

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

Relación de espesores de Terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares

Susan Mabel Oroya Cóndor

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Augusto García Corzo

AGRADECIMIENTO

Culminando esta etapa confortable y hermosa de mi vida, de ser una estudiante universitaria, presento este trabajo de investigación que va dirigido como una expresión de gratitud para:

Mis padres y hermanos que confiaron en mí, que cada día me motivaban a lograr mis sueños y metas, por sus consejos, amor y ayuda en los momentos difíciles y por apoyarme con los recursos necesarios hasta la culminación de mi etapa universitaria y me brindaron todo lo que soy como persona, perseverancia, carácter, valores y principios para poder conseguir mis objetivos.

Así mismo, a mi asesor Ing. Augusto García Corzo, en virtud a sus orientaciones, enseñanzas y valiosa colaboración en el desarrollo de mi tesis. Del mismo modo a todas aquellas personas que directa e indirectamente colaboraron en la feliz culminación del presente trabajo.

A los ingenieros de la facultad de ingeniería civil quienes me brindaron, a través de sus enseñanzas, sus conocimientos en toda mi etapa universitaria, poniéndome retos para la aprobación de cada una de las asignaturas, las cuales me ayudaron a esforzarme y dedicarme a mis estudios cada día más.

A la Universidad Continental por permitirme concluir con mis estudios y haberme brindado una educación de calidad, para así poder construir una base de conocimientos aprendidos durante todo este tiempo.

A mis amigos y compañeros de la facultad por su apoyo y agradable compañía, sobre todo por los buenos momentos que hemos compartido.

DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría y fortaleza para afrontar los retos de la vida.

A mis padres y hermano, por demostrarme siempre su cariño y su apoyo incondicional.

A mi asesor, García Corzo Augusto.

A mis amigos en general.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULAIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1.1. Problema General	19
1.1.2. Problemas Específicos	19
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo General.....	19
1.2.2. Objetivo Específicos	20
1.3. Justificación e Importancia	20
1.3.1. Justificación práctica	20
1.3.2. Justificación metodológica.....	21
1.3.3. Justificación económica.....	21
1.3.4. Justificación ambiental	21
1.4. Hipótesis.....	21
1.4.1. Hipótesis General	22
1.4.2. Hipótesis específicas.....	22
1.5. Variables.....	22
1.5.1. Variable Independiente.....	22
1.5.2. Variable Dependiente	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. Definición e importancia	26
2.2.2. Conceptos de la teoría de la compactación	27
2.2.3. Compactación mecánica – Teoría de Boussinesq.....	28
2.2.4. Comportamiento del suelo ante el efecto de compactación.	29
2.2.5. Características de los suelos en compactación	30
2.2.6. Factores que influyen en el proceso de compactación	31
2.2.7. Método de compactación	37
2.2.8. Beneficios generados por el proceso de compactación.....	40
2.2.9. Control de compactación.....	43
2.2.10. Control de compactación.....	54
2.2.11. Efectos generados por una mala compactación	58
2.2.12. Proctor modificado.....	60
2.2.13. Cálculo de la Energía de Compactación	63
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	65
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE La investigación	65
3.1.1. Método de la investigación	65
3.1.2. Tipo de la investigación	66
3.1.3. Nivel de la investigación	66
3.2. Diseño de la investigación.....	66

3.3.	Población y muestra	67
3.3.1.	Población	67
3.3.2.	Muestra	67
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	72
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos	72
3.5.	Procedimiento de recolección de datos	74
3.5.1.	Análisis del Agregado de Cantera Chaclas	74
3.5.2.	Experimental.....	82
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		95
4.1.	RESULTADOS	95
4.1.1.	Datos obtenidos de densidad INSITU 2 Pasadas con el rodillo	95
4.1.2.	Datos obtenidos de densidad INSITU 4 Pasadas con el rodillo	98
4.1.3.	Datos obtenidos de densidad INSITU 6 Pasadas con el rodillo	101
4.1.4.	Datos obtenidos de Grado de compactación 2 Pasadas con el rodillo.....	104
4.1.5.	Datos obtenidos de Grado de compactación 4 Pasadas con el rodillo.....	107
4.1.6.	Datos obtenidos de Grado de compactación 6 Pasadas con el rodillo.....	110
4.1.7.	Análisis Estadístico con spss	112
4.1.8.	Resumen de datos:	217
CONCLUSIONES		224
RECOMENDACIONES		233
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		234
ANEXOS		236

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Humedad Natural	75
Tabla 2: Análisis Granulométrica-Base Granular	75
Tabla 3: Tabla de Material retenido del Material Granular	77
Tabla 4: Tabla Limite Plástico	77
Tabla 5: Tabla Limite Líquido	78
Tabla 6: Resumen de los Límites de Atterberg	79
Tabla 7: Densidad de la Arena Calibrada.....	82
Tabla 8: Resumen de los conos 2 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas.....	96
Tabla 9: Densidades máximas por altura y cota, con 2 pasadas de rodillo	96
Tabla 10: Resumen de los conos 4 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas.....	99
Tabla 11: Densidades máximas por altura y cota, con 4 pasadas de rodillo.	100
Tabla 12: Resumen de los conos 6 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas.....	102
Tabla 13: Densidades máximas por altura y cota, con 6 pasadas de rodillo.	103
Tabla 14: Resumen de G.C máxima por altura y cota 2 pasadas de rodillo.....	106
Tabla 15: Resumen de G.C máxima por altura y cota 4 pasadas de rodillo.....	108
Tabla 16: Resumen de G.C máxima por altura y cota 6 pasadas de rodillo.....	111
Tabla 17: Resumen densidad de campo 2 pasadas.	113
Tabla 18: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15).....	114
Tabla 19: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.00 -0.15 m	116
Tabla 20: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15	121
Tabla 21: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30).....	122
Tabla 22: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.15 -0.30 m	124
Tabla 23: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30.....	128
Tabla 24: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45).....	129
Tabla 25: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.30 -0.45 m	130
Tabla 26: Correlación de Spearman para la cota 0.30-0.45	134
Tabla 27: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60).....	135
Tabla 28: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.45 -0.60 m	136
Tabla 29: Correlación de Spearman para la cota 0.45-0.60	139
Tabla 30: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75).....	140
Tabla 31: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.60-0.75 m	141
Tabla 32: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75.....	143
Tabla 33: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).....	144
Tabla 34: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.75-1.00 m	144
Tabla 35: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00.....	146
Tabla 36: Resumen densidad de campo 4 pasadas.	147
Tabla 37: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15).....	148

Tabla 38: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.00 -0.15 m	150
Tabla 39: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15	155
Tabla 40: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30).....	156
Tabla 41: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.15 -0.30 m	158
Tabla 42: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30.....	162
Tabla 43: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45).....	163
Tabla 44: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.30 -0.45 m	164
Tabla 45: Correlación de Pearson para la cota 0.30-0.45.....	168
Tabla 46: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60).....	169
Tabla 47: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.45 -0.60 m	170
Tabla 48: Correlación de Pearson para la cota 0.45-0.60.....	173
Tabla 49: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75).....	174
Tabla 50: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.60-0.75 m	175
Tabla 51: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75.....	178
Tabla 52: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).....	179
Tabla 53: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.75-1.00 m	179
Tabla 54: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00.....	181
Tabla 55: Resumen densidad de campo 6 pasadas	182
Tabla 56: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15).....	183
Tabla 57: Prueba de normalidad de la franja 3 cota 0.00 -0.15 m	185
Tabla 58: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15	190
Tabla 59: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30).....	191
Tabla 60: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.15 -0.30 m	193
Tabla 61: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30.....	197
Tabla 62: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45).....	198
Tabla 63: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.30 -0.45 m	199
Tabla 64: Correlación de Pearson para la cota 0.30-0.45.....	202
Tabla 65: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60).....	203
Tabla 66: Prueba de normalidad de la franja 3 cota 0.45 -0.60 m	205
Tabla 67: Correlación de Pearson para la cota 0.45-0.60.....	207
Tabla 68: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75).....	209
Tabla 69: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.60-0.75 m	210
Tabla 70: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75.....	213
Tabla 71: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).....	214
Tabla 72: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.75-1.00 m	214
Tabla 73: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00.....	216
Tabla 74: RESUMEN DE DENSIDADES A 2 PASADAS.....	217
Tabla 75: RESUMEN DE DENSIDADES A 4 PASADAS.....	218
Tabla 76: RESUMEN DE DENSIDADES A 6 PASADAS.....	220

Tabla 77: Combinación de Espesor y número de pasadas..... 221

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva de Compactación.....	32
Figura 2: Contenido de humedad vs Grado de saturación.....	33
Figura 3: Curva de compactación Proctor Estándar y Modificado, curvas de saturación.....	34
Figura 4: Curvas de Compactación según composición granular.....	36
Figura 5: Aumento de la estabilidad.....	40
Figura 6: Aumento de la capacidad de carga.....	41
Figura 7: Disminución del asentamiento.	41
Figura 8: Disminución de la merma del suelo.	42
Figura 9: Disminución de la Permeabilidad.....	43
Figura 10: Relación entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre el plano de falla. .	43
Figura 11: Ensayo de cono de arena	49
Figura 12: Balón de Goma	50
Figura 13: Densímetro Nuclear	51
Figura 14: Métodos de Proctor Modificado	63
Figura 15: Mapa del Perú - Departamento Junín	68
Figura 16: Ubicación geográfica del distrito de Sapallanga	68
Figura 17: Ubicación de la cantera Chaclas – Distrito de Sapallanga	69
Figura 18: Cantera de Chaclas de material granular.	69
Figura 19: Vista de Niveles de Análisis	70
Figura 20: Vista planta del terreno.	71
Figura 21: Vista Elevación.....	71
Figura 22: Curva Granulométrica-Base Granular.....	76
Figura 23: Determinación de Limite Liquido a 25 golpes	79
Figura 24: Determinación de la densidad de la Arena Ottawa.....	81
Figura 25: Molde Proctor + Arena calibrada.....	82
Figura 26: Zarandeado del material granular	83
Figura 27:Acopio del Material.....	84
Figura 28: Mezclado del Material Granular para Homogenizar W%.....	84
Figura 29: Acomodo y Limitación de las 3 franjas.....	85
Figura 30: Compactación 2 pasadas con rodillo de 12 ton.	86
Figura 31: Compactación 4 pasadas con rodillo de 12 ton	86
Figura 32: Compactación 6 pasadas con rodillo de 12 ton	87
Figura 33: Tramos de prueba Compactados.....	88
Figura 34: Nivelación con Nivel de Ingeniero.....	89
Figura 35: Nivelación y marcación de alturas.	89
Figura 36: Determinación de diferencial de alturas después de la compactación.....	90
Figura 37:Marcado de alturas.....	90

Figura 38: Extracción del Material del Agujero.....	91
Figura 39: Pesado del material extraído y Tamizado 3/4.....	92
Figura 40: Determinación del volumen que ocupa la Arena Calibrada en el Agujero.	92
Figura 41: Cono de Arena - 4 por cada nivel.	93
Figura 42: Cono de Arena último nivel - 2 pasadas con rodillo.....	93
Figura 43: Culminación del Ensayo cono de Arena en las 3 franjas.....	94
Figura 44: Primera franja- alturas y cotas con 2 pasadas de rodillo.	95
Figura 45: Densidad seca vs Alturas, con 2 pasadas de rodillo	97
Figura 46: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 2 pasadas de rodillo.....	98
Figura 47: Primera franja- alturas y cotas con 4 pasadas de rodillo.	98
Figura 48: Densidad seca vs Alturas, con 4 pasadas de rodillo	100
Figura 49: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 4 pasadas de rodillo.....	101
Figura 50: Primera franja- alturas y cotas con 6 pasadas de rodillo.	102
Figura 51: Densidad seca vs Alturas, con 6 pasadas de rodillo	103
Figura 52: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 6 pasadas de rodillo.....	104
Figura 53: Resumen de Grado de compactación 2 pasadas de rodillo.	105
Figura 54: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 2 pasadas de rodillo.	107
Figura 55: Resumen de Grado de compactación 4 pasadas de rodillo.	108
Figura 56: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 4pasadas de rodillo.	109
Figura 57: Resumen de Grado de compactación 6 pasadas de rodillo.	110
Figura 58: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 6 pasadas de rodillo.	112
Figura 59: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm.....	117
Figura 60: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm.....	117
Figura 61: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm.....	118
Figura 62: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm.....	119
Figura 63: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm.....	119
Figura 64: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m	120
Figura 65: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm.....	124
Figura 66:: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm.....	125
Figura 67: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm.....	126
Figura 68: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm.....	126
Figura 69: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m	127
Figura 70: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 45 cm.....	131
Figura 71: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm.....	132
Figura 72: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm.....	132
Figura 73: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m	133
Figura 74: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm.....	137
Figura 75: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm.....	137
Figura 76: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m	138

Figura 77: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm.....	141
Figura 78: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m	142
Figura 79: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m	145
Figura 80: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm.....	151
Figura 81: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm.....	151
Figura 82: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm.....	152
Figura 83: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm.....	153
Figura 84: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm.....	153
Figura 85: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m	154
Figura 86: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm.....	158
Figura 87: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm.....	159
Figura 88: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm.....	160
Figura 89: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm.....	160
Figura 90: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m	161
Figura 91: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm.....	165
Figura 92: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm.....	166
Figura 93: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm.....	166
Figura 94: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m	167
Figura 95: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm.....	171
Figura 96: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm.....	172
Figura 97: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m	172
Figura 98: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm.....	176
Figura 99: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m	177
Figura 100: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m	180
Figura 101: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm.....	186
Figura 102: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm.....	186
Figura 103: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm.....	187
Figura 104: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm.....	188
Figura 105: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm.....	188
Figura 106: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m	189
Figura 107: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm.....	193
Figura 108: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm.....	194
Figura 109: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm.....	195
Figura 110: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm.....	195
Figura 111: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m	196
Figura 112: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 45 cm.....	200
Figura 113: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm.....	200
Figura 114: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm.....	201
Figura 115: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m	202

Figura 116: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm	205
Figura 117: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm	206
Figura 118: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m	207
Figura 119: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm	211
Figura 120: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m	212
Figura 121: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m	215
Figura 122: DENSIDADES ALCANZADAS A 2 PASADAS CON RODILLO	218
Figura 123: DENSIDADES ALCANZADAS A 4 PASADAS CON RODILLO	219
Figura 124: DENSIDADES ALCANZADAS A 6 PASADAS CON RODILLO	221

RESUMEN

La presente investigación titulada "RELACIÓN DE ESPESORES DE TERRAPLÉN Y EL NÚMERO DE PASADAS DE RODILLO ESTÁNDAR DE 12 TONELADAS CON LA DENSIFICACIÓN EN SUELOS GRANULARES". Se centra en lograr obtener INSITU las correlaciones entre el espesor de terraplén, el número de pasadas de un rodillo de 12 tn, con la densidad del suelo compactado. Para poder lograr este objetivo, en primera instancia se caracterizó mediante ensayos normalizados el material de la Cantera Chaclas ubicado en el Distrito de Sapallanga, obteniendo sus características granulométricas, límites de consistencia (LP, LL e IP), OCH, MDS y CBR. El procedimiento seguido consistió en la construcción de un terraplén en un área de 78 m², dividido en 3 franjas, cada franja con un relleno a diferentes alturas de 0.15m, 0.30m, 0.45m, 0.60m, 0.80m y 1.00m, los cuales fueron sometidos a diferentes número de pasadas de rodillo de 2, 4 y 6 pasadas; posteriormente se obtuvo la densidad del material INSITU a través del ensayo en campo del cono de arena (MTC E 117- 2000) valor que se comparó con la MDS, consecutivamente se verificó el grado de compactación de cada muestra. Los resultados obtenidos en la investigación determinaron que la relación entre el espesor del terraplén y la densidad del suelo, es inversamente proporcional, pues se evidenció que a mayor espesor del terraplén, se obtuvo menos densidad en las 3 franjas de estudio; mientras para que la relación entre el número de pasadas del rodillo estándar de 12 toneladas y la densidad del suelo, la relación fue directamente proporcional; pues cuando se aumentó el número de pasadas, aumentó también la densificación del suelo. Para validar nuestros resultados se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos para cada franja (1,2 y 3) en las diferentes cotas (0.00-0.15 m, 0.15 m-0.30 m, 0.30-0.45 m, 0.45 m-0.60 m, 0.60 m- 0.75 m y 0.75 m-1.00 m, para todos los casos se aplicó el análisis para normalidad Shapiro Wilk, también se realizó el análisis de correlación con el método de Spearman y para otros se utilizó el método de Pearson; con lo que se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a determinadas pasadas de rodillo y a las diferentes cotas analizadas. Finalmente, como aporte de la investigación, se determinó que para que se pueda cumplir con los requerimientos del manual de especificaciones técnicas del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, referente a terraplenes. En caso de que el espesor a compactar sea de 15 cm a 30 cm, se debe de aplicar como mínimo 2 pasadas del rodillo de 12 tn. En caso de que el espesor a compactar sea de más 30cm hasta 45 cm, se debe de aplicar como mínimo 4 pasadas del rodillo de 12 tn. En caso de que el espesor a compactar sea de más 45 cm hasta 60 cm, se debe de aplicar como mínimo 6 pasadas

del rodillo de 12 tn. Por lo que se determina que a mayores espesores no se llega a cumplir con el grado de compactación mínimo.

ABSTRACT

The present investigation entitled "RELATIONSHIP OF TERRAPLEN THICKNESSES AND THE NUMBER OF STANDARD ROLLER PASSES OF 12 TONS WITH DENSIFICATION IN GRANULAR SOILS". It focuses on obtaining INSITU correlations between the embankment thickness, the number of passes of a 12 ton roller, with the compacted soil density. In order to achieve this objective, the Chaclas Quarry material located in the District of Sapallanga was characterized by standardized tests in the first instance, obtaining its granulometric characteristics, consistency limits (LP, LL and IP), OCH, MDS and CBR. The procedure followed consisted of the construction of an embankment in an area of 78 m², divided into 3 strips, each strip with a filling at different heights of 0.15m, 0.30m, 0.45m, 0.60m, 0.80m and 1.00m, which were subjected to different number of roll passes of 2, 4 and 6 passes; subsequently, the density of the INSITU material was obtained through the field test of the sand cone (MTC E 117-2000) value that was compared with the MDS, consecutively the degree of compaction of each sample was verified. The results obtained in the investigation determined that the relationship between the thickness of the embankment and the density of the soil is inversely proportional, since it was evidenced that the greater the thickness of the embankment, the less density was obtained in the 3 study strips; while for the relationship between the number of passes of the standard 12 ton roller and the soil density, the ratio was directly proportional; because when the number of passes was increased, the soil densification also increased. To validate our results, the statistical analysis of the data obtained for each strip (1,2 and 3) was carried out at the different levels (0.00-0.15 m, 0.15 m-0.30 m, 0.30-0.45 m, 0.45 m-0.60 m, 0.60 m-0.75 m and 0.75 m-1.00 m, for all cases the analysis for normality Shapiro Wilk was applied, the correlation analysis with the Spearman method was also performed and for others the Pearson method was used; with which determines that if there is a correlation between the heights compacted to certain roller passes and the different dimensions analyzed, finally, as a contribution of the investigation, it was determined that in order to comply with the requirements of the technical specifications manual of the MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS , referring to embankments In case the thickness to be compacted is 15 cm to 30 cm, at least 2 passes of the 12 ton roller must be applied, in case the thickness to be compacted is more than 30cm to 45 cm cm, at least 4 passes of the 12 ton roller must be applied. If the thickness to be compacted is more than 45 cm to 60 cm, at least 6 passes of the 12 ton roller must be applied. Therefore, it is determined that at higher thicknesses the minimum degree of compaction is not achieved.

INTRODUCCIÓN

En la práctica actual el proceso de compactación de las capas estructurales a nivel global se ha tenido en cuenta en los proyectos de carreteras, interviniendo generalmente en mejoramiento del aumento de resistencia y disminución de la capacidad de deformación del suelo al eliminar los vacíos que se presentan en él ,tomando en cuenta que esta fase deberá ser correctamente realizada para reducir daños a largo plazo como asentamientos que causan mayores sobre costos en los proyectos de carreteras y sanitarios; es por ello que hoy en día existen normas técnicas que se aplican para el proceso de compactación de materiales a usarse en cada zona (Sanchez Giron, 1996).

(Badillo, 2014)Hizo notar que la mayoría de los ingenieros solo les importa llegar a la densidad máxima requerida según su proyecto, sin tomar en cuenta la altura de compactad a utilizar como tal y han descuidado la atención de la estabilidad estructural; por lo que (Mendoza Lopez, 1992),declara que aún se persiste la idea de llevar un control adecuado del proceso de compactación y de la estabilidad estructural de las capas estructurales y/o rellenos.

Con el presente estudio se pretende resaltar el objetivo real de la compactación, como es, determinar relaciones positivas entre la densificación, número de pasadas del rodillo de 12 ton y relación de espesores de terraplén.

El presente trabajo de investigación está conformado por cinco capítulos:

Capítulo I: Se hace referencia al planteamiento del problema, el cual a partir de la situación dada llegamos a la formulación del problema, objetivos, hipótesis, definir las variables en estudio y los argumentos que justifican el estudio de la investigación.

Capítulo II: Se refiere al Marco Teórico: Antecedentes y Bases Teóricas, que sirvieron de referencia al problema planteado y toda la información documentada relacionadas a la investigación como tipos, aplicaciones, especificaciones, usos y método de aplicación.

Capítulo III: Se detallan los procedimientos y métodos seguidos para alcanzar los objetivos planteados, abarcando la metodología de la investigación (tipo, nivel, método y diseño), la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de datos.

Capítulo IV: El cual refiere la presentación de los resultados y análisis de las relaciones entre la variable dependiente y las independientes.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de movimiento de tierras en nuestro medio nos obliga a entender los procesos y métodos que se han desarrollado en el tiempo para poder tratar en forma adecuada estas actividades, trabajos como corte de material, rellenos, transporte y conformación de diferentes tipos de terraplenes que forman parte del quehacer diario de los ingenieros dedicados al movimiento de tierras.

El conocimiento de la teoría de compactación que es usada para conformar rellenos y terraplenes estables es indispensable. Justamente este último ha llevado a algunas empresas a realizar procesos no estandarizados con el fin de reducir sus costos y aumentar sus ganancias, sin tomar en cuenta el nivel de riesgo en la estabilidad y el confortamiento ineficiente de las estructuras.

En el caso de terraplenes y rellenos de gran espesor, estas deben de ser conformados en etapas, siendo compactados en capas de un espesor propuesto deberá ser el máximo que se utilice en obra, el cual en ningún caso exceder de 30 cm (Manual de carreteras - especificaciones técnicas generales para construcción 2013). Sin embargo, algunas empresas con el afán de reducir costos realizan el proceso con capas granulares de mayor espesor que varían entre 40, 50, 70, 80 cm hasta 1.00 m (Terraplenes y presas – Mecánica de suelos y Geología-Alejo O. Friso), con un total desconocimiento de los efectos en la estabilidad de las estructuras de tierra.

La presente investigación pretende realizar una investigación a escala real con la aplicación de un diferencial de energía de compactación y a diferentes espesores de capa y determinar el efecto, y constatar IN SITU como varia la densidad a medida que se aleja del punto de aplicación de la carga, y un modelamiento para determinar su comportamiento interno. De esta manera se podrá establecer recomendaciones y algunos datos interesantes sobre la compactación en campo.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida, tiene efecto la relación de espesores de la capa de compactado de terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida el **espesor de la capa de compactado del terraplén** afecta la densificación en suelos granulares?
- ¿En qué medida el **número de pasadas del rodillo de 12tn**, afecta la densificación en suelos granulares?
- ¿Se puede determinar una combinación de espesor de la capa de compactado del terraplén y número de pasadas del rodillo de 12tn, para obtener una densificación del material que cumpla con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras aplicado a terraplenes?

1.2. OBJETIVOS

Al concluir el planteamiento y formulación del problema se proyecta resolver los siguientes objetivos:

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación de **espesor de la capa de compactado del terraplén** y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares.

1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar en qué medida el **espesor de la capa de compactado del terraplén** afecta la densificación en suelos granulares.
- Determinar en qué medida el **número de pasadas del rodillo de 12tn**, afecta la densificación en suelos granulares.
- Determinar una combinación de espesor de la capa de compactado del terraplén y número de pasadas del rodillo de 12tn, para obtener una densificación del material que cumpla con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras aplicado a terraplenes.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Los procesos de compactación son comunes en las obras civiles, tales como saneamiento básico, donde se compacta el material de relleno de las zanjas donde van las tuberías, carreteras, donde se compacta los rellenos, capas de pavimentos, presas de tierra, minería, etc.

Una de las cosas que preocupa a los ingenieros es que el relleno producto del proceso de compactado sea estable, que resista su propio peso y las sobrecargas que se presenten.

Por tanto, es imprescindible utilizar un buen equipo con una carga apropiada y compactar en capas de poco espesor (espesor recomendado 30 cm) sin embargo para rellenos de gran espesor compactar de esta manera es muy costoso. En este caso los contratistas que no tienen mucha supervisión se arriesgan a compactar capas de más espesor para reducir el costo, ignorando muchas veces el efecto que puede en la estabilidad final. (Lopez Saiz, 2008)

La presente investigación pretende determinar el efecto del espesor de la capa de terraplén compactada y la energía de compactación de un rodillo estándar común de 12 ton, en la estabilidad del producto y recomendar los límites máximos de

espesor y las energías de compactación más convenientes a aplicar. Mediante un experimento a escala real.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para la investigación el ensayo de cono de arena nos determina la densidad a diferentes alturas en las 3 franjas, para posteriormente analizar cada una de las muestras y determinar cuál de ellas se aproxima y si se logra obtener a la Densidad Máxima Seca (DMS) de laboratorio encontrado por ensayo de Proctor modificado. Por consiguiente, se determinará el grado de compactación y verificar si estas cumplen con los mínimos 90% - 95% de grado de compactación (G.C) para los distintos tipos de rellenos, Depósitos de Material Excedente (D.M.E), Terraplenes, Bases. Según lo especificado por el Manual de Carreteras-Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En el ámbito económico al determinar la influencia que tiene el espesor de las capas y el número de pasadas del rodillo en la densidad de los suelos granulares, los resultados de la investigación permitirán que las empresas realicen un adecuado uso de la compactación en campo. Además, las empresas tendrán mayor conocimiento de la elección del espesor de rellenos y números pasadas adecuadas para lograr obtener las densidades máximas IN SITU solicitadas en obra y con ello lograr ahorrar tiempo y costos en la ejecución del estudio y prevenir gastos posteriores, logrando evitar las fallas por asentamiento, fallas por corte y permeabilidad.

1.3.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La explotación de los materiales granulares para actividades de rellenos se ha vuelto primordial para la ejecución de distintos tipos de obras, con la investigación se determinará espesores adecuados y evitará la explotación innecesaria y excesiva de los materiales granulares.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El Espesor de la capa de compactado del terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas afectan la densificación en suelos granulares.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- A mayor **espesor de la capa de compactado del terraplén** menor valor de la densificación en suelos granulares.
- A mayor número **de pasadas del rodillo de 12tn**, mayor valor en la densificación en suelos granulares.
- Existen combinaciones de espesor de la capa de compactado del terraplén y número de pasadas del rodillo de 12tn, que permiten obtener una densificación del material, que cumpla con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras aplicado a terraplenes.

1.5. VARIABLES

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Relación de espesores de terraplén
- Número de pasadas del rodillo standard de 12 ton

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Densificación de suelos granulares

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la investigación se tomó en cuenta estudios previos concernientes al tema de investigación, en las que se pueden encontrar:

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según (Guerrón Avecillas, 2013)“Comparación de resultados de densidad de campo por los métodos cono y arena, volumétrico y densidad nuclear”

Se evaluó el método más fiable para obtener datos en lo que se refiere a la obtención de la Densidad de Campo. En el estudio se utilizó seis vías diferentes de la ciudad de Quito; pues se desea conocer la forma de realización de dichos métodos, y con los resultados obtenidos de los ensayos de Densidad de Campo, determinar los valores que se identifican como los más confiables, ayudados por Normas internacionales y nacionales. La comparación de los resultados entre los tres métodos permitió saber qué métodos son aplicables para cada capa de la vía y cuál de ellos es el más confiable en sus resultados, teniendo presente que el más confiable no sea el que menos tiempo emplee para la obtención de los resultados.

Se determinó que los tres métodos son aptos para determinación de la densidad de campo, pero el método de cono y arena es el método más viable y factible para la determinación de la densidad de campo en suelos finos y gruesos, a su vez el método volumétrico se puede utilizar en suelos finos con resultados satisfactorios,

es de importancia mencionar el factor tiempo que lleva al elaborar una cono y arena, volumétrico y densímetro nuclear.

Mientras que para el método de la arena la elaboración de una prueba se toma de 30-40min, para el método volumétrico se toma de 20 - 30, con el densímetro nuclear cada ensayo se realiza aproximadamente en 15seg., lo cual las empresas ven como un beneficio dicho dato.

Según (Castro Araya, 2014) en su investigación “Nuevas propuestas en el control de la calidad de la compactación” realizó una investigación sobre las nuevas metodologías de control de compactación del suelo con el objetivo de analizar su posible aplicación en Costa rica. Durante el proceso de investigación se encontraron seis metodologías de compactación y se recopiló la información relativa a cada una de ellas. Además, se diseñó un modelo experimental basado en el control de asentamientos y se aplicó en campo para verificar la factibilidad.

Según (Yepes Piqueras, 2014) “Compactación Dinámica y control con ensayos de penetración Dinámica”

Esta investigación fue realizada en la facultad de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Valencia hacen referencia al comportamiento de los materiales para su uso en procesos de relleno en los diferentes tipos de proyectos con la finalidad de determinar el comportamiento variable de éstos a fin de ser aplicados en los distintos proyectos en general de la zona y observar si éstos se adecúan según las características esperadas al ser aplicados a ensayos mediante el cumplimiento de normas técnicas referente a la compactación de suelos, los alcances para este proceso serán establecidos dependiendo del material y la forma de compactación en los proyectos, demostrando que para rellenos o mejoramiento del suelo con respecto a la compactación de suelos se tendrá en cuenta la reproducción de las propiedades de los suelos en laboratorio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según (Llique Mondragón, y otros, 2014) “Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos”

En esta investigación se tuvo como propósito determinar la influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos. En la investigación se utilizó muestras de suelo arcilloso con una alta

plasticidad y suelo arcilloso de baja plasticidad, se realizaron ensayos de análisis granulométrico y plasticidad para clasificar al suelo mediante el SUCS, se efectuó el ensayo de compactación Proctor modificado para obtener el óptimo contenido de humedad y la densidad seca máxima; para el ensayo especial de hinchamiento las muestras se compactaron con contenido de humedad óptimo, menores al óptimo en 1%, 2% y 3% y mayores al óptimo en 1%, 2% y 3%, las muestras fueron sumergidas en agua durante 96 horas y se registró las lecturas de tiempo versus hinchamiento. Los resultados experimentales muestran la variación de la expansión del suelo arcilloso de alta plasticidad CH, desde 0,25% hasta 5,52% y del suelo arcilloso de baja plasticidad CL desde 0,68% hasta 5,02%. Con el análisis estadístico se obtuvo los modelos de regresión polinomial, los coeficientes determinísticos que indican que las variables de humedad de compactación y tiempo explican el 98 % la expansión de los suelos arcillosos CH y CL, y el 2% pertenece a otras variables o al error aleatorio. Los modelos matemáticos obtenidos establecen las relaciones causa efecto entre las variables humedad de compactación y expansión, los mayores valores de expansión se obtuvieron para los suelos arcillosos de alta plasticidad CH y baja plasticidad CL.

Según (Pariona Quintan, 2014) "Estudio de la resistencia de la sub-base usando experimentos factoriales basado en el contenido de humedad, energía de compactación y la hidratación"

La tesis toma como punto principal el mejoramiento de las condiciones estructurales de los componentes de un pavimento se fundamenta en algún índice de resistencia del suelo compactado, sin embargo, en la práctica actual, la calidad requerida en campo se evalúa solo en términos de densidad seca máxima, admitiéndose así la relación; a mayor resistencia, mayor densidad y considerándose como una consecuencia al objetivo primario de la compactación. Se utilizó la técnica estadística de experimentos factoriales para establecer las relaciones entre la variable dependiente y cada una de las independientes, además, obtener el efecto de la interacción de todas las variables independientes en la dependiente. Los datos conseguidos con los ensayos factoriales se analizan y ·organizan mediante los mapas de. resistencia, los que son una representación tridimensional de los parámetros involucrados en la compleja interacción de las variables.

Según (Chirinos Quispe, 2015)“Efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el gavilán, 2015”.

La presente investigación tuvo la finalidad de analizar el material proveniente de la cantera El Gavilán con el objetivo principal de determinar la influencia que tiene la energía de compactación con respecto al óptimo contenido de humedad y densidad seca máxima. Para el desarrollo de la investigación se realizó los ensayos generales para clasificar el suelo mediante el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), con el resultado del ensayo granulométrico se determinó el método de aplicación del Proctor, llegándose a utilizar el método “C” para compactar el suelo; en el Proctor Modificado se varió la energía de compactación, empezando con 56 golpes por capa, establecido en la norma técnica ASTM D-1557, hasta los 61 golpes por capa haciendo esta variación de un golpe por cada capa en cada uno de los ensayos realizados. Se determinó que el material granular requiere de una mayor energía de compactación para obtener el óptimo contenido de humedad y la densidad seca máxima con respecto a lo mencionado por la norma técnica ASTM D-1557, resultando una variación de 0.97 kg/cm² en la energía de compactación. Se concluye que la DMS obtenida fue 2.18 gr/cm³ y el óptimo contenido de humedad de 3.5%, se obtiene con 28.24 kg/cm² de energía de compactación correspondiente a 58 golpes por capa.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

Existen distintas definiciones para la compactación de los suelos: Para (Badillo, y otros, 1985) ,la compactación de los suelos es el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos ;mientras que (Yang, 1975) menciona que la compactación es el proceso en el cual el volumen de una masa de suelo formado por partículas sólidas, aire y agua es reducida por la aplicación momentánea de cargas aplicadas con rodillos ,golpes o vibración.

En resumen, se lograría definir a la compactación de suelos como el proceso en el cual los suelos mejoran sus propiedades mecánicas y su funcionamiento del suelo por medio de la aplicación de energía a través de medios mecánicos.

2.2.2. CONCEPTOS DE LA TEORÍA DE LA COMPACTACIÓN

Las bases conceptuales del proceso de compactación de suelos son bien conocidas y derivan de la publicación pionera de Proctor (1933) el cual dio una explicación sobre lo que pasaba al compactar un suelo y agregarle agua, creía que la humedad en un suelo relativamente seco crea efectos de capilaridad la cual une a las partículas creando una mayor fricción que se opone a las fuerzas de compactación.

Según Proctor al realizar el proceso de compactación a un suelo con mayor cantidad de agua se logra una mayor lubricación entre todas las partículas, causando que el suelo sea más denso y se reordenen con mayor facilidad. La culminación del proceso de compactación acaba cuando el suelo combinado con el aire que no ha expulsado, llena todos los vacíos. En este punto se puede decir que el suelo alcanzado su mayor densidad.

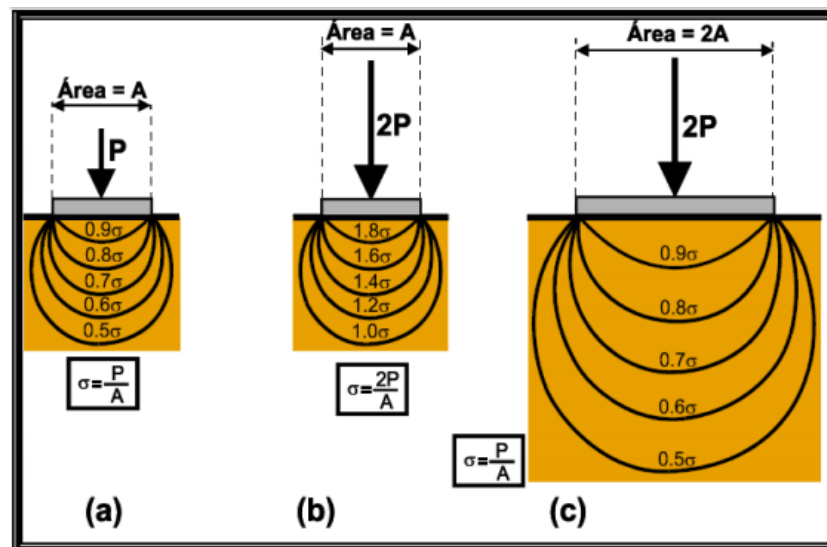
Según (Yang, 1975) nos mencionan que con un mayor contenido de humedad la compactación se limita a un punto donde los vacíos se igualan con el volumen de agua y aire, aumentando los vacíos y disminuyendo la densidad e incrementando la plasticidad.

(Lambe, y otros, 1960) explican el fenómeno de la compactación argumentando que a cantidades mínimas de agua la floculación de las partículas (que es un proceso químico mediante el cual y por medio de sustancias floculantes se aglutinan las sustancias coloidales del agua – Wikipedia) se produce debido a la alta concentración de electrolitos. La floculación es causa de bajas densidades, lo que mejora al aumentar el agua, la misma disminuye la concentración de electrolitos lográndose una estructura más dispersa y con menos vacíos permitiendo que las partículas del suelo se acomode de una manera más orientada y densa, esto se da en suelos finos.

2.2.3. COMPACTACIÓN MECÁNICA – TEORÍA DE BOUSSINESQ

Antes de ver los diferentes equipos utilizados en la compactación mecánica, tendremos que entender cómo se distribuyen los esfuerzos en un suelo bajo una carga, donde es la teoría de Boussinesq la que mejor lo explica.

Pondremos un ejemplo para la ilustración de esta teoría. Si se toma un área “A” de terreno de un suelo determinado y se le aplica una carga “P” se forman unos bulbos de esfuerzos como se muestra a continuación.



Distribución de esfuerzos en un suelo

Si se aumenta la carga al doble, es decir 2P, sin que se altere las dimensiones del área, los esfuerzos aumentan al doble como se puede observar en la figura (b), lo que puede ocasionar fracturas en las partículas del suelo variando grandemente su granulometría, además no se incrementa la distribución de esfuerzo esquematizadas por las semicircunferencias, lo que se concluye que no es conveniente sobrecargar los equipos más allá de las especificaciones de los fabricantes, pues también pueden llegar a dañarse al aplicarles cargas que sobrepasen a las de diseño. Pero si se aumenta la carga y el área al doble el esfuerzo es el mismo que el primero, pero la profundidad de las distribuciones si aumenta, con lo que se concluye que si se desean capas de mucho mayor espesor deben usarse equipos más pesados y con áreas de contacto mayores. (Boussinesq, 1867).

Se tiene que tener un control en el espesor de las capas para poder suministrar de mejor manera la energía necesaria para poder obtener la compactación requerida en el proyecto, es de vital importancia contar con un estricto control de calidad para garantizar que esta compactación cumplirá con la vida útil de la obra en cuestión. Se tomará en cuenta que no se podrá aumentar significativamente el espesor de la capa haciendo que se les aplique una carga en demasía a los equipos de compactación, lo que provoque que estos sufran descomposturas. Para aumentar el espesor de la capa se debe cambiar el equipo de compactación por otro que tenga mayor superficie de contacto, procurando que la presión ejercida también crezca en la misma proporción. Boussinesq desarrolló la teoría de la distribución de presión para un medio elástico. Para fines prácticos de compactación podemos considerar elásticos a todos los suelos ya que esta teoría es razonablemente cierta aún para suelos granulares (Boussinesq, 1867).

En el trabajo de investigación se considera cargas uniformemente distribuidas debido a la presión de cargas del rodillo a lo largo y ancho de los tramos de prueba, el cual se hace una diferencia al teorema de Boussinesq que se aplica para cargas puntuales.

2.2.4. COMPORTAMIENTO DEL SUELO ANTE EL EFECTO DE COMPACTACIÓN.

La aplicación de la compactación en el suelo genera un incremento inmediato en la cantidad de sólidos por unidad de volumen o cual se deduce en un aumento en la densidad máxima seca. El mayor contacto entre las partículas, así como el incremento en el esfuerzo entre ellas, son los efectos implícitos por la compactación y que puede contribuir en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo. El cual el módulo de deformación es directamente proporcional al número de contactos, lo cual explica la disminución de la deformabilidad con lo cual se disminuye la compresibilidad de los suelos y se incrementa su estabilidad volumétrica.

Según (Rico Rodriguez, 1992) nos menciona que “ La resistencia tiende ,en principio , a aumentar cuando aumenta el número de contactos entre sólidos ,porque al ser requerido el suelo por esfuerzos cortantes se producen aplastamientos en los puntos en que ocurren tales contactos ,lo que a su vez

propicia un aumento de los mismos contactos y un mayor encaje en las micro asperezas entre los sólidos” .

2.2.4.1. Ventajas

- Aumento de resistencia y capacidad de carga
- Reducción de la compresibilidad
- Disminución de vacíos.
- Mejora el comportamiento esfuerzo-deformación del suelo.
- Incremento de estabilidad de taludes de terraplenes

2.2.4.2. Aplicación

- Terraplenes para caminos y ferrocarriles
- Cortinas para presas de tierra
- Diques
- Pavimentos
- Mejoramiento de terreno natural para cimentación

2.2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN COMPACTACIÓN

a) Forma de las Partículas

La forma de las partículas de los suelos se aparta en distinto grado de la esférica y en consecuencia también de la de los anillos de agua en cada contacto. Simples consideraciones geométricas, indican que la superficie contactada para un mismo volumen de partículas será tanto mayor cuando la forma de las partículas se aparte más de la esférica (Draghi, 2004).

b) Textura de las partículas del suelo

La textura de la superficie de las partículas condiciona el coeficiente de fricción entre las mismas y por ende la acción de un esfuerzo exterior destinado a lograr la densificación (Sagués, 2008).

c) Distribución de los tamaños del suelo

Para un mismo volumen sólido y forma de las partículas una granulometría bien graduada, provee mayor número de contactos que en una granulometría uniforme. A mayor uniformidad de tamaños, el contenido de humedad tiene menor influencia en la compactación, lo que se evidencia en curvas de forma más achatada comparativamente con suelos similares mejor graduados granulométricamente (Sagués, 2008).

d) Orientación relativa de las partículas

La orientación relativa de las partículas incide en la forma de los anillos de agua. Por otra parte, dependerá de la forma de entrega de la energía de compactación, (golpes, amasado, presión estática, etc.). Cuanto mayor sea el paralelismo en su distribución, mayores serán los puntos de contacto y por ende la cantidad de anillos de agua que se formen (Sagués, 2008).

e) Actividad superficial de las partículas del suelo

Las fracciones finas son superficialmente activas, por lo tanto, capaces de retener e inmovilizar el agua por adsorción (orientación polar). Ésta actúa como un incremento de su volumen sólido real. El agua está retenida por energías muy elevadas y la de contactos sólo puede existir, cuando el contenido de humedad supera el necesario para saturar la capacidad de absorción propia de cada suelo (Sagués, 2008).

2.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COMPACTACIÓN

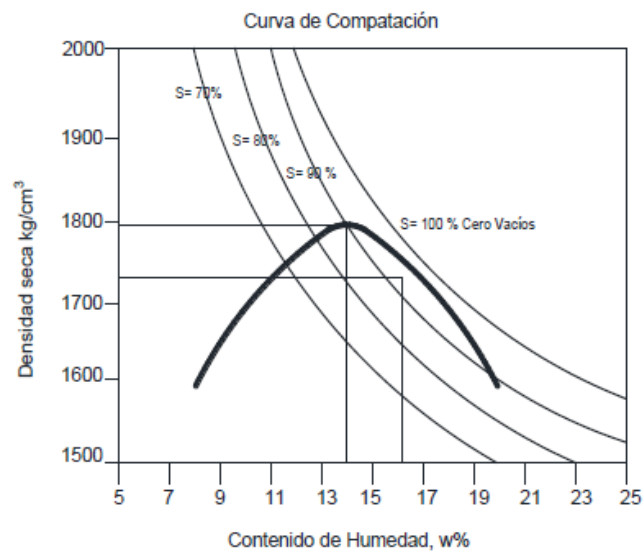
Los principales factores que influyen e intervienen dentro del proceso de la compactación de los suelos son el contenido de humedad y la energía de compactación. Pero también existen otros factores que a continuación se describen que también afectan en la compactación del suelo.

2.2.6.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad influye directamente en el peso específico seco, obtenido en el proceso de compactación. Como se puede ver en la

Figura 1 mientras que el contenido de humedad aumenta, mayor es el peso específico seco obtenido, hasta llegar al pico de la curva, que es donde el contenido de humedad óptimo proporciona el máximo valor de peso específico del ensayo. Después de este contenido de humedad óptimo, los pesos específicos disminuyen (Sagués, 2008).

Figura 1: Curva de Compactación.

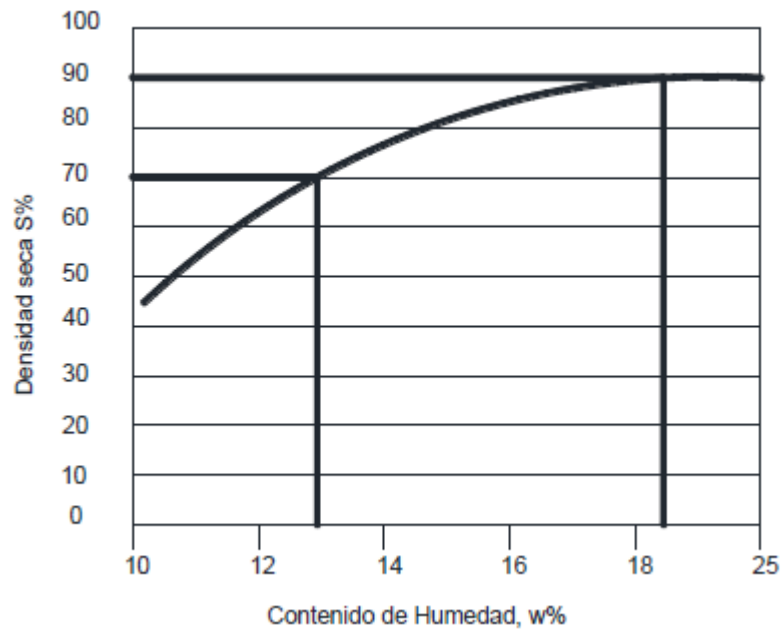


Fuente: Badillo,2014.

En la figura 1 se puede ver que el grado de saturación aumenta con el aumento de la humedad. En esta gráfica, para la densidad de sólidos del suelo y al ser éste compactado, alcanza un grado de saturación del 80% en el punto de peso específico seco máximo y humedad óptima (línea horizontal superior) A partir de este punto, el grado de saturación sigue en aumento con la adicción de agua, hasta que llega a su mayor grado de saturación aproximadamente del 90% (línea horizontal inferior). A partir de este punto, el grado de saturación decrece, permaneciendo más o menos constante.

La siguiente figura 2. muestra también lo explicado en el párrafo anterior; puede verse en la línea horizontal inferior la humedad óptima y en la línea horizontal superior la humedad de máxima saturación.

Figura 2: Contenido de humedad vs Grado de saturación.



Fuente: Badillo,2014.

El contenido de agua además afecta a la estructura del suelo que está siendo compactado. Cuando hay poca agua en el suelo, éste ejerce una fuerza de resistencia al esfuerzo de compactación, debido a la alta concentración de iones en el agua, a los esfuerzos efectivos producidos por la tensión capilar y a la poca repulsión entre las partículas (Badillo, 2014).

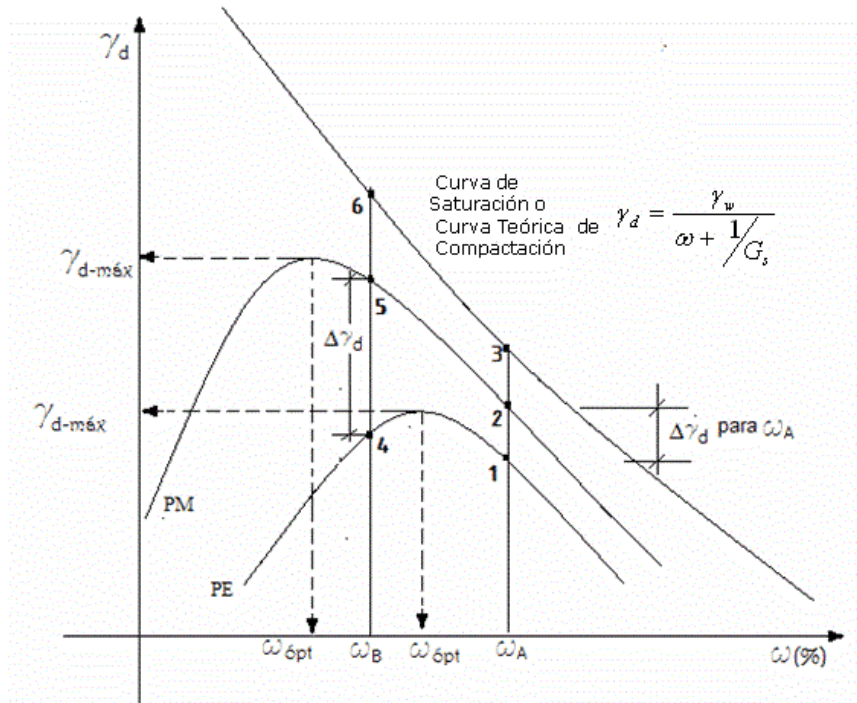
2.2.6.2. Energía de compactación

La energía con que se compacta el suelo afecta considerablemente a los pesos específicos secos obtenidos en los ensayos. Como se puede observar en la figura 3 si se compacta el suelo con una energía de compactación baja, se obtienen pesos específicos más bajos. Por el contrario, si la energía de compactación es alta, las curvas de compactación se recorren hacia arriba y a la izquierda, siguiendo la parte descendente de las mismas más o menos paralelas a la curva de cero vacíos, obteniéndose así pesos específicos secos máximos mayores. En

esta figura se puede apreciar también que cuando aumenta la energía de compactación, disminuye el contenido de humedad óptimo.

Cabe mencionar que, para valores mayores al contenido óptimo de humedad, la energía de compactación solamente deforma angularmente al suelo y no disminuye su volumen. Esto se debe a que un suelo que contiene más agua es más deformable pero menos compresible por su bajo contenido de aire (Reséndiz, y otros, 1979).

Figura 3: Curva de compactación Proctor Estándar y Modificado, curvas de saturación.



La energía de compactación aplicada afecta a la estructura de los suelos ya que por sus medios se logra reducir el volumen y ocasionar deformaciones angulares. A mayor energía de compactación, acompañada también por un aumento del contenido de humedad, mayor será la remoción de vacíos de aire (disminución de volumen) y mayores son también las deformaciones angulares. Esto se logra excepto a valores de contenido de agua superiores al óptimo (Reséndiz, y otros, 1979).

2.2.6.3. Preparación de las muestras

Al momento de preparar las muestras para realizar los ensayos, el procedimiento utilizado influye en los resultados.

Se puede iniciar con una muestra de suelo seco e ir agregándole cantidad de agua necesaria para obtener las muestras necesarias para el ensayo o también se puede realizar al revés, partiendo de una muestra de suelo húmedo que se va secando (ASTM D-1557, 2000).

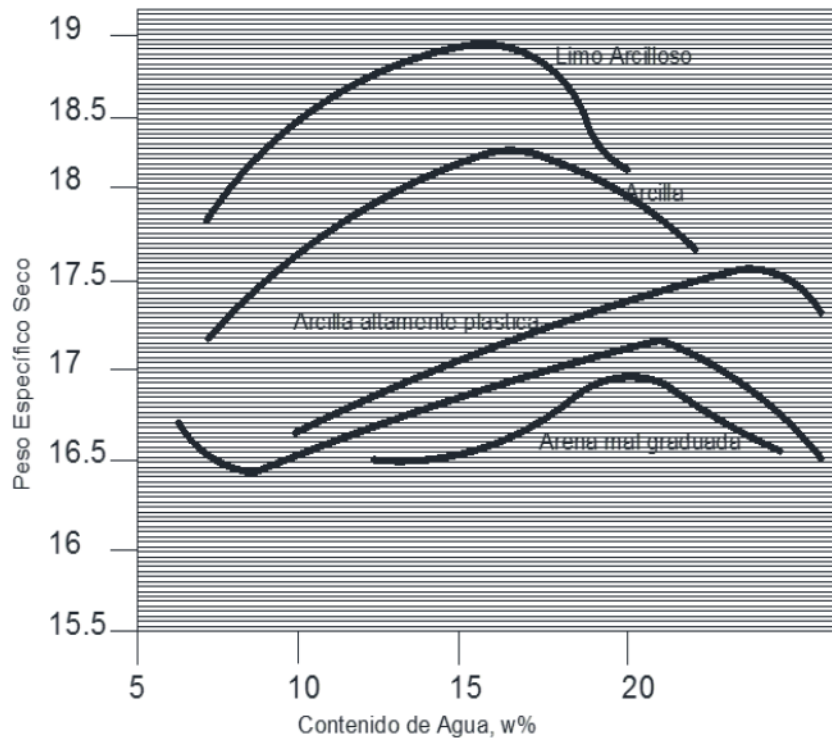
Utilizando el primer método se obtienen pesos específicos secos más elevados. Esto se debe a que cuando se agrega agua, se crea un exceso que hace que la tensión capilar entre los grumos sea menor que la de los grumos de un suelo en el que se ha hecho evaporar el agua. Por lo mismo la energía de compactación es más eficiente en el primer caso. Para disminuir esta diferencia de resultados entre los dos procedimientos, para el caso de empezar con una muestra seca, se debe dejar pasar algún tiempo después de agregada el agua para que el suelo iguale en condiciones de tensión capilar al suelo húmedo. (Badillo, y otros, 1985)

Por otro lado el uso repetido de las muestras no es conveniente debido a que estas dejarían de ser representativas de las condiciones de los suelos compactados en campo, ya que estos no son re-compactados. En el laboratorio se obtienen densidad máxima seca mayores cuando se reutiliza muestra, lo cual arroja datos erróneos acerca de las condiciones de compactación en el campo (Badillo, y otros, 1985)

2.2.6.4. Tipo del suelo compactado

El tipo de suelo, su granulometría, la forma de sus partículas, la densidad de sólidos y la cantidad y tipo de finos presentes, influyen en el peso específico seco y humedad óptima del suelo al ser compactado. En la figura 4 se muestran las curvas de compactación de cinco diferentes tipos de suelos. Se puede ver que los suelos finos como el limo arenoso y la arcilla limosa tienen mayores pesos específicos secos que las arenas (Das, 2001).

Figura 4: Curvas de Compactación según composición granular



Fuente: Jorajuria,2004

Aquí se puede mencionar dentro de tipo de suelo, el efecto que tiene la fracción gruesa de un material sobre la densidad máxima seca. El incremento del porcentaje de material grueso es una mezcla arcilla, arena y grava bien graduada, por ejemplo, aumenta el peso específico seco hasta cierto punto y después decrece (Reséndiz, y otros, 1979).

El incremento en la densidad máxima seca ocurre mientras que la fracción fina del suelo constituya una matriz para las partículas gruesas y estas no entren en contacto y formen cadenas continuas, ocurriendo lo contrario cuando estas cadenas de material grueso se forman (Reséndiz, y otros, 1979).

