

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE TESIS
“REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL PARA BASE GRANULAR OBTENIDOS DE LA CANTERA MICULLA – TACNA, 2018”

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Julio César Carrión Gutierrez
Bach. Jhony Anderson Carpio Choque

TACNA – PERÚ
2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

“Reutilización de las aguas residuales para la estabilización del material para base granular obtenidos de la cantera Miculla – Tacna, 2018”

Tesis sustentada y aprobada el 28 de junio de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: _____
Mtro. Pedro Valerio Maquera Cruz

SECRETARIO: _____
Mtro. Martín Paucara Rojas

VOCAL: _____
Ing. Cesar Armando Urteaga Ortiz

ASESOR: _____
Ing. Rosemary Poldy Begazo Salas

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Julio César Carrión Gutierrez y Jhony Anderson Carpio Choque, en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 45420578 y 44176577.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“Reutilización de las aguas residuales para la estabilización del material para base granular obtenidos de la cantera Miculla – Tacna, 2018”

la misma que presento para optar:

El Título Profesional de Ingeniero civil.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi

acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 16 de noviembre del 2018



Julio César Carrión Gutierrez

DNI: 45420578



Jhony Anderson Carpio Choque

DNI: 44176577

DEDICATORIA

Primero se lo dedico a mi padre creador de todas las cosas y del conocimiento que me ha forjado durante el tiempo, a la fortaleza que me ha dado para continuar sobre todos los alto y bajos de mi vida personal y profesional.

A mi madre Carmen Rosa y mi hermana Carmen Valeria quienes, sobre todas las cosas, siempre me han animado a continuar con el rumbo correcto en mi vida, por tener la paciencia suficiente y darme la inspiración para desarrollar esta investigación.

A Lizbeth Angélica madre de mi hija Luhana Aylin, quien me dio a la inspiración de mi vida, quien es la luz que me guía a seguir estudiando y fortalecerme cada día.

A mis tíos Moisés y Tito, quienes en mi niñez fueron como mis padres cuando más necesitaba a mi lado a alguien.

Por ultimo le agradezco a las personas que jamás olvidare y que siempre las tendré en mi corazón, a ustedes mis abuelitos Rosa Gutierrez y Miguel Copaja.

Julio César Carrión Gutierrez

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer; por ello, con toda humildad que de mi corazón pueda emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme en las noches largas y agotadoras de estudios; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida.

A mi hermano Christian Carpio Cuello, que estuvo a mi lado como un amigo en los malos y buenos momentos que pase con él, y que desde su partida sé que me está guiando y cuidando desde el cielo.

A mi hermana Rubí Lisbeth Carpio, el cual, a pesar de haberla perdido a muy temprana edad, sé que me ha estado guiándome y cuidándome desde el cielo.

Gracias a mi abuelita que está en el cielo y gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de mi tesis.

Jhony Anderson Carpio Choque

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento total a nuestros docentes de la carrera de ingeniería civil los cuales nos ayudaron a formar conocimientos y experiencias profesionales durante nuestro desarrollo de estudiantes a profesionales.

A nuestra asesora y amiga, Ing. Rosemary Begazo, quien nos dirigió y nos apoyó en la presente investigación aportando con sus conocimientos y experiencias.

Al laboratorio de Ingeservicios Sac a cargo del Ing. Juan Rosales, por el conocimiento y apoyo brindado en la especialidad de suelos y pavimentos.

A los docentes de ingeniería ambiental, por brindarnos el conocimiento y apoyo sobre el manejo de agua residuales.

A nuestros amigos profesionales, cuyo apoyo anímico fue esencial para lograr esta investigación, impulsándonos a generas nuevas tecnologías innovadoras.

