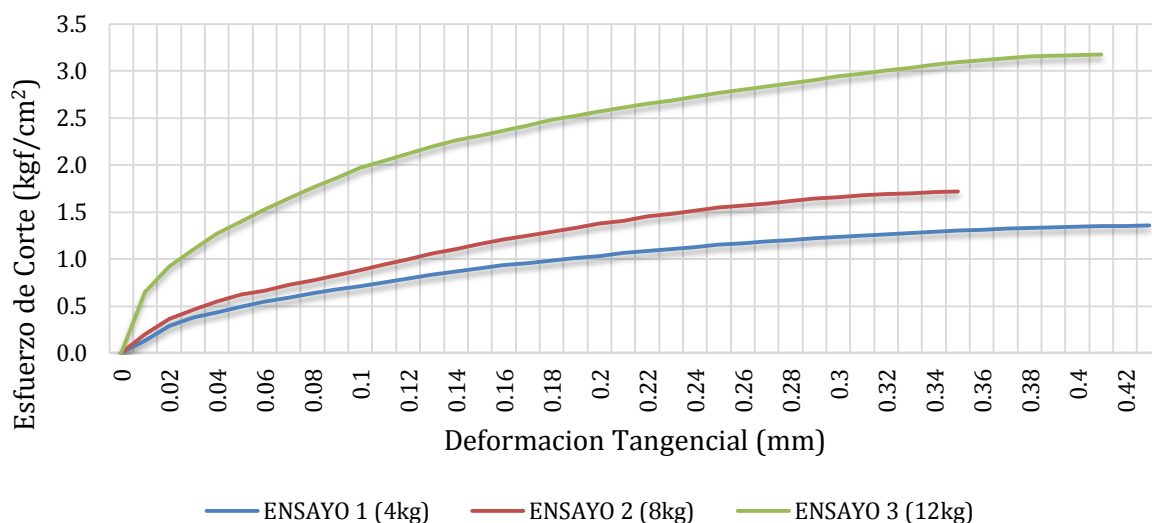
9.7.7 Arcilla +6 % Cal + 5% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DIAL DEFORMACIÓN	DIAL DEFORMACIÓN	DIAL DEFORMACIÓN	DIAL DEFORMACIÓN	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	158.75	47.625	1.323
10	0.01	16	4.8	0.133	380	0.38	160	48	1.333
20	0.02	35	10.5	0.292	390	0.39	160.5	48.15	1.338
30	0.03	45	13.5	0.375	400	0.4	161.25	48.375	1.344
40	0.04	52	15.6	0.433	410	0.41	162	48.6	1.350
50	0.05	59	17.7	0.492	420	0.42	162.25	48.675	1.352
60	0.06	65.5	19.65	0.546	430	0.43	162.5	48.75	1.354
70	0.07	71	21.3	0.592					
80	0.08	76	22.8	0.633					
90	0.09	81	24.3	0.675					
100	0.1	85.5	25.65	0.713					
110	0.11	90.5	27.15	0.754					
120	0.12	95	28.5	0.792					
130	0.13	100	30	0.833					
140	0.14	104	31.2	0.867					
150	0.15	108	32.4	0.900					
160	0.16	112	33.6	0.933					
170	0.17	115	34.5	0.958					
180	0.18	118	35.4	0.983					
190	0.19	121.5	36.45	1.013					
200	0.2	124	37.2	1.033					
210	0.21	128	38.4	1.067					
220	0.22	130.5	39.15	1.088					
230	0.23	133	39.9	1.108					
240	0.24	135	40.5	1.125					
250	0.25	138	41.4	1.150					
260	0.26	140	42	1.167					
270	0.27	142.5	42.75	1.188					
280	0.28	144.5	43.35	1.204					
290	0.29	146.5	43.95	1.221					
300	0.3	148.5	44.55	1.238					
310	0.31	150	45	1.250					
320	0.32	151.5	45.45	1.263					
330	0.33	153	45.9	1.275					
340	0.34	155	46.5	1.292					
350	0.35	156.5	46.95	1.304					
360	0.36	157.5	47.25	1.313					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	24	7.2	0.200
20	0.02	44	13.2	0.367
30	0.03	55	16.5	0.458
40	0.04	66	19.8	0.550
50	0.05	75	22.5	0.625
60	0.06	80	24	0.667
70	0.07	87	26.1	0.725
80	0.08	93	27.9	0.775
90	0.09	99	29.7	0.825
100	0.1	106	31.8	0.883
110	0.11	113	33.9	0.942
120	0.12	120	36	1.000
130	0.13	127	38.1	1.058
140	0.14	133	39.9	1.108
150	0.15	139	41.7	1.158
160	0.16	145	43.5	1.208
170	0.17	150	45	1.250
180	0.18	155	46.5	1.292
190	0.19	160	48	1.333
200	0.2	165	49.5	1.375
210	0.21	169	50.7	1.408
220	0.22	174	52.2	1.450
230	0.23	178	53.4	1.483
240	0.24	182	54.6	1.517
250	0.25	185.5	55.65	1.546
260	0.26	188.5	56.55	1.571
270	0.27	191	57.3	1.592
280	0.28	194	58.2	1.617
290	0.29	197	59.1	1.642
300	0.3	199	59.7	1.658
310	0.31	201	60.302	1.675
320	0.32	203	60.905	1.692
330	0.33	204	61.207	1.700
340	0.34	205	61.508	1.709
350	0.35	206	61.810	1.717

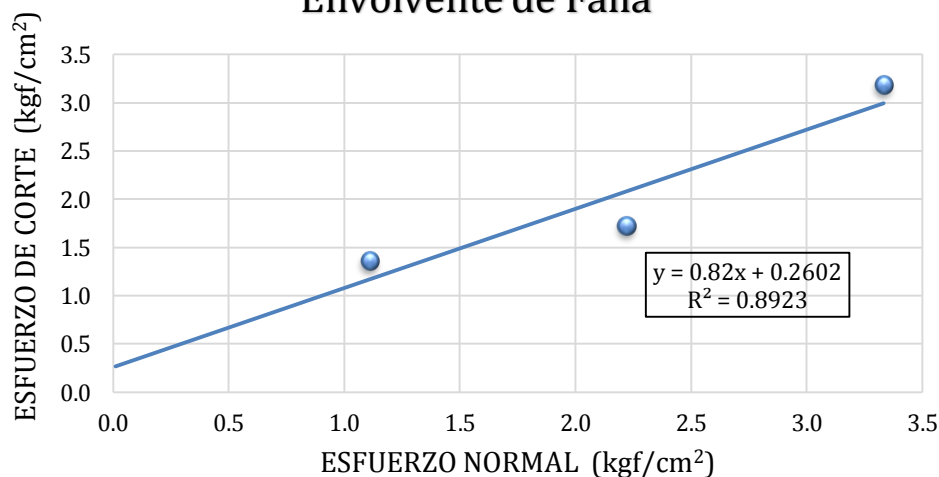
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	78	23.4	0.650
20	0.02	111	33.3	0.925
30	0.03	132	39.6	1.100
40	0.04	152	45.6	1.267
50	0.05	168	50.4	1.400
60	0.06	183	54.9	1.525
70	0.07	197	59.1	1.642
80	0.08	211	63.32	1.759
90	0.09	223.5	67.09	1.864
100	0.1	236	70.86	1.968
110	0.11	245.5	73.73	2.048
120	0.12	254	76.29	2.119
130	0.13	263	79.00	2.195
140	0.14	271	81.42	2.262
150	0.15	277	83.24	2.312
160	0.16	283.5	85.21	2.367
170	0.17	290	87.18	2.422
180	0.18	297	89.30	2.480
190	0.19	302	90.81	2.522
200	0.2	307.5	92.48	2.569
210	0.21	312.5	93.99	2.611
220	0.22	317.5	95.50	2.653
230	0.23	321.5	96.71	2.687
240	0.24	326.5	98.23	2.729
250	0.25	331	99.59	2.766
260	0.26	335	100.80	2.800
270	0.27	339	102.01	2.834
280	0.28	343	103.22	2.867
290	0.29	347.5	104.59	2.905
300	0.3	352	105.95	2.943
310	0.31	355.5	107.01	2.972
320	0.32	359.5	108.22	3.006
330	0.33	362.5	109.13	3.031
340	0.34	366.5	110.34	3.065
350	0.35	369.5	111.25	3.090
360	0.36	372.5	112.16	3.115
370	0.37	374.5	112.76	3.132
380	0.38	377	113.52	3.153
390	0.39	378	113.82	3.162
400	0.4	379	114.13	3.170
410	0.41	379.75	114.35	3.176

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 6%cal+5%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.354	1.111
1.717	2.222
3.176	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
39.352	0.2602

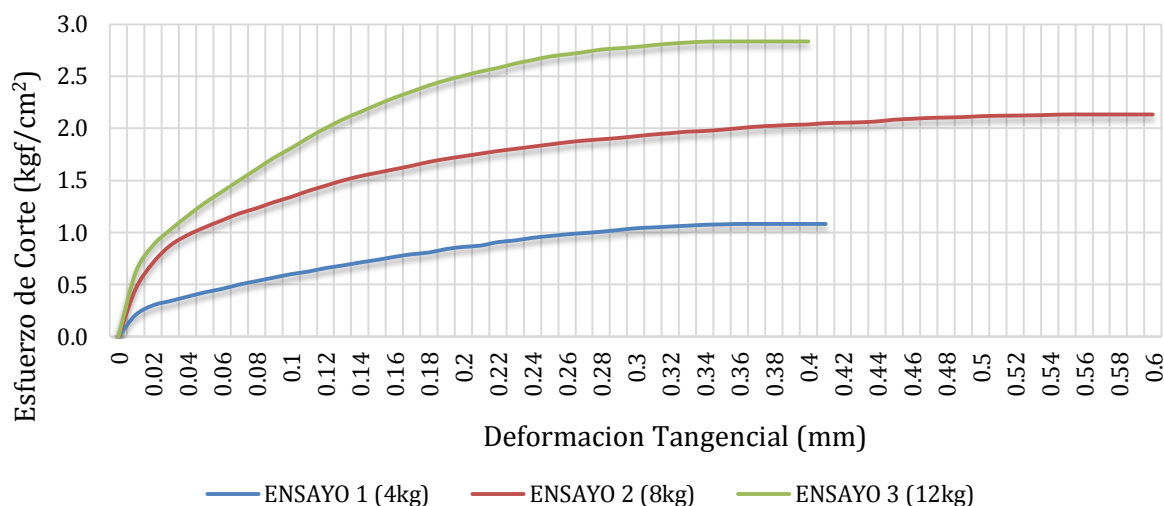
9.7.8 Arcilla +8 % Cal + 5% de Caucho

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0.000
10	0.01	25	7.5	0.208	10	0.01	74	22.2	0.617
20	0.02	36	10.8	0.300	20	0.02	105	31.5	0.875
30	0.03	41	12.3	0.342	30	0.03	123	36.9	1.025
40	0.04	46	13.8	0.383	40	0.04	139	41.7	1.158
50	0.05	51	15.3	0.425	50	0.05	154	46.2	1.283
60	0.06	55	16.5	0.458	60	0.06	167	50.1	1.392
70	0.07	60	18	0.500	70	0.07	180	54	1.500
80	0.08	64	19.2	0.533	80	0.08	193	57.9	1.608
90	0.09	68	20.4	0.567	90	0.09	206	61.81	1.717
100	0.1	72	21.6	0.600	100	0.1	217	65.13	1.809
110	0.11	75	22.5	0.625	110	0.11	229	68.75	1.910
120	0.12	79	23.7	0.658	120	0.12	240	72.07	2.002
130	0.13	82	24.6	0.683	130	0.13	250	75.08	2.086
140	0.14	85.5	25.65	0.713	140	0.14	258.5	77.65	2.157
150	0.15	88.5	26.55	0.738	150	0.15	267	80.21	2.228
160	0.16	92	27.6	0.767	160	0.16	275	82.63	2.295
170	0.17	95	28.5	0.792	170	0.17	282	84.75	2.354
180	0.18	97	29.1	0.808	180	0.18	289	86.87	2.413
190	0.19	101	30.3	0.842	190	0.19	295	88.69	2.464
200	0.2	103.5	31.05	0.863	200	0.2	300	90.20	2.506
210	0.21	105	31.5	0.875	210	0.21	305	91.72	2.548
220	0.22	109	32.7	0.908	220	0.22	309	92.93	2.581
230	0.23	111	33.3	0.925	230	0.23	314	94.44	2.623
240	0.24	114	34.2	0.950	240	0.24	318	95.65	2.657
250	0.25	116	34.8	0.967	250	0.25	322	96.87	2.691
260	0.26	118	35.4	0.983	260	0.26	324.5	97.62	2.712
270	0.27	119.5	35.85	0.996	270	0.27	327	98.38	2.733
280	0.28	121	36.3	1.008	280	0.28	330	99.29	2.758
290	0.29	123	36.9	1.025	290	0.29	331.5	99.74	2.771
300	0.3	125	37.5	1.042	300	0.3	333	100.20	2.783
310	0.31	126	37.8	1.050	310	0.31	335	100.80	2.800
320	0.32	127	38.1	1.058	320	0.32	336.75	101.33	2.815
330	0.33	128	38.4	1.067	330	0.33	338	101.71	2.825
340	0.34	129	38.7	1.075	340	0.34	339	102.01	2.834
350	0.35	129.5	38.85	1.079	350	0.35	339.25	102.09	2.836
360	0.36	130	39	1.083					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	55	16.5	0.458
20	0.02	85	25.5	0.708
30	0.03	105	31.5	0.875
40	0.04	117	35.1	0.975
50	0.05	126	37.8	1.050
60	0.06	134	40.2	1.117
70	0.07	142	42.6	1.183
80	0.08	148	44.4	1.233
90	0.09	155	46.5	1.292
100	0.1	161	48.3	1.342
110	0.11	168	50.4	1.400
120	0.12	174	52.2	1.450
130	0.13	180	54	1.500
140	0.14	185	55.5	1.542
150	0.15	189	56.7	1.575
160	0.16	193	57.9	1.608
170	0.17	197	59.1	1.642
180	0.18	201.5	60.45	1.679
190	0.19	205	61.51	1.709
200	0.2	208	62.41	1.734
210	0.21	211	63.32	1.759
220	0.22	214	64.22	1.784
230	0.23	216.5	64.98	1.805
240	0.24	219	65.73	1.826
250	0.25	221.5	66.49	1.847
260	0.26	224	67.24	1.868
270	0.27	226	67.84	1.885
280	0.28	227.5	68.30	1.897
290	0.29	229	68.75	1.910
300	0.3	231	69.35	1.926
310	0.31	233	69.95	1.943
320	0.32	234.5	70.41	1.956
330	0.33	236.25	70.94	1.970

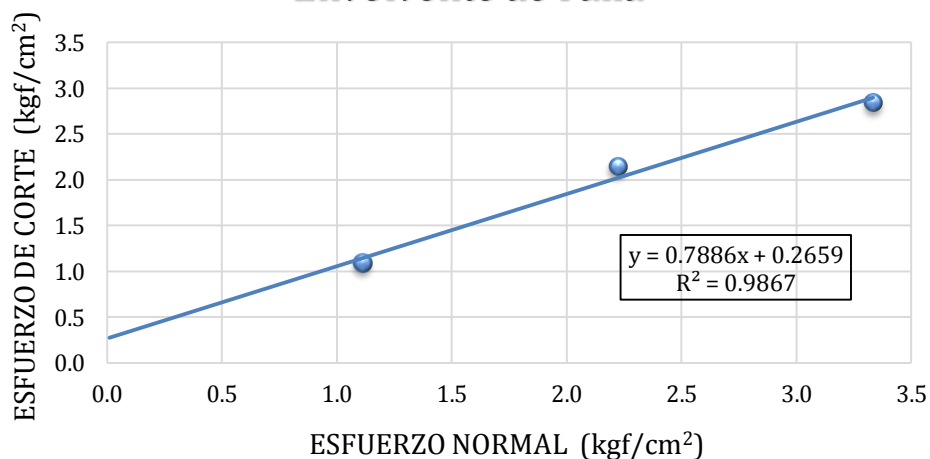
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
340	0.34	237	71.16	1.977
350	0.35	238.5	71.61	1.989
360	0.36	240.25	72.14	2.004
370	0.37	242	72.67	2.019
380	0.38	243	72.97	2.027
390	0.39	244	73.27	2.035
400	0.4	244.5	73.42	2.040
410	0.41	246	73.88	2.052
420	0.42	246.5	74.03	2.056
430	0.43	247	74.18	2.060
440	0.44	248	74.48	2.069
450	0.45	250	75.08	2.086
460	0.46	251	75.38	2.094
470	0.47	252	75.69	2.102
480	0.48	252.5	75.84	2.107
490	0.49	253	75.99	2.111
500	0.5	254	76.29	2.119
510	0.51	254.5	76.44	2.123
520	0.52	254.75	76.52	2.125
530	0.53	255	76.59	2.128
540	0.54	255.5	76.74	2.132
550	0.55	256	76.89	2.136

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 8%cal+5%caucho



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.083	1.111
2.136	2.222
2.836	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
38.259	0.2659

9.8 Arcilla con porcentaje de cal hidratada y caucho – Densidad

Húmeda Máxima

9.8.1 Arcilla +4 % Cal + 5% de Caucho I

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)						
DIAL	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN	DIAL FUERZA	CARGA	Esfuerzo	DIAL	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN	DIAL FUERZA	CARGA	Esfuerzo
	TANGENCIAL			(Kgf)	(Kg/cm²)		TANGENCIAL			(Kgf)	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0.000	330	0.33	90.5	27.15	0.754	
10	0.01	33	9.9	0.275		340	0.34	91	27.3	0.758	
20	0.02	39	11.7	0.325		350	0.35	91.5	27.45	0.763	
30	0.03	43	12.9	0.358		360	0.36	92	27.6	0.767	
40	0.04	48	14.4	0.400		370	0.37	92.5	27.75	0.771	
50	0.05	51	15.3	0.425		380	0.38	93	27.9	0.775	
60	0.06	54	16.2	0.450		390	0.39	93.25	27.975	0.777	
70	0.07	57	17.1	0.475		400	0.4	93.5	28.05	0.779	
80	0.08	60	18	0.500		410	0.41	94	28.2	0.783	
90	0.09	62	18.6	0.517		420	0.42	94.37	28.31	0.786	
100	0.1	65	19.5	0.542		430	0.43	94.75	28.42	0.790	
110	0.11	67	20.1	0.558		440	0.44	95.12	28.54	0.793	
120	0.12	68.5	20.55	0.571		450	0.45	95.50	28.65	0.796	
130	0.13	70	21	0.583		460	0.46	95.88	28.76	0.799	
140	0.14	72	21.6	0.600		470	0.47	96.26	28.88	0.802	
150	0.15	73.5	22.05	0.613		480	0.48	96.64	28.99	0.805	
160	0.16	75	22.5	0.625		490	0.49	97.02	29.11	0.808	
170	0.17	76	22.8	0.633		500	0.5	97.40	29.22	0.812	
180	0.18	77	23.1	0.642		510	0.51	97.77	29.33	0.815	
190	0.19	78.5	23.55	0.654		520	0.52	98.15	29.45	0.818	
200	0.2	80	24	0.667		530	0.53	98.53	29.56	0.821	
210	0.21	81	24.3	0.675		540	0.54	98.91	29.67	0.824	
220	0.22	82.5	24.75	0.688		550	0.55	99.29	29.79	0.827	
230	0.23	83.5	25.05	0.696		560	0.56	99.67	29.90	0.831	
240	0.24	84	25.2	0.700		570	0.57	100.05	30.01	0.834	
250	0.25	85	25.5	0.708		580	0.58	100.42	30.13	0.837	
260	0.26	86	25.8	0.717		590	0.59	100.80	30.24	0.840	
270	0.27	87	26.1	0.725							
280	0.28	88	26.4	0.733							
290	0.29	88.5	26.55	0.738							
300	0.3	89	26.7	0.742							
310	0.31	89.5	26.85	0.746							
320	0.32	90	27	0.750							

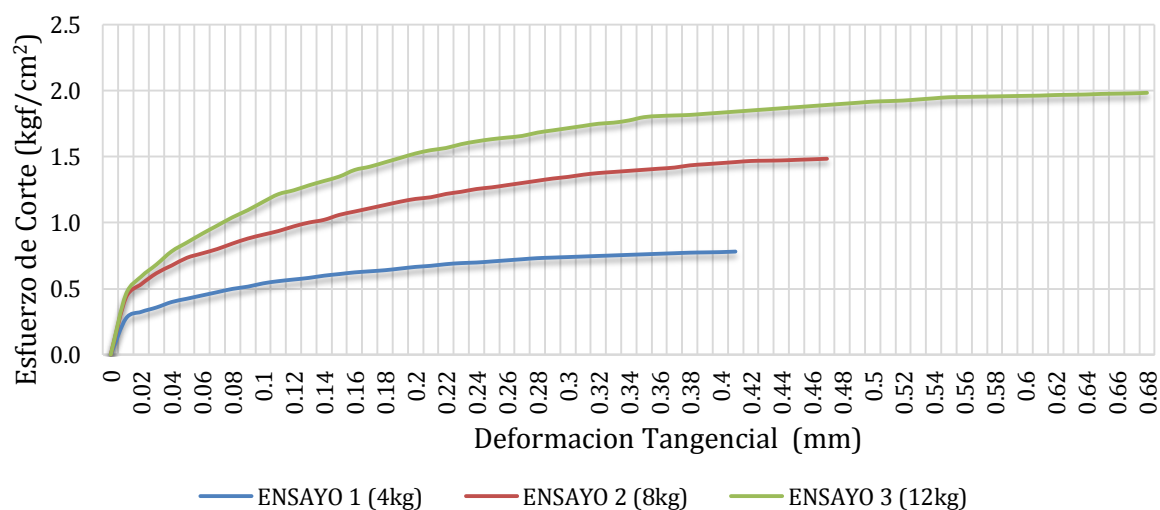
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	52	15.6	0.433
20	0.02	64	19.2	0.533
30	0.03	74	22.2	0.617
40	0.04	81	24.3	0.675
50	0.05	88	26.4	0.733
60	0.06	92	27.6	0.767
70	0.07	96	28.8	0.800
80	0.08	101	30.3	0.842
90	0.09	105.5	31.65	0.879
100	0.1	109	32.7	0.908
110	0.11	112.3	33.69	0.936
120	0.12	116.5	34.95	0.971
130	0.13	120	36	1.000
140	0.14	122.5	36.75	1.021
150	0.15	127	38.1	1.058
160	0.16	130	39	1.083
170	0.17	133	39.9	1.108
180	0.18	136	40.8	1.133
190	0.19	139	41.7	1.158
200	0.2	141.5	42.45	1.179
210	0.21	143	42.9	1.192
220	0.22	146	43.8	1.217
230	0.23	148	44.4	1.233
240	0.24	150.5	45.15	1.254
250	0.25	152	45.6	1.267
260	0.26	154	46.2	1.283
270	0.27	156	46.8	1.300
280	0.28	158	47.4	1.317
290	0.29	160	48	1.333
300	0.3	161.5	48.45	1.346
310	0.31	163.5	49.05	1.363
320	0.32	165	49.5	1.375
330	0.33	166	49.8	1.383
340	0.34	167	50.1	1.392
350	0.35	168	50.4	1.400
360	0.36	169	50.7	1.408
370	0.37	170	51	1.417
380	0.38	172	51.6	1.433

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	173	51.9	1.442
400	0.4	174	52.2	1.450
410	0.41	175	52.5	1.458
420	0.42	176	52.8	1.467
430	0.43	176.25	52.87	1.469
440	0.44	176.5	52.95	1.471
450	0.45	177	53.1	1.475
460	0.46	177.5	53.25	1.479
470	0.47	178	53.4	1.483

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	55	16.5	0.458
20	0.02	71	21.3	0.592
30	0.03	82	24.6	0.683
40	0.04	94	28.2	0.783
50	0.05	102	30.6	0.850
60	0.06	110	33	0.917
70	0.07	117.5	35.25	0.979
80	0.08	125	37.5	1.042
90	0.09	131.5	39.45	1.096
100	0.1	139	41.7	1.158
110	0.11	146	43.8	1.217
120	0.12	149.5	44.85	1.246
130	0.13	154	46.2	1.283
140	0.14	158	47.4	1.317
150	0.15	162	48.6	1.350
160	0.16	168	50.4	1.400
170	0.17	171	51.3	1.425
180	0.18	175	52.5	1.458
190	0.19	179	53.7	1.492
200	0.2	183	54.9	1.525
210	0.21	186	55.8	1.550
220	0.22	188	56.4	1.567
230	0.23	191.5	57.45	1.596
240	0.24	194	58.2	1.617
250	0.25	196	58.8	1.633
260	0.26	197.5	59.25	1.646
270	0.27	199	59.7	1.658
280	0.28	202	60.60	1.683
290	0.29	204	61.21	1.700
300	0.3	206	61.81	1.717
310	0.31	208	62.41	1.734
320	0.32	210	63.02	1.750
330	0.33	211	63.32	1.759
340	0.34	213	63.92	1.776
350	0.35	216	64.83	1.801
360	0.36	217	65.13	1.809
370	0.37	217.5	65.28	1.813
380	0.38	218	65.43	1.817

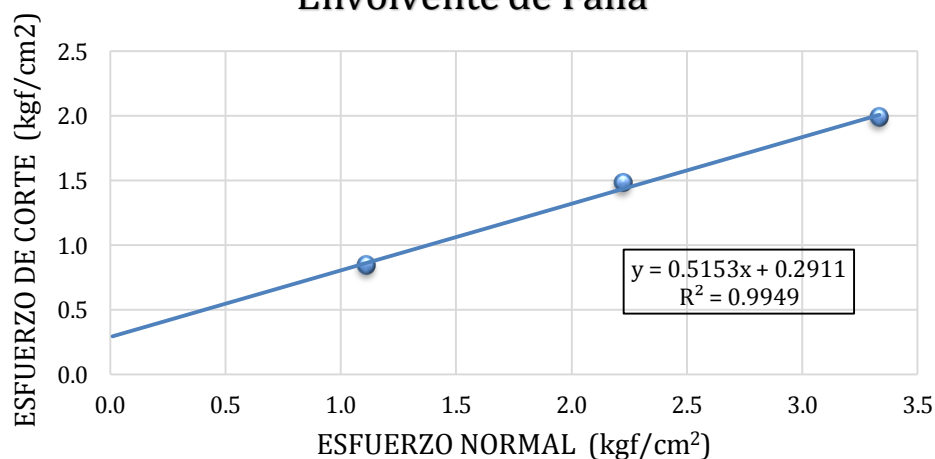
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	219	65.73	1.826
400	0.4	220	66.03	1.834
410	0.41	221	66.33	1.843
420	0.42	222	66.64	1.851
430	0.43	223	66.94	1.859
440	0.44	224	67.24	1.868
450	0.45	225	67.54	1.876
460	0.46	226	67.84	1.885
470	0.47	227	68.14	1.893
480	0.48	228	68.45	1.901
490	0.49	229	68.75	1.910
500	0.5	230	69.05	1.918
510	0.51	230.5	69.20	1.922
520	0.52	231	69.35	1.926
530	0.53	232	69.65	1.935
540	0.54	233	69.95	1.943
550	0.55	234	70.26	1.952
560	0.56	234.25	70.33	1.954
570	0.57	234.5	70.41	1.956
580	0.58	234.75	70.48	1.958
590	0.59	235	70.56	1.960
600	0.6	235.25	70.63	1.962
610	0.61	235.5	70.71	1.964
620	0.62	236	70.86	1.968
630	0.63	236.25	70.94	1.970
640	0.64	236.5	71.01	1.973
650	0.65	237	71.16	1.977
660	0.66	237.25	71.24	1.979
670	0.67	237.5	71.31	1.981
680	0.68	238	71.46	1.985

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 4%cal+5%caucho I



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.840	1.111
1.483	2.222
1.985	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
27.261	0.2913

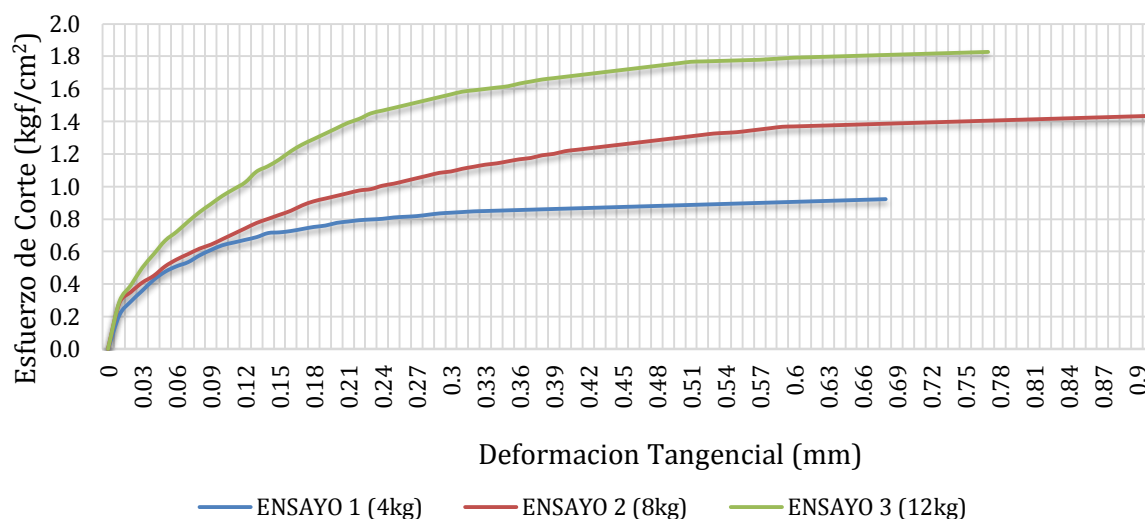
9.8.2 Arcilla +4 % Cal + 5% de Caucho II

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	102.75	30.825	0.856
10	0.01	25	7.5	0.208	380	0.38	103	30.9	0.858
20	0.02	35	10.5	0.292	390	0.39	103.25	30.975	0.860
30	0.03	43	12.9	0.358	400	0.4	103.5	31.05	0.863
40	0.04	51	15.3	0.425	410	0.41	103.75	31.125	0.865
50	0.05	57	17.1	0.475	420	0.42	104	31.2	0.867
60	0.06	61	18.3	0.508	430	0.43	104.25	31.275	0.869
70	0.07	64	19.2	0.533	440	0.44	104.5	31.35	0.871
80	0.08	69	20.7	0.575	450	0.45	104.75	31.425	0.873
90	0.09	73	21.9	0.608	460	0.46	105	31.5	0.875
100	0.1	76.5	22.95	0.638	470	0.47	105.25	31.575	0.877
110	0.11	78.5	23.55	0.654	480	0.48	105.5	31.65	0.879
120	0.12	80.5	24.15	0.671	490	0.49	105.75	31.725	0.881
130	0.13	82.5	24.75	0.688	500	0.5	106	31.8	0.883
140	0.14	85.5	25.65	0.713	510	0.51	106.25	31.875	0.885
150	0.15	86	25.8	0.717	520	0.52	106.5	31.95	0.888
160	0.16	87	26.1	0.725	530	0.53	106.75	32.025	0.890
170	0.17	88.5	26.55	0.738	540	0.54	107	32.1	0.892
180	0.18	90	27	0.750	550	0.55	107.25	32.175	0.894
190	0.19	91	27.3	0.758	560	0.56	107.5	32.25	0.896
200	0.2	93	27.9	0.775	570	0.57	107.75	32.325	0.898
210	0.21	94	28.2	0.783	580	0.58	108	32.4	0.900
220	0.22	95	28.5	0.792	590	0.59	108.25	32.475	0.902
230	0.23	95.5	28.65	0.796	600	0.6	108.5	32.55	0.904
240	0.24	96	28.8	0.800	610	0.61	108.75	32.625	0.906
250	0.25	97	29.1	0.808	620	0.62	109	32.7	0.908
260	0.26	97.5	29.25	0.813	630	0.63	109.25	32.775	0.910
270	0.27	98	29.4	0.817	640	0.64	109.5	32.85	0.913
280	0.28	99	29.7	0.825	650	0.65	109.75	32.925	0.915
290	0.29	100	30	0.833	660	0.66	110	33	0.917
300	0.3	100.5	30.15	0.838	670	0.67	110.25	33.075	0.919
310	0.31	101	30.3	0.842	680	0.68	110.5	33.15	0.921
320	0.32	101.5	30.45	0.846					
330	0.33	101.75	30.525	0.848					
340	0.34	102	30.6	0.850					
350	0.35	102.25	30.675	0.852					
360	0.36	102.5	30.75	0.854					

ENSAYO N° 2 (8kg)					ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	460	0.46	152	45.6	1.267
10	0.01	34	10.2	0.283	470	0.47	153	45.9	1.275
20	0.02	42	12.6	0.350	480	0.48	154	46.2	1.283
30	0.03	49	14.7	0.408	490	0.49	155	46.5	1.292
40	0.04	54	16.2	0.450	500	0.5	156	46.8	1.300
50	0.05	61	18.3	0.508	510	0.51	157	47.1	1.308
60	0.06	66	19.8	0.550	520	0.52	158	47.4	1.317
70	0.07	70	21	0.583	530	0.53	159	47.7	1.325
80	0.08	74	22.2	0.617	540	0.54	159.5	47.85	1.329
90	0.09	77	23.1	0.642	550	0.55	160	48	1.333
100	0.1	81	24.3	0.675	560	0.56	161	48.3	1.342
110	0.11	85	25.5	0.708	570	0.57	162	48.6	1.350
120	0.12	89	26.7	0.742	580	0.58	163	48.9	1.358
130	0.13	93	27.9	0.775	590	0.59	164	49.2	1.367
140	0.14	96	28.8	0.800	600	0.6	164.25	49.275	1.369
150	0.15	99	29.7	0.825	610	0.61	164.5	49.35	1.371
160	0.16	102	30.6	0.850	620	0.62	164.75	49.425	1.373
170	0.17	106	31.8	0.883	630	0.63	165	49.5	1.375
180	0.18	109	32.7	0.908	640	0.64	165.25	49.575	1.377
190	0.19	111	33.3	0.925	650	0.65	165.5	49.65	1.379
200	0.2	113	33.9	0.942	660	0.66	165.75	49.725	1.381
210	0.21	115	34.5	0.958	670	0.67	166	49.8	1.383
220	0.22	117	35.1	0.975	680	0.68	166.25	49.875	1.385
230	0.23	118	35.4	0.983	690	0.69	166.5	49.95	1.388
240	0.24	120.5	36.15	1.004	700	0.7	166.75	50.025	1.390
250	0.25	122	36.6	1.017	710	0.71	167	50.1	1.392
260	0.26	124	37.2	1.033	720	0.72	167.25	50.175	1.394
270	0.27	126	37.8	1.050	730	0.73	167.5	50.25	1.396
280	0.28	128	38.4	1.067	740	0.74	167.75	50.325	1.398
290	0.29	130	39	1.083	750	0.75	168	50.4	1.400
300	0.3	131	39.3	1.092	760	0.76	168.25	50.475	1.402
310	0.31	133	39.9	1.108	770	0.77	168.5	50.55	1.404
320	0.32	134.5	40.35	1.121	780	0.78	168.75	50.625	1.406
330	0.33	136	40.8	1.133	790	0.79	169	50.7	1.408
340	0.34	137	41.1	1.142	800	0.8	169.25	50.775	1.410
350	0.35	138.5	41.55	1.154	810	0.81	169.5	50.85	1.413
360	0.36	140	42	1.167	820	0.82	169.75	50.925	1.415
370	0.37	141	42.3	1.175	830	0.83	170	51	1.417
380	0.38	143	42.9	1.192	840	0.84	170.25	51.075	1.419
390	0.39	144	43.2	1.200	850	0.85	170.5	51.15	1.421
400	0.4	146	43.8	1.217	860	0.86	170.75	51.225	1.423
410	0.41	147	44.1	1.225	870	0.87	171	51.3	1.425
420	0.42	148	44.4	1.233	880	0.88	171.25	51.375	1.427
430	0.43	149	44.7	1.242	890	0.89	171.5	51.45	1.429
440	0.44	150	45	1.250	900	0.9	171.75	51.525	1.431
450	0.45	151	45.3	1.258	910	0.91	172	51.6	1.433

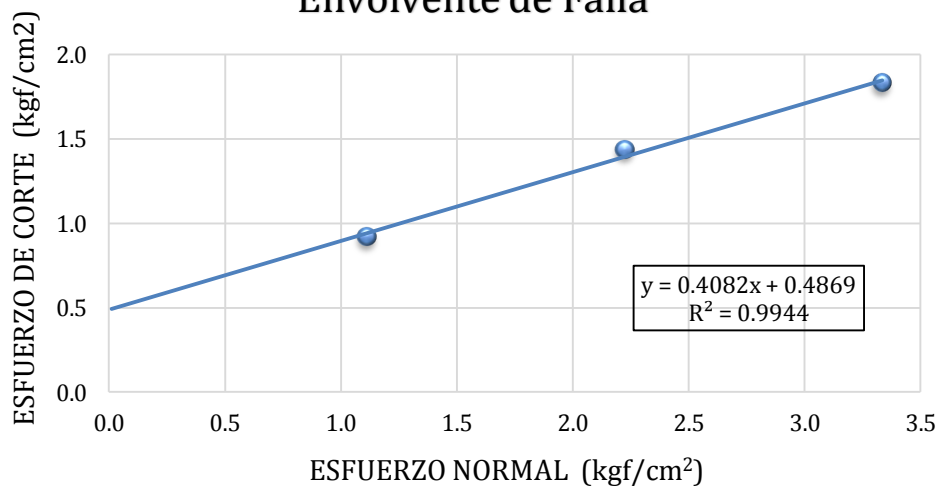
ENSAYO N° 3 (12 Kg)					ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	390	0.39	200	60	1.667
10	0.01	35	10.5	0.292	400	0.4	201	60.30	1.675
20	0.02	47	14.1	0.392	410	0.41	202	60.60	1.683
30	0.03	60	18	0.500	420	0.42	203	60.90	1.692
40	0.04	70	21	0.583	430	0.43	204	61.21	1.700
50	0.05	80	24	0.667	440	0.44	205	61.51	1.709
60	0.06	86.5	25.95	0.721	450	0.45	206	61.81	1.717
70	0.07	94	28.2	0.783	460	0.46	207	62.11	1.725
80	0.08	101	30.3	0.842	470	0.47	208	62.41	1.734
90	0.09	107	32.1	0.892	480	0.48	209	62.71	1.742
100	0.1	113	33.9	0.942	490	0.49	210	63.02	1.750
110	0.11	118	35.4	0.983	500	0.5	211	63.32	1.759
120	0.12	123	36.9	1.025	510	0.51	212	63.62	1.767
130	0.13	131	39.3	1.092	520	0.52	212.25	63.70	1.769
140	0.14	135	40.5	1.125	530	0.53	212.5	63.77	1.771
150	0.15	140	42	1.167	540	0.54	212.75	63.85	1.774
160	0.16	146	43.8	1.217	550	0.55	213	63.92	1.776
170	0.17	151	45.3	1.258	560	0.56	213.25	64.00	1.778
180	0.18	155	46.5	1.292	570	0.57	213.5	64.07	1.780
190	0.19	159	47.7	1.325	580	0.58	214	64.22	1.784
200	0.2	163	48.9	1.358	590	0.59	214.5	64.37	1.788
210	0.21	167	50.1	1.392	600	0.6	215	64.52	1.792
220	0.22	170	51	1.417	610	0.61	215.25	64.60	1.794
230	0.23	174	52.2	1.450	620	0.62	215.5	64.68	1.797
240	0.24	176	52.8	1.467	630	0.63	215.75	64.75	1.799
250	0.25	178	53.4	1.483	640	0.64	216	64.83	1.801
260	0.26	180	54	1.500	650	0.65	216.25	64.90	1.803
270	0.27	182	54.6	1.517	660	0.66	216.5	64.98	1.805
280	0.28	184	55.2	1.533	670	0.67	216.75	65.05	1.807
290	0.29	186	55.8	1.550	680	0.68	217	65.13	1.809
300	0.3	188	56.4	1.567	690	0.69	217.25	65.20	1.811
310	0.31	190	57	1.583	700	0.7	217.5	65.28	1.813
320	0.32	191	57.3	1.592	710	0.71	217.75	65.35	1.815
330	0.33	192	57.6	1.600	720	0.72	218	65.43	1.817
340	0.34	193	57.9	1.608	730	0.73	218.25	65.51	1.820
350	0.35	194	58.2	1.617	740	0.74	218.5	65.58	1.822
360	0.36	196	58.8	1.633	750	0.75	218.75	65.66	1.824
370	0.37	197.5	59.25	1.646	760	0.76	219	65.73	1.826
380	0.38	199	59.7	1.658	770	0.77	219.25	65.81	1.828

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 4%cal+5%caucho II



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
0.921	1.111
1.433	2.222
1.828	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
22.205	0.4869

9.8.3 Arcilla +4 % Cal + 5% de Caucho III

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	139.75	41.925	1.165
10	0.01	48	14.4	0.400	380	0.38	140	42	1.167
20	0.02	58	17.4	0.483	390	0.39	140.25	42.075	1.169
30	0.03	65	19.5	0.542	400	0.4	140.5	42.15	1.171
40	0.04	71.5	21.45	0.596	410	0.41	140.75	42.225	1.173
50	0.05	78	23.4	0.650	420	0.42	141	42.3	1.175
60	0.06	84	25.2	0.700	430	0.43	141.25	42.375	1.177
70	0.07	89	26.7	0.742	440	0.44	141.5	42.45	1.179
80	0.08	95	28.5	0.792	450	0.45	141.75	42.525	1.181
90	0.09	99.5	29.85	0.829	460	0.46	142	42.6	1.183
100	0.1	104.5	31.35	0.871	470	0.47	142.25	42.675	1.185
110	0.11	109	32.7	0.908	480	0.48	142.5	42.75	1.188
120	0.12	113	33.9	0.942	490	0.49	142.75	42.825	1.190
130	0.13	118	35.4	0.983	500	0.5	143	42.9	1.192
140	0.14	120	36	1.000	510	0.51	143.25	42.975	1.194
150	0.15	122.5	36.75	1.021	520	0.52	143.5	43.05	1.196
160	0.16	126.5	37.95	1.054	530	0.53	143.75	43.125	1.198
170	0.17	128	38.4	1.067	540	0.54	144	43.2	1.200
180	0.18	130	39	1.083	550	0.55	144.25	43.275	1.202
190	0.19	131	39.3	1.092	560	0.56	144.5	43.35	1.204
200	0.2	134	40.2	1.117	570	0.57	144.75	43.425	1.206
210	0.21	135	40.5	1.125	580	0.58	145	43.5	1.208
220	0.22	136	40.8	1.133	590	0.59	145.25	43.575	1.210
230	0.23	136.25	40.875	1.135	600	0.6	145.5	43.65	1.213
240	0.24	136.5	40.95	1.138	610	0.61	145.75	43.725	1.215
250	0.25	136.75	41.025	1.140	620	0.62	146	43.8	1.217
260	0.26	137	41.1	1.142	630	0.63	134.25	44	1.222
270	0.27	137.25	41.175	1.144					
280	0.28	137.5	41.25	1.146					
290	0.29	137.75	41.325	1.148					
300	0.3	138	41.4	1.150					
310	0.31	138.25	41.475	1.152					
320	0.32	138.5	41.55	1.154					
330	0.33	138.75	41.625	1.156					
340	0.34	139	41.7	1.158					
350	0.35	139.25	41.775	1.160					
360	0.36	139.5	41.85	1.163					