2.2.7. MÉTODO DE COMPACTACIÓN

2.2.7.1. Compactación por peso estático

Este método se lleva a cabo por medio de presiones que se ejercen sobre el suelo, habiendo en la actualidad varios equipos que trabajan de esta manera. El tipo de suelo en que son más eficaces son los de naturaleza granular como arenas y gravas relativamente limpias.

Los compactadores de peso estático presentan un efecto triturador en el suelo, debido al peso estático, los compactadores de este tipo son rodillos de superficie con rodillos lisos de acero o con llantas neumáticas, se ha notado que cuando sólo se utilizan rodillos lisos en arcillas y limos plásticos, se presentan grietas al cabo de cierto número de pasadas en la parte superior del material que se está compactando, conociéndose en el campo como laminaciones. (Alvarez Haase, 2005)

El esfuerzo de compactación de un rodillo estático puede verse reducido en materiales de carácter granular-plástico o plástico-granular. Esto se debe, a que los rodillos pesados producen una trituración en la parte superior de la capa, incluso en espesores de poca profundidad. En materiales plásticos, los rodillos estáticos tienden a producir un efecto de puente lo que quiere decir que el rodillo pone presión en las partículas del suelo, pero no reajusta dichas partículas para llenar los vacíos. Además, los rodillos estáticos tienen también un efecto de arado que crea ondas plásticas delante de los rodillos y da lugar al resurgimiento del material tras su paso. Las compactadoras tándem se utilizan con efectividad para nivelar los puntos altos dejados por rodillos de pata de cabra, vibratorios o de llantas neumáticas. Sin embargo, este tipo de compactación tiene una tracción limitada. (Alvarez Haase, 2005)

2.2.7.2. Compactación por amasamiento

La acción ejercida por cierto tipo de máquinas para compactar, compactadores tales como los rodillos de sheep foot y los compactadores de llantas de hule, proporciona una idea del significado del término amasado, con el cual deben estar familiarizados los técnicos que tienen

a su cargo trabajos de compactación ,el proceso de amasado se produce cuando varias zonas de una masa de suelo, al ser sometidas a un proceso de compactación, sufren cuando menos dos ciclos de deformación, aportando cada uno de ellos deformaciones en dos direcciones distintas. (Alvarez Haase, 2005)

2.2.7.3. Compactación por impacto

La compactación por impacto constituye uno de los métodos originalmente empleados para la densificación de los suelos en el campo. Se basa en el principio de que una masa que golpea contra la superficie del suelo genera, al entrar en contacto con ella, una onda de presión que se transmite a través del suelo induciendo en sus partículas cierto movimiento vibratorio.

Esta vibración, sin embargo, es mínima dada la baja frecuencia de los golpes aplicados, de 50 a 500 por minuto, aproximadamente y su gran amplitud, razón por la cual no se le toma en cuenta cuando se analiza la compactación por impacto. (Alvarez Haase, 2005).

Además de los factores de orden general: tipo de suelo, contenido de humedad, hay otros que influyen significativamente sobre los resultados de la compactación por impacto; entre estos últimos cabe mencionar los siguientes:

- a. Energía de compactación aplicada por unidad de área de la base del compactador.
- b. Altura de caída o velocidad de impacto (energía cinética).
- c. Forma y dimensiones del elemento activo.

El primero de estos factores es, según los estudios de Lewis, el que podría determinar las características de diseño de compactadores por impacto, del tipo aplicable a los trabajos corrientes, con capas a compactar entre los 15 y los 20 cms. Para que un compactador por impacto sea adaptable a la compactación de cualquier tipo de suelo, debe

estar provisto de un dispositivo que permita ajustar la energía por golpe a los requerimientos del tipo de suelo a compactar. (Alvarez Haase, 2005)

2.2.7.4. Compactación por vibración

La compactación de un suelo por vibración tiene por objeto colocarlo en una condición de movimiento, casi como la de un fluido, en la cual las partículas se deslicen y acomodan adoptando una configuración más densa. Al compactarlo por este método, un suelo es sometido a dos clases de cargas:

- a. Una carga vertical, impuesta por una masa que se desplaza sobre su superficie.
- b. Una carga dinámica, inducida por una sucesión rápida de impactos, aplicados también a su superficie.

Se ha comprobado que la compactación por vibración es muy efectiva, aun cuando los factores que involucra no son todos bien conocidos por el momento. La experiencia ha demostrado, sin embargo, que además de los mencionados anteriormente las siguientes características del compactador inciden definitivamente sobre los resultados obtenidos. (Alvarez Haase, 2005).

Peso: este lo mantiene apoyado contra el suelo y su influencia sobre el efecto de compactación es muy importante, puesto que tanto la energía cinética como el momentum, ya sea del tambor o de la plancha son directamente proporcionales al peso cuando la amplitud y la frecuencia son constantes. Si el compactador es muy liviano, la energía generada por el sistema excéntrico se disparará hacia arriba; si el compactador es muy pesado la amplitud se reducirá considerablemente. La profundidad máxima a compactar es, en definitiva, una función del peso del compactador. (Alvarez Haase, 2005)

Construcción del tambor o de la plancha: en ambos casos la cubierta deberá ser lo suficientemente rígida para no deformarse bajo la acción de la carga; si la cubierta se deformara, la deformación absorbería una cantidad apreciable de energía. (Alvarez Haase, 2005)

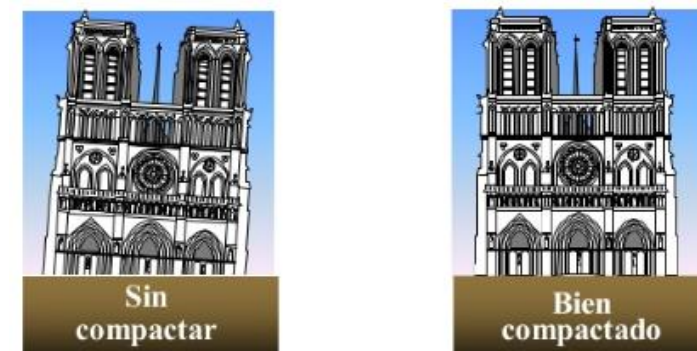
Velocidad de viaje: La velocidad influye decisivamente sobre el número de impactos a aplicarse por unidad de longitud del recorrido.

2.2.8. BENEFICIOS GENERADOS POR EL PROCESO DE COMPACTACIÓN

Un eficiente proceso de compactación produce beneficios en las características del suelo que incluyen:

Mayor estabilidad: Al construirse una edificación sobre un suelo sin compactar o compactado en forma desigual, el suelo por la acción de la carga se asienta en forma desigual, lo cual ocasionara grietas en la estructura, y en un momento dado la inestabilidad de la construcción. (Ver figura 5) (Medina Wiechers, 2000)

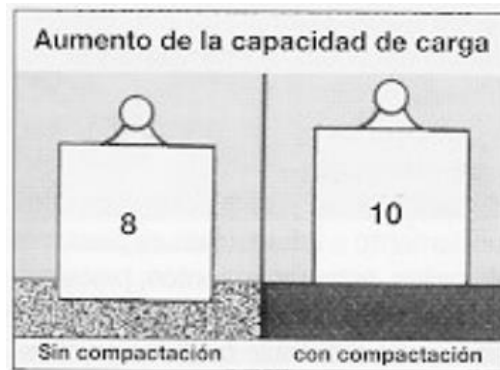
Figura 5: Aumento de la estabilidad



Fuente: Google-Imágenes

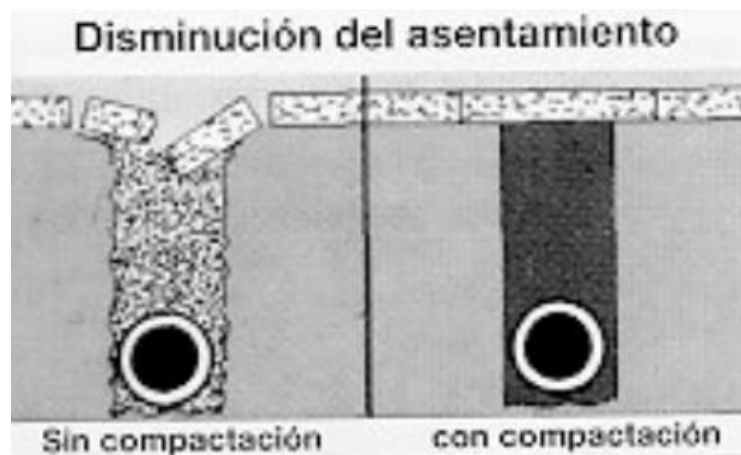
Mayor Capacidad de Carga: Al compactar un suelo se obtiene mayor densidad del mismo, debido a lo anterior se obtiene una mejor distribución de fuerzas que actúan directamente sobre el suelo como consecuencia de la carga que transmite la carga, lo que nos da una mayor capacidad de carga (Ver figura 6). (Medina Wiechers, 2000)

Figura 6: Aumento de la capacidad de carga



Disminución de Asentamientos: Cuando el suelo está mal compactado en esos espacios se puede llenar de aguas el cual con bajas temperaturas se congela, y en los cambios de estado puede producir agrietamiento en la estructura de los pavimentos, bases de estructuras, muros, etc. (Ver figura 7). (Medina Wiechers, 2000)

Figura 7: Disminución del asentamiento.

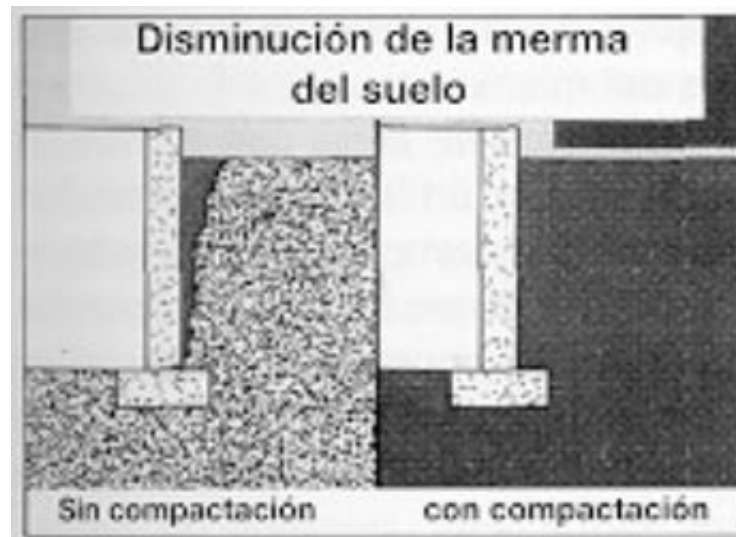


Fuente: Medina (2000)

Disminución de la contracción del suelo: Al existir espacios de aire en el suelo, el agua penetra con facilidad, por lo que se produce un fenómeno de dilatación y

contracción del suelo, el cual se separa de la estructura, modificando las condiciones iniciales de diseño (Ver figura 8). (Medina Wiechers, 2000)

Figura 8: Disminución de la merma del suelo.



Fuente: Medina (2000)

Disminución de la permeabilidad: La densificación del terreno impide el paso del agua a través del suelo, con lo cual se evitan deformaciones en este que puedan modificar el estado de la estructura y la permeabilidad depende de la granulometría del suelo y de su densidad, un suelo bien compactado impide el paso del agua, evitando así deformaciones en el suelo, modificando las características de diseño, como es el caso de los baches. La permeabilidad se representa con la letra "k", que es un coeficiente que se obtiene experimentalmente. Mientras los valores de "k" son menores, mayor es la permeabilidad del suelo. La permeabilidad depende de la relación de vacíos, la estructura del suelo y el grado de saturación (Ver figura 9). (Medina Wiechers, 2000)

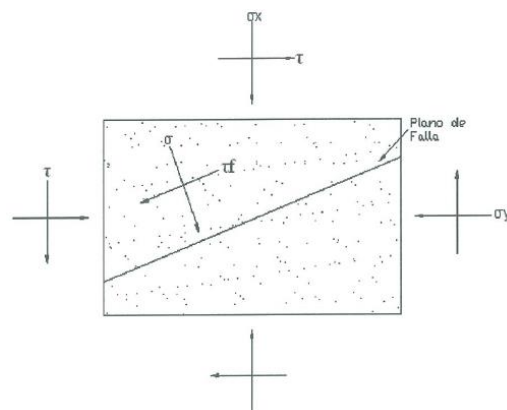
Figura 9: Disminución de la Permeabilidad



Fuente: Medina (2000)

Resistencia al Corte: Es la resistencia interna por área unitaria que ofrece esta para resistir la falla y el desplazamiento a lo largo de cualquier plano de ella. (Otto Mohr, 1900) presentó su teoría sobre la ruptura de los materiales, en la cual sostenía que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y el esfuerzo cortante (Ver figura 10).

Figura 10: Relación entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre el plano de falla.



Fuente: Braja Das

2.2.9. CONTROL DE COMPACTACIÓN

Para el control de la compactación de la construcción de rellenos, taludes y otras obras constructivas relacionadas con la compactación de suelos requiere un

efectivo control en campo para asegurar un objetivo, que sería estabilizar el terreno y lograr una buena superficie de soporte dependiendo del uso que se dará.

La necesidad de controlar el proceso de compactación llevó a los primeros investigadores a desarrollar metodologías para determinar diferentes características del suelo tales como resistencia, permeabilidad, compresibilidad entre otras. En la obtención de estas propiedades se desarrollaron múltiples pruebas especializadas las cuales requerían laboratorios con equipos especializados. Adicionalmente los tiempos de ejecución de las pruebas fueron muy largos lo cual hizo ver a los primeros investigadores que el avance normal de la obra se vería interrumpido constantemente y que sería muy difícil un control de obra paralelo a la construcción de rellenos. (Das, 2001)

Ante esta situación los primeros investigadores, entre los cuales se encuentra R.R. Proctor, se vieron ante la tarea de encontrar una propiedad que permitiera medir la eficiencia del proceso de forma confiable y cuyo resultado pudiera ser obtenido con prontitud. Al estudiar el proceso de compactación determinaron que la densidad máxima seca era la característica buscada pues el volumen del suelo se reduce conforme avanza el proceso de compactación. El peso volumétrico seco se tomó como parámetro a medir pues esta cantidad varía únicamente al cambiar el volumen del suelo. (Das, 2001)

Estos pioneros juzgaron que también podía usarse para pactar con el contratista el peso volumétrico al que había que llegar en la obra, bastaría medir in situ el peso volumétrico alcanzado (lo cual se logra con una prueba que requiere poco tiempo) para garantizar que se había obtenido en el campo la densificación necesaria del suelo requerida en los estudios de laboratorio.

El uso de la densidad máxima seca como característica de control se mantiene a lo largo del tiempo y junto con la humedad constituyen los parámetros de control de mayor uso en la actualidad. En el medio constructivo la aceptación o aprobación de los trabajos realizados se realiza mediante el cumplimiento de las especificaciones constructivas, donde se detalla el grado de compactación que debe alcanzar el terreno. (Das, 2001)

Dentro del control en la compactación se definen tres tipos o formas de control:

1. Control de la humedad.
2. Control del proceso de ejecución.

3. Control del producto terminado.

A continuación, se describe cada uno de ellos:

2.2.9.1. Control de la humedad

Tal como se describió anteriormente, la humedad del terreno es un factor de gran importancia en la efectividad del proceso de compactación. En la década de los treinta R.R. Proctor participó en las primeras investigaciones relacionadas con la compactación y definió una prueba de laboratorio, la cual permite determinar el peso volumétrico húmedo máximo al cual puede llegar el material con un valor de humedad óptima. La realización de esta prueba le permitió concluir que valores altos o bajos en el contenido de humedad generan pesos volumétricos bajos.

Normalmente, el control en la compactación ha sido mayoritariamente influenciado por el aporte de Proctor, por lo cual los contratistas se preocupan inicialmente por extraer muestras del campo para determinar el valor de humedad existente y los respectivos valores de humedad óptima y peso volumétrico seco máximo.

Con la definición de la humedad óptima se establece un control en el campo para verificar si el material que es traído al sitio presenta valores inferiores o superiores de humedad. (Das, 2001)

Si el material que conformará la capa presenta poca humedad, debe estudiarse cuál es la humedad que tenía antes en el terreno o en el sitio donde se almacena, para determinar si la pérdida se debe a las tareas de extracción, transporte y extensión del suelo, donde puede producirse una pérdida importante de humedad. Con este estudio pueden definirse acciones donde se corrijan vicios generados en estas tareas que provoquen la carencia de una humedad apropiada. (Das, 2001)

En caso de que la única solución sea añadir agua, se debe hacer durante las fases de extracción o formación, y extendido.

Si la adición de agua se realiza sobre el material extendido, debe emplearse equipo adecuado el cual distribuya uniformemente el agua sobre la capa, tales como gradas de discos, entre otros.

Es importante recalcar que la corrección mediante riego no es eficiente, debido a que el espesor normal de una capa, así como el grado de densificación del material hacen imposible la penetración del agua uniformemente.

Por otra parte, el exceso de agua puede generarse en las fases de manipuleo y colocación del material, por lo cual deben estudiarse y corregirse en caso de ser necesario. Adicionalmente, deben tomarse medidas en caso de trabajar bajo la influencia de la lluvia.

En caso de que las medidas tomadas no den resultado, debe procederse al oreo del material que forma la capa, hasta que alcance la humedad adecuada, o incluso como medida alternativa esta la adición de cal.

En la práctica normal constructiva pueden existir especificaciones que exijan un rango de humedad en el cual trabajar, sin embargo, muchas veces no se establece este intervalo y se deja a criterio del contratista si decide trabajar del lado seco o húmedo o si decide utilizar equipo con mayor energía de compactación y con un número mayor de pasadas, con lo cual evita algunos de los problemas mencionados anteriormente.

Es importante mencionar que las soluciones descritas anteriormente a los problemas de exceso y deficiencia de humedad no son seguidas siempre en la práctica normal de construcción de rellenos. Con base en observaciones realizadas en rellenos en proceso de construcción es notorio que el material no es almacenado en condiciones óptimas, ocurre el caso de que el material es apilado y no es cubierto con plásticos u otros, lo cual puede provocar la pérdida de humedad debido al sol o la adición de agua por lluvia.

Ante esta situación algunos constructores no se preocupan por agregar o eliminar el agua necesaria para obtener la humedad óptima o lo hacen de manera deficiente.

2.2.9.2. Control del proceso de ejecución

Tradicionalmente este tipo de control se basa en la obtención en el campo del peso volumétrico húmedo, del cual mediante correlaciones se obtiene el valor buscado, que corresponde a la densidad máxima seca.

El valor del peso volumétrico seco es correlacionable con el valor de la capacidad de soporte del suelo (CBR) a partir de relaciones existentes mediante las cuales se puede determinar el módulo de elasticidad de la capa.

En la determinación del peso volumétrico húmedo se debe extraer una muestra de suelo y obtener su peso. Seguidamente, se debe definir el volumen del suelo extraído sobre la superficie mediante los métodos del cono de arena o el del balón de densidad. La densidad máxima seca se obtiene al dividir el peso de la muestra húmeda entre el volumen del hueco de la excavación. Una vez que se cuenta con ese valor, se determina la humedad de la muestra y se define densidad máxima seca del suelo. Esta característica se utiliza como parámetro de eficiencia del proceso, pues al ser dividido entre el peso volumétrico seco máximo, obtenido mediante el ensayo de Proctor, se determina el porcentaje de compactación logrado en campo. En las especificaciones incluidas en los códigos de construcción de varios países se establece como norma de aceptación del proyecto el porcentaje de compactación. El grado de compactación es un parámetro obtenido al dividir el peso volumétrico seco en campo entre el peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba de Proctor, normal o modificada. El grado de compactación se establece en función del grado de importancia y el tipo de obra.

El proceso de la compactación se ha enfocado en la actualidad en lograr el porcentaje de compactación requerido en detrimento de la realización de rellenos que aparte de cumplir con la norma se desempeñen apropiadamente a lo largo de su vida útil.

La obtención del peso volumétrico y la humedad del terreno son obtenidos mediante diferentes metodologías tales como el cono de arena, balón de goma y densímetro nuclear. Los dos primeros fueron utilizados principalmente en el pasado mientras que el densímetro es de reciente aplicación y su uso es generalizado en la actualidad.

A continuación, se describen estos métodos:

a. Método de cono de arena.

Esta metodología mide de forma indirecta el volumen de suelo excavado y consiste en rellenar el orificio con arena cuarzosa redondeada con un diámetro entre los 0,5 y 2 mm. De igual forma pueden utilizarse arenas cuya granulometría sea uniforme, de tal forma que sus partículas sean más o menos similares y se evite con ello la segregación. El principio del cono de arena consiste en que el volumen de arena utilizado es proporcional al volumen del hueco.

La arena se coloca en un recipiente de 1 galón al cual se une un embudo metálico. La parte más ancha del embudo se coloca sobre un molde o placa base de la excavación, de forma tal que al abrirse la llave del embudo se vierte la arena en caída libre sobre el cono y luego sobre el orificio para rellenarlo. En este procedimiento se obtienen los valores de volumen del agujero y el peso de la arena que lo rellena. A partir de la densidad de la arena y la humedad del terreno se obtienen los valores de densidad máxima seca. A continuación, se puede visualizar en la figura 11 el Ensayo de Cono de Arena. (Procedimiento operacional Método Cono y Arena)

Figura 11: Ensayo de cono de arena



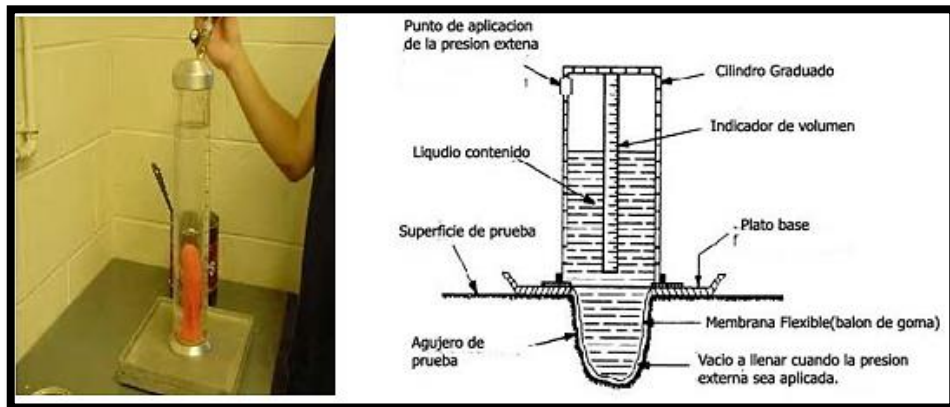
b. Método del balón de goma

Es utilizado para medir el volumen del suelo extraído y consiste en bombear agua a un balón que rellena el hueco. La excavación del orificio debe hacerse de la forma menos irregular posible, pues el globo puede romperse con alguna superficie cortante. La medición del volumen se realiza directamente sobre un cilindro graduado.

Este método es poco utilizado en la actualidad y su mayor desventaja consiste en la ruptura del balón de goma debido a la irregularidad del orificio de medición. El balón de goma no es recomendable utilizarlo en suelos muy suaves, los cuales puedan sufrir deformación por la presión aplicada o en aquellos suelos donde el agujero no pueda mantener su volumen como un valor constante.

A continuación, en la figura 12 se observa el balón de goma y sus componentes:

Figura 12: Balón de Goma



c. Densímetro nuclear

Este dispositivo permite determinar in situ la densidad máxima seca del material y el contenido de humedad mediante la emisión de radiación en forma de rayos gamma y neutrones.

Las fuentes radiactivas empleadas generalmente son ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra , ^{90}Sr , y/o $^{41}\text{Am}/\text{Be}$, siendo de mayor utilización el Cesio y el Americio. El Cesio es el encargado de emitir los rayos gamma y se encuentra en el extremo de la varilla la cual se inserta en el suelo durante la prueba. El Americio emite energía en forma de neutrones “rápidos” y se ubica dentro del aparato cerca de su base.

El principio en el cual se basa este instrumento consiste en determinar la interacción existente entre los rayos gamma emitidos y los electrones de las órbitas exteriores de los átomos del suelo, la emisión es captada por un detector gamma situado a corta distancia de la fuente. (Manual del Usuario Densímetro Nuclear)

El número de electrones presente por unidad de volumen de suelo es proporcional a su densidad por lo cual puede correlacionarse el número relativo de rayos gamma dispersos con el número de rayos detectados por unidad de tiempo. Lo anterior es inversamente proporcional al peso volumétrico húmedo del material.

El dispositivo brinda los valores de radiación registrados, los cuales son convertidos a peso volumétrico mediante la curva de calibración del equipo. (Manual del Usuario Densímetro Nuclear)

El contenido de humedad es determinado al medir la actividad de los neutrones rápidos. Estos neutrones disminuyen considerablemente su velocidad y energía al chocar contra núcleos de hidrógeno, con respecto al choque contra otros núcleos de partículas. El medidor de radiación detecta estos neutrones con baja energía y baja velocidad, por lo cual la medición es proporcional al número de átomos de hidrógeno en el material. En consecuencia, como el agua contiene átomos de hidrógeno, la medición refleja el contenido de agua en el suelo al ser correlaciona con tablas de calibración del equipo.

La radiación emitida es detectada por uno o dos tubos Geiger Muller (GM) dotados de dispositivos electrónicos que miden la densidad del terreno. De igual forma se cuenta con un tubo de Helio (He-3) el cual registra los valores de radiación que indican el valor de humedad del material.

Las mediciones realizadas por este dispositivo brindan resultados aceptables en espesores entre los 50 – 300 mm y se pueden realizar mediante tres formas diferentes:

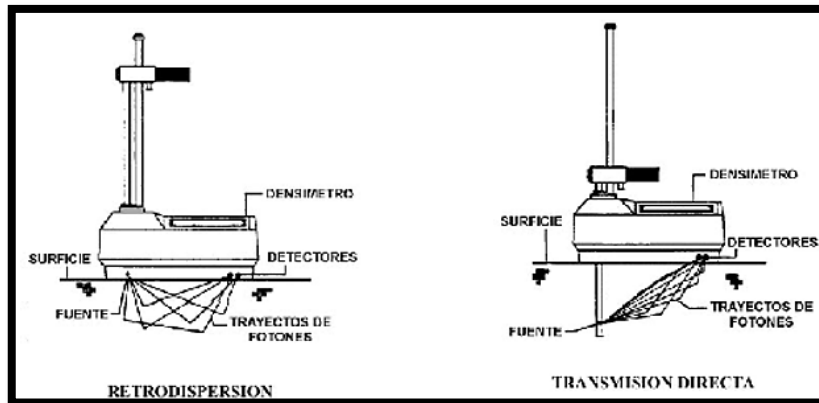
Transmisión directa: La varilla es introducida dentro del material a través de un agujero hecho previamente mediante una barra de acero con un diámetro similar. La fuente emite rayos gamma los cuales interactúan con los electrones y pierden energía. Cuanto menor sea la medición de la radiación mayor será la densidad del material, debido a que los electrones que pierden mucha energía o son redireccionados no son medidos por el densímetro.

Retro dispersión: En este tipo de medición la varilla retraíble es colocada sobre la superficie del terreno y produce la emisión de rayos. Los rayos que se dispersan hacia el detector son contabilizados. Para este caso cuanto más denso se encuentre el terreno mayor es la probabilidad de que un rayo gamma sea reflejado hacia el detector.

Colchón de aire: El equipo se coloca sobre unos separadores los cuales producen un espacio vacío entre la base del medidor y el área de la superficie de terreno a ensayar.

Dos de estos tipos de medición se observan en la siguiente figura 13.

Figura 13: Densímetro Nuclear



Entre las ventajas con que cuenta este dispositivo se pueden citar las siguientes:

Es fácil de transportar. Gracias a su tamaño y peso puede ser manipulado por una persona con facilidad.

Brinda resultados inmediatamente en sitio, lo cual representa un gran avance con respecto a otros instrumentos que obtienen los resultados días e inclusive semanas después de la medición.

Es un método no destructivo. Si se realizan las mediciones en el modo retro dispersión no se generan daños en el material. Si se efectúa la medición directa solo se requiere una pequeña perforación de 20 mm de diámetro y 50 mm de profundidad, lo cual evita el gasto de tiempo y dinero en la reparación del terreno. Adicionalmente la determinación de la humedad es efectuada sin generar daños en el material. (Manual del Usuario Densímetro Nuclear)

Reduce la posibilidad de errores humanos.

Es versátil debido a que puede ser empleado en capas delgadas, gruesas, mediciones a profundidad. Además, es utilizado en capas granulares, carpetas asfálticas y losas de concreto.

Desde el punto de vista económico es importante debido a que puede emplearse en una amplia gama de materiales y gracias a la rapidez de medición puede ser utilizado en diferentes proyectos de forma simultánea.

Puede ser conectado a una computadora para el procesamiento de los datos obtenidos en campo.

El densímetro nuclear cuenta asimismo con una serie de desventajas con respecto a su utilización. El problema de mayor importancia relativo al uso de este dispositivo se relaciona con el uso de sustancias radiactivas las cuales puedan dañar la salud del riesgo para el operador y se puede decir que este instrumento es potencialmente peligroso y solamente debe recibir mantenimiento por personas autorizadas. (Manual del Usuario Densímetro Nuclear)

Es posible que en el uso normal del densímetro se den situaciones como las siguientes:

- Exposición del operador a dosis elevadas de radiación por ausencia del equipo de seguridad mínimo o el incumplimiento de las normas requeridas.
- Ruptura del densímetro por aplastamiento ocasionado por maquinaria pesada.
- Robo del equipo, lo cual ocasionaría la exposición potencial de la población a la radiación.
- Pérdida del equipo.
- Daño del equipo por eventos tales como temblores, fuego, entre otros.

Las situaciones mencionadas anteriormente pueden generar daños irreparables en la salud del operador y otras personas que se vean involucradas directa o indirectamente con el densímetro nuclear.

En caso de ruptura o daños leves del aparato que conlleven a desecharlo se debe buscar un sitio de disposición para sustancias radiactivas lo cual se convierte en un problema difícil de solucionar.

RESUMEN DEL DISPOSITIVO A EMPLEAR EN EL PROYECTO:

Para la determinación de la densidad seca máxima en el trabajo de investigación se empleó a través del método de cono de arena debido a que esta investigación influenciara en su aplicación en distintos tipos de obras de compactación de pequeña y grande envergadura y el dispositivo

o equipo con mayor facilidad de encontrar y disponer es el equipo de cono de arena, a diferencia de un densímetro nuclear que se tiene mayor dificultad en conseguir, mayores trámites para su respectiva utilización, un mayor costo y personal capacitado para su respectivo empleo.

2.2.9.3. Desventajas del control del producto terminado

La aplicación de las pruebas de compactación de Proctor ha sido de uso generalizado en el control de la compactación. Sin embargo, esta presenta algunas desventajas o limitaciones las cuales se citan a continuación:

- El método de compactación obtenido en campo es diferente al método de compactación en el laboratorio, por lo cual la muestra no es completamente representativa.
- Es difícil que el peso volumétrico obtenido en campo coincida con el peso volumétrico máximo obtenido en el laboratorio.
- El proceso de agregar o eliminar agua del suelo que se va a compactar no es completamente uniforme, lo cual puede dejar material con exceso o deficiencia de agua de acuerdo a la humedad óptima. Esto puede ocasionar que se requiera mayor energía de compactación, o que se esté desperdiciando energía al compactar un terreno con exceso de humedad.
- El grado de compactación no representa adecuadamente las propiedades mecánicas que adquiere el suelo compactado.
- La medición de la densidad máxima seca en campo directamente es imposible debido a que el material cuenta con una humedad determinada.
- La medición del peso volumétrico seco y la humedad, son medidas que dan una idea del grado de compactación del terreno, sin embargo, no reflejan la capacidad real del suelo para resistir las cargas. En este caso, la característica ideal que se requiere obtener es el módulo de elasticidad del suelo.

2.2.10. CONTROL DE COMPACTACIÓN

Un control adecuado de la compactación durante el proceso de ejecución consiste básicamente de las siguientes acciones:

- Verificar que el material cuente con la humedad óptima.
- Revisar el espesor de cada capa de material compactado.
- Vigilar que el equipo de compactación sea el requerido de acuerdo con el tipo de material a compactar y que cuente con buen estado de funcionamiento.
- Verificar que la velocidad de la maquinaria sea la adecuada y que el recorrido cubra todo el terreno a compactar.
- Realizar mediciones de densidad en cada capa compactada.
- Contar con dispositivos de medición actualizados y debidamente calibrados.

En general, las acciones mencionadas anteriormente favorecen un buen desempeño en el proceso de compactación. Ciertas medidas de control son ignoradas por algunos profesionales por lo que se construyen rellenos sin un plan completo de monitoreo y control.

Ante este panorama y conforme se produce un avance en la tecnología se desarrolla el densímetro nuclear, dispositivo que brinda en cuestión de minutos las características de densidad y la humedad del material. Este aparato es de utilización generalizada en el entorno costarricense y prácticamente es el medio por el cual se obtiene la aprobación o rechazo de las obras de construcción de un relleno, en la mayoría de los casos.

En la realidad el control en la compactación en algunas ocasiones es deficiente y se dan situaciones como las mencionadas a continuación:

- **Subcontrol:** La mejor práctica constructiva sugiere que se realiza un sondeo de la densidad máxima seca del material cada vez que se coloca una capa, sin embargo, debido a la escasez de equipo disponible o a criterio del profesional, se efectúan sondeos cada dos o tres capas de acuerdo al proyecto y al espesor. Algunos laboratorios de control cuentan con un número limitado de densímetros nucleares los cuales están distribuidos en los diferentes proyectos que fiscalizan. Esta situación hace difícil que cada vez que se compacta una capa se realice un sondeo de densidad y humedad, lo cual genera que el proceso de compactación continúe y se ejecute la medición una vez que se han sido colocadas varias capas de material. En caso de que

el proceso incumpla el porcentaje de compactación sería necesario remover el material de dos o tres capas, con lo cual se pierde tiempo y dinero. En el peor de los casos puede ocurrir que a pesar del incumplimiento se continúe con los trabajos y se ignoren las especificaciones, de forma tal que se arriesgaría el éxito y buen desempeño de la obra.

- **Equipo descalibrado:** La utilización de aparatos complejos como es el del densímetro nuclear requiere que se encuentre debidamente calibrado. Un equipo descalibrado o mal calibrado arroja resultados erróneos e inexactos que no reflejan las condiciones in situ. Algunos de los equipos que están siendo utilizados en la práctica normal constructiva presentan errores de calibración, los cuales normalmente no son corregidos hasta el momento en que los resultados brindados perjudiquen al contratista. No se cuenta con una conciencia en cuanto al mantenimiento del equipo de control, lo cual perjudica la labor constructiva desde todo punto de vista, ya que un equipo que brinde resultados aceptables para un relleno mal compactado, tarde o temprano evidenciará si se realizó bien o no el trabajo.
- **Operadores pocos calificados:** Se da el caso en que el operario del equipo no cuenta con el conocimiento suficiente para operar eficientemente el dispositivo, lo cual puede generar errores humanos en la obtención de resultados.
- **Desconfianza:** El equipo descalibrado, así como el poco conocimiento de algunos operadores del densímetro nuclear ocasiona que algunos profesionales desconfíen de los resultados brindados por el dispositivo. Ante esta situación se da el caso de que se cuenta con dos o tres densímetros midiendo en el mismo sitio para corroborar la información. Todo esto genera gastos innecesarios al tener que traer otro equipo, así como retraso en la obra.
- **Poca seguridad:** Como parte del equipo de seguridad del densímetro nuclear se requiere un chaleco de seguridad especial, el cual cuenta con un medidor de radiación. Este debe ser revisado continuamente con el fin de asegurarse que el técnico no está siendo sobre expuesto a la radiactividad. En Perú la mayoría de los operadores no cuentan con este equipo mínimo necesario por lo cual se encuentran en un riesgo latente de exposición a materiales radiactivos, lo cual podría provocar problemas en su salud. Adicionalmente, los laboratorios dedicados al control de compactación no cuentan con un plan

de contingencia en caso de que se de la ruptura de uno de estos dispositivos radiactivos. En el país no existen dependencias u oficinas de manejo de sustancias radiactivas y no existe un sitio seguro para disponer los aparatos que no funcionan.

- **Desconocimiento de otras técnicas:** El uso del densímetro nuclear es generalizado en el medio costarricense. Con excepción de algunas empresas y laboratorios no se cuenta con nuevas tecnologías para control de compactación. Una de las razones por las cuales no se utilizan nuevas metodologías se debe al desconocimiento del profesional de la existencia de otros métodos de control. Además, ante el funcionamiento aceptable del densímetro no existe un interés por buscar nuevas opciones.
- **Condiciones del material:** Existe poco interés por parte de algunos contratistas de mantener el material bajo condiciones de humedad controlada, es decir que no estén expuestos directamente al sol o a la lluvia antes de ser colocados. Ambos casos pueden ser perjudiciales para el material pues le restan o suman agua alejándolo de la condición de humedad óptima. Lo más recomendable es cubrir el material con plástico o almacenarlo en un sitio cubierto.
- **Adición o extracción de agua:** Teóricamente si el material cuenta con exceso de humedad debe orearse hasta que se acerque lo más posible a la condición de humedad óptima. Por otra parte, si el material cuenta con deficiencia de humedad debe distribuirse agua mediante una grada de discos de tal forma que todo el material reciba uniformemente el agua. Sin embargo, la realidad demuestra que en campo se hace uso de equipo no apropiado para extender el material y dotarlo de agua. De esta forma se utilizan tanquetas de riego y mangueras para rociar el agua sobre el material que usualmente una niveladora distribuye. En cualquiera de los dos casos no se obtiene un material con sus partículas humedecidas de forma homogénea, lo cual genera problemas durante y después de la construcción.
- **Ausencia total de control:** El número de pruebas y dispositivos de control es proporcional a la importancia del proyecto. Sin embargo, con base en información recopilada mediante entrevistas y observaciones realizadas en campo se ha verificado que algunos profesionales no efectúan ningún tipo de control en cierto tipo de obras, tales como rellenos en viviendas y otros

proyectos de menor envergadura. Estos ingenieros se basan en su propio criterio o inclusive en el criterio del operario de la maquinaria para definir cuándo está completa la compactación. Esta ausencia o deficiencia en control en obras pequeñas genera múltiples problemas tales como grietas en contrapisos, falla en columnas y otras situaciones las cuales se citarán posteriormente en el desarrollo del documento.

2.2.11. EFECTOS GENERADOS POR UNA MALA COMPACTACIÓN

La ausencia de control antes, durante y posterior al proceso de compactación genera efectos no deseables en los rellenos construidos tales como grietas, asentamientos, falla de elementos, entre otros.

En la práctica diaria de la compactación se pueden presentar dos situaciones características perjudiciales para el proceso:

1. Sobrecompactación.
2. Subcompactación.

2.2.11.1. Sobre compactación

Este fenómeno se produce ante una ejecución excesiva del proceso, ante la creencia de que cuanto más se compacte el terreno mayor será su resistencia y durabilidad. La sobrecompactación puede generar efectos no deseados tales como susceptibilidad al agrietamiento e inestabilidad al absorber agua. Medina menciona lo siguiente: “existen dos peligros latentes al sobrecampactar el terreno, el primero consiste en que con un exceso en la compactación la tendencia a falla frágil se incrementa conforme aumenta la rigidez del suelo. El otro peligro presente consiste en que el suelo puede adquirir cierta deformación a partir de la cual se comporta como un material plástico, lo cual constituye un problema en regiones sísmicas pues se puede dar el fenómeno de licuación”. (Araya, y otros, 2005)

A pesar de que la compactación busca mantener las condiciones de estabilidad en el suelo se pueden generar efectos contradictorios. Por ejemplo, la deformabilidad de un suelo fino intensamente compactado

puede ser mínima, sin embargo, si absorbe agua puede volverse extrema al aplicársele los esfuerzos propios de la compactación. La sobrecompactación tiende a convertir los materiales finos en expansivos. (Araya, y otros, 2005)

Este problema de deformabilidad tiende a volverse considerable si se toma en cuenta que en países como en México se permite el uso de capas de materiales con altos índices de plasticidad y alto contenido de finos en la construcción de terracerías, subrasantes y bases de carreteras y otras vías de transporte.

Otro de los efectos generados por una sobrecompactación consiste en el aumento excesivo del peso volumétrico de materiales livianos tales como los suelos de origen volcánico. Estos materiales son empleados por la ligereza generada por la alta porosidad de sus partículas, sin embargo, la sobrecompactación provoca la ruptura de las partículas y genera suelos con pesos volumétricos elevados lo cual hace desaparecer esta característica. (Araya, y otros, 2005)

La sobrecompactación puede provocar el flujo plástico en las aristas de los granos de las partículas al ser sometidas a presiones muy altas. Con la ruptura y pulverización de las partículas se producen cambios importantes en la granulometría, lo cual con el tiempo puede ser importante en cuanto a la resistencia y compresibilidad. (Araya, y otros, 2005)

La sobrecompactación del terreno es antieconómico desde cualquier punto de vista, pues se incurre en gastos extra en tiempo, equipo y dinero. El exceso en el proceso de compactación puede producir que el equipo en vez de contribuir en el mejoramiento de la eficiencia del proceso tiende a debilitar la estructura y desempeño del relleno construido. Esto debido a que como se mencionó se puede dar fractura de las partículas y un desacomodo en la organización interparticular lograda con el proceso, pues el equipo empleado puede destruir el material ya densificado. Por ejemplo, si se compacta un material arcilloso con un compactador de pata de cabro y se excede el tiempo de compactación necesario para lograr la densificación máxima, se puede producir ruptura de las partículas y

desacomodo del material con lo cual se pierde parte del avance efectuado. (Araya, y otros, 2005)

2.2.11.2. Sub-compactación

La subcompactación consiste en la aplicación del proceso de forma deficiente en la cual no se alcanza la densificación máxima posible del material y persiste la existencia de vacíos Inter particulares. Estos vacíos pueden desaparecer posteriormente con la construcción de las estructuras que soportará el terreno y ocasionará asentamientos diferenciales y en consecuencia aparecerán grietas en contrapisos, columnas y vigas entre otros. (Araya, y otros, 2005)

La subcompactación puede originarse cuando se ejecuta el proceso sin realizar el debido estudio de las condiciones del material a compactar. Esta situación puede llevar a una escogencia inadecuada del equipo de compactación y a establecer tiempos de compactación insuficientes para lograr el objetivo de densificar al máximo el terreno.

En la práctica la aplicación mecánica del control de calidad en compactación conlleva a que se compacte menos de lo requerido para ahorrar tiempo y dinero, sin que importe el desempeño de la obra y sin pensar en las consecuencias asociadas a una mala compactación. (Araya, y otros, 2005)

2.2.12. PROCTOR MODIFICADO

A partir de 1933, el Ing. Ralph Proctor dio inicio al estudio racional de la Compactación. Este investigador verificó, que un mismo suelo, conforme su Contenido de Humedad, reacciona de manera diferente a la Compactación, alcanzando valores diversos de densidad. Proctor compactó muestras de suelo en un recipiente cilíndrico, utilizando diferentes contenidos de humedad. Después de Compactar la muestra pudo obtener los valores referentes al contenido de humedad y densidad seca.

Según la norma ASTM-1557 el ensayo de Proctor Modificado se hará en un cilindro para determinar la densidad y contenido de humedad el cual a diferencia del Proctor

estándar tendrá un mayor peso ya que el pistón será de 10 lb. Y para su realización dependiendo del ensayo granulometría se procederá a elegir el método a utilizar.

La compactación es la operación o procedimiento de estabilización mecánica, cuyo objetivo fundamental es aumentar la densidad del suelo, por medio de una mayor aproximación de sus partículas, lo que se consigue con una disminución del Índice de Vacíos. Mediante el proceso de compactación del suelo se persiguen los siguientes objetivos prácticos:

- Aumentar la resistencia a la compresibilidad y al corte.
- Obtener de mayor uniformidad y homogeneidad.
- Conseguir que el suelo sea menos susceptible a las variaciones de humedad.
- Con la finalidad de que este aporte en la construcción de caminos y aeropuertos.
- Construcción de represas de tierra, fundación de presas de tierra, fundación de estructuras.

Los métodos para el ensayo Proctor modificado son los siguientes:

Método “A”

- Molde. 4 pulg de diámetro (101,6 mm).
- Material. Se emplea el que pasa por el tamiz 4 (4,75 mm).
- Capas. 5
- golpes por capa. 25
- Uso. Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4 (4,75 mm).
- Otros usos. Si el método no es especificado, los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando método B o C.

Método “B”

- Molde. 4 pulg (101,6 mm) de diámetro.
- Materiales. Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
- Capas. 5

- Golpes por capa. 25
- Usos. Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4 (4,75mm) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).
- Otros usos: Si el método no es especificado y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando método C.

Método “C”

- Molde. 6 pulg (152,4mm) de diámetro.
- Materiales. Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).
- Capas. 5
- Golpes por capa. 56
- Usos. Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).
- El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

En la figura 14 se visualiza el resumen de los procedimientos:

Figura 14: Métodos de Proctor Modificado

Concepto	Procedimiento A	Procedimiento B	Procedimiento C
Molde	101,60 mm (4 in)	101,60 mm (4 in)	152,40 mm (6 in)
Volumen del molde	944 cm ³ (1/30 ft ³)	944 cm ³ (1/30 ft ³)	2124 cm ³ (0,075 ft ³)
Peso del martillo	4,54 kg (10 lb)	4,54 kg (10 lb)	4,54 kg (10 lb)
Altura de caída del martillo	457,20 mm (18 in)	457,20 mm (18 in)	457,20 mm (18 in)
Número de golpes	25	25	56
Número de capas	5	5	5
Energía de compactación	2700 kNm/m ³ (56000 ft-lbf/ft ³)	2700 kNm/m ³ (56000 ft-lbf/ft ³)	2700 kNm/m ³ (56000 ft-lbf/ft ³)
Material a ser usado	Porción que pasa por el tamiz No.4, se usa si 20% o menos por peso es retenido en el tamiz No.4	Porción que pasa por el tamiz 3/8, se usa si el suelo retenido en el tamiz No.4 es más del 20% y 20% o menos por peso es retenido en el tamiz 3/8	Porción que pasa por el tamiz 3/4, se usa si más de 20% por peso del material es retenido en el tamiz 3/8 y menos del 30% por peso es retenido en el tamiz 3/4

Fuente: ASTM D-1557.

2.2.13. CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN

La energía de compactación aplicada con respecto al ensayo de Proctor Modificado se hará aplicando la siguiente ecuación para el cálculo de la energía de compactación.

$$E_c = \frac{N * n * W * h}{V}$$

Donde:

E = Energía de compactación específica.

N = Número de golpes por capa.

n = Número de capas.

W = Peso del martillo.

h = Altura de caída del pisón.

v = Volumen de suelo compactado.

El uso o empleo de una mayor energía de compactación a nuestros suelos nos permite lograr alcanzar densidades secas mayores y óptimos contenidos de humedad menores al analizar los resultados obtenidos con las pruebas Proctor Estándar y Proctor Modificado.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio pretende ver la relación entre la energía de compactación entregada por un rodillo estándar de 12 ton aplicado sobre una capa de gran espesor, determinar mediante ensayos de la muestra a escala real la densidad a diferentes niveles y luego modelar el comportamiento de la masa a la transmisión de esfuerzos.

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Tamayo, 2003)“En el método científico sirve para descubrir las condiciones en que se detallan hechos específicos, que se caracteriza por ser verificable, tentativo, de observación empírica y razonamiento riguroso”

Con la investigación se pretende saber de qué manera afecta el rodillo estándar de 12 ton afecta en la relación de espesores del terraplén y número de pasadas en la densificación en suelo granulares.

MÉTODO: DEDUCTIVO

ORIENTACIÓN: APLICADA

ENFOQUE: CUANTITATIVA

RECOLECCIÓN DE DATOS: PROLECTIVO

3.1.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Mendoza Valderrama, 2002) “La investigación aplicada ha enfocado la atención sobre solución de teorías cual concierne solo a un grupo en particular mas no generaliza, se refiere a resultados inmediatos y busca perfeccionar a los individuos implicados en el proceso de investigación”

El tipo de investigación del trabajo realizado es explicativo ya que se orienta a establecer las causas y efectos, explicando el fenómeno de forma deductiva a partir de teorías o leyes. La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio.

3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

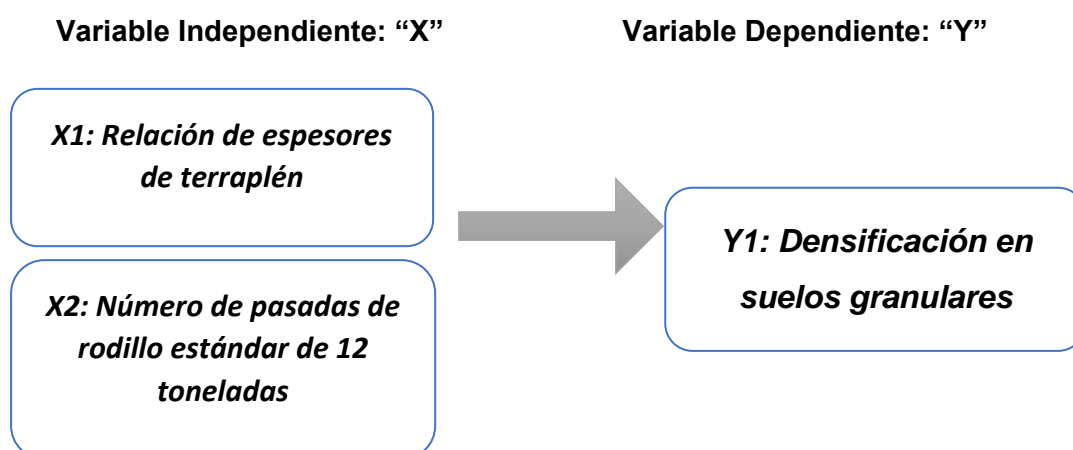
El nivel de investigación es descriptivo debido a que no se limita a la mera recolección de datos, adicionalmente se tiene en consideración es la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es experimental con post prueba únicamente y grupo de control. Aplicados a una muestra a escala real.

DISEÑO: EXPERIMENTAL – PROSPECTIVO - LONGITUDINAL

ESTUDIO DE DISEÑO: ESTUDIO DE COHORTES



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se desea investigar el efecto de la energía de compactación y el espesor de la capa compactada en la densidad máxima seca y la capacidad de transmisión de esfuerzos de capas granulares.

3.3.1. POBLACIÓN

“La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

Población objetivo: Mi universo poblacional son todos los rellenos, capas granulares y terraplenes realizados con material granular no procesado para obras viales.

Espacial: Se consideran los procedimientos de conformación de rellenos realizados en la región Junín, aplicados en obras civiles.

3.3.2. MUESTRA

La cantera “Chaclas” de la cual se empleó su material granular, se encuentra ubicada en el distrito de Sapallanga en la provincia de Huancayo de la Región Junín.

En las siguientes figuras 15, 16 Y 17 se muestra la ubicación del mapa de sitio de la región Junín, así mismo de la cantera empleada y su ubicación en el distrito de sapallanga.

Figura 15: Mapa del Perú - Departamento Junín



Figura 16: Ubicación geográfica del distrito de Sapallanga

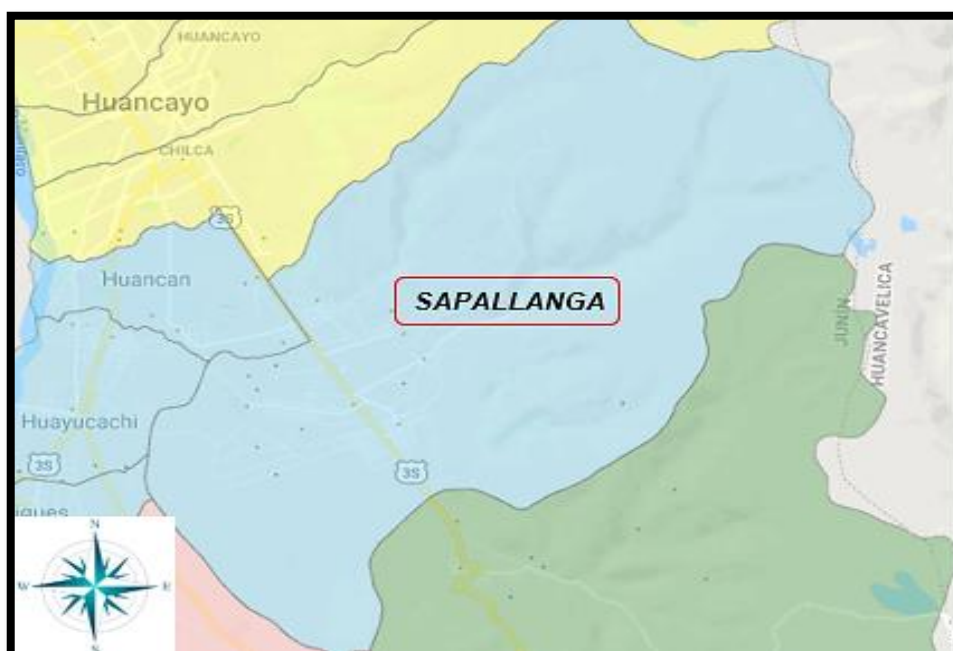
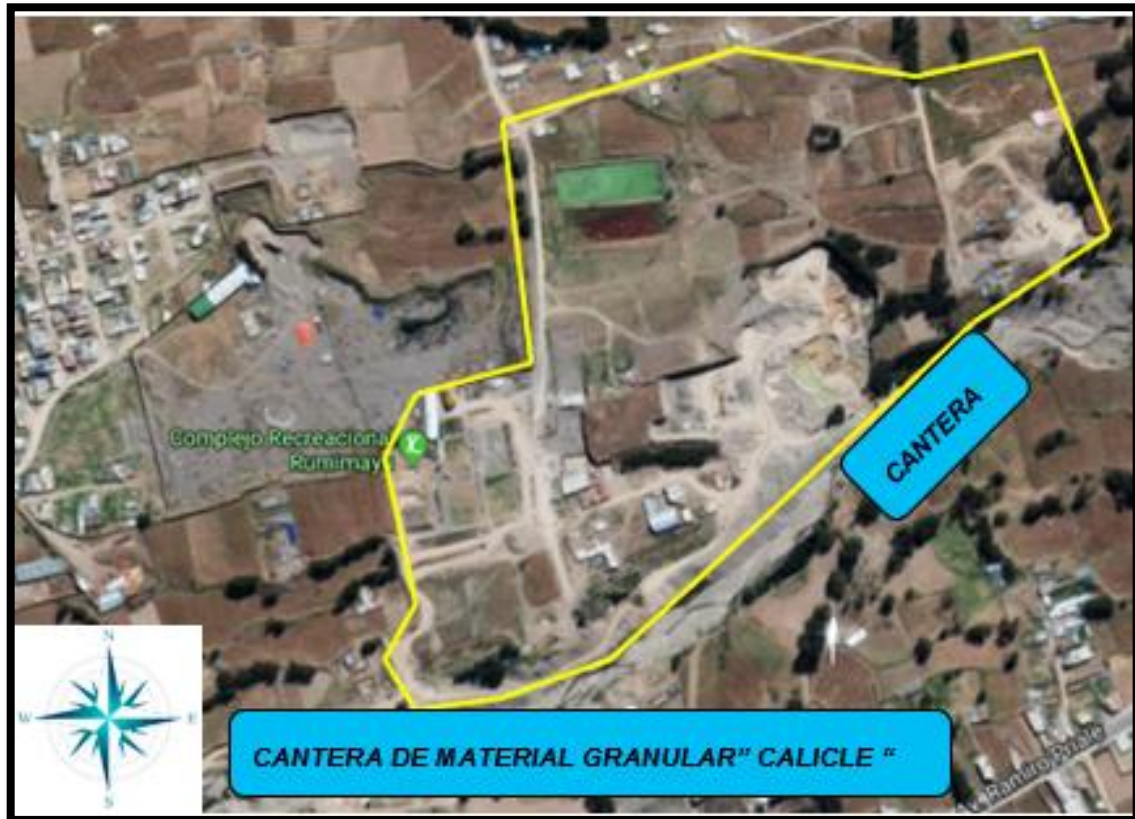


Figura 17: Ubicación de la cantera Chaclas – Distrito de Sapallanga



En la figura 18 se muestra el material granular de la cantera zarandeado y listo para ser trasladado al punto de acopio donde se realizará las pruebas propuestas.