INDICE GENERAL

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	37
1.1. Descripción del problema	37
1.2. Formulación del problema	37
1.2.1. Problema general	37
1.2.2. Problema específico	38
1.3. Justificación e importancia.....	38
1.4. Objetivos.....	39
1.4.1. Objetivos generales.....	39
1.4.2. Objetivos específicos.....	39
1.5. Hipótesis.....	39
1.5.1. Hipótesis general.....	39
1.5.2. Hipótesis específica.....	39
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	40
2.1. Antecedentes de estudio.....	40
2.2. Bases Teóricas.....	41
2.2.1. Origen, naturaleza y formación del suelo	41
2.2.2. Clasificación de los suelos	42
2.2.2.1. Tipos de suelos	42
2.2.3. Propiedades de los suelos.....	43
2.2.3.1. Granulometría.....	43
2.2.3.2. Relaciones entre las fases del suelo	45
2.2.3.3. Plasticidad (Límites de Atterberg).....	48

2.2.3.4. Clasificación de suelos.....	50
2.2.3.5. Compactación del suelo.....	55
2.2.3.6. Relación de soporte California (C.B.R).....	57
2.2.3.7. Módulo de resiliencia.....	61
2.2.4. Estabilización de suelos.....	63
2.2.4.1. Tipos de estabilización.....	64
2.2.4.2. Estabilizante propuesto.....	65
2.2.5. Control de calidad de Bases granulares.....	66
2.2.5.1. Requerimiento de calidad para Base granular.....	68
2.2.6. Evaluación Estadística de los ensayos, pruebas y materiales para su aceptación.....	69
2.2.6.1. Cálculo estadístico.....	70
2.3. Definición de términos.....	74
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	75
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	75
3.1.1. Tipo de investigación.....	75
3.1.2. Diseño de la investigación.....	75
3.2. Población y/o muestra de estudio.....	75
3.2.1. Población.....	75
3.2.1.1. Descripción de la población.....	75
3.2.1.2. Cuantificación de la población.....	75
3.2.2. Muestra.....	76
3.2.2.1. Descripción de la muestra.....	76

3.2.2.2. Cuantificación de la muestra	76
3.3. Operacionalización de variables	78
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	79
3.4.1. Técnicas para la recolección de datos.....	79
3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos	79
3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos	80
3.4.3.1. Extracción y muestreo del material para base granular	80
3.4.3.2. Muestreo de efluentes de agua residual de PTAR Copare	82
3.4.3.3. Ensayos de calidad en laboratorio	83
3.4.3.3.1. Análisis Granulométrico por tamizado.....	83
3.4.3.3.2. Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso	84
3.4.3.3.3. Partículas chatas y alargadas	85
3.4.3.3.4. Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")	86
3.4.3.3.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	86
3.4.3.4. Propiedades del material sin estabilizar.....	87
3.4.3.4.1. Límite líquido.....	87
3.4.3.4.2. Límite Plástico.....	88
3.4.3.4.3. Proctor modificado	89
3.4.3.4.4. California Bearing Ratio	89
3.4.3.5. Propiedades de los materiales estabilizado con agua residual.....	90
3.4.3.5.1. Límite líquido.....	91

3.4.3.5.2. Límite plástico	91
3.4.3.5.3. Proctor modificado	92
3.4.3.5.4. California Bearing Ratio	92
3.5. Procesamiento y análisis de datos	93
3.5.1. Ensayos de calidad	94
3.5.1.1. Análisis granulométrico por tamizado	94
3.5.1.2. Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso	108
3.5.1.3. Partículas chatas y alargadas	116
3.5.1.4. Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½").....	121
3.5.1.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	129
3.5.1.6. Sales Solubles	134
3.5.1.7. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables) en agregados	138
3.5.1.8. Material que pasa la malla N°200	141
3.5.2. Propiedades de los materiales sin estabilizar.....	144
3.5.2.1. Límite de Atterberg	144
3.5.2.2. Densidad máxima	148
3.5.2.3. California Bearing Ratio	164
3.5.3. Propiedades de los materiales estabilizado con agua residual.....	179
3.5.3.1. Límites de Atterberg.....	179
3.5.3.2. Densidad Máxima	189