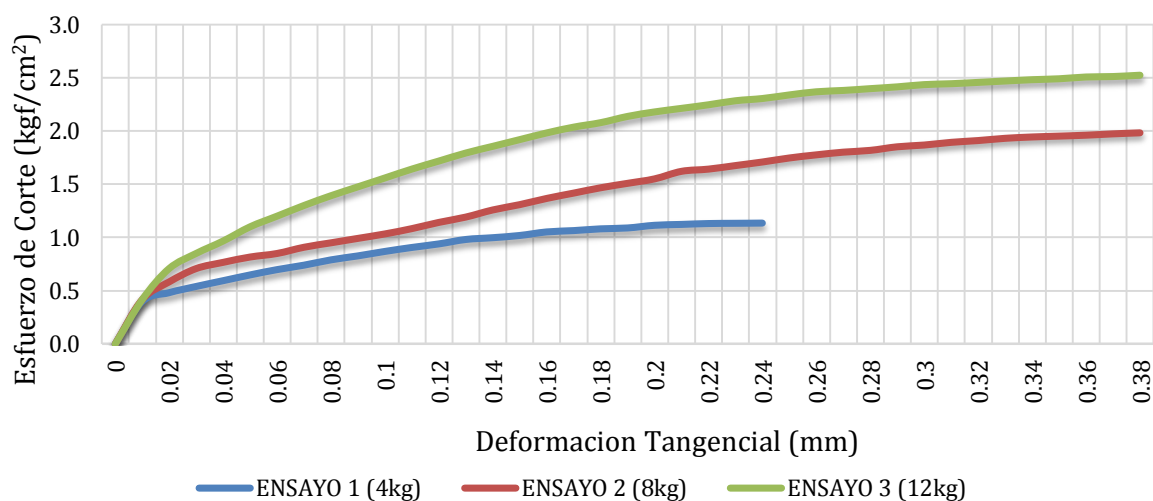
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15	0.417
20	0.02	70	21	0.583
30	0.03	85	25.5	0.708
40	0.04	92	27.6	0.767
50	0.05	98	29.4	0.817
60	0.06	102	30.6	0.850
70	0.07	109	32.7	0.908
80	0.08	114	34.2	0.950
90	0.09	119	35.7	0.992
100	0.1	124	37.2	1.033
110	0.11	130	39	1.083
120	0.12	137	41.1	1.142
130	0.13	143	42.9	1.192
140	0.14	151	45.3	1.258
150	0.15	157	47.1	1.308
160	0.16	164	49.2	1.367
170	0.17	170	51	1.417
180	0.18	176	52.8	1.467
190	0.19	181	54.3	1.508
200	0.2	186	55.8	1.550
210	0.21	194.5	58.35	1.621
220	0.22	197	59.1	1.642
230	0.23	201	60.30	1.675
240	0.24	205	61.51	1.709
250	0.25	209.5	62.87	1.746
260	0.26	213	63.92	1.776
270	0.27	216	64.83	1.801
280	0.28	218	65.43	1.817
290	0.29	222	66.64	1.851
300	0.3	224	67.24	1.868
310	0.31	227	68.14	1.893
320	0.32	229	68.75	1.910
330	0.33	231.5	69.50	1.931
340	0.34	233	69.95	1.943
350	0.35	234	70.26	1.952
360	0.36	235.00	70.56	1.960
370	0.37	236.50	71.01	1.973
380	0.38	237.67	71.36	1.982

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	238.92	71.74	1.993
400	0.4	240.17	72.12	2.003
410	0.41	241.42	72.49	2.014
420	0.42	242.67	72.87	2.024
430	0.43	243.92	73.25	2.035
440	0.44	245.17	73.62	2.045
450	0.45	246.42	74.00	2.056
460	0.46	247.67	74.38	2.066
470	0.47	248.92	74.76	2.077
480	0.48	250.17	75.13	2.087
490	0.49	251.42	75.51	2.098
500	0.5	252.67	75.89	2.108
510	0.51	253.92	76.26	2.118
520	0.52	255.17	76.64	2.129
530	0.53	256.42	77.02	2.139
540	0.54	257.67	77.40	2.150

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	50	15	0.417
20	0.02	85	25.5	0.708
30	0.03	102	30.6	0.850
40	0.04	116	34.8	0.967
50	0.05	132	39.6	1.100
60	0.06	144	43.2	1.200
70	0.07	156	46.8	1.300
80	0.08	167	50.1	1.392
90	0.09	177	53.1	1.475
100	0.1	187	56.1	1.558
110	0.11	197	59.1	1.642
120	0.12	206	61.80	1.717
130	0.13	215	64.52	1.792
140	0.14	222.5	66.79	1.855
150	0.15	230	69.05	1.918
160	0.16	237.5	71.31	1.981
170	0.17	244	73.27	2.035
180	0.18	249	74.78	2.077
190	0.19	256	76.89	2.136
200	0.2	261	78.40	2.178
210	0.21	265	79.61	2.211
220	0.22	269	80.82	2.245
230	0.23	273.5	82.18	2.283
240	0.24	276	82.94	2.304
250	0.25	280	84.15	2.337
260	0.26	283.5	85.21	2.367
270	0.27	285	85.66	2.380
280	0.28	287	86.27	2.396
290	0.29	289	86.87	2.413
300	0.3	291.5	87.63	2.434
310	0.31	292.5	87.93	2.443
320	0.32	294	88.39	2.455
330	0.33	295.5	88.84	2.468
340	0.34	297	89.30	2.480
350	0.35	298	89.60	2.489

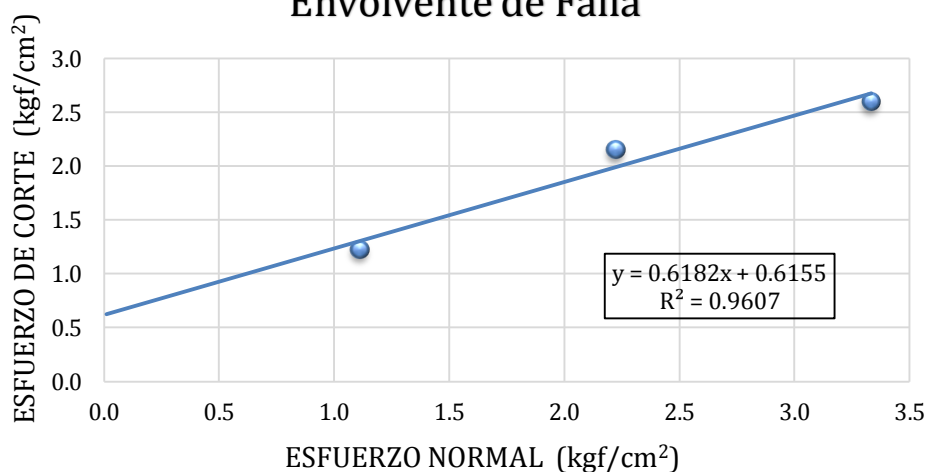
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
360	0.36	300	90.20	2.506
370	0.37	300.5	90.36	2.510
380	0.38	302	90.81	2.522
390	0.39	303.25	91.19	2.533
400	0.4	304.5	91.57	2.544
410	0.41	305.75	91.95	2.554
420	0.42	307	92.32	2.565
430	0.43	308.25	92.70	2.575
440	0.44	309.5	93.08	2.586
450	0.45	310.75	93.46	2.596

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 4%cal+5%caucho III



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.222	1.111
2.150	2.222
2.596	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
31.726	0.6155

9.8.4 Arcilla +2 % Cal + 3% de Caucho I

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	99	29.7	0.825
10	0.01	36	10.8	0.300	380	0.38	99.5	29.85	0.829
20	0.02	44	13.2	0.367	390	0.39	100	30	0.833
30	0.03	50	15	0.417	400	0.4	100.5	30.15	0.838
40	0.04	54	16.2	0.450	410	0.41	100.83	30.25	0.840
50	0.05	58	17.4	0.483	420	0.42	101.282	30.38	0.844
60	0.06	61	18.3	0.508	430	0.43	101.726	30.52	0.848
70	0.07	65	19.5	0.542	440	0.44	102.169	30.65	0.851
80	0.08	68	20.4	0.567	450	0.45	102.61	30.78	0.855
90	0.09	71	21.3	0.592	460	0.46	103.05	30.92	0.859
100	0.1	73.5	22.05	0.613	470	0.47	103.5	31.05	0.863
110	0.11	76	22.8	0.633	480	0.48	103.943	31.18	0.866
120	0.12	78	23.4	0.650	490	0.49	104.38	31.32	0.870
130	0.13	80.5	24.15	0.671	500	0.5	104.830	31.45	0.874
140	0.14	82.5	24.75	0.688	510	0.51	105.27	31.58	0.877
150	0.15	84	25.2	0.700	520	0.52	105.717	31.72	0.881
160	0.16	85	25.5	0.708	530	0.53	106.160	31.85	0.885
170	0.17	86	25.8	0.717					
180	0.18	87	26.1	0.725					
190	0.19	88	26.4	0.733					
200	0.2	89.5	26.85	0.746					
210	0.21	91	27.3	0.758					
220	0.22	92	27.6	0.767					
230	0.23	93	27.9	0.775					
240	0.24	93.5	28.05	0.779					
250	0.25	93.75	28.125	0.781					
260	0.26	94	28.2	0.783					
270	0.27	94.5	28.35	0.788					
280	0.28	95	28.5	0.792					
290	0.29	95.5	28.65	0.796					
300	0.3	96	28.8	0.800					
310	0.31	96.5	28.95	0.804					
320	0.32	97.25	29.175	0.810					
330	0.33	97.5	29.25	0.813					
340	0.34	97.75	29.325	0.815					
350	0.35	98	29.4	0.817					
360	0.36	98.5	29.55	0.821					

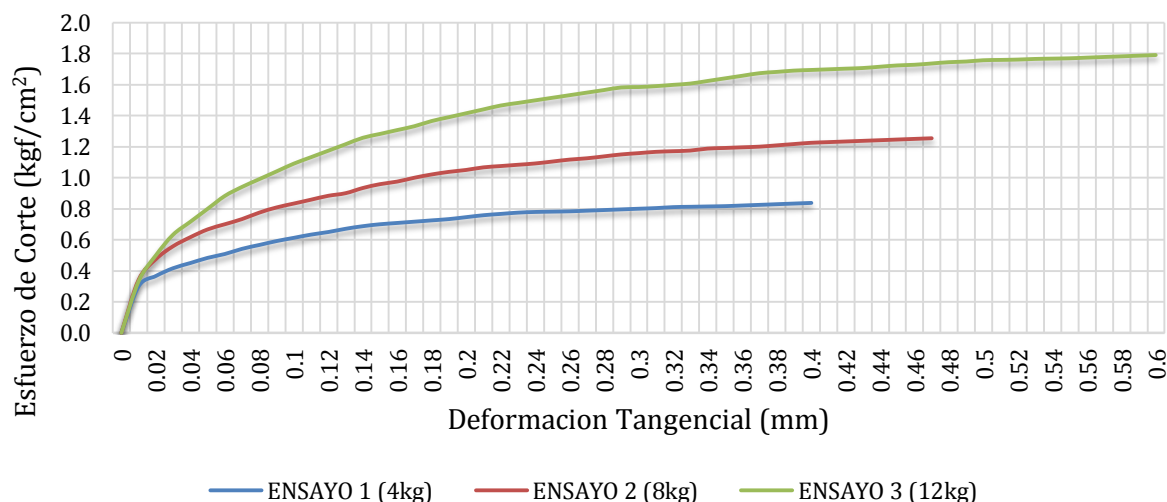
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	41	12.3	0.342
20	0.02	57	17.1	0.475
30	0.03	67	20.1	0.558
40	0.04	74	22.2	0.617
50	0.05	80	24	0.667
60	0.06	84	25.2	0.700
70	0.07	88	26.4	0.733
80	0.08	93	27.9	0.775
90	0.09	97	29.1	0.808
100	0.1	100	30	0.833
110	0.11	103	30.9	0.858
120	0.12	106	31.8	0.883
130	0.13	108	32.4	0.900
140	0.14	112	33.6	0.933
150	0.15	115	34.5	0.958
160	0.16	117	35.1	0.975
170	0.17	120	36	1.000
180	0.18	122.5	36.75	1.021
190	0.19	124.5	37.35	1.038
200	0.2	126	37.8	1.050
210	0.21	128	38.4	1.067
220	0.22	129	38.7	1.075
230	0.23	130	39	1.083
240	0.24	131	39.3	1.092
250	0.25	132.5	39.75	1.104
260	0.26	134	40.2	1.117
270	0.27	135	40.5	1.125
280	0.28	136.5	40.95	1.138
290	0.29	138	41.4	1.150
300	0.3	139	41.7	1.158
310	0.31	140	42	1.167
320	0.32	140.5	42.15	1.171
330	0.33	141	42.3	1.175
340	0.34	142.5	42.75	1.188
350	0.35	143	42.9	1.192
360	0.36	143.5	43.05	1.196
370	0.37	144	43.2	1.200
380	0.38	145	43.5	1.208

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	146	43.8	1.217
400	0.4	147	44.1	1.225
410	0.41	147.5	44.25	1.229
420	0.42	148	44.4	1.233
430	0.43	148.5	44.55	1.238
440	0.44	149	44.7	1.242
450	0.45	149.5	44.85	1.246
460	0.46	150	45	1.250
470	0.47	150.5	45.15	1.254
480	0.48	151	45.3	1.258
490	0.49	151.75	45.525	1.265
500	0.5	152	45.6	1.267
510	0.51	152.25	45.675	1.269
520	0.52	152.5	45.75	1.271
530	0.53	152.75	45.825	1.273
540	0.54	153	45.9	1.275
550	0.55	153.25	45.975	1.277
560	0.56	153.5	46.05	1.279
570	0.57	153.75	46.125	1.281
580	0.58	154	46.2	1.283
590	0.59	154.25	46.275	1.285
600	0.6	154.5	46.35	1.288
610	0.61	154.75	46.425	1.290
620	0.62	155	46.5	1.292
630	0.63	155.25	46.575	1.294
640	0.64	155.5	46.65	1.296
650	0.65	155.75	46.725	1.298
660	0.66	156	46.8	1.300

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	40	12	0.333
20	0.02	60	18	0.500
30	0.03	76	22.8	0.633
40	0.04	86	25.8	0.717
50	0.05	96	28.8	0.800
60	0.06	106	31.8	0.883
70	0.07	113	33.9	0.942
80	0.08	119	35.7	0.992
90	0.09	125	37.5	1.042
100	0.1	131	39.3	1.092
110	0.11	136	40.8	1.133
120	0.12	141	42.3	1.175
130	0.13	146	43.8	1.217
140	0.14	151	45.3	1.258
150	0.15	154	46.2	1.283
160	0.16	157	47.1	1.308
170	0.17	160	48	1.333
180	0.18	164	49.2	1.367
190	0.19	167	50.1	1.392
200	0.2	170	51	1.417
210	0.21	173	51.9	1.442
220	0.22	176	52.8	1.467
230	0.23	178	53.4	1.483
240	0.24	180	54	1.500
250	0.25	182	54.6	1.517
260	0.26	184	55.2	1.533
270	0.27	186	55.8	1.550
280	0.28	188	56.4	1.567
290	0.29	190	57	1.583
300	0.3	190.3	57.09	1.586
310	0.31	191	57.3	1.592
320	0.32	192	57.6	1.600
330	0.33	193	57.9	1.608
340	0.34	195	58.5	1.625
350	0.35	197	59.1	1.642
360	0.36	199	59.7	1.658
370	0.37	201	60.30	1.675

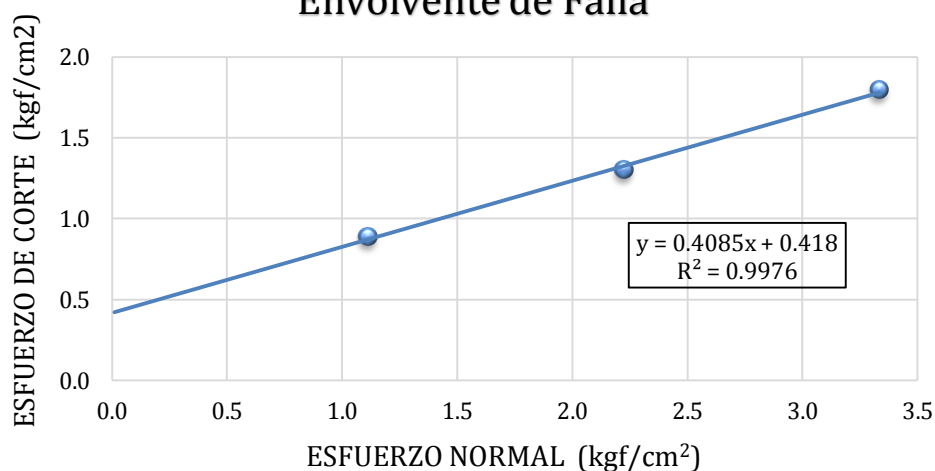
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	202	60.60	1.683
390	0.39	203	60.90	1.692
400	0.4	203.5	61.06	1.696
410	0.41	204	61.21	1.700
420	0.42	204.5	61.36	1.704
430	0.43	205	61.51	1.709
440	0.44	206	61.81	1.717
450	0.45	207	62.11	1.725
460	0.46	207.5	62.26	1.730
470	0.47	208.5	62.56	1.738
480	0.48	209.5	62.87	1.746
490	0.49	210	63.02	1.750
500	0.5	211	63.32	1.759
510	0.51	211.25	63.39	1.761
520	0.52	211.5	63.47	1.763
530	0.53	212	63.62	1.767
540	0.54	212.25	63.70	1.769
550	0.55	212.5	63.77	1.771
560	0.56	213	63.92	1.776
570	0.57	213.5	64.07	1.780
580	0.58	214	64.22	1.784
590	0.59	214.5	64.37	1.788
600	0.6	215	64.52	1.792

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 2%Cal+3%Caucho I



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm²)
0.885	1.111
1.300	2.222
1.792	3.333

Envolvente de Falla



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm²)
22.217	0.418

9.8.5 Arcilla +2 % Cal + 3% de Caucho II

ENSAYO N° 1 (4kg)									
DIAL DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)						
0	0	0	0	0.000	400	0.4	110.25	33.075	0.919
10	0.01	25	7.5	0.208	410	0.41	110.5	33.15	0.921
20	0.02	35	10.5	0.292	420	0.42	110.75	33.225	0.923
30	0.03	45	13.5	0.375	430	0.43	111	33.3	0.925
40	0.04	60	18	0.500	440	0.44	111.25	33.375	0.927
50	0.05	70	21	0.583	450	0.45	111.5	33.45	0.929
60	0.06	75	22.5	0.625	460	0.46	111.75	33.525	0.931
70	0.07	80	24	0.667	470	0.47	112	33.6	0.933
80	0.08	84	25.2	0.700	480	0.48	112.25	33.675	0.935
90	0.09	87.5	26.25	0.729	490	0.49	112.5	33.75	0.938
100	0.1	88.5	26.55	0.738	500	0.5	112.75	33.825	0.940
110	0.11	90	27	0.750	510	0.51	113	33.9	0.942
120	0.12	91	27.3	0.758	520	0.52	113.25	33.975	0.944
130	0.13	92	27.6	0.767	530	0.53	113.5	34.05	0.946
140	0.14	93.5	28.05	0.779	540	0.54	113.75	34.125	0.948
150	0.15	95	28.5	0.792	550	0.55	114	34.2	0.950
160	0.16	96	28.8	0.800	560	0.56	114.25	34.275	0.952
170	0.17	98	29.4	0.817	570	0.57	114.5	34.35	0.954
180	0.18	100	30	0.833	580	0.58	114.75	34.425	0.956
190	0.19	101	30.3	0.842	590	0.59	115	34.5	0.958
200	0.2	102	30.6	0.850	600	0.6	115.25	34.575	0.960
210	0.21	103	30.9	0.858	610	0.61	115.5	34.65	0.963
220	0.22	103.5	31.05	0.863	620	0.62	115.75	34.725	0.965
230	0.23	104.5	31.35	0.871	630	0.63	116	34.8	0.967
240	0.24	106	31.8	0.883	640	0.64	116.25	34.875	0.969
250	0.25	106.5	31.95	0.888	650	0.65	116.5	34.95	0.971
260	0.26	106.75	32.025	0.890	660	0.66	116.75	35.025	0.973
270	0.27	107	32.1	0.892	670	0.67	117	35.1	0.975
280	0.28	107.25	32.175	0.894	680	0.68	117.25	35.175	0.977
290	0.29	107.5	32.25	0.896	690	0.69	117.5	35.25	0.979
300	0.3	107.75	32.325	0.898	700	0.7	117.75	35.325	0.981
310	0.31	108	32.4	0.900	710	0.71	118	35.4	0.983
320	0.32	108.25	32.475	0.902	720	0.72	118.25	35.475	0.985
330	0.33	108.5	32.55	0.904	730	0.73	118.5	35.55	0.988
340	0.34	108.75	32.625	0.906	740	0.74	118.75	35.625	0.990
350	0.35	109	32.7	0.908	750	0.75	119	35.7	0.992
360	0.36	109.25	32.775	0.910	760	0.76	119.25	35.775	0.994
370	0.37	109.5	32.85	0.913	770	0.77	119.5	35.85	0.996
380	0.38	109.75	32.925	0.915	780	0.78	119.75	35.925	0.998
390	0.39	110	33	0.917	790	0.79	120	36	1.000
					800	0.8	120.25	36.075	1.002
					810	0.81	120.5	36.15	1.004
					820	0.82	120.75	36.225	1.006
					830	0.83	121	36.3	1.008
					840	0.84	121.25	36.375	1.010
					850	0.85	121.5	36.45	1.013
					860	0.86	121.75	36.525	1.015

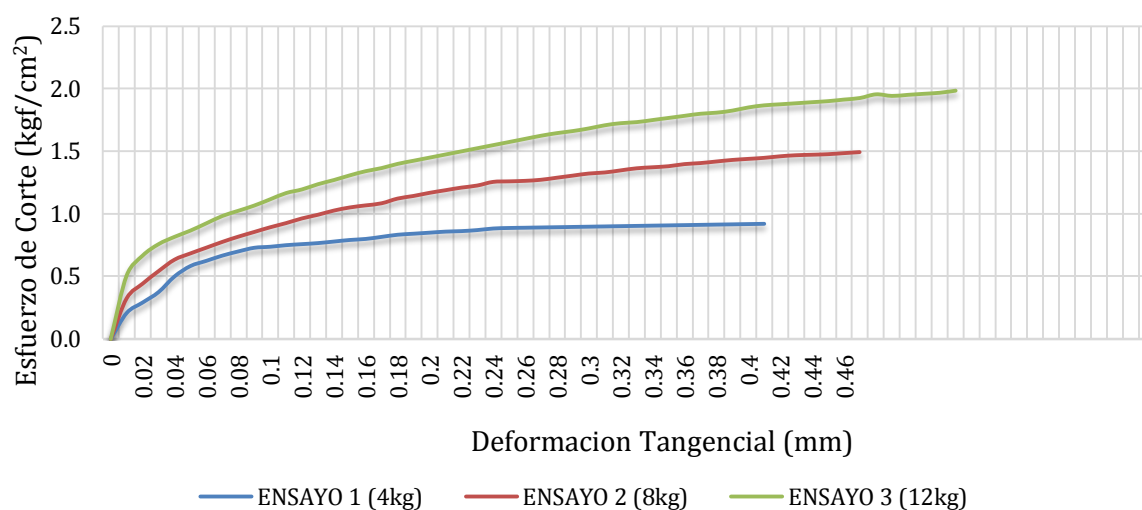
ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	39	11.7	0.325
20	0.02	53	15.9	0.442
30	0.03	65	19.5	0.542
40	0.04	76	22.8	0.633
50	0.05	82	24.6	0.683
60	0.06	87.5	26.25	0.729
70	0.07	93	27.9	0.775
80	0.08	98	29.4	0.817
90	0.09	102.5	30.75	0.854
100	0.1	107	32.1	0.892
110	0.11	111	33.3	0.925
120	0.12	115.5	34.65	0.963
130	0.13	119	35.7	0.992
140	0.14	123	36.9	1.025
150	0.15	126	37.8	1.050
160	0.16	128	38.4	1.067
170	0.17	130	39	1.083
180	0.18	134.5	40.35	1.121
190	0.19	137	41.1	1.142
200	0.2	140	42	1.167
210	0.21	142.5	42.75	1.188
220	0.22	145	43.5	1.208
230	0.23	147	44.1	1.225
240	0.24	150.5	45.15	1.254
250	0.25	151	45.3	1.258
260	0.26	151.5	45.45	1.263
270	0.27	152.5	45.75	1.271
280	0.28	154.5	46.35	1.288
290	0.29	156.5	46.95	1.304
300	0.3	158.5	47.55	1.321
310	0.31	159.5	47.85	1.329
320	0.32	161.5	48.45	1.346
330	0.33	163.5	49.05	1.363
340	0.34	164.5	49.35	1.371
350	0.35	165.5	49.65	1.379
360	0.36	167.5	50.25	1.396
370	0.37	168.5	50.55	1.404
380	0.38	170	51	1.417

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
390	0.39	171.5	51.45	1.429
400	0.4	172.5	51.75	1.438
410	0.41	173.5	52.05	1.446
420	0.42	175	52.5	1.458
430	0.43	176	52.8	1.467
440	0.44	176.5	52.95	1.471
450	0.45	177	53.1	1.475
460	0.46	178	53.4	1.483
470	0.47	179	53.7	1.492
480	0.48	180	54	1.500
490	0.49	181	54.3	1.508
500	0.5	181.5	54.45	1.513
510	0.51	182	54.6	1.517
520	0.52	182.5	54.75	1.521
530	0.53	183	54.9	1.525
540	0.54	183.5	55.05	1.529
550	0.55	184	55.2	1.533
560	0.56	184.5	55.35	1.538
570	0.57	185	55.5	1.542
580	0.58	185.5	55.65	1.546
590	0.59	186	55.8	1.550
600	0.6	186.25	55.875	1.552
610	0.61	186.5	55.95	1.554
620	0.62	186.75	56.025	1.556
630	0.63	187	56.1	1.558
640	0.64	187.43	56.23	1.56
650	0.65	187.75	56.33	1.56
660	0.66	188.07	56.42	1.57
670	0.67	188.39	56.52	1.57
680	0.68	188.71	56.61	1.57
690	0.69	189.04	56.71	1.58
700	0.7	189.36	56.81	1.58
710	0.71	189.68	56.90	1.58

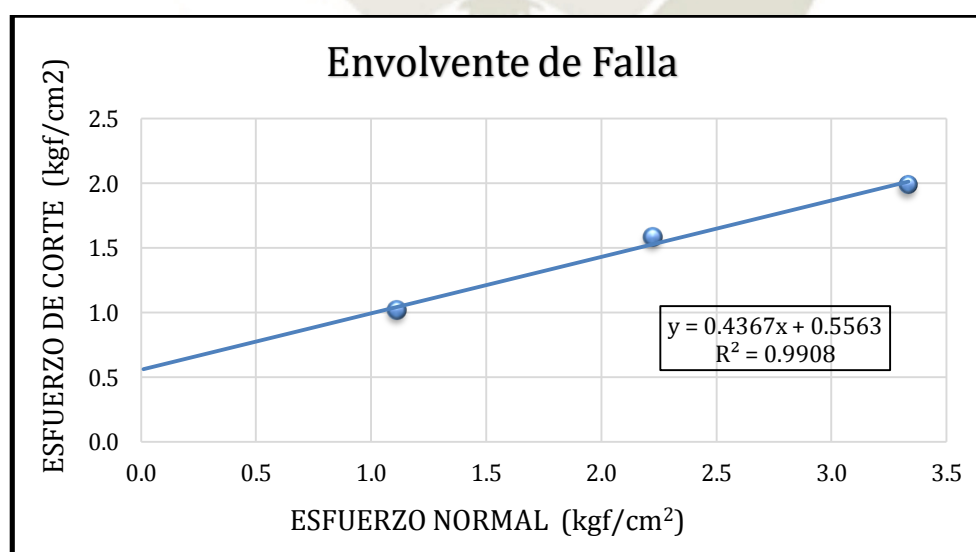
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	61	18.3	0.508
20	0.02	80	24	0.667
30	0.03	91	27.3	0.758
40	0.04	98	29.4	0.817
50	0.05	104	31.2	0.867
60	0.06	111	33.3	0.925
70	0.07	118	35.4	0.983
80	0.08	123	36.9	1.025
90	0.09	128	38.4	1.067
100	0.1	134	40.2	1.117
110	0.11	140	42	1.167
120	0.12	143.5	43.05	1.196
130	0.13	148.5	44.55	1.238
140	0.14	152.5	45.75	1.271
150	0.15	157	47.1	1.308
160	0.16	161	48.3	1.342
170	0.17	164	49.2	1.367
180	0.18	168	50.4	1.400
190	0.19	171	51.3	1.425
200	0.2	174	52.2	1.450
210	0.21	177	53.1	1.475
220	0.22	180	54	1.500
230	0.23	183	54.9	1.525
240	0.24	186	55.8	1.550
250	0.25	189	56.7	1.575
260	0.26	192	57.6	1.600
270	0.27	195	58.5	1.625
280	0.28	197.5	59.25	1.646
290	0.29	199.5	59.85	1.663
300	0.3	202	60.603	1.683
310	0.31	205	61.508	1.709
320	0.32	207	62.111	1.725
330	0.33	208	62.413	1.734
340	0.34	210	63.016	1.750
350	0.35	212	63.619	1.767
360	0.36	214	64.223	1.784
370	0.37	216	64.826	1.801

ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
380	0.38	217	65.13	1.809
390	0.39	219	65.73	1.826
400	0.4	222	66.64	1.851
410	0.41	224	67.24	1.868
420	0.42	225	67.54	1.876
430	0.43	226	67.84	1.885
440	0.44	227	68.14	1.893
450	0.45	228	68.45	1.901
460	0.46	229.5	68.90	1.914
470	0.47	231	69.35	1.926
480	0.48	234.5	70.41	1.956
490	0.49	233	69.95	1.943
500	0.5	234	70.26	1.952
510	0.51	235	70.56	1.960
520	0.52	236	70.86	1.968
530	0.53	238	71.46	1.985

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 2%Cal+3%Caucho II



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.015	1.111
1.581	2.222
1.985	3.333



Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
23.592	0.5563

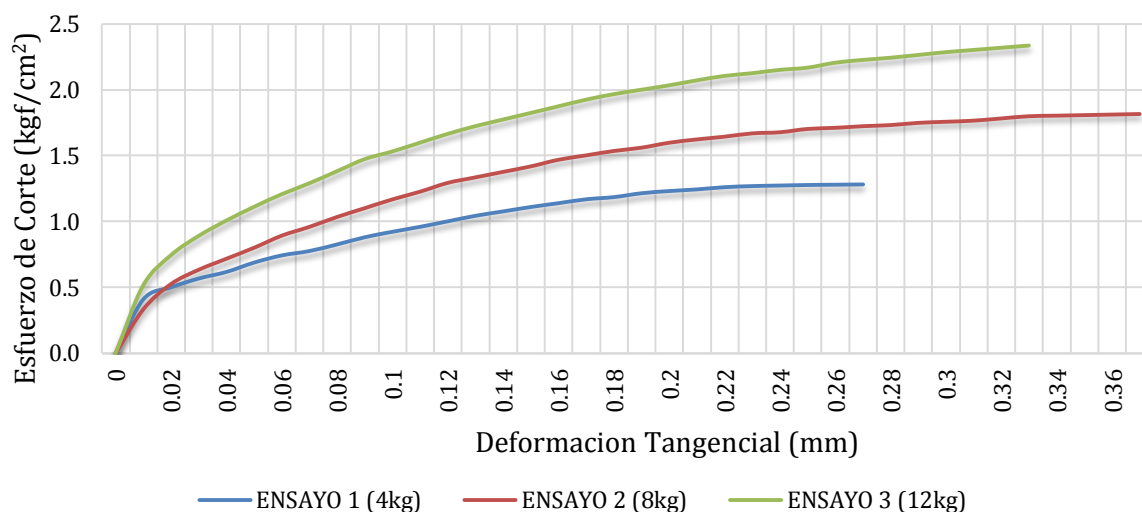
9.8.6 Arcilla +2 % Cal + 3% de Caucho III

ENSAYO N° 1 (4kg)					ENSAYO N° 1 (4kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)	DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000	370	0.37	156	46.8	1.300
10	0.01	49	14.7	0.408	380	0.38	156.25	46.875	1.302
20	0.02	60	18	0.500	390	0.39	156.5	46.95	1.304
30	0.03	68	20.4	0.567	400	0.4	156.75	47.025	1.306
40	0.04	74	22.2	0.617	410	0.41	157	47.1	1.308
50	0.05	82.5	24.75	0.688	420	0.42	157.25	47.175	1.310
60	0.06	89	26.7	0.742	430	0.43	157.5	47.25	1.313
70	0.07	93	27.9	0.775	440	0.44	157.75	47.325	1.315
80	0.08	99	29.7	0.825	450	0.45	158	47.4	1.317
90	0.09	105.5	31.65	0.879	460	0.46	158.25	47.475	1.319
100	0.1	110.5	33.15	0.921	470	0.47	158.5	47.55	1.321
110	0.11	115	34.5	0.958	480	0.48	158.75	47.625	1.323
120	0.12	120	36	1.000					
130	0.13	125	37.5	1.042					
140	0.14	129	38.7	1.075					
150	0.15	133	39.9	1.108					
160	0.16	136.5	40.95	1.138					
170	0.17	140	42	1.167					
180	0.18	142	42.6	1.183					
190	0.19	145.5	43.65	1.213					
200	0.2	147.5	44.25	1.229					
210	0.21	149	44.7	1.242					
220	0.22	151	45.3	1.258					
230	0.23	152	45.6	1.267					
240	0.24	152.5	45.75	1.271					
250	0.25	153	45.9	1.275					
260	0.26	153.25	45.975	1.277					
270	0.27	153.5	46.05	1.279					
280	0.28	153.75	46.125	1.281					
290	0.29	154	46.2	1.283					
300	0.3	154.25	46.275	1.285					
310	0.31	154.5	46.35	1.288					
320	0.32	154.75	46.425	1.290					
330	0.33	155	46.5	1.292					
340	0.34	155.25	46.575	1.294					
350	0.35	155.5	46.65	1.296					
360	0.36	155.75	46.725	1.298					

ENSAYO N° 2 (8kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	40	12	0.333
20	0.02	63	18.9	0.525
30	0.03	76	22.8	0.633
40	0.04	86	25.8	0.717
50	0.05	96	28.8	0.800
60	0.06	107	32.1	0.892
70	0.07	115	34.5	0.958
80	0.08	124	37.2	1.033
90	0.09	132	39.6	1.100
100	0.1	140	42	1.167
110	0.11	147	44.1	1.225
120	0.12	155	46.5	1.292
130	0.13	160	48	1.333
140	0.14	165	49.5	1.375
150	0.15	170	51	1.417
160	0.16	176	52.8	1.467
170	0.17	180	54	1.500
180	0.18	184	55.2	1.533
190	0.19	187	56.1	1.558
200	0.2	191.5	57.45	1.596
210	0.21	194.5	58.35	1.621
220	0.22	197	59.1	1.642
230	0.23	200	60	1.667
240	0.24	201	60.30	1.675
250	0.25	204	61.21	1.700
260	0.26	205	61.51	1.709
270	0.27	206.5	61.96	1.721
280	0.28	207.5	62.26	1.730
290	0.29	209.5	62.87	1.746
300	0.3	210.5	63.17	1.755
310	0.31	211.5	63.47	1.763
320	0.32	213.5	64.07	1.780
330	0.33	215.5	64.68	1.797
340	0.34	216	64.83	1.801
350	0.35	216.5	64.98	1.805
360	0.36	217	65.13	1.809
370	0.37	217.5	65.28	1.813

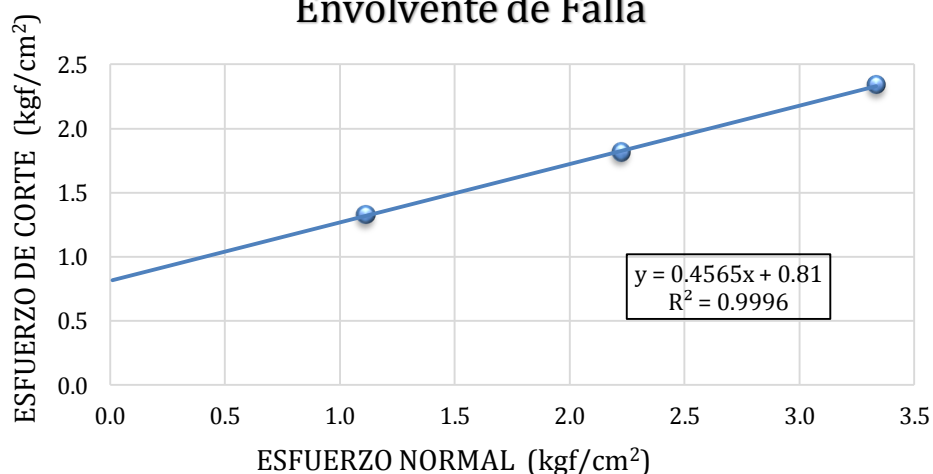
ENSAYO N° 3 (12 Kg)				
DIAL DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DIAL FUERZA	CARGA (kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm ²)
0	0	0	0	0.000
10	0.01	62	18.6	0.517
20	0.02	89.5	26.85	0.746
30	0.03	107	32.1	0.892
40	0.04	121	36.3	1.008
50	0.05	133.5	40.05	1.113
60	0.06	145	43.5	1.208
70	0.07	155	46.5	1.292
80	0.08	166	49.8	1.383
90	0.09	177	53.1	1.475
100	0.1	184	55.2	1.533
110	0.11	192	57.6	1.600
120	0.12	200	60	1.667
130	0.13	207	62.11	1.725
140	0.14	213	63.92	1.776
150	0.15	219	65.73	1.826
160	0.16	225	67.54	1.876
170	0.17	231	69.35	1.926
180	0.18	236	70.86	1.968
190	0.19	240	72.07	2.002
200	0.2	244	73.27	2.035
210	0.21	248.5	74.63	2.073
220	0.22	252.5	75.84	2.107
230	0.23	255	76.59	2.128
240	0.24	258	77.50	2.153
250	0.25	260	78.10	2.169
260	0.26	264.5	79.46	2.207
270	0.27	267	80.21	2.228
280	0.28	269	80.82	2.245
290	0.29	271.5	81.57	2.266
300	0.3	274	82.33	2.287
310	0.31	276	82.94	2.304
320	0.32	278	83.54	2.321
330	0.33	280	84.15	2.337

Gráfica Esfuerzo - Deformación de 2%Cal+3%Caucho III



Esfuerzo de Corte (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Normal (Kgf/cm ²)
1.323	1.111
1.813	2.222
2.337	3.333

Envolvente de Falla



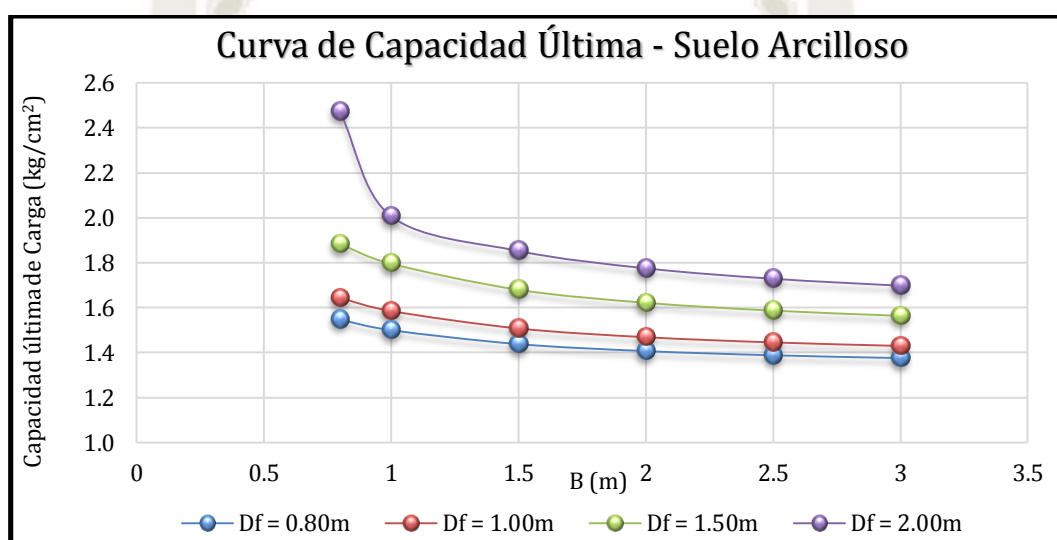
Angulo de fricción ϕ	Cohesión C (Kgf/cm ²)
24.538	0.81

10 CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA HÚMEDA

10.1 Capacidad de carga de suelo arcilloso inalterado

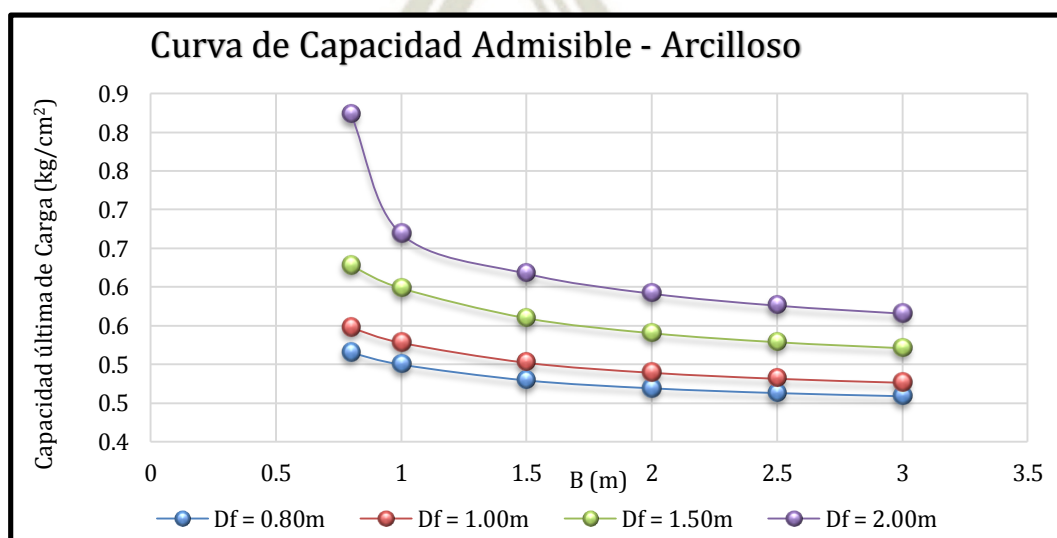
Capacidad Última de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) - Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.546	1.500	1.438	1.407	1.388	1.376
Df = 1.00 m	1.642	1.584	1.507	1.468	1.445	1.430
Df = 1.50 m	1.883	1.796	1.680	1.622	1.587	1.564
Df = 2.00 m	2.472	2.008	1.853	1.775	1.729	1.698



Capacidad Admisible de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.515	0.500	0.479	0.469	0.463	0.459
Df = 1.00 m	0.547	0.528	0.502	0.489	0.482	0.476
Df = 1.50 m	0.628	0.599	0.560	0.540	0.529	0.521
Df = 2.00 m	0.824	0.669	0.617	0.592	0.576	0.566