Figura 18: Cantera de Chaclas de material granular.



La muestra está conformada de un área de 78 m² a una altura controlada de hasta 1.20 m, sometidos a diferentes energías de compactación y posteriormente evaluar las deformaciones causadas por las pasadas de rodillos.

Técnica de muestreo: No probabilístico, Intencional.

Tamaño de muestras: 4 muestras de cada caso, 3 franjas y 6 niveles dando un total de 252 densidades de campo

Donde:

El procedimiento para determinar la unidad muestral (área de prueba) que se indica de 78 m² se consideró lo siguiente:

1. En función del ancho del rodillo liso de 12 toneladas que tiene 2.20 m.
2. Se propuso analizar 3 franjas de: 2 pasadas, 4 pasadas y 6 pasadas.
3. Se considero 0.80 m de ancho adicional en ambos extremos para prevenir que el rodillo al momento de realizar el vibrado no se incline o se realice mal el proceso de compactación, teniendo un ancho final de = 2.20 m x 3 franjas + (0.8 m x 2 lados) = 8.2 m.
4. Se extendió el material con una retroexcavadora hasta llegar a una altura de 1.20 m, la cual se llegó extender el material para que el rodillo ascienda y descienda en una longitud de 9.50 m.
5. El área de prueba es de 78 m² con medidas de largo de 9.50 m y ancho 8.2 m.

Figura 19: Vista de Niveles de Análisis

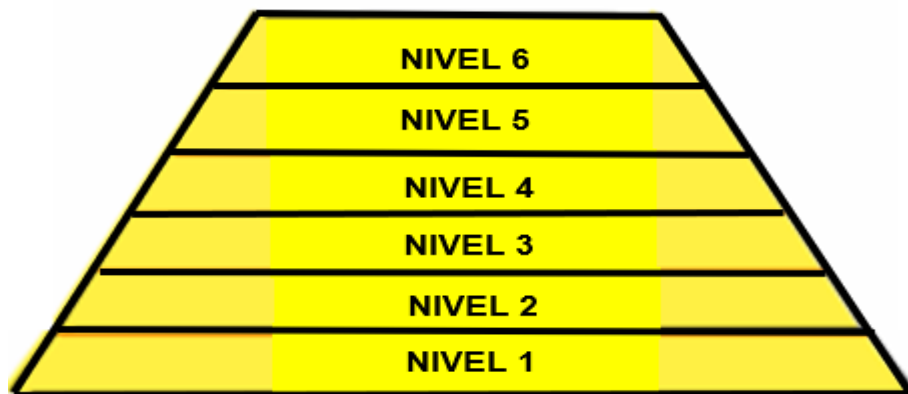


Figura 20: Vista planta del terreno.

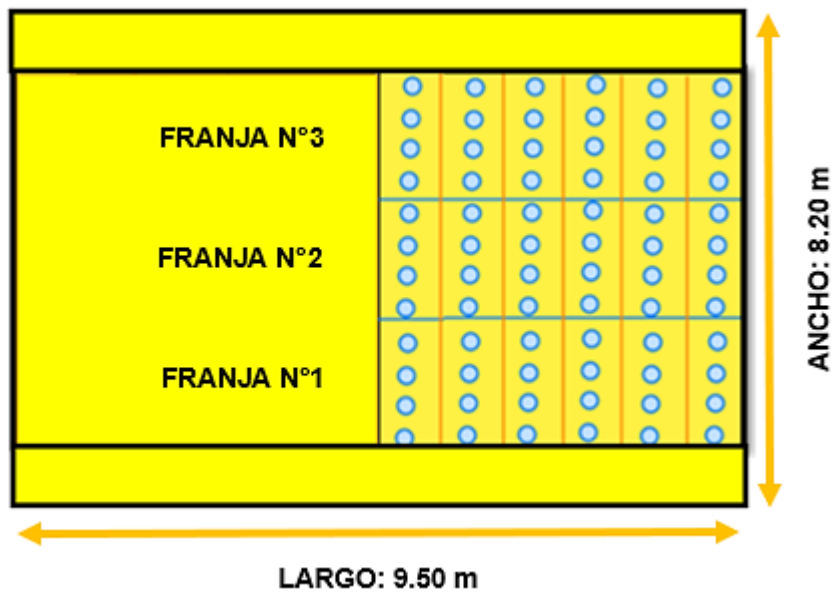
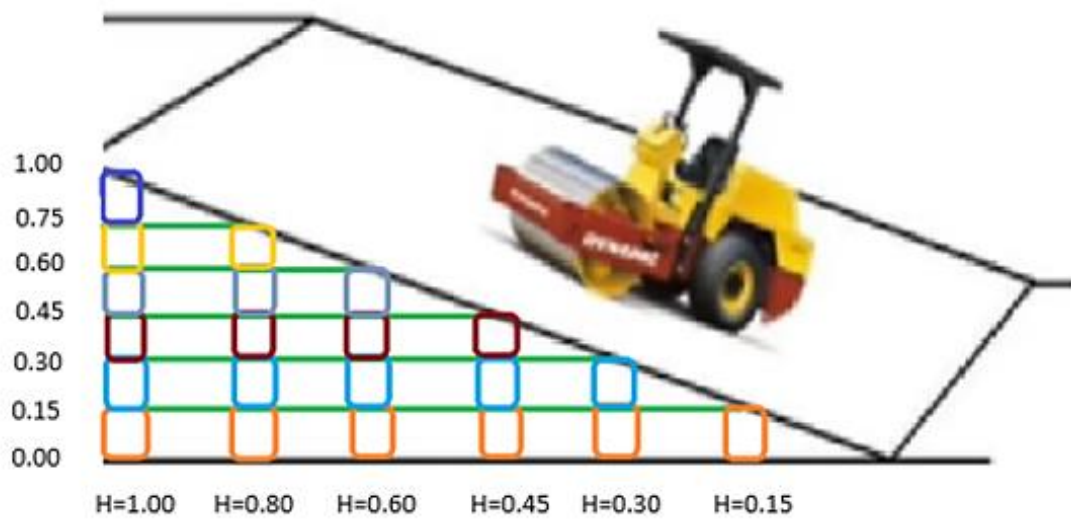


Figura 21: Vista Elevación



El total de muestras analizadas es de 252 Ensayos de Cono de Arena = 3 franjas x 21 niveles analizados x 4 conos por nivel.

Las consideraciones que se tuvo en cuenta previamente a lo anterior fue la preparación del terreno:

Tratamiento del suelo de soporte

Limpieza

Nivelación

Evaluación del terreno natural (sub – rasante)

Granulometría:

SUCS= **SC (ARENA ARCILLOSA)**

AASHTO= **A-2-6(0)**

CBR = **20 % (COMPORTAMIENTO MECÁNICO MALO A ACEPTABLE)**

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La presente tesis maneja información procedente fundamentalmente de fuentes bibliográficas (libros, tesis, revistas y otros). Por último, se realizó observaciones y conclusiones con fundamentos teóricos concernientes al tema de investigación.

3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas empleadas para todo el proceso de ejecución de la investigación se tuvieron en consideración los siguientes criterios y procesos:

- Se procesó y recolecto el material granular tamizado, posteriormente se llevó al lugar de acopio en 4 viajes con un volquete de capacidad de 15 cubos.
- Se efectuó el ensayo de Proctor modificado, granulometría, Humedad Natural e índice de plasticidad y CBR del material extraído.
- Una vez el material vaciado en el lugar de acopio se procedió a un batido de los 60 cubos de material granular y se determinó el contenido de humedad en distintos puntos.
- Se extendió del material homogéneamente en un ancho de 8.20 m y largo de 9.50 m a una altura de 1.20 m, se dividió y demarco en 3 franjas de prueba.
- Se procedió a la compactación con un rodillo estándar de 12 toneladas en las 3 franjas con unos diferentes números de pasadas: En la primera franja se

efectuó 2 pasadas, en la segunda franja se efectuó 4 pasadas y por último en la tercera franja se efectuó 6 pasadas.

- Se determinó las deformaciones producidas en los tramos de pruebas una vez culminada el proceso de compactación.
- Se procedió con la realización del ensayo de cono de arena en todos los tramos de prueba para determinar la densidad máxima seca en campo de acuerdo a la Norma MTC E117, el cual nos indica que: Se excava manualmente un orificio en el suelo con la medida de 0.15 m el cual todos tuvieron la misma profundidad de excavación con el criterio que nos especifica la Norma, el cual se toma en consideración el diámetro de cono de 6" y el tamaño máximo de la partícula es de 1", según norma se debe de tener un volumen mínimo del orificio de ensayo de 2120 cm³.

Volúmenes Mínimos del Hoyo de Ensayo Basados en el Tamaño Máximo de la Partícula

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
Pulgada	mm	cm ³	pies ³
½	12,5	1420	0,05
1	25,0	2120	0,075
2	50,0	2830	0,1

- Se guarda en un recipiente todo el material excavado, se llena el hueco con una arena de densidad conocida que fluye libremente, y se determina el volumen del hueco. Se calcula la densidad húmeda del suelo en el lugar, dividiendo la masa del material húmedo removido por el volumen de hueco. Se determina el contenido de humedad del material extraído del hueco y se calculan su masa seca y su densidad seca in-situ, usando la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco.
- Con los datos obtenidos se procedió al procesamiento de la data y, se evaluó a que niveles de 0.15 m y número de pasadas si se llega, aproxima y/o supera a la densidad máxima seca obtenida a través del ensayo Proctor en laboratorio.
- Eventualmente con los datos obtenidos en laboratorio D.M.S(Densidad Máxima Seca) empleando la norma MTC – 115, y los datos obtenidos en campo se evaluó el grado de compactación y se determinó si cumple con los requisitos mínimos solicitados por el Manual de Carreteras (Especificaciones

técnicas Generales para la construcción EG-2013) para los distintos tipos de obras civiles: rellenos en terraplenes, zanjas, base, depósito de material excedente (D.M.E), etc.

- Se buscó la existencia de correlación entre: el número de pasadas y la densidad del material por niveles mediante el análisis estadístico con el programa spss.

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. ANÁLISIS DEL AGREGADO DE CANTERA CHACLAS

Se optó por hacer uso del material granular de la cantera de Chaclas debido a que distintos proyectos de carreteras ejecutadas toman el material de la cantera como base granular y subbase granular. Se evaluó las características naturales del agregado obtenido en campo, como fueron la granulometría, % de humedad natural, límites de consistencia, ensayo de proctor modificado, california bearing ratio (CBR).

A continuación, se presenta un resumen de los ensayos principales; estos también se encuentran debidamente detallados en los anexos con sus respectivos cuadros y gráficos calculados.

a) Ensayo de Humedad Natural

La humedad nos permite observar el porcentaje de agua presente en el material granular al momento de su extracción de la cantera en estudio, a continuación, se determinó en la tabla 1 el contenido de humedad del material granular al momento de la extracción en cantera.

Tabla 1: Humedad Natural

ENSAYO N°			I
Nro. DE TARA			M - 01
PESO TARA + SUELO HUMEDO		gr.	500
PESO TARA + SUELO SECO		gr.	471
PESO DE LA TARA		gr.	48.5
PESO DEL AGUA		gr.	29
PESO SUELO SECO		gr.	422.5
HUMEDAD		%	6.86
HUMEDAD NATURAL %			6.86

Fuente: Elaboración Propia

b) Ensayo de granulometría

Con el ensayo granulométrico del agregado se determinó el tipo de material que nos encontramos empleando, esto según norma ASTM D 422 tanto para agregados finos y gruesos.

En la tabla 2 se observa el análisis granulométrico del material en estudio. El material en estudio cumple con el uso de gradación tipo "A".

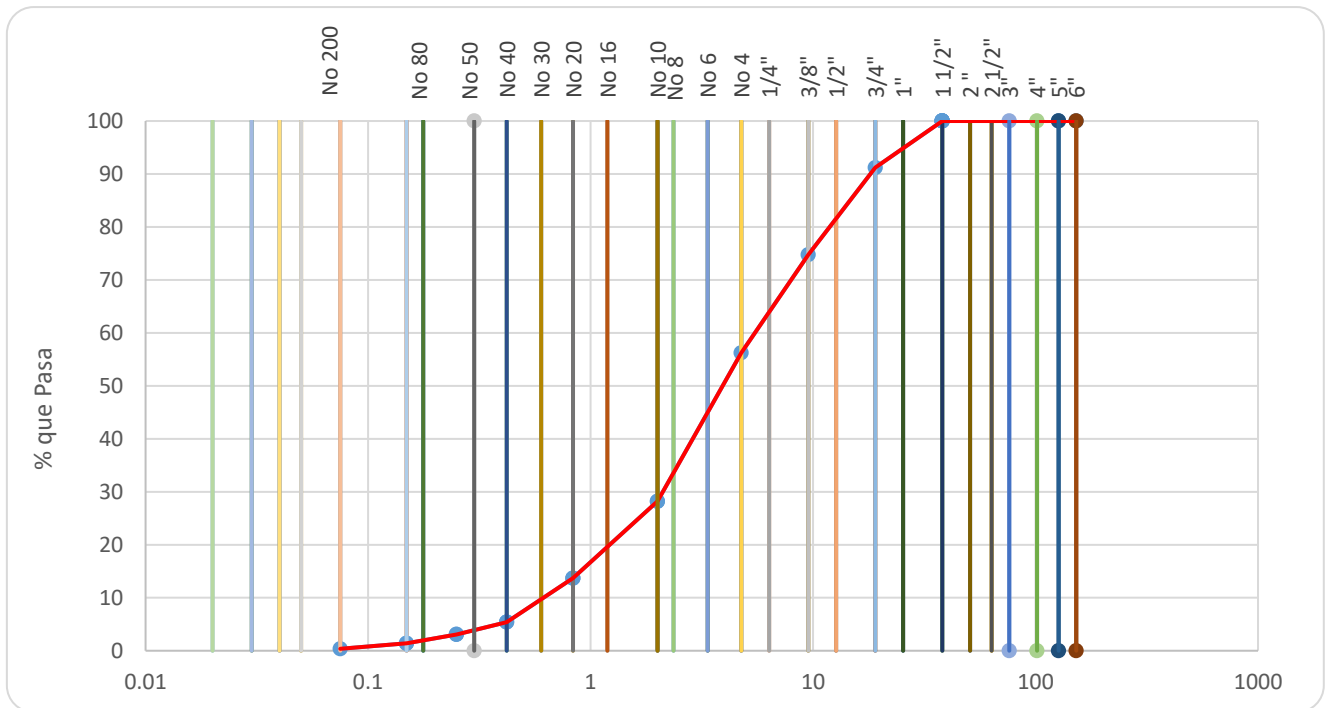
Tabla 2: Análisis Granulométrica-Base Granular

Tamiz	Abertura		Peso	% Retenido		% que
ASTM	(mm.)		Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
4"	101.600		0.00	0.00	0.00	100.0
3"	76.200		0.00	0.00	0.00	100.0
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	0.00	100.0
2"	50.800		0.00	0.00	0.00	100.0
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	0.00	100.0
1"	25.400		68.0	2.3	2.3	97.7
3/4"	19.050		196.0	6.5	8.8	91.2
3/8"	9.525		493.0	16.4	25.2	74.8
No. 4	4.760		556.0	18.5	43.8	56.2
No. 10	2.000		841.0	28.0	71.8	28.2
No 20	0.834		435.0	14.5	86.3	13.7
No. 40	0.420		249.0	8.3	94.6	5.4
No. 60	0.250		70.0	2.3	96.9	3.1
No. 100	0.149		50.0	1.7	98.6	1.4
No. 200	0.075		31.0	1.0	99.6	0.4
< No. 200			11.0	0.4	100.0	

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 22 se muestra la curva granulométrica del material granular utilizado para la evaluación de la investigación.

Figura 22: Curva Granulométrica-Base Granular



La tabla 3 nos brinda un resumen de los pesos de los materiales determinados a través del ensayo granulométrico. Donde para realizar el ensayo se utilizó 3000 gr como muestra de ensayo; eventualmente con el ensayo se determinó 1890 gr de material grueso mayor al N°16 y 846 gr de material menor al N°16.

Tabla 3: Tabla de Material retenido del Material Granular

Peso Inicial (g) :	3000.00
Material Grueso > N° 16: (gr) :	1890.00
Material Grueso < N° 16: (gr) :	846.00

c) Determinación de Límite Líquido, Límite plástico e índice de plasticidad

Los ensayos de limite plástico y limite liquido los cuales se encuentran normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la sección MTC E 110 (Determinación del límite liquido de suelos) y MTC E 111 (Determinación del límite plástico de los suelos e índice de plasticidad).

Nos detalla cómo hacer un uso adecuado del empleo de la copa de caza grande para poder encontrar el cierre del material a través del ensayo entre golpes de 15-25 ,20-30,25-35 golpes para evaluar nuestro Límite Líquido, para el caso de limite plásticos se detalla que se debe formar barritas de 3.2 mm de diámetro a partir del pasante en el tamiz N° 40.

La tabla 4 nos muestra cómo se evaluó el ensayo de Límite plástico.

Tabla 4: Tabla Limite Plástico

	LÍMITE PLASTICO (MTC - E 111)	
	1	2
Capsula Nro.		
Peso de la tara (g)	52.30	57.50
Peso de la tara+Suelo Húmedo (g)	56.80	62
Peso de la tara+Suelo Seco (g)	56.20	61.80
Peso del Agua (g)	0.60	0.20
Peso del Suelo Seco (g)	3.90	4.30
Contenido de Humedad (%)	15.38	4.65
PROMEDIO	10.02	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5 nos muestra los cálculos realizados para determinar el limite liquido del material granular.

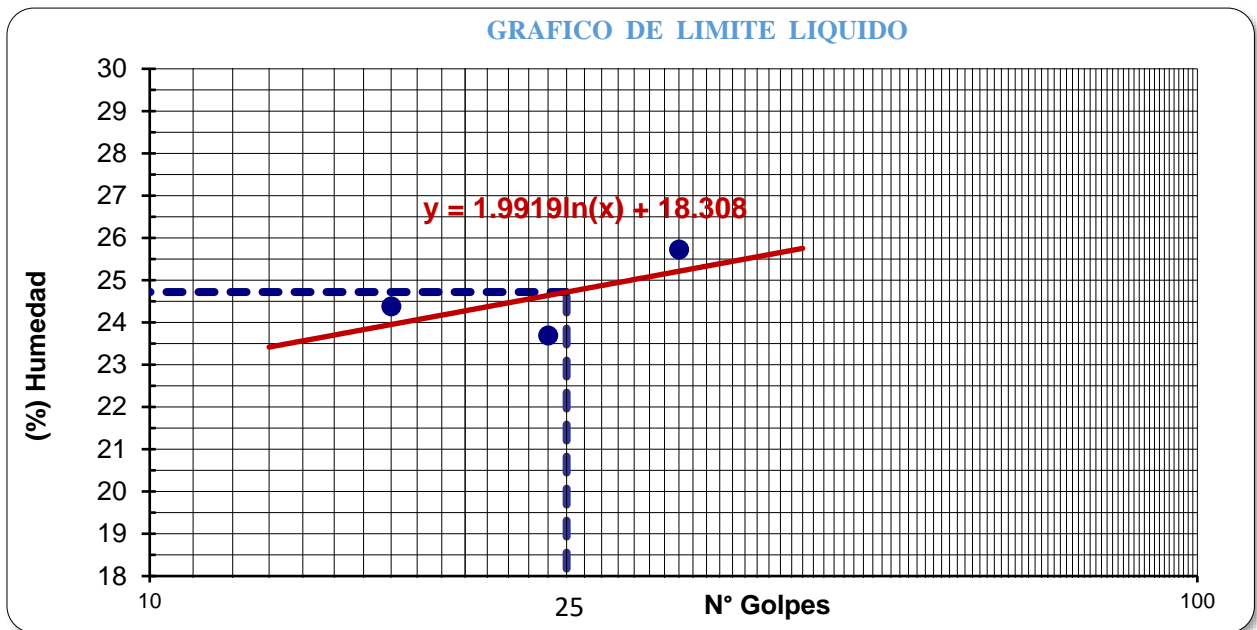
Tabla 5: Tabla Limite Líquido

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110)			
Cápsula Nro	1	2	3
Peso de la tara (g)	48.7	55.9	55.5
Peso de la tara+Suelo Humedo (g)	83.90	100.80	111.70
Peso de la tara+Suelo Seco (g)	77.00	92.2	100.20
Número de Golpes	17	24	32
Peso del agua (g)	6.9	8.60	11.50
Peso del Suelo Seco (g)	28.3	36.3	44.70
Contenido de Humedad (%)	24.38	23.69	25.73

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura 23 nos muestra la relación del porcentaje de humedad y número golpes, donde la norma nos especifica que el limite líquido se encuentra a los 25 golpes, para ello se realiza una línea de tendencia entre los 3 puntos obtenidos en laboratorio determinando posteriormente una ecuación que nos permite determinar el % de humedad en función al número de golpes a realizar en la copa de caza grande.

Figura 23: Determinación de Limite Liquido a 25 golpes



La siguiente tabla 6 nos muestra el resumen del ensayo de límite líquido y plástico y su respectivo índice de plasticidad del material granular, donde se cumple los requerimientos del Ministerio de Transportes de comunicaciones.

Tabla 6: Resumen de los Límites de Atterberg

RESUMEN					
LÍMITE LIQUIDO:	24.	LÍMITE PLÁSTICO:	10.	IND. PLASTICIDAD:	14.
	7		0		7

A continuación, después de haberse realizado el ensayo granulometría y de límites se clasificó el material granular para determinar el tipo de material que se encuentra empleando en campo para la realización de la investigación:

CLASIFICACIÓN SUCS : SP
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-6(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo

d) Ensayo de Proctor Modificado

Establecido en la sección MTC E 115 se utilizó el procedimiento de compactación para poder obtener una relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco, el pisón de 44.5N el cual cae a una altura de 18 pulg produce una energía de compactación de 56000 pie-lbf/pie³.

El método ensayado fue el método C con un molde de 6 pulg de diámetro, material pasante del tamiz 3/4, con 5 capas y 56 golpes por cada capa.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos por la realización del ensayo de proctor modificado, donde a una humedad de 6.5% se logra alcanzar la máxima densidad seca máxima de 2.324 (g/cm³)

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	6.5
Densidad Máxima (g/cm ³)	2.324

e) CBR -CALIFORNIA

Es una relación entre el esfuerzo producido en un suelo compactado y la penetración, con este método se evalúa la resistencia potencial del material granular para las diferentes capas.

El material para el ensayo es el pasante por la malla 3/4.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo de CBR del material granular en estudio.

RESULTADOS:					
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)		0.1":	31.4	0.2":	36.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)		0.1":	30.9	0.2":	35.6

f) Ensayo para determinar la densidad del suelo INSITU mediante el método del cono de arena.

Figura 24: Determinación de la densidad de la Arena Ottawa.



En la Figura 24 se visualiza la determinación de la densidad de la arena calibrada haciendo uso del molde de Proctor.

Establecido en la sección del MTC- 117 usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención.

En nuestro tramo de pruebas se determinaron las densidades con el equipo de cono de arena a diferentes espesores de 15 cm,30 cm, 45 cm ,60 cm ,80cm y 100 cm y alturas que se separó a través de cotas a cada 15 cm, en las 3 franjas: 2 pasadas,4 pasadas y 6 pasadas del rodillo estándar de 12 ton.

Para poder efectuar adecuadamente el ensayo se tuvo que preparar la arena calibrada, uniforme, seca, no cementada, durable y que discurra libremente. Tener un coeficiente de uniformidad menor de 2 y el tamaño máximo de partículas menor que 2,0 mm (Malla N° 10) y menos del 3% en peso que pase la malla de 250 μm (Malla N° 60).

Posteriormente se determinó la densidad de la arena calibrada, que se visualiza en la Tabla 7.

Tabla 7: Densidad de la Arena Calibrada

DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA			
INTENTO N°		1	2
PESO DEL MOLDE	(gr)	6487	6485
VOLÚMEN DEL MOLDE	(cm³)	2105	2105
PESO DEL MOLDE +ARENA	(gr)	9429	9476
PESO DE ARENA	(gr)	2942	2991
DENSIDAD	(gr/cm³)	1.4	1.4
PROMEDIO (D.A.S)		1.409	

Figura 25: Molde Proctor + Arena calibrada.



En la Figura 25 teniendo ya determinado su volumen , peso del molde y peso del molde con la arena: se determinó la densidad de la arena calibrada de 1.409 (gr/cm³).

3.5.2. EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en diferentes etapas, las cuales se detalla a continuación:

PRIMERA ETAPA: ZARANDEO Y ACOPIO DEL MATERIAL

En la figura 26 se visualiza la extracción y zarandeado del material granular en la cantera Chaclas en el distrito de sapallanga.

Figura 26: Zarandeado del material granular



El acopio del material se realizó en el distrito de Azapampa, ya que se contaba con un espacio necesario para realizar los ensayos. En la figura 27 se visualiza el acopio de los 60 cubos de material granular.

Figura 27: Acopio del Material



SEGUNTA ETAPA: MEZCLADO, ACOMODO DEL MATERIAL Y DELIMITACIÓN DE LAS FRANJAS.

En la figura 28 se observa el proceso de mezclado del material granular para su debida homogenización, para posteriormente sacar el contenido de humedad $w\%$ del material y evaluar cuál es el porcentaje de variación que tiene con nuestro óptimo contenido de humedad (O.C.H) determinado por el ensayo de Proctor modificado, y evaluar si se tiene que regar agua o tener que hacer secar el material.

Figura 28: Mezclado del Material Granular para Homogenizar $W\%$



A continuación, se observa en la figura 29 la colocación del material granular con la retroexcavadora y posteriormente la demarcación de las 3 franjas de pruebas.

- FRANJA 1: La cual será sometida a 2 pasadas con el rodillo de 12 ton.
- FRANJA 2: La cual será sometida a 4 pasadas con el rodillo de 12 ton.
- FRANJA 3: La cual será sometida a 6 pasadas con el rodillo de 12 ton.

Figura 29: Acomodo y Limitación de las 3 franjas.



TERCERA ETAPA: COMPACTACIÓN CON EL RODILLO DE 12 TON.

Una vez demarcado el terreno se procedió a la compactación de las franjas con el rodillo de 12 toneladas con una vibración constante. En las figuras 30,31 y 32 se observa la compactación de las franjas a 2 pasadas, 4 pasadas y 6 pasadas del rodillo.

En la figura 30 se observa que el rodillo de 12 ton se encuentra iniciando la compactación de la primera franja de 2 pasadas.

Figura 30: Compactación 2 pasadas con rodillo de 12 ton.



En la figura 31 se observa que el rodillo de 12 ton se encuentra compactando la segunda franja con 4 pasadas.

Figura 31: Compactación 4 pasadas con rodillo de 12 ton



En la figura 32 se observa que el rodillo de 12 ton se encuentra compactando la tercera franja con 6 pasadas.

Figura 32: Compactación 6 pasadas con rodillo de 12 ton



En la figura 33 se observa el tramo de prueba ya debidamente compactado en las 3 franjas de prueba.

Figura 33: Tramos de prueba Compactados.

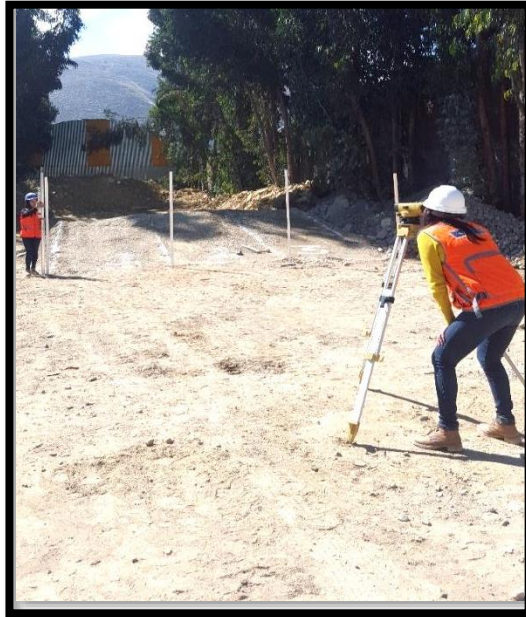


CUARTA ETAPA: DETERMINACIÓN DE DEFORMACIONES DESPUÉS DE LA COMPACTACIÓN.

En la figura 34,35,36 se observa el proceso de nivelación del tramo de prueba a las alturas a ser evaluadas :0.15 m,0.30 m,0.45 m,0.60 m,0.80 m y 1.00 m con apoyo del nivel de ingeniero, mira, nivel de mano, wincha y plomada.

En la figura 34 se aprecia que se encuentra haciendo uso del nivel de ingeniero para poder marcar y nivelar los postes de guía, que posteriormente servirán para trazar los niveles del tramo de prueba.

Figura 34: Nivelación con Nivel de Ingeniero.



En la figura 35 se muestra la nivelación y trazado de los niveles haciendo uso de cordel, winchas, plomadas y nivel de mano. Adicionalmente se tomó las medidas de la deformación que sufrió el tramo de prueba antes y después de la compactación en la franja 3.

Figura 35: Nivelación y marcación de alturas.



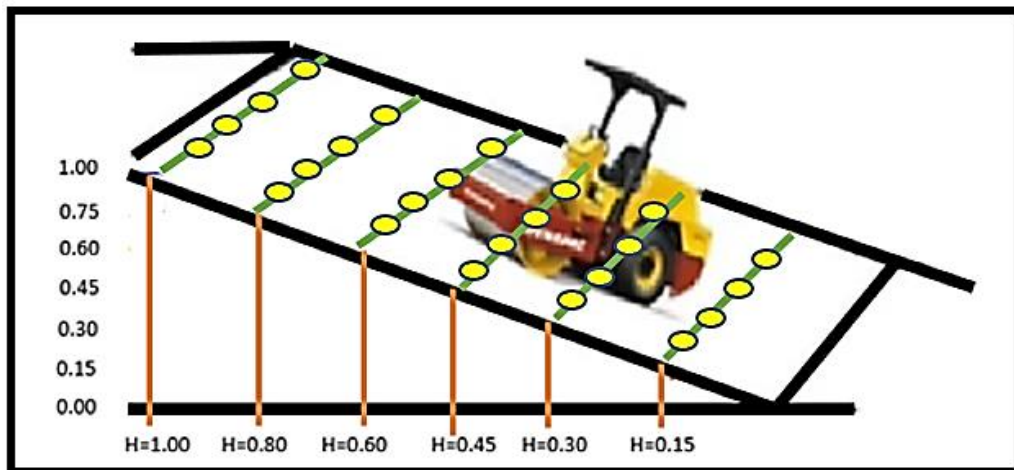
En la figura 36 se observa la nivelación y marcación de los niveles del tramo de prueba en la franja 2.

Figura 36: Determinación de diferencial de alturas después de la compactación.



En la Figura 37 se presenta el modelo de marcado en la sección transversal para posteriormente determinar las densidades a esas alturas.

Figura 37: Marcado de alturas.



QUINTA ETAPA: DENSIDADES DE CAMPO

Por último, una vez marcado todo nuestro tramo de prueba se procedió a realizar en ensayo de cono de arena para determinar las densidades INSITU en los distintos diferenciales de espesores y en las 3 franjas.

En la figura 38 se empezó con el ensayo de cono de arena en la franja 1, se visualiza la excavación, la extracción del material del agujero y la verificación de la profundidad del agujero de 15 cm.

Figura 38: Extracción del Material del Agujero.



En la figura 39 se observa el tamizado del material del agujero con el tamiz $\frac{3}{4}$, donde posteriormente se pesó del retenido y pasante, donde este último se utilizó para determinar su contenido de humedad.

Figura 39: Pesado del material extraído y Tamizado 3/4.



En la figura 40 se observa la evaluación de 4 conos de arena, donde se tuvo que avanzar con 2 equipos para acelerar el proceso de recolección de datos.

Figura 40: Determinación del volumen que ocupa la Arena Calibrada en el Agujero.



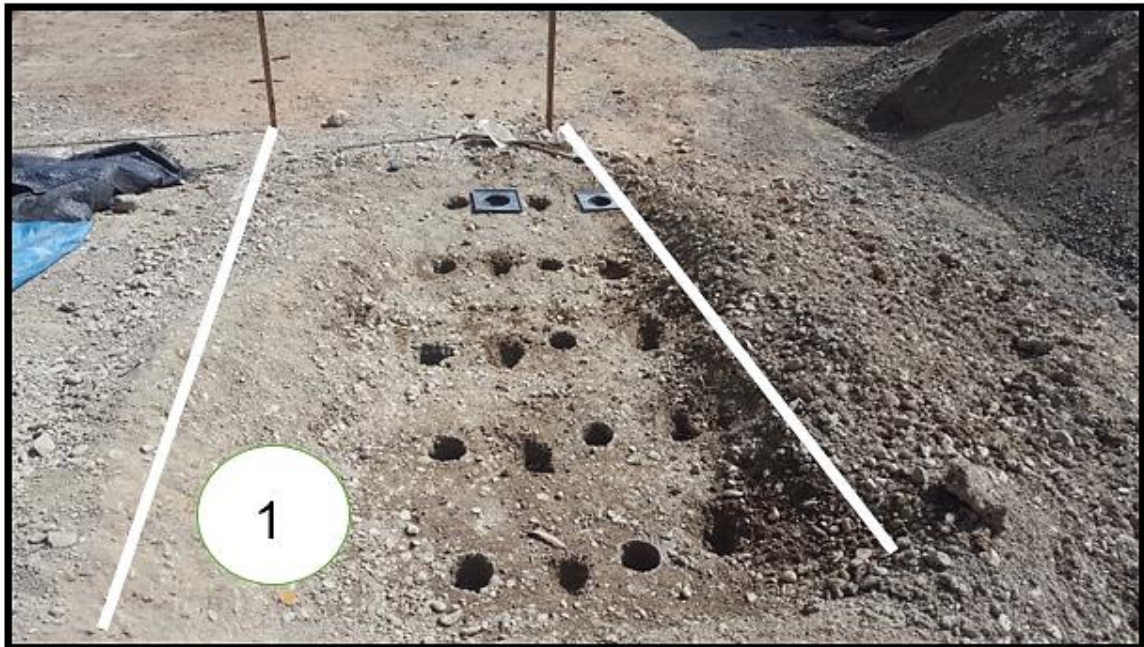
En la figura 41 se muestra la finalización de los 4 primeros puntos en el nivel 6 de la franja 1.

Figura 41: Cono de Arena - 4 por cada nivel.



En la figura 42 se muestra la finalización de los 6 niveles de la franja 1, donde se visualiza la foto del nivel 1 donde se determinó 24 puntos y/o muestras.

Figura 42: Cono de Arena último nivel - 2 pasadas con rodillo.



En la figura 43 se muestra la culminación de las 3 franjas en el nivel 1, se aprecia en el lado derecho todo el material que se limpió al culminar cada nivel de prueba.

Figura 43: Culminación del Ensayo cono de Arena en las 3 franjas.



CAPÍTULO IV

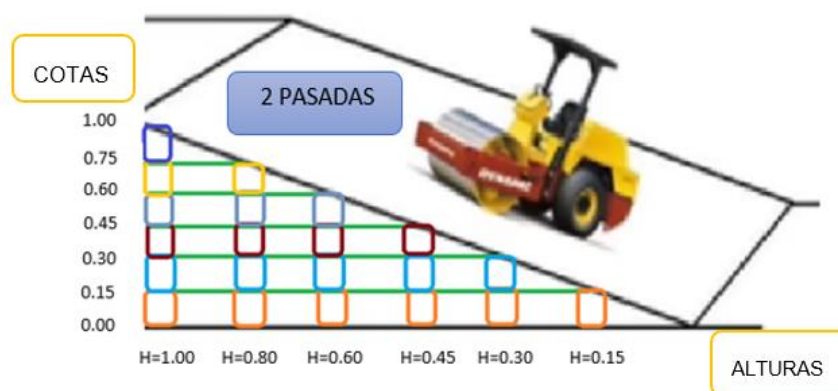
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. DATOS OBTENIDOS DE DENSIDAD INSITU 2 PASADAS CON EL RODILLO

En la figura 44 se muestra los niveles analizados de la primera franja, el total de niveles analizados son de 21 con profundidad de agujeros de 15 cm, para comprender mejor se separó por cotas y se analizó a 6 alturas.

Figura 44: Primera franja- alturas y cotas con 2 pasadas de rodillo.



En la tabla 8 se presenta el resumen de densidad máxima seca determinados a través del ensayo de cono de arena.

Tabla 8: Resumen de los conos 2 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas.

2 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.32	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.35	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.30	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.25	2.17	2.06	0.00	0.00	0.00
0.45	2.26	2.17	2.05	0.00	0.00	0.00
0.45	2.26	2.16	2.06	0.00	0.00	0.00
0.45	2.27	2.14	2.06	0.00	0.00	0.00
0.6	2.08	2.00	1.93	1.85	0.00	0.00
0.6	2.08	2.01	1.97	1.91	0.00	0.00
0.6	2.07	2.02	1.96	1.84	0.00	0.00
0.6	2.08	2.01	1.91	1.78	0.00	0.00
0.8	1.96	1.95	1.92	1.74	1.71	0.00
0.8	1.96	1.96	1.89	1.79	1.71	0.00
0.8	1.95	1.94	1.89	1.74	1.73	0.00
0.8	1.95	1.96	1.89	1.73	1.73	0.00
1	1.96	1.76	1.76	1.74	1.71	1.67
1	1.91	1.90	1.84	1.69	1.65	1.66
1	1.86	1.74	1.64	1.70	1.63	1.67
1	1.79	1.81	1.71	1.69	1.63	1.66

De la tabla anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 -0.15), primer nivel se tienen los mayores valores de densidad máxima seca pero solo a la altura de 0.15 m y 0.30 m se logra alcanzar la densidad máxima seca determinada en laboratorio.

La tabla 9 se presenta el resumen de la densidad máxima seca encontrada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

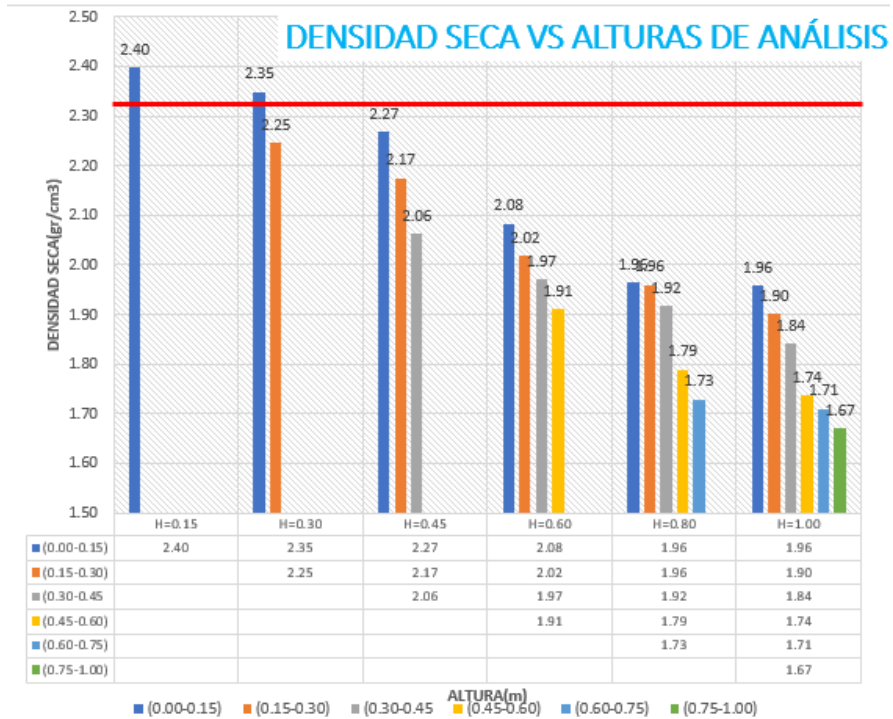
Tabla 9: Densidades máximas por altura y cota, con 2 pasadas de rodillo

DENSIDAD SECA						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.40					
H=0.30	2.35	2.25				
H=0.45	2.27	2.17	2.06			
H=0.60	2.08	2.02	1.97	1.91		
H=0.80	1.96	1.96	1.92	1.79	1.73	
H=1.00	1.96	1.90	1.84	1.74	1.71	1.67

A continuación, se muestra el gráfico de barras de densidad máxima seca por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4

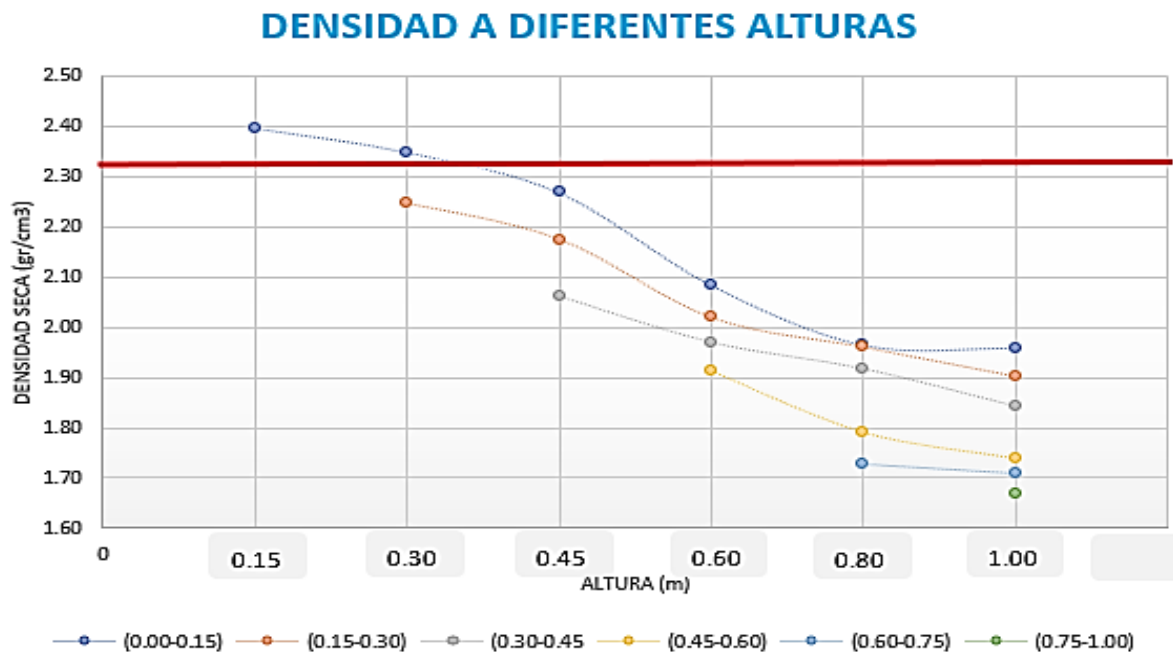
puntos analizados por cada nivel y se logró superar la densidad máxima de laboratorio a alturas de 0.15 m y 0.30 m.

Figura 45: Densidad seca vs Alturas, con 2 pasadas de rodillo



En la figura 46 se muestra la iteración de puntos con la densidad seca máxima encontrada por nivel y altura, se visualiza que solo son 2 los niveles de la primera franja que logran superar la densidad seca máxima evaluada en laboratorio.

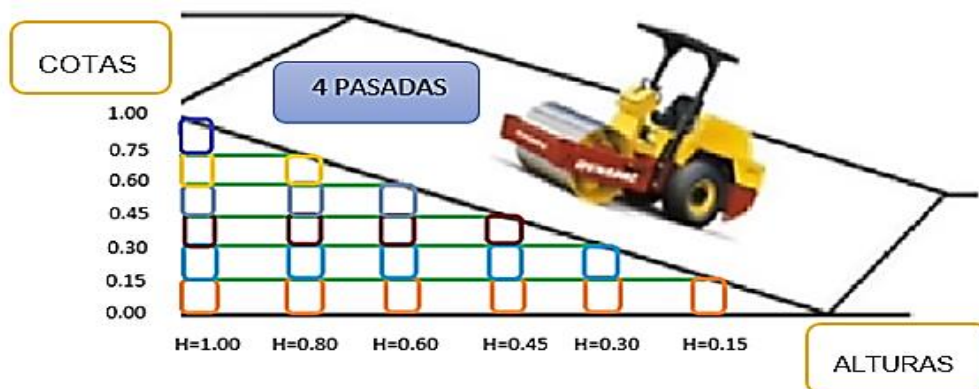
Figura 46: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 2 pasadas de rodillo.



4.1.2. DATOS OBTENIDOS DE DENSIDAD INSITU 4 PASADAS CON EL RODILLO

En la figura 47 se muestra los niveles analizados de la segunda franja, el total de niveles analizados son de 21 con profundidad de agujeros de 15 cm, para comprender mejor se separó por cotas y se analizó a 6 alturas.

Figura 47: Primera franja- alturas y cotas con 4 pasadas de rodillo.



En la tabla 10 se presenta el resumen de densidad máxima seca determinados a través del ensayo de cono de arena.

Tabla 10: Resumen de los conos 4 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas

4 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.46	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.46	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.34	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.36	2.33	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.34	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.36	2.35	2.25	0.00	0.00	0.00
0.6	2.31	2.21	2.19	2.10	0.00	0.00
0.6	2.30	2.22	2.19	2.11	0.00	0.00
0.6	2.30	2.22	2.19	2.11	0.00	0.00
0.6	2.31	2.21	2.19	2.11	0.00	0.00
0.8	2.14	2.19	2.13	2.08	1.97	0.00
0.8	2.15	2.18	2.13	2.08	1.96	0.00
0.8	2.14	2.19	2.13	2.08	1.97	0.00
0.8	2.17	2.18	2.13	2.08	1.97	0.00
1	2.08	2.04	1.99	1.99	1.91	1.79
1	2.08	2.04	2.01	1.98	1.92	1.77
1	2.08	2.04	2.00	1.98	1.91	1.78
1	2.09	2.04	2.00	1.99	1.92	1.78

De la tabla anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 -0.15), (0.15-0.30), primer y segundo nivel se tienen los mayores valores de densidad máxima seca pero solo a la altura de 0.15 m ,0.30 m y 0.45 m se logra alcanzar la densidad máxima seca determinada en laboratorio.

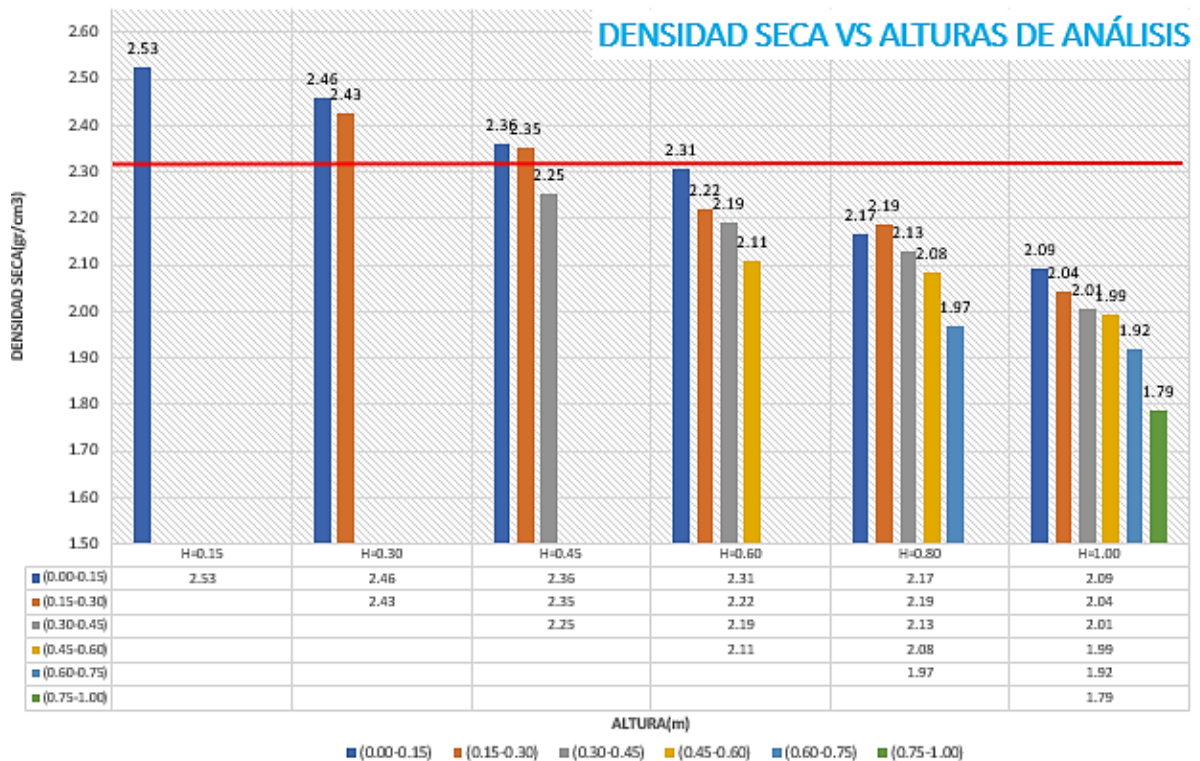
La tabla 11 se presenta el resumen de la densidad máxima seca encontrada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

Tabla 11: Densidades máximas por altura y cota, con 4 pasadas de rodillo.

DENSIDAD SECA						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.53					
H=0.30	2.46	2.43				
H=0.45	2.36	2.35	2.25			
H=0.60	2.31	2.22	2.19	2.11		
H=0.80	2.17	2.19	2.13	2.08	1.97	
H=1.00	2.09	2.04	2.01	1.99	1.92	1.79

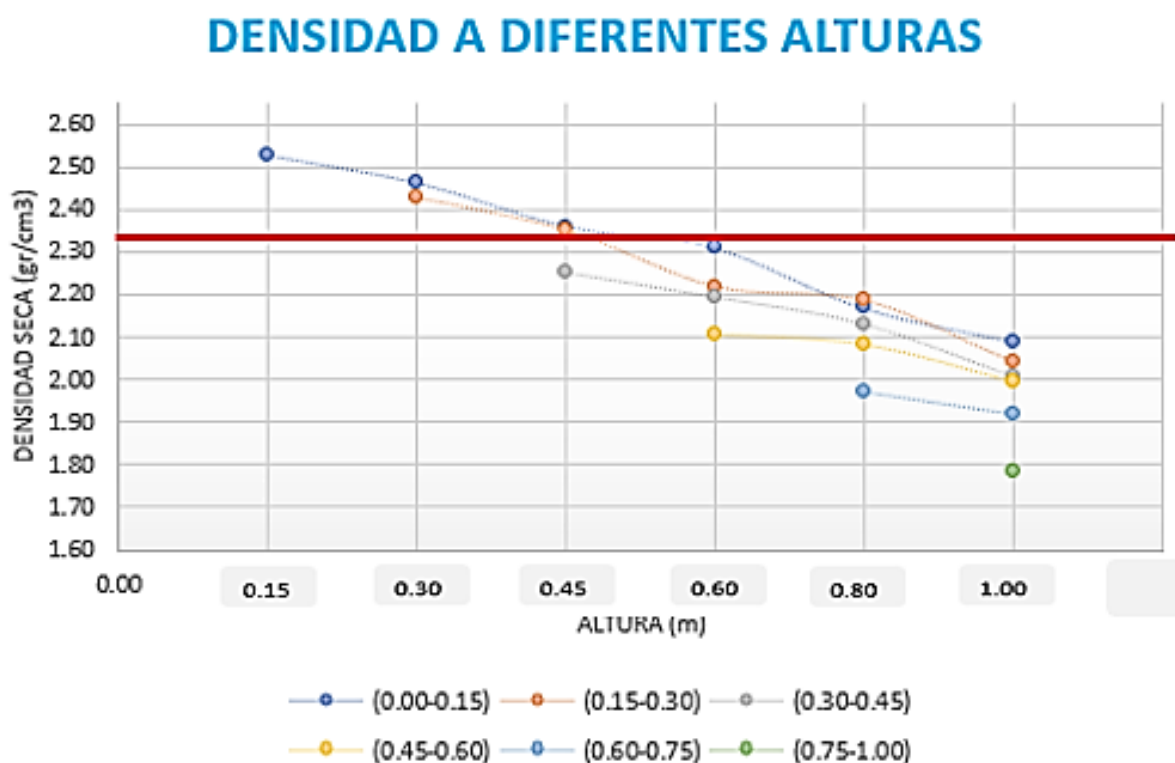
A continuación, se muestra el gráfico de barras de densidad máxima seca por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4 puntos analizados por cada nivel y se logró superar la densidad máxima de laboratorio a alturas de 0.15 m ,0.30 m y 0.45 m.

Figura 48: Densidad seca vs Alturas, con 4 pasadas de rodillo



En la figura 49 se muestra la iteración de puntos con la densidad seca máxima encontrada por nivel y altura, se visualiza que solo son 5 los niveles de la segunda franja que logran superar la densidad seca máxima evaluada en laboratorio

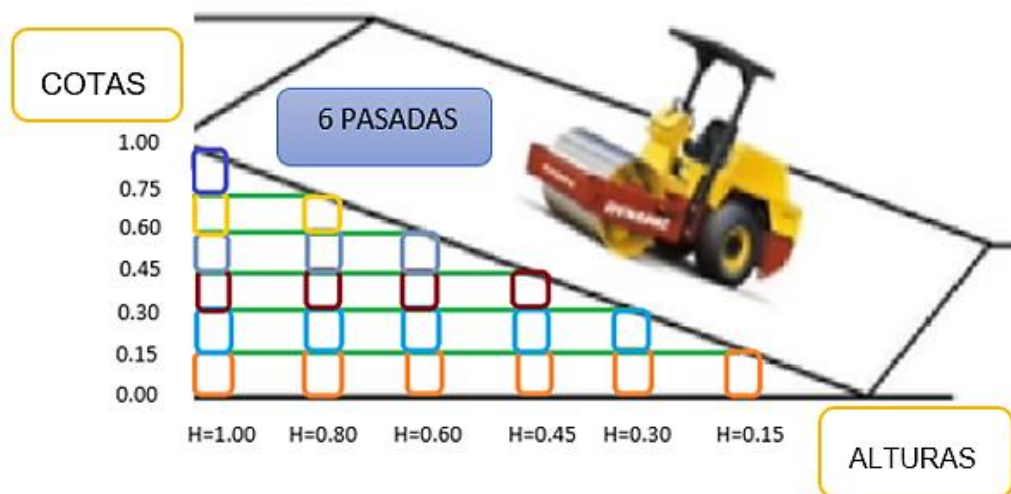
Figura 49: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 4 pasadas de rodillo.



4.1.3. DATOS OBTENIDOS DE DENSIDAD INSITU 6 PASADAS CON EL RODILLO

En la figura 50 se muestra los niveles analizados de la tercera franja, el total de niveles analizados son de 21 con profundidad de agujeros de 15 cm, para comprender mejor se separó por cotas y se analizó a 6 alturas.

Figura 50: Primera franja- alturas y cotas con 6 pasadas de rodillo.



En la tabla 12 se presenta el resumen de densidad máxima seca determinados a través del ensayo de cono de arena.