3.5.3.3. California Bearing Ratio	204
CAPITULO IV: RESULTADOS	219
4.1. Calidad de agua residual	219
4.2. Calidad del material para base granular.....	219
4.2.1. Análisis granulométrico por tamizado	219
4.2.2. Porcentaje de partículas fracturadas de material para base granular	222
4.2.3. Partículas chatas y alargadas	226
4.2.4. Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaño menores de 37.5 mm (1 ½")	228
4.2.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	231
4.2.6. Sales solubles en el agregado fino y grueso de la base granular.....	234
4.2.7. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables) en agregados	237
4.2.8. Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado	239
4.3. Propiedades del material sin estabilizar	240
4.3.1. Límites de Atterberg e Índice de plasticidad.....	240
4.3.2. California Bearing Ratio (C.B.R)	243
4.4. Propiedades del material estabilizado con agua residual	245
4.4.1. Límites de Atterberg e índice de plasticidad con agua residual.....	245
4.4.2. California Bearing Ratio (C.B.R)	248
4.5. Análisis estadístico de los resultados de la estabilización	250
4.5.1. Promedio de resultados de límite líquido, densidad máxima y California Bearing Ratio	250
4.5.2. Correlación límite líquido – California Bearing Ratio	251

4.6. Aceptación de material para base granular	253
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	256
CONCLUSIONES.....	258
RECOMENDACIONES.....	260
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	261
ANEXOS.....	265

INDICE TABLAS

Tabla N° 1: Perfil de meteorización, según diferentes autores	41
Tabla N° 2: Tamaño de la serie de tamices estándar	44
Tabla N° 3: Sistema de Clasificación SUCS.....	53
Tabla N° 4: Sistema de Clasificación AASHTO.....	54
Tabla N° 5: Características de compactación de los distintos tipos de suelos.....	57
Tabla N° 6: Correlaciones del Módulo de resiliencia y CBR	63
Tabla N° 7: Composición típica del agua residual.....	66
Tabla N° 8: Las dimensiones de la calidad de un material para base granular.....	67
Tabla N° 9: Requerimientos granulométricos para base granular	68
Tabla N° 10: Valor Relativo de Soporte, CBR	68
Tabla N° 11: Requerimiento de agregado grueso para base granular	69
Tabla N° 12: Requerimiento de agregado fino para base granular.....	69
Tabla N° 13: Porcentaje de trabajo estimado por fuera de los límites de la especificación	72
Tabla N° 14: Determinación de aceptabilidad y rechazo.....	73
Tabla N° 15: Relación de Cantera proveedora en Carretera Tacna – Palca (Distrito de Pachia).....	75
Tabla N° 16: Materiales de la Ciudad de Tacna	76
Tabla N° 17: Operacionalización de variables.....	78
Tabla N° 18: Técnicas de recolección de datos	79
Tabla N° 19: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-01)	94

Tabla N° 20: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-02)	95
Tabla N° 21: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-03)	96
Tabla N° 22: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-04)	97
Tabla N° 23: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-05)	98
Tabla N° 24: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-06)	99
Tabla N° 25: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-07)	100
Tabla N° 26: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-08)	101
Tabla N° 27: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-09)	102
Tabla N° 28: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-10)	103
Tabla N° 29: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-11)	104
Tabla N° 30: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-12)	105
Tabla N° 31: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-13)	106
Tabla N° 32: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-14)	107
Tabla N° 33: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-15)	108

Tabla N° 34: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-01).....	109
Tabla N° 35: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-02).....	109
Tabla N° 36: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-03).....	110
Tabla N° 37: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-04).....	110
Tabla N° 38: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-05).....	111
Tabla N° 39: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-06).....	111
Tabla N° 40: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-07).....	112
Tabla N° 41: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-08).....	112
Tabla N° 42: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-09).....	113
Tabla N° 43: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-10).....	113
Tabla N° 44: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-11).....	114
Tabla N° 45: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-12).....	114
Tabla N° 46: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-13).....	115
Tabla N° 47: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-14).....	115