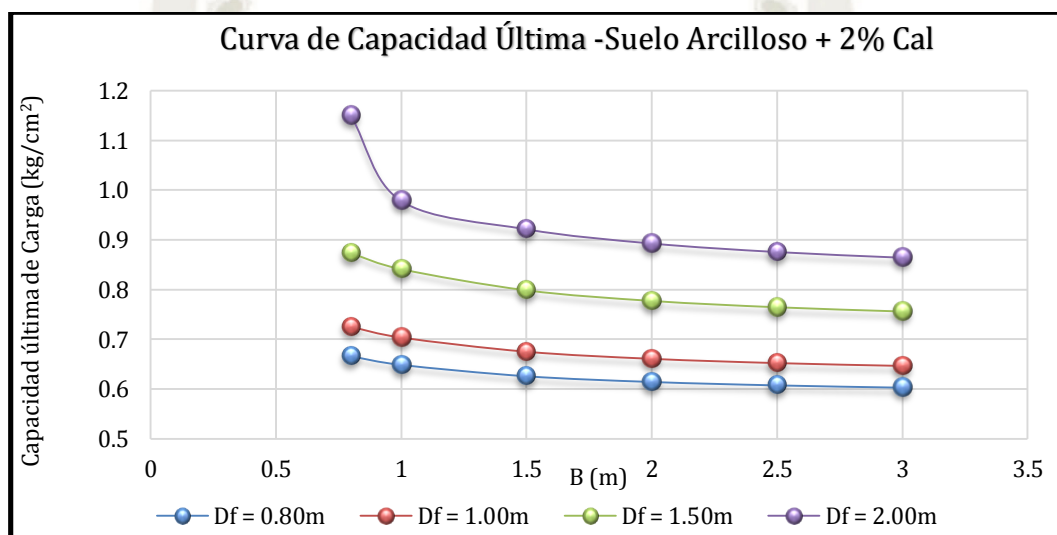


10.2 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal

10.2.1 suelo arcilloso + 2%cal

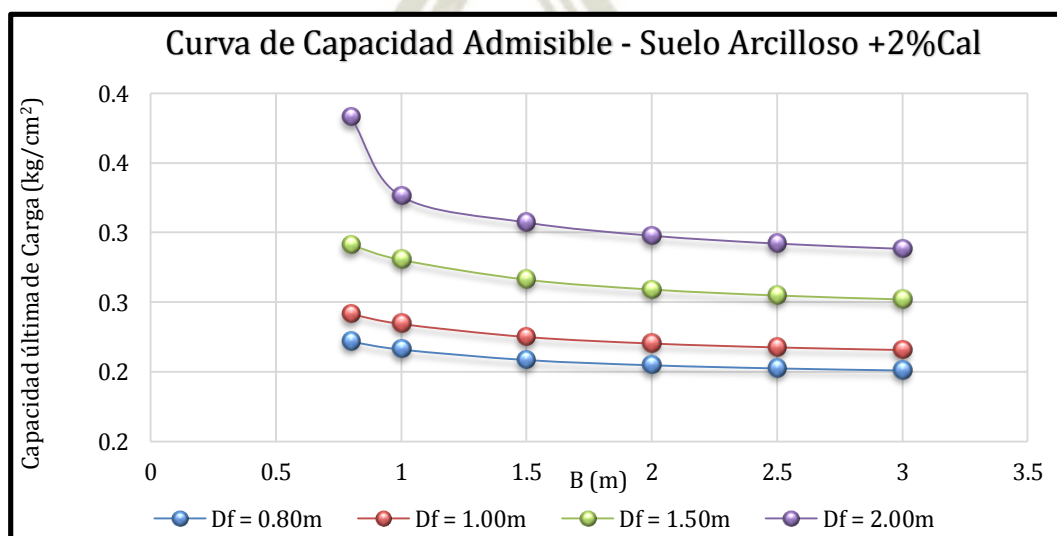
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m)- 2% de cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.665	0.648	0.625	0.614	0.607	0.603
Df = 1.00 m	0.725	0.703	0.675	0.661	0.652	0.646
Df = 1.50 m	0.873	0.841	0.798	0.777	0.764	0.755
Df = 2.00 m	1.150	0.978	0.921	0.893	0.876	0.864



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 2% Cal

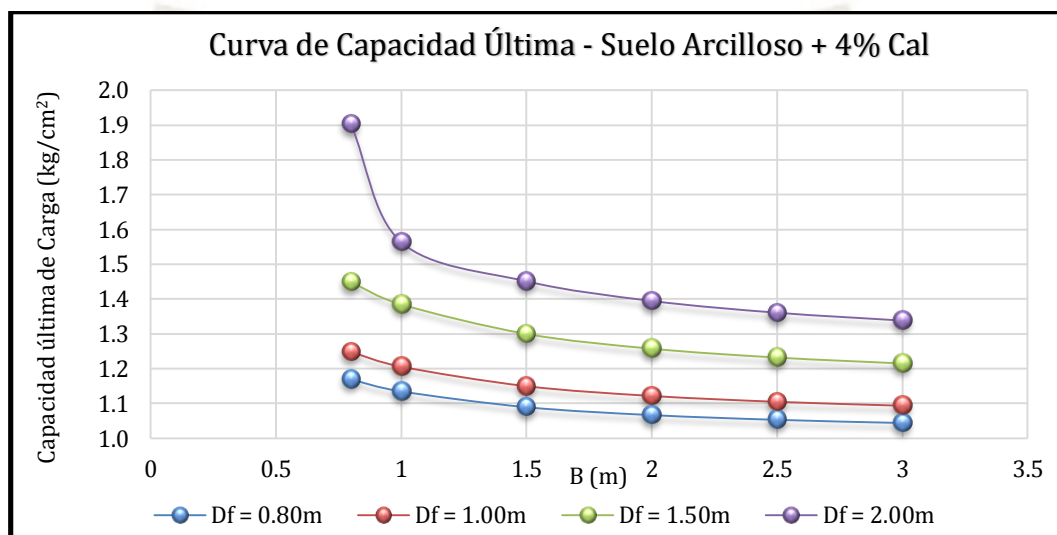
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.222	0.216	0.208	0.205	0.202	0.201
Df = 1.00 m	0.242	0.234	0.225	0.220	0.217	0.215
Df = 1.50 m	0.291	0.280	0.266	0.259	0.255	0.252
Df = 2.00 m	0.383	0.326	0.307	0.298	0.292	0.288



10.2.2 suelo arcilloso + 4%cal

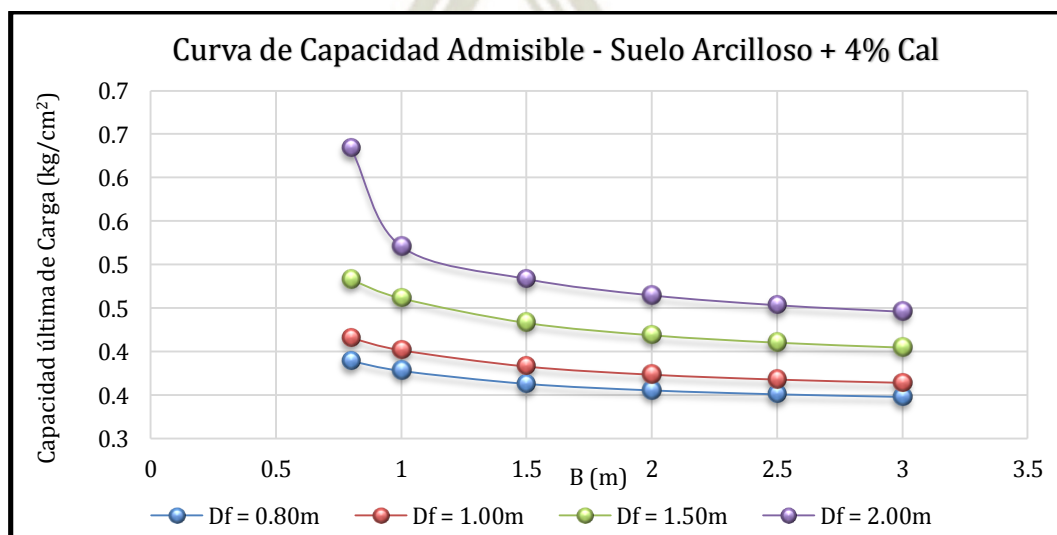
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.168	1.134	1.089	1.067	1.053	1.044
Df = 1.00 m	1.248	1.206	1.149	1.121	1.104	1.093
Df = 1.50 m	1.448	1.385	1.300	1.258	1.232	1.215
Df = 2.00 m	1.903	1.564	1.451	1.394	1.360	1.337



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

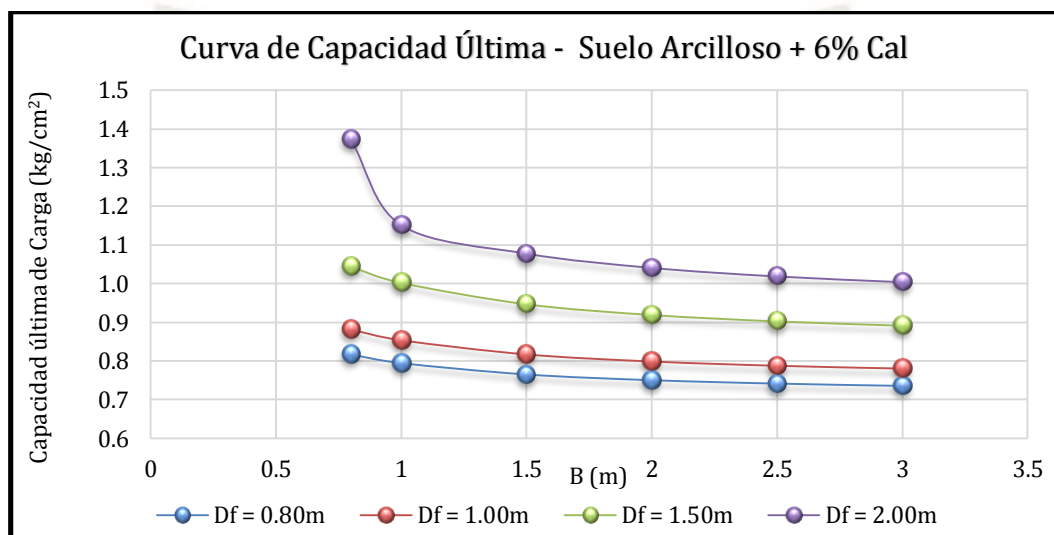
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.389	0.378	0.363	0.355	0.351	0.348
Df = 1.00 m	0.416	0.402	0.383	0.374	0.368	0.364
Df = 1.50 m	0.483	0.461	0.433	0.419	0.411	0.405
Df = 2.00 m	0.634	0.521	0.483	0.465	0.453	0.446



10.2.3 suelo arcilloso + 6%cal

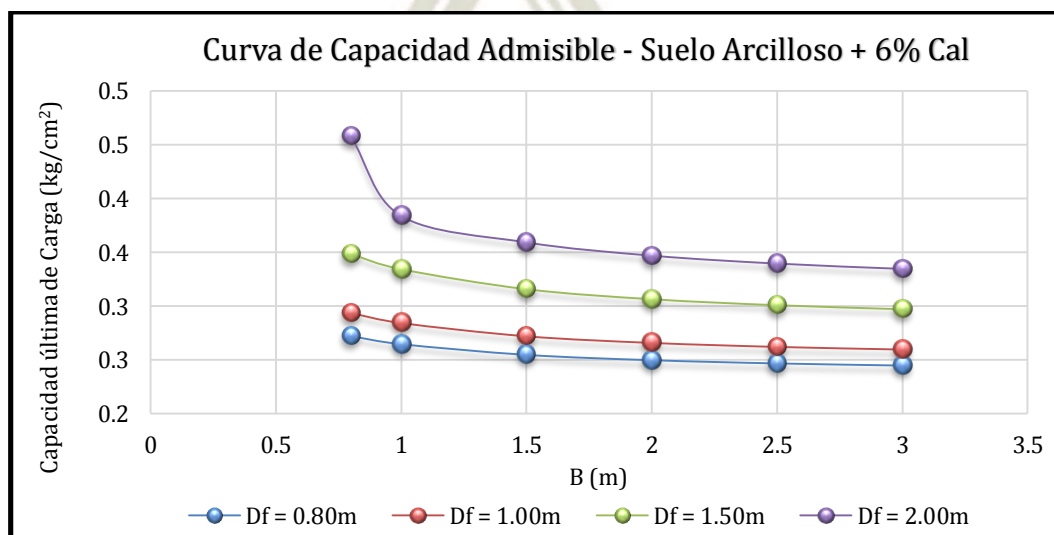
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - suelo arcilloso + 6%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.816	0.794	0.764	0.750	0.741	0.735
Df = 1.00 m	0.881	0.854	0.816	0.798	0.787	0.779
Df = 1.50 m	1.044	1.002	0.947	0.919	0.902	0.891
Df = 2.00 m	1.374	1.151	1.077	1.040	1.018	1.003



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - suelo arcilloso + 6%cal

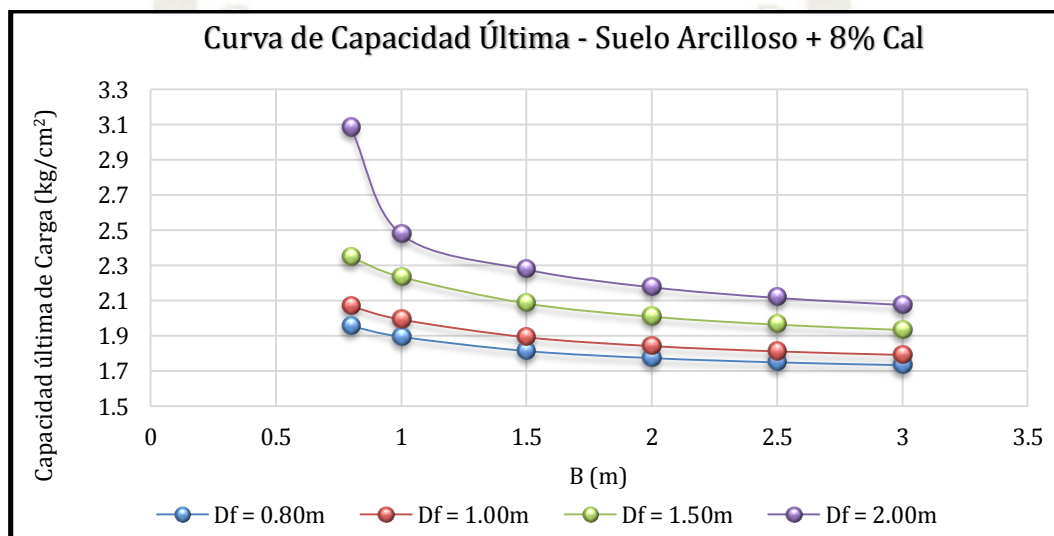
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.272	0.265	0.255	0.250	0.247	0.245
Df = 1.00 m	0.294	0.284	0.272	0.266	0.262	0.260
Df = 1.50 m	0.348	0.334	0.316	0.306	0.301	0.297
Df = 2.00 m	0.458	0.384	0.359	0.347	0.339	0.334



10.2.4 Suelo arcilloso + 8%cal

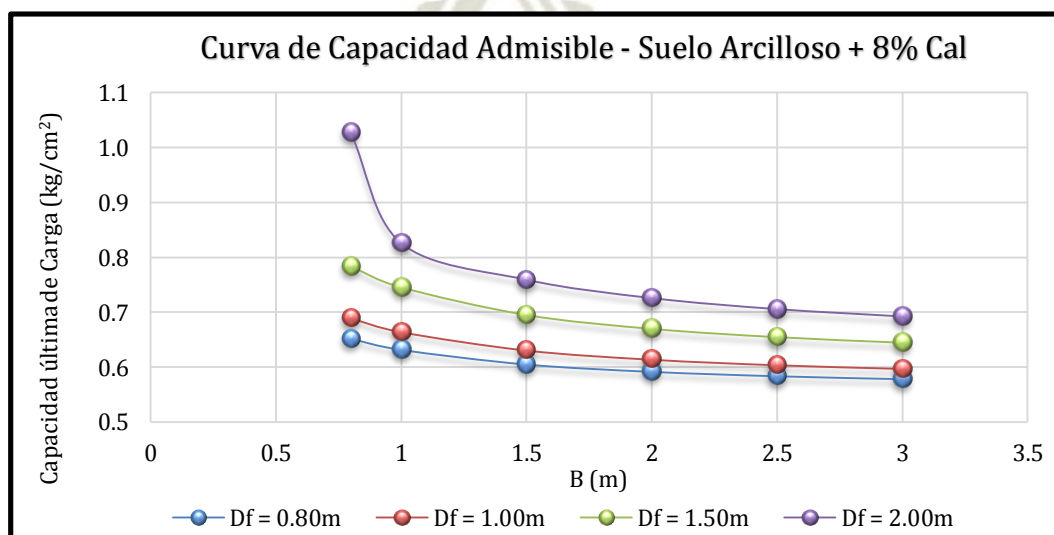
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.956	1.896	1.815	1.775	1.751	1.735
Df = 1.00 m	2.068	1.993	1.892	1.842	1.812	1.792
Df = 1.50 m	2.349	2.236	2.085	2.010	1.965	1.935
Df = 2.00 m	3.082	2.479	2.278	2.178	2.118	2.077



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

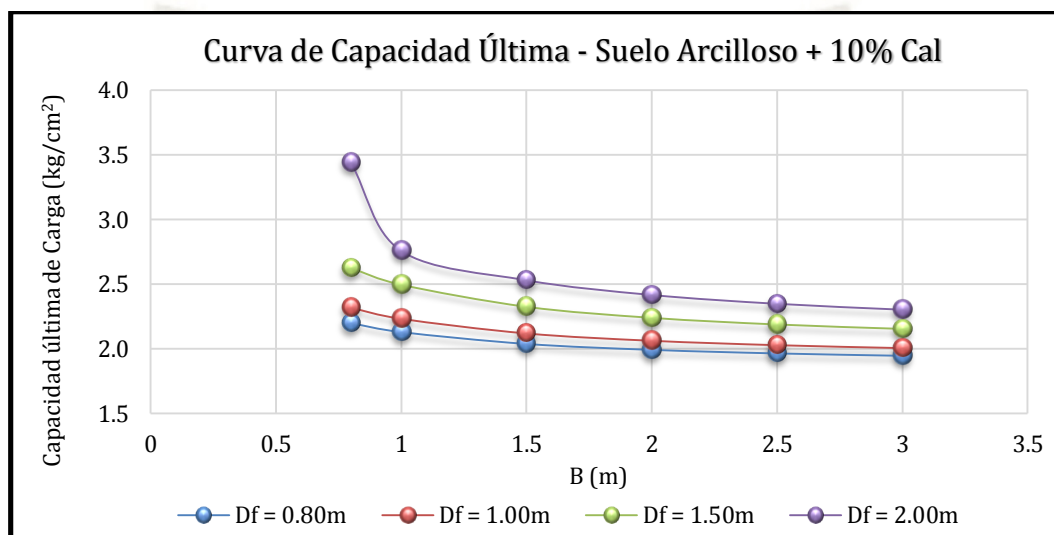
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.652	0.632	0.605	0.592	0.584	0.578
Df = 1.00 m	0.689	0.664	0.631	0.614	0.604	0.597
Df = 1.50 m	0.783	0.745	0.695	0.670	0.655	0.645
Df = 2.00 m	1.027	0.826	0.759	0.726	0.706	0.692



10.2.5 suelo arcilloso + 10%cal

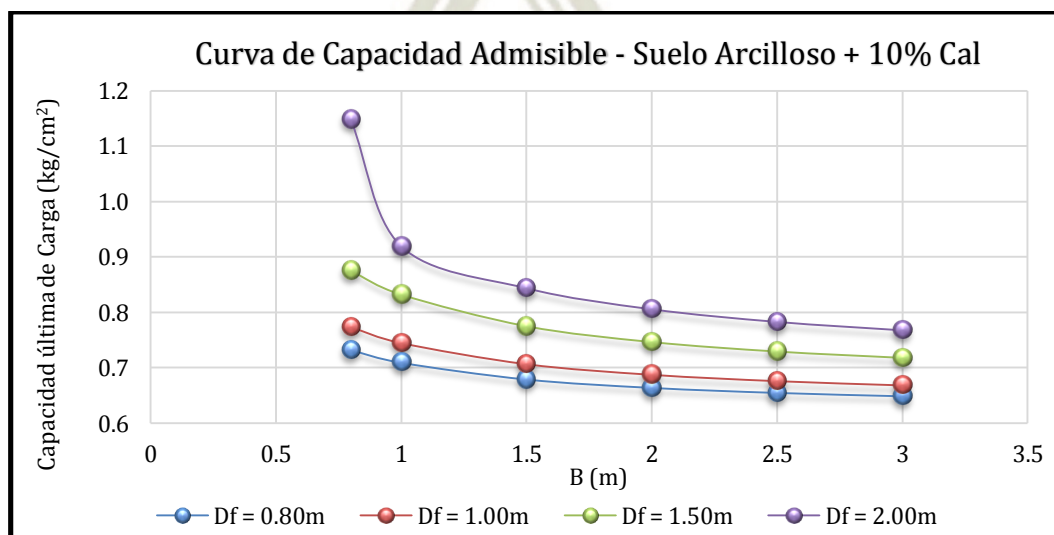
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.197	2.128	2.037	1.992	1.964	1.946
Df = 1.00 m	2.319	2.233	2.120	2.063	2.028	2.006
Df = 1.50 m	2.624	2.496	2.325	2.240	2.189	2.154
Df = 2.00 m	3.442	2.759	2.531	2.417	2.349	2.303



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.732	0.709	0.679	0.664	0.655	0.649
Df = 1.00 m	0.773	0.744	0.706	0.687	0.676	0.668
Df = 1.50 m	0.874	0.832	0.775	0.746	0.729	0.718
Df = 2.00 m	1.147	0.919	0.843	0.805	0.783	0.767

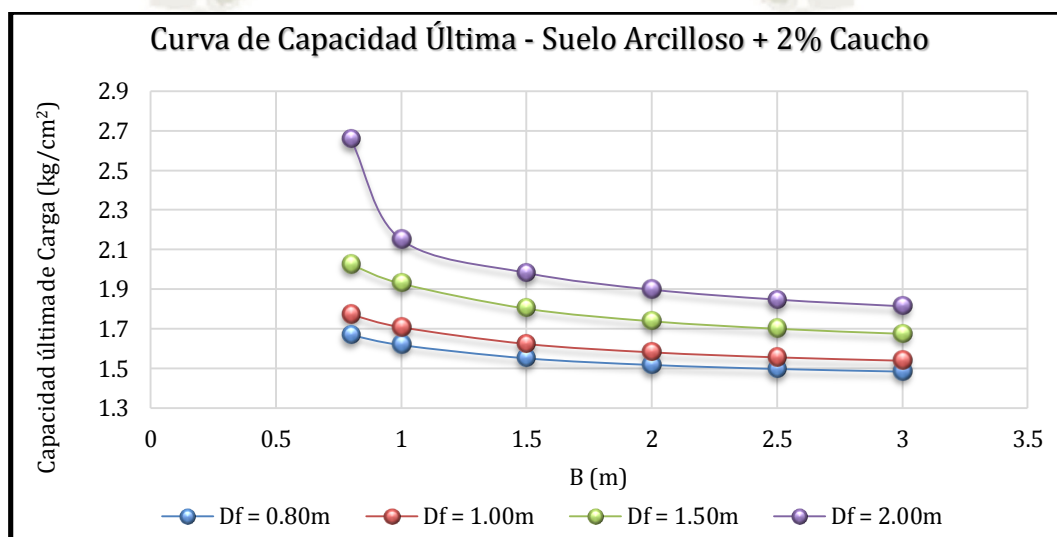


10.3 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho

10.3.1 Suelo arcilloso + 2%caucho

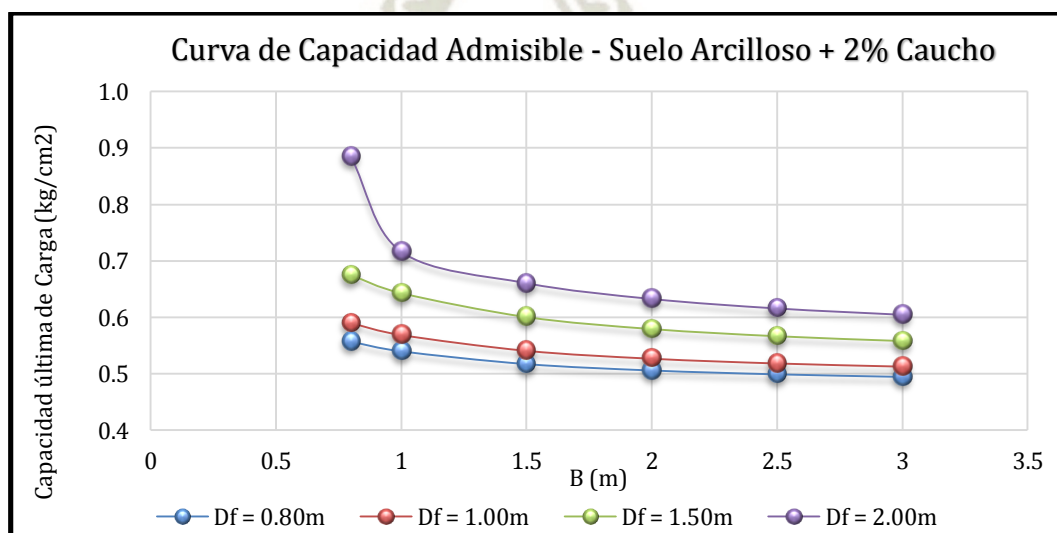
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.669	1.619	1.551	1.517	1.497	1.484
Df = 1.00 m	1.770	1.707	1.623	1.581	1.555	1.539
Df = 1.50 m	2.023	1.929	1.802	1.739	1.701	1.676
Df = 2.00 m	2.656	2.150	1.982	1.897	1.847	1.813



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho

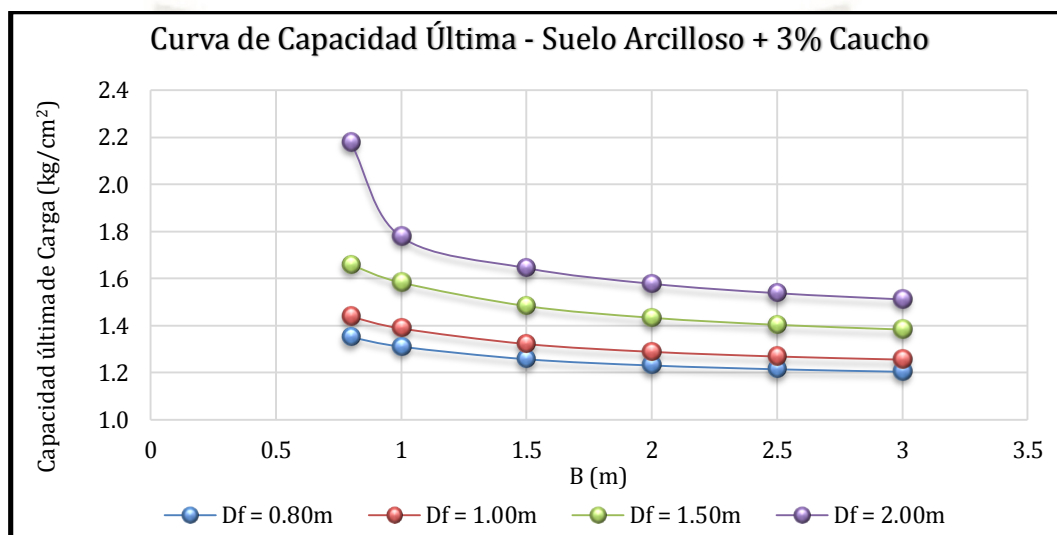
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.556	0.539	0.517	0.506	0.499	0.494
Df = 1.00 m	0.590	0.569	0.541	0.527	0.518	0.513
Df = 1.50 m	0.674	0.643	0.601	0.580	0.567	0.558
Df = 2.00 m	0.885	0.717	0.660	0.632	0.615	0.604



10.3.2 Suelo arcilloso + 3%caucho

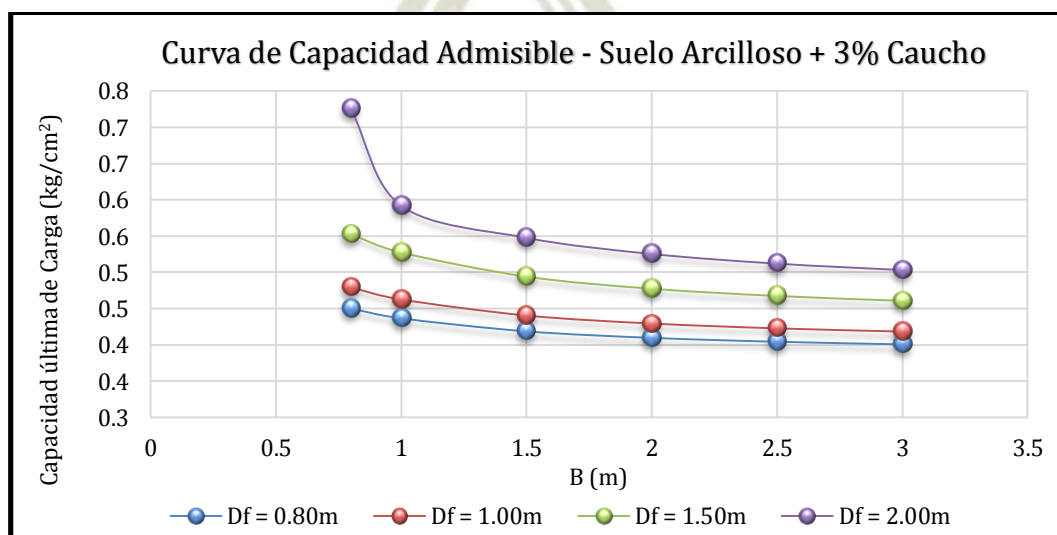
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.350	1.310	1.256	1.230	1.214	1.203
Df = 1.00 m	1.437	1.388	1.321	1.288	1.268	1.254
Df = 1.50 m	1.657	1.582	1.482	1.433	1.403	1.383
Df = 2.00 m	2.176	1.777	1.644	1.577	1.537	1.511



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3%caucho

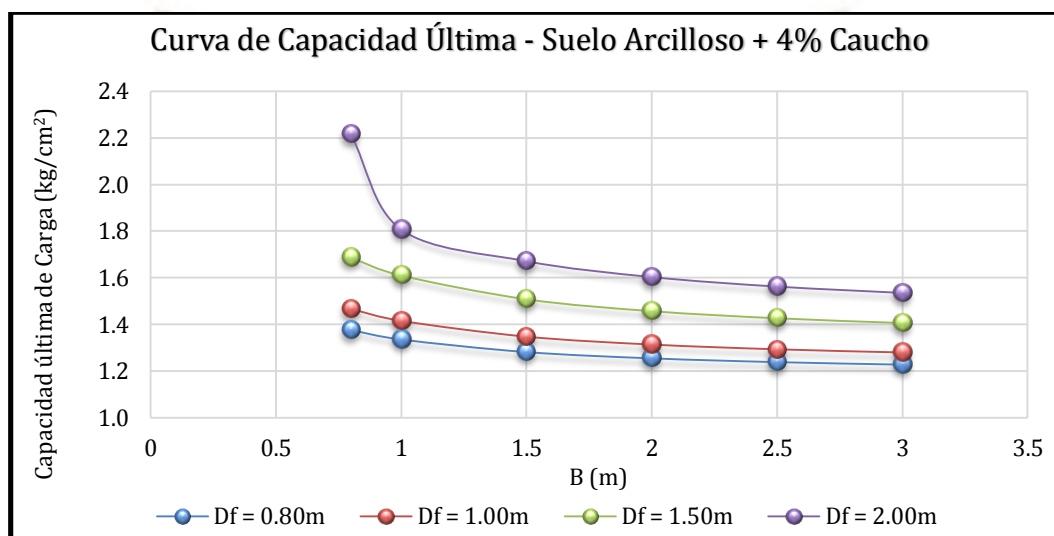
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.450	0.436	0.419	0.410	0.405	0.401
Df = 1.00 m	0.479	0.462	0.440	0.429	0.422	0.418
Df = 1.50 m	0.552	0.527	0.494	0.477	0.467	0.461
Df = 2.00 m	0.725	0.592	0.548	0.526	0.512	0.503



10.3.3 Suelo arcilloso + 4%caucho

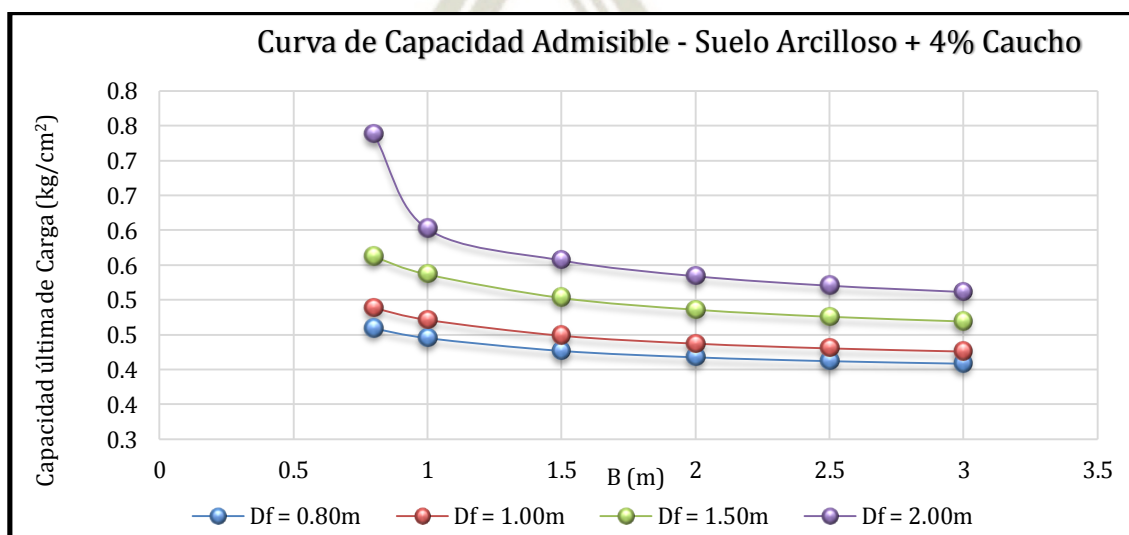
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.376	1.335	1.281	1.253	1.237	1.226
Df = 1.00 m	1.465	1.414	1.346	1.312	1.291	1.278
Df = 1.50 m	1.687	1.610	1.508	1.457	1.427	1.406
Df = 2.00 m	2.215	1.807	1.671	1.603	1.562	1.535



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%caucho

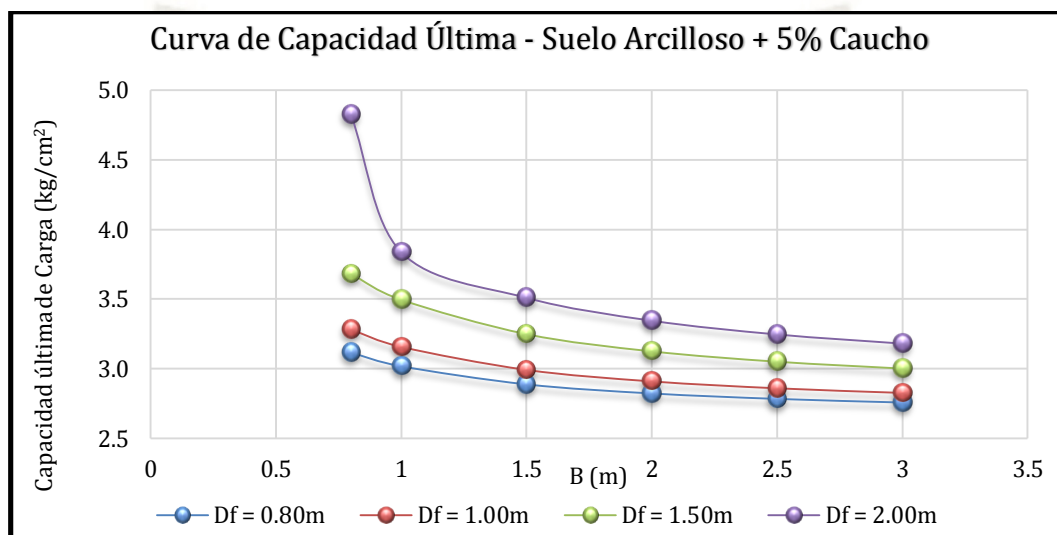
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.459	0.445	0.427	0.418	0.412	0.409
Df = 1.00 m	0.488	0.471	0.448	0.437	0.430	0.426
Df = 1.50 m	0.562	0.537	0.503	0.486	0.475	0.469
Df = 2.00 m	0.738	0.602	0.557	0.534	0.521	0.512



10.3.4 Suelo arcilloso + 5%caucho

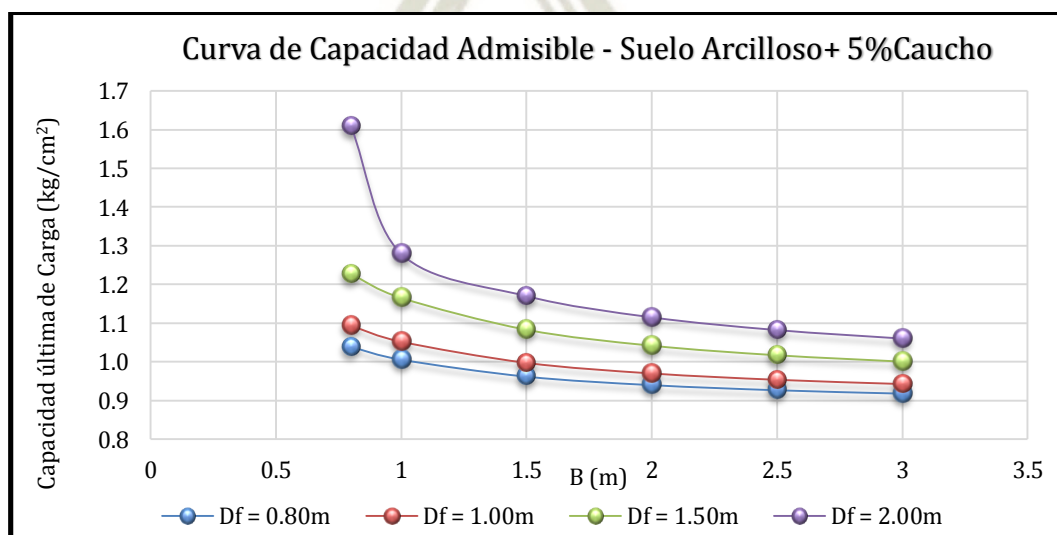
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.118	3.019	2.887	2.821	2.781	2.755
Df = 1.00 m	3.279	3.155	2.991	2.908	2.859	2.826
Df = 1.50 m	3.682	3.497	3.250	3.126	3.052	3.003
Df = 2.00 m	4.827	3.839	3.509	3.344	3.245	3.179



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

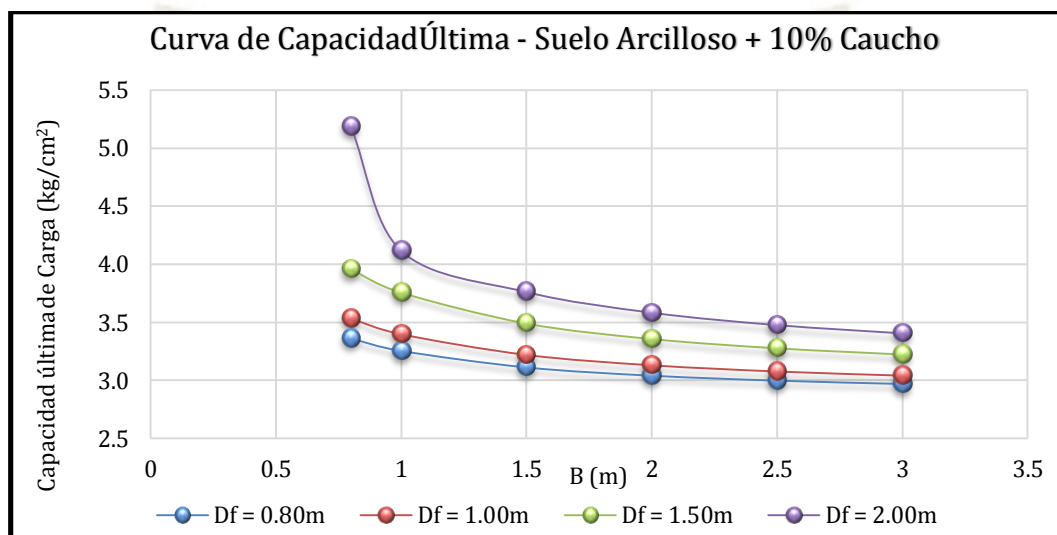
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.039	1.006	0.962	0.940	0.927	0.918
Df = 1.00 m	1.093	1.052	0.997	0.969	0.953	0.942
Df = 1.50 m	1.227	1.165	1.083	1.042	1.017	1.001
Df = 2.00 m	1.609	1.279	1.169	1.114	1.081	1.060



10.3.5 Suelo arcilloso + 10%caucho

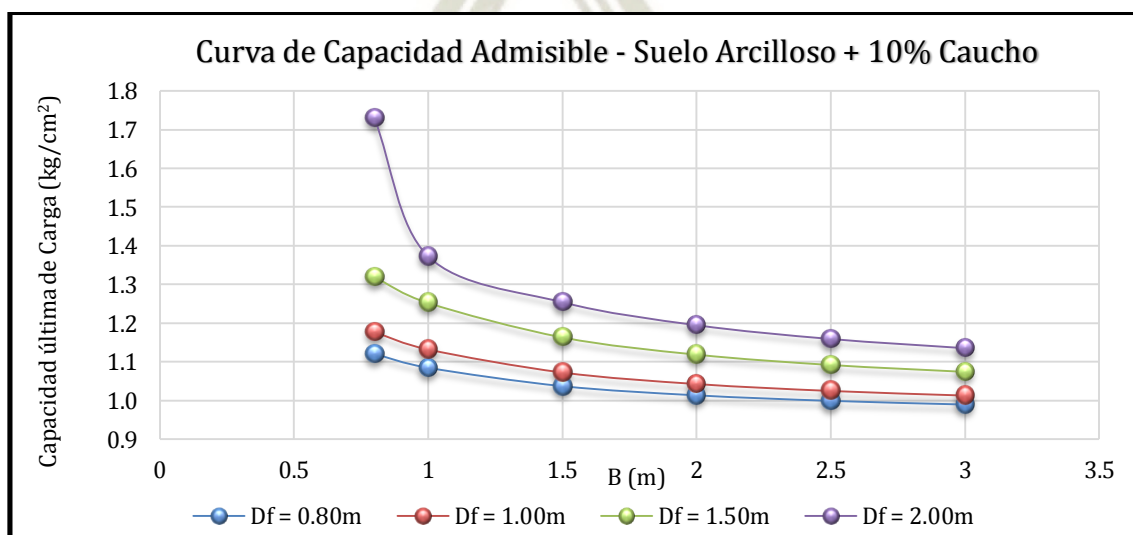
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.359	3.252	3.110	3.038	2.996	2.967
Df = 1.00 m	3.530	3.397	3.218	3.129	3.076	3.040
Df = 1.50 m	3.958	3.757	3.490	3.356	3.276	3.222
Df = 2.00 m	5.188	4.118	3.762	3.583	3.476	3.405



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.119	1.084	1.036	1.013	0.998	0.989
Df = 1.00 m	1.176	1.132	1.072	1.043	1.025	1.013
Df = 1.50 m	1.319	1.252	1.163	1.118	1.092	1.074
Df = 2.00 m	1.729	1.372	1.254	1.194	1.158	1.135

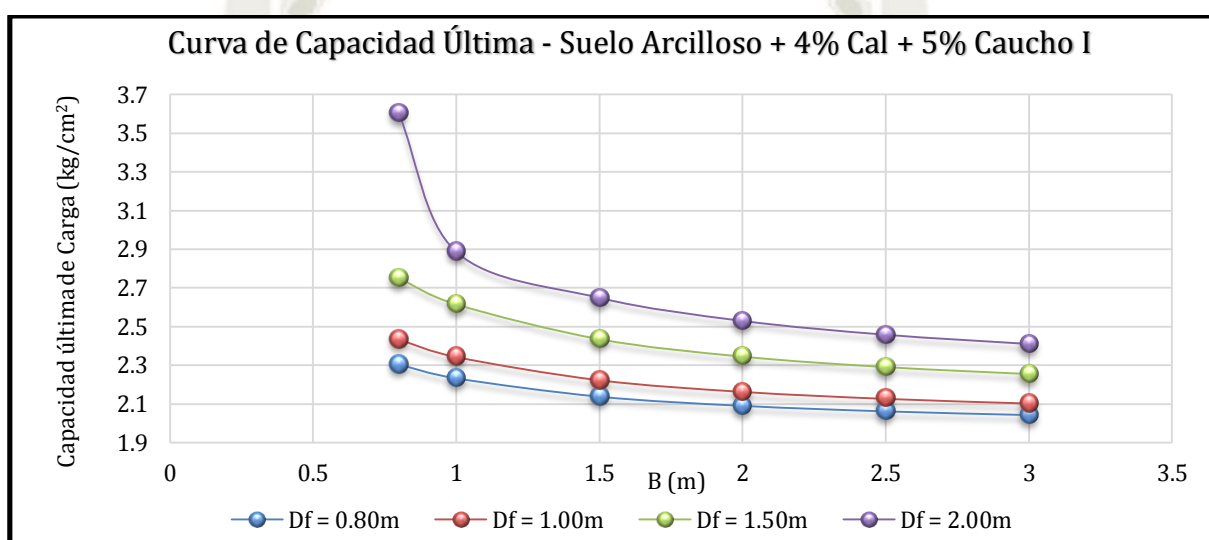


10.4 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho

10.4.1 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)