Tabla 12: Resumen de los conos 6 pasadas de rodillo- determinados por altura y cotas

6 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.48	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.48	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.54	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.40	2.37	2.32	0.00	0.00	0.00
0.45	2.37	2.36	2.34	0.00	0.00	0.00
0.45	2.35	2.35	2.32	0.00	0.00	0.00
0.45	2.42	2.29	2.36	0.00	0.00	0.00
0.6	2.33	2.26	2.22	2.21	0.00	0.00
0.6	2.32	2.26	2.21	2.22	0.00	0.00
0.6	2.33	2.27	2.25	2.23	0.00	0.00
0.6	2.36	2.29	2.23	2.23	0.00	0.00
0.8	2.26	2.14	2.15	2.07	1.99	0.00
0.8	2.28	2.23	2.16	2.10	1.98	0.00
0.8	2.28	2.24	2.16	2.09	1.99	0.00
0.8	2.29	2.25	2.14	2.12	1.98	0.00
1	2.21	2.17	2.10	2.07	1.95	1.93
1	2.21	2.18	2.08	2.07	1.94	1.91
1	2.20	2.18	2.10	2.08	1.94	1.93
1	2.20	2.18	2.11	2.11	1.95	1.93

De la tabla anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 -0.15), (0.15-0.30), (0.30-0.45),el primer ,segundo y tercer nivel se tienen los mayores

valores de densidad máxima seca pero solo a la altura de 0.15 m ,0.30 m , 0.45 m y 0.60 m se logra alcanzar la densidad máxima seca determinada en laboratorio.

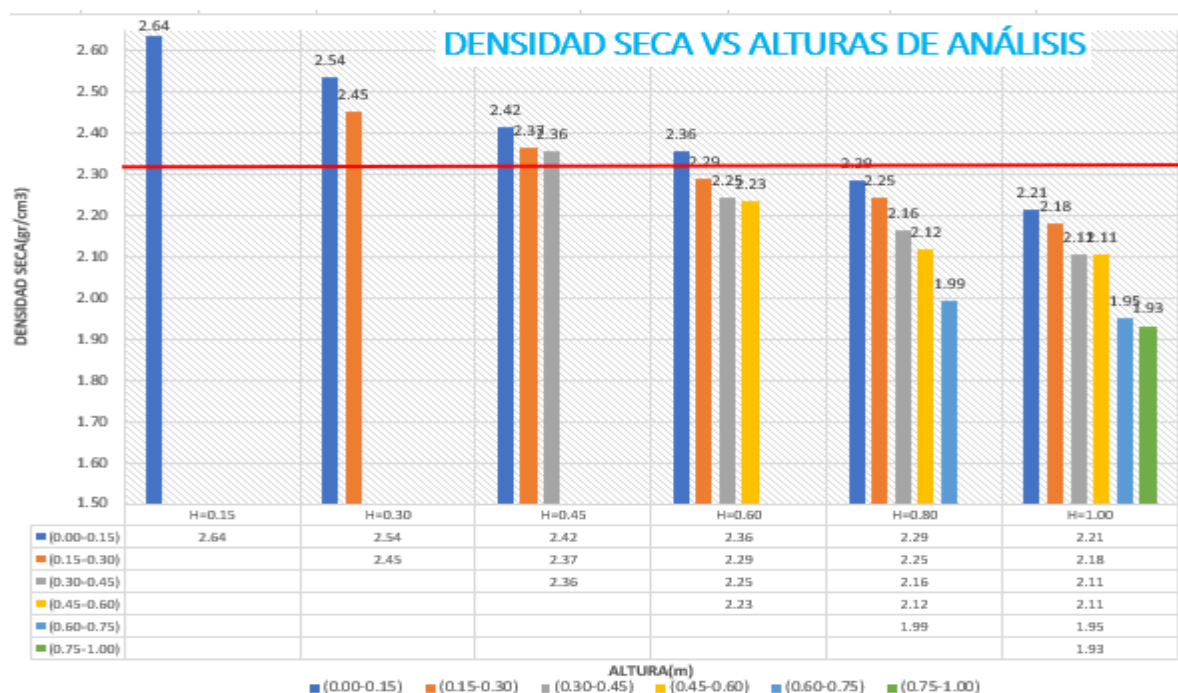
La tabla 13 se presenta el resumen de la densidad máxima seca encontrada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

Tabla 13: Densidades máximas por altura y cota, con 6 pasadas de rodillo.

DENSIDAD SECA						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.64					
H=0.30	2.54	2.45				
H=0.45	2.42	2.37	2.36			
H=0.60	2.36	2.29	2.25	2.23		
H=0.80	2.29	2.25	2.16	2.12	1.99	
H=1.00	2.21	2.18	2.11	2.11	1.95	1.93

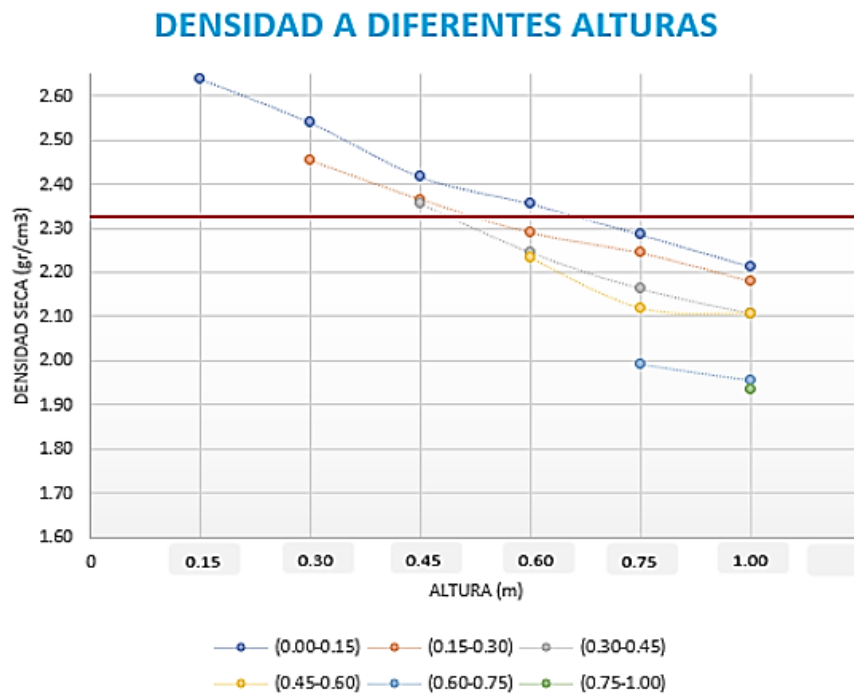
A continuación, se muestra el gráfico de barras de densidad máxima seca por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4 puntos analizados por cada nivel y se logró superar la densidad máxima de laboratorio a alturas de 0.15 m ,0.30 m, 0.45 m y 0.60 m.

Figura 51: Densidad seca vs Alturas, con 6 pasadas de rodillo



En la figura 52 se muestra la iteración de puntos con la densidad seca máxima encontrada por nivel y altura, se visualiza que solo son 7 los niveles de la tercera franja que logran superar la densidad seca máxima evaluada en laboratorio.

Figura 52: Curva de Densidad a diferentes alturas, con 6 pasadas de rodillo.



4.1.4. DATOS OBTENIDOS DE GRADO DE COMPACTACIÓN 2 PASADAS CON EL RODILLO

En la figura 53 se presenta el resumen los grados de compactación de 2 pasadas de rodillo determinados a través de la relación de la densidad seca máxima de laboratorio y campo.

Figura 53: Resumen de Grado de compactación 2 pasadas de rodillo.

2 PASADAS -GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	103.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	102.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	103.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	103.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	99.77	96.66	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	99.87	96.33	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	101.07	96.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	99.09	96.14	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	97.01	93.34	88.70	0.00	0.00	0.00
0.45	97.09	93.58	88.40	0.00	0.00	0.00
0.45	97.09	93.00	88.79	0.00	0.00	0.00
0.45	97.60	92.13	88.55	0.00	0.00	0.00
0.6	89.44	86.11	83.22	79.46	0.00	0.00
0.6	89.66	86.62	84.78	82.27	0.00	0.00
0.6	88.87	86.89	84.41	79.37	0.00	0.00
0.6	89.44	86.56	81.97	76.72	0.00	0.00
0.8	84.40	83.74	82.49	74.74	73.45	0.00
0.8	84.55	84.27	81.35	77.00	73.77	0.00
0.8	84.08	83.34	81.48	74.74	74.40	0.00
0.8	84.09	84.34	81.34	74.60	74.30	0.00
1	84.30	75.90	75.93	74.76	73.58	71.77
1	82.40	81.85	79.23	72.57	71.07	71.43
1	80.05	74.91	70.60	72.98	69.97	71.86
1	76.89	77.78	73.57	72.78	70.18	71.57





De la figura anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 -0.15), (0.15-0.30), (0.30-0.45), en el primer nivel se tienen los mayores valores de grado de compactación pero solo a la altura de 0.15 m y 0.30 m se logra alcanzar la el grado de compactación mínimo para terraplenes de 95 %, establecida por el manual de carreteras.

La tabla 14 se presenta el resumen de grado de compactación determinada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

Tabla 14: Resumen de G.C máxima por altura y cota 2 pasadas de rodillo.

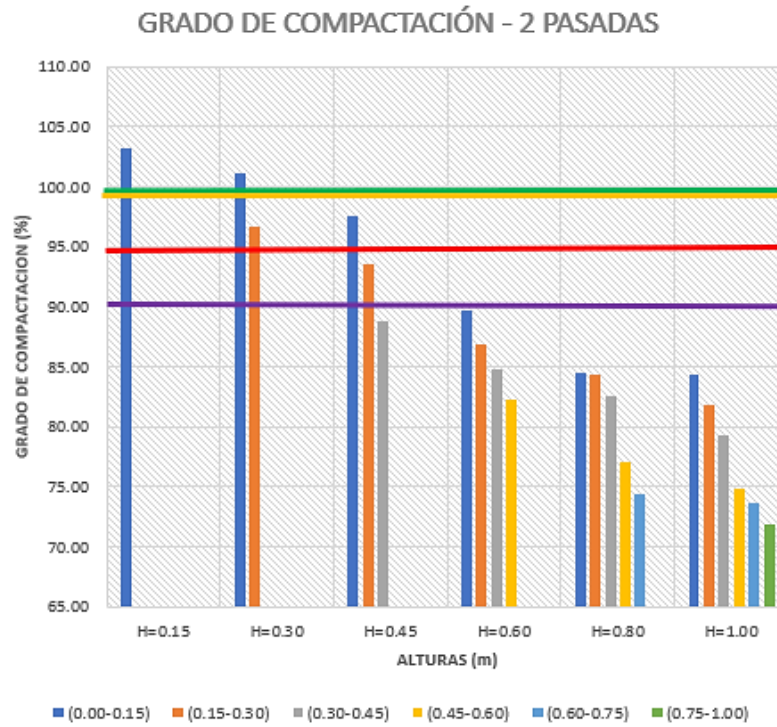
GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURAS	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	103.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.30	101.07	96.66	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.45	97.60	93.58	88.79	0.00	0.00	0.00
H=0.60	89.66	86.89	84.78	82.27	0.00	0.00
H=0.80	84.55	84.34	82.49	77.00	74.40	0.00
H=1.00	84.30	81.85	79.23	74.76	73.58	71.86

A continuación, se muestra el resumen de grado de compactación mínimo específico por el manual de carreteras para distintos tipos de obras.

GRADO DE COMPACTACIÓN		
Terraplenes	95%	
Subrasante -Base	100%	
Pocas Resistencias e incompresibilidad	90%	
Estabilización	100%	

A continuación, se muestra el grafico de barras de grado de compactación por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4 puntos analizados por cada nivel y logra superar los grados de compactación mínimas a alturas de 0.15 m ,0.30 m y 0.45 m. en el caso de terraplenes.

Figura 54: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 2 pasadas de rodillo.



4.1.5. DATOS OBTENIDOS DE GRADO DE COMPACTACIÓN 4 PASADAS CON EL RODILLO.

En la figura 55 se presenta el resumen los grados de compactación de 4 pasadas de rodillo compactación determinados a través de la relación de la densidad seca máxima de laboratorio y campo.

Figura 55: Resumen de Grado de compactación 4 pasadas de rodillo.

4 PASADAS - GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	108.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	108.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	108.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	109.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	105.34	103.73	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	105.77	103.75	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	105.61	103.55	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	105.90	104.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	100.86	99.95	96.84	0.00	0.00	0.00
0.45	101.58	100.08	96.68	0.00	0.00	0.00
0.45	100.75	99.73	96.76	0.00	0.00	0.00
0.45	101.54	101.18	96.90	0.00	0.00	0.00
0.6	99.24	95.02	94.38	90.48	0.00	0.00
0.6	98.92	95.31	94.32	90.73	0.00	0.00
0.6	99.01	95.49	94.23	90.60	0.00	0.00
0.6	99.35	95.02	94.21	90.68	0.00	0.00
0.8	92.20	94.08	91.46	89.45	84.65	0.00
0.8	92.37	94.00	91.58	89.71	84.36	0.00
0.8	92.18	94.02	91.68	89.51	84.69	0.00
0.8	93.29	93.94	91.62	89.57	84.78	0.00
1	89.61	87.58	85.77	85.77	82.17	76.83
1	89.59	87.61	86.37	85.21	82.50	76.03
1	89.71	87.69	86.20	85.34	82.30	76.62
1	89.99	87.85	86.22	85.68	82.51	76.75





De la figura anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 - 0.15),(0.15-0.30),(0.30-0.45) ,en el primer nivel se tienen los mayores valores de grado de compactación pero solo a la altura de 0.15 m ,0.30 m , 0.45 m y 0.60 m se logra alcanzar la el grado de compactación mínimo para terraplenes de 95 %,establecida por el manual de carreteras.

La tabla 15 se presenta el resumen de grado de compactación determinada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

Tabla 15: Resumen de G.C máxima por altura y cota 4 pasadas de rodillo.

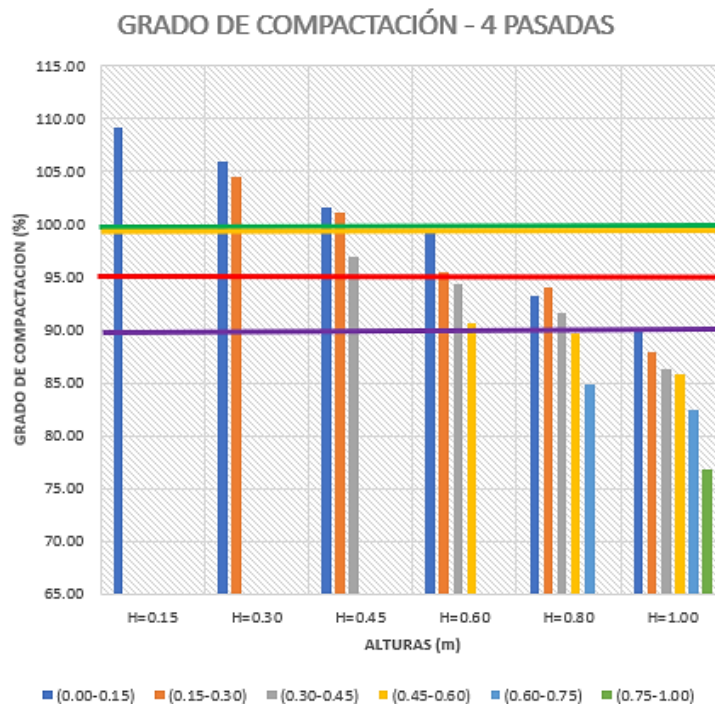
GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURAS	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	109.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.30	105.90	104.45	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.45	101.58	101.18	96.90	0.00	0.00	0.00
H=0.60	99.35	95.49	94.38	90.73	0.00	0.00
H=0.80	93.29	94.08	91.68	89.71	84.78	0.00
H=1.00	89.99	87.85	86.37	85.77	82.51	76.83

A continuación, se muestra el resumen de grado de compactación mínimo específico por el manual de carreteras para distintos tipos de obras.

GRADO DE COMPACTACIÓN		
Terraplenes	95%	
Subrasante -Base	100%	
Pocas Resistencias e incompresibilidad	90%	
Estabilización	100%	

A continuación, se muestra el grafico de barras de grado de compactación por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4 puntos analizados por cada nivel y logra superar los grados de compactación mínimas a alturas de 0.15 m ,0.30 m, 0.45 m y 0.60 m en el caso de terraplenes.

Figura 56: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 4pasadas de rodillo.



4.1.6. DATOS OBTENIDOS DE GRADO DE COMPACTACIÓN 6 PASADAS CON EL RODILLO

En la figura 57 se presenta el resumen los grados de compactación de 4 pasadas de rodillo compactación determinados a través de la relación de la densidad seca máxima de laboratorio y campo.

Figura 57: Resumen de Grado de compactación 6 pasadas de rodillo.

6 PASADAS - GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	113.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	113.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	113.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	114.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	106.77	105.54	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	106.71	105.30	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	109.20	104.15	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	105.50	103.93	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	103.14	101.77	99.92	0.00	0.00	0.00
0.45	102.08	101.53	100.64	0.00	0.00	0.00
0.45	101.04	101.16	99.94	0.00	0.00	0.00
0.45	103.94	98.36	101.42	0.00	0.00	0.00
0.6	100.46	97.17	95.57	95.22	0.00	0.00
0.6	99.97	97.18	95.24	95.71	0.00	0.00
0.6	100.46	97.61	96.62	96.15	0.00	0.00
0.6	101.33	98.55	95.80	96.09	0.00	0.00
0.8	97.31	92.17	92.72	88.96	85.74	0.00
0.8	97.95	96.09	93.01	90.43	85.13	0.00
0.8	98.29	96.47	93.07	90.13	85.76	0.00
0.8	98.34	96.61	92.17	91.12	85.16	0.00
1	95.24	93.43	90.21	89.19	83.95	83.17
1	94.99	93.80	89.52	89.09	83.46	82.31
1	94.47	93.87	90.22	89.45	83.56	82.93
1	94.67	93.68	90.63	90.60	84.03	82.87





De la figura anterior se puede interpretar de los resultados que a cotas (0.00 - 0.15),(0.15-0.30),(0.30-0.45),(0.45-0.60),en el primer nivel se tienen los mayores valores de grado de compactación ,se logra alcanzar el grado de compactación a alturas de 0.15 m ,0.30 m , 0.45 m , 0.60 m,0.80m y 1.00 m se logra alcanzar la el grado de compactación mínimo para terraplenes de 95 %,establecida por el manual de carreteras.

La tabla 16 se presenta el resumen de grado de compactación determinada por cada altura y cota, de los 4 puntos analizados por cada nivel.

Tabla 16: Resumen de G.C máxima por altura y cota 6 pasadas de rodillo.

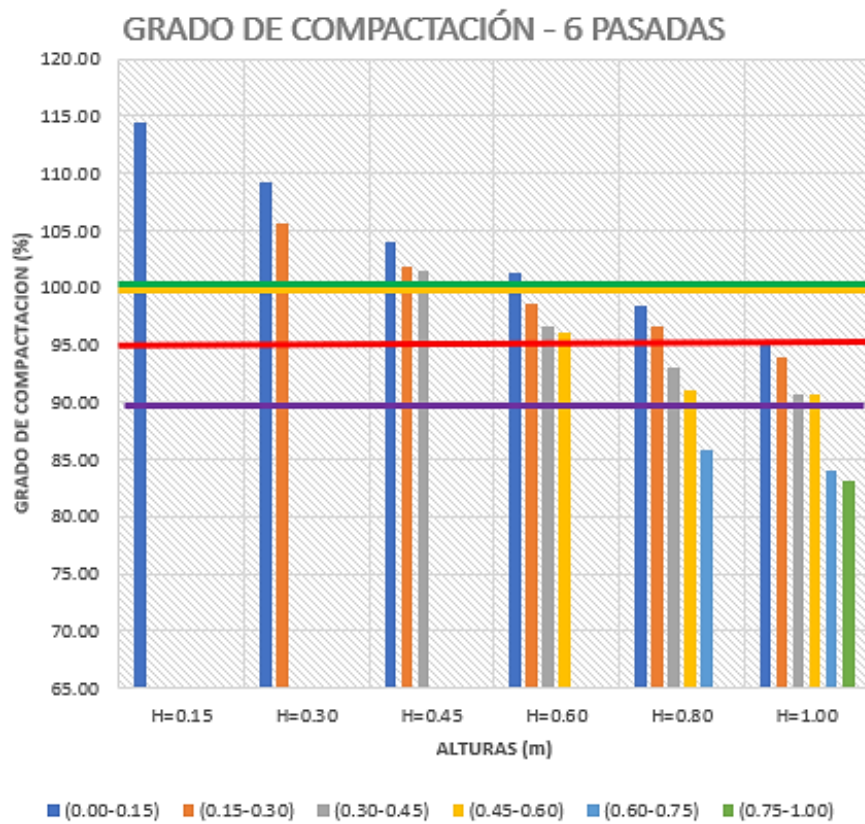
GRADO DE COMPACTACIÓN						
ALTURAS	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	114.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.30	109.20	105.54	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.45	103.94	101.77	101.42	0.00	0.00	0.00
H=0.60	101.33	98.55	96.62	96.15	0.00	0.00
H=0.80	98.34	96.61	93.07	91.12	85.76	0.00
H=1.00	95.24	93.87	90.63	90.60	84.03	83.17

A continuación, se muestra el resumen de grado de compactación mínimo específico por el manual de carreteras para distintos tipos de obras.

GRADO DE COMPACTACIÓN		
Terraplenes	95%	
Subrasante -Base	100%	
Pocas Resistencias e incompresibilidad	90%	
Estabilización	100%	

A continuación, se muestra el grafico de barras de grado de compactación por las alturas de análisis, donde se determinó para ello los mayores valores de los 4 puntos analizados por cada nivel y logra superar los grados de compactación mínimas a alturas de 0.15 m ,0.30 m, 0.45 m, 0.60m , 0.80 m y 1.00 m en el caso de terraplenes.

Figura 58: Diagrama de Barras de Grado de Compactación 6 pasadas de rodillo.



4.1.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON SPSS

4.1.7.1. Densidad 2 pasadas con rodillo

En la tabla 17 se muestra los resultados obtenidos en la franja número 1 y todas las densidades encontradas a cada altura y cota.

Tabla 17: Resumen densidad de campo 2 pasadas.

2 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.32	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.35	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.30	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.25	2.17	2.06	0.00	0.00	0.00
0.45	2.26	2.17	2.05	0.00	0.00	0.00
0.45	2.26	2.16	2.06	0.00	0.00	0.00
0.45	2.27	2.14	2.06	0.00	0.00	0.00
0.6	2.08	2.00	1.93	1.85	0.00	0.00
0.6	2.08	2.01	1.97	1.91	0.00	0.00
0.6	2.07	2.02	1.96	1.84	0.00	0.00
0.6	2.08	2.01	1.91	1.78	0.00	0.00
0.8	1.96	1.95	1.92	1.74	1.71	0.00
0.8	1.96	1.96	1.89	1.79	1.71	0.00
0.8	1.95	1.94	1.89	1.74	1.73	0.00
0.8	1.95	1.96	1.89	1.73	1.73	0.00
1	1.96	1.76	1.76	1.74	1.71	1.67
1	1.91	1.90	1.84	1.69	1.65	1.66
1	1.86	1.74	1.64	1.70	1.63	1.67
1	1.79	1.81	1.71	1.69	1.63	1.66

4.1.7.1.1. Análisis de relación de densidades de la cota (0.00-0.15) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 18 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la primera cota de (0.00-0.15) en cada una de las alturas 0.15,0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los

parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 18: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15)

ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO		Estadístico	Error estándar		
COTA DE 0 A 15cm	,15	Media	2,39557	,001502	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,39079 2,40035	
		Media recortada al 5%	2,39572		
		Mediana	2,39689		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,003004		
		Mínimo	2,391		
		Máximo	2,397		
		,30	Media	2,32284	,009574
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,29237 2,35331	
		Media recortada al 5%	2,32250		
		Mediana	2,31975		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,019148		
	Mínimo	2,303			
	Máximo	2,349			
	,45	Media	2,25889	,003118	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,24897 2,26881		
	Media recortada al 5%	2,25861			
	Mediana	2,25642			
	Varianza	,000			
	Desviación estándar	,006236			
	Mínimo	2,255			
	Máximo	2,268			
	,60	Media	2,07648	,003931	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,06397 2,08899		

		Media recortada al 5%	2,07671	
		Mediana	2,07853	
		Varianza	,000	
		Desviación estándar	,007862	
		Mínimo	2,065	
		Máximo	2,084	
	,80	Media	1,95868	,002702
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,95008 1,96727
		Media recortada al 5%	1,95859	
		Mediana	1,95791	
		Varianza	,000	
		Desviación estándar	,005404	
		Mínimo	1,954	
		Máximo	1,965	
	1,00	Media	1,88038	,037086
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,76236 1,99841
		Media recortada al 5%	1,88120	
		Mediana	1,88772	
		Varianza	,006	
		Desviación estándar	,074172	
		Mínimo	1,787	
		Máximo	1,959	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 19)

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) es mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de significancia fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentan una distribución normal.

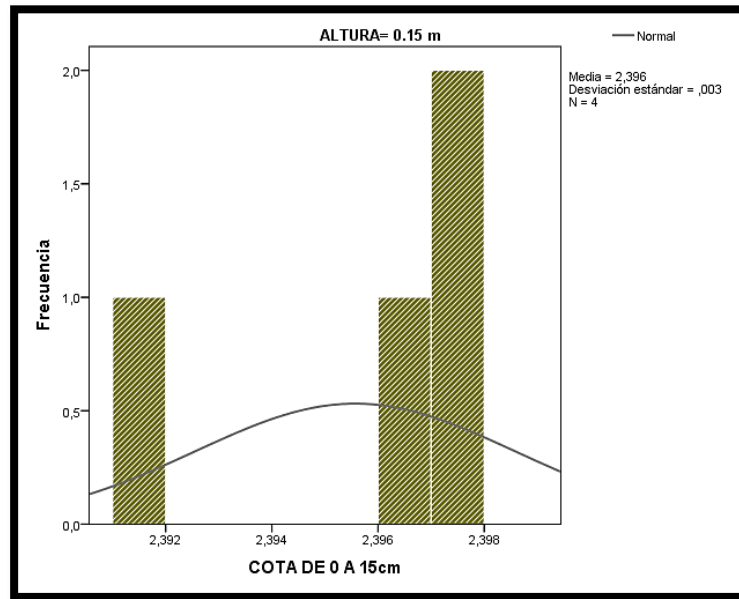
Tabla 19: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.00 -0.15 m

ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.15	,389	4	.	,724	4	,022
DE 0 A	0.30	,290	4	.	,932	4	,608
15 cm	0.45	,400	4	.	,751	4	,039
	0.60	,352	4	.	,860	4	,26
	0.80	,290	4	.	,862	4	,266
	1.00	,180	4	.	,982	4	,915

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas no todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos no cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos no Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Spearman.

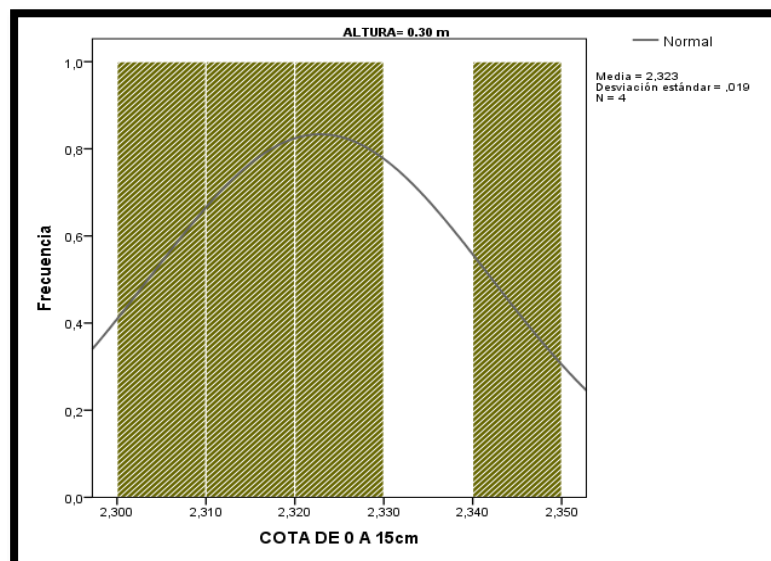
En la figura 59 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.15 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.022 < 0.05$, donde podemos mencionar que no es existe una distribución normal para la altura de 0.15 m.

Figura 59: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm



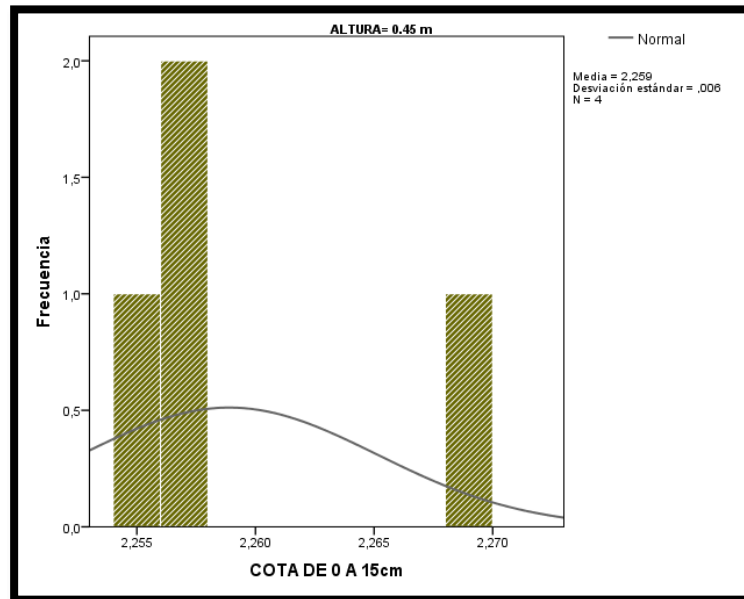
En la siguiente figura 60 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.608 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para la altura de 0.30 m.

Figura 60: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm



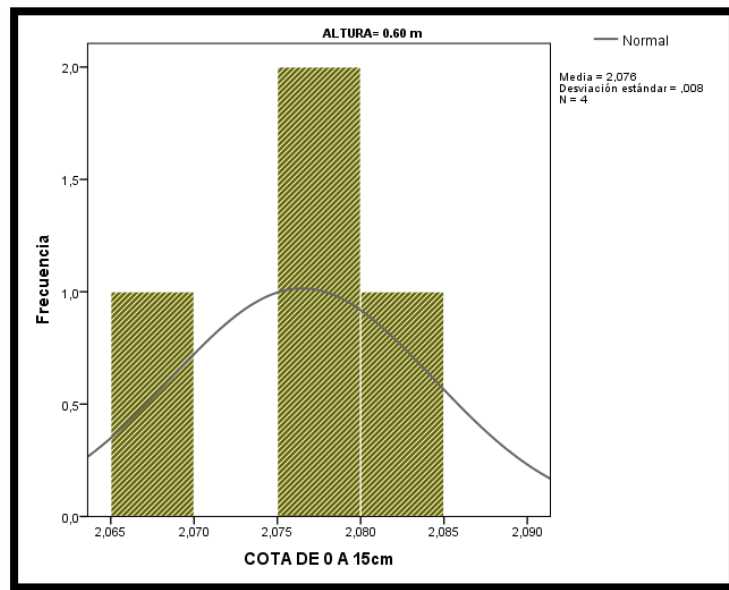
En la siguiente figura 61 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.039 < 0.05$, donde podemos mencionar que no existe una distribución normal para la altura de 0.45 m.

Figura 61: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm



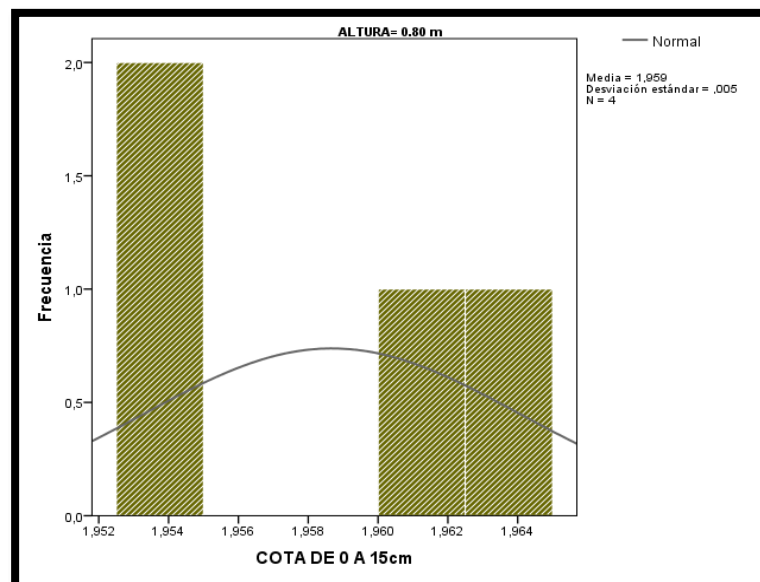
En la siguiente figura 62 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.26 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para la altura de 0.60 m.

Figura 62: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm



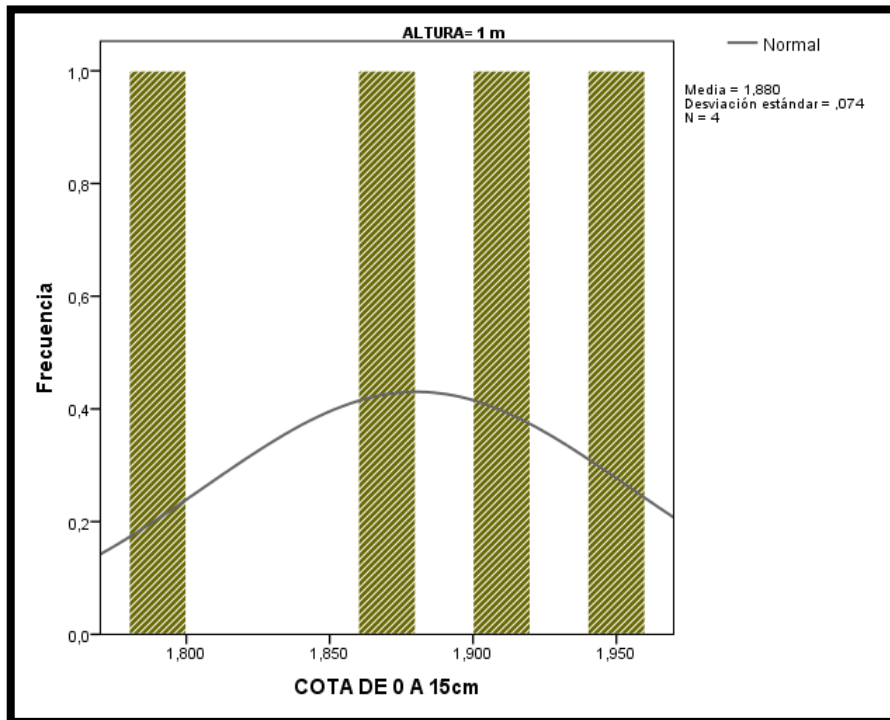
En la siguiente figura 63 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.266 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para la altura de 0.80 m.

Figura 63: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 64 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.915 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para la altura de 1.00 m.

Figura 64: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no mediante el análisis de normalidad de datos, se analiza la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.00 - 0.15 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos no paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis .

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

Tabla 20: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15

Correlaciones			
		ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 0cm a 15cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación	1.000	-,980*
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 0cm a 15cm	Correlación	,980*	1.000
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 86 se observa el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, Si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.00- 0.15 m), además rho = - 0.980 en el cual podemos indicar que existe una correlación negativa muy alta.

4.1.7.1.2. Análisis de relación de densidades de la cota (0.15-0.30) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 21 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la segunda cota de (0.15-0.30) en cada una de las alturas 0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 21: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30)

ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 15cm a 30cm	,30	Media	2,24004	,002484	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,23213 2,24794	
		Media recortada al 5%	2,24000		
		Mediana	2,23969		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,004968		
		Mínimo	2,234		
		Máximo	2,246		
	,45	Media	2,16165	,007370	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,13820 2,18511	
			Media recortada al 5%	2,16206	
			Mediana	2,16532	
			Varianza	,000	
		Desviación estándar	,014739		
		Mínimo	2,141		
		Máximo	2,175		
,60		Media	2,01131	,003765	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,99932 2,02329	
		Media recortada al 5%	2,01143		
		Mediana	2,01238		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,007531		
		Mínimo	2,001		
		Máximo	2,019		
	,80	Media	1,95032	,005480	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,93288 1,96776	
		Media recortada al 5%	1,95052		
		Mediana	1,95218		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,010960		

	Mínimo	1,937	
	Máximo	1,960	
1,00	Media	1,80365	,035635
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,69024
		Límite superior	1,91705
	Media recortada al 5%	1,80166	
	Mediana	1,78578	
	Varianza	,005	
	Desviación estándar	,071269	
	Mínimo	1,741	
	Máximo	1,902	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss.(Ver tabla 22).

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentan una distribución normal.

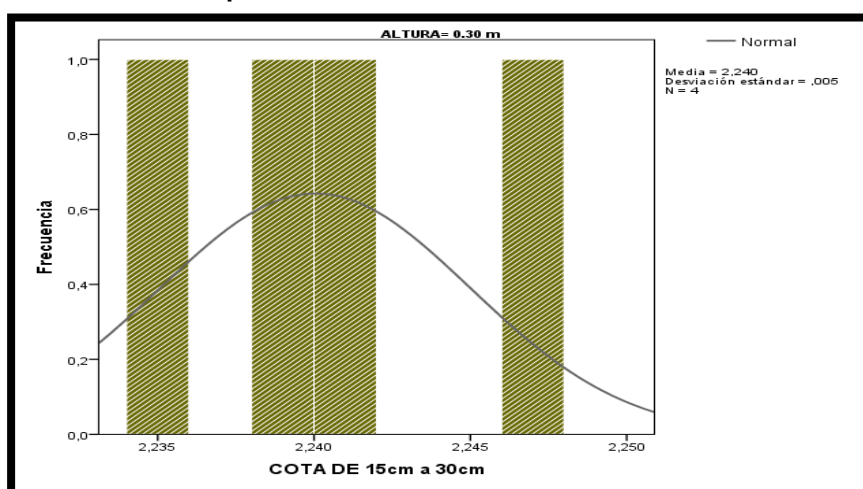
Tabla 22: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.15 -0.30 m

		Pruebas de normalidad					
ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.30	,203	4	.	,987	4	,940
DE 15 A	0.45	,241	4	.	,917	4	,522
30 cm	0.60	,268	4	.	,949	4	,712
	0.80	,268	4	.	,903	4	,444
	1.00	,228	4	.	,916	4	,512

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

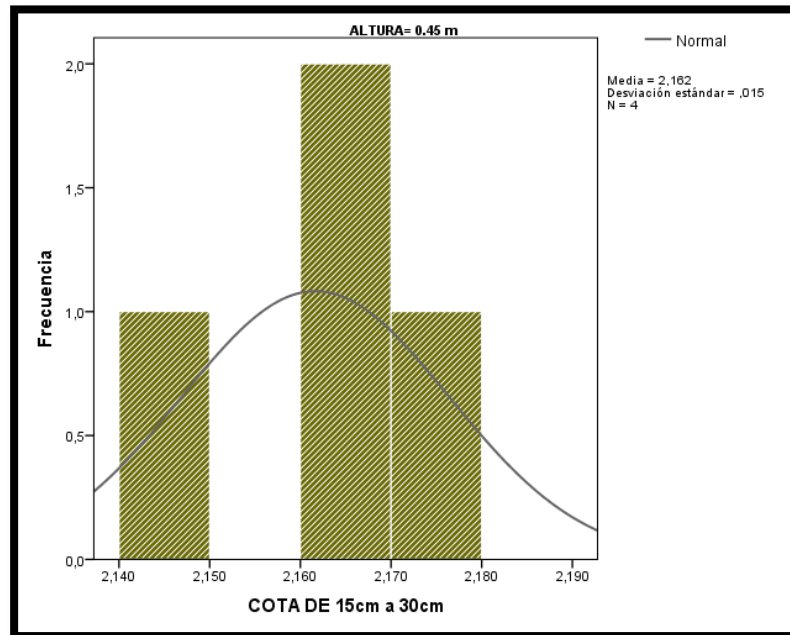
En la siguiente figura 65 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30 m de altura donde presenta todos los datos con un nivel de significancia $0.940 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para la altura de 0.30 m.

Figura 65: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm



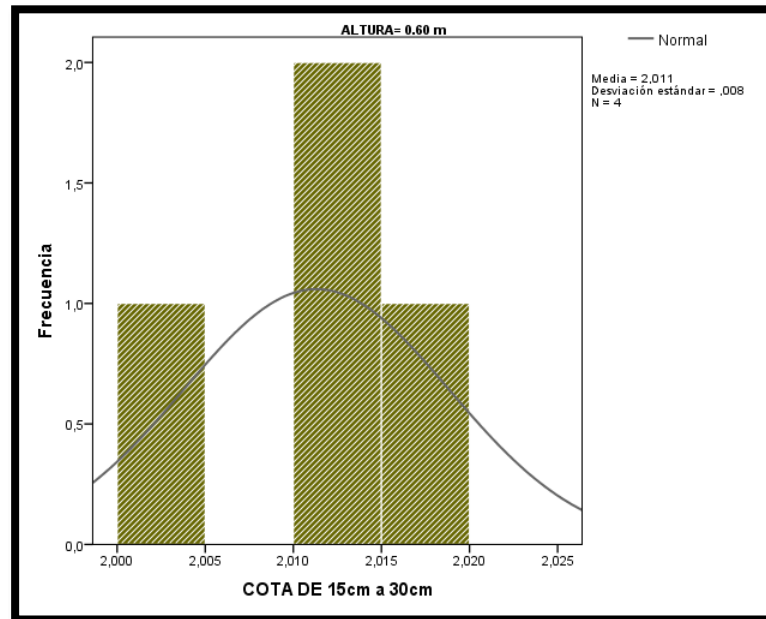
En la siguiente figura 66 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.522 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para altura de 0.45 m .

Figura 66:: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm



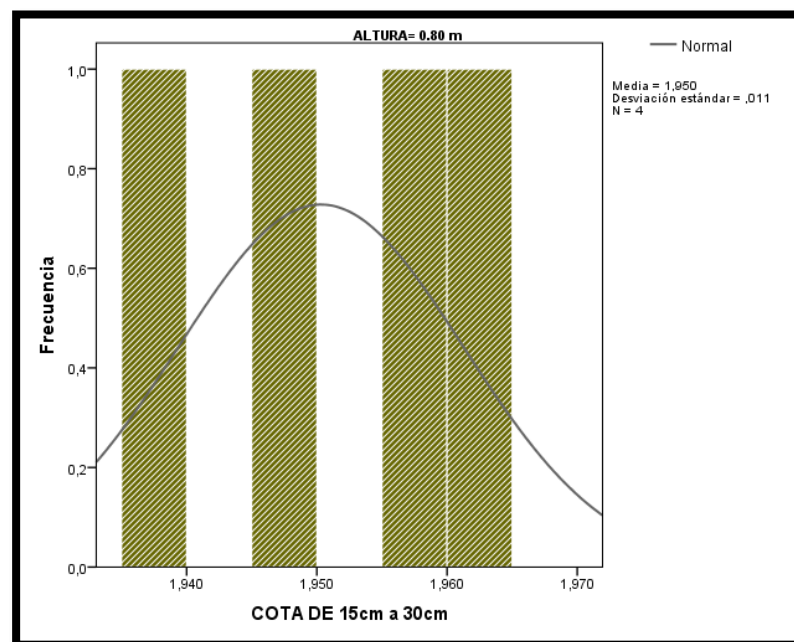
En la siguiente figura 67 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.522 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para altura de 0.60 m .

Figura 67: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm



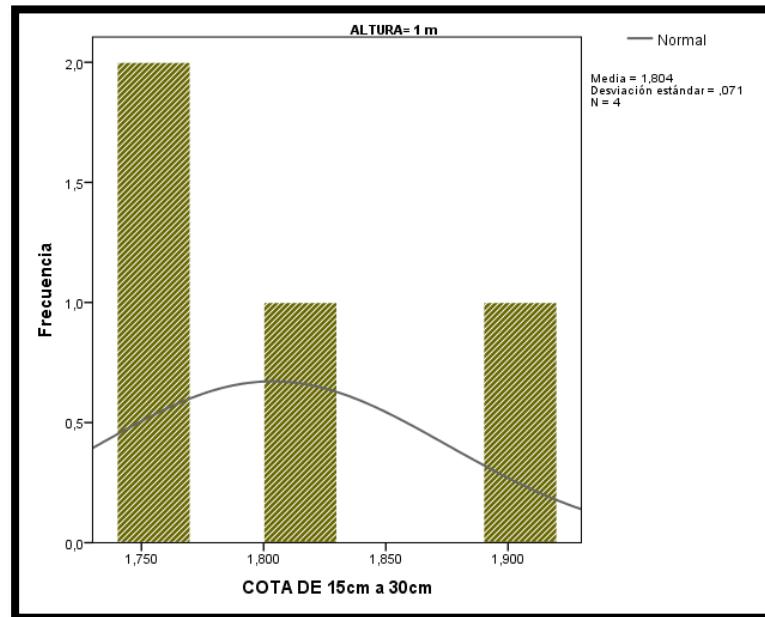
En la siguiente figura 68 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.444 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para altura de 0.80 m .

Figura 68: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 69 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.512 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para altura de 1.00 m .

Figura 69: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos, se analiza la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.

Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

Tabla 23: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30

		Correlaciones	
		ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	COTA DE 15cm a 30cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,467*
	Sig. (bilateral)		,021
	N	24	24
COTA DE 15cm a 30cm	Correlación de Pearson	,467*	1
	Sig. (bilateral)	,021	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 23 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.021 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, Si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.15-0.30 m), además $\rho = 0.467$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.1.3. Análisis de relación de densidades de la cota (0.30-0.45) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 24 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la tercera cota de (0.30-0.45) en cada una de las alturas 0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los

parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 24: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45)

ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 30cm a 45cm	,45	Media	2,05931	,001952	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,05310 2,06552	
		Media recortada al 5%	2,05935		
		Mediana	2,05969		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,003904		
		Mínimo	2,055		
		Máximo	2,063		
			,60	Media	1,94275
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior			1,89578 1,98971	
Media recortada al 5%	1,94331				
Mediana	1,94784				
Varianza	,001				
Desviación estándar	,029515				
Mínimo	1,905				
Máximo	1,970				
	,80			Media	1,89792
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,87735 1,91848	
		Media recortada al 5%	1,89727		
		Mediana	1,89210		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,012926		
		Mínimo	1,890		
		Máximo	1,917		
		1,00		Media	1,73904
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior			1,60387 1,87422	
Media recortada al 5%	1,73883				

Mediana	1,73710	
Varianza	,007	
Desviación estándar	,084950	
Mínimo	1,641	
Máximo	1,841	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 25).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 25: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.30 -0.45 m

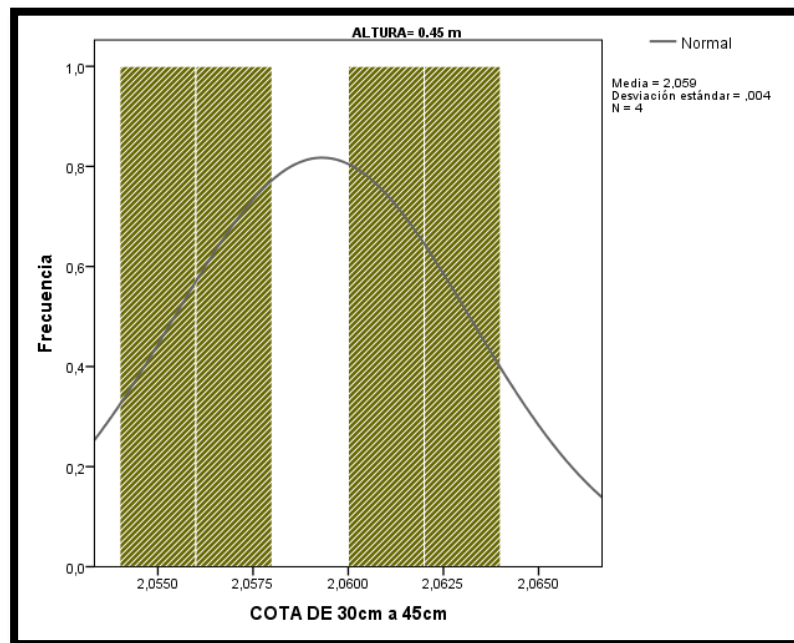
		Pruebas de normalidad					
ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.45	,203	4	.	,971	4	,847
DE 30	0.60	,240	4	.	,935	4	,622
A 45	0.80	,378	4	.	,720	4	,0.19
cm	1.00	,136	4	.	,998	4	,995

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas no todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos no cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos No Paramétricos y

se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Spearman.

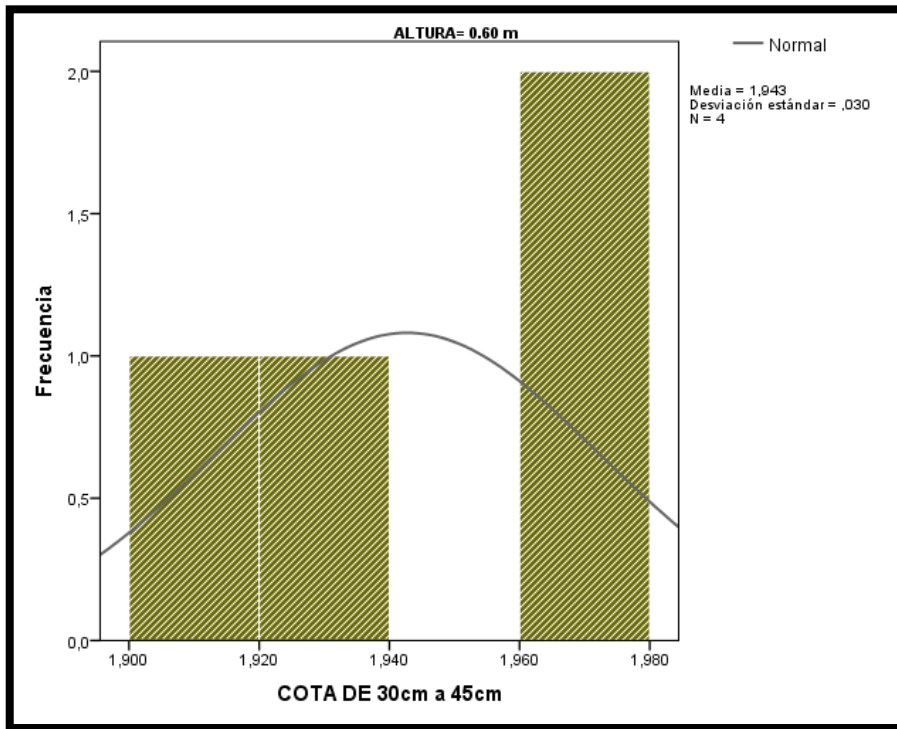
En la siguiente figura 70 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.847 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m de altura.