Tabla N° 48: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-15).....	116
Tabla N° 49: Partículas chatas y alargadas (BG-01).....	116
Tabla N° 50: Partículas chatas y alargadas (BG-02).....	117
Tabla N° 51: Partículas chatas y alargadas (BG-03).....	117
Tabla N° 52: Partículas chatas y alargadas (BG-04).....	117
Tabla N° 53: Partículas chatas y alargadas (BG-05).....	118
Tabla N° 54: Partículas chatas y alargadas (BG-06).....	118
Tabla N° 55: Partículas chatas y alargadas (BG-07).....	118
Tabla N° 56: Partículas chatas y alargadas (BG-08).....	119
Tabla N° 57: Partículas chatas y alargadas (BG-09).....	119
Tabla N° 58: Partículas chatas y alargadas (BG-10).....	119
Tabla N° 59: Partículas chatas y alargadas (BG-11).....	120
Tabla N° 60: Partículas chatas y alargadas (BG-12).....	120
Tabla N° 61: Partículas chatas y alargadas (BG-13).....	120
Tabla N° 62: Partículas chatas y alargadas (BG-14).....	121
Tabla N° 63: Partículas chatas y alargadas (BG-15).....	121
Tabla N° 64: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-01)	122
Tabla N° 65: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-02)	122
Tabla N° 66: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-03)	123
Tabla N° 67: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-04)	123
Tabla N° 68: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-05)	124
Tabla N° 69: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-06)	124

Tabla N° 70: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-07)	125
Tabla N° 71: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-08)	125
Tabla N° 72: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-09)	126
Tabla N° 73: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-10)	126
Tabla N° 74: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-11)	127
Tabla N° 75: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-12)	127
Tabla N° 76: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-13)	128
Tabla N° 77: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-14)	128
Tabla N° 78: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-15)	129
Tabla N° 79: Equivalente de arena (BG-01)	129
Tabla N° 80: Equivalente de arena (BG-02)	130
Tabla N° 81: Equivalente de arena (BG-03)	130
Tabla N° 82: Equivalente de arena (BG-04)	130
Tabla N° 83: Equivalente de arena (BG-05)	131
Tabla N° 84: Equivalente de arena (BG-06)	131
Tabla N° 85: Equivalente de arena (BG-07)	131
Tabla N° 86: Equivalente de arena (BG-08)	132
Tabla N° 87: Equivalente de arena (BG-09)	132
Tabla N° 88: Equivalente de arena (BG-10)	132
Tabla N° 89: Equivalente de arena (BG-11)	133
Tabla N° 90: Equivalente de arena (BG-12)	133
Tabla N° 91: Equivalente de arena (BG-13)	133
Tabla N° 92: Equivalente de arena (BG-14)	134

Tabla N° 93: Equivalente de arena (BG-15)	134
Tabla N° 94: Sales solubles (BG-01)	134
Tabla N° 95: Sales solubles (BG-02)	135
Tabla N° 96: Sales solubles (BG-03)	135
Tabla N° 97: Sales solubles (BG-04)	135
Tabla N° 98: Sales solubles (BG-05)	135
Tabla N° 99: Sales solubles (BG-06)	136
Tabla N° 100: Sales solubles (BG-07)	136
Tabla N° 101: Sales solubles (BG-08)	136
Tabla N° 102: Sales solubles (BG-09)	136
Tabla N° 103: Sales solubles (BG-10)	137
Tabla N° 104: Sales solubles (BG-11)	137
Tabla N° 105: Sales solubles (BG-12)	137
Tabla N° 106: Sales solubles (BG-13)	137
Tabla N° 107: Sales solubles (BG-14)	138
Tabla N° 108: Sales solubles (BG-15)	138
Tabla N° 109: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-01).....	138
Tabla N° 110: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-02).....	138
Tabla N° 111: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-03).....	139
Tabla N° 112: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-04).....	139
Tabla N° 113: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-05).....	139
Tabla N° 114: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-06).....	139
Tabla N° 115: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-07).....	139