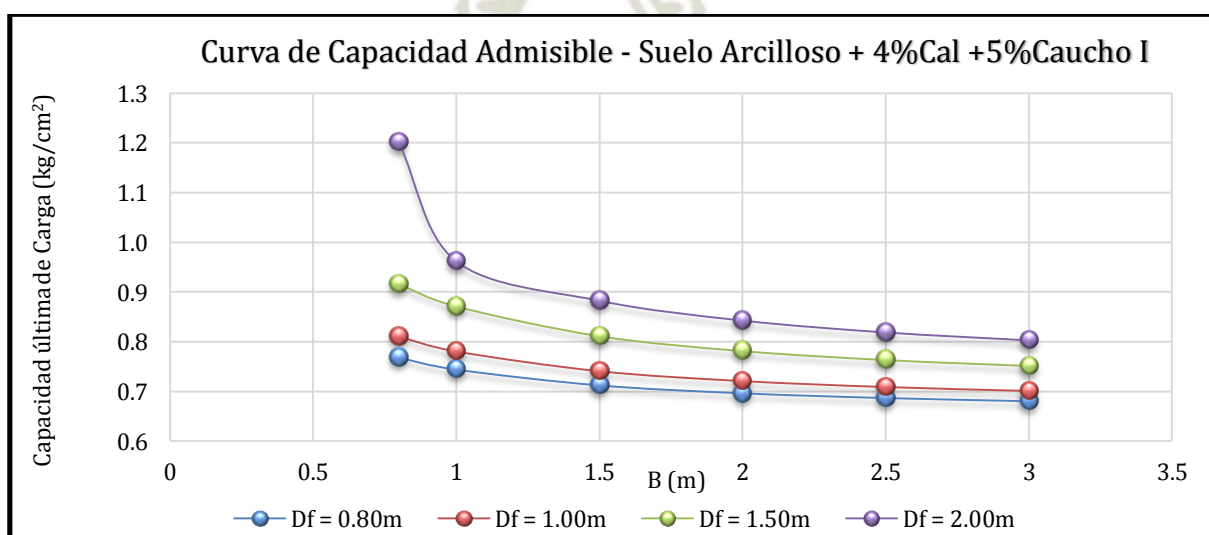
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.305	2.233	2.137	2.090	2.061	2.042
Df = 1.00 m	2.432	2.342	2.223	2.163	2.127	2.103
Df = 1.50 m	2.750	2.615	2.435	2.345	2.291	2.256
Df = 2.00 m	3.606	2.888	2.648	2.528	2.456	2.408



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) -Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (I)

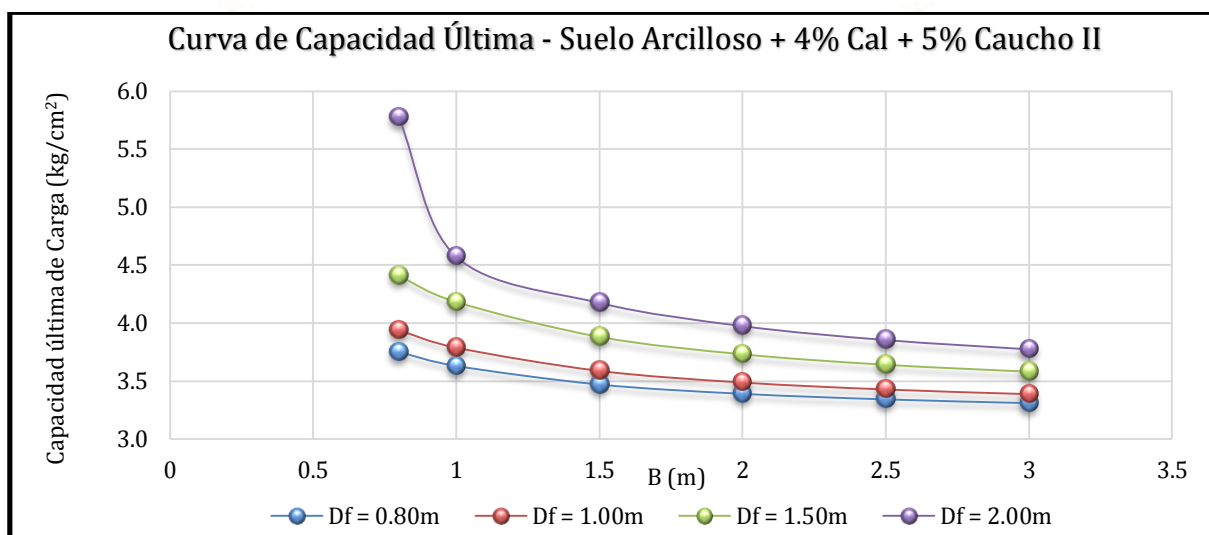
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.768	0.744	0.712	0.696	0.687	0.680
Df = 1.00 m	0.811	0.781	0.741	0.721	0.709	0.701
Df = 1.50 m	0.916	0.871	0.812	0.782	0.764	0.752
Df = 2.00 m	1.202	0.962	0.882	0.842	0.819	0.803



10.4.2 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)

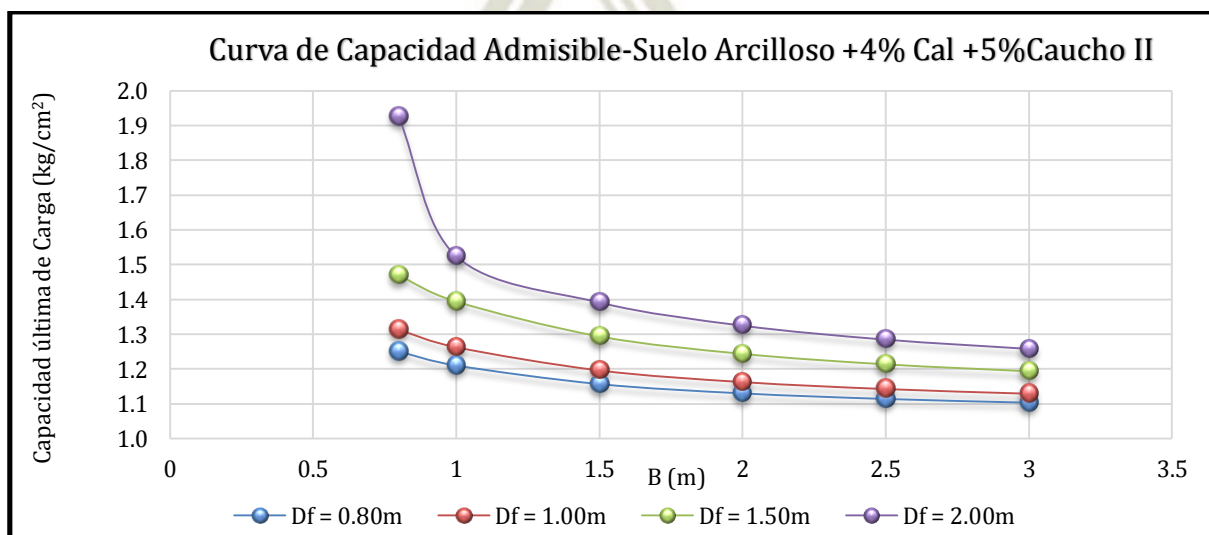
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.753	3.633	3.473	3.393	3.345	3.313
Df = 1.00 m	3.941	3.790	3.590	3.490	3.430	3.390
Df = 1.50 m	4.409	4.184	3.883	3.733	3.643	3.583
Df = 2.00 m	5.779	4.577	4.177	3.976	3.856	3.776



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (II)

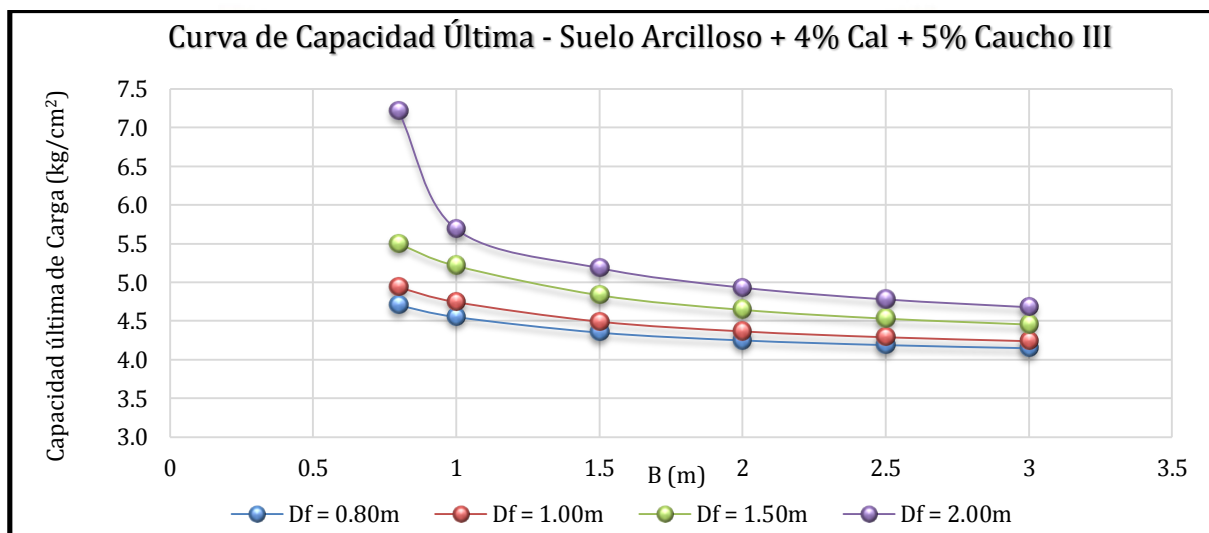
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.251	1.211	1.157	1.131	1.115	1.104
Df = 1.00 m	1.313	1.263	1.196	1.163	1.143	1.130
Df = 1.50 m	1.469	1.394	1.294	1.244	1.214	1.194
Df = 2.00 m	1.926	1.525	1.392	1.325	1.285	1.258



10.4.3 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)

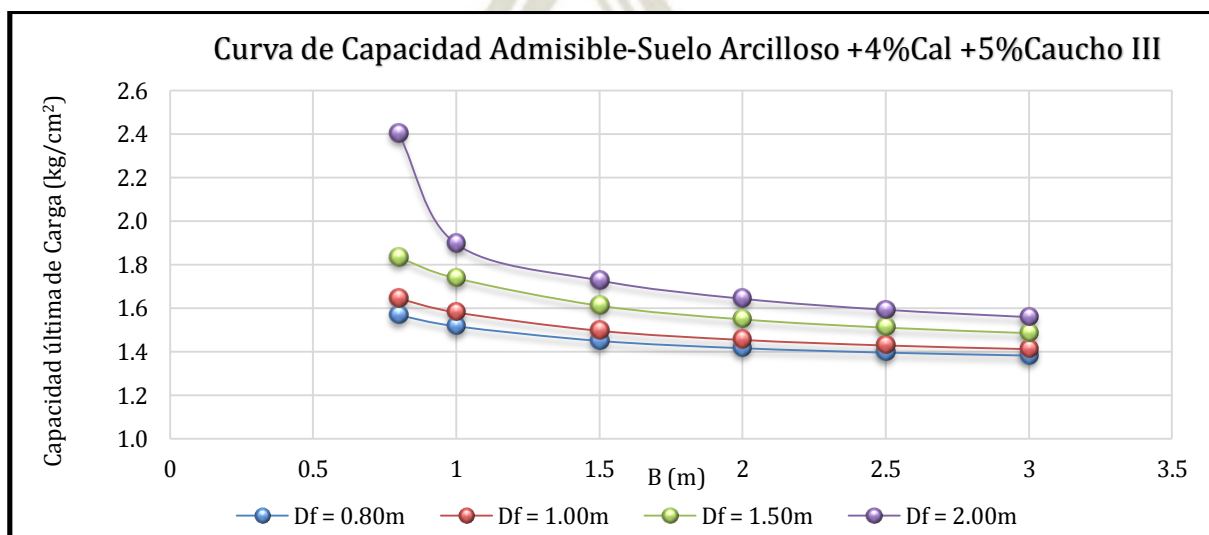
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	4.705	4.554	4.351	4.250	4.189	4.148
Df = 1.00 m	4.932	4.743	4.489	4.363	4.287	4.236
Df = 1.50 m	5.500	5.215	4.835	4.646	4.532	4.456
Df = 2.00 m	7.207	5.688	5.181	4.928	4.776	4.675



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho (III)

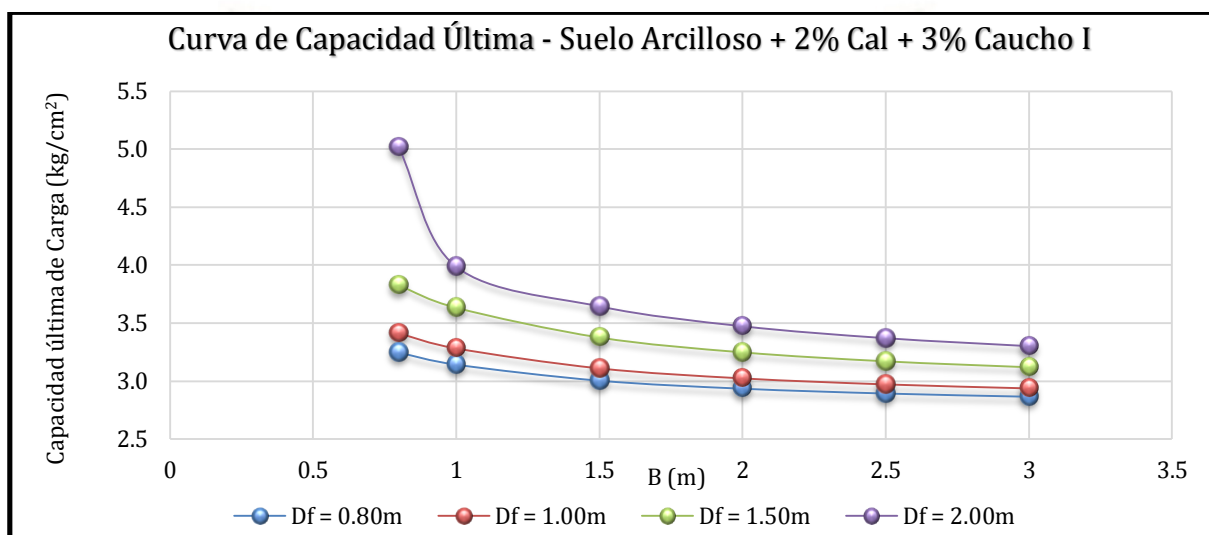
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.568	1.517	1.450	1.416	1.396	1.382
Df = 1.00 m	1.644	1.580	1.496	1.454	1.429	1.412
Df = 1.50 m	1.833	1.738	1.611	1.548	1.510	1.485
Df = 2.00 m	2.402	1.895	1.727	1.642	1.592	1.558



10.4.4 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)

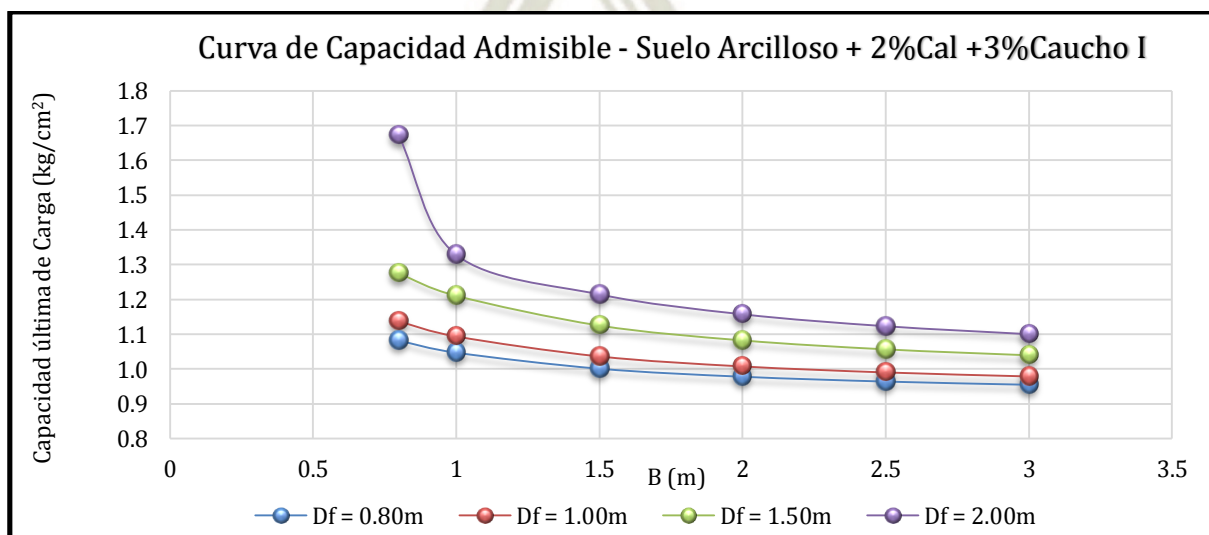
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.245	3.142	3.004	2.936	2.894	2.867
Df = 1.00 m	3.412	3.283	3.111	3.025	2.973	2.939
Df = 1.50 m	3.828	3.635	3.377	3.248	3.171	3.119
Df = 2.00 m	5.018	3.987	3.643	3.471	3.368	3.299



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (I)

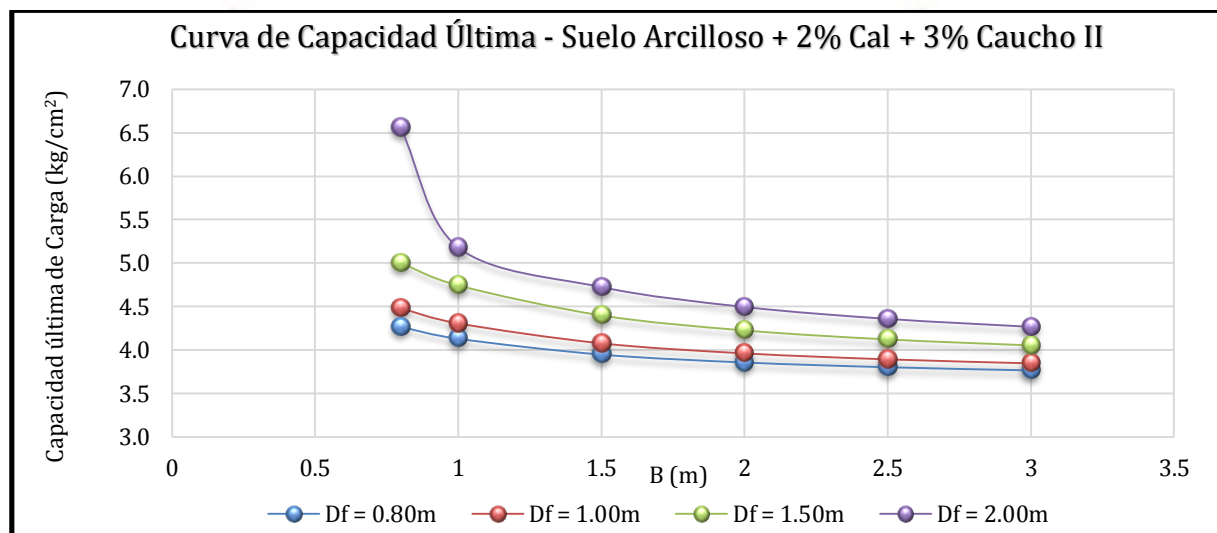
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.081	1.047	1.001	0.978	0.965	0.955
Df = 1.00 m	1.137	1.094	1.037	1.008	0.991	0.979
Df = 1.50 m	1.276	1.211	1.125	1.082	1.057	1.039
Df = 2.00 m	1.672	1.329	1.214	1.157	1.122	1.099



10.4.5 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)

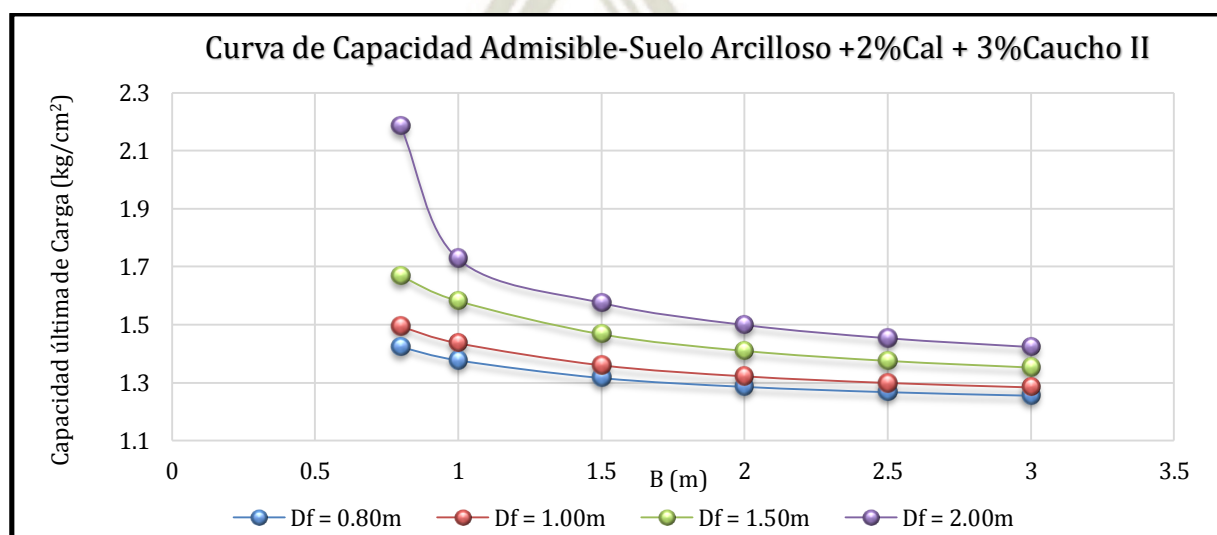
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	4.269	4.132	3.949	3.857	3.802	3.766
Df = 1.00 m	4.478	4.307	4.078	3.964	3.895	3.849
Df = 1.50 m	5.001	4.744	4.401	4.229	4.126	4.058
Df = 2.00 m	6.554	5.181	4.724	4.495	4.358	4.266



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (II)

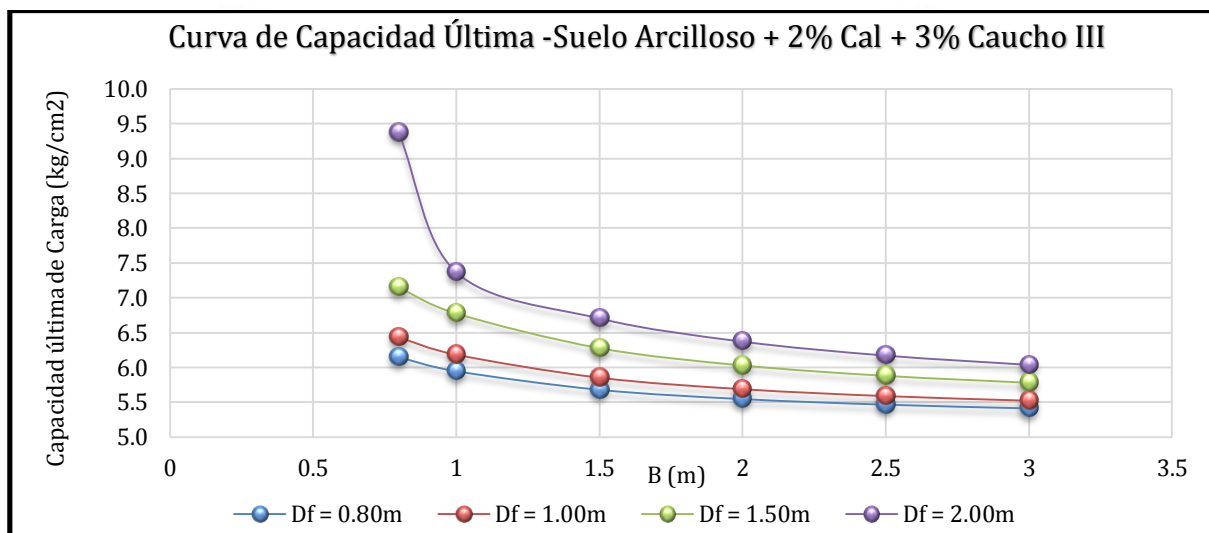
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.423	1.377	1.316	1.285	1.267	1.255
Df = 1.00 m	1.492	1.435	1.359	1.321	1.298	1.283
Df = 1.50 m	1.667	1.581	1.467	1.409	1.375	1.352
Df = 2.00 m	2.184	1.727	1.574	1.498	1.452	1.422



10.4.6 Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)

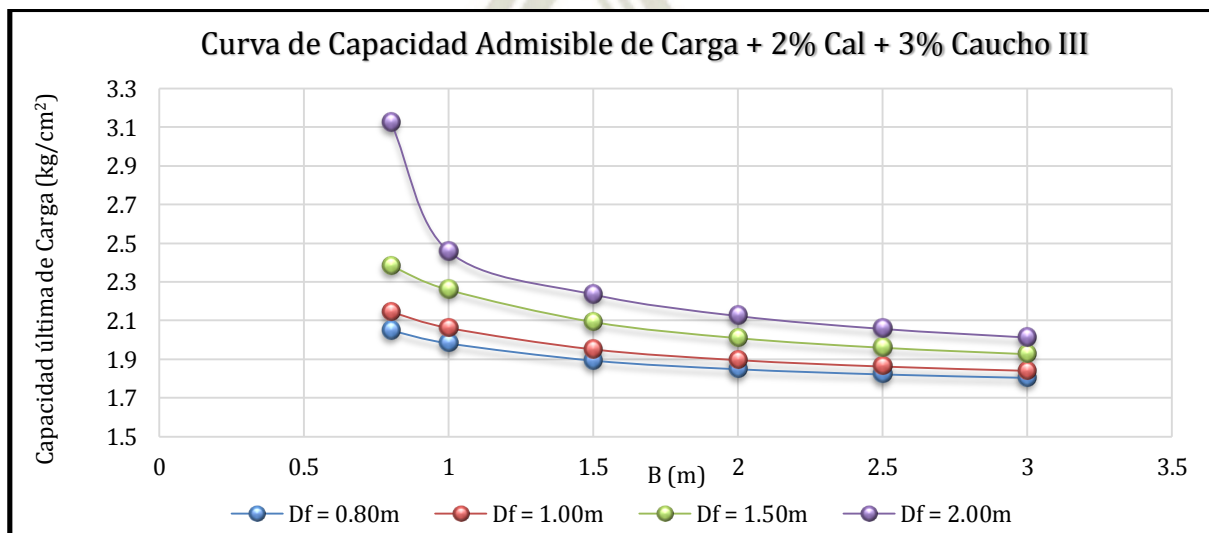
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	6.147	5.947	5.681	5.548	5.468	5.414
Df = 1.00 m	6.435	6.185	5.852	5.685	5.585	5.519
Df = 1.50 m	7.154	6.779	6.279	6.029	5.879	5.779
Df = 2.00 m	9.372	7.373	6.706	6.373	6.173	6.040



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 3%caucho (III)

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.049	1.982	1.893	1.849	1.822	1.804
Df = 1.00 m	2.144	2.061	1.950	1.895	1.861	1.839
Df = 1.50 m	2.384	2.259	2.092	2.009	1.959	1.926
Df = 2.00 m	3.123	2.457	2.235	2.124	2.057	2.013

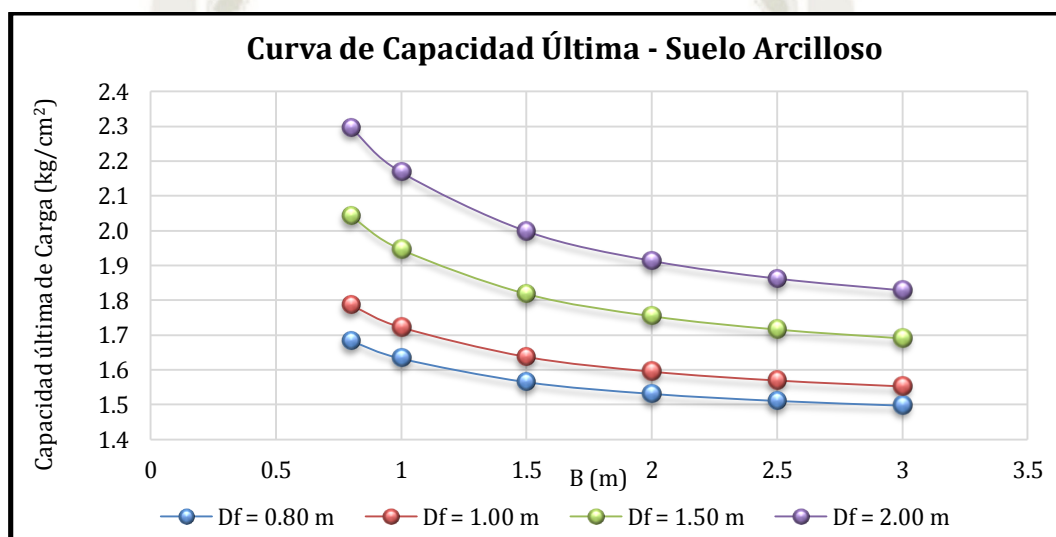


11 CAPACIDAD DE CARGA CON DENSIDAD MÁXIMA SECA

11.1 Capacidad de carga de suelo arcilloso inalterado

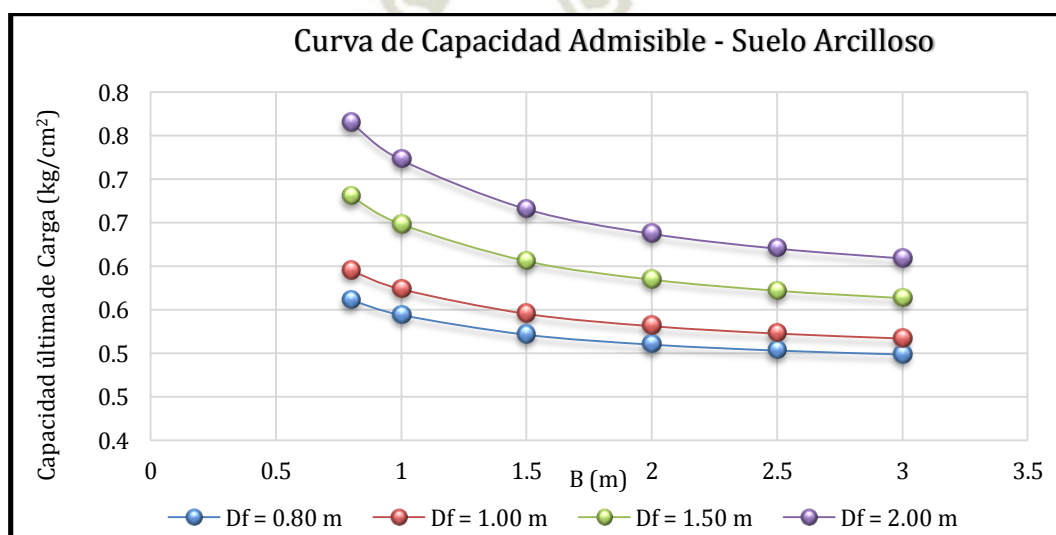
Capacidad Última de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.684	1.633	1.565	1.531	1.510	1.497
Df = 1.00 m	1.786	1.722	1.637	1.594	1.569	1.552
Df = 1.50 m	2.041	1.945	1.818	1.754	1.716	1.690
Df = 2.00 m	2.296	2.168	1.998	1.913	1.862	1.828



Capacidad Admisible de Carga (kg/cm^2), para diferentes valores de B (m) – Arcilla

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.561	0.544	0.521	0.510	0.503	0.499
Df = 1.00 m	0.595	0.574	0.546	0.531	0.523	0.517
Df = 1.50 m	0.680	0.648	0.606	0.584	0.572	0.563
Df = 2.00 m	0.765	0.723	0.666	0.638	0.621	0.609

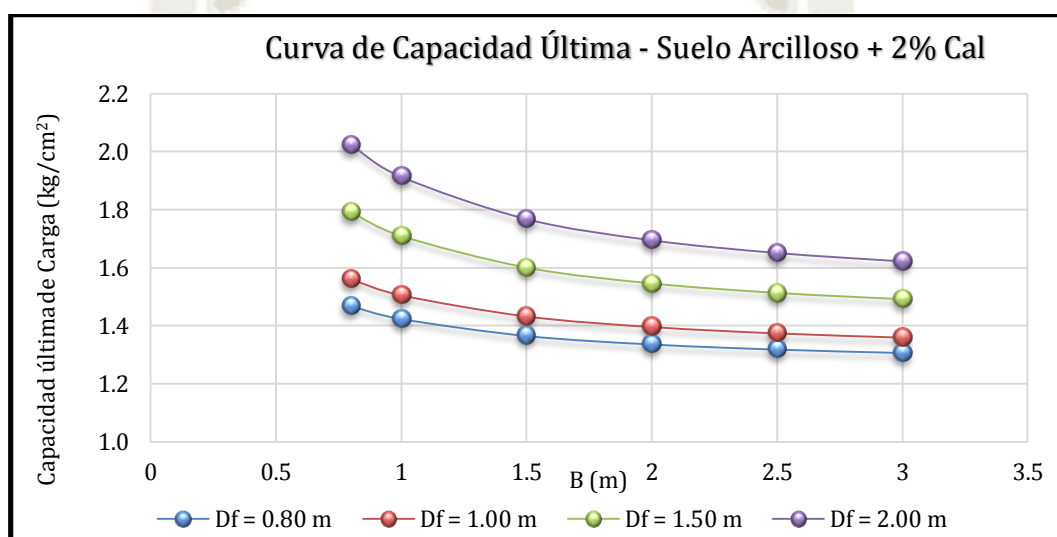


11.2 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal

11.2.1 Suelo arcilloso + 2%cal

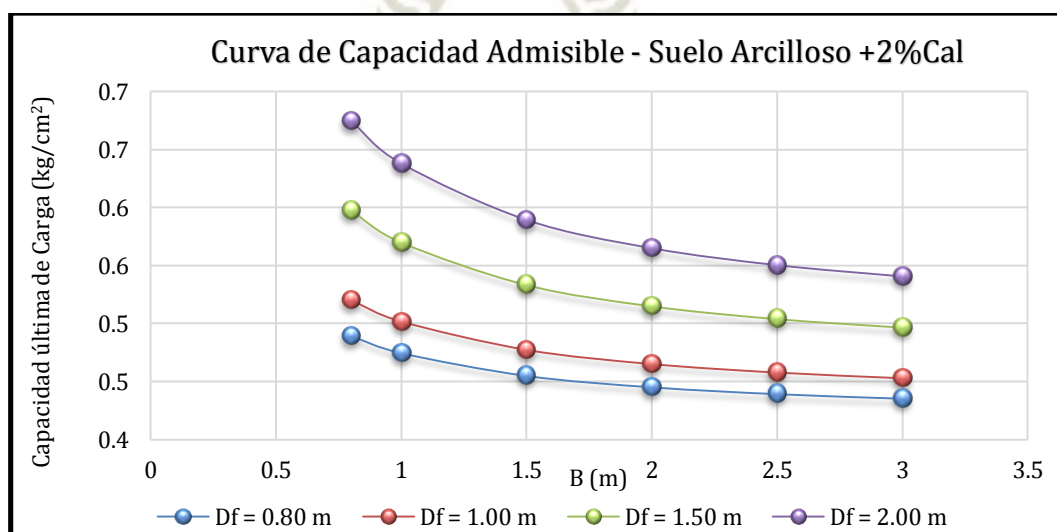
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.467	1.423	1.365	1.336	1.318	1.306
Df = 1.00 m	1.560	1.505	1.432	1.395	1.374	1.359
Df = 1.50 m	1.792	1.710	1.600	1.545	1.512	1.490
Df = 2.00 m	2.024	1.914	1.768	1.695	1.651	1.622



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal

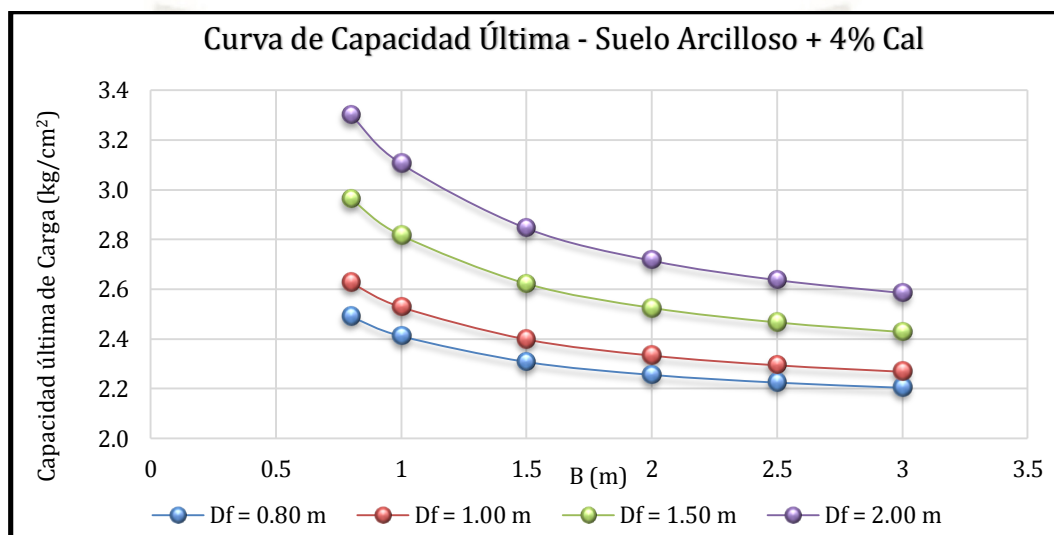
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.489	0.474	0.455	0.445	0.439	0.435
Df = 1.00 m	0.520	0.502	0.477	0.465	0.458	0.453
Df = 1.50 m	0.597	0.570	0.533	0.515	0.504	0.497
Df = 2.00 m	0.674	0.638	0.589	0.565	0.550	0.540



11.2.2 Suelo arcilloso + 4%cal

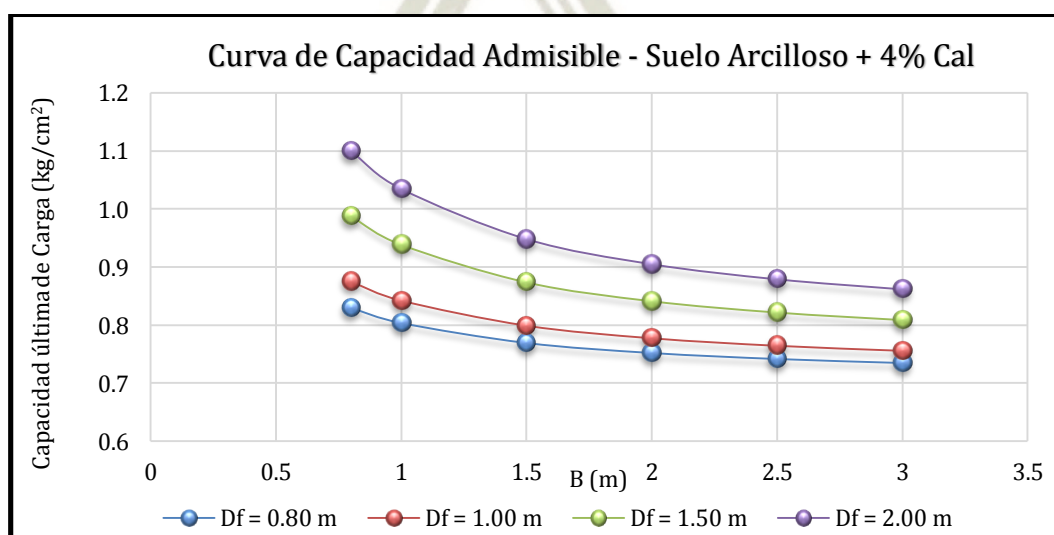
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.489	2.411	2.307	2.255	2.224	2.203
Df = 1.00 m	2.624	2.527	2.397	2.332	2.293	2.267
Df = 1.50 m	2.962	2.816	2.621	2.523	2.465	2.426
Df = 2.00 m	3.299	3.105	2.845	2.715	2.637	2.585



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal

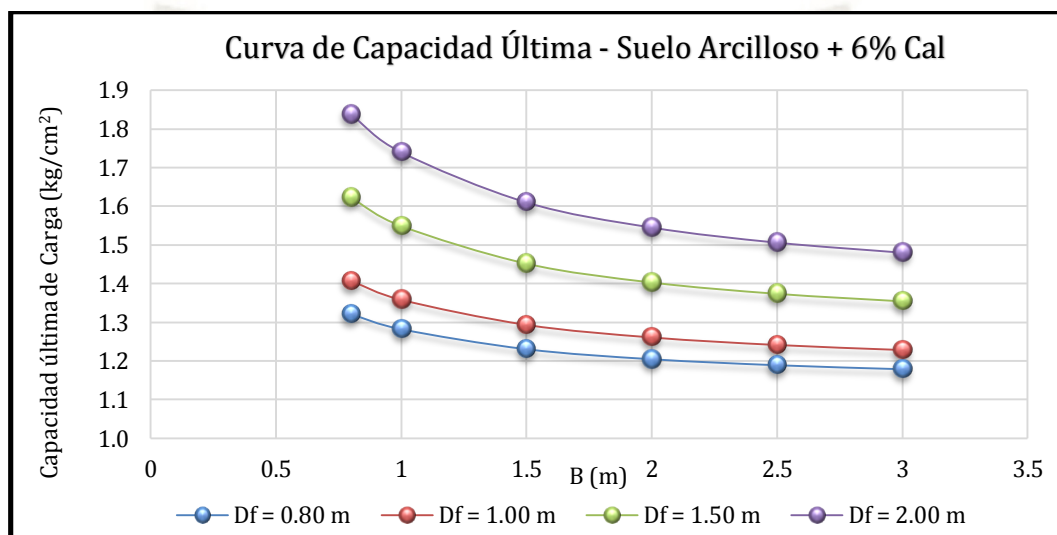
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.829	0.804	0.769	0.752	0.741	0.734
Df = 1.00 m	0.875	0.842	0.799	0.777	0.764	0.755
Df = 1.50 m	0.987	0.938	0.873	0.841	0.821	0.808
Df = 2.00 m	1.100	1.035	0.948	0.905	0.879	0.861



11.2.3 Suelo arcilloso + 6%cal

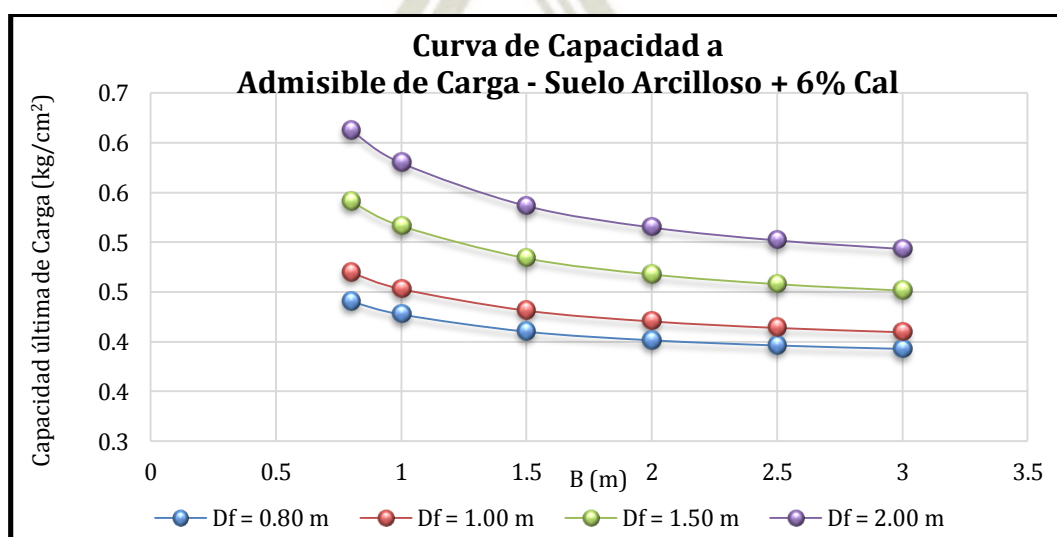
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.321	1.282	1.230	1.204	1.188	1.178
Df = 1.00 m	1.407	1.358	1.293	1.261	1.241	1.228
Df = 1.50 m	1.623	1.549	1.452	1.403	1.374	1.354
Df = 2.00 m	1.838	1.740	1.610	1.545	1.506	1.480