Figura 70: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 45 cm



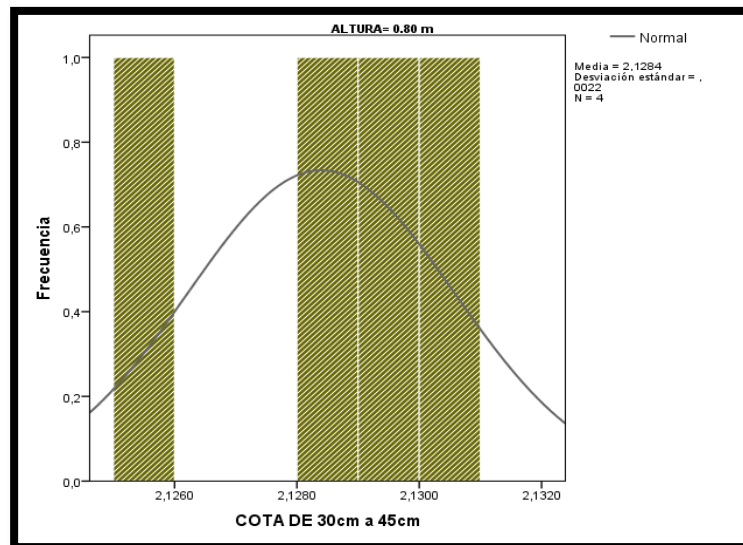
En la siguiente figura 71 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.622 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 71: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm



En la siguiente figura 72 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.019 < 0.05$, donde podemos mencionar que no existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura

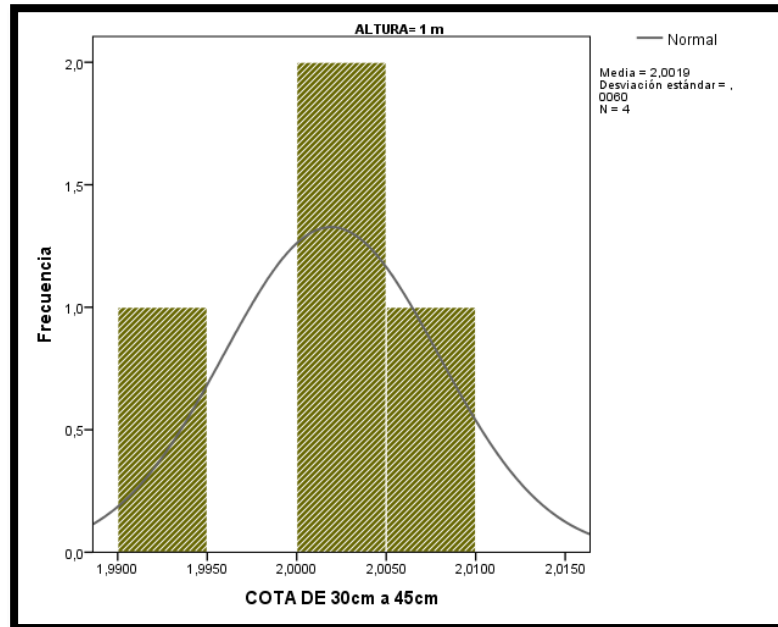
Figura 72: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 73 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de

significancia de $0.995 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 73: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos No paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

H₁: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

Tabla 26: Correlación de Spearman para la cota 0.30-0.45

		ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 30cm a 45cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación	1.000	,406*
	Sig. (bilateral)		,049
	N	24	24
COTA DE 3 30cm a 45cm	Correlación	,406*	1.000
	Sig. (bilateral)	,049	
	N	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 26 se observa con el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.49 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.30-0.45m), además $\rho = 0.406$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.1.4. Análisis de relación de densidades de la cota (0.45-0.60) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 27 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la cuarta cota de (0.45-0.60) en cada una de las alturas 0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 27: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60)

ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS		Estadístico	Error estándar	
COTA DE 45cm a 60cm	,60	Media	1,84651	,026338
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,76269
			Límite superior	1,93033
		Media recortada al 5%	1,84641	
		Mediana	1,84563	
		Varianza	,003	
		Desviación estándar	,052677	
		Mínimo	1,783	
		Máximo	1,912	
		,80	Media	1,74928
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,70665
			Límite superior	1,79190
		Media recortada al 5%	1,74791	
		Mediana	1,73701	
		Varianza	,001	
		Desviación estándar	,026787	
		Mínimo	1,734	
		Máximo	1,789	
		1,00	Media	1,70291
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,66567
			Límite superior	1,74016
		Media recortada al 5%	1,70190	
		Mediana	1,69381	
		Varianza	,001	
		Desviación estándar	,023404	
		Mínimo	1,687	
		Máximo	1,738	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 28).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

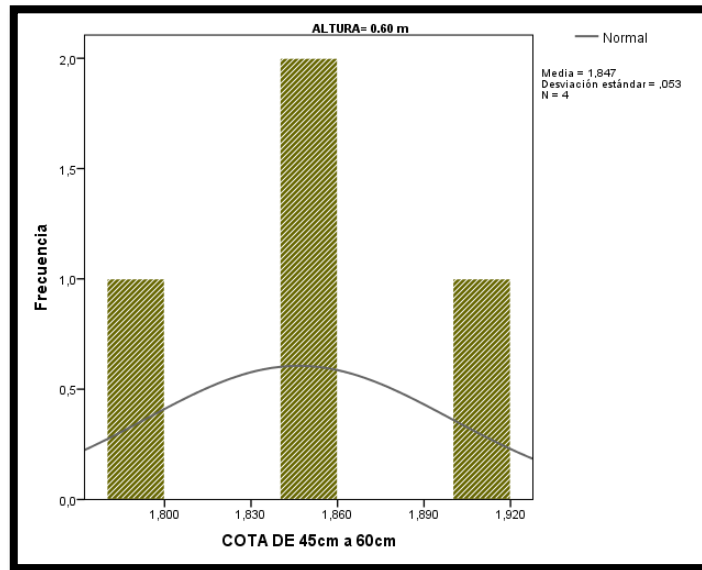
El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 28: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.45 -0.60 m

ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA							
DE 45	0.60	,249	4	.	,951	4	,723
A	0.80	,426	4	.	,681	4	,0.007
60cm	1.00	,363	4	.	,782	4	,0.73

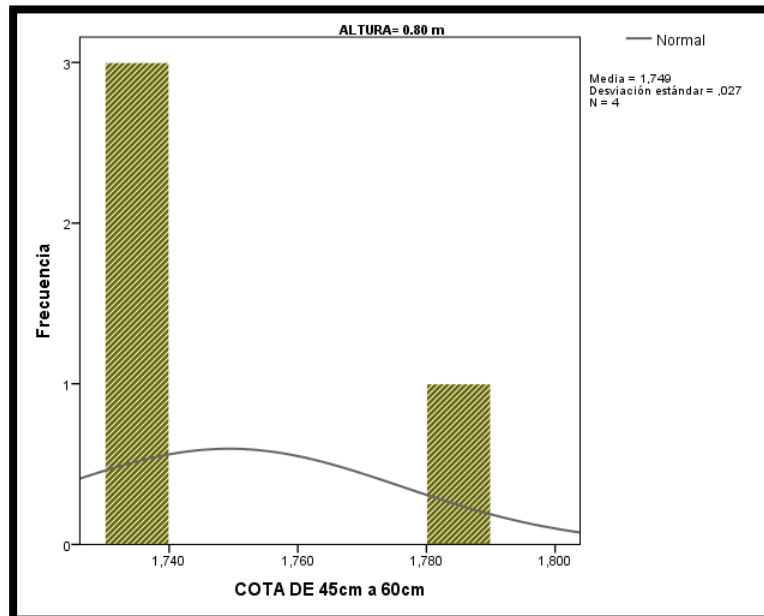
En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas no todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos no cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos No Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Spearman. En la siguiente figura 74 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.723 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 74: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm



En la siguiente figura 75 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.007 < 0.05$, donde podemos mencionar que no existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

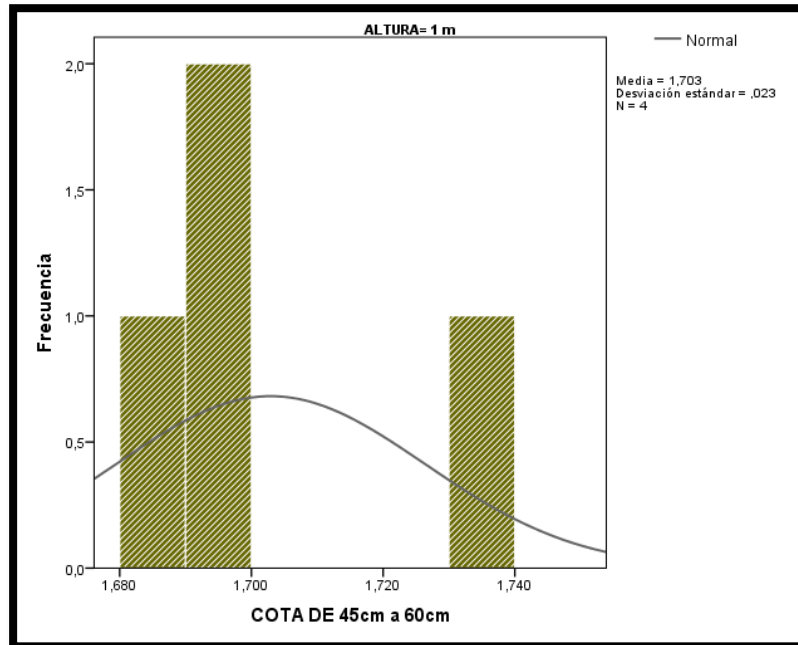
Figura 75: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 76 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de

significancia de $0.073 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 76: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos No paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

Tabla 29: Correlación de Spearman para la cota 0.45-0.60

		ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 45cm a 60cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación Sig. (bilateral) N	1.000 24	,708* ,000 24
COTA DE 45cm a 60cm	Correlación Sig. (bilateral) N	,708* ,000 24	1.000 24

**** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).**

En la tabla 29 se observa el con el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.45-0.60 m), además $\rho = 0.708$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.1.5. Análisis de relación de densidades de la cota (0.60-0.75) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 30 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la quinta cota de (0.60-0.75) en cada una de las alturas 0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 30: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75)

ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS		Estadístico	Error Estándar	
COTA DE 60cm a 75cm ,80	Media	1,71927	0.005208	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		1,70270
		Límite superior		1,73585
	Media recortada al 5%	1,71942		
	Mediana	1,72060		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,010416		
	Mínimo	1,707		
	Máximo	1,729		
	1,00	Media		1,65473
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1,59356	
		Límite superior	1,71590	
Media recortada al 5%		1,65325		
Mediana		1,64141		
Varianza		,001		
Desviación estándar		,038442		
Mínimo		1,626		
Máximo		1,710		

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 31).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución es normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

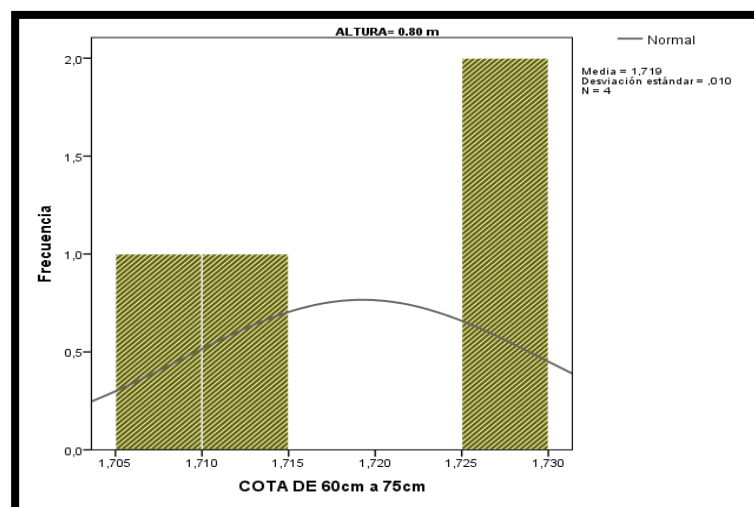
Tabla 31: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.60-0.75 m

ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTADE 60A 75cm	0.80	,263	4	.	,909	4	,477
	1.00	,281	4	.	,840	4	,195

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

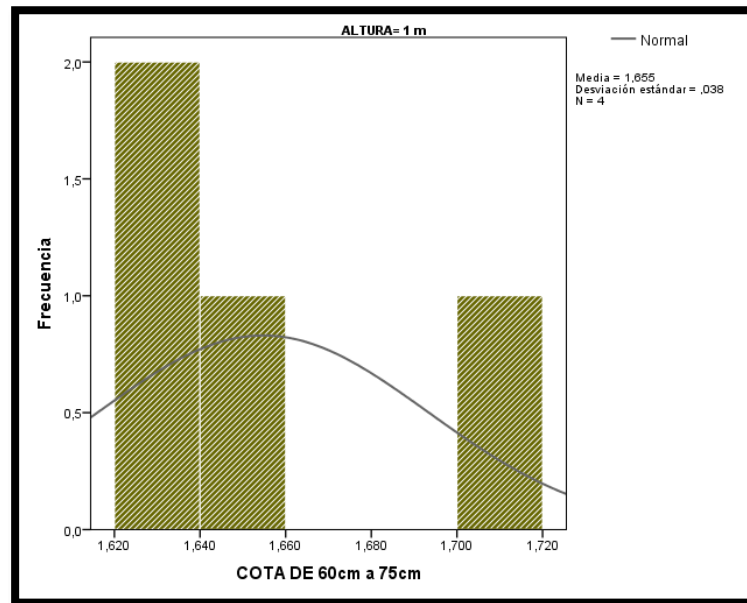
En la siguiente figura 77 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.477 > 0.05$, donde podemos mencionar existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 77: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 78 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.195 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 78: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60—0.75 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

Tabla 32: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75

Correlaciones			
		ALTURA COMPACTAD A A 2 CAPAS	COTA DE 60cm a 75cm
ALTURA COMPACTAD A A 2 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,852**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 60cm a 75cm	Correlación de Pearson	,852**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 32 se observa con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.60-0.75 m), además $\rho = 0.852$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.1.6. Análisis de relación de densidades de la cota (0.75-1.00) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 33 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la sexta cota de (0.75-1.00) en cada una de las alturas 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 33: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).

ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS			Estadístico	Error estándar
COTA DE 1,00 75cm a 100cm	Media		1,66530	0.002290
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,65801	
		Límite superior	1,67259	
	Media recortada al 5%		1,66533	
	Mediana		1,66561	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,004580	
	Mínimo		1,660	
	Máximo		1,670	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 100).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

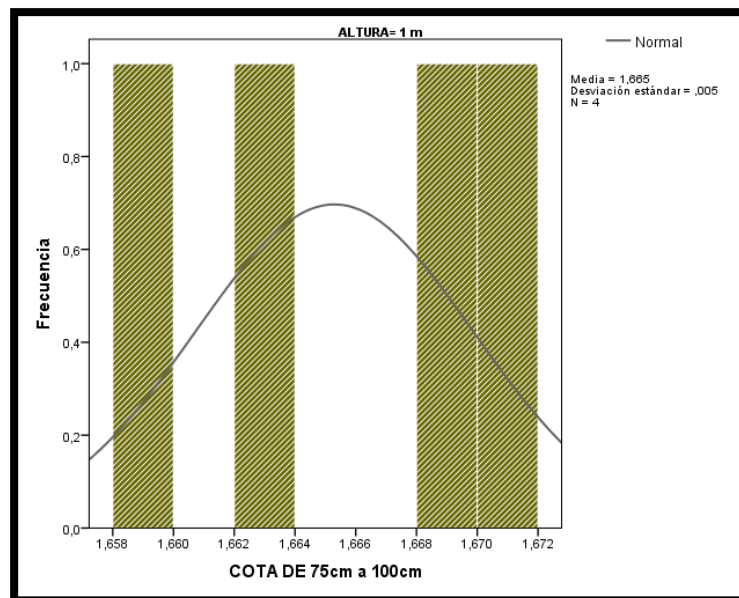
Tabla 34: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.75-1.00 m

Pruebas de normalidad						
ALTURAS COMPACTADAS A 2 PASADAS	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTADE 75 A 100cm 1.00	,223	4	.	,953	4	,734

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 2 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

En la siguiente figura 79 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.734 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 79: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Tabla 35: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00

Correlaciones

		ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	COTA DE 75cm a 100cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 24	,697** 24
COTA DE 75cm a 100cm	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,697** 24	1 24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 35 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de (0.75-1.00m), además $\rho = 0.697$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.2. Densidad 4 pasadas con rodillo

En la tabla 36 se muestra los resultados obtenidos en la franja número 2 y todas las densidades encontradas a cada altura y cota.

Tabla 36: Resumen densidad de campo 4 pasadas.

4 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.46	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.46	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.34	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.36	2.33	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.34	2.32	2.25	0.00	0.00	0.00
0.45	2.36	2.35	2.25	0.00	0.00	0.00
0.6	2.31	2.21	2.19	2.10	0.00	0.00
0.6	2.30	2.22	2.19	2.11	0.00	0.00
0.6	2.30	2.22	2.19	2.11	0.00	0.00
0.6	2.31	2.21	2.19	2.11	0.00	0.00
0.8	2.14	2.19	2.13	2.08	1.97	0.00
0.8	2.15	2.18	2.13	2.08	1.96	0.00
0.8	2.14	2.19	2.13	2.08	1.97	0.00
0.8	2.17	2.18	2.13	2.08	1.97	0.00
1	2.08	2.04	1.99	1.99	1.91	1.79
1	2.08	2.04	2.01	1.98	1.92	1.77
1	2.08	2.04	2.00	1.98	1.91	1.78
1	2.09	2.04	2.00	1.99	1.92	1.78

4.1.7.2.1. Análisis de relación de densidades de la cota (0.00-0.15) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 37 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la primera cota de (0.00-0.15) en cada una de las alturas 0.15,0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los

parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 37: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15)

			Descriptivos		
ALTURA DE COMPACTACION A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 0cm a 15cm	,15	Media	2,525825	,0053769	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,508713 2,542936	
			Media recortada al 5%	2,525814	
			Mediana	2,525730	
			Varianza	,000	
			Desviación estándar	,0107537	
			Mínimo	2,5137	
			Máximo	2,5381	
		,30	Media	2,455347	,0028121
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,446397 2,464296	
			Media recortada al 5%	2,455438	
			Mediana	2,456173	
			Varianza	,000	
			Desviación estándar	,0056243	
			Mínimo	2,4480	
			Máximo	2,4611	
	,45	Media	2,351470	,0050687	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,335339 2,367600		
		Media recortada al 5%	2,351516		
		Mediana	2,351888		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0101374		
		Mínimo	2,3415		
		Máximo	2,3606		
	,60	Media	2,303720	,0022912	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,296428 2,311012		

	Media recortada al 5%		2,303709	
	Mediana		2,303624	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,0045824	
	Mínimo		2,2989	
	Máximo		2,3088	
,80	Media		2,149864	,0061074
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,130427	
		Límite superior	2,169300	
	Media recortada al 5%		2,149283	
	Mediana		2,144636	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,0122148	
	Mínimo		2,1422	
	Máximo		2,1680	
1,00	Media		2,085209	,0021306
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,078428	
		Límite superior	2,091990	
	Media recortada al 5%		2,085038	
	Mediana		2,083666	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,0042613	
	Mínimo		2,0822	
	Máximo		2,0914	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss.(Ver tabla 38)

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

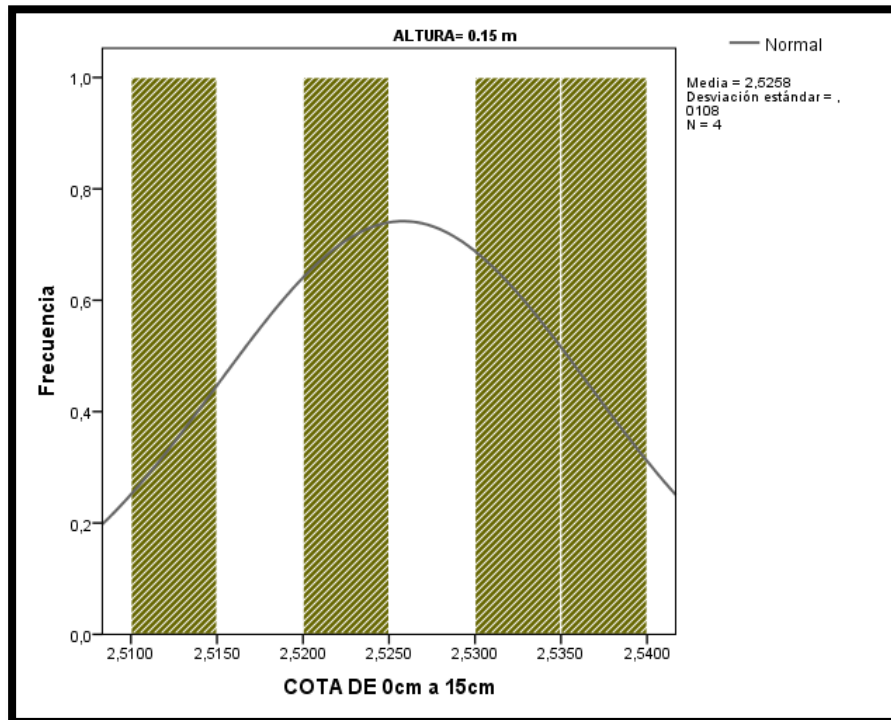
Tabla 38: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.00 -0.15 m

ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.15	,182	4	.	,977	4	,885
DE 0 A	0.30	,183	4	.	,970	4	,840
15 cm	0.45	,294	4	.	,807	4	,115
	0.60	,223	4	.	,940	4	,652
	0.80	,356	4	.	,750	4	,039
	1.00	,286	4	.	,852	4	,156

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas no todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos no cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos no Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de spearman.

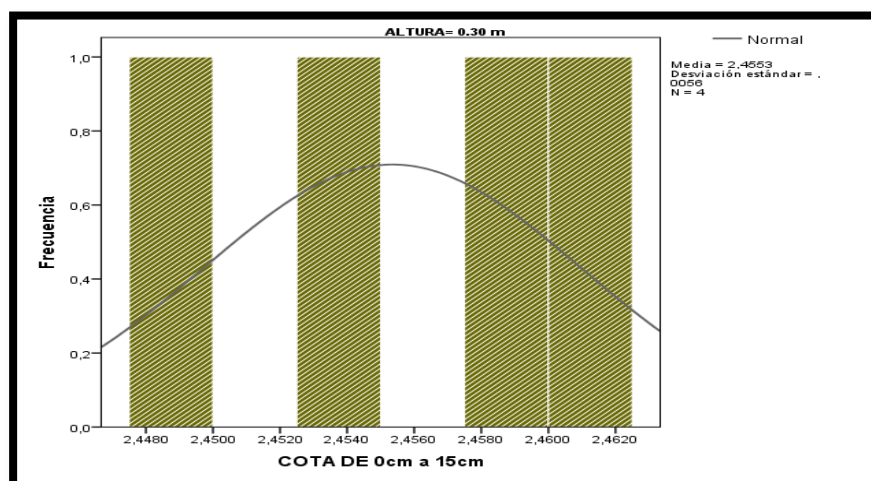
En la siguiente figura 80 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.15 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.885 > 0.05$, donde podemos mencionar que es existe una distribución normal para el caso de 0.15 m.

Figura 80: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm



En la siguiente figura 81 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.840 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.30 m de altura.

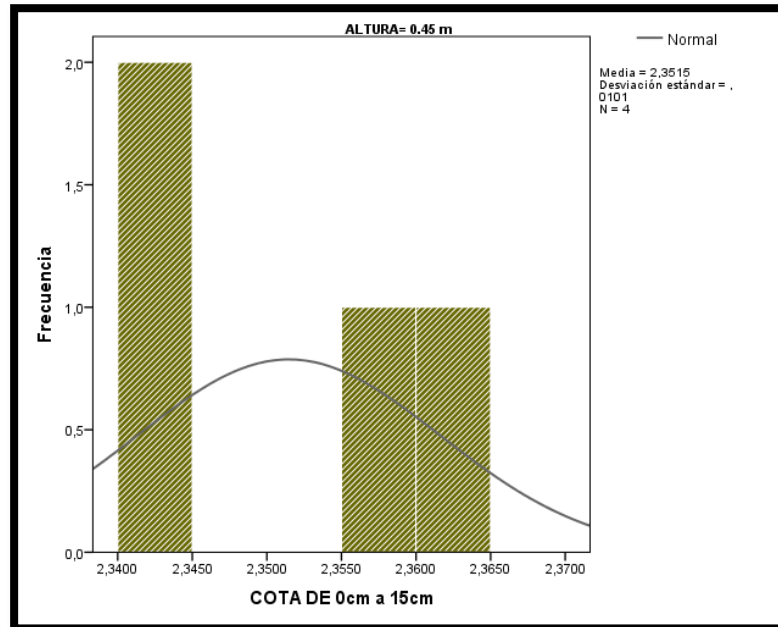
Figura 81: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm



En la siguiente figura 82 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de

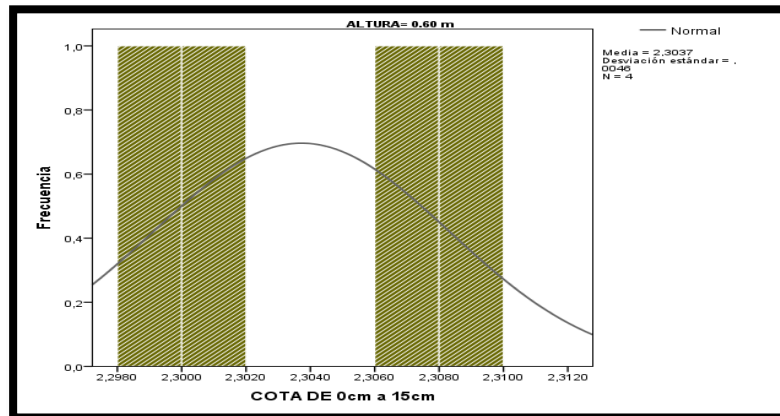
significancia de $0.115 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m.

Figura 82: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm



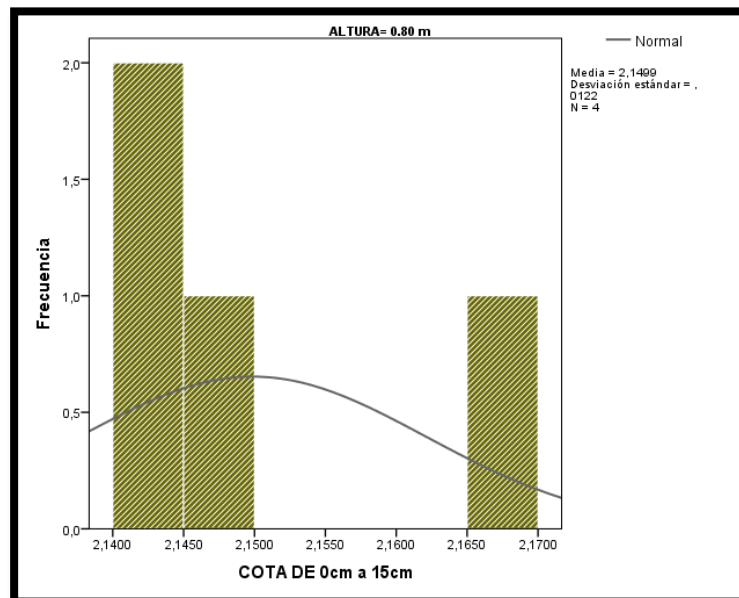
En la siguiente figura 83 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.652 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m de altura

Figura 83: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm



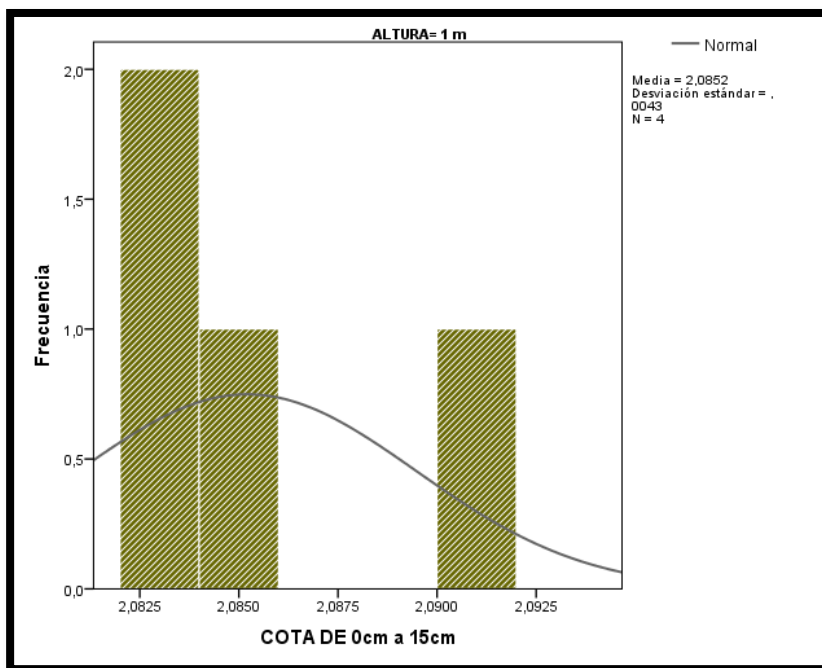
En la siguiente figura 84 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.039 < 0.05$, donde podemos mencionar que no existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 84: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 85 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.156 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 85: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.00 - 0.15 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos no paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

Tabla 39: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15

Correlaciones			
		ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 0cm a 15cm
ALTURA COMPACTADA A 2 CAPAS	Correlación Sig. (bilateral) N	1.000 24	-,987* 24
COTA DE 0cm a 15cm	Correlación Sig. (bilateral) N	-,987* 24	1.000 24

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 39 se observa el con el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, Si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.00- 0.15 m), además rho = - 0.987 en el cual podemos indicar que existe una correlación negativa muy alta.

4.1.7.2.2. Análisis de relación de densidades de la cota (0.15-0.30) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 40 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la segunda cota de (0.15-0.30) en cada una de las alturas 0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 40: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30)

ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 15cm a 30cm	,30	Media	2,413921	,0046036	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,399271 2,428572	
		Media recortada al 5%	2,413586		
		Mediana	2,410906		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0092072		
		Mínimo	2,4065		
		Máximo	2,4274		
		Rango	,0209		
	,45	Media	2,329420	,0075008	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,305549 2,353291	
			Media recortada al 5%	2,328850	
			Mediana	2,324291	
			Varianza	,000	
		Desviación estándar	,0150016		
		Mínimo	2,3177		
		Máximo	2,3514		
,60	Media	2,212715	,0026693		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,204220 2,221210		
		Media recortada al 5%	2,212604		
		Mediana	2,211712		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0053385		
		Mínimo	2,2083		
		Máximo	2,2192		
,80	Media	2,184773	,0006673		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,182650 2,186897		
		Media recortada al 5%	2,184783		
		Mediana	2,184860		
		Varianza	,000		

	Desviación estándar	,0013345	
	Mínimo	2,1831	
	Máximo	2,1863	
1,00	Media	2,037762	,0013933
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,033328
		Límite superior	2,042196
	Media recortada al 5%	2,037681	
	Mediana	2,037036	
	Varianza	,000	
	Desviación estándar	,0027867	
	Mínimo	2,0354	
	Máximo	2,0416	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss.(Ver tabla 41).

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

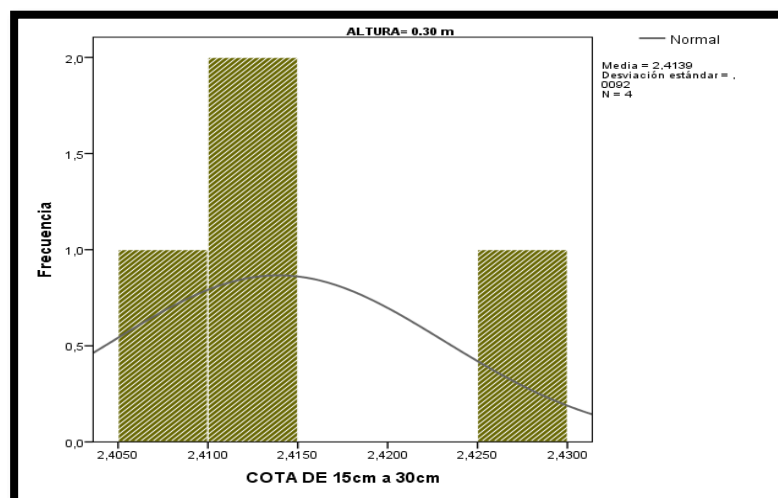
Tabla 41: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.15 -0.30 m

ALTURAS COMPACTADA S A 4 PASADAS		Pruebas de normalidad			Pruebas de normalidad		
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.30	,365	4	.	,821	4	,146
DE 15	0.45	,345	4	.	,826	4	,157
A 30	0.60	,292	4	.	,862	4	,268
cm	0.80	,220	4	.	,980	4	,900
	1.00	,226	4	.	,909	4	,473

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

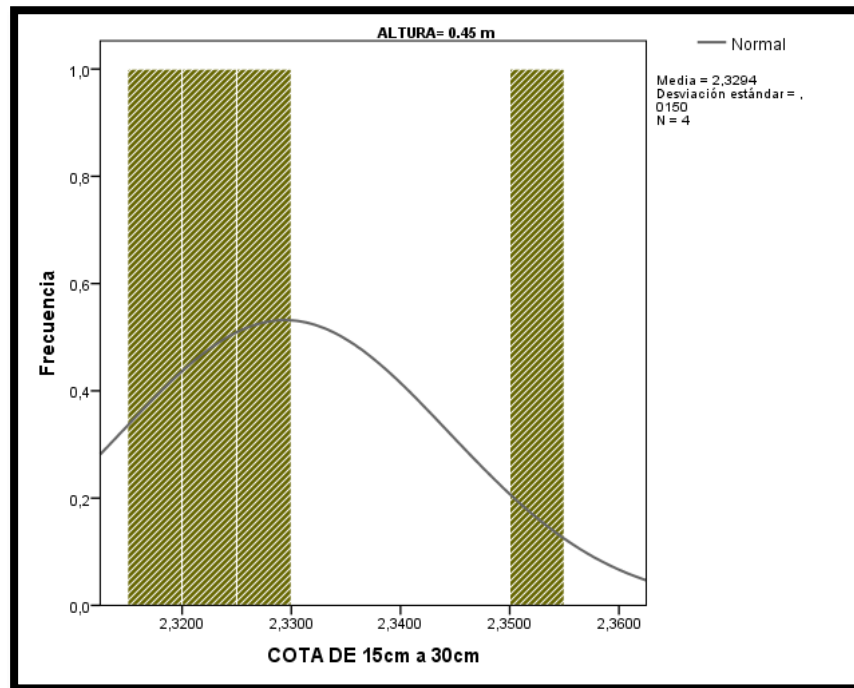
En la siguiente figura 86 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30 m de altura donde presenta todos los datos con un nivel de significancia $0.146 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.30 m.

Figura 86: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm



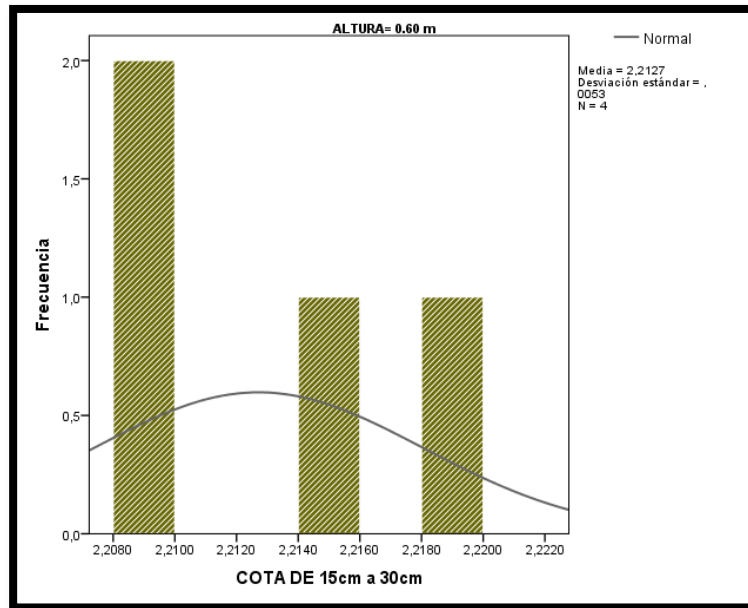
En la siguiente figura 87 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.157 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m de altura.

Figura 87: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm



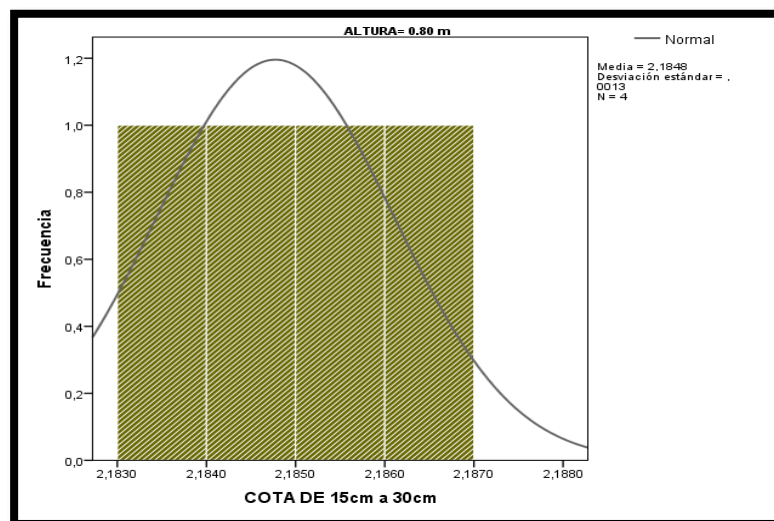
En la siguiente figura 88 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.268 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 88: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm



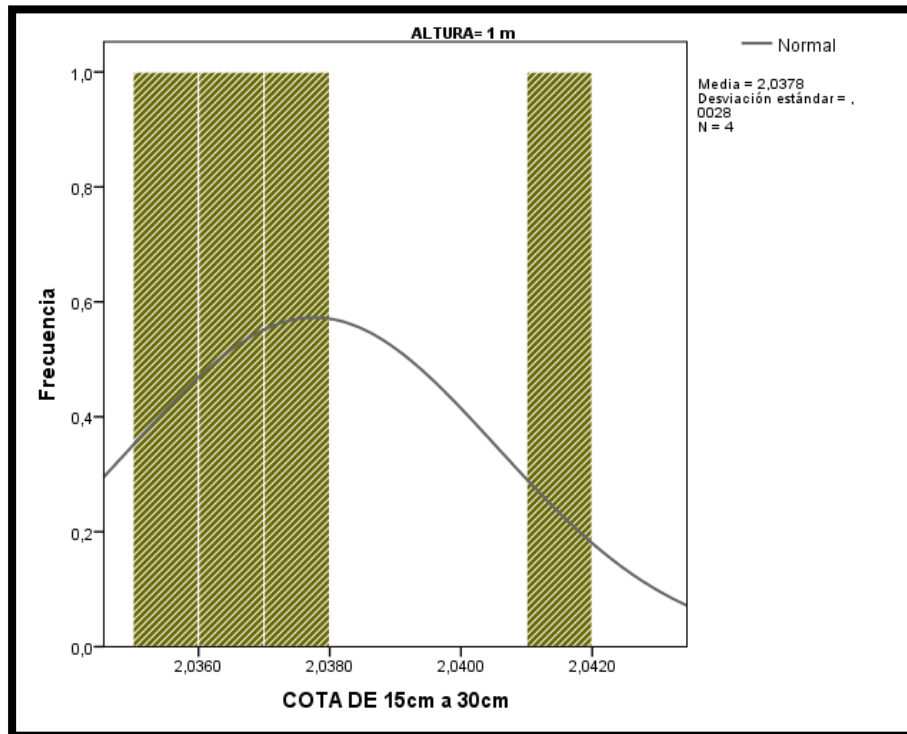
En la siguiente figura 89 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.900 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 89: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 90 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.473 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 90: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

H₁: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

Tabla 42: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30

		Correlaciones	
		ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS	COTA DE 15cm a 30cm
ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,506*
	Sig. (bilateral)		,012
	N	24	24
COTA DE 15cm a 30cm	Correlación de Pearson	,506*	1
	Sig. (bilateral)	,012	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 42 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.012 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, Si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.15-0.30 m), además $\rho = 0.506$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.2.3. Análisis de relación de densidades de la cota (0.30-0.45) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 43 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la tercera cota de (0.30-0.45) en cada una de las alturas 0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 43: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45)

ALTURA DE COMPACTACION A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 30cm a 45cm	,45	Media	2,249562	,0010934	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,246082 2,253042	
		Media recortada al 5%	2,249578		
		Mediana	2,249704		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0021868		
		Mínimo	2,2469		
		Máximo	2,2519		
	,60	,60	Media	2,191160	,0009439
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,188156 2,194164
		Media recortada al 5%	2,191128		
		Mediana	2,190870		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0018878		
		Mínimo	2,1894		
		Máximo	2,1935		
,80		,80	Media	2,128396	,0010874
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,124935 2,131856
		Media recortada al 5%	2,128436		
		Mediana	2,128756		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0021748		
		Mínimo	2,1255		
		Máximo	2,1306		
	1,00	1,00	Media	2,001921	,0030056
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,992356 2,011486
		Media recortada al 5%	2,002099		
		Mediana	2,003529		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0060111		

	Mínimo	1,9933	
	Máximo	2,0073	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 44).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

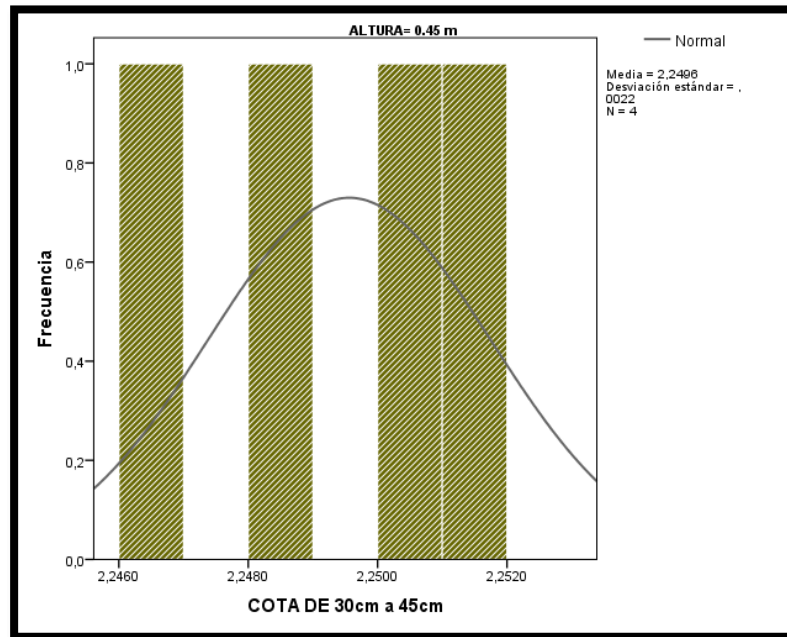
Tabla 44: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.30 -0.45 m

		Pruebas de normalidad					
ALTURAS COMPACTADAS A 4 PASADAS		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA DE 30 A 45 cm	0.45	,190	4	.	,979	4	,897
	0.60	,265	4	.	,908	4	,471
	0.80	,224	4	.	,961	4	,788
	1.00	,345	4	.	,863	4	,273

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

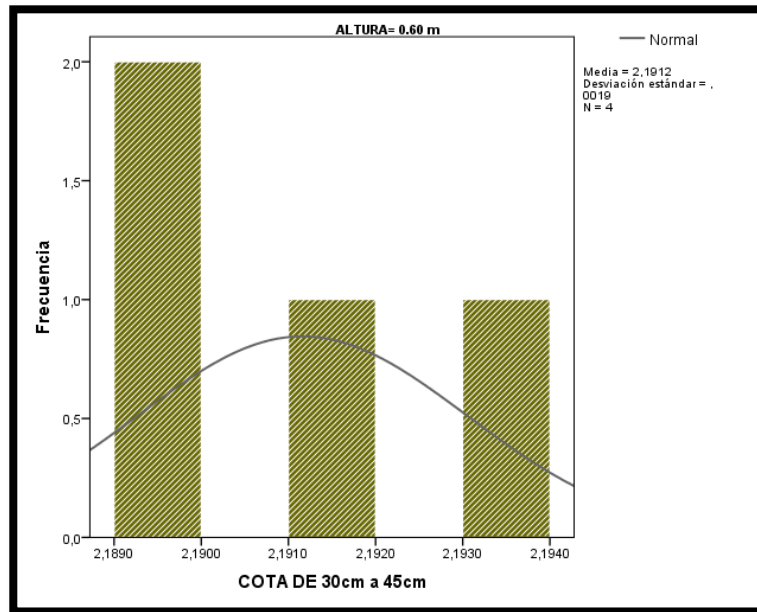
En la siguiente figura 91 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.897 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m de altura.

Figura 91: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm



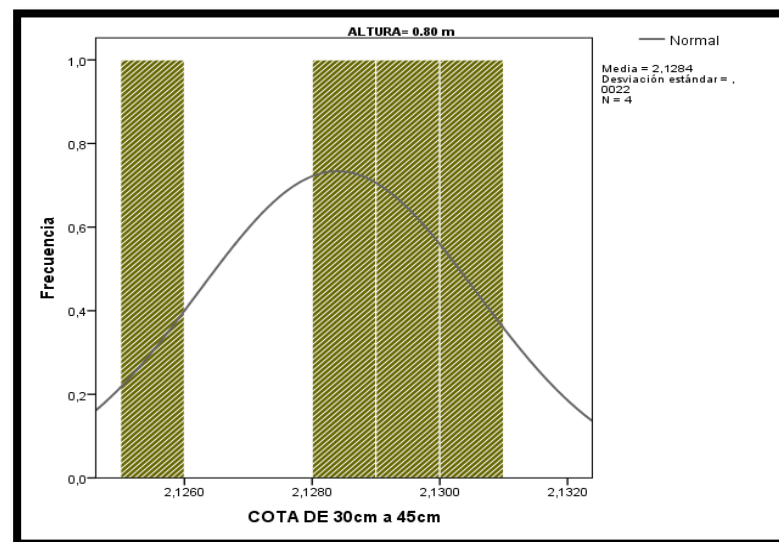
En la siguiente figura 92 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.471 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 92: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 93 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.788 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

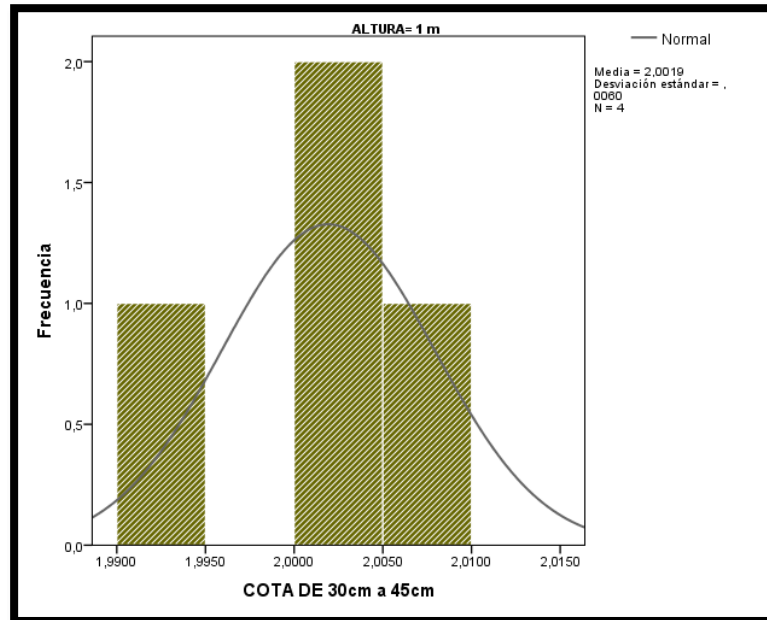
Figura 93: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 94 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de

significancia de $0.273 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 94: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.

Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos No paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

Tabla 45: Correlación de Pearson para la cota 0.30-0.45

Correlaciones

		ALTURA DE COMPACTACION A 4 CAPAS	COTA DE 30cm a 45cm
ALTURA DE COMPACTACION A 4 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,751**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 30cm a 45cm	Correlación de Pearson	,751**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 45 se observa con el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.00 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.30-0.45m), además $\rho = 0.751$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.2.4. Análisis de relación de densidades de la cota (0.45-0.60) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 46 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la cuarta cota de (0.45-0.60) en cada una de las alturas 0.6, 0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 46: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60)

ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 45cm a 60cm	,60	Media	2,106015	,0012608	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,102003	
			Límite superior	2,110028	
		Media recortada al 5%	2,106062		
		Mediana	2,106439		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0025215		
		Mínimo	2,1027		
		Máximo	2,1085		
		,80		Media	2,081387
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			2,077330	
	Límite superior			2,085444	
Media recortada al 5%	2,081330				
Mediana	2,080871				
Varianza	,000				
Desviación estándar	,0025498				
Mínimo	2,0789				
Máximo	2,0849				
1,00				Media	1,987044
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,977229	
			Límite superior	1,996858	
		Media recortada al 5%	1,987067		
		Mediana	1,987253		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0061680		
		Mínimo	1,9804		
		Máximo	1,9933		

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 47).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

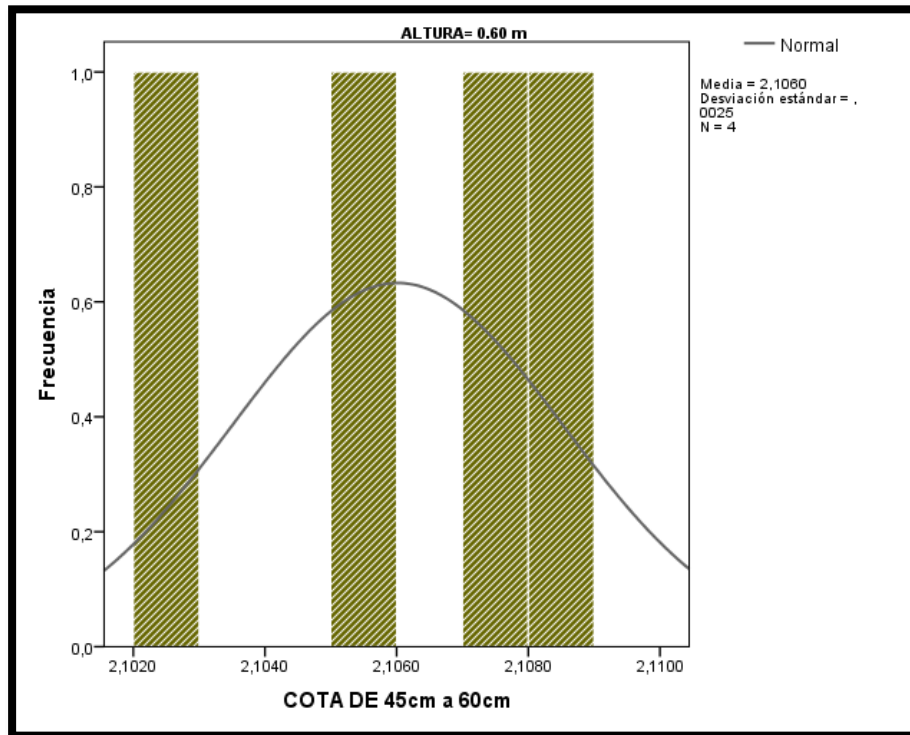
Tabla 47: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.45 -0.60 m

ALTURAS COMPACTADA S A 4 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA							
DE 45	0.60	,200	4	.	,959	4	,770
A	0.80	,233	4	.	,945	4	,682
60cm	1.00	,249	4	.	,905	4	,456

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

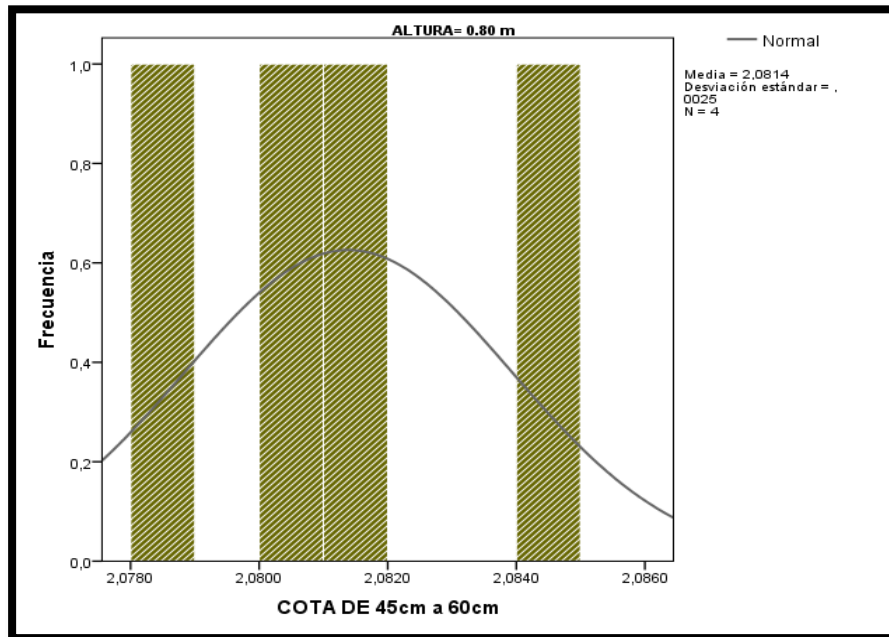
En la siguiente figura 95 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de 0.770>0.05, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 95: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm



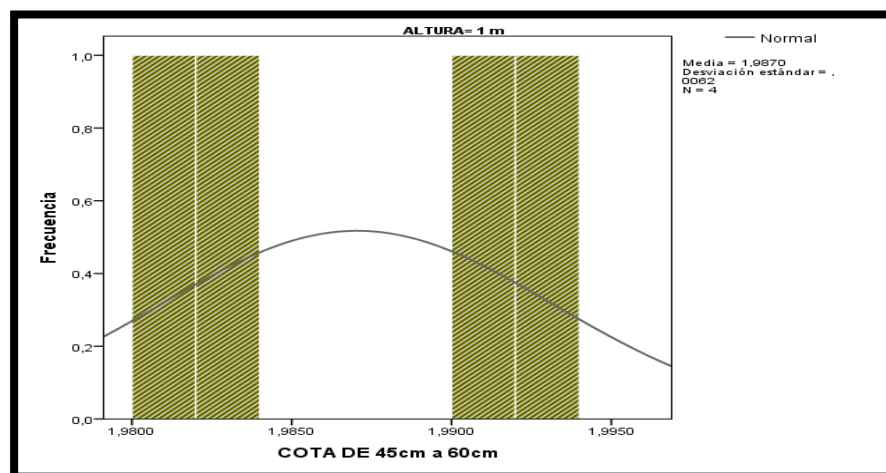
En la siguiente figura 96 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.682 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 96: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 97 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.456 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 97: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de

normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

Tabla 48: Correlación de Pearson para la cota 0.45-0.60

Correlaciones

		ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS	COTA DE 45cm a 60cm
ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,852**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 45cm a 60cm	Correlación de Pearson	,852**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 48 se observa con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.45-0.60 m), además $\rho = 0.852$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.2.5. Análisis de relación de densidades de la cota (0.60-0.75) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 49 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la quinta cota de (0.60-0.75) en cada una de las alturas 0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 49: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75)

ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
COTA DE 60cm a 75cm	,80	Media	1,966511	,0021069	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,959806	
			Límite superior	1,973216	
		Media recortada al 5%	1,966641		
		Mediana	1,967680		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,0042139		
		Mínimo	1,9605		
		Máximo	1,9702		
		Curtosis	2,612		
		1,00	Media	1,914333	,0019335
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,908179
Límite superior	1,920486				
Media recortada al 5%	1,914412				
Mediana	1,915047				
Varianza	,000				
Desviación estándar	,0038670				
Mínimo	1,9096				
Máximo	1,9176				

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 50).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución es normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 50: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.60-0.75 m

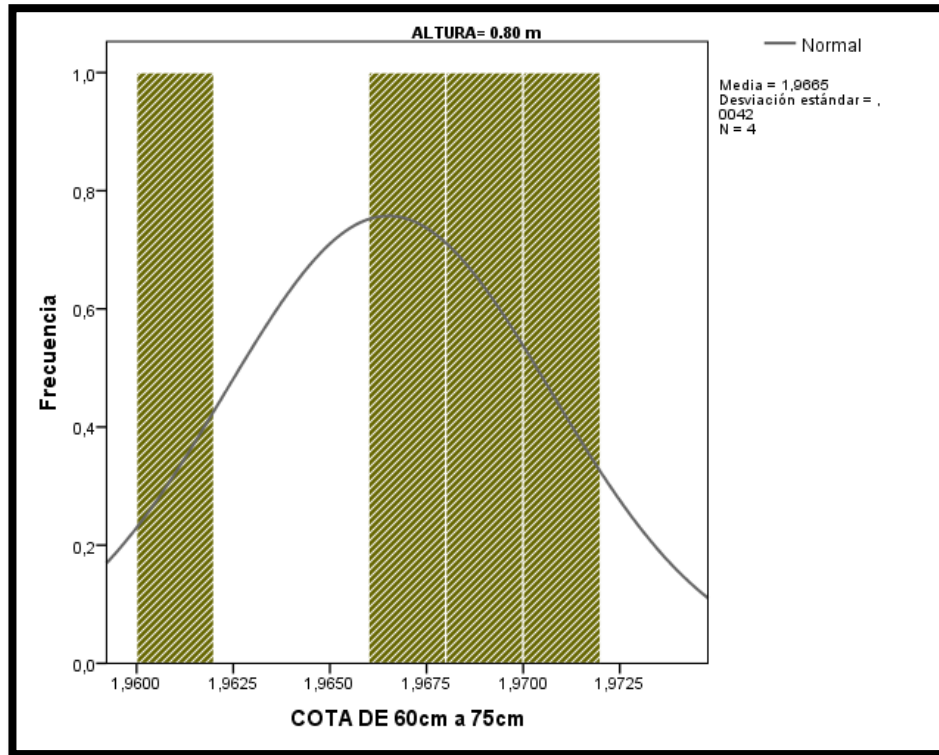
ALTURAS COMPACTADA S A 4 PASADAS		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA DE	0.80	,319	4	.	,878	4	,330
60A 75cm	1.00	,281	4	.	,882	4	,347

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

En la siguiente figura 98 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de

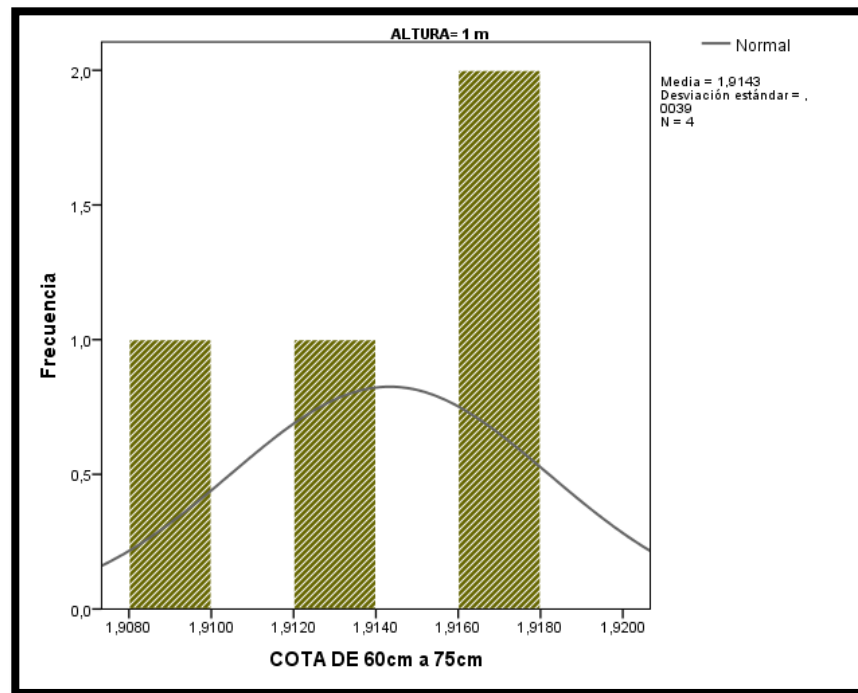
significancia de $0.33 > 0.05$, donde podemos mencionar existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 98: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 99 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.347 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 99: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

H₁: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

Tabla 51: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75

		Correlaciones	
		ALTURA COMPACTADA A 4 CAPAS	COTA DE 60cm a 75cm
ALTURA COMPACTA DA A 4 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,854**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 60cm a 75cm	Correlación de Pearson	,854**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 51 se observa con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.60-0.75 m), además $\rho = 0.854$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.2.6. Análisis de relación de densidades de la cota (0.75-1.00) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 52 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la sexta cota de (0.75-1.00) en cada una de las alturas 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 52: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).