Tabla N° 116: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-08).....	140
Tabla N° 117: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-09).....	140
Tabla N° 118: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-10).....	140
Tabla N° 119: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-11).....	140
Tabla N° 120: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-12).....	140
Tabla N° 121: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-13).....	141
Tabla N° 122: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-14).....	141
Tabla N° 123: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-15).....	141
Tabla N° 124: Material que pasa la malla N°200 (BG-01).....	141
Tabla N° 125: Material que pasa la malla N°200 (BG-02).....	141
Tabla N° 126: Material que pasa la malla N°200 (BG-03).....	142
Tabla N° 127: Material que pasa la malla N°200 (BG-04).....	142
Tabla N° 128: Material que pasa la malla N°200 (BG-05).....	142
Tabla N° 129: Material que pasa la malla N°200 (BG-06).....	142
Tabla N° 130: Material que pasa la malla N°200 (BG-07).....	142
Tabla N° 131: Material que pasa la malla N°200 (BG-08).....	143
Tabla N° 132: Material que pasa la malla N°200 (BG-09).....	143
Tabla N° 133: Material que pasa la malla N°200 (BG-10).....	143
Tabla N° 134: Material que pasa la malla N°200 (BG-11).....	143
Tabla N° 135: Material que pasa la malla N°200 (BG-12).....	143
Tabla N° 136: Material que pasa la malla N°200 (BG-13).....	144
Tabla N° 137: Material que pasa la malla N°200 (BG-14).....	144
Tabla N° 138: Material que pasa la malla N°200 (BG-15).....	144

Tabla N° 139: Límites de Atterberg (BG-01).....	144
Tabla N° 140: Límites de Atterberg (BG-02).....	145
Tabla N° 141: Límites de Atterberg (BG-03).....	145
Tabla N° 142: Límites de Atterberg (BG-04).....	145
Tabla N° 143: Límites de Atterberg (BG-05).....	145
Tabla N° 144: Límites de Atterberg (BG-06).....	146
Tabla N° 145: Límites de Atterberg (BG-07).....	146
Tabla N° 146: Límites de Atterberg (BG-08).....	146
Tabla N° 147: Límites de Atterberg (BG-09).....	146
Tabla N° 148: Límites de Atterberg (BG-10).....	147
Tabla N° 149: Límites de Atterberg (BG-11).....	147
Tabla N° 150: Límites de Atterberg (BG-12).....	147
Tabla N° 151: Límites de Atterberg (BG-13).....	147
Tabla N° 152: Límites de Atterberg (BG-14).....	148
Tabla N° 153: Límites de Atterberg (BG-15).....	148
Tabla N° 154: Densidad máxima (BG-01)	148
Tabla N° 155: Densidad máxima (BG-02)	149
Tabla N° 156: Densidad máxima (BG-03)	150
Tabla N° 157: Densidad máxima (BG-04)	151
Tabla N° 158: Densidad máxima (BG-05)	152
Tabla N° 159: Densidad máxima (BG-06)	153
Tabla N° 160: Densidad máxima (BG-07)	154
Tabla N° 161: Densidad máxima (BG-08)	155

Tabla N° 162: Densidad máxima (BG-09)	156
Tabla N° 163: Densidad máxima (BG-10)	157
Tabla N° 164: Densidad máxima (BG-11)	158
Tabla N° 165: Densidad máxima (BG-12)	159
Tabla N° 166: Densidad máxima (BG-13)	160
Tabla N° 167: Densidad máxima (BG-14)	161
Tabla N° 168: Densidad máxima (BG-15)	162
Tabla N° 169: California Bearing Ratio (BG-01)	164
Tabla N° 170: California Bearing Ratio (BG-02)	165
Tabla N° 171: California Bearing Ratio (BG-03)	166
Tabla N° 172: California Bearing Ratio (BG-04)	167
Tabla N° 173: California Bearing Ratio (BG-05)	168
Tabla N° 174: California Bearing Ratio (BG-06)	169
Tabla N° 175: California Bearing Ratio (BG-07)	170
Tabla N° 176: California Bearing Ratio (BG-08)	171
Tabla N° 177: California Bearing Ratio (BG-09)	172
Tabla N° 178: California Bearing Ratio (BG-10)	173
Tabla N° 179: California Bearing Ratio (BG-11)	174
Tabla N° 180: California Bearing Ratio (BG-12)	175
Tabla N° 181: California Bearing Ratio (BG-13)	176
Tabla N° 182: California Bearing Ratio (BG-14)	177
Tabla N° 183: California Bearing Ratio (BG-15)	178
Tabla N° 184: Límites de Atterberg (BG-01)	179