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal

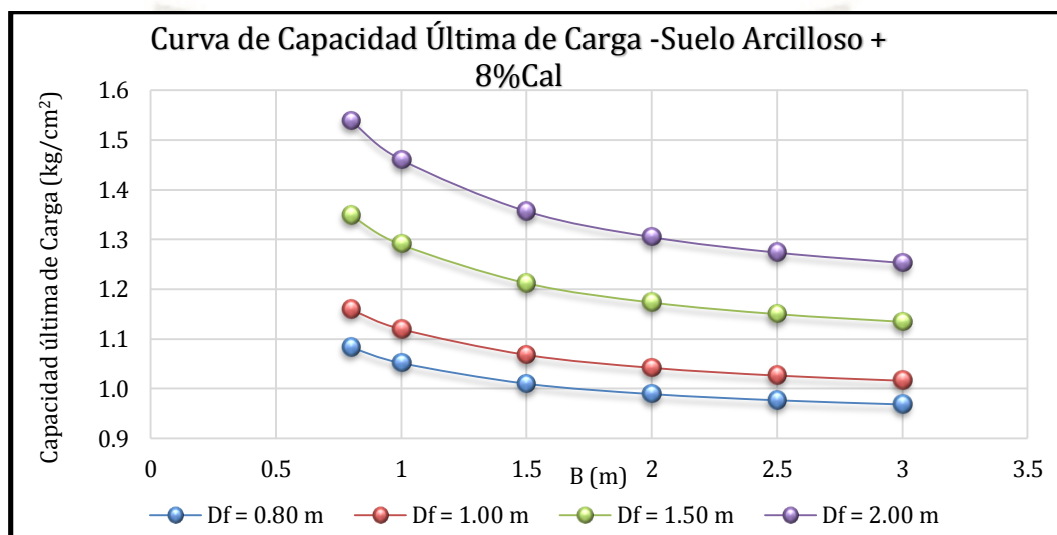
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.440	0.427	0.410	0.401	0.396	0.393
Df = 1.00 m	0.469	0.453	0.431	0.420	0.414	0.409
Df = 1.50 m	0.541	0.516	0.484	0.467	0.458	0.451
Df = 2.00 m	0.612	0.580	0.537	0.515	0.502	0.493



11.2.4 Suelo arcilloso + 8%cal

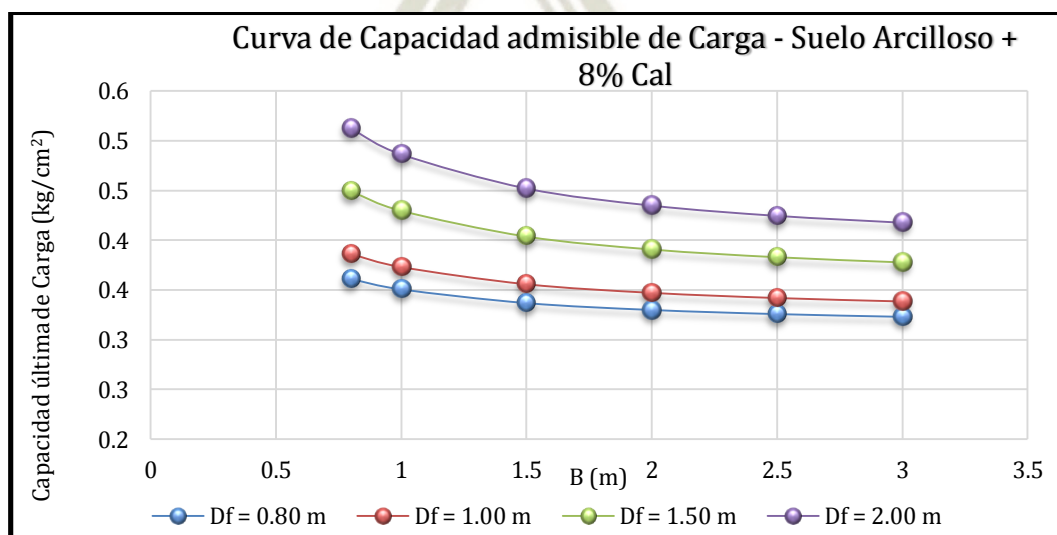
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.082	1.051	1.010	0.989	0.976	0.968
Df = 1.00 m	1.158	1.119	1.067	1.041	1.026	1.015
Df = 1.50 m	1.348	1.290	1.212	1.173	1.149	1.134
Df = 2.00 m	1.538	1.460	1.356	1.304	1.273	1.252



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal

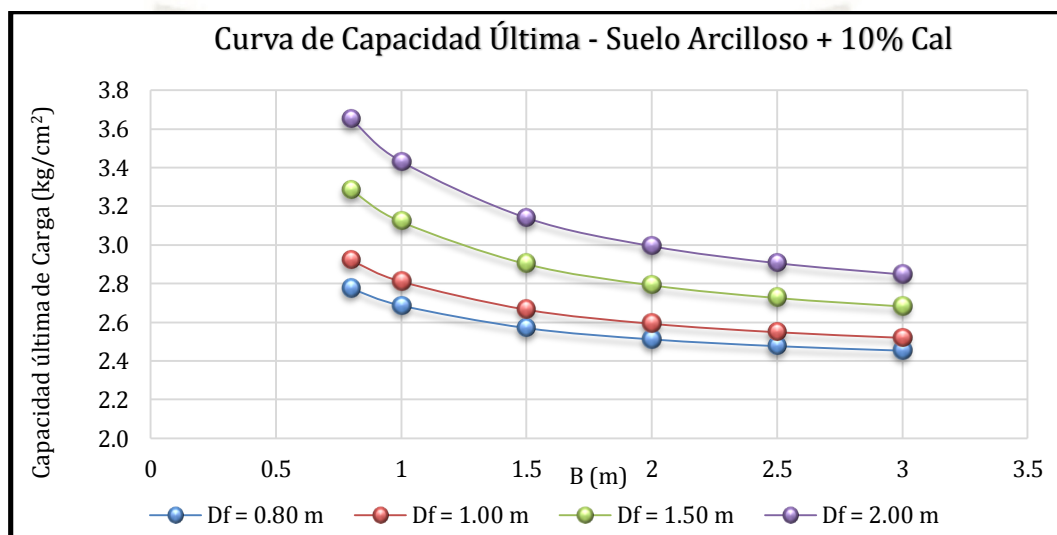
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.361	0.350	0.336	0.330	0.325	0.323
Df = 1.00 m	0.386	0.373	0.356	0.347	0.342	0.338
Df = 1.50 m	0.449	0.430	0.404	0.391	0.383	0.378
Df = 2.00 m	0.512	0.487	0.452	0.435	0.424	0.417



11.2.5 Suelo arcilloso + 10%cal

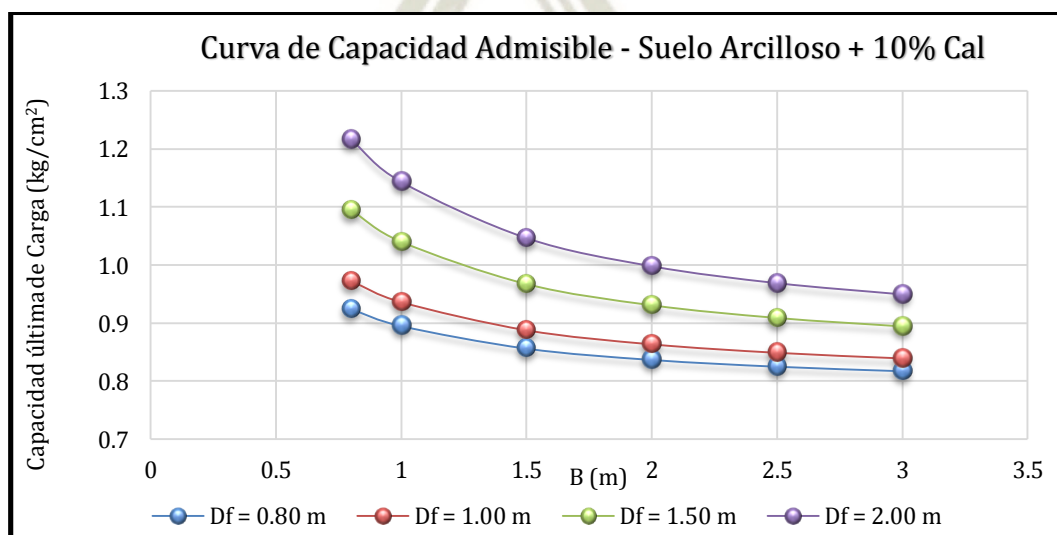
Capacidad Ultima de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.773	2.686	2.569	2.511	2.476	2.452
Df = 1.00 m	2.920	2.810	2.664	2.591	2.548	2.518
Df = 1.50 m	3.285	3.121	2.902	2.792	2.727	2.683
Df = 2.00 m	3.650	3.431	3.140	2.994	2.906	2.848



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10%cal

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.924	0.895	0.856	0.837	0.825	0.817
Df = 1.00 m	0.973	0.936	0.888	0.864	0.849	0.839
Df = 1.50 m	1.095	1.040	0.967	0.931	0.909	0.894
Df = 2.00 m	1.216	1.144	1.046	0.998	0.968	0.949

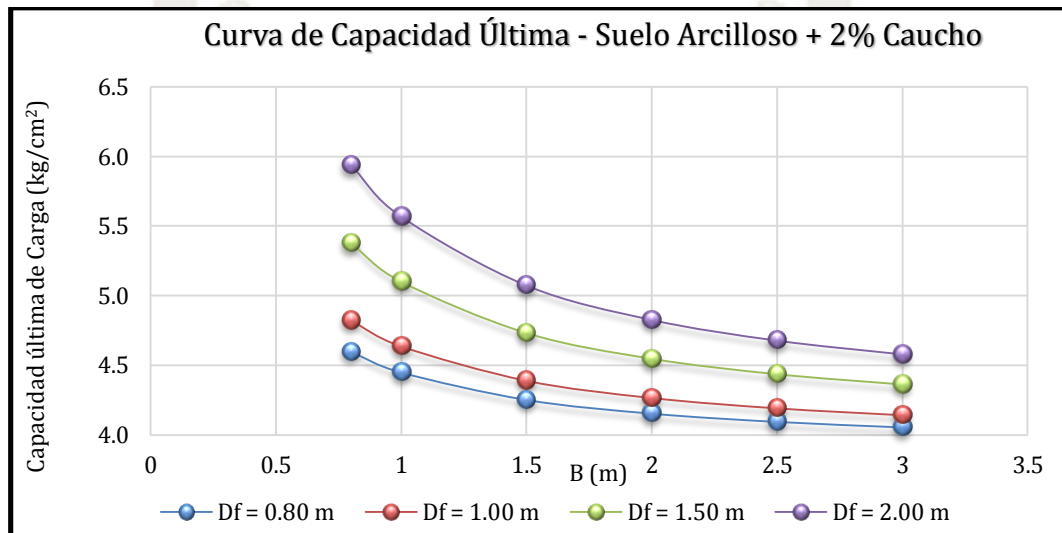


11.3 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %caucho

11.3.1 Suelo arcilloso + 2%caucho

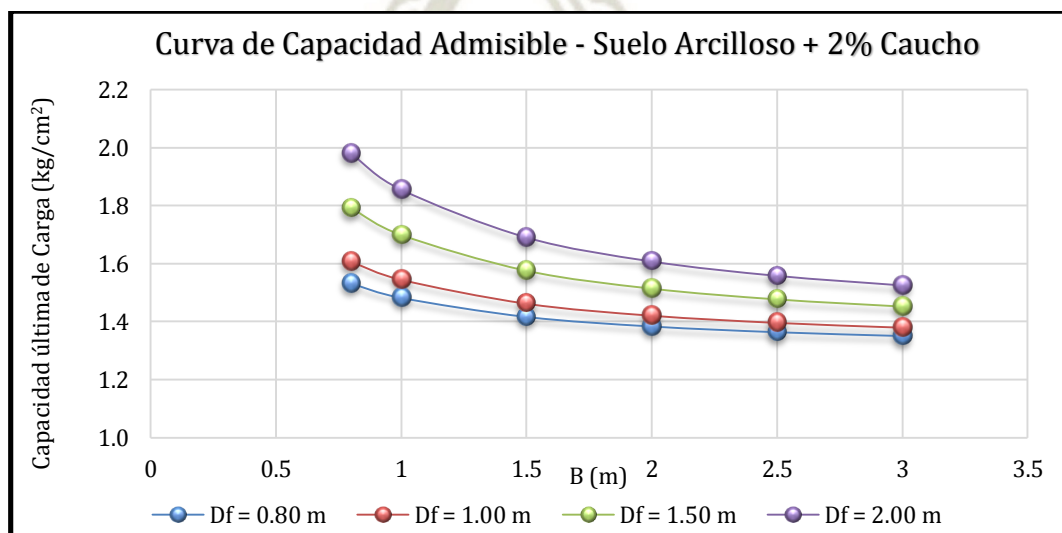
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m)- Suelo arcilloso + 2%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	4.597	4.449	4.251	4.153	4.093	4.054
Df = 1.00 m	4.820	4.635	4.388	4.265	4.191	4.141
Df = 1.50 m	5.378	5.101	4.730	4.545	4.434	4.360
Df = 2.00 m	5.937	5.566	5.072	4.825	4.677	4.578



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%caucho

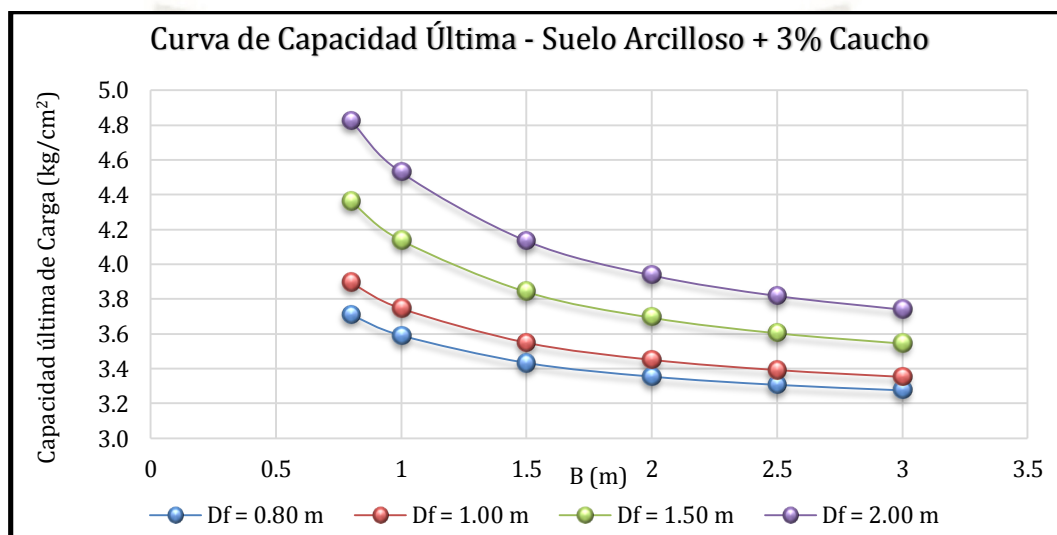
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.532	1.483	1.417	1.384	1.364	1.351
Df = 1.00 m	1.606	1.545	1.462	1.421	1.397	1.380
Df = 1.50 m	1.792	1.700	1.576	1.515	1.478	1.453
Df = 2.00 m	1.978	1.855	1.690	1.608	1.559	1.526



11.3.2 Suelo arcilloso + 3% Caucho

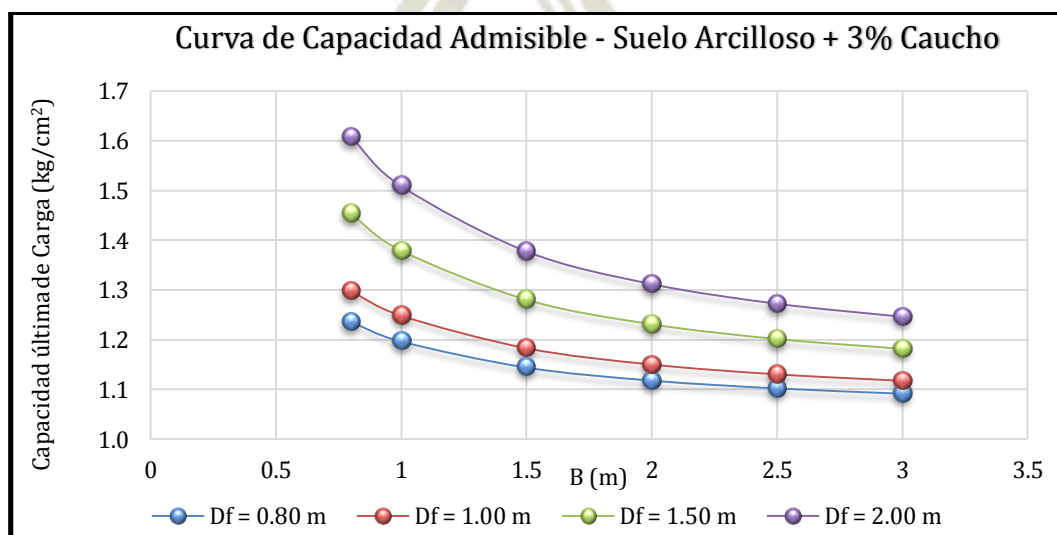
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3% Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.708	3.590	3.432	3.353	3.305	3.274
Df = 1.00 m	3.895	3.746	3.549	3.450	3.391	3.351
Df = 1.50 m	4.360	4.138	3.841	3.693	3.604	3.545
Df = 2.00 m	4.825	4.529	4.134	3.936	3.817	3.738



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 3% Caucho

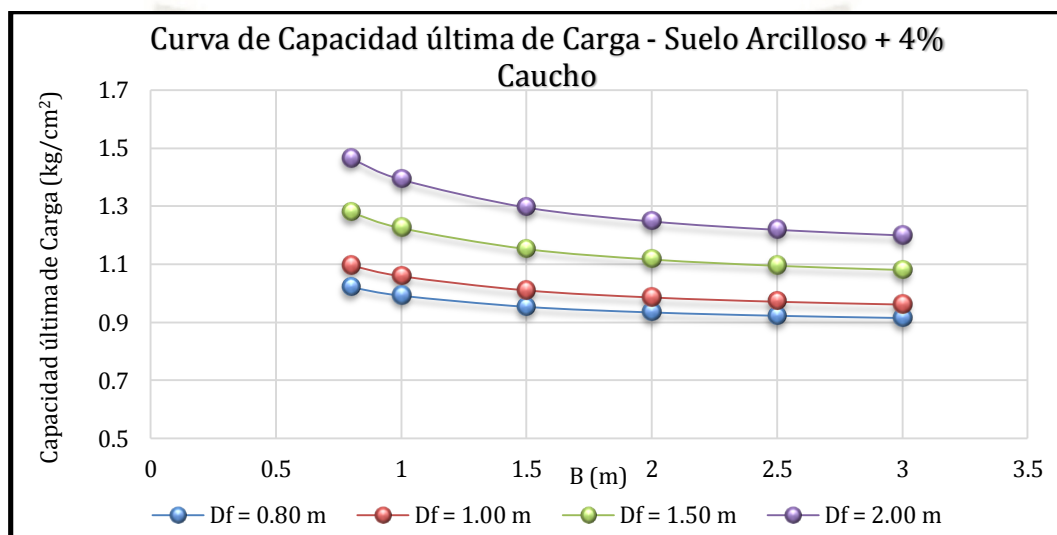
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.236	1.196	1.144	1.117	1.101	1.091
Df = 1.00 m	1.298	1.248	1.183	1.150	1.130	1.117
Df = 1.50 m	1.453	1.379	1.280	1.231	1.201	1.181
Df = 2.00 m	1.608	1.509	1.378	1.312	1.272	1.246



11.3.3 Suelo arcilloso + 4%caucho

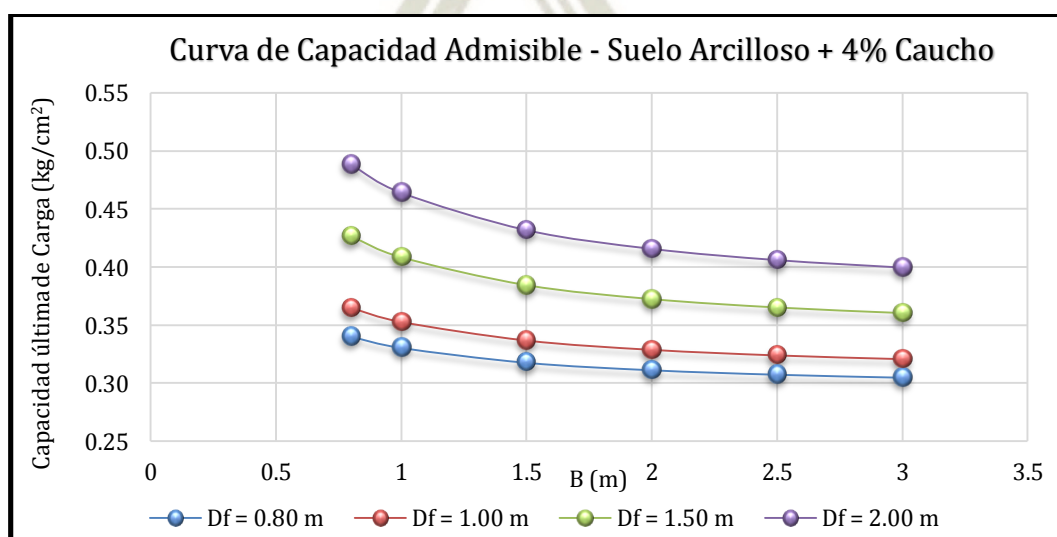
Capacidad Ultima de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.021	0.992	0.953	0.934	0.922	0.914
Df = 1.00 m	1.095	1.058	1.010	0.986	0.971	0.962
Df = 1.50 m	1.280	1.225	1.153	1.117	1.095	1.081
Df = 2.00 m	1.465	1.393	1.296	1.248	1.219	1.199



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) Suelo arcilloso + 4%caucho

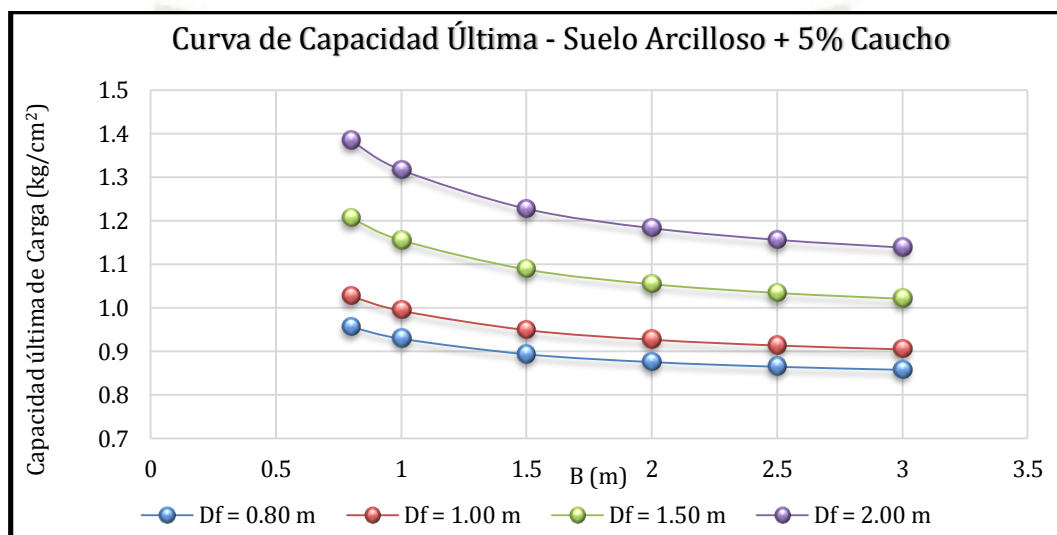
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.340	0.330	0.318	0.311	0.307	0.305
Df = 1.00 m	0.365	0.353	0.337	0.329	0.324	0.321
Df = 1.50 m	0.426	0.408	0.384	0.372	0.365	0.360
Df = 2.00 m	0.488	0.464	0.432	0.416	0.406	0.400



11.3.4 Suelo arcilloso + 5%caucho

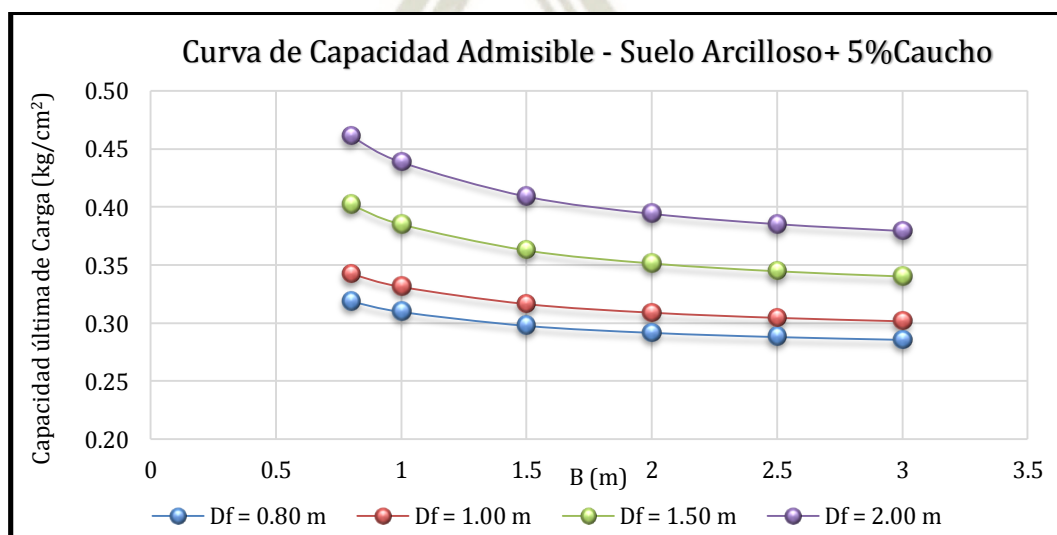
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.956	0.929	0.893	0.875	0.865	0.857
Df = 1.00 m	1.027	0.994	0.949	0.926	0.913	0.904
Df = 1.50 m	1.205	1.155	1.088	1.054	1.034	1.021
Df = 2.00 m	1.384	1.316	1.227	1.182	1.156	1.138



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 5%caucho

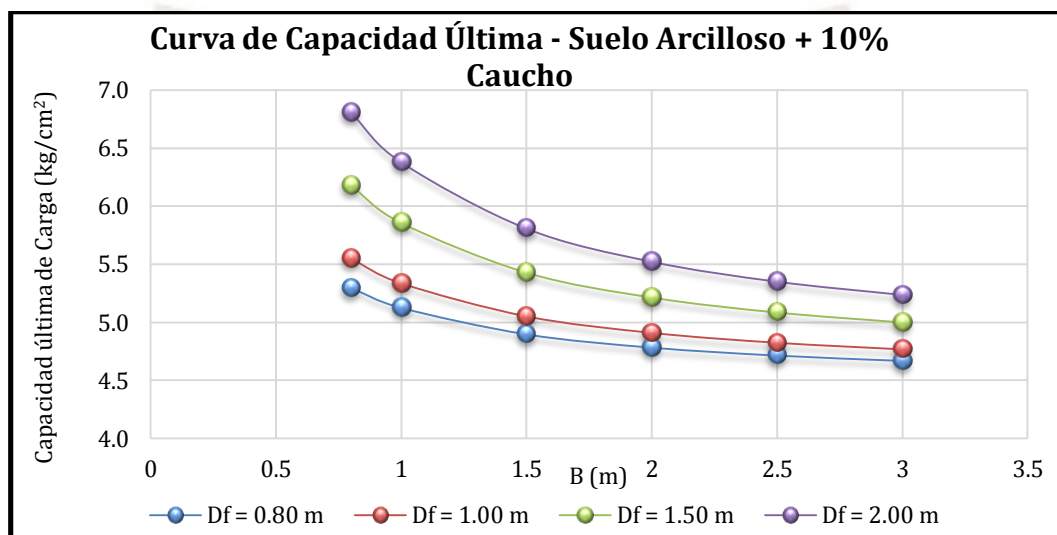
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.319	0.310	0.298	0.292	0.288	0.286
Df = 1.00 m	0.342	0.331	0.316	0.309	0.304	0.301
Df = 1.50 m	0.402	0.385	0.363	0.351	0.345	0.340
Df = 2.00 m	0.461	0.439	0.409	0.394	0.385	0.379



11.3.5 Suelo arcilloso + 10% Caucho

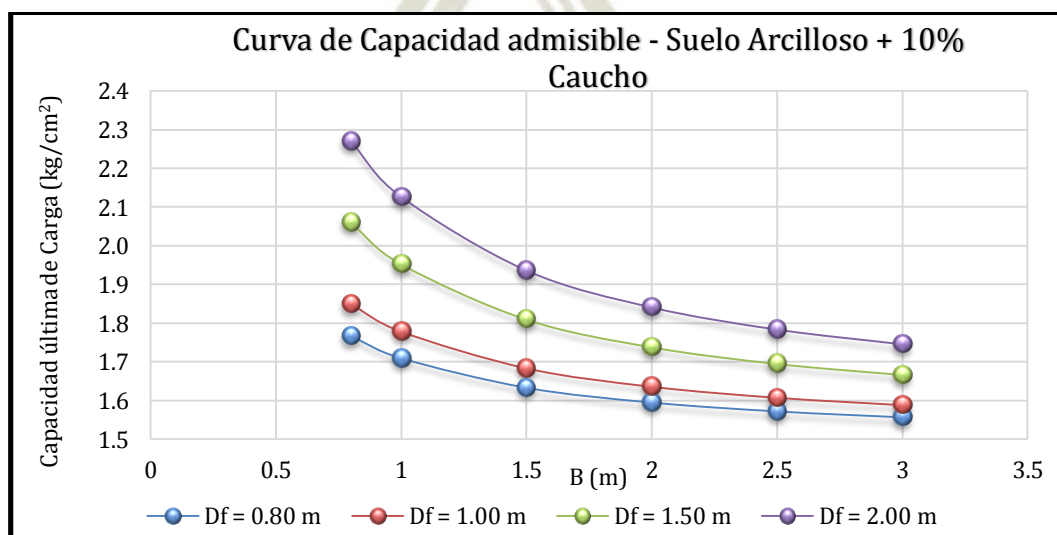
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10% Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	5.298	5.127	4.898	4.783	4.715	4.669
Df = 1.00 m	5.550	5.336	5.050	4.907	4.821	4.764
Df = 1.50 m	6.180	5.858	5.429	5.214	5.086	5.000
Df = 2.00 m	6.809	6.380	5.808	5.522	5.351	5.236



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 10% Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.766	1.708	1.632	1.594	1.571	1.556
Df = 1.00 m	1.850	1.778	1.683	1.635	1.606	1.587
Df = 1.50 m	2.059	1.952	1.809	1.738	1.695	1.666
Df = 2.00 m	2.269	2.126	1.936	1.840	1.783	1.745

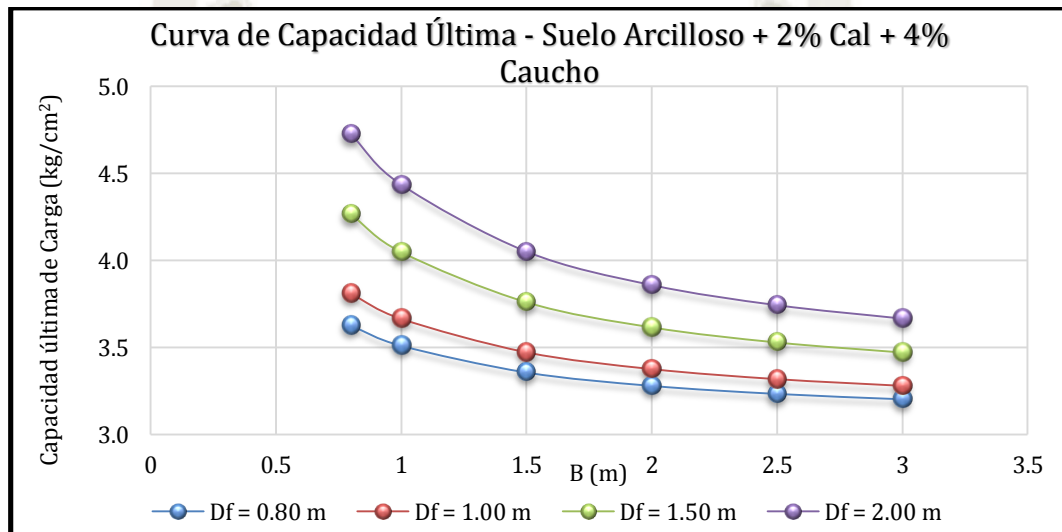


11.4 Capacidad de carga de suelo arcilloso + %cal + %caucho

11.4.1 Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho

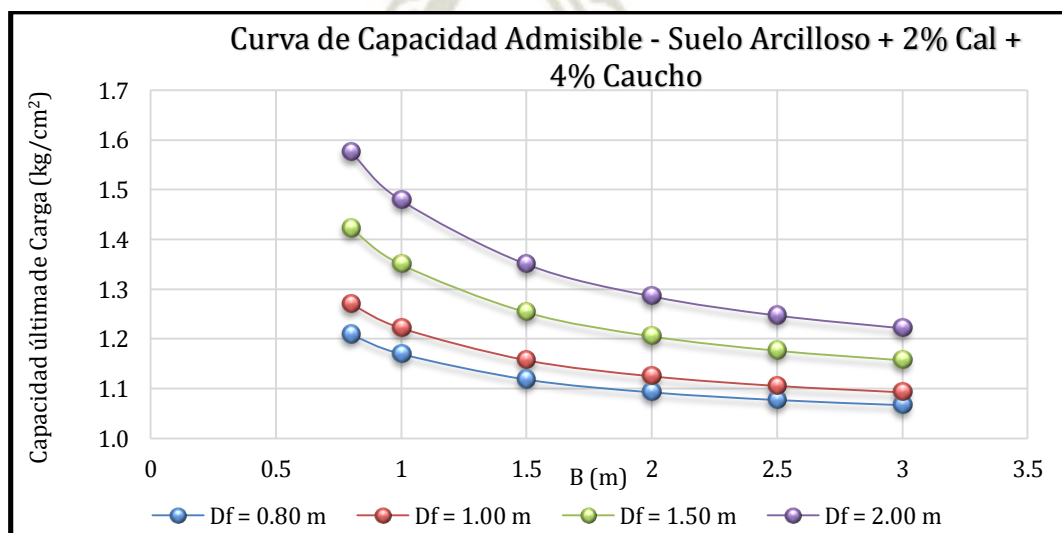
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	3.626	3.510	3.356	3.279	3.233	3.202
Df = 1.00 m	3.809	3.665	3.472	3.375	3.318	3.279
Df = 1.50 m	4.268	4.051	3.761	3.617	3.530	3.472
Df = 2.00 m	4.726	4.436	4.051	3.858	3.742	3.665



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 4%caucho

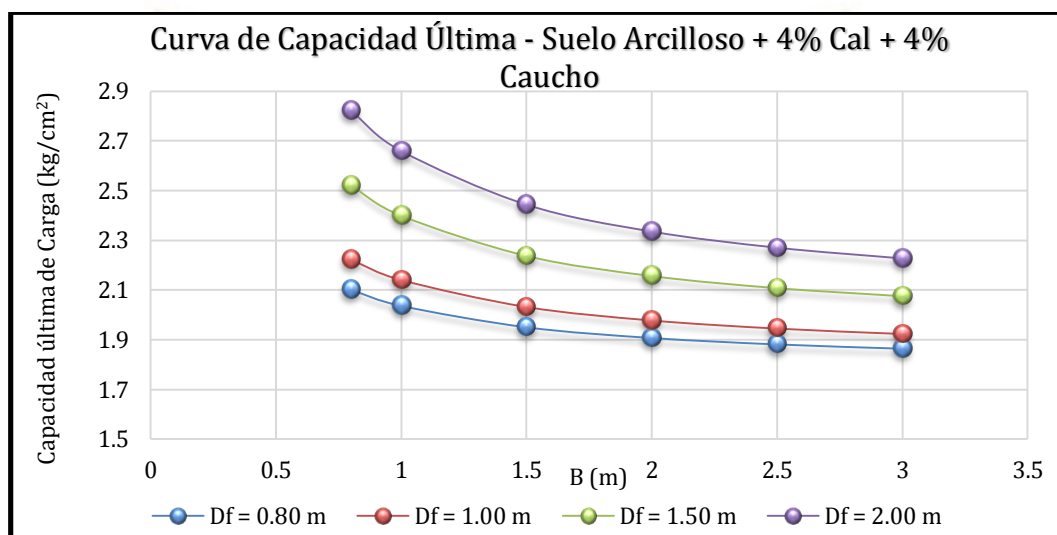
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.208	1.170	1.118	1.093	1.077	1.067
Df = 1.00 m	1.269	1.221	1.157	1.125	1.106	1.093
Df = 1.50 m	1.422	1.350	1.253	1.205	1.176	1.157
Df = 2.00 m	1.575	1.478	1.350	1.286	1.247	1.221



11.4.2 Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho

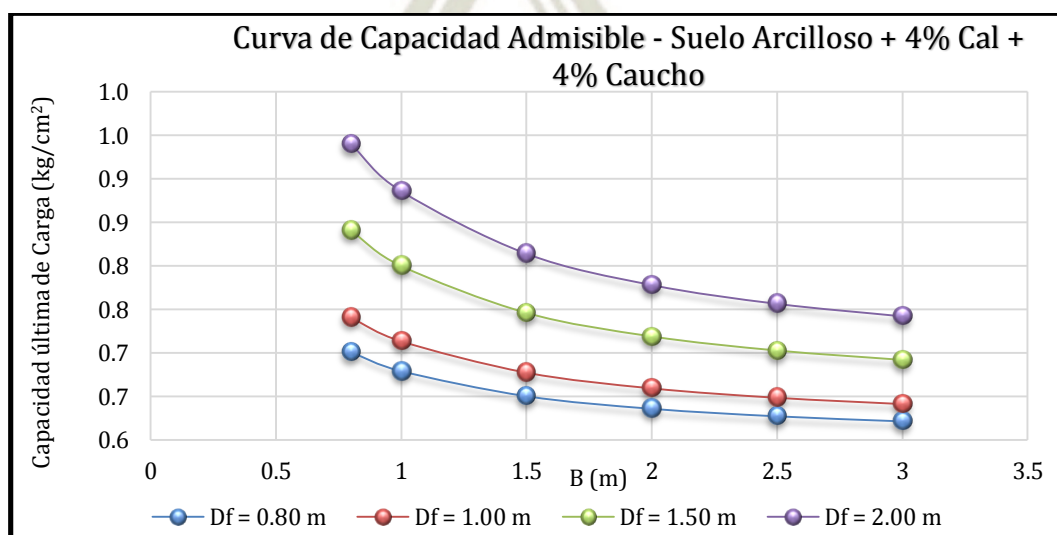
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.102	2.037	1.950	1.907	1.881	1.864
Df = 1.00 m	2.222	2.141	2.032	1.978	1.946	1.924
Df = 1.50 m	2.521	2.400	2.237	2.156	2.108	2.075
Df = 2.00 m	2.821	2.659	2.442	2.334	2.269	2.226



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 4%caucho

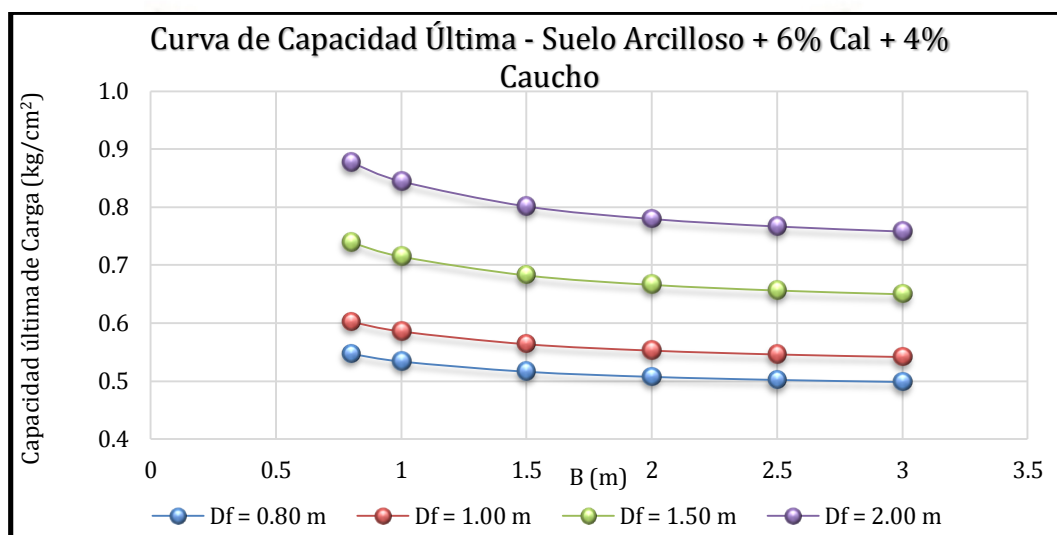
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.700	0.679	0.650	0.636	0.627	0.621
Df = 1.00 m	0.740	0.713	0.677	0.659	0.648	0.641
Df = 1.50 m	0.840	0.800	0.746	0.719	0.702	0.692
Df = 2.00 m	0.940	0.886	0.814	0.778	0.756	0.742



11.4.3 Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho

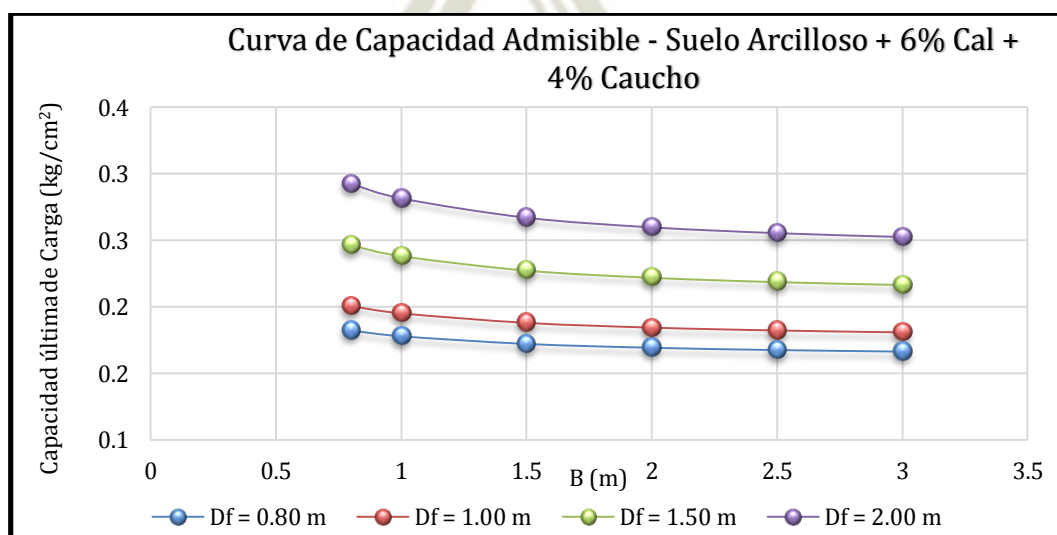
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.547	0.534	0.516	0.508	0.502	0.499
Df = 1.00 m	0.602	0.585	0.564	0.553	0.546	0.542
Df = 1.50 m	0.739	0.715	0.682	0.666	0.656	0.650
Df = 2.00 m	0.877	0.844	0.801	0.779	0.766	0.757