ALTURA DE COMPACTACIÓN A 4 CAPAS			Estadístico	Error estándar
COTA DE 1,00 75cm a 100cm	Media		1,779279	,00420411
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,765899	
		Límite superior	1,792658	
	Media recortada al 5%		1,779608	
	Mediana		1,782242	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,0084083	
	Mínimo		1,7670	
	Máximo		1,7856	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 53).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 53: Prueba de normalidad de la franja 2 cota 0.75-1.00 m

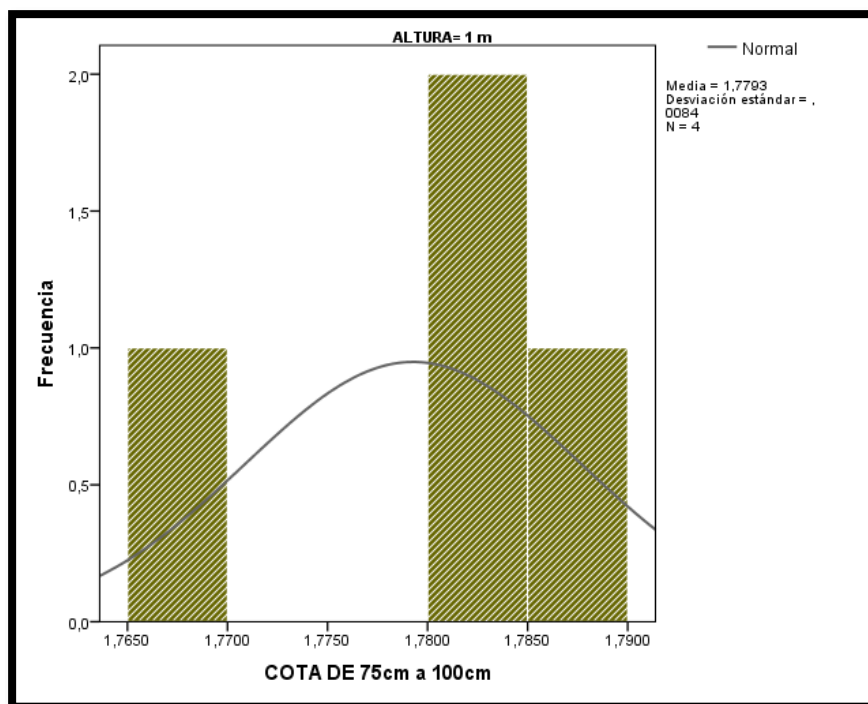
Pruebas de normalidad

ALTURAS COMPACTADA S A 2 PASADAS	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA DE 75 A 100cm 1.00	,319	4	.	,829	4	,166

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 4 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

En la siguiente figura 100 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.734 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 100: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m. Para este caso se empleará el

coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Tabla 54: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00

Correlaciones

		ALTURA COMPACTADA A 4 CAPAS	COTA DE 75cm a 100cm
ALTURA COMPACTADA A 4 CAPAS	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 24	,697** ,000 24
COTA DE 75cm a 100cm	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,697** ,000 24	1 24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 54 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de (0.75-1.00m), además $\rho = 0.697$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.3. Densidad 6 pasadas con rodillo

En la tabla 55 se muestra los resultados obtenidos en la franja número 1 y todas las densidades encontradas a cada altura y cota.

Tabla 55: Resumen densidad de campo 6 pasadas.

6 PASADAS DE RODILLOS - DENSIDADES						
ALTURA	0-0.15	0.15-0.30	0.30-0.45	0.45-0.60	0.60-0.75	0.75-1.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.48	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.48	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.54	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	2.45	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.40	2.37	2.32	0.00	0.00	0.00
0.45	2.37	2.36	2.34	0.00	0.00	0.00
0.45	2.35	2.35	2.32	0.00	0.00	0.00
0.45	2.42	2.29	2.36	0.00	0.00	0.00
0.6	2.33	2.26	2.22	2.21	0.00	0.00
0.6	2.32	2.26	2.21	2.22	0.00	0.00
0.6	2.33	2.27	2.25	2.23	0.00	0.00
0.6	2.36	2.29	2.23	2.23	0.00	0.00
0.8	2.26	2.14	2.15	2.07	1.99	0.00
0.8	2.28	2.23	2.16	2.10	1.98	0.00
0.8	2.28	2.24	2.16	2.09	1.99	0.00
0.8	2.29	2.25	2.14	2.12	1.98	0.00
1	2.21	2.17	2.10	2.07	1.95	1.93
1	2.21	2.18	2.08	2.07	1.94	1.91
1	2.20	2.18	2.10	2.08	1.94	1.93
1	2.20	2.18	2.11	2.11	1.95	1.93

4.1.7.3.1. Análisis de relación de densidades de la cota (0.00-0.15) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 56 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la primera cota de (0.00-0.15) en cada una de las alturas 0.15,0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los

parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 56: Datos estadísticos para la cota (0.00-0.15)

		Descriptivos			
		COMPACTACIÓN A 6 CAPAS		Estadístico	Error estándar
DENSIDAD A UNA COTA DE 0cm A 15cm	,15	Media		2,63677	,006929
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,61472	
	Límite superior		2,65882		
	Media recortada al 5%		2,63611		
	Mediana		2,63088		
	Varianza		,000		
	Desviación estándar		,013858		
	Mínimo		2,628		
	Máximo		2,657		
	,30	Media		2,48771	,018021
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,43036	
			Límite superior	2,54506	
		Media recortada al 5%		2,48692	
		Mediana		2,48066	
Varianza		,001			
Desviación estándar		,036041			
Mínimo		2,452			
Máximo		2,538			
,45	Media		2,38331	,014677	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,33660		
		Límite superior	2,43002		
	Media recortada al 5%		2,38347		
	Mediana		2,38473		
	Varianza		,001		
	Desviación estándar		,029353		
	Mínimo		2,348		
Máximo		2,416			
,60	Media		2,33692	,006593	
	Límite inferior		2,31594		

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	2,35790	
	Media recortada al 5%		2,33667	
	Mediana		2,33464	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,013186	
	Mínimo		2,323	
	Máximo		2,355	
,80	Media		2,27697	,005507
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,25944	
		Límite superior	2,29449	
	Media recortada al 5%		2,27735	
	Mediana		2,28038	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,011014	
	Mínimo		2,262	
	Máximo		2,286	
1,00	Media		2,20412	,003966
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,19150	
		Límite superior	2,21674	
	Media recortada al 5%		2,20409	
	Mediana		2,20386	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,007932	
	Mínimo		2,195	
	Máximo		2,213	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 57)

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

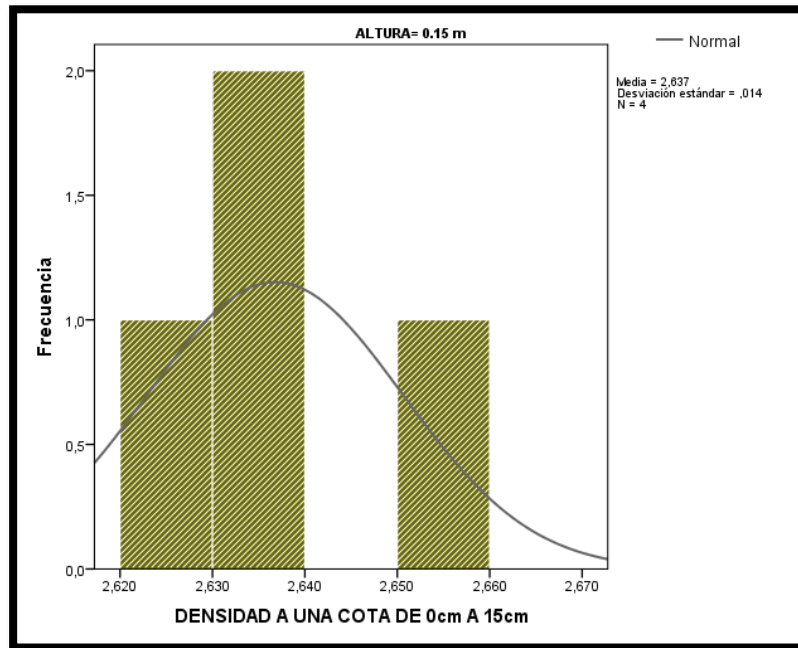
Tabla 57: Prueba de normalidad de la franja 3 cota 0.00 -0.15 m

ALTURAS COMPACTADA S A 6 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.15	,401	4	.	,728	4	,024
DE 0 A	0.30	,320	4	.	,904	4	,449
15 cm	0.45	,180	4	.	,984	4	,928
	0.60	,319	4	.	,907	4	,426
	0.80	,248	4	.	,866	4	,283
	1.00	,196	4	.	,971	4	,849

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas no todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos no cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos no paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Spearman.

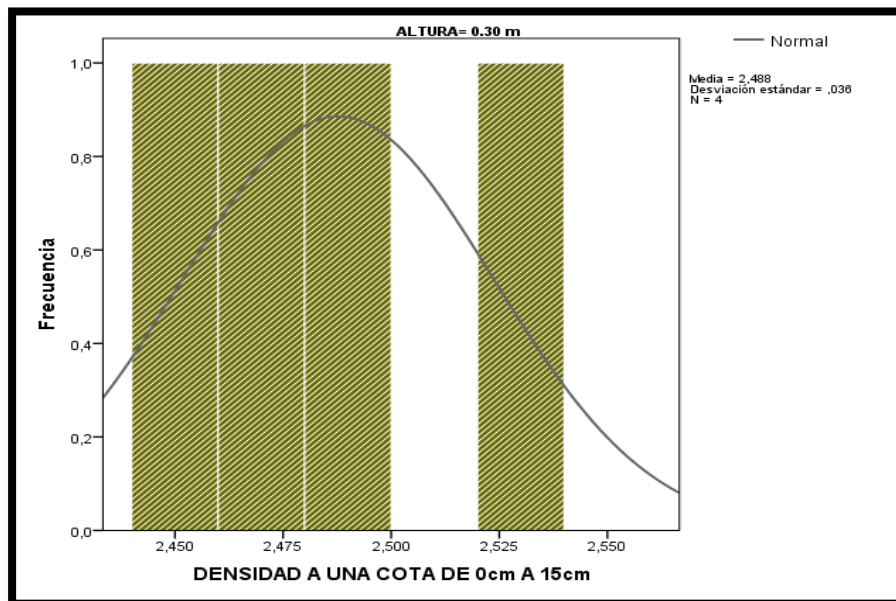
En la siguiente figura 101 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.15 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.024 < 0.05$, donde podemos mencionar que no es existe una distribución normal para el caso de 0.15 m.

Figura 101: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 15 cm



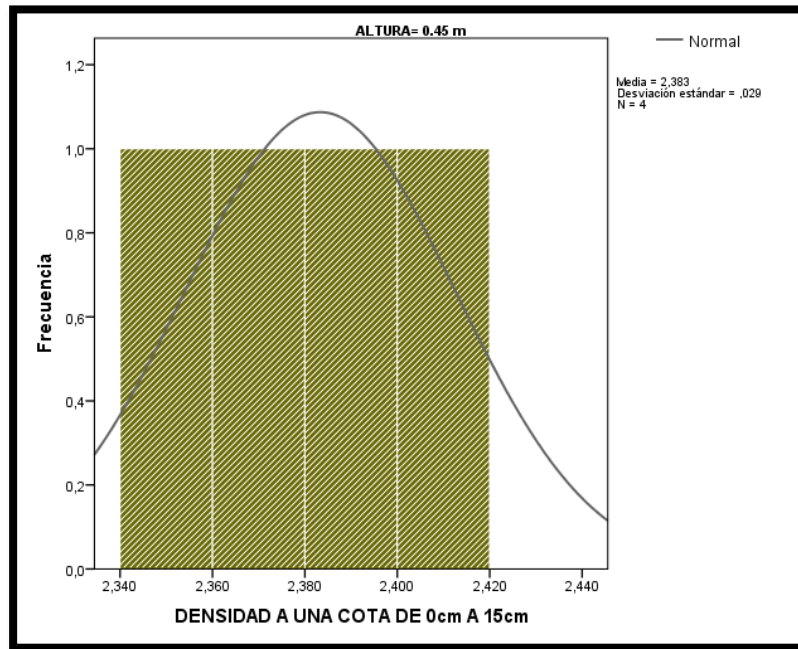
En la siguiente figura 102 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.44 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.30 m de altura.

Figura 102: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 30 cm



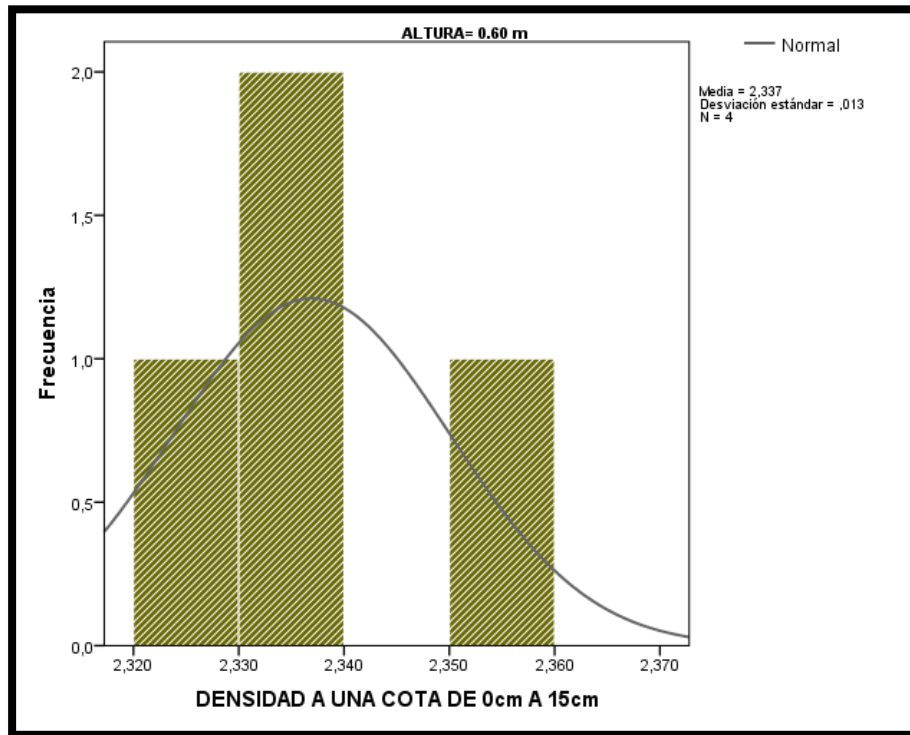
En la siguiente figura 103 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.928 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m.

Figura 103: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 45 cm



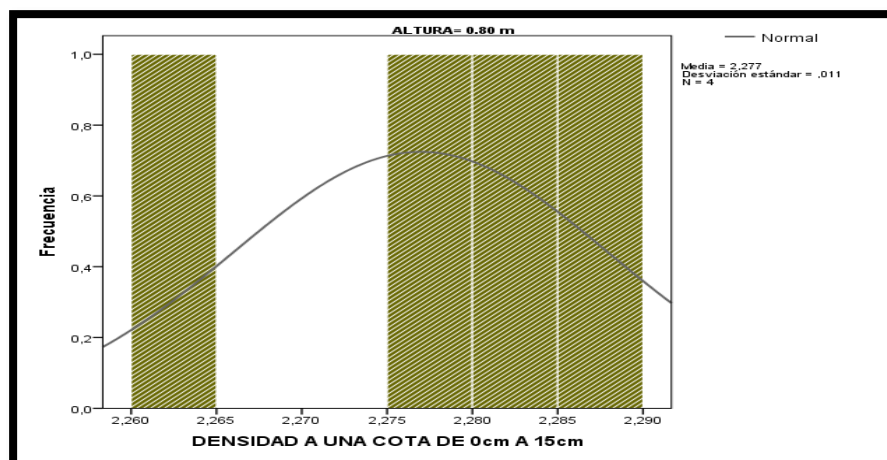
En la siguiente figura 104 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.467 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m de altura.

Figura 104: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 60 cm



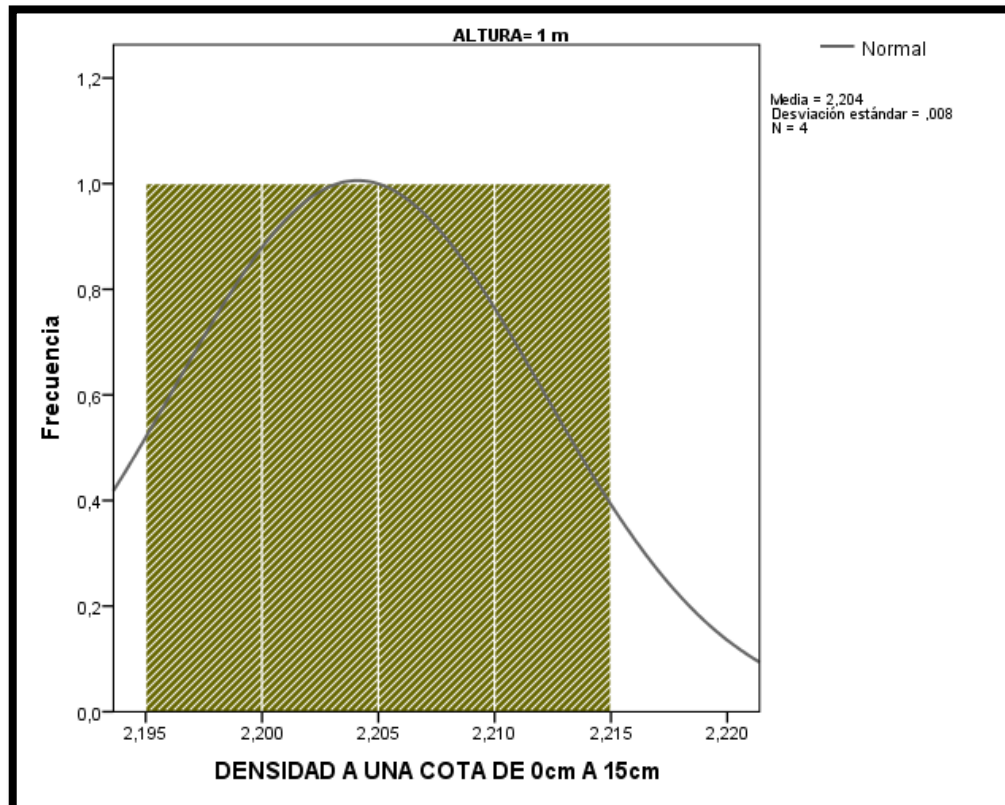
En la siguiente figura 105 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.283 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 105: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 106 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.849 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 106: Distribución normal para la cota 0.00 - 0.15 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.00 - 0.15 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman por ser grupo de datos no paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

H₁: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0 - 0.15 m.)

Tabla 58: Correlación de Spearman para la cota 0.00 - 0.15

Correlaciones			
		ALTURA COMPACTADA A 2 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 0cm a 15cm
ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	Correlación	1.000	-,984
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 0cm a 15cm	Correlación	-,984	1.000
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 58 se observa con el coeficiente de correlación de Spearman donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, Si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.00 - 0.15 m), además $\rho = -0.984$ en el cual podemos indicar que existe una correlación negativa muy alta.

4.1.7.3.2. Análisis de relación de densidades de la cota (0.15-0.30) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 59 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la segunda cota de (0.15-0.30) en cada una de las alturas 0.30,0.45,0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los

parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 59: Datos estadísticos para la cota (0.15-0.30)

COMPACTACIÓN A 6 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
DENSIDAD A UNA COTA DE 15cm A 30cm	,30	Media	2,43389	,009425	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,40389 2,46388	
		Media recortada al 5%	2,43387		
		Mediana	2,43374		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,018850		
		Mínimo	2,415		
		Máximo	2,453		
		,45	Media	2,34039	,018412
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,28179 2,39898	
		Media recortada al 5%	2,34204		
		Mediana	2,35526		
		Varianza	,001		
		Desviación estándar	,036824		
	Mínimo	2,286			
	Máximo	2,365			
	,60	Media	2,26891	,007548	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,24489 2,29293		
	Media recortada al 5%	2,26830			
	Mediana	2,26348			
	Varianza	,000			
	Desviación estándar	,015095			
	Mínimo	2,258			
	Máximo	2,290			
	,80	Media	2,21549	,024648	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	2,13705 2,29393		

	Media recortada al 5%		2,21793	
	Mediana		2,23745	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,049297	
	Mínimo		2,142	
	Máximo		2,245	
1,00	Media		2,17752	,002227
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,17043	
		Límite superior	2,18461	
	Media recortada al 5%		2,17764	
	Mediana		2,17858	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,004455	
	Mínimo		2,171	
	Máximo		2,182	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss.(Ver tabla 60).

Donde se describe dos tipos de análisis para normalidad, una de ella es del análisis por Kolmogorov – Smirnov que se emplea cuando el tamaño de muestra es mayor a 50 datos y la otra Shapiro – Wilk que se emplea cuando el tamaño de muestra es menor o igual a 50 datos.

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

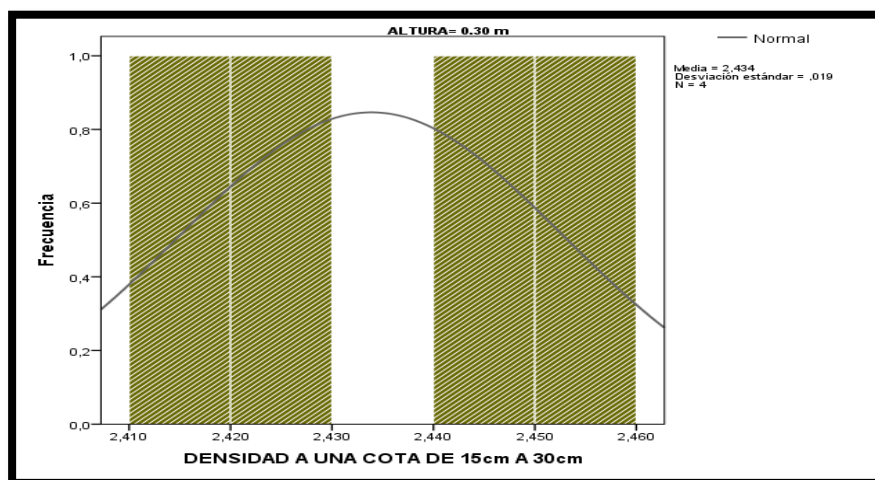
Tabla 60: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.15 -0.30 m

ALTURAS COMPACTADA S 6 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA	0.30	,264	4	.	,862	4	,266
DE 15	0.45	,362	4	.	,770	4	,058
A 30	0.60	,261	4	.	,825	4	,154
cm	0.80	,389	4	.	,719	4	,019
	1.00	,221	4	.	,923	4	,554

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

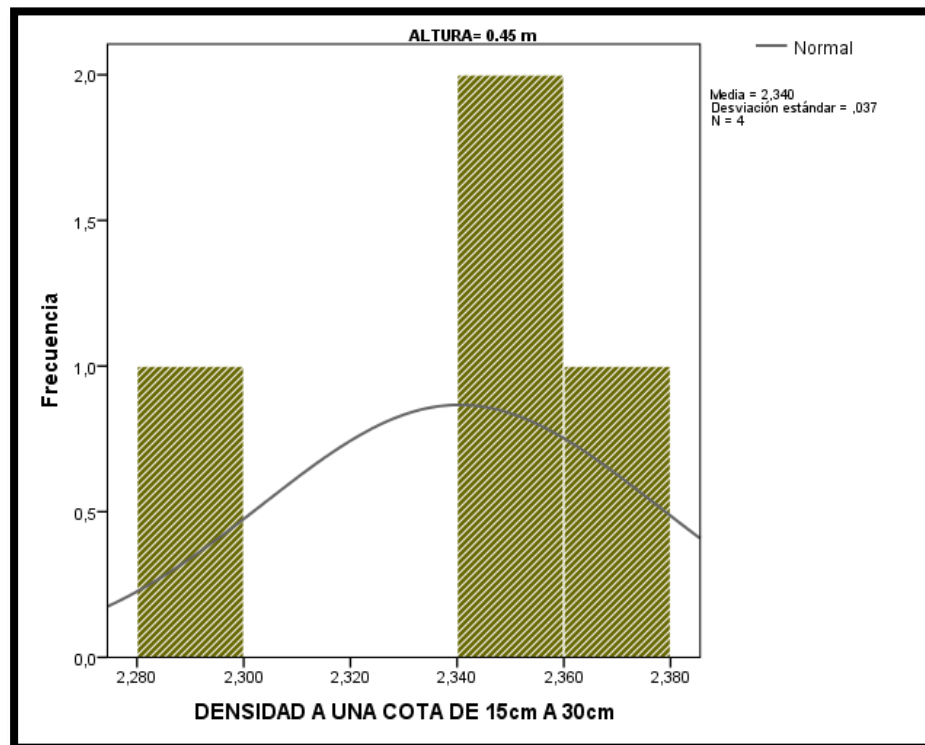
En la siguiente figura 107 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.30 m de altura donde presenta todos los datos con un nivel de significancia $0.266 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.30 m.

Figura 107: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 30 cm



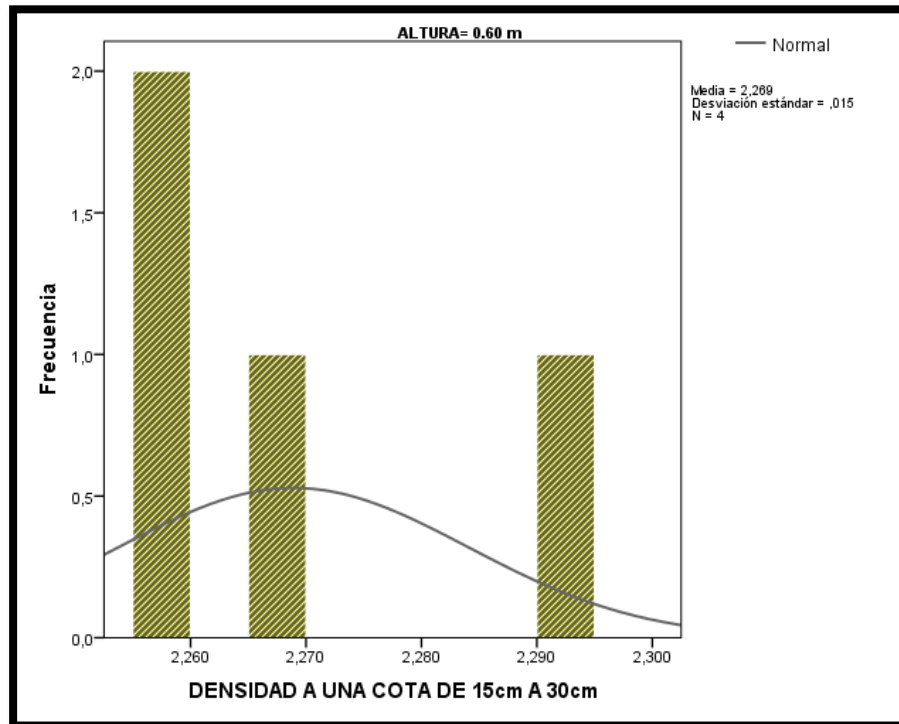
En la siguiente figura 108 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.058 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m de altura.

Figura 108: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 45 cm



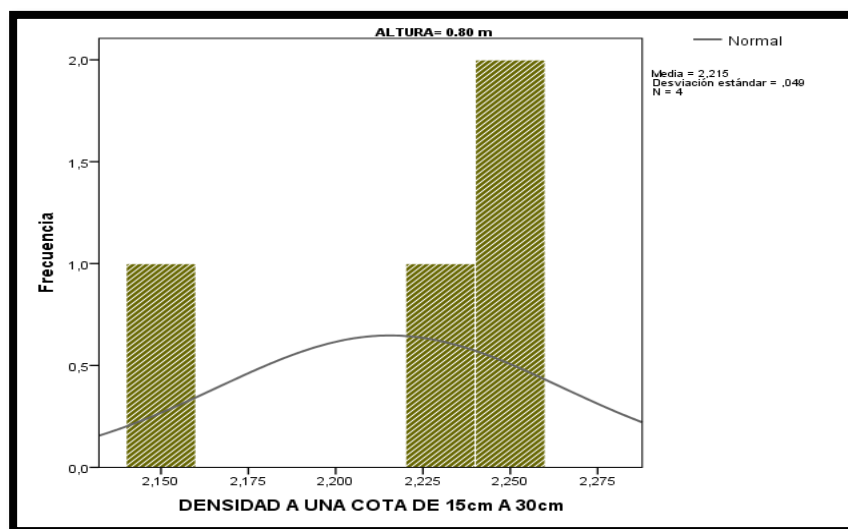
En la siguiente figura 109 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.154 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 109: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 60 cm



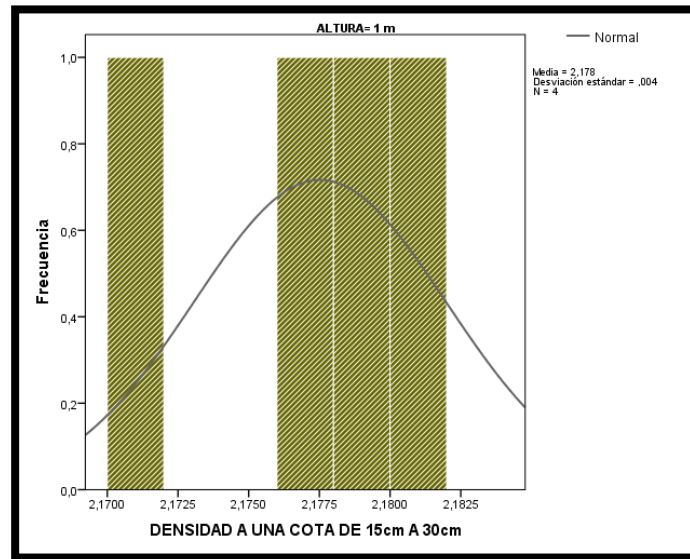
En la siguiente figura 110 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.19 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura-

Figura 110: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 111 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.554 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 111: Distribución normal para la cota 0.15-0.30 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.15-0.30 m.)

Tabla 61: Correlación de Pearson para la cota 0.15-0.30

		Correlaciones	
		ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	COTA DE 15cm a 30cm
ALTURA COMPACTAD A A 6 CAPAS	Correlación de Pearson	1	-,124
	Sig. (bilateral)		,565
	N	24	24
COTA DE 15cm a 30cm	Correlación de Pearson	-,124	1
	Sig. (bilateral)	,565	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 61 se observa con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.565 el cual es mayor al 0.05, entonces se deduce que no se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, no existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.15-0.30 m), además $\rho = -0.124$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.7.3.3. Análisis de relación de densidades de la cota (0.30-0.45) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el SPSS, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 62 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la tercera cota de (0.30-0.45) en cada una de las alturas 0.45, 0.6, 0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 62: Datos estadísticos para la cota (0.30-0.45)

COMPACTACIÓN A 6 CAPAS		Estadístico	Error estándar		
DENSIDAD A UNA COTA ,45 DE 30cm A 45cm	Media	2,33515	,008280		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,30880		
		Límite superior	2,36150		
	Media recortada al 5%	2,33466			
	Mediana	2,33074			
	Varianza	,000			
	Desviación estándar	,016560			
	Mínimo	2,322			
	Máximo	2,357			
	,60	Media	2,22654	,006872	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,20467	
			Límite superior	2,24841	
		Media recortada al 5%	2,22622		
Mediana		2,22365			
Varianza		,000			
Desviación estándar		,013745			
Mínimo		2,213			
Máximo		2,246			
,80	Media	2,15536	,004812		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,14005		
		Límite superior	2,17068		
	Media recortada al 5%	2,15568			
	Mediana	2,15822			
	Varianza	,000			
	Desviación estándar	,009624			
	Mínimo	2,142			
	Máximo	2,163			
1,00	Media	2,09502	,005336		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,07804		
		Límite superior	2,11200		
	Media recortada al 5%	2,09519			
	Mediana	2,09662			
	Varianza	,000			
	Desviación estándar	,010672			
	Mínimo	2,081			

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 63).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 63: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.30 -0.45 m

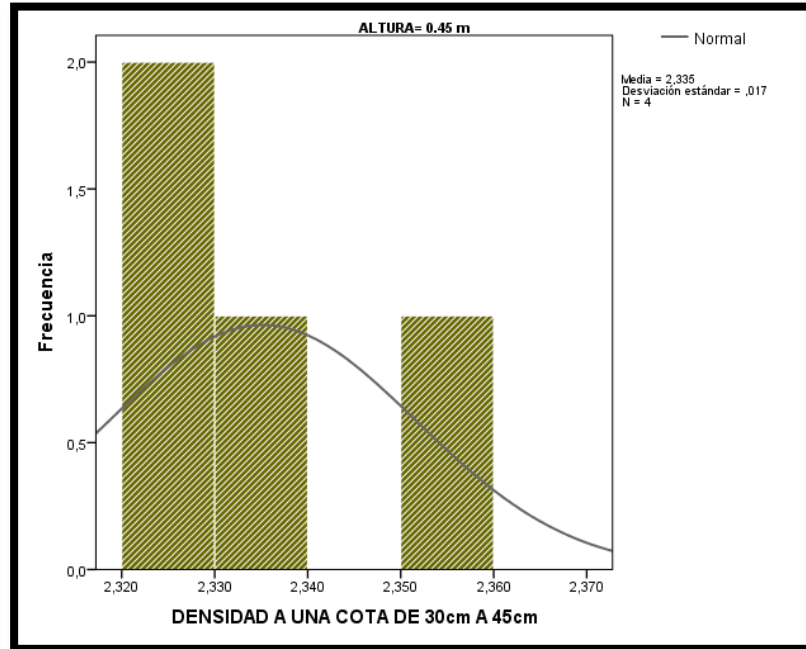
ALTURAS COMPACTADA S A 6 PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTAD	0.45	,870	4	.	,870	4	,296
E 30 A	0.60	,9366	4	.	,9366	4	,631
45 cm	0.80	,878	4	.	,878	4	,331
	1.00	,823	4	.	,823	4	,556

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

En la siguiente figura 112 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.45m de altura donde presenta un nivel de

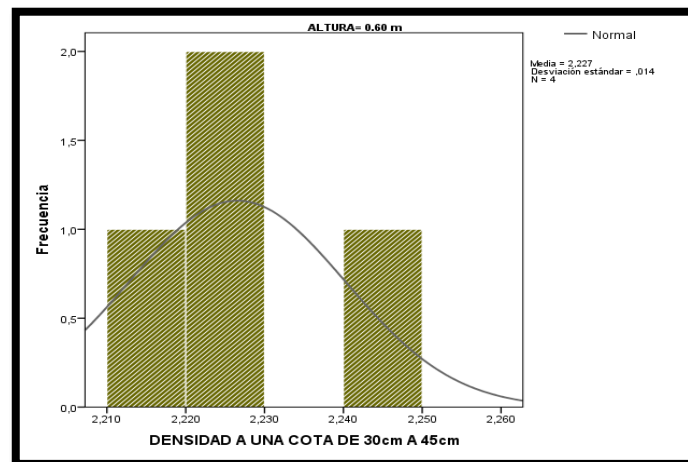
significancia de $0.296 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.45 m de altura.

Figura 112: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 45 cm



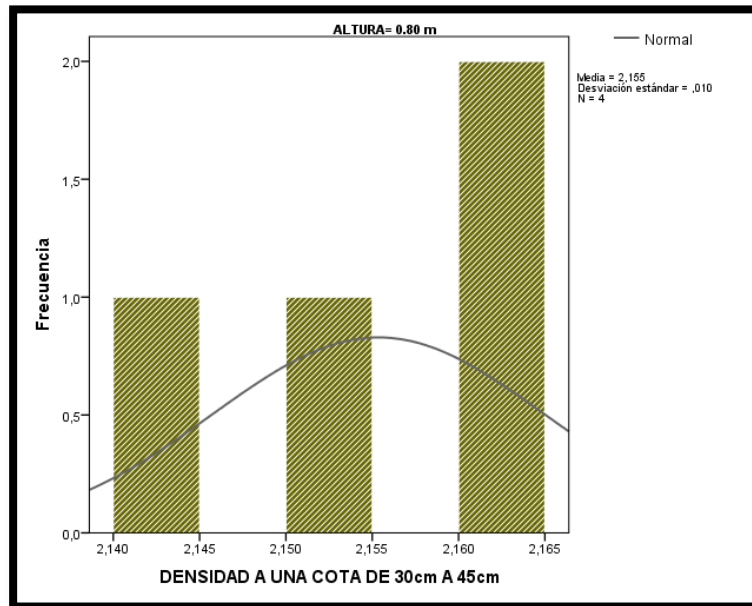
En la siguiente figura 113 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.631 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 113: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 60 cm



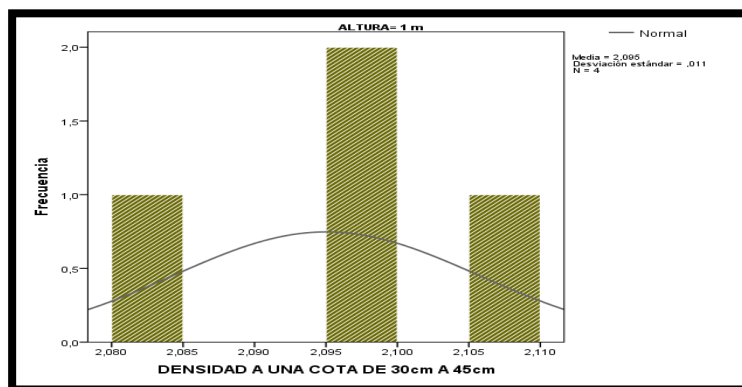
En la siguiente figura 114 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.331 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura

Figura 114: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 115 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.556 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 115: Distribución normal para la cota 0.30-0.45 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.30-0.45m.)

Tabla 64: Correlación de Pearson para la cota 0.30-0.45

		ALTURA COMPACTADA A 6 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 30cm a 45cm
ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	Correlación	1	,754
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 3 30cm a 45cm	Correlación	,754	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 64 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.00 el cual es mayor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.30-0.45m), además $\rho = 0.754$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.3.4. Análisis de relación de densidades de la cota (0.45-0.60) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 65 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la cuarta cota de (0.45-0.60) en cada una de las alturas 0.6,0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 65: Datos estadísticos para la cota (0.45-0.60)

COMPACTACIÓN A 6 CAPAS		Estadístico	Error estándar	
DENSIDAD A ,60 UNA COTA DE 45cm A 60cm	Media	2,22624	,005006	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,21031	
		Límite superior	2,24218	
	Media recortada al 5%	2,22652		
	Mediana	2,22877		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,010012		
	Mínimo	2,213		

	Máximo		2,235	
,80	Media		2,09530	,010471
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,06198	
		Límite superior	2,12862	
	Media recortada al 5%		2,09562	
	Mediana		2,09816	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,020941	
	Mínimo		2,067	
	Máximo		2,118	
1,00	Media		2,08189	,008049
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,05627	
		Límite superior	2,10750	
	Media recortada al 5%		2,08121	
	Mediana		2,07579	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,016097	
	Mínimo		2,070	
	Máximo		2,105	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 66).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

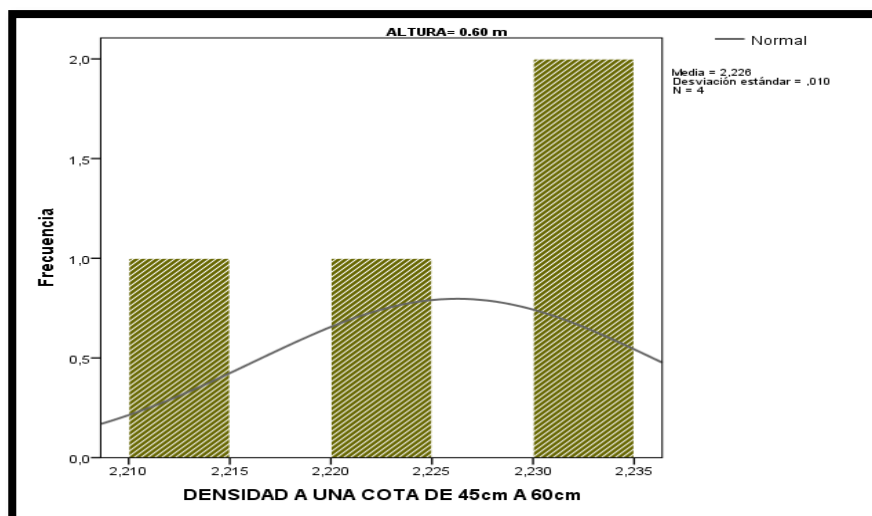
Tabla 66: Prueba de normalidad de la franja 3 cota 0.45 -0.60 m

ALTURAS COMPACTADA S A 6 PASADAS		Pruebas de normalidad			Pruebas de normalidad		
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA DE							
45 A	0.60	,255	4	.	,896	4	,410
60cm	0.80	,238	4	.	,966	4	,814
	1.00	,328	4	.	,805	4	,111

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de pearson.

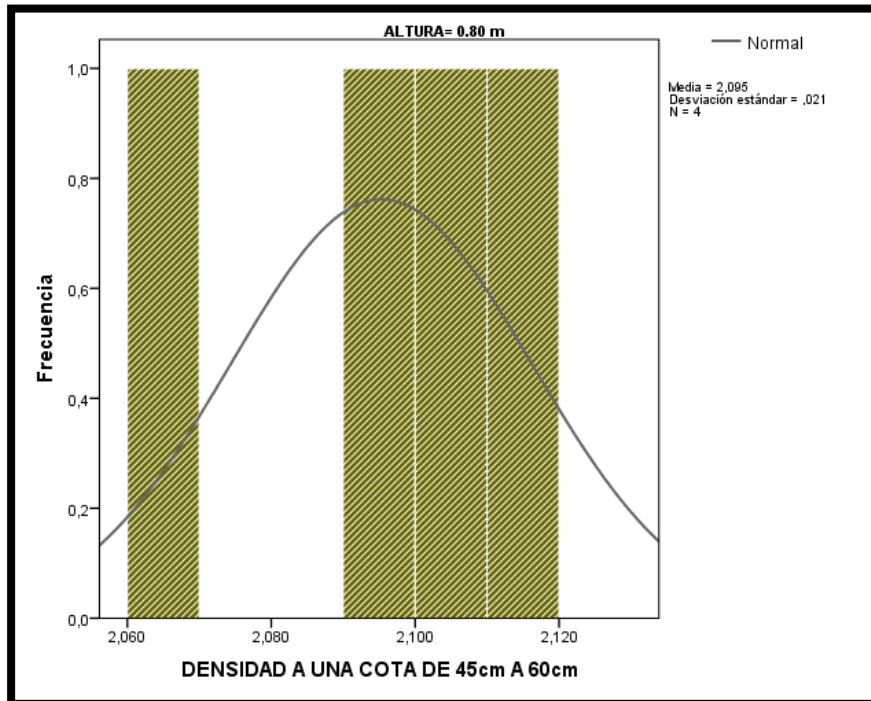
En la siguiente figura 116 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.60 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.410 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 0.60 m.

Figura 116: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 60 cm



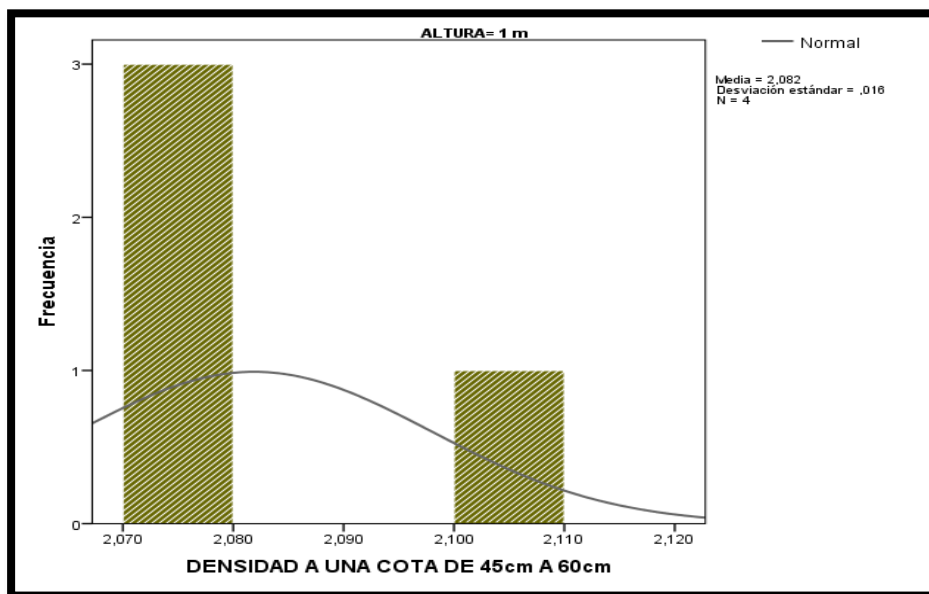
En la siguiente figura 117 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.814 < 0.05$, donde podemos mencionar que no existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 117: Distribución normal para la cota 0.45 -0.60 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 118 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.111 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 118: Distribución normal para la cota 0.45-0.60 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.45-0.60 m.)

Tabla 67: Correlación de Pearson para la cota 0.45-0.60

		ALTURA COMPACTADA A 6 PASADAS DE RODILLO	COTA DE 45cm a 60cm
ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	Correlación	1	,850
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
COTA DE 45cm a 60cm	Correlación	,850	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 67 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.45-0.60 m), además $\rho = 0.850$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

La figura 136 se observa que la densidad decrece a mayor altura de compactación donde para dicha relación se obtuvo la ecuación 16, con la que se puede determinar la densidad la cota 0.45-0.60m de las diferentes alturas de compactación de 6 pasadas de rodillo y/o franja 3.

4.1.7.3.5. Análisis de relación de densidades de la cota (0.60-0.75) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 68 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la quinta cota de (0.60-0.75) en cada una de las alturas 0.8 y 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 68: Datos estadísticos para la cota (0.60-0.75)

COMPACTACIÓN A 6 CAPAS			Estadístico	Error estándar	
DENSIDAD A ,80 UNA COTA DE 60cm A 75cm	Media		1,98584	0.0040070	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,97289		
		Límite superior	1,99879		
	Media recortada al 5%		1,98585		
	Mediana		1,98595		
	Varianza		,000		
	Desviación estándar		,008140		
	Mínimo		1,978		
	Máximo		1,993		
	1,00	Media		1,94635	0.03267
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,93596	
			Límite superior	1,95675	
		Media recortada al 5%		1,94637	
		Mediana		1,94651	
Varianza			,000		
Desviación estándar			,006533		
Mínimo			1,940		
Máximo		1,953			

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 69).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución es normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05,

entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

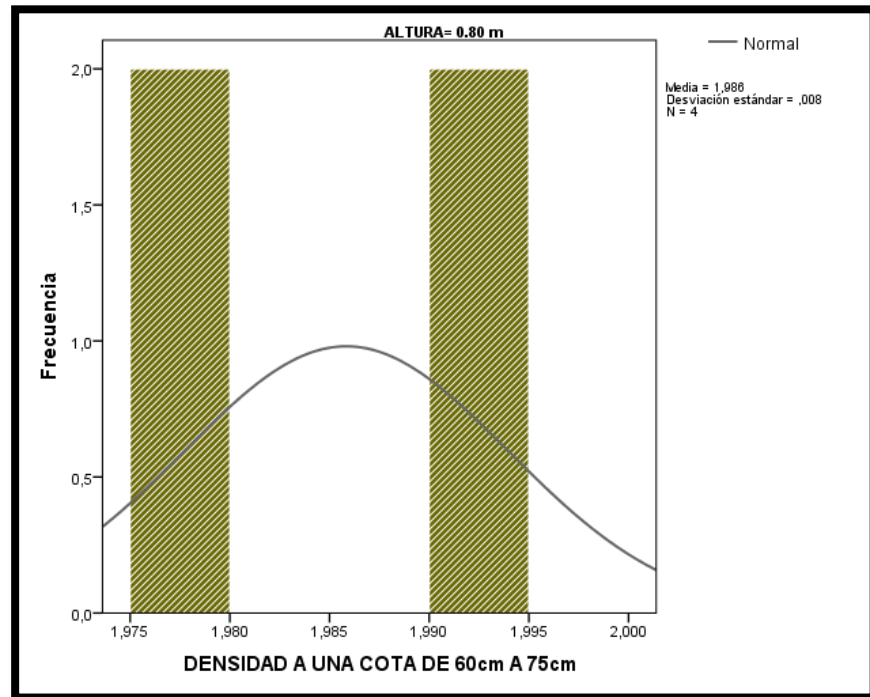
Tabla 69: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.60-0.75 m

ALTURAS COMPACTADAS AS A 6PASADAS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTA							
DE	0.80	,301	4	.	,763	4	,052
60A	1.00	,263	4	.	,872	4	,307
75cm							

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

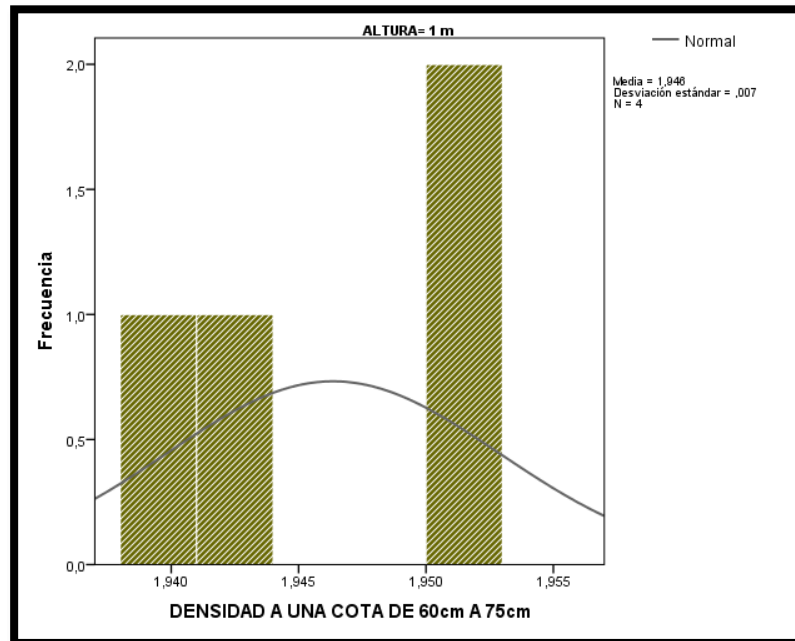
En la siguiente figura 119 se observa la curva de normalidad para el caso de 0.80m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.051 > 0.05$, donde podemos mencionar existe una distribución normal para el caso de 0.80 m de altura.

Figura 119: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 m a la altura de 80 cm



En la siguiente figura 120 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.307 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 120: Distribución normal para la cota 0.60-0.75 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son Alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

H₀: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

H_i: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.60-0.75 m.)

Tabla 70: Correlación de Pearson para la cota 0.60-0.75

Correlaciones

		COMPACTACIÓN A 6 CAPAS	DENSIDAD A UNA COTA DE 60cm A 75cm
COMPACTACIÓN A 6 CAPAS	Correlación de Pearson	1	,855**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
DENSIDAD A UNA COTA DE 60cm A 75cm	Correlación de Pearson	,855**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 70 se observa con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.60-0.75 m), además $\rho = 0.855$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva alta.

4.1.7.3.6. Análisis de relación de densidades de la cota (0.75-1.00) y alturas de pruebas

Se realizó un análisis estadístico mediante el spss, para poder determinar un análisis descriptivo de las variables y datos obtenidos.

En la tabla 71 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de las densidades de campo, se muestra el análisis en la sexta cota de (0.75-1.00) en cada una de las alturas 1.00 de las cuales por cada altura se analizó 4 conos de arena, se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 71: Datos estadísticos para la cota (0.75-1.00).

COMPACTACIÓN A 6 CAPAS		Estadístico	Error estándar
DENSIDAD A 1,00 UNA COTA DE 75cm A 100cm	Media	1,92478	0.004236
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,91130 1,93826
	Media recortada al 5%	1,92499	
	Mediana	1,92665	
	Varianza	,000	
	Desviación estándar	,008473	
	Mínimo	1,913	
	Máximo	1,933	

Se analizó los datos obtenidos para evaluar si existe una distribución normal para cada altura de análisis. Para resolver esa interrogante se realizó el análisis spss. (Ver tabla 72).

En la investigación se trabajará con Shapiro –Wilk pues la presente investigación se tiene 4 datos por cada altura analizada.

El análisis de Shapiro – Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) el mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de sig. fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentar una distribución normal.

Tabla 72: Prueba de normalidad de la franja 1 cota 0.75-1.00 m

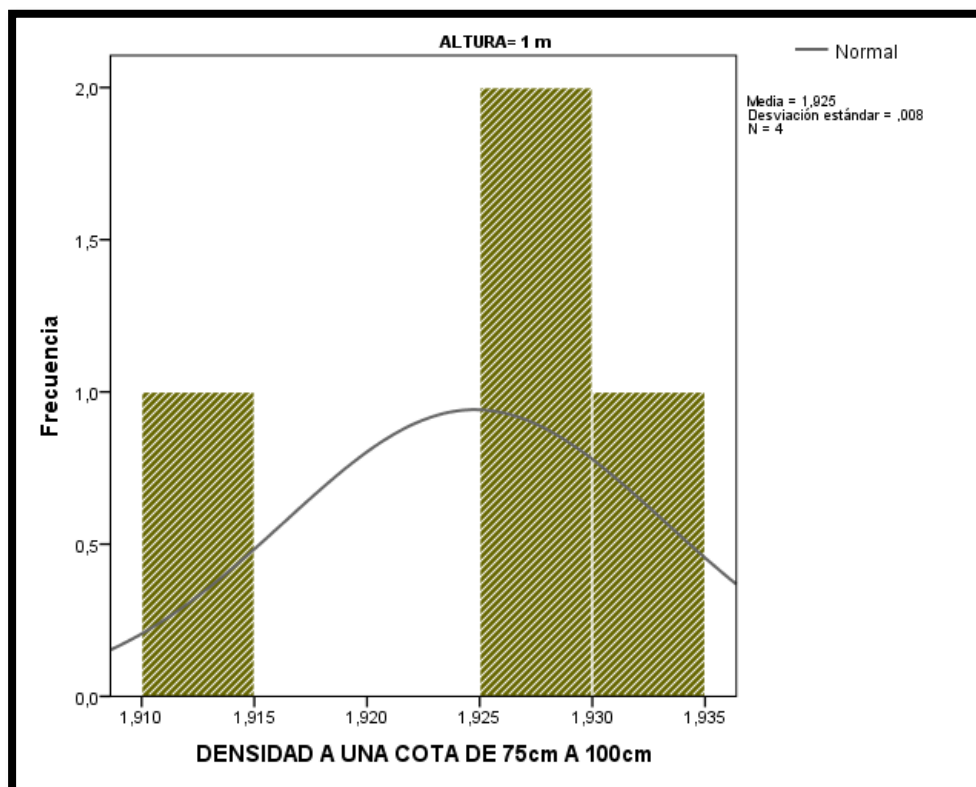
Pruebas de normalidad

ALTURAS COMPACTADAS A 2 PASADAS	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COTADE 75 A 100cm						
1.00	,302	4	.	,911	4	,486

En la tabla anterior se observa que las alturas compactadas a 6 capas todas son mayores a 0.05 de nivel de significancia cual indica que los datos cumplen con una distribución normal, puesto que es indica que son datos Paramétricos y se tiene que emplear el análisis de correlación con el método de Pearson.