Tabla N° 185: Límites de Atterberg (BG-02).....	179
Tabla N° 186: Límites de Atterberg (BG-03).....	180
Tabla N° 187: Límites de Atterberg (BG-04).....	181
Tabla N° 188: Límites de Atterberg (BG-05).....	181
Tabla N° 189: Límites de Atterberg (BG-06).....	182
Tabla N° 190: Límites de Atterberg (BG-07).....	183
Tabla N° 191: Límites de Atterberg (BG-08).....	183
Tabla N° 192: Límites de Atterberg (BG-09).....	184
Tabla N° 193: Límites de Atterberg (BG-10).....	185
Tabla N° 194: Límites de Atterberg (BG-11).....	185
Tabla N° 195: Límites de Atterberg (BG-12).....	186
Tabla N° 196: Límites de Atterberg (BG-13).....	187
Tabla N° 197: Límites de Atterberg (BG-14).....	187
Tabla N° 198: Límites de Atterberg (BG-15).....	188
Tabla N° 199: Densidad máxima (BG-01)	189
Tabla N° 200: Densidad máxima (BG-02)	190
Tabla N° 201: Densidad máxima (BG-03)	191
Tabla N° 202: Densidad máxima (BG-04)	192
Tabla N° 203: Densidad máxima (BG-05)	193
Tabla N° 204: Densidad máxima (BG-06)	194
Tabla N° 205: Densidad máxima (BG-07)	195
Tabla N° 206: Densidad máxima (BG-08)	196
Tabla N° 207: Densidad máxima (BG-09)	197

Tabla N° 208: Densidad máxima (BG-10)	198
Tabla N° 209: Densidad máxima (BG-11)	199
Tabla N° 210: Densidad máxima (BG-12)	200
Tabla N° 211: Densidad máxima (BG-13)	201
Tabla N° 212: Densidad máxima (BG-14)	202
Tabla N° 213: Densidad máxima (BG-15)	203
Tabla N° 214: California Bearing Ratio (BG-01)	204
Tabla N° 215: California Bearing Ratio (BG-02)	205
Tabla N° 216: California Bearing Ratio (BG-03)	206
Tabla N° 217: California Bearing Ratio (BG-04)	207
Tabla N° 218: California Bearing Ratio (BG-05)	208
Tabla N° 219: California Bearing Ratio (BG-06)	209
Tabla N° 220: California Bearing Ratio (BG-07)	210
Tabla N° 221: California Bearing Ratio (BG-08)	211
Tabla N° 222: California Bearing Ratio (BG-09)	212
Tabla N° 223: California Bearing Ratio (BG-10)	213
Tabla N° 224: California Bearing Ratio (BG-11)	214
Tabla N° 225: California Bearing Ratio (BG-12)	215
Tabla N° 226: California Bearing Ratio (BG-13)	216
Tabla N° 227: California Bearing Ratio (BG-14)	217
Tabla N° 228: California Bearing Ratio (BG-15)	218
Tabla N° 229: Análisis químico y bioquímico de agua residual de la planta de tratamiento de agua residual Copare (PTAR Cono sur)	219

Tabla N° 230: Análisis granulométrico por tamizado.....	220
Tabla N° 231: Valores descriptivos estadísticos del análisis granulométrico por tamizado	220
Tabla N° 232: Evaluación estadística del análisis granulométrico por tamizado.....	221
Tabla N° 233: Límites de control superior e inferior del análisis granulométrico por tamizado	222
Tabla N° 234: Porcentaje de partículas fracturadas.....	223
Tabla N° 235: Valores descriptivos estadísticos del porcentaje de partículas fracturadas.....	223
Tabla N° 236: Evaluación estadística del porcentaje de partículas fracturadas	224
Tabla N° 237: Partículas chatas y alargadas.....	226
Tabla N° 238: Valores descriptivos estadísticos de partículas chatas y alargadas....	227
Tabla N° 239: Evaluación estadística de partículas chatas y alargadas	227
Tabla N° 240: Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados	229
Tabla N° 241: Valores descriptivos estadísticos de la Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados	229
Tabla N° 242: Evaluación estadística de la abrasión Los Ángeles al desgaste de agregados.....	230
Tabla N° 243: Equivalente de arena	231
Tabla N° 244: Valores descriptivos estadísticos de equivalente arena	232
Tabla N° 245: Evaluación estadística de equivalente de arena.....	232
Tabla N° 246: Sales solubles en agregado fino y grueso	234
Tabla N° 247: Valores descriptivos estadísticos de sales solubles	235
Tabla N° 248: Evaluación estadística de sales solubles	235
Tabla N° 249: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables.....	237