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 6%cal + 4%caucho

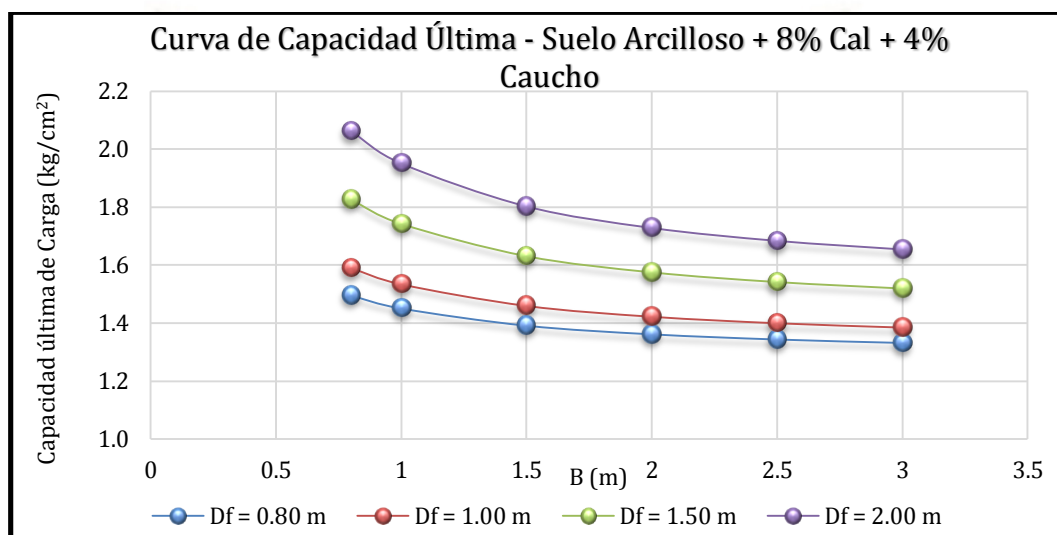
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.182	0.178	0.172	0.169	0.167	0.166
Df = 1.00 m	0.201	0.195	0.188	0.184	0.182	0.181
Df = 1.50 m	0.246	0.238	0.227	0.222	0.219	0.217
Df = 2.00 m	0.292	0.281	0.267	0.260	0.255	0.252



11.4.4 Suelo arcilloso + 8%cal + 4%caucho

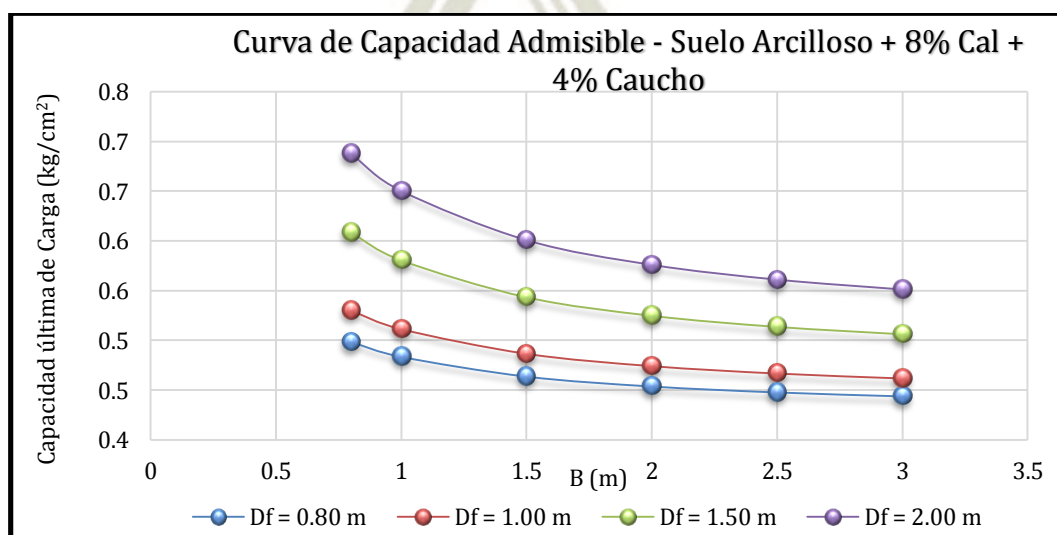
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal + 4%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.495	1.451	1.391	1.361	1.343	1.332
Df = 1.00 m	1.590	1.534	1.460	1.422	1.400	1.385
Df = 1.50 m	1.827	1.743	1.631	1.575	1.542	1.519
Df = 2.00 m	2.063	1.952	1.803	1.728	1.684	1.654



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 8%cal + 4%Caucho

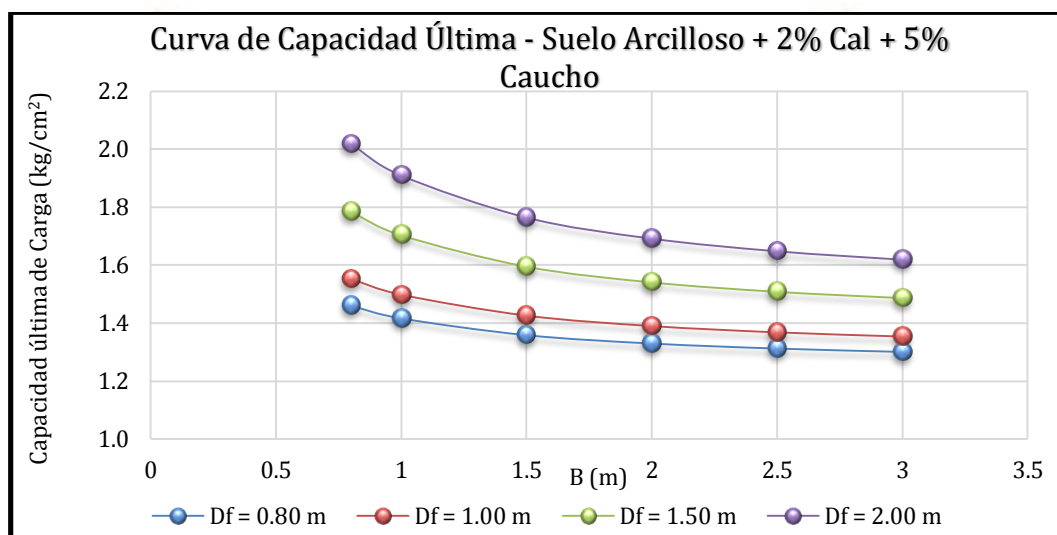
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.498	0.483	0.464	0.454	0.448	0.444
Df = 1.00 m	0.530	0.511	0.486	0.474	0.467	0.462
Df = 1.50 m	0.609	0.581	0.544	0.525	0.514	0.506
Df = 2.00 m	0.688	0.650	0.601	0.576	0.561	0.551



11.4.5 suelo arcilloso + 2%cal + 5%caucho

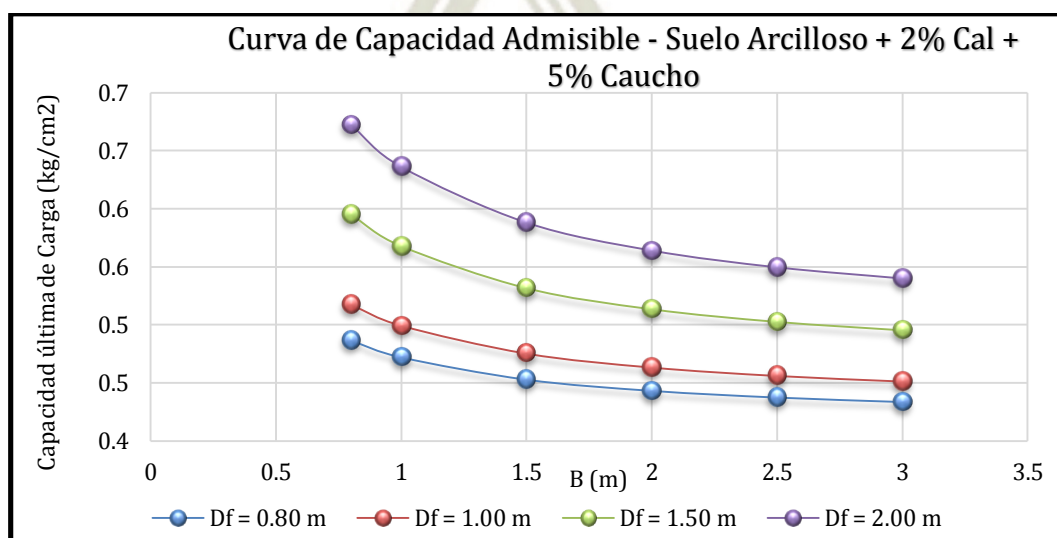
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.459	1.416	1.358	1.329	1.312	1.300
Df = 1.00 m	1.552	1.498	1.426	1.389	1.368	1.353
Df = 1.50 m	1.785	1.704	1.595	1.541	1.508	1.486
Df = 2.00 m	2.018	1.909	1.764	1.692	1.648	1.619



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 2%cal + 5%Caucho

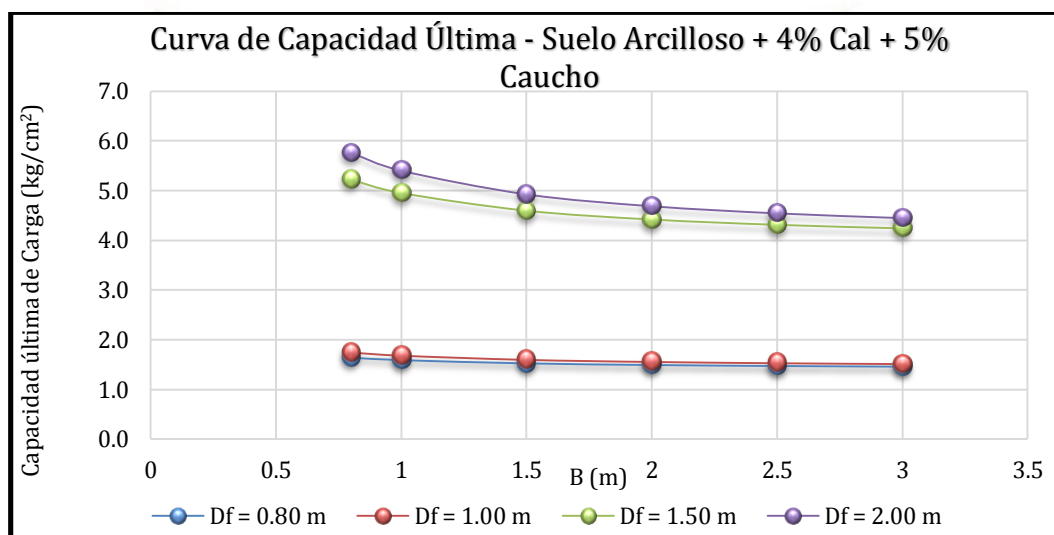
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.486	0.472	0.453	0.443	0.437	0.433
Df = 1.00 m	0.517	0.499	0.475	0.463	0.456	0.451
Df = 1.50 m	0.595	0.568	0.532	0.513	0.503	0.495
Df = 2.00 m	0.672	0.636	0.588	0.564	0.549	0.540



11.4.6 Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho

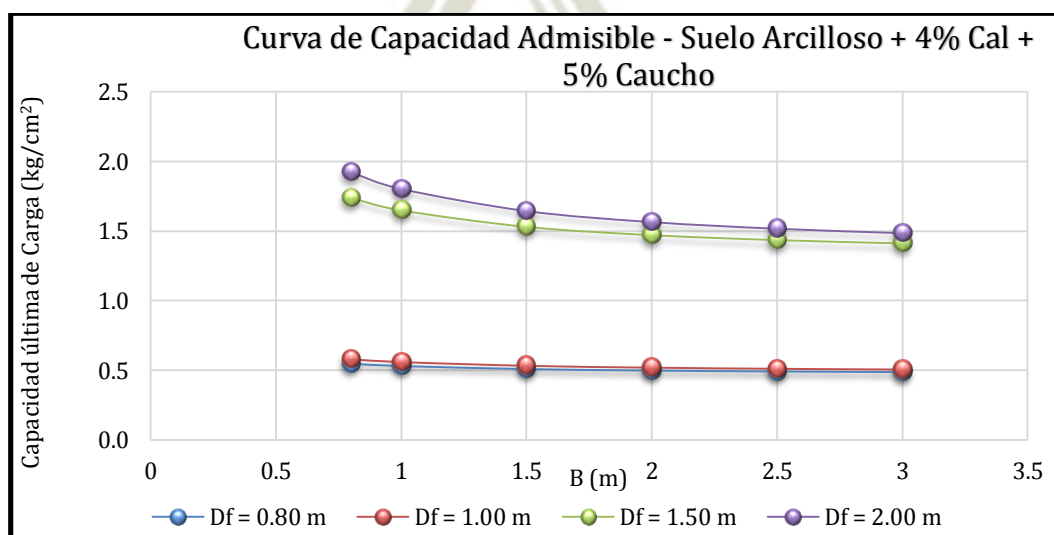
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	1.641	1.592	1.525	1.492	1.473	1.459
Df = 1.00 m	1.742	1.680	1.597	1.556	1.531	1.515
Df = 1.50 m	5.220	4.951	4.592	4.413	4.306	4.234
Df = 2.00 m	5.765	5.406	4.928	4.689	4.546	4.450



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo arcilloso + 4%cal + 5%caucho

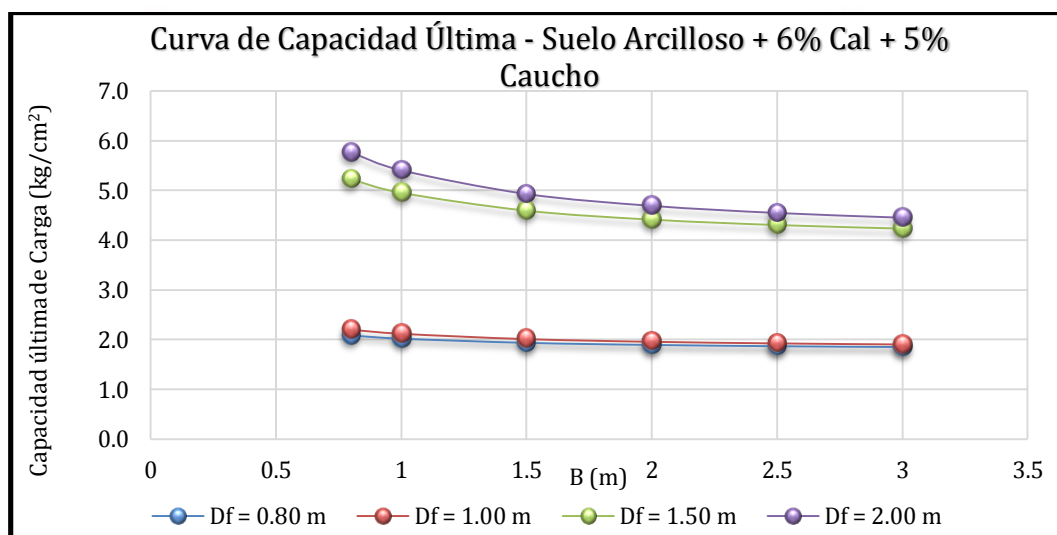
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.547	0.530	0.508	0.497	0.491	0.486
Df = 1.00 m	0.580	0.560	0.532	0.519	0.510	0.505
Df = 1.50 m	1.739	1.650	1.530	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.642	1.563	1.515	1.483



11.4.7 Suelo Arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho

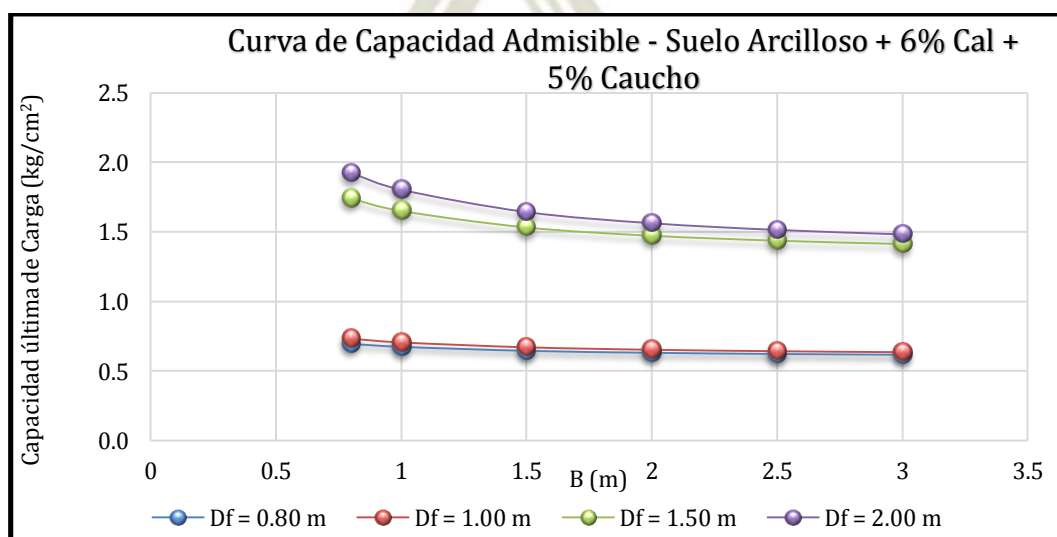
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.082	2.018	1.932	1.889	1.863	1.846
Df = 1.00 m	2.201	2.121	2.014	1.960	1.928	1.907
Df = 1.50 m	5.220	4.951	4.593	4.414	4.306	4.234
Df = 2.00 m	5.765	5.407	4.929	4.690	4.547	4.451



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 6%Cal + 5%Caucho

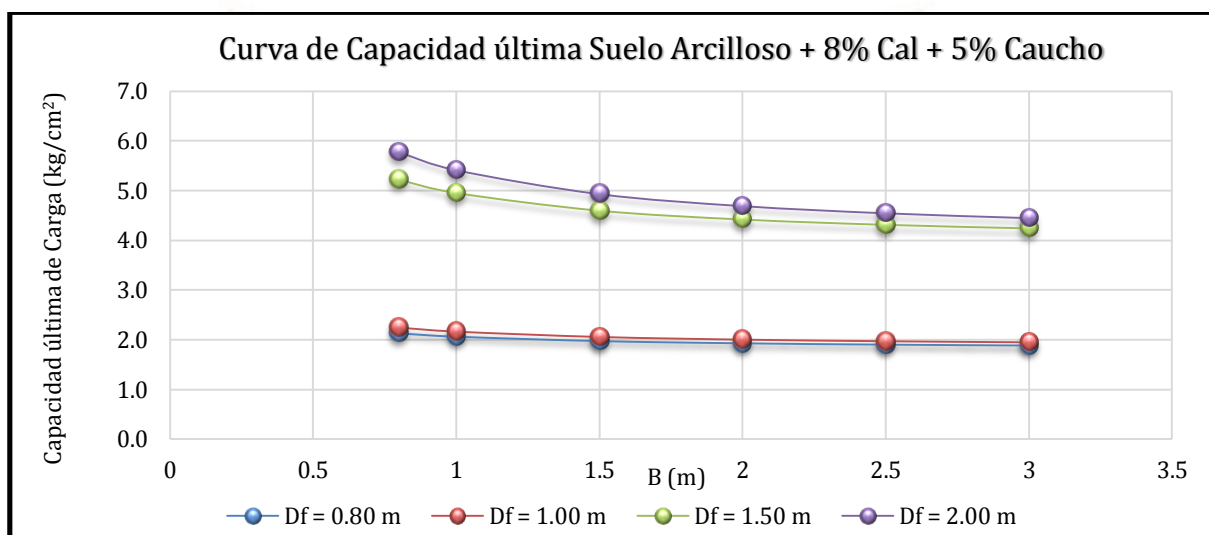
	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.694	0.672	0.644	0.630	0.621	0.615
Df = 1.00 m	0.733	0.707	0.671	0.653	0.642	0.635
Df = 1.50 m	1.740	1.650	1.531	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.643	1.563	1.515	1.483



11.4.8 suelo arcilloso + 8%cal + 5%caucho

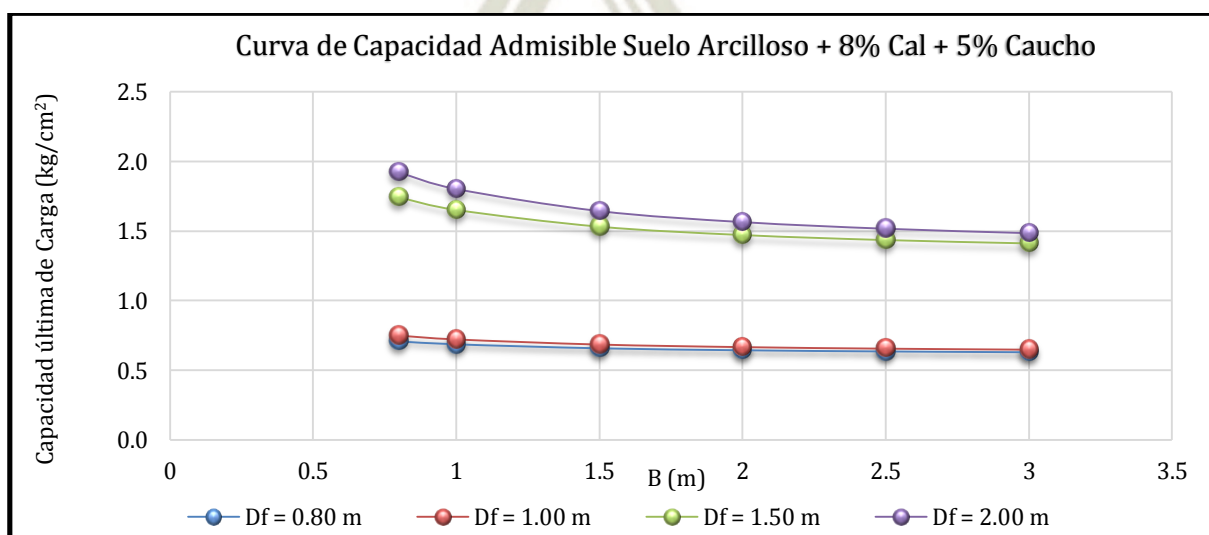
Capacidad Última de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 8%Cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	2.124	2.059	1.971	1.927	1.901	1.884
Df = 1.00 m	2.245	2.163	2.054	1.999	1.966	1.944
Df = 1.50 m	5.221	4.952	4.593	4.414	4.306	4.235
Df = 2.00 m	5.766	5.407	4.929	4.691	4.547	4.452



Capacidad Admisible de Carga, para diferentes valores de B (m) - Suelo Arcilloso + 8%Cal + 5%Caucho

	B = 0.8 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m	B = 2.0 m	B = 2.5 m	B = 3.0 m
Df = 0.80 m	0.708	0.686	0.657	0.642	0.634	0.628
Df = 1.00 m	0.748	0.721	0.684	0.666	0.655	0.648
Df = 1.50 m	1.740	1.650	1.531	1.471	1.435	1.411
Df = 2.00 m	1.921	1.802	1.643	1.563	1.515	1.483





METRADOS

12 METRADO DE CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO

01 OBRAS DE TRABAJOS PRELIMINARES

01.01 TRABAJOS PRELIMINARES

01.01.01 Trazo y Replanteo preliminar

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR								
Área de Edificación	m²	1.00	10.00	16.00		160.00	160.00	160.00
							SUMA(m²)	160.00

01.01.02 Trazo y Replanteo durante la ejecución de obra

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
REPLANTEO DURANTE EL PROCESO								
Área de Edificación	m²	1.00	10.00	16.00		160.00	160.00	160.00
							SUMA(m²)	160.00

02 ESTRUCTURAS

02.01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

02.01.01 Excavación de Platea de Cimentación

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
EXCAVACIÓN DE PLATEA DE CIMENTACIÓN								
Excavación de la Platea de cimentación	m³	1.00	16.00	10.00	1.50		240.00	240.00
							SUMA(m³)	240.00

02.01.02 Relleno compactado con material propio

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO								
Volumen de excavación	m³	1.00					240.00	240.00
Volumen de solado	m³	1.00					8.00	8.00
Volumen platea de cimentación	m³	1.00					64.00	64.00
Volumen de sobrecimientos	m³	1.00					11.77	11.24
Volumen de columnas en platea de cimentación	m³	1.00					2.35	2.25
							SUMA(m³)	185.42

02.01.03 Eliminación material excedente proveniente de excavaciones de la cimentación

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIÓN DE LA CIMENTACIÓN								
Volumen total de eliminación	m³	1.00					65.50	65.50
							SUMA(m³)	65.50

02.02 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

02.02.01 Concreto solado e=2" f'c=80kg/cm²

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO SOLADO e=2" f'c=80 kg/cm²						
Solado	m³	1.00	16.00	10.00	0.05	8.00
SUMA(m³)						8.00

02.03 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

02.03.01 SOBRECIMIENTO REFORZADO

02.03.01.01 Concreto sobrecimiento f'c=175kg/cm²+25%p.m

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO SOBRECIMIENTOS f'c=175 kg/cm² +25%P.M						
EJE 1	m³	1.00	3.05	0.25	1.05	0.80
	m³	1.00	4.75	0.25	1.05	1.25
	m³	1.00	3.50	0.25	1.05	0.92
	m³	1.00	2.85	0.25	1.05	0.75
EJE 5	m³	1.00	3.05	0.25	1.05	0.80
	m³	1.00	4.75	0.25	1.05	1.25
	m³	1.00	3.50	0.25	1.05	0.92
	m³	1.00	3.00	0.25	1.05	0.79
EJE A	m³	2.00	2.55	0.25	1.05	1.34
EJE E	m³	2.00	4.63	0.25	1.05	2.43
SUMA(m³)						11.24

02.03.01.02 Encofrado y desencofrado de sobrecimiento

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SOBRECIMIENTO						
EJE 1	m ²	1.00	6.10		1.05	6.41
	m ²	1.00	9.50		1.05	9.98
	m ²	1.00	7.00		1.05	7.35
	m ²	1.00	5.70		1.05	5.99
EJE 5	m ²	1.00	6.10		1.05	6.41
	m ²	1.00	9.50		1.05	9.98
	m ²	1.00	7.00		1.05	7.35
	m ²	1.00	6.00		1.05	6.30
EJE A	m ²	2.00	5.10		1.05	10.71
EJE E	m ²	2.00	9.26		1.05	19.45
SUMA(m ²)						89.90

02.03.01.03 Acero corrugado fy=4200kg/cm² grado 60 de sobrecimiento

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Ø"	LARGO	LONGITUD	TOTAL
ACERO CORRUGADO fy=4200 Kg/cm² GRADO 60 de sobrecimiento						
EJE 1	kg	25.00	3/8"		1.26	63.00
	kg	34.00	3/8"		1.26	85.68
	kg	27.00	3/8"		1.26	68.04
	kg	4.00	3/8"		3.25	26.00
EJE 5	kg	25.00	3/8"		1.26	63.00
	kg	34.00	3/8"		1.26	85.68
	kg	27.00	3/8"		1.26	68.04
	kg	4.00	3/8"		3.40	27.20
EJE A	kg	46.00	3/8"		1.26	115.92
EJE E	kg	66.00	3/8"		1.26	166.32
SUMA(kg)						768.88
SUMA(kg 3/8")						430.57

02.03.02 PLATEA DE CIMENTACIÓN

02.03.02.01 Concreto platea de cimentación f'c=210 kg/cm²

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACIÓN f'c=210 kg/cm2						
Platea de cimentación	m³	1.00	16.00	10.00	0.40	64.00
SUMA(m³)						64.00

02.03.02.02 Encofrado y desencofrado de platea de cimentación

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLATEA DE CIMENTACIÓN						
Platea de cimentación	m²	1.00	52.00		0.40	20.80
SUMA(m²)						20.80

02.03.02.03 Acero corrugado fy=4200kg/cm² grado 60 de platea de cimentación

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Ø"	LARGO	LONGITUD	TOTAL
ACERO CORRUGADO Fy=4200 Kg/cm² GRADO 60 de platea de cimentación						
Acero Superior	kg	54.00	1/2"		10.16	548.64
	kg	34.00	1/2"		16.16	549.44
Acero Inferior	kg	54.00	1/2"		10.16	548.64
	kg	34.00	1/2"		16.16	549.44
Acero de refuerzo Superior	kg	34.00	1/2"		5.86	199.24
Acero de refuerzo Inferior	kg	18.00	1/2"		2.46	44.28
	kg	34.00	1/2"		2.41	81.94
	kg	42.00	1/2"		2.16	90.72
	kg	42.00	1/2"		2.16	90.72
SUMA(kg)						2,703.06
SUMA(kg ½")						2,676.03



13 METRADO DE CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO

01 OBRAS DE TRABAJOS PRELIMINARES

01.01 TRABAJOS PRELIMINARES

01.01.01 Trazo y Replanteo preliminar

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR								
Área de Edificación	m²	1.00	10.00	16.00		160.00	160.00	160.00
							SUMA(m²)	160.00

01.01.02 Trazo y Replanteo durante la ejecución de obra

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
REPLANTEO DURANTE EL PROCESO								
Área de Edificación	m²	1.00	10.00	16.00		160.00	160.00	160.00
							SUMA(m²)	160.00

02 ESTRUCTURAS

02.01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

02.01.01 EXCAVACIÓN EN RELLENO NATURAL

02.01.01.01 Excavación zanjas y zapatas

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
EXCAVACIÓN ZANJAS Y ZAPATAS						
EJE 1	m³	5.00	1.30	1.30	1.50	12.68
	m³	1.00	1.55	0.50	1.50	1.16
	m³	1.00	3.85	0.50	1.50	2.89
	m³	1.00	2.60	0.50	1.50	1.95
	m³	1.00	1.50	0.50	1.50	1.13
EJE 2	m³	3.00	1.30	1.30	1.50	7.61
	m³	1.00	1.55	0.50	1.50	1.16
	m³	1.00	0.88	0.50	1.50	0.66
	m³	1.00	3.72	0.50	1.50	2.79
	m³	1.00	2.30	0.50	1.50	1.73
EJE3 / EJE3´	m³	2.00	1.30	1.30	1.50	5.07
	m³	1.00	2.98	0.50	1.50	2.23
	m³	1.00	2.65	0.50	1.50	1.00
	m³	1.00	1.80	0.50	1.50	1.35
EJE4 / EJE4´	m³	3.00	1.30	1.30	1.50	7.61
	m³	1.00	0.88	0.50	1.50	0.66
	m³	1.00	3.72	0.50	1.50	2.79
	m³	1.00	2.30	0.45	1.50	1.55
EJE 5	m³	5.00	1.30	1.30	1.50	12.68

	m ³	1.00	1.55	0.50	1.50	1.16
	m ³	1.00	3.85	0.50	1.50	2.89
	m ³	1.00	2.60	0.50	1.50	1.95
	m ³	1.00	1.50	0.50	1.50	1.13
EJE A	m ³	1.00	1.65	0.50	1.50	1.24
	m ³	1.00	1.48	0.50	1.50	1.11
	m ³	1.00	1.67	0.50	1.50	1.25
EJE B	m ³	1.00	2.20	0.50	1.50	1.65
EJE D / EJE D'	m ³	2.00	0.84	0.40	1.50	1.01
	m ³	2.00	0.83	0.45	1.50	1.12
EJE E / EJE E'	m ³	1.00	1.78	0.50	1.50	1.34
	m ³	1.00	0.82	0.50	1.50	0.62
	m ³	1.00	0.83	0.50	1.50	0.62
	m ³	1.00	1.78	0.50	1.50	1.33
SUMA(m ³)						88.06

02.01.01.02 Relleno compactado con material propio

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	LARGO	DIMENSIÓN		ÁREA	PARCIAL	TOTAL
				ANCHO	ALTO			
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO								
Volumen de excavación	m ³	1.00					88.06	88.06
Volumen de falso cimientado (solado)	m ³	1.00					2.94	2.94
Volumen zapatas	m ³	1.00					15.21	15.21
Volumen de cimientos	m ³	1.00					41.19	41.19
Volumen de sobrecimientos	m ³	1.00					2.58	2.58
Volumen de columnas	m ³	1.00					2.11	2.02
SUMA(m ³)							28.96	

02.01.01.03 Eliminación material excedente proveniente de excavaciones de la cimentación (DM= 5km)

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	LARGO	DIMENSIÓN		ÁREA	PARCIAL	TOTAL
				ANCHO	ALTO			
ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIÓN DE LA CIMENTACIÓN								
volumen total de eliminación	m ³	1.00					70.93	70.93
SUMA(m ³)							70.93	

02.01.02 EXCAVACIÓN EN RELLENO ESTRUCTURAL

02.01.02.01 Excavación para relleno estructural

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
EXCAVACIÓN PARA RELLENO ESTRUCTURAL								
Excavación de zapatas	m³	18.00	1.70	1.70	0.80		41.62	41.62
							SUMA(m³)	41.62

02.01.02.02 Relleno compactado con suelo mejorado

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
RELLENO COMPACTADO CON SUELO MEJORADO								
Excavación de zapatas	m³	18.00	1.70	1.70	0.80		49.94	49.94
							SUMA(m³)	49.94

02.01.02.02.01 Preparación de muestra

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
RELLENO COMPACTADO CON SUELO MEJORADO								
Excavación de zapatas	m³	18.00	1.70	1.70	0.80		49.94	49.94
							SUMA(m³)	49.94

02.01.02.03 Transporte de caucho a obra (DM= 5km)

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			ÁREA	PARCIAL	TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO			
ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIÓN DE LA CIMENTACIÓN								
volumen total de transporte	m³	1.00					49.94	49.94
							SUMA(m³)	49.94

02.02 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

02.02.01 Concreto solado e=2" f'c=80kg/cm²

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO SOLADO e=2" f'c=80 kg/cm2						
EJE 1	m³	5.00	1.30	1.30	0.05	0.42
	m³	1.00	1.55	0.50	0.05	0.04
	m³	1.00	3.85	0.50	0.05	0.10
	m³	1.00	2.60	0.50	0.05	0.07
	m³	1.00	1.50	0.50	0.05	0.04
EJE 2	m³	3.00	1.30	1.30	0.05	0.25
	m³	1.00	1.55	0.50	0.05	0.04
	m³	1.00	0.88	0.50	0.05	0.02

	m ³	1.00	3.72	0.50	0.05	0.09
	m ³	1.00	2.30	0.50	0.05	0.06
EJE3 / EJE3'	m ³	2.00	1.30	1.30	0.05	0.17
	m ³	1.00	2.98	0.50	0.05	0.07
	m ³	1.00	2.65	0.50	0.05	0.07
	m ³	1.00	1.80	0.50	0.05	0.05
EJE4 / EJE4'	m ³	3.00	1.30	1.30	0.05	0.25
	m ³	1.00	0.88	0.50	0.05	0.02
	m ³	1.00	3.72	0.50	0.05	0.09
	m ³	1.00	2.30	0.45	0.05	0.06
EJE 5	m ³	5.00	1.30	1.30	0.05	0.42
	m ³	1.00	1.55	0.50	0.05	0.04
	m ³	1.00	3.85	0.50	0.05	0.10
	m ³	1.00	2.60	0.50	0.05	0.07
	m ³	1.00	1.50	0.50	0.05	0.04
EJE A	m ³	1.00	1.65	0.50	0.05	0.04
	m ³	1.00	1.48	0.50	0.05	0.04
	m ³	1.00	1.67	0.50	0.05	0.04
EJE B	m ³	1.00	2.20	0.50	0.05	0.06
EJE D / EJE D'	m ³	2.00	0.84	0.40	0.05	0.03
	m ³	2.00	0.83	0.45	0.05	0.04
EJE E / EJE E'	m ³	1.00	1.78	0.50	0.05	0.04
	m ³	1.00	0.82	0.50	0.05	0.02
	m ³	1.00	0.83	0.50	0.05	0.02
	m ³	1.00	1.78	0.50	0.05	0.04
SUMA(m ³)						2.94

02.02.02 Concreto cimienta corrido $f'c=100\text{kg/cm}^2$

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO CIMIENTO CORRIDO f'c=100 kg/cm2						
EJE 1	m³	1.00	1.55	0.50	1.45	1.12
	m³	1.00	3.85	0.50	1.45	2.79
	m³	1.00	2.60	0.50	1.45	1.89
	m³	1.00	1.50	0.50	1.45	1.09
EJE 2	m³	1.00	1.55	0.50	1.45	1.12
	m³	1.00	0.88	0.50	1.45	0.63
	m³	1.00	3.72	0.50	1.45	2.70
	m³	1.00	2.30	0.50	1.45	1.67
EJE3 / EJE3'	m³	1.00	2.98	0.50	1.45	2.16
	m³	1.00	2.65	0.50	1.45	1.92
	m³	1.00	1.80	0.50	1.45	1.31
EJE4 / EJE4'	m³	1.00	0.88	0.50	1.45	0.63
	m³	1.00	3.72	0.50	1.45	2.70
	m³	1.00	2.30	0.45	1.45	1.67
EJE 5	m³	1.00	1.55	0.50	1.45	1.12

	m ³	1.00	3.85	0.50	1.45	2.79
	m ³	1.00	2.60	0.50	1.45	1.89
	m ³	1.00	1.50	0.50	1.45	1.09
EJE A	m ³	1.00	1.65	0.50	1.45	1.20
	m ³	1.00	1.48	0.50	1.45	1.07
	m ³	1.00	1.67	0.50	1.45	1.21
EJE B	m ³	1.00	2.20	0.50	1.45	1.60
EJE D / EJE D'	m ³	2.00	0.84	0.40	1.45	0.97
	m ³	2.00	0.83	0.45	1.45	1.08
EJE E / EJE E'	m ³	1.00	1.78	0.50	1.45	1.29
	m ³	1.00	0.82	0.50	1.45	0.59
	m ³	1.00	0.83	0.50	1.45	0.60
	m ³	1.00	1.78	0.50	1.45	1.29
SUMA(m ³)						41.19

02.02.03 Encofrado y desencofrado de cimiento corrido

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CIMIENTO CORRIDO						
EJE 1	m²	1.00	3.10		1.45	4.50
	m²	1.00	7.70		1.45	11.17
	m²	1.00	5.20		1.45	7.54
	m²	1.00	3.00		1.45	4.35
EJE 2	m²	1.00	3.10		1.45	4.50
	m²	1.00	1.75		1.45	2.54
	m²	1.00	7.44		1.45	10.79
	m²	1.00	4.60		1.45	6.67
EJE3 / EJE3´	m²	1.00	5.95		1.45	8.63
	m²	1.00	5.30		1.45	7.69
	m²	1.00	3.60		1.45	5.22
EJE4 / EJE4´	m²	1.00	1.75		1.45	2.54
	m²	1.00	7.44		1.45	10.79
	m²	1.00	4.60		1.45	6.67
EJE 5	m²	1.00	3.10		1.45	4.50
	m²	1.00	7.70		1.45	11.17
	m²	1.00	5.20		1.45	7.54
	m²	1.00	3.00		1.45	4.35
EJE A	m²	1.00	3.30		1.45	4.79
	m²	1.00	2.96		1.45	4.29
	m²	1.00	3.34		1.45	4.84
EJE B	m²	1.00	4.40		1.45	6.38
EJE D / EJE D´	m²	2.00	1.68		1.45	4.87
	m²	2.00	1.66		1.45	4.81
EJE E / EJE E´	m²	1.00	3.56		1.45	5.16
	m²	1.00	1.64		1.45	2.38

SUMA(m²) **166.20**

02.02.04 Concreto sobrecimiento $f'c=175\text{kg/cm}^2+25\%p.m$

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO SOBRECIMIENTO f'c=175kg/cm2+25%p.m						
EJE 1	m³	1.00	1.55	0.15	0.30	0.07
	m³	1.00	3.85	0.15	0.30	0.17
	m³	1.00	2.60	0.15	0.30	0.12
	m³	1.00	1.50	0.15	0.30	0.07
EJE 2	m³	1.00	1.55	0.15	0.30	0.07
	m³	1.00	0.88	0.15	0.30	0.04
	m³	1.00	3.72	0.15	0.30	0.17
	m³	1.00	2.30	0.15	0.30	0.10
EJE3 / EJE3´	m³	1.00	2.98	0.15	0.30	0.13
	m³	1.00	2.65	0.15	0.30	0.12
	m³	1.00	1.80	0.15	0.30	0.08
EJE4 / EJE4´	m³	1.00	0.88	0.15	0.30	0.04
	m³	1.00	3.72	0.15	0.30	0.17
	m³	1.00	2.30	0.15	0.30	0.10
EJE 5	m³	1.00	1.55	0.15	0.30	0.07
	m³	1.00	3.85	0.15	0.30	0.17
	m³	1.00	2.60	0.15	0.30	0.12
	m³	1.00	1.50	0.15	0.30	0.07
EJE A	m³	1.00	1.65	0.15	0.30	0.07
	m³	1.00	1.48	0.15	0.30	0.07
	m³	1.00	1.67	0.15	0.30	0.08
EJE B	m³	1.00	2.20	0.15	0.30	0.10
EJE D / EJE D´	m³	2.00	0.84	0.15	0.30	0.08
	m³	2.00	0.83	0.15	0.30	0.07
EJE E / EJE E´	m³	1.00	1.78	0.15	0.30	0.08
	m³	1.00	0.82	0.15	0.30	0.04
	m³	1.00	0.83	0.15	0.30	0.04
	m³	1.00	1.78	0.15	0.30	0.08
SUMA(m³)						2.58

02.02.05 Encofrado y desencofrado de sobrecimiento

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO						
EJE 1	m²	1.00	3.10		0.30	0.93
	m²	1.00	7.70		0.30	2.31

	m ²	1.00	5.20	0.30	1.56
	m ²	1.00	3.00	0.30	0.90
EJE 2	m ²	1.00	3.10	0.30	0.93
	m ²	1.00	1.75	0.30	0.53
	m ²	1.00	7.44	0.30	2.23
	m ²	1.00	4.60	0.30	1.38
EJE3 / EJE3'	m ²	1.00	5.95	0.30	1.79
	m ²	1.00	5.30	0.30	1.59
	m ²	1.00	3.60	0.30	1.08
EJE4 / EJE4'	m ²	1.00	1.75	0.30	0.53
	m ²	1.00	7.44	0.30	2.23
	m ²	1.00	4.60	0.30	1.38
EJE 5	m ²	1.00	3.10	0.30	0.93
	m ²	1.00	7.70	0.30	2.31
	m ²	1.00	5.20	0.30	1.56
	m ²	1.00	3.00	0.30	0.90
EJE A	m ²	1.00	3.30	0.30	0.99
	m ²	1.00	2.96	0.30	0.89
	m ²	1.00	3.34	0.30	1.00
EJE B	m ²	1.00	4.40	0.30	1.32
EJE D / EJE D'	m ²	2.00	1.68	0.30	1.01
	m ²	2.00	1.66	0.30	1.00
EJE E / EJE E'	m ²	1.00	3.56	0.30	1.07
	m ²	1.00	1.64	0.30	0.49
	m ²	1.00	1.66	0.30	0.50
	m ²	1.00	3.55	0.30	1.07
SUMA(m ²)					34.39

02.03 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

02.03.01 ZAPATAS

02.03.01.01 Concreto zapatas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	LARGO	ANCHO	ALTO	TOTAL
CONCRETO ZAPATAS $f'c=210\text{kg/cm}^2$						
EJE 1	m ³	5.00	1.30	1.30	0.50	4.23
EJE 2	m ³	3.00	1.30	1.30	0.50	2.54
EJE3 / EJE3'	m ³	2.00	1.30	1.30	0.50	1.69
EJE4 / EJE4'	m ³	3.00	1.30	1.30	0.50	2.54
EJE 5	m ³	5.00	1.30	1.30	0.50	4.23
SUMA(m ³)						15.21

02.03.01.02 Encofrado y desencofrado zapatas

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	DIMENSIÓN			TOTAL
			LARGO	ANCHO	ALTO	
CONCRETO ZAPATAS f'c=210kg/cm²						
EJE 1	m²	5.00	5.20		0.50	13.00
EJE 2	m²	3.00	5.20		0.50	7.80
EJE3 / EJE3'	m²	2.00	5.20		0.50	5.20
EJE4 / EJE4'	m²	3.00	5.20		0.50	7.80
EJE 5	m²	5.00	5.20		0.50	13.00
					SUMA(m²)	46.80