En la siguiente figura 121 se observa la curva de normalidad para el caso de 1.00 m de altura donde presenta un nivel de significancia de $0.734 > 0.05$, donde podemos mencionar que existe una distribución normal para el caso de 1.00 m de altura.

Figura 121: Distribución normal para la cota 0.75-1.00 a la altura de 1.00 m



Después de ver la distribución normal de los datos son paramétricos o no paramétricos mediante el análisis de normalidad de datos podemos analizar la correlación entre las variables como son alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo

y cota de 0.75-1.00m. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos. Se plantean las siguientes hipótesis.

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.75-1.00m.)

Tabla 73: Correlación de Pearson para la cota 0.75-1.00

Correlaciones

		ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	COTA DE 75cm a 100cm
ALTURA COMPACTADA A 6 CAPAS	Correlación de Pearson	1	0,697
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	24	24
COTA DE 75cm a 100cm	Correlación de Pearson	0,697**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	24	24

En la tabla 73 se observa el con el coeficiente de correlación de Pearson donde se visualiza que el valor del nivel de significancia (sig.) es 0.000 el cual es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de (0.75-1.00m), además $\rho = 0.697$ en el cual podemos indicar que existe una correlación positiva moderada.

4.1.8. RESUMEN DE DATOS:

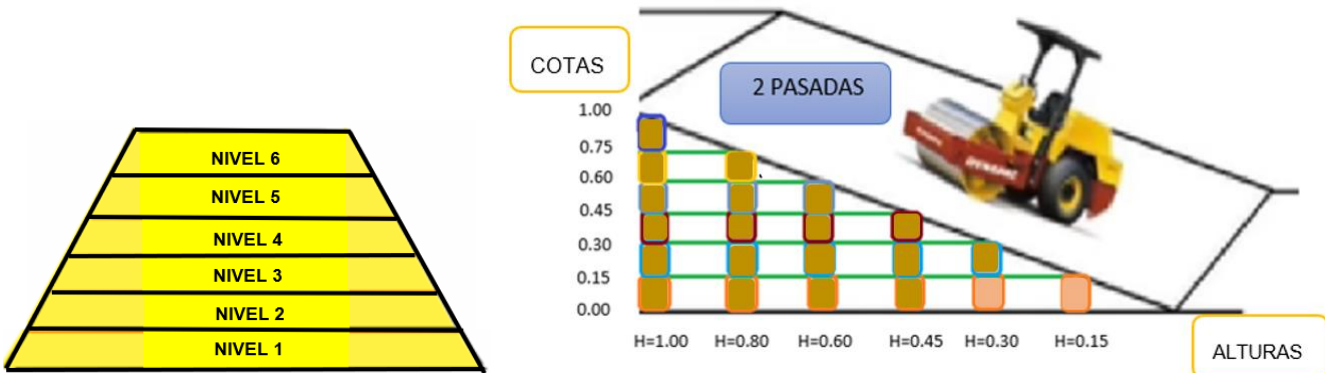
LEYENDA	
	CUMPLE
	NO CUMPLE

En la tabla 74 se observa el resumen de datos con las densidades máxima seca encontradas a 4 pasadas por el rodillo standard de 12 ton, determinadas en función a las alturas evaluadas y cotas (espesor).

Tabla 74: RESUMEN DE DENSIDADES A 2 PASADAS.

Densidad Seca - 2 pasadas con rodillo 12 ton.						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.40					
H=0.30	2.35	2.25				
H=0.45	2.27	2.17	2.06			
H=0.60	2.08	2.02	1.97	1.91		
H=0.80	1.96	1.96	1.92	1.79	1.73	
H=1.00	1.96	1.90	1.84	1.74	1.71	1.67

En la figura 122 se observa que solo son 2 los espesores de terraplén supera la densidad máxima seca obtenida en laboratorio por el ensayo de Proctor modificado de 2.324 gr/cm³.



Donde:

H=0.15 (Nivel1)

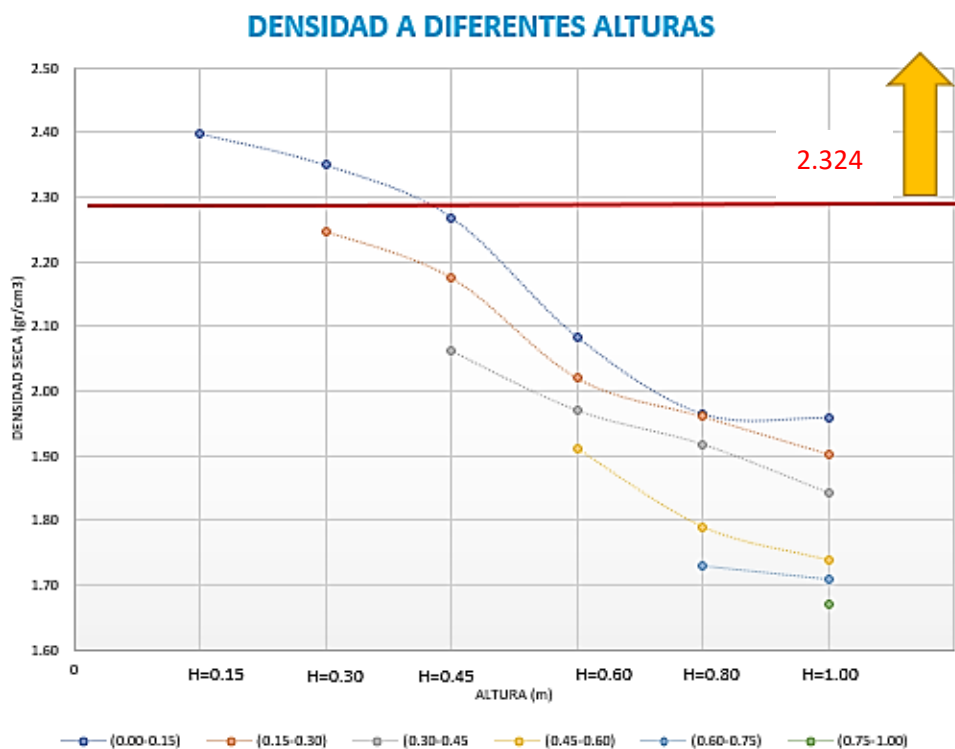
H=0.30(Nivel 1)

DENSIDAD MÁXIMA SECA

D.M.S= 2.40 (gr/cm³)

D.M.S= 2.35 (gr/cm³)

Figura 122: DENSIDADES ALCANZADAS A 2 PASADAS CON RODILLO

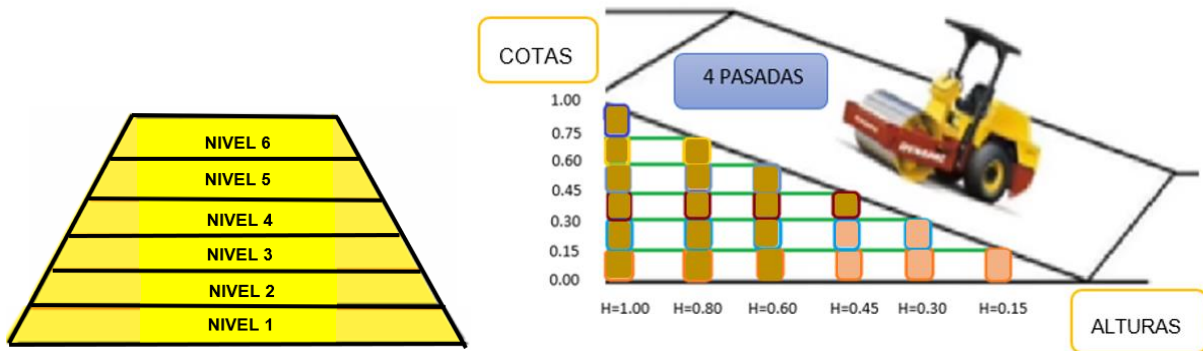


En la tabla 75 se observa el resumen de datos con las densidades máximas encontradas a 4 pasadas por el rodillo standard de 12 ton, determinadas en función a las alturas evaluadas y cotas (espesor).

Tabla 75: RESUMEN DE DENSIDADES A 4 PASADAS.

Densidad Seca - 4 pasadas con rodillo 12 ton.						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.30	2.46	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00
H=0.45	2.36	2.35	2.25	0.00	0.00	0.00
H=0.60	2.31	2.22	2.19	2.11	0.00	0.00
H=0.80	2.17	2.19	2.13	2.08	1.97	0.00
H=1.00	2.09	2.04	2.01	1.99	1.92	1.79

En la figura 123 se observa que solo son 5 los espesores de terraplén supera la densidad máxima seca obtenida en laboratorio por el ensayo de Proctor modificado de 2.324 gr/cm³.



Donde:

H=0.15 (Nivel 1)

H=0.30 (Nivel 1 y 2)

H=0.45 (Nivel 1 y 2)

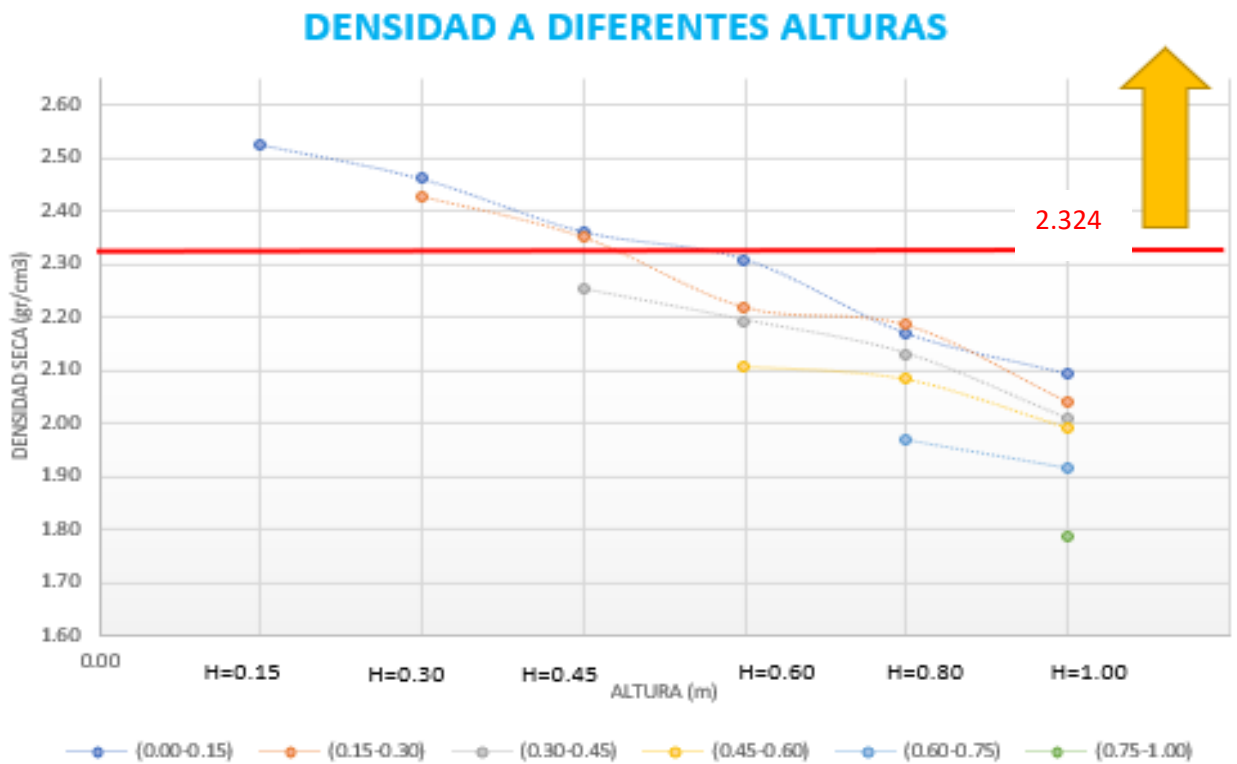
DENSIDAD MÁXIMA SECA

D.M.S= 2.53 (gr/cm³)

D.M.S= 2.46 – 2.43 (gr/cm³)

D.M.S= 2.36 – 2.35 (gr/cm³)

Figura 123: DENSIDADES ALCANZADAS A 4 PASADAS CON RODILLO

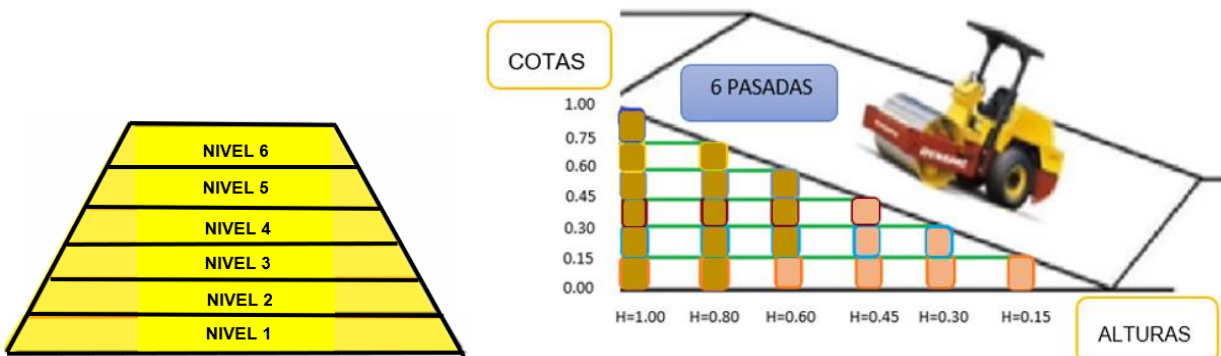


En la tabla 76 se observa el resumen de datos con las densidades máximas encontradas a 6 pasadas por el rodillo standard de 12 ton, determinadas en función a las alturas evaluadas y cotas (espesor).

Tabla 76: RESUMEN DE DENSIDADES A 6 PASADAS.

DENSIDAD SECA - 6 pasadas con rodillo 12 ton.						
ALTURA	(0.00-0.15)	(0.15-0.30)	(0.30-0.45)	(0.45-0.60)	(0.60-0.75)	(0.75-1.00)
H=0.15	2.64					
H=0.30	2.54	2.45				
H=0.45	2.42	2.37	2.36			
H=0.60	2.36	2.29	2.25	2.23		
H=0.80	2.29	2.25	2.16	2.12	1.99	
H=1.00	2.21	2.18	2.11	2.11	1.95	1.93

En la figura 144 se observa que solo son 7 los espesores de terraplén supera la densidad máxima seca obtenida en laboratorio por el ensayo de Proctor modificado de 2.324 gr/cm³.



Donde:

H=0.15 (Nivel 1)

H=0.30 (Nivel 1 y 2)

H=0.45 (Nivel 1 - 2 y 3)

H=0.60 (Nivel 1)

DENSIDAD MÁXIMA SECA

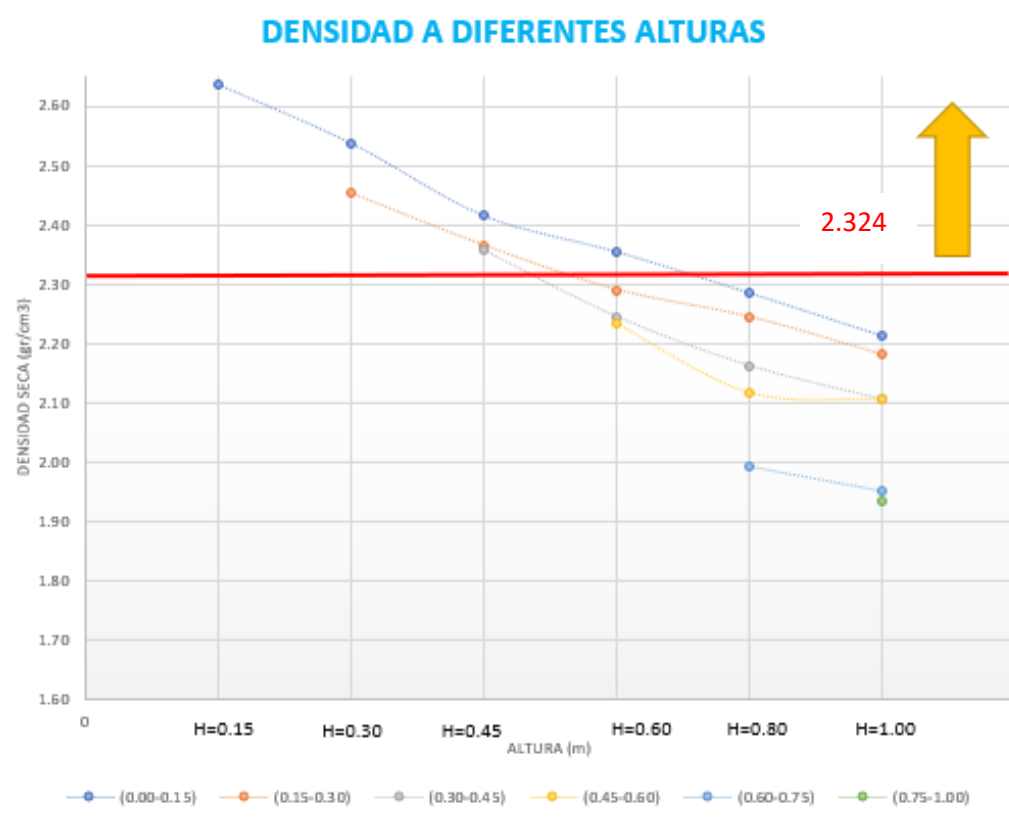
D.M.S= 2.64 (gr/cm³)

D.M.S= 2.54 – 2.45 (gr/cm³)

D.M.S= 2.42 - 2.37 - 2.36 (gr/cm³)

D.M.S= 2.36 (gr/cm³)

Figura 124: DENSIDADES ALCANZADAS A 6 PASADAS CON RODILLO



En la tabla 77 se observa el Número de pasadas para lograr alcanzar la densidad máxima seca obtenida en laboratorio.

Tabla 77: Combinación de Espesor y número de pasadas

Espesor	# de pasadas mínimo
15cm – 30 cm	2
30cm – 45 cm	4
45cm – 60 cm	6

En la investigación se determinó que, según se incrementa la energía de compactación (mayores números de pasada del rodillo de 12 ton) se obtienen mayores densidades secas, como se detalla a continuación:

- A. FRANJA NÚMERO 1: donde se aplicó 2 pasadas de rodillo de 12 tn, solo se superó la densidad máxima seca de 2.324 gr/cm³, para las alturas de 0.15m y altura de 0.30m con los valores de 2.40 gr/cm³ y 2.35 gr/cm³ respectivamente; además que a estas alturas también se cumple con las especificaciones técnicas requeridas para terraplenes de acuerdo al manual de carreteras pues se pueden alcanzar el

mínimo de 95% de grado de compactación, ya que para 2 pasadas de rodillo de 12 tn a altura de 0.15m se alcanza 103.16% de grado de compactación y para la altura de 0.30m se alcanza 101.07% de grado de compactación.

Para las otras alturas superiores a 0.30 m, las densidades alcanzadas son inferiores al 100% de la MDS de laboratorio; en el caso de 0.30 a 0.45 m la máxima alcanzada fue de 2.27 gr/cm³ y la mínima de 2.06 gr/cm³, con un promedio de 2.165 gr/cm³ equivalente al 93.07% de grado de compactación. En el caso de 0.45 a 0.60 m la máxima alcanzada fue de 2.08 gr/cm³ y la mínima de 1.91 gr/cm³, con un promedio de 1.995 gr/cm³ equivalente al 85.77% de grado de compactación. En el caso de 0.60 a 1.00 m donde se muestra las mismas condiciones, la máxima alcanzada fue de 1.96 gr/cm³ y la mínima de 1.67 gr/cm³, con un promedio de 1.815 gr/cm³ equivalente al 78.03% de grado de compactación. Concluyendo que en esta franja con 2 pasadas de rodillo solo es posible obtener resultados satisfactorios hasta una altura máxima de 0.30 m, por tanto, para estos espesores el número de pasadas mínimo sería 2.

- B. FRANJA NÚMERO 2: para 4 pasadas de rodillo de 12 tn se superó la densidad máxima seca de 2.324 gr/cm³ a las alturas de 0.15m con el valor de 2.53 gr/cm³, a altura de 0.30 con los valores de 2.46 gr/cm³ y 2.43 gr/cm³ y a la altura de 0.45 m con los valores de 2.36 gr/cm³ y 2.35 gr/cm³, además que a estas alturas también se cumple con las especificaciones técnicas requeridas para terraplenes de acuerdo al manual de carreteras de alcanzar como mínimo el 95% de grado de compactación, ya que para 4 pasadas de rodillo de 12 tn a altura de 0.15m se alcanza 109.21% de gado de compactación, para la altura de 0.30m se alcanza 105.90% y 104.45% de grado de compactación y para la altura de 0.45m se alcanza 101.58% y 101.18%.

Para las otras alturas superiores a 0.45 m, las densidades alcanzadas son inferiores al 100% de la MDS de laboratorio; en el caso de 0.450 a 0.60 m la máxima alcanzada fue de 2.31 gr/cm³ y la mínima de 2.11 gr/cm³, con un promedio de 2.21 gr/cm³ equivalente al 95.90% de grado de compactación, pasando por poco margen el mínimo de relleno, pero insuficiente para otras aplicaciones. En el caso de 0.60 a 0.80 m la máxima alcanzada fue de 2.19 gr/cm³ y la mínima de 1.97 gr/cm³, con un promedio de 2.08 gr/cm³ equivalente al 89.42% de grado de compactación. En el caso de 0.80 m a mas, la máxima alcanzada fue de 2.19 gr/cm³ y la mínima de 1.79 gr/cm³, con un promedio de 1.99 gr/cm³ equivalente al 85.55%

de grado de compactación. Concluyendo que en esta franja con 4 pasadas de rodillo solo es posible obtener resultados satisfactorios hasta una altura máxima de 0.45 m, por tanto, para estos espesores el número de pasadas mínimo sería 4.

- C. FRANJA NÚMERO 3: para 6 pasadas de rodillo de 12 tn se superó la densidad máxima seca de 2.324 gr/cm³ obtenida en laboratorio a las alturas de 0.15m con el valor de 2.64 gr/cm³, a altura de 0.30 con los valores de 2.54 gr/cm³ y 2.45 gr/cm³, a la altura de 0.45 m con los valores de 2.42 gr/cm³, 2.37 gr/cm³ y 2.36 gr/cm³, y a la altura de 0.60 m con el valor de 2.36 gr/cm³, además que a estas alturas también se cumple con las especificaciones técnicas requeridas para terraplenes de acuerdo al manual de carreteras de alcanzar como mínimo el 95% de grado de compactación, ya que para 6 pasadas de rodillo de 12 tn a altura de 0.15m se alcanza 114.35% de grado de compactación, para la altura de 0.30m se alcanza 109.20% y 105.54% de grado de compactación, para la altura de 0.45m se alcanza 103.94%, 101.77% y 101.42% de grado de compactación y para la altura de 0.60m alcanza 101.33%.

Para las otras alturas superiores a 0.60 m, las densidades alcanzadas son inferiores al 100% de la MDS de laboratorio; en el caso de 0.60 a 0.80 m la máxima alcanzada fue de 2.29 gr/cm³ y la mínima de 1.99 gr/cm³, con un promedio de 2.14 gr/cm³ equivalente al 92.00% de grado de compactación, solo 1 muestra supero el 95% pero por poco margen, las demás muestras son insuficiente para otras aplicaciones. En el caso de 0.80 m a más. la máxima alcanzada fue de 2.21 gr/cm³ y la mínima de 1.93 gr/cm³, con un promedio de 2.07 gr/cm³ equivalente al 88.99% de grado de compactación. Concluyendo que en esta franja con 6 pasadas de rodillo solo es posible obtener resultados satisfactorios hasta una altura máxima de 0.60 m, por tanto, para estos espesores el número de pasadas mínimo sería 6.

Finalmente se puede decir que efectivamente existe una relación entre el espesor de la capa compactada, la energía de compactación aplicada mediante el número de pasadas del rodillo de 12 tn y la densidad alcanzada por el suelo. Esta información permitirá dar recomendaciones prácticas sobre el proceso de compactación de este tipo de materiales en el campo, a fin de tener al grado de certeza que se va a cumplir con las especificaciones técnicas mínimas exigidas por el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES y del MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.

CONCLUSIONES

PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida, tiene efecto la relación de espesores de la capa de compactado de terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares?

1. Esta investigación ha demostrado que la relación de espesores de la capa de compactado de terraplén y el número de pasadas del rodillo estándar de 12 toneladas afectan la densificación del suelo granular. En el caso del espesor de la capa de compactado de terraplén, la relación es inversamente proporcional, significa que a mayor espesor de capa a compactar se obtiene menores valores de densidad del suelo y/o densidad máxima seca; en el caso de número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas la relación es directamente proporcional en la franja 1, 2 y 3, significando que a mayor número de pasadas se obtiene valores más altos de densidad.

PROBLEMAS ESPECIFICOS

PROBLEMA ESPECIFICO 1

¿En qué medida el espesor de la capa de compactado del terraplén afecta la densificación en suelos granulares?

2. La investigación demostró que el espesor de la capa a compactar, afecta de manera inversamente proporcional a la densidad del suelo. En **franja 1** donde se realizó 2 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo que para espesores de 0.15 m densidades cercanas a 2.40 gr/cm³, para 0.30 m de espesor se obtuvo densidades entre 2.25 gr/cm³ a 2.35 gr/cm³, para espesores de 0.45 m a 1.00 se obtuvo densidades de entre 1.67 gr/cm³ a 2.27 gr/cm³ inferiores a la MDS, que no cumplen con el grado de compactación. En **franja 2** donde se realizó 4 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo que para espesores de 15 cm densidades cercanas a 2.53 gr/cm³, para 30 cm de espesor se obtuvo densidades entre 2.43 gr/cm³ a 2.46 gr/cm³, para 45 cm de espesor se obtuvo densidades entre 2.25 gr/cm³ a 2.36 gr/cm³ para espesores de 0.60 a 1.00 se obtuvo densidades de entre 1.79 gr/cm³ a 2.31 gr/cm³ inferiores a la MDS, que no cumplen con el grado de compactación. En **franja 3** donde se realizó 6 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo que para espesores de 15 cm densidades cercanas a 2.64 gr/cm³, para 30 cm de espesor se obtuvo densidades entre 2.45 gr/cm³ a 2.54 gr/cm³, para 45 cm de espesor se obtuvo densidades

entre 2.36 gr/cm³ a 2.42 gr/cm³, para 60 cm de espesor se obtuvo densidades entre 2.25 gr/cm³ a 2.36 gr/cm³, para espesores de 0.80 a 1.00 se obtuvo densidades de entre 1.93 gr/cm³ a 2.29 gr/cm³ inferiores a la MDS, que no cumplen con el grado de compactación.

PROBLEMA ESPECIFICO 2

¿En qué medida el número de pasadas del rodillo de 12tn, afecta la densificación en suelos granulares?

3. La investigación demostró que el número de pasadas del rodillo de 12tn, afecta de manera directamente proporcional a la densidad del suelo. En **franja 1** donde se realizó 2 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo densidades entre 1.67 gr/cm³ a 2.40 gr/cm³, con una densidad promedio de **2.03 gr/cm³**. Los valores más altos se encuentran cerca de la superficie y los valores más bajos a una profundidad de 1.00m. En **franja 2** donde se realizó 4 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo densidades entre 1.79 gr/cm³ a 2.53 gr/cm³, con una densidad promedio de **2.16 gr/cm³**. Los valores más altos se encuentran cerca de la superficie y los valores más bajos a una profundidad de 1.00m. En **franja 3** donde se realizó 6 pasadas del rodillo de 12 tn, se obtuvo densidades entre 1.93 gr/cm³ a 2.64 gr/cm³, con una densidad promedio de **2.29 gr/cm³**. Los valores más altos se encuentran cerca de la superficie y los valores más bajos a una profundidad de 1.00m.

PROBLEMA ESPECIFICO 3

¿Se puede determinar una combinación de espesor de la capa de compactado del terraplén y número de pasadas del rodillo de 12tn, para obtener una densificación del material que cumpla con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras aplicado a terraplenes?

4. La investigación demostró que, si es posible determinar combinaciones de el espesor de la capa a compactar y el número de pasadas del rodillo de 12tn, para obtener una densificación del material que cumpla con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la construcción de carreteras aplicado a terraplenes, con el material de la cantera Chaclas. En caso de que el espesor a compactar sea de 15 cm a 30 cm, será suficiente con 2 pasadas del rodillo de 12 tn. En caso de que el espesor a compactar sea de más 30cm hasta 45 cm, será suficiente con 4 pasadas del rodillo de 12 tn. En caso de que el espesor a compactar sea de más

45 cm hasta 60 cm, se tendrá que aplicar 6 pasadas del rodillo de 12 tn, para llegar a cumplir el grado de compactación.

5. Adicionalmente en el desarrollo de la investigación se realizó el análisis estadístico con el programa SPSS debido a que la investigación tiene un enfoque cuantitativo, y ya que es muy importante para determinar si existe o no una correlación entre los espesores de la capa de compactado de terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares.

Para el contraste de la hipótesis de normalidad de la población, se determinó en función a las 2 pruebas principales:

- PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMINOV (Mayores a 50 datos)
- PRUEBA DE SHAPIRO – WILK (Máximo de tamaño de 50 datos)

En la evaluación estadística se realizó con tamaño de muestra aleatoria menores a 50 datos, el cual hace referencia al empleo de la prueba de Shapiro Wilk que tiene como objetivo determinar si la muestra aleatoria tiene una distribución normal en función al nivel de significancia, basados en lo siguiente.

Tenemos:

H_0 : La distribución es normal

H_1 : La distribución no es normal,

o más formalmente aún:

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Ahora el test Shapiro-Wilk consiste en que si el nivel de significancia (sig.) es mayor o igual a 0.05, entonces se deduce que si existe una distribución normal de los datos analizados y si fuera lo contrario donde el nivel de significancia fuera menor a 0.05, entonces indica que los datos no presentan una distribución normal.

Una vez obtenido los niveles de significancia a través del análisis estadístico Shapiro-Wilks. Se procede a determinar la existencia de correlación entre las variables de estudio, a través de los coeficientes de correlación siguientes:

- COEFICIENTE PEARSON (Nivel de Sign >0.05)

*Todo los resultados con un Nivel de Sig.>0.05

*Datos parametricos

*Existe una distribución normal.

Donde:

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las variables.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las variables.)

Una vez encontrado el nuevo nivel de significancia (sig.) por el coeficiente Pearson es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, si existe correlación entre las variables.

- **COEFICIENTE SPEARMAN (Nivel de Sign <0.05)**

*Basta que un analisis resulte con un Nivel de Sig.<0.05

*Datos no parametricos

*No existe una distribución normal.

Donde:

Ho: $r = 0$ (No existe correlación entre las variables.)

Hi: $r \neq 0$ (Existe correlación entre las variables.)

Una vez encontrado el nuevo nivel de significancia (sig.) por el coeficiente spearman es menor al 0.05, entonces se deduce que se acepta la hipótesis alterna donde menciona que, si existe correlación entre las variables.

En base a lo anteriormente mencionado se realizó el análisis estadístico para cada franja (1,2 y 3) y para las diferentes cotas (0.00 m - 0.15 m, 0.15 m-0.30 m, 0.30-0.45 m, 0.45 m- 0.60 m, 0.60 m- 0.75 m y 0.75 m-1.00 m) a partir de las densidades obtenidas en campo, para todos los casos se aplicó el análisis para normalidad Shapiro Wilk.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.00m-0.15 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.022, 0.608, 0.039, 0.26, 0.266 y 0.915, donde no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que

se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.00m-0.15m.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.15 m- 0.30 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.940, 0.522, 0.712, 0.444 y 0.512, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.021 el cual es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.15m-0.30m.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.30 m- 0.45 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.847, 0.622, 0.019 y 0.995, no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.049, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.30 m-0.45m.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.45 m- 0.60 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.723, 0.007 y 0.73, no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.45 m-0.60 m.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.60 m- 0.75 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.477, 0.195, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si

existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.60 m-0.75 m.

Para la **franja 1, de 2 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.75 m- 1.00 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.734, el dato es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 2 pasadas de rodillo y cota de 0.75 m-1.00 m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.00-0.15 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.885, 0.840, 0.115, 0.652, 0.039 y 0.156, no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.00m-0.15m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.15 m-0.30 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.146, 0.157, 0.268, 0.900, 0.473, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.012, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.15m-0.30m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.30 m-0.45 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.897, 0.471, 0.788 y 0.273, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000 por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.30 m-0.45m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.45 m-0.60 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.770, 0.682 y 0.456, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.45 m-0.60 m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.60 m-0.75 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.330 y 0.347, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.60 m-0.75 m.

Para la **franja 2, de 4 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.75 m-1.00 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo el valor de nivel de significancia de 0.166, el dato es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 4 pasadas de rodillo y cota de 0.75 m-1.00 m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.00-0.15 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.024, 0.449, 0.928, 0.426, 0.283 y 0.849 no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.00m-0.15m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.15 m-0.30 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.266, 0.058, 0.154, 0.019 y 0.554, no todos

los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.565, por lo que no se acepta la hipótesis alterna y se determina que no existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.15m-0.30m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.30 m-0.45 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.296, 0.631, 0.331 y 0.556, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000 por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.30 m-0.45m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.45 m-0.60 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.410, 0.814 y 0.111, todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.45 m-0.60 m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.60 m-0.75 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo valores de niveles de significancia de 0.052 y 0.307, no todos los datos son mayores a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Spearman, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.60 m-0.75 m.

Para la **franja 3, de 6 pasadas de rodillo de 12 tn, para la cota de 0.75 m-1.00 m**, con el análisis para normalidad por Shapiro Wilk se obtuvo el valor de nivel de significancia de 0.486, el dato es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se emplea el análisis de correlación con el método de Pearson, y se obtiene un nivel de significancia de 0.000, por lo que se

acepta la hipótesis alterna y se determina que si existe correlación entre las alturas compactadas a 6 pasadas de rodillo y cota de 0.75 m-1.00 m.

Por la realización del análisis estadístico spss, se verifico finalmente la existencia correlación entre los resultados obtenidos en campo entre los espesores de la capa de compactado de terraplén y el número de pasadas de rodillo estándar de 12 toneladas con la densificación en suelos granulares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar la investigación realizando una comparación de los métodos de densidad de la densidad INSITU con distintos dispositivos como utilizando el densímetro nuclear, Método volumétrico, Método Hilf, DCP(Penetración de Cono Dinámica) .
2. Se recomienda ampliar el conocimiento en el control del proceso de compactación de los materiales con dispositivos tecnológicos para la medición de módulo de elasticidad, rigidez, entre otros, lo cual permitiría monitorear y tomar medidas de mejoramiento cuando aún el equipo se encuentre en campo para poder optimizar el proceso constructivo.
3. Se recomienda realizar los procesos estandarizados de compactación teniendo en cuenta el nivel de estabilidad y el comportamiento eficiente de las estructuras, y no solo tratando de evitar la reducción de costos y aumento de ganancias.
4. Adicionalmente se recomienda realizar más pruebas con mayor número de pasadas de rodillo para determinar si la densidad máxima seca sigue aumentando o se disminuye a mayor cantidad de pasadas del rodillo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Alvarez Haase, Juan Pablo. 2005.** *MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN ÁREAS DE TAMAÑO LIMITADO.* Guatemala : Universidad de san carlos de guatemala, 2005.
- **Araya, Castro y Roy. 2005.** *Nuevas propuestas en el control de la calidad de la compactación.* Costa Rica : s.n., 2005.
- **ASTM D-1557. 2000.** 2000.
- **Badillo, Juarez. 2014.** *Fundamentos de la Mecánica de Suelos.* Mexico : Limusa, 2014. 599.
- **Badillo, Juarez y Rodriguez, Rico. 1985.** *Fundamentos de la Mecánica de Suelos.* 1985.
- **Boussinesq, Joseph. 1867.** *Compactación de Suelos.* Paris : s.n., 1867.
- **Castro Araya, Roy. 2005.** *Nuevas propuestas en el control de la calidad de la compactación.* Universidad de costa rica. Costa Rica : s.n., 2005.
- **Chirinos Quispe, Juan Carlos. 2015.** *"Efecto de la energía de compactación en la densidad máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera EL GAVILÁN".* Universidad Privada del Norte. 2015.
- **Das, Braja. 2001.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* México : s.n., 2001.
- **Draghi, Jorajuría. 2004.** *Resistencia mecanica del suelo como parametro mecanico del suelo.* Buenos Aires : s.n., 2004.
- **Guerrón Avecillas, Silvia Alexandra. 2013.** *Comparación de resultados de densidad de campo por los métodos cono y arena ,volumétrico y densidad nuclear".* Universidad Central de Ecuador. Quito : s.n., 2013.
- **Lambe, Williarn y Whitman, Robert. 1960.** *Mecanica de suelos.* 1960.
- **Llique Mondragón, Rosa y Guerrero Padilla, Ana. 2014.** *Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos.* 2014.
- **Lopez Saiz, Jose Manuel. 2008.** *Informes de la Construcción - COMPACTACIÓN.* España : Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2008.
- *Manual del Usuario Densímetro Nuclear. troxlerbas.*
- **Medina Wiechers, Eduardo. 2000.** *Compactación y estabilización de suelos.* México : Universidad Iberoamericana, 2000.
- **Mendoza Lopez, Manuel. 1992.** *Enfoques recientes en la compactación de suelos.* Queretaro : ISSN, 1992. 33.

- **Mendoza Valderrama, Santiago. 2002.** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica.* Lima : San Marcos E.I.R.L, 2002.
- **Otto Mohr, Christian. 1900.** *Teoremas de Mohr.* 1900.
- **Pariona Quintan, Luis. 2014.** *"Estudio de la resistencia de la sub-base usando experimentos factoriales basados en el contenido de humedad, energía de compactación y la hidratación".* Universidad del Centro del Perú. Huancayo : s.n., 2014.
- *Procedimiento operacional Método Cono y Arena. AAGC.*
- **Reséndiz, Daniel y Marsal, Raúl. 1979.** *Presas de Tierra y Enrocamiento.* México : s.n., 1979.
- **Rico Rodriguez, Alfonso. 1992.** *Compactación de suelos en medios de infraestructua de transporte.* 1992.
- **Sagués, Patricia. 2008.** *Propiedades de los Suelos Compactados.* Buenos Aires : s.n., 2008.
- **Sanchez Giron, Renedo. 1996.** *Dinámica y Mecánica de Suelos.* Madrid : Agrotecnica Ediciones, 1996.
- **Tamayo, Mario. 2003.** *El proceso de la Investigación Científica.* México : LIMUSA, 2003.
- **Vicente Pérez, Alama. 2004.** *Materiales y procedimientos de construcción.* 2004.
- **Yang, Hsai. 1975.** *Founding Engineering Handbook.* s.l. : Van Nostrand Reinhold Company, 1975.
- **Yepes Piqueras, Victor. 2004.** *Compactación dinámica y su control con ensayos de penetración dinámica.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2004.

ANEXOS

Registro de datos 2 pasadas con rodillo 12 ton.

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(1.00 m-0.75 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6728	6904	7231	6803
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2433	2725	2511	2549
Peso de la Arena Empleada	g	4295	4179	4720	4254
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1581	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2810	2694	3139	2769
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1994	1912	2228	1965
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4211	4125	4574	4209
Peso del recipiente	g	680	772	680	772
Peso del Suelo + Grava	g	3531	3353	3894	3437
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.771	1.754	1.748	1.749
contenido de humedad	%	6.15	5.65	4.66	5.15
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	1.771	1.754	1.748	1.749
Contenido de humedad	%	6.15	5.65	4.66	5.15
Densidad Seca	g/cm3	1.668	1.660	1.670	1.663
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	71.8	71.4	71.9	71.6
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	474	476	480	478
PESO DE LA TARA	gr	51	51	51	51
PESO DEL AGUA	gr	26	24	20	22
PESO SUELO SECO	gr	423	425	429	427
HUMEDAD	%	6.15	5.65	4.66	5.15

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.75 m - 0.60m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6504	7513	7600	7546
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2111	2064	2500	2051
Peso de la Arena Empleada	g	4393	5449	5100	5495
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1581	1581	1581
Peso de Arena en la Excavación	g	2908	3868	3519	3914
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2064	2745	2498	2778
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4425	5516	4991	5478
Peso del recipiente	g	680	680	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	3745	4836	4311	4798
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.815	1.762	1.726	1.727
contenido de humedad	%	6.12	6.65	6.15	5.90
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.815	1.762	1.726	1.727
Contenido de humedad	%	6.12	6.65	6.15	5.90
Densidad Seca	g/cm3	1.710	1.652	1.626	1.631
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	73.6	71.1	70.0	70.2
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	474	472	474	475
PESO DE LA TARA	gr	49	51	51	51
PESO DEL AGUA	gr	26	28	26	25
PESO SUELO SECO	gr	425	421	423	424
HUMEDAD	%	6.12	6.65	6.15	5.90

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6973	6546	6730	6600
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2289	2162	1811	2161
Peso de la Arena Empleada	g	4684	4384	4919	4439
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	3199	2899	3434	2954
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2270	2057	2437	2097
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4977	4415	5119	4588
Peso del recipiente	g	771	680	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4206	3735	4439	3817
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.853	1.815	1.821	1.821
contenido de humedad	%	6.62	7.64	7.38	7.64
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.853	1.815	1.821	1.821
Contenido de humedad	%	6.62	7.64	7.38	7.64
Densidad Seca	g/cm3	1.738	1.687	1.696	1.691
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	74.8	72.6	73.0	72.8

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	472	468	469	468
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	28	32	31	32
PESO SUELO SECO	gr	423	419	420	419
HUMEDAD	%	6.62	7.64	7.38	7.64

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7069	7770	7115	7710
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2919	3471	2905	3430
Peso de la Arena Empleada	g	4150	4299	4210	4280
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2665	2779	2725	2760
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1891	1972	1934	1959
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4398	4589	4211	4302
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	3627	3909	3440	3622
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.918	1.982	1.779	1.849
contenido de humedad	%	8.67	7.64	8.41	8.15
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.918	1.982	1.779	1.849
Contenido de humedad	%	8.67	7.64	8.41	8.15
Densidad Seca	g/cm3	1.765	1.841	1.641	1.710
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	75.9	79.2	70.6	73.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	464	468	465	466
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	36	32	35	34
PESO SUELO SECO	gr	415	419	416	417
HUMEDAD	%	8.67	7.64	8.41	8.15

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6973	7657	6888	7542
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2047	2543	1998	2461
Peso de la Arena Empleada	g	4926	5114	4890	5081
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3441	3594	3405	3561
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2442	2551	2417	2527
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5419	5915	5321	5609
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4648	5235	4550	4929
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.903	2.052	1.883	1.950
contenido de humedad	%	7.89	7.89	8.15	7.89
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.903	2.052	1.883	1.950
Contenido de humedad	%	7.89	7.89	8.15	7.89
Densidad Seca	g/cm3	1.764	1.902	1.741	1.808
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	75.9	81.8	74.9	77.8
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	467	467	466	467
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	33	33	34	33
PESO SUELO SECO	gr	418	418	417	418
HUMEDAD	%	7.89	7.89	8.15	7.89

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7455	7599	7528	7566
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2982	2789	2415	2550
Peso de la Arena Empleada	g	4473	4810	5113	5016
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2953	3290	3593	3496
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2096	2335	2550	2481
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5110	5584	5811	5464
Peso del recipiente	g	680	771	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	4430	4813	5131	4784
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.114	2.061	2.012	1.928
contenido de humedad	%	7.89	7.64	8.15	7.89
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.114	2.061	2.012	1.928
Contenido de humedad	%	7.89	7.64	8.15	7.89
Densidad Seca	g/cm3	1.959	1.915	1.860	1.787
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	84.3	82.4	80.1	76.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	467	468	466	467
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	33	32	34	33
PESO SUELO SECO	gr	418	419	417	418
HUMEDAD	%	7.89	7.64	8.15	7.89

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.75 m - 0.60m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6096	6854	6158	6629
Peso del Frasco + Arena que queda	g	1165	2111	1644	1970
Peso de la Arena Empleada	g	4931	4743	4514	4659
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	3446	3258	3029	3174
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2446	2312	2150	2253
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5110	4877	4615	4798
Peso del recipiente	g	680	680	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	4430	4197	3935	4118
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.811	1.815	1.830	1.828

contenido de humedad	%	6.12	5.87	5.87	5.87
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.811	1.815	1.830	1.828
Contenido de humedad	%	6.12	5.87	5.87	5.87
Densidad Seca	g/cm3	1.707	1.714	1.729	1.727
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	73.4	73.8	74.4	74.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	474	475	475	475
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	26	25	25	25
PESO SUELO SECO	gr	425	426	426	426
HUMEDAD	%	6.12	5.87	5.87	5.87

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			

N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7607	7891	7982	7819
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2290	2364	2434	2297
Peso de la Arena Empleada	g	5317	5527	5548	5522
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1746	1746	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3797	3781	3802	4002
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2695	2683	2698	2840
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5624	5819	5619	5881
Peso del recipiente	g	680	771	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	4944	5048	4939	5201
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.835	1.881	1.830	1.831

contenido de humedad	%	5.62	5.13	5.37	5.62
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.835	1.881	1.830	1.831
Contenido de humedad	%	5.62	5.13	5.37	5.62
Densidad Seca	g/cm3	1.737	1.789	1.737	1.734
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	74.7	77.0	74.7	74.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	476	478	477	476
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	24	22	23	24
PESO SUELO SECO	gr	427	429	428	427
HUMEDAD	%	5.62	5.13	5.37	5.62

H =0.80 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6930	7200	7980	7704
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2409	2948	2501	2018
Peso de la Arena Empleada	g	4521	4252	5479	5686
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3036	2732	3994	4166
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2155	1939	2835	2957
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5165	4579	6454	6611
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4394	3899	5683	5931
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.039	2.011	2.005	2.006

contenido de humedad	%	6.37	6.37	5.87	6.12
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.039	2.011	2.005	2.006
Contenido de humedad	%	6.37	6.37	5.87	6.12
Densidad Seca	g/cm3	1.917	1.890	1.894	1.890
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	82.5	81.3	81.5	81.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	473	473	475	474
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	27	27	25	26
PESO SUELO SECO	gr	424	424	426	425
HUMEDAD	%	6.37	6.37	5.87	6.12

H =0.80 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6739	7419	7004	7216
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2331	2977	2456	2715
Peso de la Arena Empleada	g	4408	4442	4548	4501
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2923	2922	3063	2981
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2075	2074	2174	2116
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5015	5132	5212	5224
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4335	4361	4532	4453
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.090	2.103	2.085	2.105

contenido de humedad	%	7.38	7.38	7.64	7.38
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.090	2.103	2.085	2.105
Contenido de humedad	%	7.38	7.38	7.64	7.38
Densidad Seca	g/cm3	1.946	1.958	1.937	1.960
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	83.7	84.3	83.3	84.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	469	469	468	469
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	31	31	32	31
PESO SUELO SECO	gr	420	420	419	420
HUMEDAD	%	7.38	7.38	7.64	7.38

H =0.80 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6647	6781	6879	6779
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2913	2716	2546	2541
Peso de la Arena Empleada	g	3734	4065	4333	4238
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2249	2545	2848	2718
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1596	1806	2021	1929
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4034	4555	4901	4800
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	3354	3784	4221	4029
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.101	2.095	2.088	2.089

contenido de humedad	%	7.13	6.62	6.87	6.87
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.101	2.095	2.088	2.089
Contenido de humedad	%	7.13	6.62	6.87	6.87
Densidad Seca	g/cm3	1.962	1.965	1.954	1.954
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	84.4	84.5	84.1	84.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	470	472	471	471
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	30	28	29	29
PESO SUELO SECO	gr	421	423	422	422
HUMEDAD	%	7.13	6.62	6.87	6.87

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6944	7915	6884	7890
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2434	3156	2405	3207
Peso de la Arena Empleada	g	4510	4759	4479	4683
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3025	3239	2994	3163
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2147	2299	2125	2245
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5008	5422	4970	4988
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4237	4742	4199	4308
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.974	2.063	1.976	1.919
contenido de humedad	%	6.87	7.89	7.13	7.64
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	1.974	2.063	1.976	1.919
Contenido de humedad	%	6.87	7.89	7.13	7.64
Densidad Seca	g/cm3	1.847	1.912	1.845	1.783
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	79.5	82.3	79.4	76.7

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	467	470	468
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	29	33	30	32
PESO SUELO SECO	gr	422	418	421	419
HUMEDAD	%	6.87	7.89	7.13	7.64

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base				
N°PRUEBA		2 pasadas				
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)				
N°DE CONO		1	2	3	4	
		DENSIDAD HUMEDA				
Peso del Frasco + Arena	g	6937	7665	6789	6771	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2645	2998	2240	2265	
Peso de la Arena Empleada	g	4292	4667	4549	4506	
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1520	1520	
Peso de Arena en la Excavación	g	2807	3147	3029	2986	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraído	cm3	1992	2233	2150	2119	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4847	5519	5241	5127	
Peso del recipiente	g	680	771	680	771	
Peso del Suelo + Grava	g	4167	4748	4561	4356	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.092	2.126	2.122	2.055	
contenido de humedad		%	8.15	7.89	8.15	7.89
RESULTADOS						
Densidad húmeda	g/cm3	2.092	2.126	2.122	2.055	
Contenido de humedad	%	8.15	7.89	8.15	7.89	
Densidad Seca	g/cm3	1.934	1.970	1.962	1.905	
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	83.2	84.8	84.4	82.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	467	466	467
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	34	33	34	33
PESO SUELO SECO	gr	417	418	417	418
HUMEDAD	%	8.15	7.89	8.15	7.89

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6866	7421	7178	7148
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2389	2712	3187	3112
Peso de la Arena Empleada	g	4477	4709	3991	4036
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2992	3189	2506	2516
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2123	2263	1779	1786
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5254	5687	4555	4656
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4574	4916	3875	3885
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.154	2.172	2.179	2.176
contenido de humedad	%	7.64	7.89	7.89	8.15
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.154	2.172	2.179	2.176
Contenido de humedad	%	7.64	7.89	7.89	8.15
Densidad Seca	g/cm3	2.001	2.013	2.019	2.012
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	86.1	86.6	86.9	86.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	467	467	466
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	32	33	33	34
PESO SUELO SECO	gr	419	418	418	417
HUMEDAD	%	7.64	7.89	7.89	8.15

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6844	7249	7458	7111
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2157	2871	2647	2708
Peso de la Arena Empleada	g	4687	4378	4811	4403
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3202	2858	3326	2883
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2273	2028	2361	2046
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5801	5364	5978	5404
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	5121	4593	5298	4633
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.253	2.264	2.244	2.264
contenido de humedad	%	8.41	8.67	8.67	8.94
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.253	2.264	2.244	2.264
Contenido de humedad	%	8.41	8.67	8.67	8.94
Densidad Seca	g/cm3	2.079	2.084	2.065	2.079
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	89.4	89.7	88.9	89.4

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	464	463
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	35	36	36	37
PESO SUELO SECO	gr	416	415	415	414
HUMEDAD	%	8.41	8.67	8.67	8.94

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			

ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6719	7708	7609	7415
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2819	3254	3165	3000
Peso de la Arena Empleada	g	3900	4454	4444	4415
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2415	2934	2959	2895
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1714	2082	2100	2055
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4456	5354	5311	5290
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	3776	4583	4631	4519
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.203	2.201	2.205	2.199

contenido de humedad	%	6.87	7.13	6.87	6.87
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.203	2.201	2.205	2.199
Contenido de humedad	%	6.87	7.13	6.87	6.87
Densidad Seca	g/cm3	2.061	2.055	2.063	2.058
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	88.7	88.4	88.8	88.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	470	471	471
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	29	30	29	29
PESO SUELO SECO	gr	422	421	422	422
HUMEDAD	%	6.87	7.13	6.87	6.87

	H = 0.45 m
TIPO DE CAPA	Base

N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6559	7218	6745	7155
Peso del Frasco + Arena que queda	g	1977	2838	2222	2654
Peso de la Arena Empleada	g	4582	4380	4523	4501
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3097	2860	3038	2981
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2198	2030	2156	2116
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5788	5500	5708	5647
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	5108	4729	5028	4876
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.324	2.330	2.332	2.305

contenido de humedad	%	7.13	7.13	7.89	7.64
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.324	2.330	2.332	2.305
Contenido de humedad	%	7.13	7.13	7.89	7.64
Densidad Seca	g/cm3	2.169	2.175	2.161	2.141
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	93.3	93.6	93.0	92.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	470	470	467	468
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	30	30	33	32
PESO SUELO SECO	gr	421	421	418	419
HUMEDAD	%	7.13	7.13	7.89	7.64

	H = 0.45 m
TIPO DE CAPA	Base
N°PRUEBA	2 pasadas

ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7212	7345	7429	7421
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3122	3325	3468	3399
Peso de la Arena Empleada	g	4090	4020	3961	4022
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2605	2500	2476	2502
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1849	1774	1757	1776
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5199	5122	4989	5148
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4519	4351	4309	4377
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.444	2.452	2.452	2.465

contenido de humedad	%	8.41	8.67	8.67	8.67
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.444	2.452	2.452	2.465
Contenido de humedad	%	8.41	8.67	8.67	8.67
Densidad Seca	g/cm3	2.255	2.256	2.256	2.268
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	97.0	97.1	97.1	97.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	464	464
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	35	36	36	36
PESO SUELO SECO	gr	416	415	415	415
HUMEDAD	%	8.41	8.67	8.67	8.67

	H = 0.30 m
TIPO DE CAPA	Base

N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6980	6759	6999	6881
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2587	2997	2506	2441
Peso de la Arena Empleada	g	4393	3762	4493	4440
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2908	2242	3008	2920
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2064	1591	2135	2072
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5645	4425	5788	5548
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4874	3745	5017	4868
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.362	2.354	2.350	2.349

contenido de humedad	%	5.13	5.13	4.88	5.13
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.362	2.354	2.350	2.349
Contenido de humedad	%	5.13	5.13	4.88	5.13
Densidad Seca	g/cm3	2.246	2.239	2.241	2.234
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	96.7	96.3	96.4	96.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	478	478	479	478
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	22	22	21	22
PESO SUELO SECO	gr	429	429	430	429
HUMEDAD	%	5.13	5.13	4.88	5.13

H = 0.30 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7320	7129	7155	6947
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3121	2877	2978	2800
Peso de la Arena Empleada	g	4199	4252	4177	4147
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2714	2732	2692	2627
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1926	1939	1911	1864
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5488	5411	5500	5215
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4717	4731	4729	4535
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.449	2.440	2.475	2.432

contenido de humedad	%	5.62	5.13	5.37	5.62
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.449	2.440	2.475	2.432
Contenido de humedad	%	5.62	5.13	5.37	5.62
Densidad Seca	g/cm3	2.319	2.321	2.349	2.303
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	99.8	99.9	101.1	99.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	476	478	477	476
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	24	22	23	24
PESO SUELO SECO	gr	427	429	428	427
HUMEDAD	%	5.62	5.13	5.37	5.62

	H = 0.15 m
TIPO DE CAPA	Base

N°PRUEBA		2 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6810	7200	7089	7121
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2771	2911	2735	2775
Peso de la Arena Empleada	g	4039	4289	4354	4346
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2554	2769	2869	2826
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1813	1965	2036	2006
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5247	5711	5891	5711
Peso del recipiente	g	680	771	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4567	4940	5120	5031
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.520	2.514	2.514	2.508

contenido de humedad	%	5.13	5.13	4.88	4.64
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.520	2.514	2.514	2.508
Contenido de humedad	%	5.13	5.13	4.88	4.64
Densidad Seca	g/cm3	2.397	2.391	2.397	2.397
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	103.1	102.9	103.2	103.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	478	478	479	480
PESO DE LA TARA	gr	49	49	49	49
PESO DEL AGUA	gr	22	22	21	20
PESO SUELO SECO	gr	429	429	430	431
HUMEDAD	%	5.13	5.13	4.88	4.64

Registro de datos 4 pasadas con rodillo 12 ton.

		H =1.00 m				
TIPO DE CAPA		Base				
N°PRUEBA		4 pasadas				
ALTURA(mts)		(1.00 m-0.75 m)				
N°DE CONO		1	2	3	4	
		DENSIDAD HUMEDA				
Peso del Frasco + Arena	g	7730	6840	7648	6924	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3125	2459	3009	2800	
Peso de la Arena Empleada	g	4605	4381	4639	4124	
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485	
Peso de Arena en la Excavación	g	3085	2896	3119	2639	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraído	cm3	2189	2055	2214	1873	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4882	4499	4825	4284	
Peso del recipiente	g	771	680	680	771	
Peso del Suelo + Grava	g	4111	3819	4145	3513	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	1.878	1.858	1.872	1.876	
contenido de humedad		%	5.15	5.15	5.15	5.15
RESULTADOS						
Densidad húmeda	g/cm3	1.878	1.858	1.872	1.876	
Contenido de humedad	%	5.15	5.15	5.15	5.15	
Densidad Seca	g/cm3	1.786	1.767	1.781	1.784	
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	76.8	76.0	76.6	76.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500	
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	478	478	478	478	
PESO DE LA TARA	gr	51	51	51	51	
PESO DEL AGUA	gr	22	22	22	22	
PESO SUELO SECO	gr	427	427	427	427	
HUMEDAD	%	5.15	5.15	5.15	5.15	

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.75 m - 0.60m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7215	6800	7467	7165
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3214	3125	3222	2977
Peso de la Arena Empleada	g	4001	3675	4245	4188
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2481	2190	2725	2703
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1761	1554	1934	1918
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4315	3814	4579	4567
Peso del recipiente	g	771	680	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	3544	3134	3899	3887
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.013	2.016	2.016	2.026
contenido de humedad	%	5.40	5.16	5.40	5.66
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.013	2.016	2.016	2.026
Contenido de humedad	%	5.40	5.16	5.40	5.66
Densidad Seca	g/cm3	1.910	1.917	1.913	1.918
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	82.2	82.5	82.3	82.5
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	477	478	477	476
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	23	22	23	24
PESO SUELO SECO	gr	426	426	426	424
HUMEDAD	%	5.40	5.16	5.40	5.66

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6890	6775	6777	6142
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2456	2645	2456	1989
Peso de la Arena Empleada	g	4434	4130	4321	4153
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2914	2645	2801	2668
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2068	1877	1988	1894
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5087	4765	4905	4812
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4407	3994	4225	4041
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.131	2.128	2.125	2.134
contenido de humedad	%	6.90	7.43	7.16	7.18
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.131	2.128	2.125	2.134
Contenido de humedad	%	6.90	7.43	7.16	7.18
Densidad Seca	g/cm3	1.993	1.980	1.983	1.991
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	85.8	85.2	85.3	85.7

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	469	470	470
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	29	31	30	30
PESO SUELO SECO	gr	420	417	419	418
HUMEDAD	%	6.90	7.43	7.16	7.18

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7215	6699	7133	7009
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2868	2943	3245	3156
Peso de la Arena Empleada	g	4347	3756	3888	3853
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2827	2271	2368	2368
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2006	1612	1681	1681
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5078	4172	4405	4324
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4307	3492	3634	3644
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.147	2.167	2.162	2.168
contenido de humedad	%	7.69	7.93	7.93	8.21
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.147	2.167	2.162	2.168
Contenido de humedad	%	7.69	7.93	7.93	8.21
Densidad Seca	g/cm3	1.993	2.007	2.003	2.004
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	85.8	86.4	86.2	86.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	467	467	466
PESO DE LA TARA	gr	52	51	51	52
PESO DEL AGUA	gr	32	33	33	34
PESO SUELO SECO	gr	416	416	416	414
HUMEDAD	%	7.69	7.93	7.93	8.21

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6489	6598	6299	6897
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2711	2654	2011	2634
Peso de la Arena Empleada	g	3778	3944	4288	4263
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2258	2459	2768	2778
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1603	1745	1965	1972
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4300	4544	5113	5057
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	3529	3864	4342	4377
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.202	2.214	2.210	2.220
contenido de humedad	%	8.19	8.74	8.45	8.74
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.202	2.214	2.210	2.220
Contenido de humedad	%	8.19	8.74	8.45	8.74
Densidad Seca	g/cm3	2.035	2.036	2.038	2.042
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	87.6	87.6	87.7	87.8

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	464	465	464
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	36	35	36
PESO SUELO SECO	gr	415	412	414	412
HUMEDAD	%	8.19	8.74	8.45	8.74

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7651	6964	6789	7717
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2519	2234	2594	3156
Peso de la Arena Empleada	g	5132	4730	4195	4561
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	3612	3245	2675	3076
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2564	2303	1899	2183
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	6498	5998	5004	5681
Peso del recipiente	g	680	771	680	680
Peso del Suelo + Grava	g	5818	5227	4324	5001
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.270	2.270	2.278	2.291
contenido de humedad	%	8.98	9.00	9.25	9.54
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.270	2.270	2.278	2.291
Contenido de humedad	%	8.98	9.00	9.25	9.54
Densidad Seca	g/cm3	2.083	2.082	2.085	2.091
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	89.6	89.6	89.7	90.0
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	463	462	461
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	37	37	38	39
PESO SUELO SECO	gr	412	411	411	409
HUMEDAD	%	8.98	9.00	9.25	9.54

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.75 m - 0.60m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
DENSIDAD HUMEDA					
Peso del Frasco + Arena	g	7169	6794	6112	6322
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2271	2682	1801	2464
Peso de la Arena Empleada	g	4898	4112	4311	3858
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	3378	2627	2791	2373
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2397	1864	1981	1684
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5651	4624	4789	4277
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4971	3853	4109	3506
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.073	2.067	2.074	2.082

contenido de humedad	%	5.40	5.41	5.40	5.66
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.073	2.067	2.074	2.082
Contenido de humedad	%	5.40	5.41	5.40	5.66
Densidad Seca	g/cm3	1.967	1.960	1.968	1.970
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	84.6	84.4	84.7	84.8

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	477	477	477	476
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	23	23	23	24
PESO SUELO SECO	gr	426	425	426	424
HUMEDAD	%	5.40	5.41	5.40	5.66

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7215	6693	7454	7819
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3038	2984	2628	2715
Peso de la Arena Empleada	g	4177	3709	4826	5104
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2657	2224	3306	3619
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1886	1578	2346	2568
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4871	4298	5898	6501
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4191	3527	5218	5730
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.222	2.235	2.224	2.231

contenido de humedad	%	6.90	7.18	6.90	7.18
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.222	2.235	2.224	2.231
Contenido de humedad	%	6.90	7.18	6.90	7.18
Densidad Seca	g/cm3	2.079	2.085	2.080	2.081
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	89.5	89.7	89.5	89.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	470	471	470
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	29	30	29	30
PESO SUELO SECO	gr	420	418	420	418
HUMEDAD	%	6.90	7.18	6.90	7.18

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7519	6598	7098	7312
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3056	2134	1770	2165
Peso de la Arena Empleada	g	4463	4464	5328	5147
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2943	2979	3808	3662
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2089	2114	2703	2599
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5461	5616	6895	6745
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4781	4845	6215	5974
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.289	2.292	2.300	2.299

contenido de humedad	%	7.69	7.67	7.93	7.95
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.289	2.292	2.300	2.299
Contenido de humedad	%	7.69	7.67	7.93	7.95
Densidad Seca	g/cm3	2.125	2.128	2.131	2.129
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	91.5	91.6	91.7	91.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	468	467	467
PESO DE LA TARA	gr	52	51	51	52
PESO DEL AGUA	gr	32	32	33	33
PESO SUELO SECO	gr	416	417	416	415
HUMEDAD	%	7.69	7.67	7.93	7.95

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6898	7756	6988	6799
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3152	3615	3199	3125
Peso de la Arena Empleada	g	3746	4141	3789	3674
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2226	2656	2269	2189
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1580	1885	1610	1554
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4417	5249	4487	4450
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	3737	4478	3807	3679
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.365	2.376	2.364	2.368

contenido de humedad	%	8.19	8.74	8.19	8.47
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.365	2.376	2.364	2.368
Contenido de humedad	%	8.19	8.74	8.19	8.47
Densidad Seca	g/cm3	2.186	2.185	2.185	2.183
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	94.1	94.0	94.0	93.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	464	466	465
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	36	34	35
PESO SUELO SECO	gr	415	412	415	413
HUMEDAD	%	8.19	8.74	8.19	8.47

H =0.80 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6879	7159	6788	6689
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2940	3249	2974	2822
Peso de la Arena Empleada	g	3939	3910	3814	3867
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2419	2425	2294	2382
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1717	1721	1628	1691
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4689	4798	4481	4766
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4009	4027	3801	3995
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.335	2.340	2.335	2.363

contenido de humedad	%	8.98	9.00	8.98	9.00
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.335	2.340	2.335	2.363
Contenido de humedad	%	8.98	9.00	8.98	9.00
Densidad Seca	g/cm3	2.143	2.147	2.142	2.168
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	92.2	92.4	92.2	93.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	463	463	463
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	37	37	37	37
PESO SUELO SECO	gr	412	411	412	411
HUMEDAD	%	8.98	9.00	8.98	9.00

	H = 0.60 m
TIPO DE CAPA	Base
N°PRUEBA	4 pasadas

ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6544	6369	6849	7503
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2429	2645	2735	3456
Peso de la Arena Empleada	g	4115	3724	4114	4047
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2595	2239	2594	2562
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1842	1589	1841	1818
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4911	4271	4915	4777
Peso del recipiente	g	771	680	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4140	3591	4144	4097
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.248	2.260	2.251	2.253
contenido de humedad	%	6.90	7.18	6.90	6.92
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.248	2.260	2.251	2.253
Contenido de humedad	%	6.90	7.18	6.90	6.92
Densidad Seca	g/cm3	2.103	2.108	2.106	2.107
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	90.5	90.7	90.6	90.7

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	470	471	471
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	29	30	29	29
PESO SUELO SECO	gr	420	418	420	419
HUMEDAD	%	6.90	7.18	6.90	6.92

	H = 0.60 m
TIPO DE CAPA	Base

N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7123	6644	6798	6978
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3331	3256	3359	2944
Peso de la Arena Empleada	g	3792	3388	3439	4034
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2272	1903	1919	2514
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1612	1351	1362	1784
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4489	3951	3899	4978
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	3809	3180	3219	4207
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.362	2.355	2.364	2.358
contenido de humedad	%	7.69	7.42	7.93	7.69
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.362	2.355	2.364	2.358
Contenido de humedad	%	7.69	7.42	7.93	7.69
Densidad Seca	g/cm3	2.193	2.192	2.190	2.189
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	94.4	94.3	94.2	94.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	469	467	468
PESO DE LA TARA	gr	52	51	51	52
PESO DEL AGUA	gr	32	31	33	32
PESO SUELO SECO	gr	416	418	416	416
HUMEDAD	%	7.69	7.42	7.93	7.69

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6898	6897	7365	6125
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2844	2934	3219	2356
Peso de la Arena Empleada	g	4054	3963	4146	3769
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2534	2478	2626	2284
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1798	1759	1864	1621
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4977	5007	5144	4654
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4297	4236	4464	3883
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.389	2.409	2.395	2.395
contenido de humedad	%	8.19	8.74	7.93	8.47
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.389	2.409	2.395	2.395
Contenido de humedad	%	8.19	8.74	7.93	8.47
Densidad Seca	g/cm3	2.208	2.215	2.219	2.208
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	95.0	95.3	95.5	95.0

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	464	467	465
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	36	33	35
PESO SUELO SECO	gr	415	412	416	413
HUMEDAD	%	8.19	8.74	7.93	8.47

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7116	6789	7556	7169
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3228	2971	3776	3510
Peso de la Arena Empleada	g	3888	3818	3780	3659
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1485	1520	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2368	2333	2260	2174
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1681	1656	1604	1543
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4904	4910	4712	4654
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4224	4139	4032	3883
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.513	2.500	2.514	2.517
contenido de humedad	%	8.98	8.74	9.25	9.00
RESULTADOS					
Densidad húmeda	g/cm3	2.513	2.500	2.514	2.517
Contenido de humedad	%	8.98	8.74	9.25	9.00
Densidad Seca	g/cm3	2.306	2.299	2.301	2.309
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	99.2	98.9	99.0	99.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	464	462	463
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	37	36	38	37
PESO SUELO SECO	gr	412	412	411	411
HUMEDAD	%	8.98	8.74	9.25	9.00

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6228	6325	7115	7412
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2645	2544	2710	2908
Peso de la Arena Empleada	g	3583	3781	4405	4504
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2098	2261	2920	2984
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1489	1605	2072	2118
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4289	4644	5710	5907
Peso del recipiente	g	680	771	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	3609	3873	5030	5136
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.424	2.414	2.427	2.425

contenido de humedad	%	7.69	7.42	7.93	7.69
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.424	2.414	2.427	2.425
Contenido de humedad	%	7.69	7.42	7.93	7.69
Densidad Seca	g/cm3	2.251	2.247	2.249	2.252
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	96.8	96.7	96.8	96.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	469	467	468
PESO DE LA TARA	gr	52	51	51	52
PESO DEL AGUA	gr	32	31	33	32
PESO SUELO SECO	gr	416	418	416	416
HUMEDAD	%	7.69	7.42	7.93	7.69

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7287	6778	6799	6498
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2877	2625	2700	2654
Peso de la Arena Empleada	g	4410	4153	4099	3844
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2925	2633	2614	2324
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	2076	1869	1855	1649
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5988	5406	5321	4978
Peso del recipiente	g	771	680	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	5217	4726	4641	4207
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.513	2.529	2.502	2.551

contenido de humedad	%	8.19	8.74	7.93	8.47
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.513	2.529	2.502	2.551
Contenido de humedad	%	8.19	8.74	7.93	8.47
Densidad Seca	g/cm3	2.323	2.326	2.318	2.351
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	99.9	100.1	99.7	101.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	464	467	465
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	36	33	35
PESO SUELO SECO	gr	415	412	416	413
HUMEDAD	%	8.19	8.74	7.93	8.47

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6632	6984	6887	7101
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2821	2984	3034	3156
Peso de la Arena Empleada	g	3811	4000	3853	3945
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2326	2480	2368	2425
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1651	1760	1681	1721
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4988	5198	4979	5198
Peso del recipiente	g	771	680	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4217	4518	4299	4427
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.554	2.567	2.558	2.572

contenido de humedad	%	8.98	8.74	9.25	9.00
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.554	2.567	2.558	2.572
Contenido de humedad	%	8.98	8.74	9.25	9.00
Densidad Seca	g/cm3	2.344	2.361	2.341	2.360
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	100.9	101.6	100.8	101.5

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	464	462	463
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	37	36	38	37
PESO SUELO SECO	gr	412	412	411	411
HUMEDAD	%	8.98	8.74	9.25	9.00

H = 0.30 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6667	6549	6990	7159
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2994	2899	3053	3216
Peso de la Arena Empleada	g	3673	3650	3937	3943
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2188	2130	2452	2423
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1553	1512	1740	1720
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4821	4634	5211	5299
Peso del recipiente	g	771	680	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4050	3954	4531	4528
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.608	2.616	2.604	2.633

contenido de humedad	%	8.19	8.47	8.19	8.47
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.608	2.616	2.604	2.633
Contenido de humedad	%	8.19	8.47	8.19	8.47
Densidad Seca	g/cm3	2.411	2.411	2.407	2.427
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	103.7	103.8	103.6	104.4

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	465	466	465
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	35	34	35
PESO SUELO SECO	gr	415	413	415	413
HUMEDAD	%	8.19	8.47	8.19	8.47

	H = 0.30 m
TIPO DE CAPA	Base

N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7168	6984	6788	7198
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3159	2970	2864	3451
Peso de la Arena Empleada	g	4009	4014	3924	3747
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2524	2494	2439	2227
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1791	1770	1731	1581
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5550	5411	5310	5011
Peso del recipiente	g	771	680	680	771
Peso del Suelo + Grava	g	4779	4731	4630	4240
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.668	2.673	2.675	2.683

contenido de humedad	%	8.98	8.74	8.98	9.00
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS

Densidad Húmeda	g/cm3	2.668	2.673	2.675	2.683
Contenido de humedad	%	8.98	8.74	8.98	9.00
Densidad Seca	g/cm3	2.448	2.458	2.454	2.461
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	105.3	105.8	105.6	105.9

CONTENIDO DE HUMEDAD

PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466	465	466	465
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	34	35	34	35
PESO SUELO SECO	gr	415	413	415	413
HUMEDAD	%	8.98	8.74	8.98	9.00

H = 0.15 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		4 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6441	6549	6690	6498
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2677	2564	2800	2840
Peso de la Arena Empleada	g	3764	3985	3890	3658
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1520	1485	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2279	2465	2405	2138
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1617	1749	1707	1517
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	5111	5597	5460	4878
Peso del recipiente	g	680	771	771	680
Peso del Suelo + Grava	g	4431	4826	4689	4198
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.739	2.759	2.747	2.767

contenido de humedad	%	8.98	9.00	8.98	9.00
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.739	2.759	2.747	2.767
Contenido de humedad	%	8.98	9.00	8.98	9.00
Densidad Seca	g/cm3	2.514	2.531	2.521	2.538
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	108.2	108.9	108.5	109.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	463	463	463
PESO DE LA TARA	gr	51	52	51	52
PESO DEL AGUA	gr	37	37	37	37
PESO SUELO SECO	gr	412	411	412	411
HUMEDAD	%	8.98	9.00	8.98	9.00

Registro de datos 6 pasadas con rodillo 12 ton.

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.75 m -1.00 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6662	6786	7648	6924
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2011	1987	2410	2123
Peso de la Arena Empleada	g	4651	4799	5238	4801
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	3166	3314	3753	3316
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	2247	2352	2664	2353
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4567	4731	5411	4766
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4567	4731	5411	4766
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2
contenido de humedad	%	5.15	5.15	5.40	5.15
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.033	2.011	2.031	2.025
Contenido de humedad	%	5.15	5.15	5.40	5.15
Densidad Seca	g/cm3	1.933	1.913	1.927	1.926
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	83.2	82.3	82.9	82.9
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	478	478	477	478
PESO DE LA TARA	gr	51	51	51	51
PESO DEL AGUA	gr	22	22	23	22
PESO SUELO SECO	gr	427	427	426	427
HUMEDAD	%	5.15	5.15	5.40	5.15

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.75 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
DENSIDAD HUMEDA					
Peso del Frasco + Arena	g	6121	6154	6879	7044
Peso del Frasco + Arena que queda	g	1864	1836	2234	2388
Peso de la Arena Empleada	g	4257	4318	4645	4656
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2772	2833	3160	3171
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	1967	2011	2243	2251
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4056	4120	4599	4644
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4056	4120	4599	4644
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2
contenido de humedad	%	5.67	5.64	5.59	5.67
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.062	2.049	2.051	2.064
Contenido de humedad	%	5.67	5.64	5.59	5.67
Densidad Seca	g/cm3	1.951	1.940	1.942	1.953
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	84.0	83.5	83.6	84.0
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	476	476.1	476.3	476
PESO DE LA TARA	gr	52.7	52.7	52.7	52.7
PESO DEL AGUA	gr	24	23.9	23.7	24
PESO SUELO SECO	gr	423.3	423.4	423.6	423.3
HUMEDAD	%	5.67	5.64	5.59	5.67

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.60 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6124	6125	6654	6725
Peso del Frasco + Arena que queda	g	1978	2201	2001	2111
Peso de la Arena Empleada	g	4146	3924	4653	4614
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2661	2439	3168	3129
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	1889	1731	2248	2221
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4188	3825	4988	4990
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4188	3825	4988	4990
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2
contenido de humedad	%	6.98	6.72	6.72	6.72
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.218	2.210	2.218	2.247
Contenido de humedad	%	5.68	6.72	6.72	6.72
Densidad Seca	g/cm3	2.073	2.070	2.079	2.105
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	89.2	89.1	89.4	90.6
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	471	472	472	472
PESO DE LA TARA	gr	55.5	55.5	55.5	55.5
PESO DEL AGUA	gr	29	28	28	28
PESO SUELO SECO	gr	415.5	416.5	416.5	416.5
HUMEDAD	%	6.98	6.72	6.72	6.72

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
DENSIDAD HUMEDA					
Peso del Frasco + Arena	g	6640	6580	7130	7003
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2216	1980	2212	1999
Peso de la Arena Empleada	g	4424	4600	4918	5004
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2904	3080	3398	3484
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	2061	2186	2412	2473
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4658	4891	5425	5601
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4658	4891	5425	5601
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2
contenido de humedad	%	7.80	7.54	7.28	7.54
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.260	2.237	2.250	2.265
Contenido de humedad	%	7.80	7.54	7.28	7.54
Densidad Seca	g/cm3	2.096	2.081	2.097	2.106
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	90.2	89.5	90.2	90.6
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	468	469	470	469
PESO DE LA TARA	gr	58	58	58	58
PESO DEL AGUA	gr	32	31	30	31
PESO SUELO SECO	gr	410	411	412	411
HUMEDAD	%	7.80	7.54	7.28	7.54

		H =1.00 m				
TIPO DE CAPA		Base				
N°PRUEBA		6 pasadas				
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.30 m)				
N°DE CONO		1	2	3	4	
		DENSIDAD HUMEDA				
Peso del Frasco + Arena	g	7364	6455	6881	7126	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3398	2424	2864	3465	
Peso de la Arena Empleada	g	3966	4031	4017	3661	
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485	
Peso de Arena en la Excavación	g	2481	2546	2532	2176	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraido	cm3	1761	1807	1797	1544	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4150	4286	4254	3654	
Peso del recipiente	g	0	0	0	0	
Peso del Suelo + Grava	g	4150	4286	4254	3654	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2	
contenido de humedad		%	8.54	8.81	8.51	8.67
RESULTADOS						
Densidad Humeda	g/cm3	2.357	2.372	2.367	2.366	
Contenido de humedad	%	8.54	8.81	8.51	8.67	
Densidad Seca	g/cm3	2.171	2.180	2.182	2.177	
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	93.4	93.8	93.9	93.7	

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	465.1	464.5
PESO DE LA TARA	gr	55.2	55.2	55.2	55.2
PESO DEL AGUA	gr	35	36	34.9	35.5
PESO SUELO SECO	gr	409.8	408.8	409.9	409.3
HUMEDAD	%	8.54	8.81	8.51	8.67

		H =1.00 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.00 m - 0.15 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6871	6988	7412	7312
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2745	2712	2871	2715
Peso de la Arena Empleada	g	4126	4276	4541	4597
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2606	2756	3021	3077
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	1850	1956	2144	2184
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4465	4710	5128	5234
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4465	4710	5128	5234
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2	2	2	2
contenido de humedad	%	9.07	9.07	8.94	8.94
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.414	2.408	2.392	2.397
Contenido de humedad	%	9.07	9.07	8.94	8.94
Densidad Seca	g/cm3	2.213	2.208	2.195	2.200
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	95.2	95.0	94.5	94.7

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	463	463.5	463.5
PESO DE LA TARA	gr	55.2	55.2	55.2	55.2
PESO DEL AGUA	gr	37	37	36.5	36.5
PESO SUELO SECO	gr	407.8	407.8	408.3	408.3
HUMEDAD	%	9.07	9.07	8.94	8.94

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.60 m - 0.75 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6828	6289	6215	6731
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2261	2001	1901	2111
Peso de la Arena Empleada	g	4567.3	4288	4314	4620
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	3047.3	2768	2794	3100
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraido	cm3	2163	1965	1983	2200
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4532	4089	4156	4578
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4532	4089	4156	4578
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.095	2.081	2.096	2.081

contenido de humedad	%	5.16	5.21	5.16	5.13
RESULTADOS					
Densidad Humeda	g/cm3	2.095	2.081	2.096	2.081
Contenido de humedad	%	5.16	5.21	5.16	5.13
Densidad Seca	g/cm3	1.993	1.978	1.993	1.979
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	85.7	85.1	85.8	85.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	478.1	477.9	478.1	478.2
PESO DE LA TARA	gr	53.5	53.5	53.5	53.5
PESO DEL AGUA	gr	22	22	22	22
PESO SUELO SECO	gr	425	424	425	425
HUMEDAD	%	5.16	5.21	5.16	5.13

		H =0.80 m				
TIPO DE CAPA	Base					
N°PRUEBA	6 pasadas					
ALTURA(mts)	(0.45 m - 0.60 m)					
N°DE CONO	1	2	3	4		
DENSIDAD HUMEDA						
Peso del Frasco + Arena	g	6828	6970	7011	6991	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3001	2999	2877	2879	
Peso de la Arena Empleada	g	3827.3	3971	4134	4112	
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520	
Peso de Arena en la Excavación	g	2307.3	2451	2614	2592	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraido	cm3	1638	1740	1855	1840	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	3591	3877	4125	4132	
Peso del recipiente	g	0	0	0	0	
Peso del Suelo + Grava	g	3591	3877	4125	4132	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.193	2.229	2.223	2.246	

contenido de humedad	%	6.07	6.05	6.15	6.07	
RESULTADOS						
Densidad Humeda	g/cm3	2.193	2.229	2.223	2.246	
Contenido de humedad	%	6.07	6.05	6.15	6.07	
Densidad Seca	g/cm3	2.067	2.102	2.095	2.118	
Maxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	89.0	90.4	90.1	91.1	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500	
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	474.2	474.3	473.9	474.2	
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4	
PESO DEL AGUA	gr	26	26	26	26	
PESO SUELO SECO	gr	425	425	425	425	
HUMEDAD	%	6.07	6.05	6.15	6.07	

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.45m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6234	6345	6837	6647
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2440	2197	2499	2204
Peso de la Arena Empleada	g	3793.9	4148	4338	4443
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2308.9	2663	2853	2958
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1639	1890	2025	2099
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	3820	4421	4742	4865
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	3820	4421	4742	4865
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.331	2.339	2.342	2.317

contenido de humedad	%	8.18	8.22	8.27	8.19
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.331	2.339	2.342	2.317
Contenido de humedad	%	8.18	8.22	8.27	8.19
Densidad Seca	g/cm3	2.155	2.162	2.163	2.142
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	92.7	93.0	93.1	92.2

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466.2	466.1	465.9	466.2
PESO DE LA TARA	gr	53	53.5	53.5	53.5
PESO DEL AGUA	gr	34	34	34	34
PESO SUELO SECO	gr	413	413	412	413
HUMEDAD	%	8.18	8.22	8.27	8.19

		H =0.80 m				
TIPO DE CAPA	Base					
N°PRUEBA	6 pasadas					
ALTURA(mts)	(0.15 m - 0.30m)					
N°DE CONO	1	2	3	4		
DENSIDAD HUMEDA						
Peso del Frasco + Arena	g	6135	6236	7059	7651	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	1984	2157	3184	3504	
Peso de la Arena Empleada	g	4151	4079	3875	4147	
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485	
Peso de Arena en la Excavación	g	2666	2594	2390	2662	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraído	cm3	1892	1841	1696	1889	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraida)	g	4501	4468	4123	4610	
Peso del recipiente	g	0	0	0	0	
Peso del Suelo + Grava	g	4501	4468	4123	4610	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.379	2.427	2.431	2.440	

contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68	
----------------------	---	------	------	------	------	--

RESULTADOS						
Densidad Húmeda	g/cm3	2.379	2.427	2.431	2.440	
Contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68	
Densidad Seca	g/cm3	2.194	2.233	2.242	2.245	
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	94.4	96.1	96.5	96.6	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500	
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	465	464	
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4	
PESO DEL AGUA	gr	35	36	35	36	
PESO SUELO SECO	gr	416	415	416	415	
HUMEDAD	%	8.42	8.68	8.42	8.68	

		H =0.80 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.00 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6519	6544	7128	7100
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2564	2554	3042	2894
Peso de la Arena Empleada	g	3955	3990	4086	4206
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2435	2470	2566	2686
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1728	1753	1821	1906
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4264	4343	4561	4765
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4264	4343	4561	4765
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.467	2.477	2.504	2.500

contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.467	2.477	2.504	2.500
Contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
Densidad Seca	g/cm3	2.262	2.276	2.284	2.286
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	97.3	98.0	98.3	98.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	464	461	462
PESO DE LA TARA	gr	56.3	56.3	56.3	56.3
PESO DEL AGUA	gr	37	36	39	38
PESO SUELO SECO	gr	407	408	405	406
HUMEDAD	%	9.10	8.83	9.64	9.37

		H = 0.60 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.45 m - 0.60 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6828	7004	6849	7780
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2549	2987	2644	3334
Peso de la Arena Empleada	g	4279	4017	4205	4446
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2794.3	2532	2720	2961
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1983	1797	1930	2101
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4655	4239	4579	4978
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4655	4239	4579	4978
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.347	2.359	2.372	2.369
contenido de humedad	%	6.07	6.05	6.15	6.07
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.347	2.359	2.372	2.369
Contenido de humedad	%	6.07	6.05	6.15	6.07
Densidad Seca	g/cm3	2.213	2.224	2.235	2.233
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	95.2	95.7	96.2	96.1

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	474.2	474.3	473.9	474.2
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4
PESO DEL AGUA	gr	26	26	26	26
PESO SUELO SECO	gr	425	425	425	425
HUMEDAD	%	6.07	6.05	6.15	6.07

		H = 0.60 m				
TIPO DE CAPA		Base				
N°PRUEBA		6 pasadas				
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.45m)				
N°DE CONO		1	2	3	4	
		DENSIDAD HUMEDA				
Peso del Frasco + Arena	g	6134	6445	6550	7164	
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2427	2674	2770	2877	
Peso de la Arena Empleada	g	3707	3771	3780	4287	
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485	
Peso de Arena en la Excavación	g	2222.4	2286	2295	2802	
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409	
Volumen del material extraído	cm3	1577	1622	1629	1989	
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	3790	3886	3960	4790	
Peso del recipiente	g	0	0	0	0	
Peso del Suelo + Grava	g	3790	3886	3960	4790	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.403	2.395	2.431	2.409	
contenido de humedad		%	8.19	8.22	8.27	8.19
RESULTADOS						
Densidad Húmeda	g/cm3	2.403	2.395	2.431	2.409	
Contenido de humedad	%	8.19	8.22	8.27	8.19	
Densidad Seca	g/cm3	2.221	2.213	2.246	2.226	
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324	
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	95.6	95.2	96.6	95.8	

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466.2	466.1	465.9	466.2
PESO DE LA TARA	gr	53.5	53.5	53.5	53.5
PESO DEL AGUA	gr	34	34	34	34
PESO SUELO SECO	gr	413	413	412	413
HUMEDAD	%	8.19	8.22	8.27	8.19

H = 0.60 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.30m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7126	7326	7213	7177
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3265	3216	3319	3111
Peso de la Arena Empleada	g	3861	4110	3894	4066
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2341	2590	2374	2546
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1661	1838	1685	1807
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4068	4512	4144	4498
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4068	4512	4144	4498
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.448	2.455	2.460	2.489
contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.448	2.455	2.460	2.489
Contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68
Densidad Seca	g/cm3	2.258	2.258	2.268	2.290
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	97.2	97.2	97.6	98.6

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	465	464
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4
PESO DEL AGUA	gr	35	36	35	36
PESO SUELO SECO	gr	416	415	416	415
HUMEDAD	%	8.42	8.68	8.42	8.68

		H = 0.60 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.00 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7231	7469	7665	7231
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3215	3379	3521	3165
Peso de la Arena Empleada	g	4016	4090	4144	4066
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2496	2570	2624	2546
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1771	1824	1862	1807
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4512	4612	4756	4654
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4512	4612	4756	4654
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.547	2.529	2.554	2.576
contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.547	2.529	2.554	2.576
Contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
Densidad Seca	g/cm3	2.335	2.323	2.329	2.355
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	100.5	100.0	100.2	101.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	464	461	462
PESO DE LA TARA	gr	56.3	56.3	56.3	56.3
PESO DEL AGUA	gr	37	36	39	38
PESO SUELO SECO	gr	407	408	405	405.7
HUMEDAD	%	9.10	8.83	9.64	9.37

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.45 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6570	6984	6880	7256
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2566	2645	2555	2908
Peso de la Arena Empleada	g	4004	4339	4325	4348
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2484	2819	2805	2828
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1763	2001	1991	2007
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4429	5064	5006	5121
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4429	5064	5006	5121
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.512	2.531	2.515	2.551

contenido de humedad	%	8.19	8.22	8.27	8.25
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.512	2.531	2.515	2.551
Contenido de humedad	%	8.19	8.22	8.27	8.25
Densidad Seca	g/cm3	2.322	2.339	2.323	2.357
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	99.9	100.6	99.9	101.4

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	466.2	466.1	465.9	466.2
PESO DE LA TARA	gr	53.5	53.5	53.5	56.4
PESO DEL AGUA	gr	34	34	34	34
PESO SUELO SECO	gr	413	413	412	410
HUMEDAD	%	8.19	8.22	8.27	8.25

		H = 0.45 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.30 m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6894	7123	6788	6578
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2815	3025	2649	2289
Peso de la Arena Empleada	g	4079	4098	4139	4289
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2594	2613	2654	2804
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1841	1855	1884	1990
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4721	4756	4801	4944
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4721	4756	4801	4944
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.564	2.565	2.549	2.484

contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68
----------------------	---	------	------	------	------

RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.564	2.565	2.549	2.484
Contenido de humedad	%	8.42	8.68	8.42	8.68
Densidad Seca	g/cm3	2.365	2.360	2.351	2.286
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	101.8	101.5	101.2	98.4

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	465	464	465	464
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4
PESO DEL AGUA	gr	35	36	35	36
PESO SUELO SECO	gr	416	415	416	415
HUMEDAD	%	8.42	8.68	8.42	8.68

H = 0.45 m

TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.00 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	7203	6912	7019	6980
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3211	3100	2994	2940
Peso de la Arena Empleada	g	3992	3812	4025	4040
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2472	2292	2505	2520
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1754	1627	1778	1789
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4588	4200	4577	4725
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4588	4200	4577	4725
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.615	2.582	2.574	2.642

contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.615	2.582	2.574	2.642
Contenido de humedad	%	9.10	8.83	9.64	9.37
Densidad Seca	g/cm3	2.397	2.372	2.348	2.416
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	103.1	102.1	101.0	103.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	464	461	462
PESO DE LA TARA	gr	56.3	56.3	56.3	56.3
PESO DEL AGUA	gr	37	36	39	38
PESO SUELO SECO	gr	407	408	405	406
HUMEDAD	%	9.10	8.83	9.64	9.37

		H = 0.30 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.30 m - 0.15m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6760	6691	6706	6689
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2988	2888	2766	2844
Peso de la Arena Empleada	g	3772	3803	3940	3845
Peso de la Arena en el cono	g	1520	1520	1520	1520
Peso de Arena en la Excavación	g	2252	2283	2420	2325
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1598	1620	1718	1650
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4210	4299	4518	4321
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4210	4299	4518	4321
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.634	2.653	2.631	2.619

contenido de humedad	%	7.39	8.42	8.68	8.42
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.634	2.653	2.631	2.619
Contenido de humedad	%	7.39	8.42	8.68	8.42
Densidad Seca	g/cm3	2.453	2.447	2.420	2.415
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	105.5	105.3	104.1	103.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	469	465	464	465
PESO DE LA TARA	gr	49.4	49.4	49.4	49.4
PESO DEL AGUA	gr	31	35	36	35
PESO SUELO SECO	gr	420	416	415	416
HUMEDAD	%	7.39	8.42	8.68	8.42

		H = 0.30 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			
N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6988	7106	7008	7289
Peso del Frasco + Arena que queda	g	3189	3265	3165	3289
Peso de la Arena Empleada	g	3799	3841	3843	4000
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	2314	2356	2358	2515
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1642	1672	1674	1785
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	4435	4524	4622	4798
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	4435	4524	4622	4798
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.700	2.706	2.762	2.688

contenido de humedad	%	8.83	9.10	8.83	9.64
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.700	2.706	2.762	2.688
Contenido de humedad	%	8.83	9.10	8.83	9.64
Densidad Seca	g/cm3	2.481	2.480	2.538	2.452
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Optimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	106.8	106.7	109.2	105.5

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	464	463	464	461
PESO DE LA TARA	gr	56.3	56.3	56.3	56.3
PESO DEL AGUA	gr	36	37	36	39
PESO SUELO SECO	gr	408	407	408	405
HUMEDAD	%	8.83	9.10	8.83	9.64

		H = 0.15 m			
TIPO DE CAPA		Base			
N°PRUEBA		6 pasadas			
ALTURA(mts)		(0.15 m - 0.00m)			

N°DE CONO		1	2	3	4
		DENSIDAD HUMEDA			
Peso del Frasco + Arena	g	6105	6654	6871	6527
Peso del Frasco + Arena que queda	g	2749	3051	3445	3220
Peso de la Arena Empleada	g	3356	3603	3426	3307
Peso de la Arena en el cono	g	1485	1485	1485	1485
Peso de Arena en la Excavación	g	1871	2118	1941	1822
Densidad de arena	gr/cm3	1.409	1.409	1.409	1.409
Volumen del material extraído	cm3	1328	1503	1378	1293
P.recip+suelo+grava(Muestra extraída)	g	3807	4335	3945	3749
Peso del recipiente	g	0	0	0	0
Peso del Suelo + Grava	g	3807	4335	3945	3749
DENSIDAD HUMEDAD	gr/cm3	2.867	2.884	2.864	2.899

contenido de humedad	%	9.10	9.64	8.83	9.10
RESULTADOS					
Densidad Húmeda	g/cm3	2.867	2.884	2.864	2.899
Contenido de humedad	%	9.10	9.64	8.83	9.10
Densidad Seca	g/cm3	2.628	2.630	2.631	2.657
Máxima Densidad Seca	g/cm3	2.324	2.324	2.324	2.324
Óptimo contenido de humedad	%	6.5	6.5	6.5	6.5
GRADO DE COMPACTACIÓN	%	113.1	113.2	113.2	114.3

CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO	gr	500	500	500	500
PESO DE TARA + SUELO SECO	gr	463	461	464	463
PESO DE LA TARA	gr	56.3	56.3	56.3	56.3
PESO DEL AGUA	gr	37	39	36	37
PESO SUELO SECO	gr	407	405	408	407
HUMEDAD	%	9.10	9.64	8.83	9.10

Ensayos de laboratorio



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA :
 PROVINCIA : HUANCAYO
 CLIENTE : SUSAN OROYA

DEPARTAMENTO : JUNIN
 FECHA :

CANTERA : CHACLAS
 MUESTRA : M-01

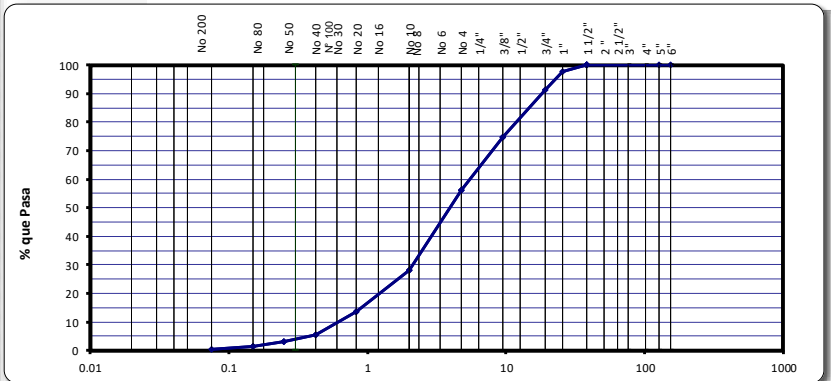
REVISADO POR :

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	68.0	2.3	2.3	97.7
3/4"	19.050	196.0	6.5	8.8	91.2
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	493.0	16.4	25.2	74.8
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	556.0	18.5	43.8	56.2
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	841.0	28.0	71.8	28.2
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	435.0	14.5	86.3	13.7
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	249.0	8.3	94.6	5.4
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	70.0	2.3	96.9	3.1
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	50.0	1.7	98.6	1.4
No. 200	0.075	31.0	1.0	99.6	0.4
< No. 200		11.0	0.4	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SP
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-6(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



Peso Inicial (g) : 3000.00 Peso Fraccion (g) : 1313.00
 Material Grueso > Nº 16: (g) : 1890.00
 Material Grueso < Nº 16: (g) : 846.00



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

PROVINCIA: HUANCAYO
 CLIENTE: SUSAN OROYA
 CANTERA: CHACLAS
 MUESTRA: M-01

HECHO POR :
 REVISADO POR :
 APROBADO POR :

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	1	2	PROMEDIO
Peso de la Capsula (g)	52.30	57.50	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	56.80	62.00	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	56.20	61.80	
Peso del Agua (g)	0.60	0.20	
Peso del Suelo Seco (g)	3.90	4.30	
Contenido de Humedad (%)	15.38	4.65	10.02

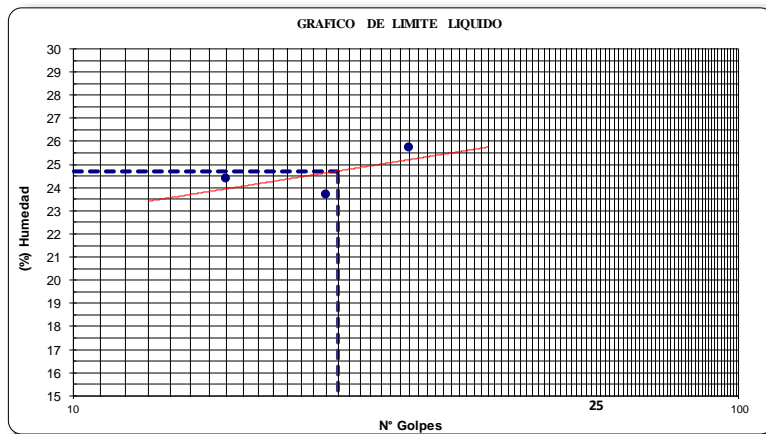
HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

3	PROMEDIO
48.5	
510.1	
471.0	
39.1	
422.5	
9.25	9.25

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	1	2	3
Peso de la Capsula (g)	48.70	55.90	55.50
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	83.90	100.80	111.70
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	77.00	92.20	100.20
Numero de Golpes	17	24	32
Peso del agua (g)	6.90	8.60	11.50
Peso del Suelo Seco (g)	28.30	36.30	44.70
Contenido de Humedad (%)	24.38	23.69	25.73
Limite Liquido (1 punto) $LL = W^N / (N/25)^{0.121}$	23.27	23.57	26.51

C. FISICAS	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L. :	24.72	----
L.P. :	10.02	----
I.P. :	14.70	----



OBSERVACIONES:

MATERIAL NATURAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROVINCIA : HUANCAYO
 CLIENTE : SUSAN OROYA

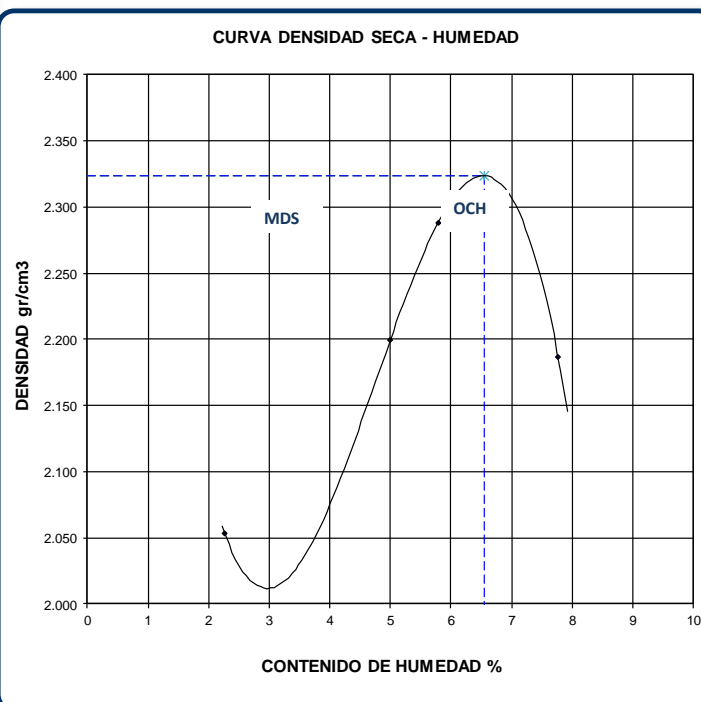
DEPARTAMENTO : JUNIN
 FECHA :

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA
 (MTC E 115)**

CANTERA : CHACLAS
 MUESTRA : M-01

APROBADO POR : 0

Metodo de compactacion	C				
Numero de golpes	56				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
	1	2	3	4	
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10907	11348	11582	11448
2. Peso del molde	g	6488	6488	6488	6488
3. Volumen del molde	cc	2105	2105	2105	2105
4. Peso suelo humedo	g	4419	4860	5094	4960
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2.099	2.309	2.420	2.356
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		1	2	3	3
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	579.6	500.1	531.8	592.9
8. Peso del suelo seco+capsula	g	567.9	478.8	505.6	553.7
9. Peso del agua	g	11.7	21.3	26.2	39.2
10. Peso de la capsula	g	51.2	52.4	52.7	49.5
11. Peso del suelo seco	g	516.7	426.4	452.9	504.2
12. Contenido de humedad	%	2.26	5.00	5.78	7.77
13. Promedio de cont. de humedad	%	2.3	5.0	5.8	7.8
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	2.053	2.199	2.288	2.186



DATOS DE LA GRANULOMETRÍA	
Certificado:	
Finos < No 4	56.2 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	43.8 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	6.5
Densidad Maxima (g/cm³)	2.324

Observaciones:
 - MATERIAL NATURAL.



ICCSAH S.A.C.

INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROVINCIA : HUANCAYO
 CLIENTE : SUSAN OROYA

DEPARTAMENTO : JUNIN
 FECHA :

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E132)

CANTERA : CHACLAS
 MUESTRA : M-01

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.324 g/cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6.55 %

CAPACIDAD	:	10000 Lbs.
ANILLO	:	↑

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	13357		12247		12078	
Peso de molde (g)	7748		7748		7930	
Peso del suelo húmedo (g)	5609		4499		4148	
Volumen del molde (cm ³)	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.628		2.108		1.944	
Humedad (%)	4.22		7.29		7.13	
Densidad seca (g/cm ³)	2.522		1.965		1.814	
Tarro Nº	56		25		12	
Tarro + Suelo húmedo (g)	800.00		894.50		967.54	
Tarro + Suelo seco (g)	771.20		839.80		909.10	
Peso del Agua (g)	28.80		54.70		58.44	
Peso del tarro (g)	89.20	#N/A	89.20	#N/A	89.50	
Peso del suelo seco (g)	682.00		750.60		819.60	
Humedad (%)	4.22		7.29		7.13	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0.025		0.64	82.10			0.64	79.30			0.64	79.30		
0.050		1.27	213.40			1.27	106.00			1.27	106.00		
0.075		1.91	284.00			1.91	144.00			1.91	144.00		
0.100	1000.0	2.54	321.00	321.00	32.1	2.54	300.00	300.00	30.0	2.54	287.00	287.00	28.7
0.125		3.18	387.00			3.18	281.00			3.18	281.00		
0.150		3.81	412.58			3.81	316.00			3.81	316.00		
0.200	1500.0	5.08	564.00	564.00	37.6	5.08	510.00	510.00	34.0	5.08	482.00	482.00	32.1
0.300		7.62	908.58			7.62	754.00			7.62	754.00		
0.400		10.16	1081.00			10.16	894.00			10.16	894.00		
0.500		12.70	1598.00			12.70	1234.00			12.70	1234.00		



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

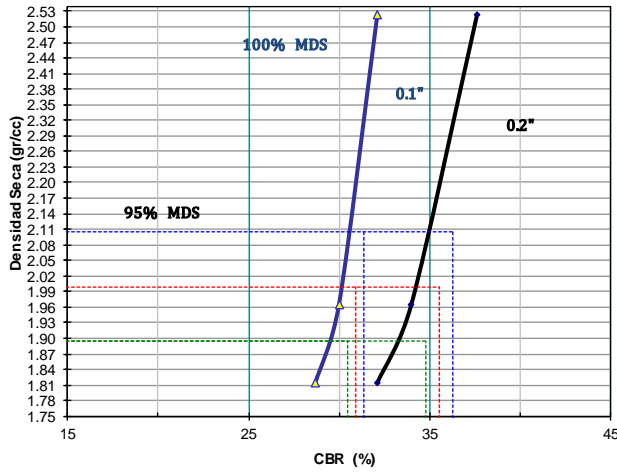
PROVINCIA : HUANCAYO
 CLIENTE : SUSAN OROYA

DEPARTAMENTO : JUNIN
 FECHA :

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)
 (MTC E132)

CANTERA : CHACLAS
 MUESTRA : M-01

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

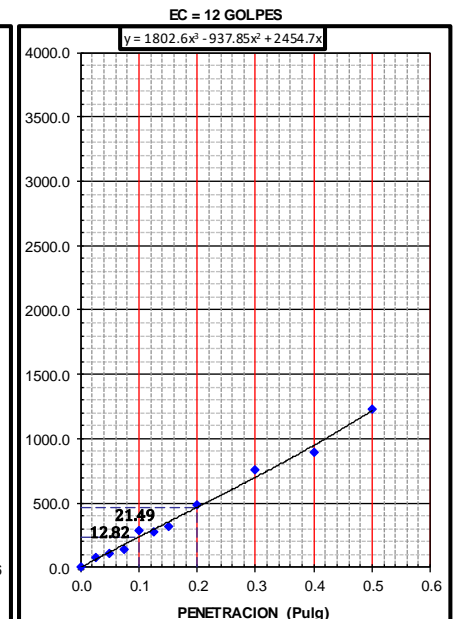
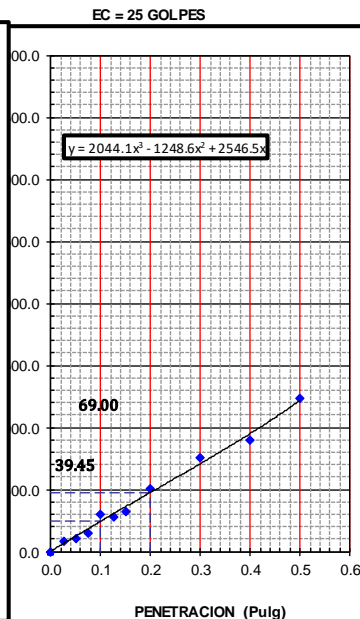
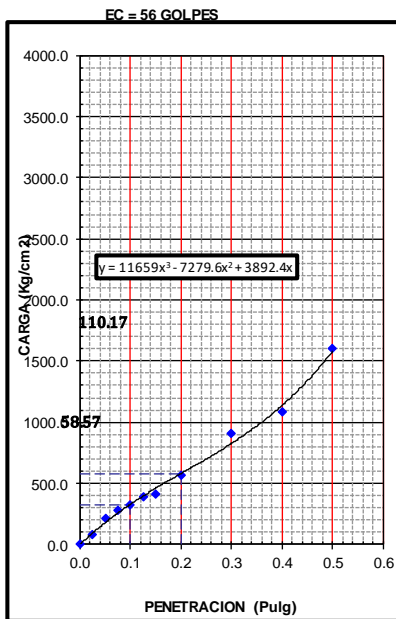
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	31.4	0.2":	36.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	30.9	0.2":	35.6

Datos del Proctor

Densidad Seca	2.324	g/cc
Optimo Humedad	6.55	%

OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL



Índice fotográfico

ANEXO 1.1 Zarandeo del material granular en la cantera Chaclas-Sapallanga.



ANEXO1.2 Proceso de secado del material, para sus posteriores ensayos.



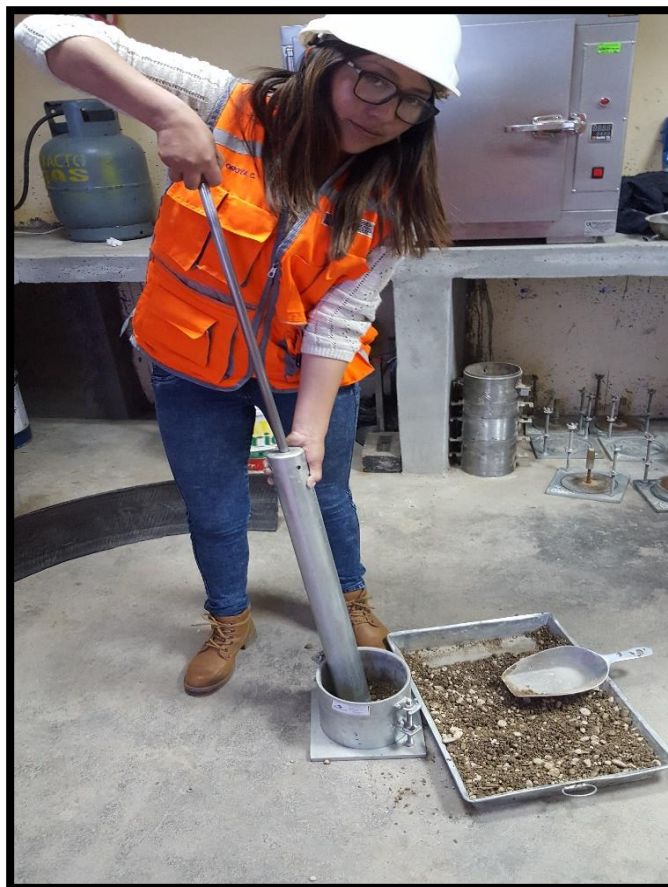
ANEXO1.3 Secado del material, para los siguientes ensayos correspondientes



ANEXO1.4 Ensayo Granulometrico del agregado.



ANEXO1.5 Ensayo proctor- Metodo C



ANEXO1.6 Determinando el limite liquido, con la COPA DE CASA GRANDE



ANEXO1.7 Determinando el límite plástico



ANEXO 1.8 Acomodo y marcado de franjas, para las pruebas de compactación



ANEXO1.9 Descarga del rodillo de 12 toneladas



ANEXO1.10 proceso ed compactacion de las 3 franjas 2 pasadas, 4 pasadas y 6 pasadas.





ANEXO1.11 Medición de deformaciones despues de la compactación.





Anexo1.12 Demarcado de las franjas, alturas(cotas).



Anexo1.12 Densidad de Arena y peso de Arena en el cono.



Anexo1.12 Ensayo de cono de Arena en Campo