02.03.01.03 Acero corrugado $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 de zapatas

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Ø"	LARGO	LONGITUD	TOTAL
ACERO CORRUGADO $f_y=4200\text{ Kg/cm}^2$ GRADO 60 DE ZAPATAS						
EJE 1						
Acero longitudinal	kg	5.00	1/2"		1.46	65.70
Acero transversal	kg	5.00	1/2"		1.46	65.70
EJE 2						
Acero longitudinal	kg	3.00	1/2"		1.46	39.42
Acero transversal	kg	3.00	1/2"		1.46	39.42
EJE3 / EJE3'						
Acero longitudinal	kg	2.00	1/2"		1.46	26.28
Acero transversal	kg	2.00	1/2"		1.46	26.28
EJE4 / EJE4'						
Acero longitudinal	kg	3.00	1/2"		1.46	39.42
Acero transversal	kg	3.00	1/2"		1.46	39.42
EJE 5						
Acero longitudinal	kg	5.00	1/2"		1.46	65.70
Acero transversal	kg	5.00	1/2"		1.46	65.70
SUMA(kg)						473.04
SUMA(kg 1/2")						468.31



ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS



14 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE CIMENTACIÓN CON SUELO ARCILLOSO

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101002	MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO	Fecha presupuesto	07/06/2019
Subpresupuesto	002	CIMENTACIÓN PLATEA		

Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL			
Rendimiento	m ² /DÍA	MO.	600.0000	EQ.	600.0000
					Costo unitario directo por : m ²
					1.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0013	33.30	0.04
0101010005	PEÓN	hh	3.0000	0.0400	20.16	0.81
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0133	28.66	0.38
						1.23
Materiales						
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.0050	3.67	0.02
02130200020002	CAL BOLSA 25 kg	bol		0.0500	6.27	0.31
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		0.0200	6.24	0.12
0292010001	CORDEL	m		0.1900	0.50	0.10
						0.55
Equipos						
0301000020	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0133	12.71	0.17
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.23	0.04
						0.21

Partida	01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA			
Rendimiento	m ² /DÍA	MO.	600.0000	EQ.	600.0000
					Costo unitario directo por : m ²
					1.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0013	33.30	0.04
0101010005	PEÓN	hh	3.0000	0.0400	20.16	0.81
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0133	28.66	0.38
						1.23
Materiales						
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.0050	3.67	0.02
02130200020002	CAL BOLSA 25 kg	bol		0.0500	6.27	0.31
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		0.0200	6.24	0.12
0292010001	CORDEL	m		0.1900	0.50	0.10
						0.55
Equipos						
0301000020	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0133	12.71	0.17
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.23	0.04
						0.21

Partida	02.01.01.01	EXCAVACIÓN DE PLATEA DE CIMENTACIÓN			
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	90.0000	EQ.	90.0000
					Costo unitario directo por : m ³
					9.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0089	33.30	0.30
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0889	20.16	1.79
						2.09
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.09	0.06
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.0000	0.0889	86.00	7.65
						7.71



Partida	02.01.01.02		RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				
Rendimiento	m³/DÍA	MO.	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por : m³	21.99
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0320	33.30	1.07	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	27.92	8.93	
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.3200	20.16	6.45	
							16.45
	Materiales						
0290130022	AGUA	m³		0.0500	5.00	0.25	
							0.25
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.45	0.49	
03010300060007	PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 4.0HP	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
							5.29

Partida	02.01.01.03		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA CIMENTACIÓN				
Rendimiento	m³/DÍA	MO.	135.0000	EQ.	135.0000	Costo unitario directo por : m³	22.02
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0059	33.30	0.20	
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.0593	20.16	1.20	
							1.40
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.40	0.04	
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.0000	0.0593	86.00	5.10	
03012200040005	CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 m3	hm	1.0000	0.0593	261.00	15.48	
							20.62

Partida	02.02.01		CONCRETO SOLADO e= 2" f'c=80 kg/cm²				
Rendimiento	m²/DÍA	MO.	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m²	32.32
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	33.30	0.33	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	27.92	5.58	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	22.38	2.24	
0101010005	PEÓN	hh	6.0000	0.6000	20.16	12.10	
							20.25
	Materiales						
0207030001	HORMIGÓN	m³		0.1100	30.00	3.30	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2700	20.75	5.60	
0290130022	AGUA	m³		0.0120	5.00	0.06	
							8.96
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.25	0.61	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 P3 - 22 HP	hm	1.0000	0.1000	25.00	2.50	
							3.11



Partida	02.02.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS $f_c=175 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ P.M.}$				
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m ³ 299.51

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	33.30	2.22
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	27.92	37.23
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	22.38	29.84
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	20.16	107.52
						176.81
Materiales						
0207010012	PIEDRA MEDIANA - MÁXIMO 4"	m3		0.4200	46.00	19.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		3.8900	20.75	80.72
0290130022	AGUA	m3		0.1370	5.00	0.69
						100.73
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	176.81	5.30
03012900030005	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 7 P3 - 18 HP	hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
						21.97

Partida	02.02.03	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m				
Rendimiento	m ² /DÍA	MO.	8.0000	EQ.	8.0000	Costo unitario directo por : m ² 73.13

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	33.30	3.33
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	27.92	27.92
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	22.38	22.38
						53.63
Materiales						
02040100020002	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1000	3.67	0.37
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.1500	3.67	0.55
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		2.7200	6.24	16.97
						17.89
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	53.63	1.61
						1.61

Partida	02.02.04	ACERO CORRUGADO $F_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60 DE SOBRECIMENTOS				
Rendimiento	kg/DÍA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : kg 5.10

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	33.30	0.11
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	27.92	0.89
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	22.38	0.72
						1.72
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	3.67	0.18
0204030001	ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60	kg		1.0500	3.00	3.15
						3.33
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.72	0.05



Partida	02.03.01.01	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACIÓN $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	11.5000	EQ.	11.5000	Costo unitario directo por : m ³	347.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0696	33.30	2.32	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6957	27.92	19.42	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6957	22.38	15.57	
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	2.7826	20.16	56.10	
						93.41	
Materiales							
02070100010005	PIEDRA CHANCADA 1/2" y 3/4"	m ³		0.5500	51.61	28.39	
02070200010002	ARENA GRUESA	m ³		0.5000	42.86	21.43	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0400	20.75	187.58	
0290130022	AGUA	m ³		0.1840	5.00	0.92	
						238.32	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	93.41	2.80	
03012900010005	VIBRADOR A GASOLINA DE 1-3/4", 4HP	hm	1.0000	0.6957	6.00	4.17	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 P3 - 22 HP	hm	0.5000	0.3478	25.00	8.70	
						15.67	
Partida	02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLATEA DE CIMENTACIÓN					
Rendimiento	m ² /DÍA	MO.	8.0000	EQ.	8.0000	Costo unitario directo por : m ²	83.06
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	33.30	3.33	
0101010003	OPERARIO	hh	0.7000	0.7000	27.92	19.54	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	22.38	22.38	
0101010005	PEÓN	hh	0.5000	0.5000	20.16	10.08	
						55.33	
Materiales							
02040100020002	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1000	3.67	0.37	
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.1500	3.67	0.55	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		4.0300	6.24	25.15	
						26.07	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	55.33	1.66	
						1.66	
Partida	02.03.01.03	ACERO CORRUGADO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60 DE PLATEA DE CIMENTACIÓN					
Rendimiento	kg/DÍA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : kg	5.10
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	33.30	0.11	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	27.92	0.89	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	22.38	0.72	
						1.72	
Materiales							
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	3.67	0.18	
0204030001	ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60	kg		1.0500	3.00	3.15	
						3.33	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.72	0.05	
						0.05	

15 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE CIMENTACIÓN CON SUELO MEJORADO

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101003	MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON CAUCHO						
Subpresupuesto	002	CIMENTACIÓN ZAPATAS					Fecha presupuesto	07/06/2019
Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL						
Rendimiento	m²/DÍA	MO. 600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m²				1.99
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0013	33.30	0.04	
0101010005	PEÓN		hh	3.0000	0.0400	20.16	0.81	
0101030000	TOPÓGRAFO		hh	1.0000	0.0133	28.66	0.38	
							1.23	
Materiales								
0204120001009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2",3" y 4"		kg		0.0050	3.67	0.02	
0213020002002	CAL BOLSA 25 kg		bol		0.0500	6.27	0.31	
0231010001	MADERA TORNILLO		p²		0.0200	6.24	0.12	
0292010001	CORDEL		m		0.1900	0.50	0.10	
							0.55	
Equipos								
0301000020	TEODOLITO Y MIRA		hm	1.0000	0.0133	12.71	0.17	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.23	0.04	
							0.21	

Partida	01.01.02							TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA						
Rendimiento	m²/DÍA		MO. 600.0000		EQ. 600.0000		Costo unitario directo por : m²		1.99					
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.					
Mano de Obra														
0101010002	CAPATAZ				hh	0.1000	0.0013	33.30	0.04					
0101010005	PEÓN				hh	3.0000	0.0400	20.16	0.81					
0101030000	TOPÓGRAFO				hh	1.0000	0.0133	28.66	0.38					
										1.23				
Materiales														
0204120001009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2",3" y 4"				kg		0.0050	3.67	0.02					
0213020002002	CAL BOLSA 25 kg				bol		0.0500	6.27	0.31					
0231010001	MADERA TORNILLO				p²		0.0200	6.24	0.12					
0292010001	CORDEL				m		0.1900	0.50	0.10					
										0.55				
Equipos														
0301000020	TEODOLITO Y MIRA				hm	1.0000	0.0133	12.71	0.17					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES				%mo		3.0000	1.23	0.04					
										0.21				



Partida	02.01.01.01	EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y ZAPATAS					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 90.0000	EQ. 90.0000	Costo unitario directo por : m ³		9.80	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0089	33.30	0.30	
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.0889	20.16	1.79	
							2.09
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.09	0.06	
0301170002001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.0000	0.0889	86.00	7.65	
							7.71
Partida	02.01.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m ³		21.99	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0320	33.30	1.07	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	27.92	8.93	
0101010005	PEÓN	hh	1.0000	0.3200	20.16	6.45	
							16.45
Materiales							
0290130022	AGUA	m ³		0.0500	5.00	0.25	
							0.25
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.45	0.49	
0301030006007	PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 4.0HP	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
							5.29
Partida	02.01.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIONES DE CIMIENTOS Y ZAPATAS					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 135.0000	EQ. 135.0000	Costo unitario directo por : m ³		19.37	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0059	33.30	0.20	
0101010005	PEÓN	hh	3.0000	0.1778	20.16	3.58	
							3.78
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000		0.11	
0301220004005	CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 m3	hm	1.0000	1.0000	0.0593	15.48	
							15.59
Partida	02.01.02.01	EXCAVACIÓN PARA RELLENO ESTRUCTURAL					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO. 85.0000	EQ. 85.0000	Costo unitario directo por : m ³		12.31	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0094	33.30	0.31	
0101010005	PEÓN	hh	2.0000	0.1882	20.16	3.79	
							4.10
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.10	0.12	
0301170002001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.0000	0.0941	86.00	8.09	
							8.21



Partida	02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL MEJORADO					
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m ³ 53.16	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	33.30	0.08	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	27.92	0.64	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0229	20.16	0.46	
							1.18
	Materiales						
0290130022	AGUA	m ³		0.0500	5.00	0.25	
							0.25
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.18	0.04	
030103000600 07	PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 4.0HP	hm	1.0000	0.0229	15.00	0.34	
							0.38
	Subpartidas						
010101010105	PREPARACIÓN DE MUESTRA	m ³		1.2000	42.79	51.35	
	02.01.02.02.01	PREPARACION DE MUESTRA					
SubPartida							
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por : m ³ 42.79	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	33.30	0.89	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	27.92	7.45	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.5333	20.16	10.75	
							19.09
	Materiales						
021320002002	CAL BOLSA 25 kg	Bol		0.0010	6.27	0.01	
021302004	CAUCHO	kg		13.500	1.20	16.20	
0290130022	AGUA	m ³		0.0500	5.00	0.25	
							16.46
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.09	0.57	
030103000600 07	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11P3 – 22HP	hm	1.0000	0.2667	25.00	6.67	
							7.24
Partida	02.01.02.03	TRANSPORTE DE CAUCHO A OBRA DM 4km					
Rendimiento	M ³ /DÍA	MO.	87.5000	EQ.	87.5000	Costo unitario directo por : m ² 27.55	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEÓN	Hh	2.0000	0.1829	20.16	3.69	
							3.69
	Equipos						
030122000400 05	CAMION VOLQUETE 4 x 2 140 – 210 HP 15m3	hm	1.0000	0.0914	261.00	23.86	
							23.86



Partida		02.02.01					CONCRETO SOLADO e= 2" f'c=80 kg/cm²	
Rendimiento	m²/DÍA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m²		32.32		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	Hh	0.1000	0.0100	33.30	0.33		
0101010003	OPERARIO	Hh	2.0000	0.2000	27.92	5.58		
0101010004	OFICIAL	Hh	1.0000	0.1000	22.38	2.24		
0101010005	PEÓN	Hh	6.0000	0.6000	20.16	12.10		
						20.25		
Materiales								
0207030001	HORMIGÓN	m3		0.1100	30.00	3.30		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bol		0.2700	20.75	5.60		
0290130022	AGUA	m3		0.0120	5.00	0.06		
						8.96		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.25	0.61		
0301290003004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 P3 - 22 HP	hm	1.0000	0.1000	25.00	2.50		
						3.11		

Partida		02.02.02 CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS (100 kg/cm²)						
		m³/DÍA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por : m³	193.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	33.30	0.89		
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	27.92	14.89		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.5333	22.38	11.94		
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	2.1333	20.16	43.01		
						70.73		
Materiales								
0207010011	PIEDRA GRANDE - MAXIMO 8"	m3		0.5040	48.00	24.19		
0207030001	HORMIGÓN	m3		0.8700	30.00	26.10		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		3.0450	20.75	63.18		
0290130022	AGUA	m3		0.1050	5.00	0.53		
						114.00		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	70.73	2.12		
0301290003004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 P3 - 22 HP	hm	1.0000	0.2667	25.00	6.67		
						8.79		

Partida	02.02.03		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CIMIENTO CORRIDO				
Rendimiento	m2/DÍA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Costo unitario directo por : m² 62.08	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0800	33.30	2.66
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	27.92	22.34
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	22.38	17.90
							42.90
Materiales							
0204010002002	ALAMBRE NEGRO N° 8		kg		0.1000	3.67	0.37
0204120001009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2",3" y 4"		kg		0.1500	3.67	0.55
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		2.7200	6.24	16.97
							17.89
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	42.90	1.29
							1.29



Partida	02.02.04	CONCRETO SOBRECIMENTOS $f'c=175 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ P.M.}$				
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m ³ 299.51

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	33.30	2.22
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	27.92	37.23
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	22.38	29.84
0101010005	PEÓN	hh	8.0000	5.3333	20.16	107.52
						176.81
Materiales						
0207010012	PIEDRA MEDIANA - MÁXIMO 4"	m ³		0.4200	46.00	19.32
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		3.8900	20.75	80.72
0290130022	AGUA	m ³		0.1370	5.00	0.69
						100.73
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	176.81	5.30
0301290003005	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 7 P3 - 18 HP	hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
						21.97

Partida	02.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO				
Rendimiento	m ² /DÍA	MO.	8.0000	EQ.	8.0000	Costo unitario directo por : m ² 49.95

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0500	33.30	1.67
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5000	27.92	13.96
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	22.38	11.19
						26.82
Materiales						
02040100020002	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.2600	3.67	0.95
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.1300	3.67	0.48
0231010001	MADERA TORNILLO	p ²		3.3500	6.24	20.90
						22.33
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.0000	26.82
						0.80

Partida	02.03.01.01	CONCRETO ZAPATAS $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$				
Rendimiento	m ³ /DÍA	MO.	11.5000	EQ.	11.5000	Costo unitario directo por : m ³ 336.75

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0640	33.30	2.13
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6400	27.92	17.87
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6400	22.38	14.32
0101010005	PEÓN	hh	4.0000	2.5600	20.16	51.61
						85.93
Materiales						
02070100010005	PIEDRA CHANCADA 1/2" y 3/4"	m ³		0.5500	51.61	28.39
02070200010002	ARENA GRUESA	m ³		0.5000	42.86	21.43
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0400	20.75	187.58
0290130022	AGUA	m ³		0.1840	5.00	0.92
						238.32
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	85.93	2.58
03012900010005	VIBRADOR A GASOLINA DE 1-3/4", 4HP	hm	0.5000	0.3200	6.00	1.92
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 P3 - 22 HP	hm	0.5000	0.3200	25.00	8.00
						12.50



Partida		02.03.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ZAPATA				
Rendimiento	m ² /DÍA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m ² 83.06		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	33.30	3.33
0101010003	OPERARIO	hh	0.7000	0.7000	27.92	19.54
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	22.38	22.38
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.5000	20.16	10.08
						55.33
Materiales						
02040100020002	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1000	3.67	0.37
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2", 3" y 4"	kg		0.1500	3.67	0.55
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		4.0300	6.24	25.15
						26.07
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	55.33	1.66
						1.66
Partida		02.03.01.03 ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 DE ZAPATA				
Rendimiento	kg/DÍA	MO. 250.0000	250.0000	Costo unitario directo por : kg 5.10		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	33.30	0.11
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	27.92	0.89
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	22.38	0.72
						1.72
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	3.67	0.18
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0500	3.00	3.15
						3.33
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.72	0.05
						0.05



PLANOS



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:

AREQUIPA

PROVINCIA:

AREQUIPA

DISTRITO:

YARABAMBA

TESISTAS:

GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:

ARQUITECTURA - PLANTA

FECHA:

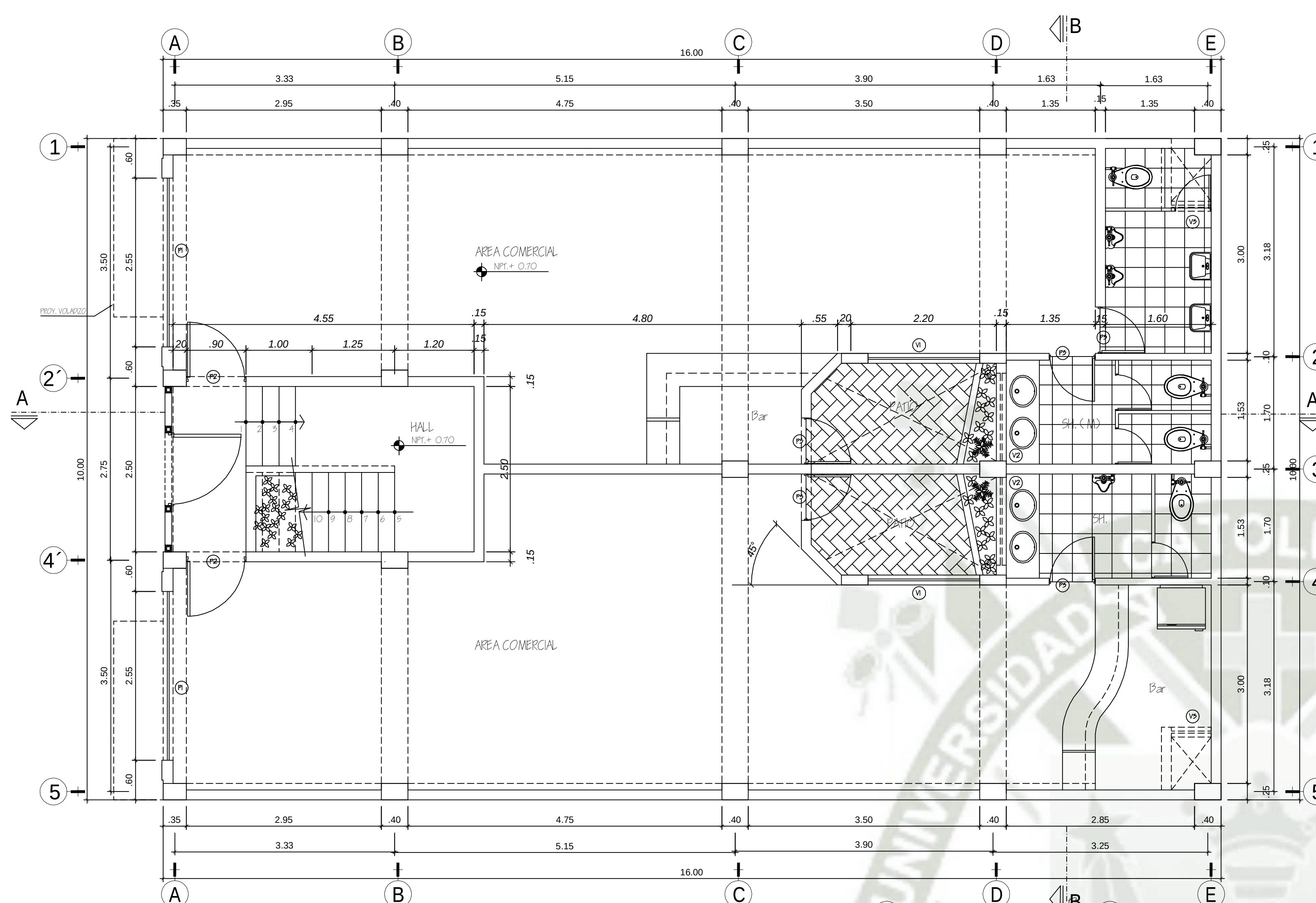
JULIO 2019

ESC

INDICADA

LAMINA:

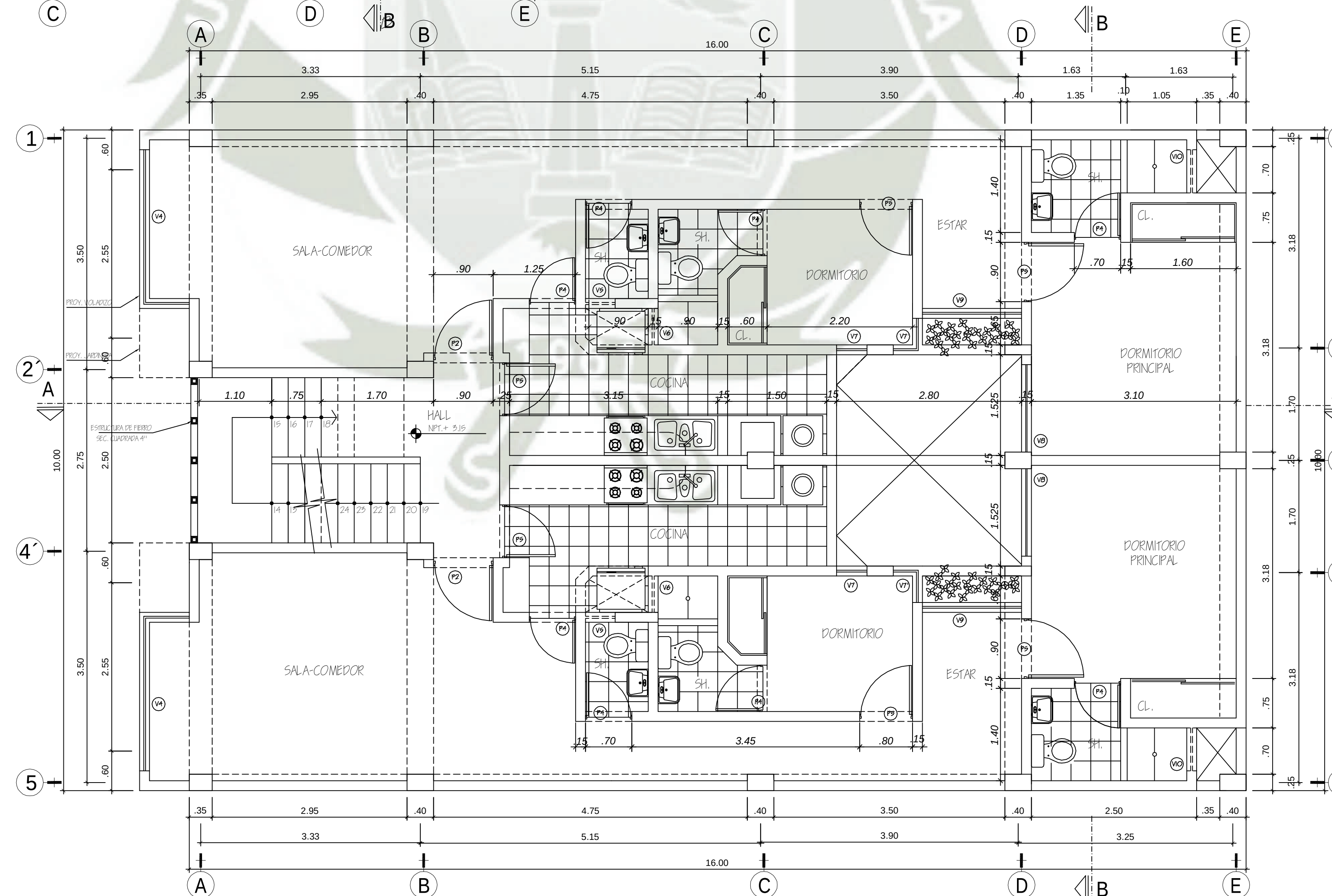
A-01



PLANTA: PRIMER PISO
ESC. 1/100

CUADRO DE VANOS-VENTANAS			
	ANCHO	ALTURA	ALFEIZAR
V1	1.70	1.75	1.20
V2	1.375	0.50	2.25
V3	0.60	0.50	2.25
V4	2.85	2.20	0.20
V5	0.45	0.30	2.10
V6	0.55	0.30	2.10
V7	0.45	1.50	0.90
V7'	0.70	1.50	0.90
V8	1.30	1.50	0.90
V9	1.50	1.50	0.90
V10	0.65	0.50	2.10
V11	0.65	0.70	1.70

CUADRO DE VANOS-PUERTAS		
	ANCHO	ALTURA
P1	2.55	2.35
P2	0.90	2.10
P3	0.70	2.95
P4	0.70	2.10
P5	0.80	2.10
M1	1.50	2.40



PLANTA: SEGUNDO PISO
ESC. 1/100



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:

AREQUIPA

PROVINCIA:

AREQUIPA

DISTRITO:

YARABAMBA

TESISTAS:

GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:

ARQUITECTURA - PLANTA

FECHA:

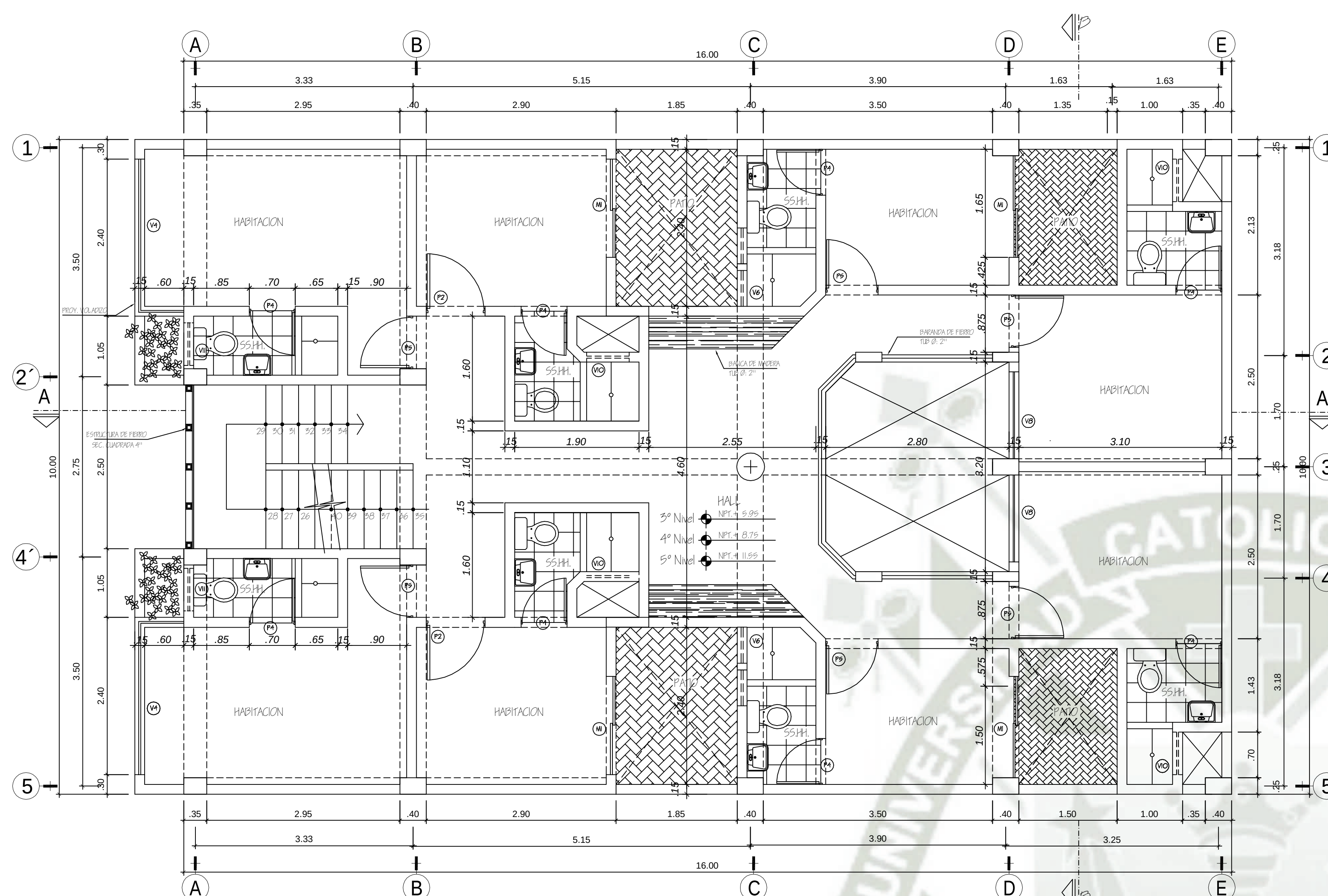
JULIO 2019

ESC

INDICADA

LAMINA:

A-02

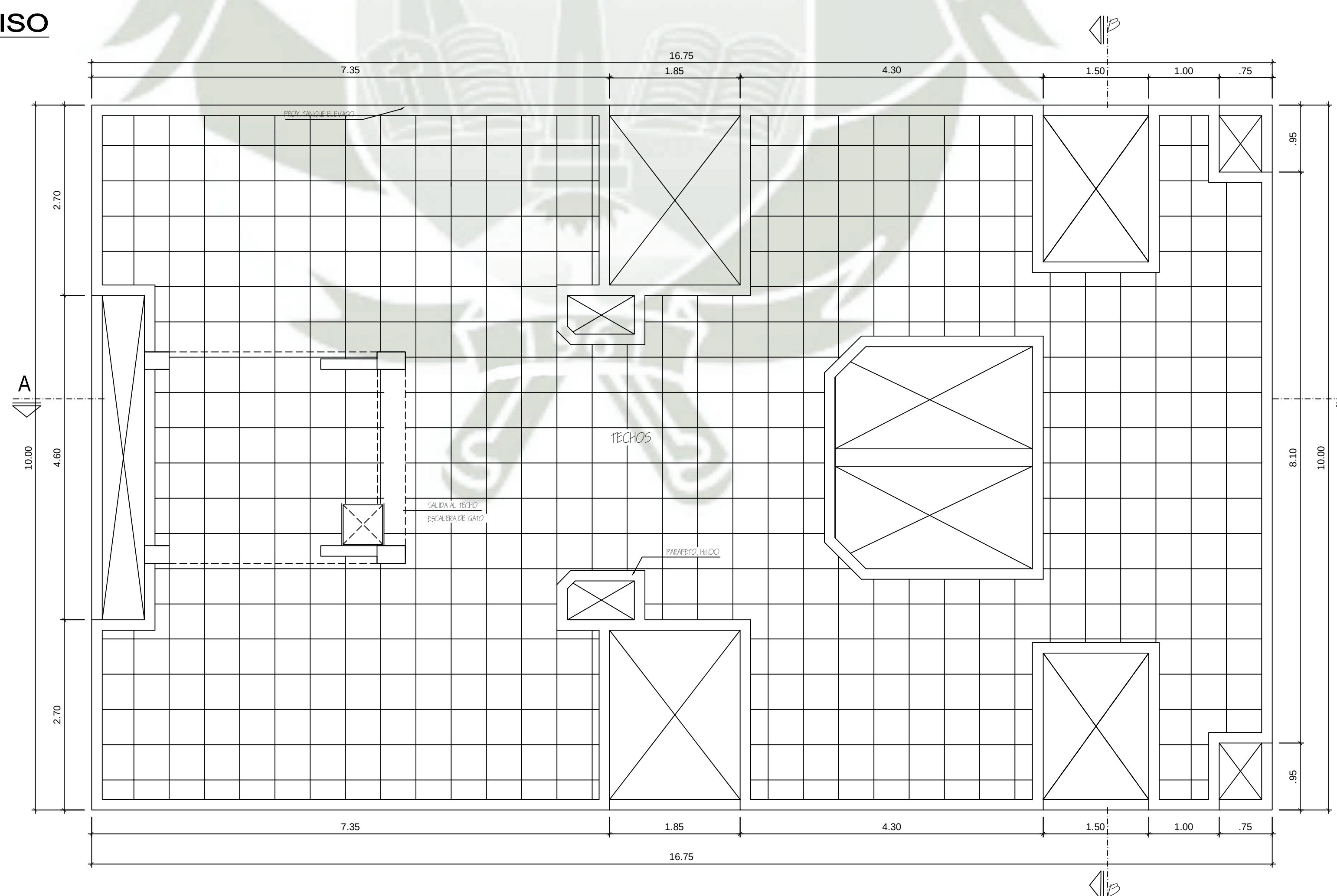


PLANTA: TERCER, CUARTO Y QUINTO PISO

ESC. 1/100

CUADRO DE VANOS-VENTANAS				
	ANCHO	ALTURA	ALFEIZAR	TIPO
V1	1.70	1.75	1.20	MADERA Y VIDRIO
V2	1.375	0.50	2.25	MADERA Y VIDRIO
V3	0.60	0.50	2.25	MADERA Y VIDRIO
V4	2.85	2.20	0.20	MADERA Y VIDRIO
V5	0.45	0.30	2.10	MADERA Y VIDRIO
V6	0.55	0.30	2.10	MADERA Y VIDRIO
V7	0.45	1.50	0.90	MADERA Y VIDRIO
V7'	0.70	1.50	0.90	MADERA Y VIDRIO
V8	1.30	1.50	0.90	MADERA Y VIDRIO
V9	1.50	1.50	0.90	MADERA Y VIDRIO
V10	0.65	0.50	2.10	MADERA Y VIDRIO
V11	0.65	0.70	1.70	MADERA Y VIDRIO

CUADRO DE VANOS-PUERTAS			
	ANCHO	ALTURA	TIPO
P1	2.55	2.35	METAL, ENROLLABLE
P2	0.90	2.10	APANELADA
P3	0.70	2.95	MADERA CONTRAPLACADA
P4	0.70	2.10	MADERA CONTRAPLACADA
P5	0.80	2.10	MADERA CONTRAPLACADA
M1	1.50	2.40	MADERA Y VIDRIO



PLANTA: AZOTEA PISO

ESC. 1/100



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:

AREQUIPA

PROVINCIA:

AREQUIPA

DISTRITO:

YARABAMBA

TESISTAS:

GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:

ARQUITECTURA
CORTES

FECHA:

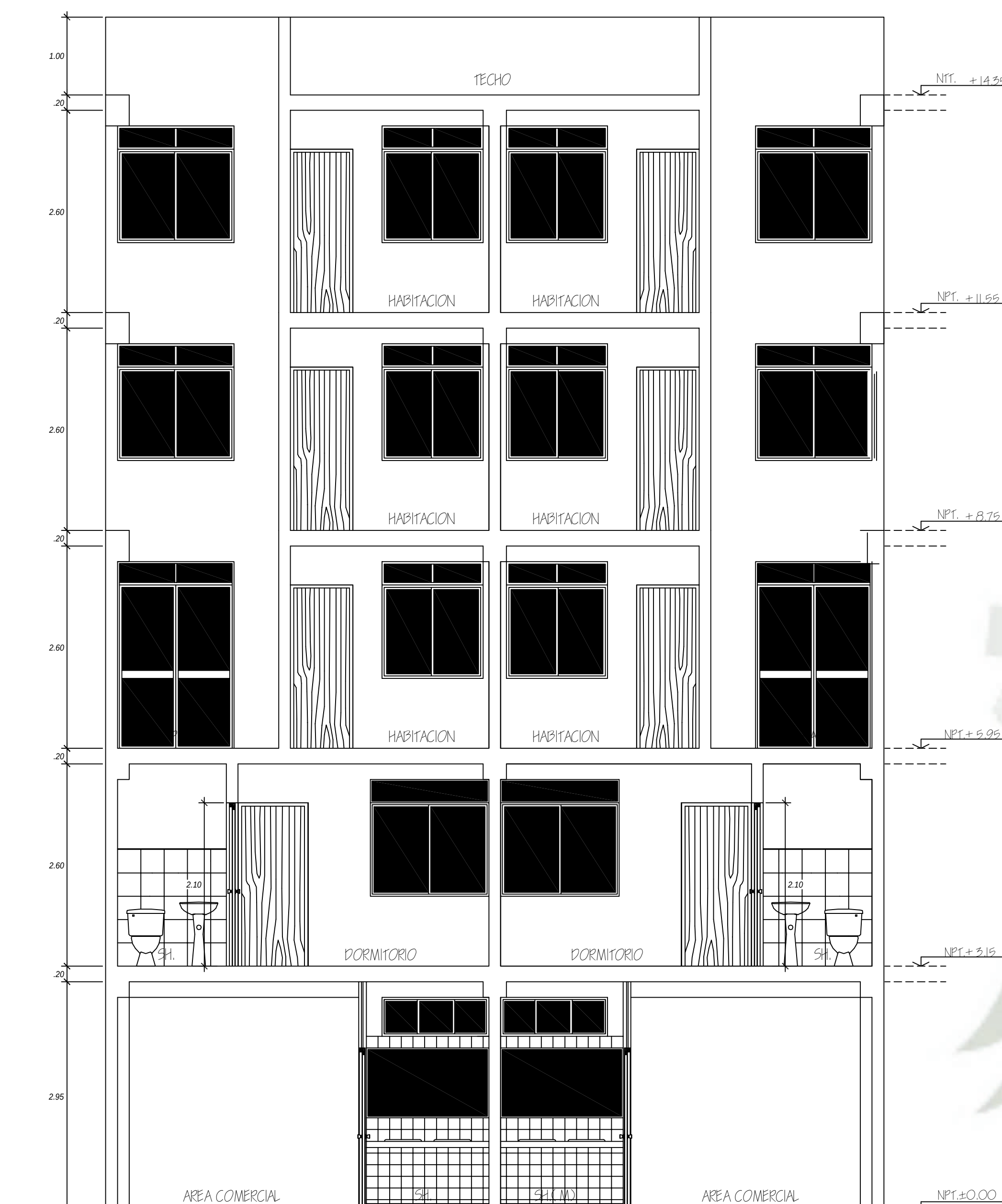
JULIO 2019

ESC

INDICADA

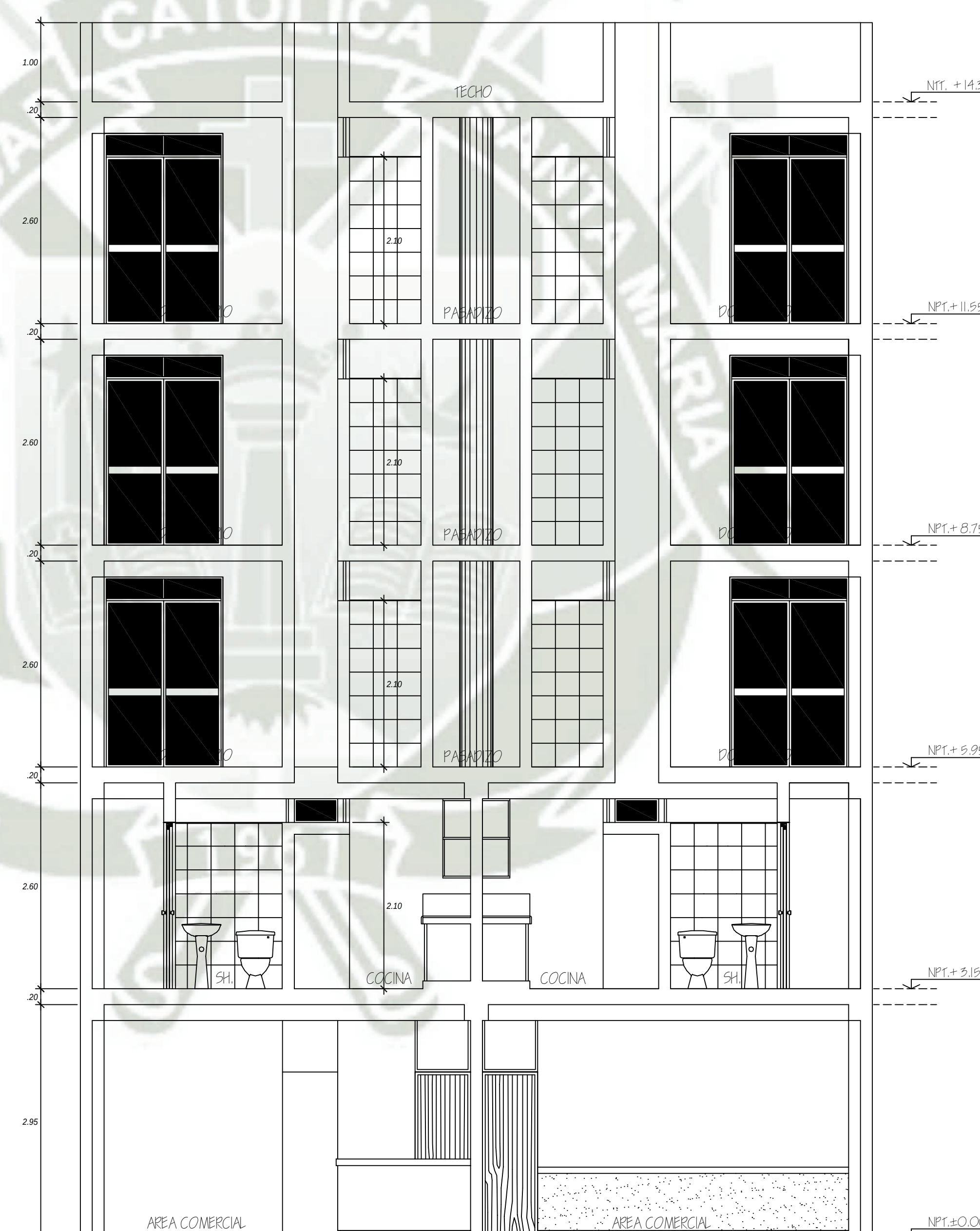
LAMINA:

A-03



CORTE A - A

ESC. 1/100



CORTE B - B

ESC. 1/100



UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:

AREQUIPA

PROVINCIA:

AREQUIPA

DISTRITO:

YARABAMBA

TESISTAS:

GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:

ARQUITECTURA
ELEVACION

FECHA:

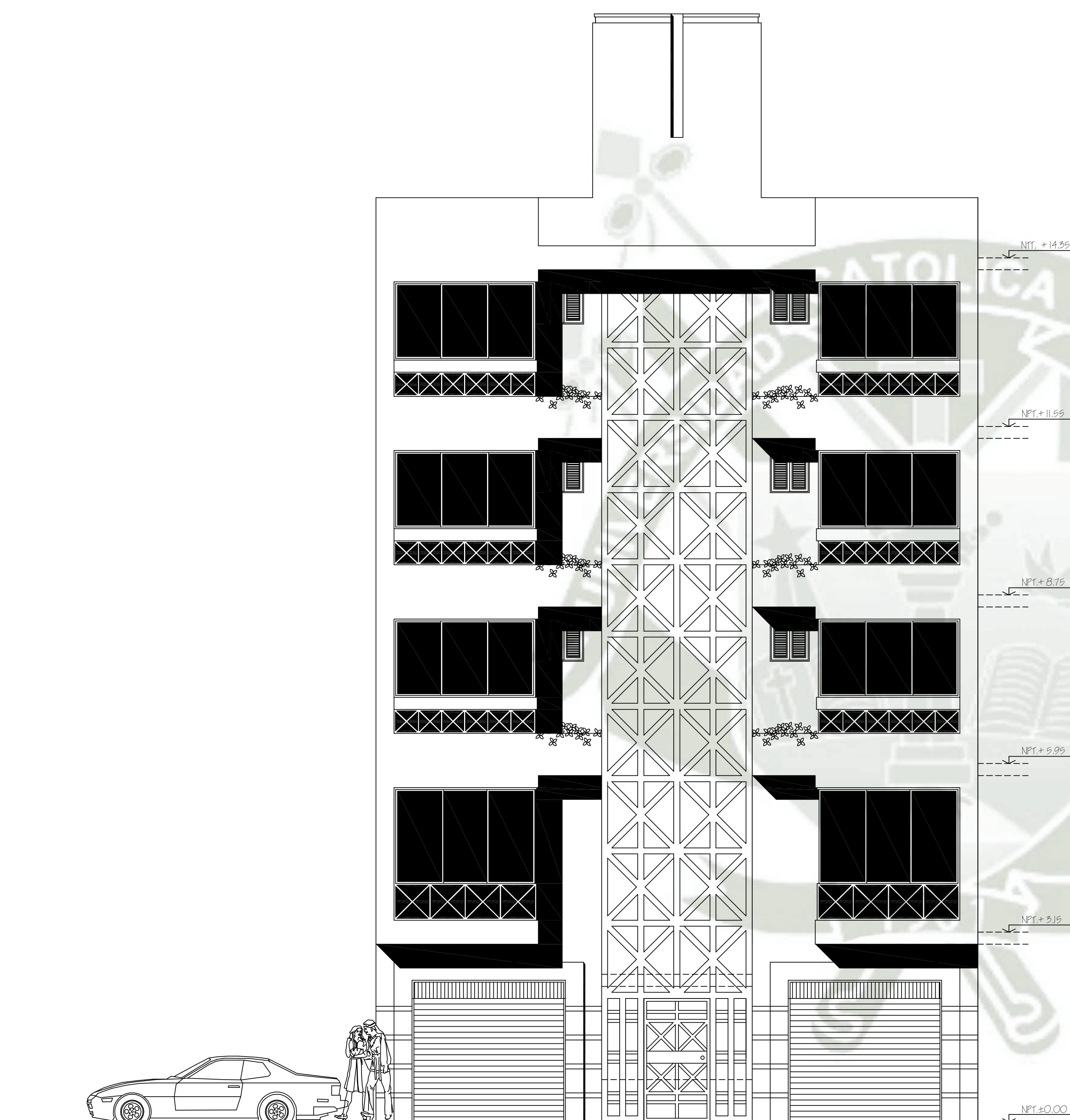
JULIO 2019

ESC

INDICADA

LAMINA:

A-04



ELEVACIÓN

ESC. 1/100



UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:
AREQUIPA

PROVINCIA:
AREQUIPA

DISTRITO:
YARABAMBA

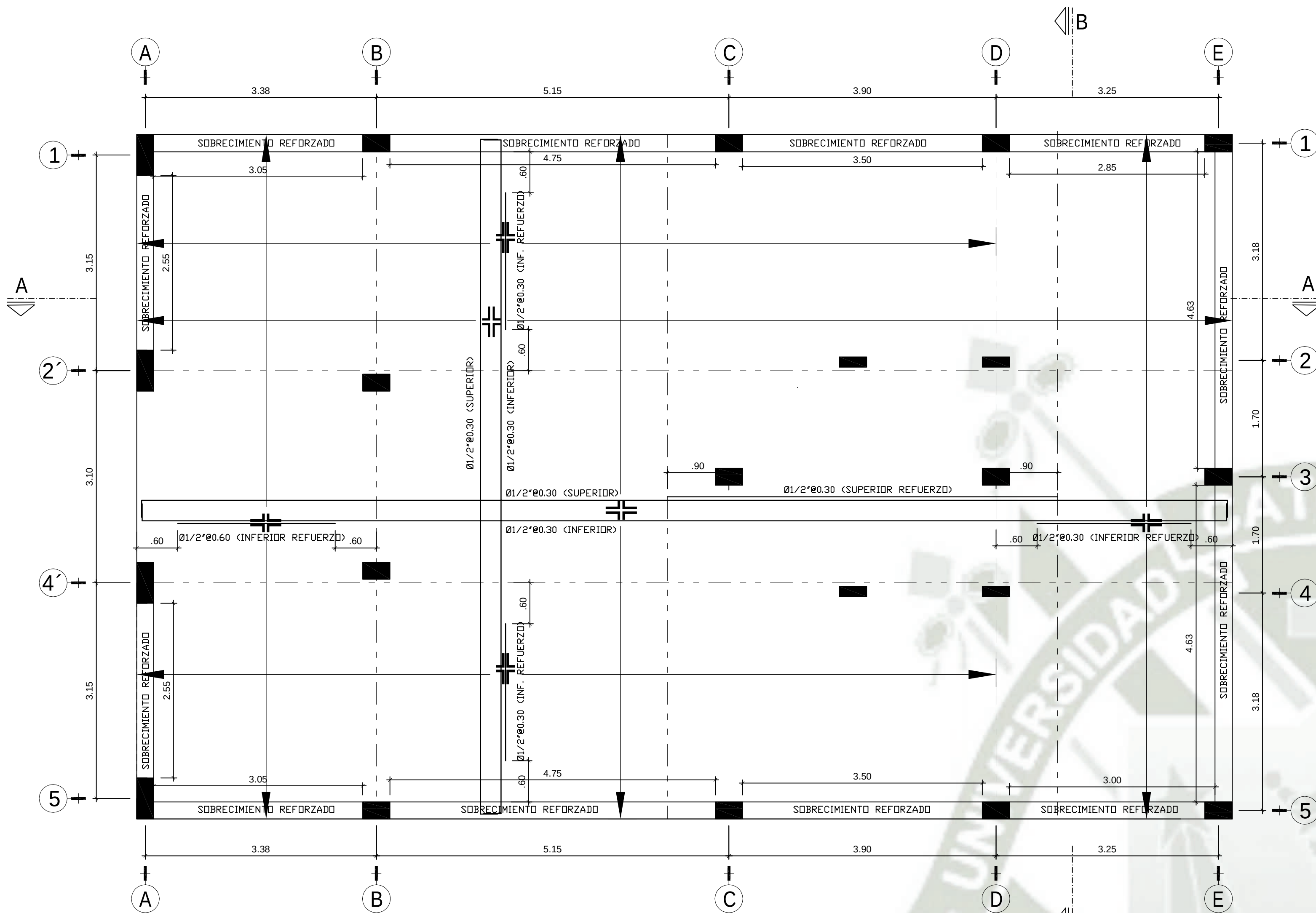
TESISTAS:
GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:
ESTRUCTURAS - CIMENTACION
PLATEA DE CIMENTACIÓN

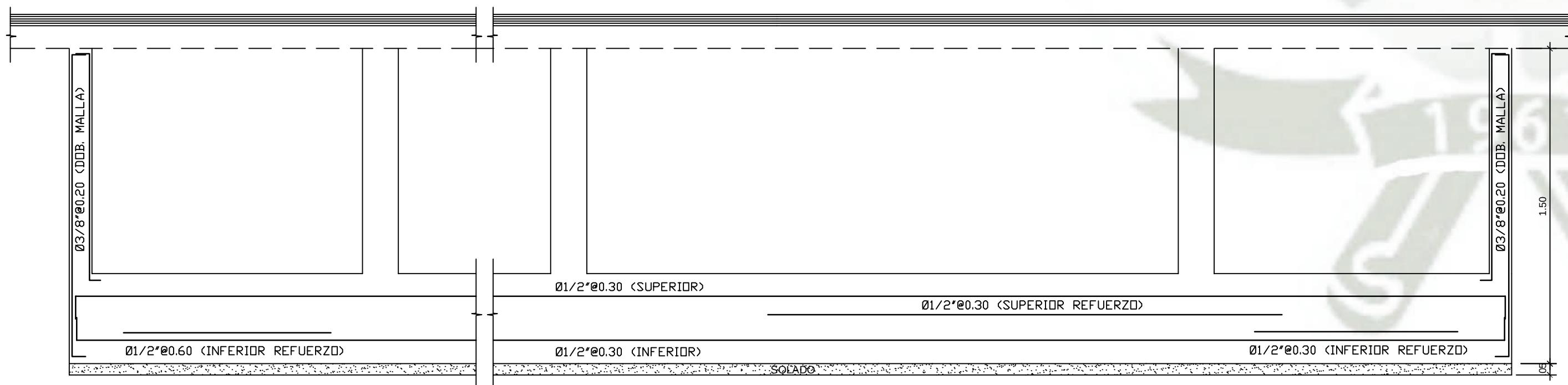
FECHA:
JULIO 2019

ESC
INDICADA

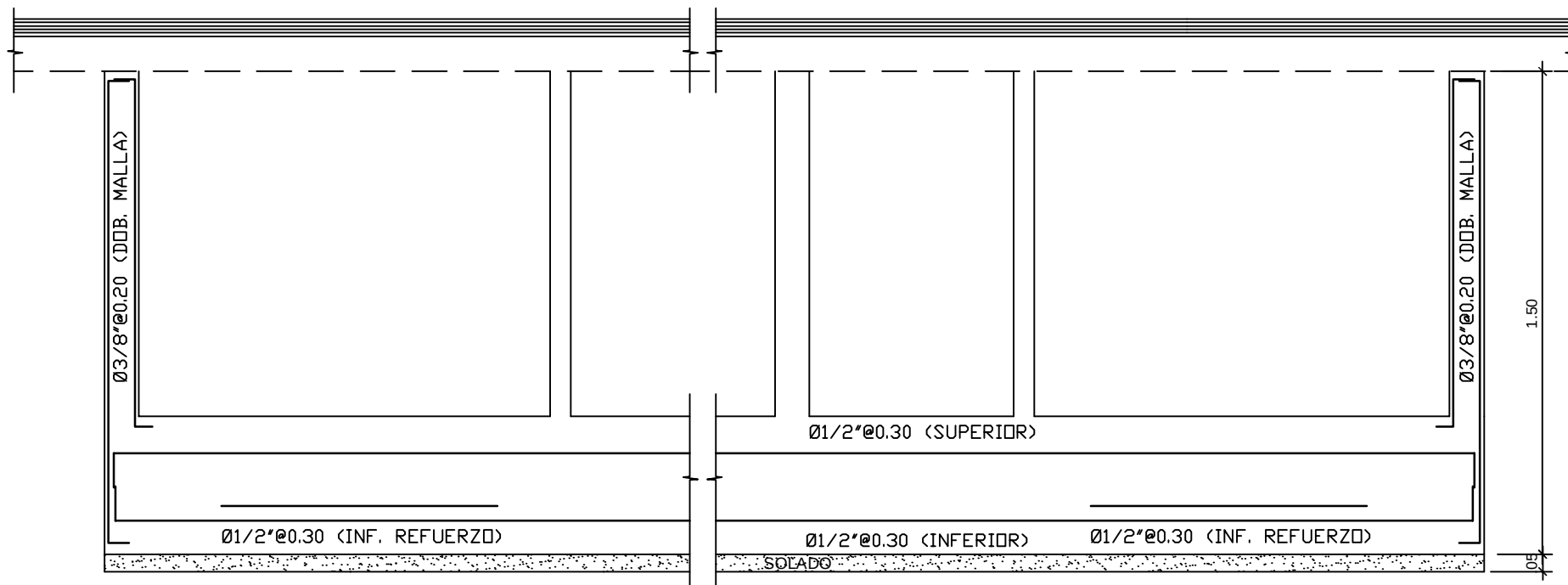
LAMINA:
E-01



CIMENTACIÓN
ESC. 1/100



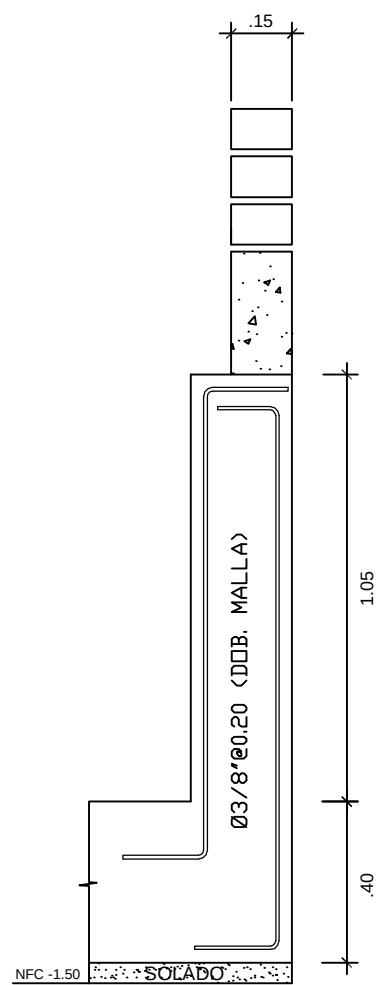
CORTE A-A
ESC. 1/50



CORTE B-B
ESC. 1/50

ESPECIFICACIONES DE CONCRETO	
1.- CONCRETO :	
- Cimientos corridos con 30% de piedra de .20 máximo.	$f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- Sobrecimientos con 25% de piedra de .08 máximo.	$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Salado de Concreto.	$f'c = 80 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto armado.(Diseño en obra)	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Cemento Portland.	Tipo I
- Máxima relación Agua/Cemento.	$a/c = 0.45$
2.-ACERO :	
- Barras corrugadas con resalte Grado 60 ASTM A615	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
3.-ALBAÑILERIA :	
- Ladrillos sólidos, max. 25% perforaciones, tipo V - INECAL	$f'm = 45 \text{ Kg/cm}^2$
- Mortero de asentado 1 : 4 de cemento y arena	
- Máximo espesor de junta	1.5 cm.
4.-RECUBRIMIENTOS :	
- Superficie en contacto con el terreno	7.5 cm.
- Superficies sobre salado	5.0 cm.
- Columnas estructurales (C) y Vigas peraltadas	4.0 cm.
- Losas macizas, Muros y Escaleras (Salvo indicación expresa)	2.5 cm.
- Elementos de confinamiento y/o arrioste de la albanilería (CA)	2.0 cm.

ESPECIFICACIONES DE TECNICAS	
CONCRETO :	
Columnas	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Vigas, zapatas	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Escalera, techos	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Cimientos	$1:10 + 30\% \text{ PC}$
Sobrecimientos	$1:8 + 25\% \text{ PM}$
ACERO :	
Acero en general	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (Grado 60)
RECUBRIMIENTOS LIBRES :	
Columnas y vigas peraltadas	$= 4 \text{ cm.}$
Zapatas	$= 7 \text{ cm.}$
Escaleras, techos, vigas chatas	$= 2.5 \text{ cm.}$
ALBAÑILERIA :	
Muros portantes	$= \text{Tipo III} - f'm=45 \text{ kg/cm}^2$ Mortero M-2 (1:4 C:A)
Tabiques	$= \text{Tipo II} - f'm=20 \text{ kg/cm}^2$ Mortero M-2 (1:4 C:A)
SOBRECARGAS :	
Sobrecargas	$= S/C=200 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del terreno	$= 2,144 \text{ kg/cm}^2$



DETALLE DE SOBRECIMENTOS
Escala 1/50



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA
E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:

AREQUIPA

PROVINCIA:

AREQUIPA

DISTRITO:

YARABAMBA

TESISTAS:

GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:

ESTRUCTURAS - CIMENTACION
ZAPATAS

FECHA:

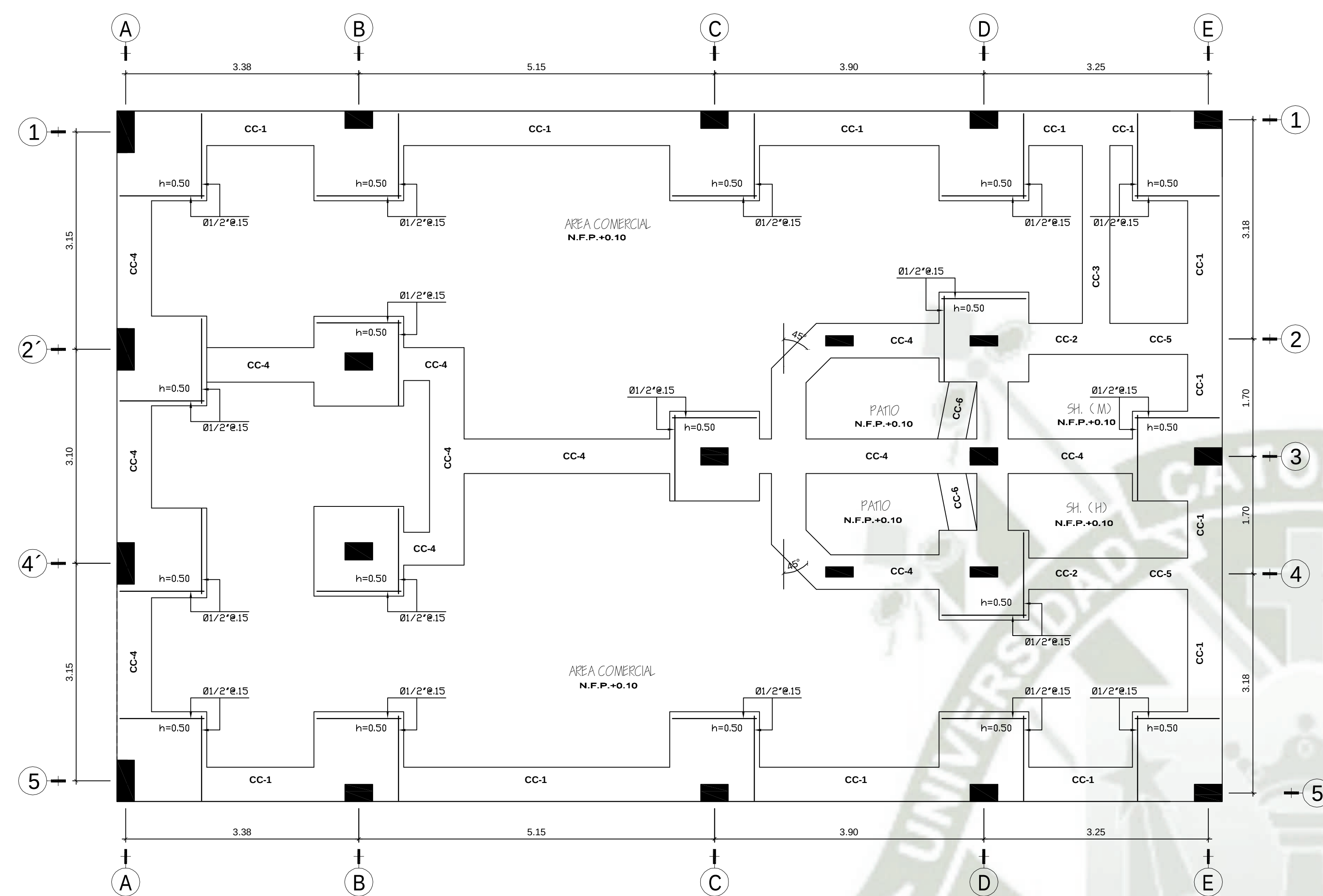
JULIO 2019

ESC

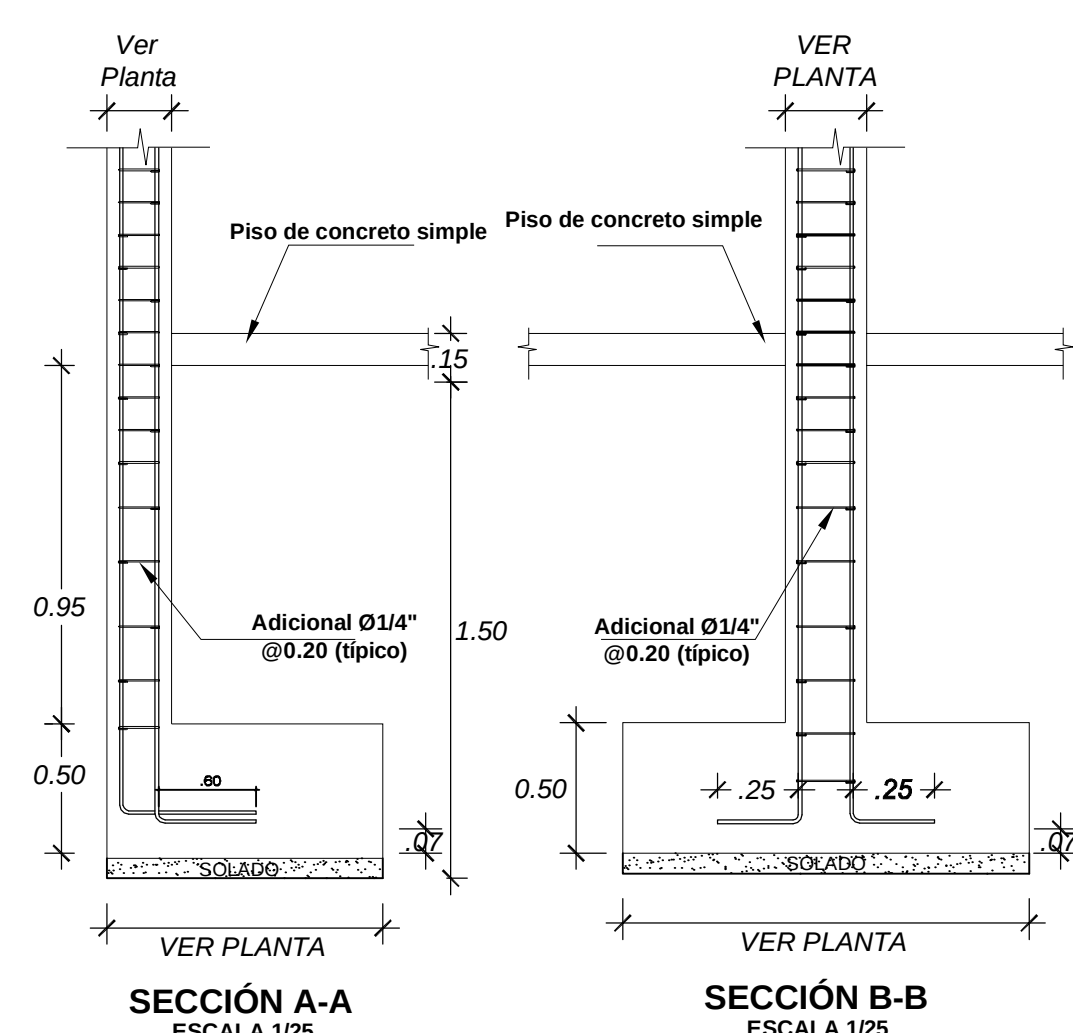
INDICADA

LAMINA:

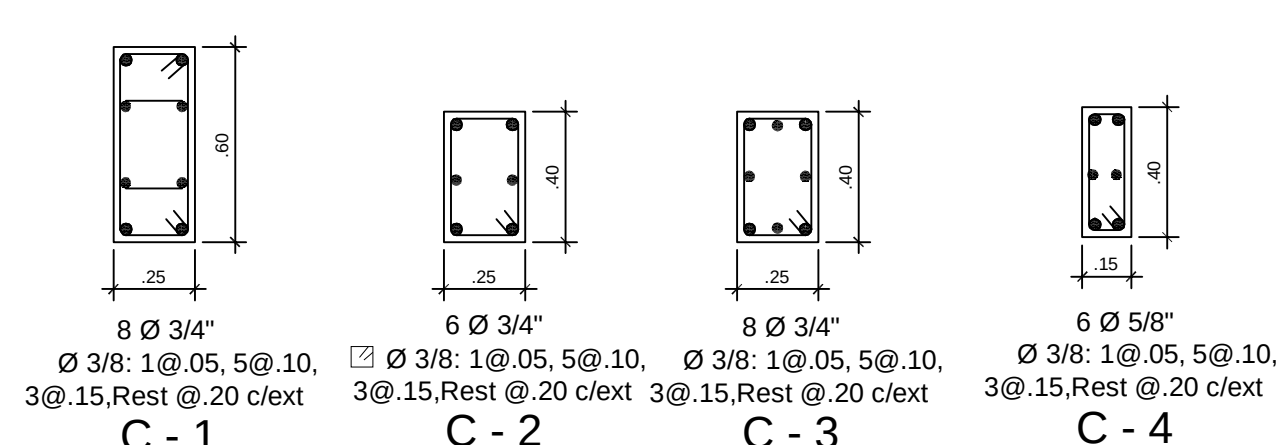
E-02



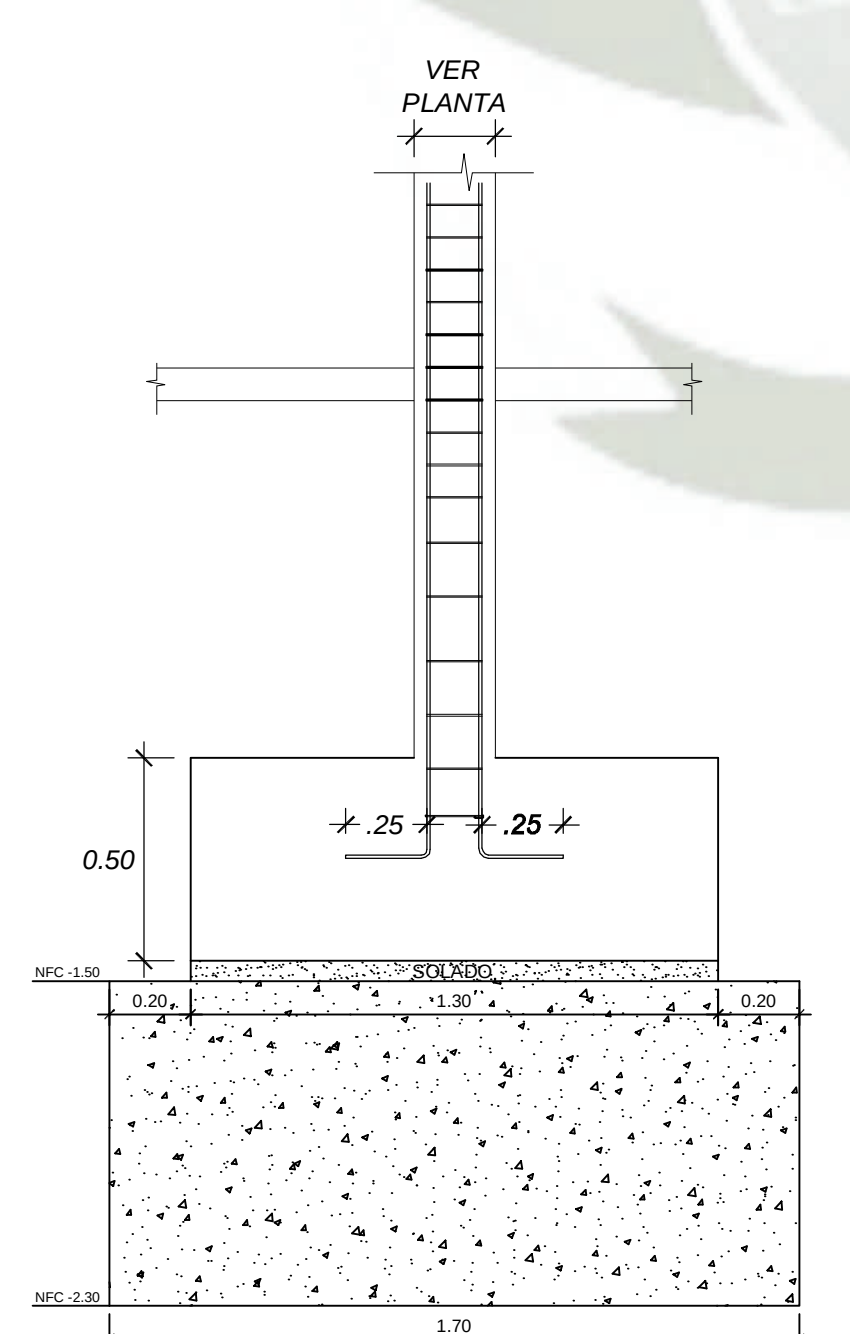
CIMENTACIÓN
ESC. 1/100



**DETALLE TIPICO DE
ZAPATAS EN COLUMNAS**

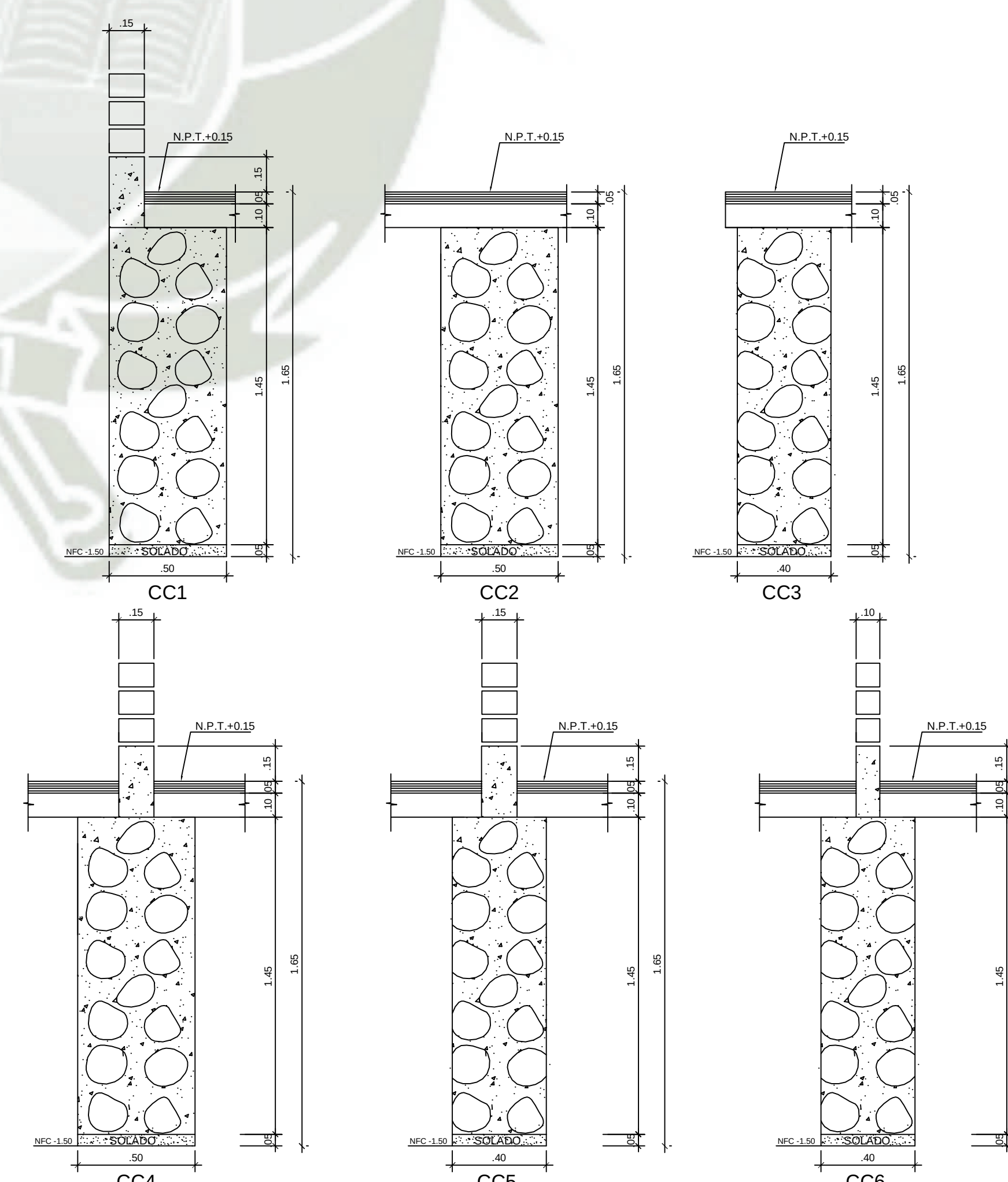


DETALLE DE COLUMNAS



**DETALLE EN SEC. TRANSVERSAL
DEL RELLENO ESTRUCTURAL**

ESPECIFICACIONES DE CONCRETO	
1.- CONCRETO :	
- Cimientos corridos con 30% de piedra de .20 máximo.	$f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- Sobrecimientos con 25% de piedra de .08 máximo.	$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Salado de Concreto.	$f'c = 80 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto armado (Diseño en obra)	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Cemento Portland.	Tipo I
- Máxima relación Agua/Cemento.	$a/c = 0.45$
2.- ACERO :	
- Barras corrugadas con resalte Grado 60 ASTM A615	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
3.- ALBAÑILERIA :	
- Ladrillos sólidos, max. 25% perforaciones, tipo V - INECAL	$f'm = 45 \text{ Kg/cm}^2$
- Mortero de asentado 1 : 4 de cemento y arena	
- Máximo espesor de junta	1.5 cm.
4.- RECUBRIMIENTOS :	
- Superficie en contacto con el terreno	7.5 cm.
- Superficies sobre solado	5.0 cm.
- Columnas estructurales (C) y Vigas peraltadas	4.0 cm.
- Losas macizas, Muros y Escaleras (Salvo indicación expresa)	2.5 cm.
- Elementos de confinamiento y/o arrioste de la albanilería (CA)	2.0 cm.
ESPECIFICACIONES DE TECNICAS	
CONCRETO :	
Columnas	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Vigas, zapatas	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Escalera, techos	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Cimientos	$f'c = 1:10 + 30\% \text{ PC}$
Sobrecimientos	$f'c = 1:8 + 25\% \text{ PM}$
ACERO :	
Acero en general	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (Grado 60)
RECUBRIMIENTOS LIBRES :	
Columnas y vigas peraltadas	= 4 cm.
Zapatas	= 7 cm.
Escaleras, techos, vigas chatas	= 2.5 cm.
ALBAÑILERIA :	
Muros portantes	= Tipo III - $f'm = 45 \text{ kg/cm}^2$ Mortero M-2 (1:4 C:A)
Tabiques	= Tipo II - $f'm = 20 \text{ kg/cm}^2$ Mortero M-2 (1:4 C:A)
SOBRECARGAS :	
Sobrecargas	= $S/C = 200 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del terreno	= $2,144 \text{ kg/cm}^2$



DETALLE DE CIMENTOS CORRIDOS

Escala 1/50



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E ING CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DEPARTAMENTO:
AREQUIPA

PROVINCIA:
AREQUIPA

DISTRITO:
YARABAMBA

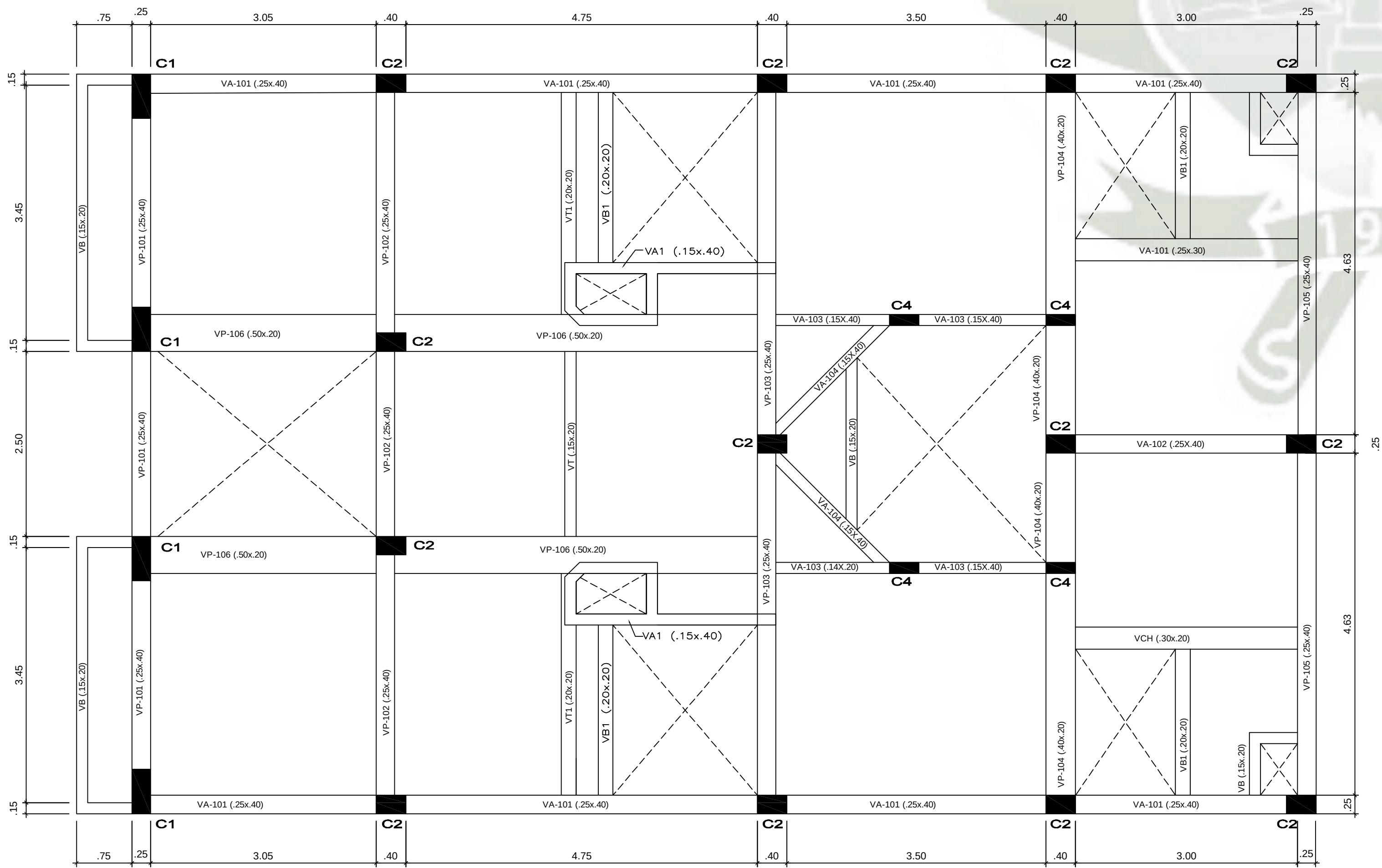
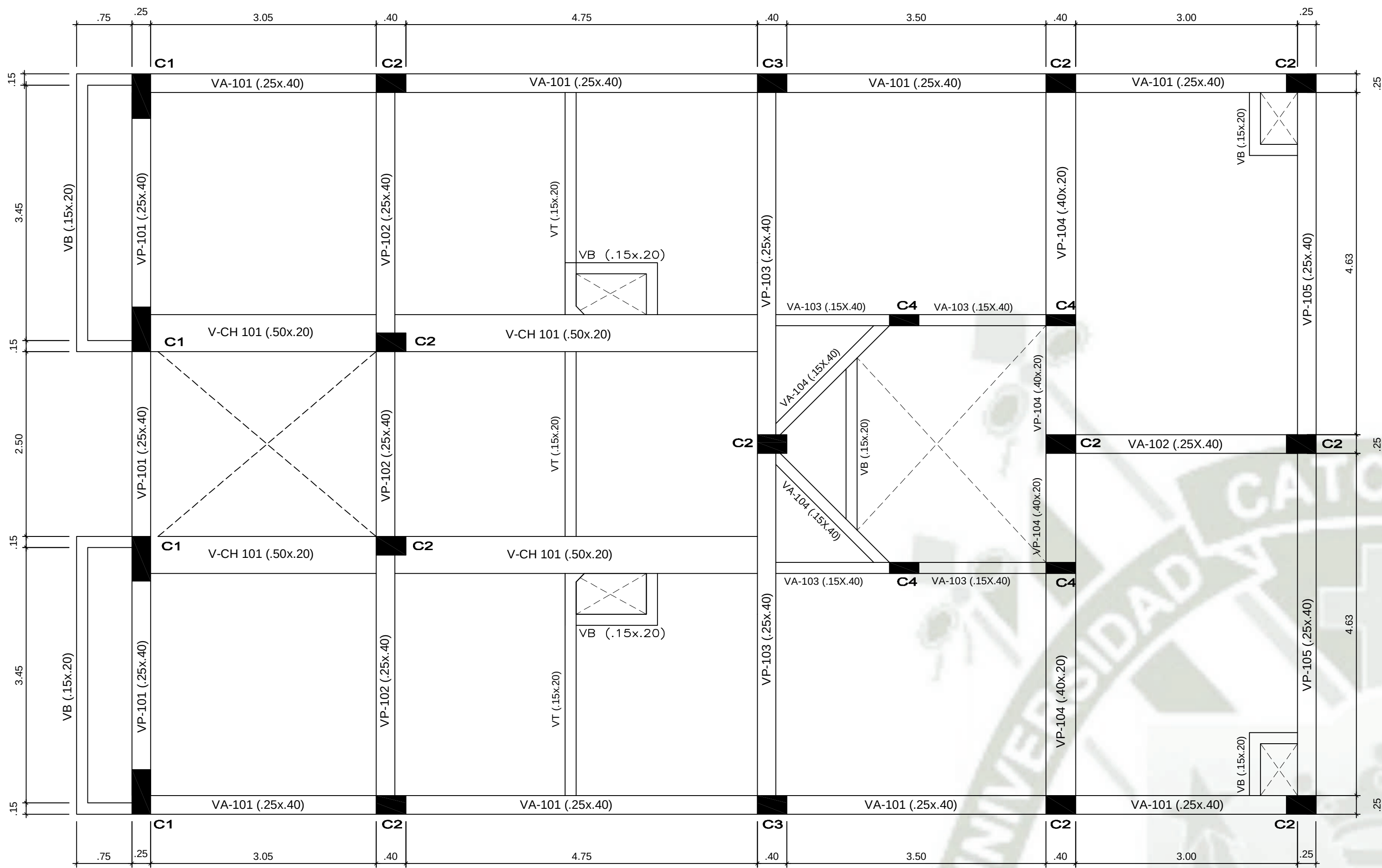
TESISTAS:
GABRIELA A. LLERENA CASTILLO
MISHEL V. PAREDES CHURA

PLANO:
ESTRUCTURAS - ALIGERADOS

FECHA:
JULIO 2019

ESC
INDICADA

LAMINA:
E-03



ESPECIFICACIONES TECNICAS

-CONCRETO ARMADO:

CONCRETO - COLUMNAS	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
CONCRETO - VIGAS	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

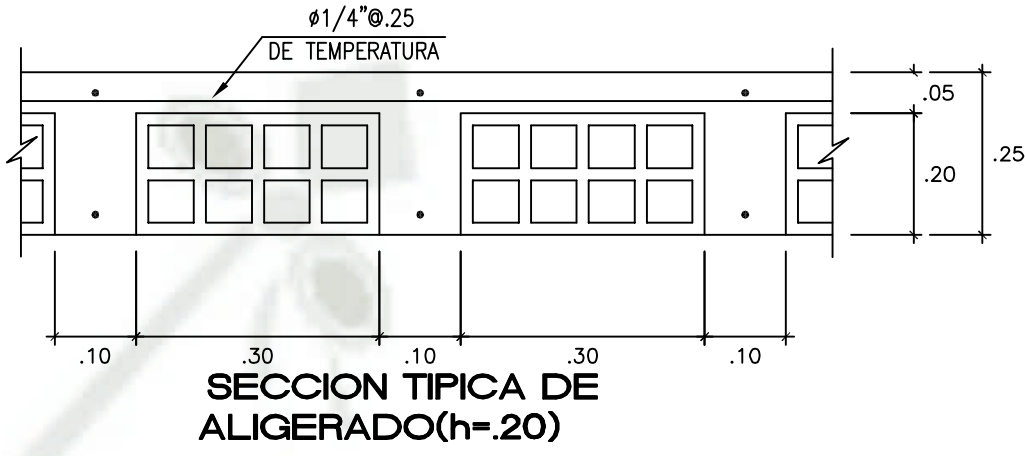
SOBRECARGA:

TECHO 1 PISO	200 kg/m ²	TRASLAPE
TECHO 2 PISO	200 kg/m ²	
TECHO 3 PISO	200 kg/m ²	
TECHO 4 PISO	200 kg/m ²	
TECHO 5 PISO	200 kg/m ²	
ESCALERA	200 kg/m ²	

MORTERO:

VER LAMINA DE CIMENTACION (ESPECIFICACIONES DE CONCRETO)

LAS JUNTAS VERTICALES Y HORIZONTALES DE DILATACION 1" (USAR TECNOPORT).



NOTA:

A- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION

B- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% o CONSULTAR AL PROYECTISTA.