Tabla N° 250: Valores descriptivos estadísticos de arcilla en terrones y partículas desmenuzables.....	238
Tabla N° 251: Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado.....	239
Tabla N° 252: Valores descriptivos estadísticos de cantidad de material que fino que pasa el tamiz N°200 por lavado	239
Tabla N° 253: Límites de Atterberg e índice de plasticidad	241
Tabla N° 254: Valores descriptivos estadísticos de límites de Atterberg e índice de plasticidad.....	241
Tabla N° 255: Evaluación estadística del índice de plasticidad	242
Tabla N° 256: California Bearing Ratio (C.B.R).....	243
Tabla N° 257:Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio.....	243
Tabla N° 258: Evaluación estadística de California Bearing Ratio	244
Tabla N° 259: Límites de Atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual	245
Tabla N° 260: Valores descriptivos estadísticos de límites de Atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual.....	246
Tabla N° 261: Evaluación estadística de índice de plasticidad estabilizado con agua residual	246
Tabla N° 262: California Bearing Ratio estabilizado con agua residual.....	248
Tabla N° 263: Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual.....	248
Tabla N° 264: Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual.....	249
Tabla N° 265: Correlación lineal (Límite líquido – California Bearing Ratio)	252
Tabla N° 266: Prueba de correlación.....	252

Tabla N° 267: Prueba de hipótesis de la correlación lineal entre el límite líquido y California bearing ratio	253
Tabla N° 268: Aceptación de material estabilizado	254
Tabla N° 269: Aceptación de la calidad y estabilización del material para base granular	255

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Formación del suelo.....	42
Figura N° 2: Tamices estandarizados.....	43
Figura N° 3: Granulometría de partículas.....	45
Figura N° 4: Relaciones entre las fases del suelo a) Elemento del suelo natural b) división de un elemento en fases.....	46
Figura N° 5: Carta de Plasticidad.....	50
Figura N° 6: Evolución de la densidad de un suelo durante la compactación.....	56
Figura N° 7: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio.....	59
Figura N° 8: Curva para el cálculo del índice CBR.....	60
Figura N° 9: Cámara triaxial con TLDV interiores y celda de carga.....	62
Figura N° 10: Cámara triaxial con TLDV exteriores y celda de carga.....	62
Figura N° 11: Procedimiento para la recolección de datos.....	80
Figura N° 12: Ubicación de Cantera Miculla.....	81
Figura N° 13: Ubicación de PTAR Copare.....	82
Figura N° 14: Curva granulométrica del material para base granular (BG-01).....	94
Figura N° 15: Curva granulométrica del material para base granular (BG-02).....	95
Figura N° 16: Curva granulométrica del material para base granular (BG-03).....	96
Figura N° 17: Curva granulométrica del material para base granular (BG-04).....	97
Figura N° 18: Curva granulométrica del material para base granular (BG-05).....	98
Figura N° 19: Curva granulométrica del material para base granular.....	99
Figura N° 20: Curva granulométrica del material para base granular (BG-07).....	100
Figura N° 21: Curva granulométrica del material para base granular (BG-08).....	101

Figura N° 22: Curva granulométrica del material para base granular (BG-09).....	102
Figura N° 23: Curva granulométrica del material para base granular (BG-10).....	103
Figura N° 24: Curva granulométrica del material para base granular (BG-11).....	104
Figura N° 25: Curva granulométrica del material para base granular (BG-12).....	105
Figura N° 26: Curva granulométrica del material para base granular (BG-13).....	106
Figura N° 27: Curva granulométrica del material para base granular (BG-14).....	107
Figura N° 28: Curva granulométrica del material para base granular (BG-15).....	108
Figura N° 29: Curva de humedad vs densidad seca (BG-01).....	149
Figura N° 30: Curva de humedad vs densidad seca (BG-02).....	150
Figura N° 31: Curva de humedad vs densidad seca (BG-03).....	151
Figura N° 32: Curva de humedad vs densidad seca (BG-04).....	152
Figura N° 33: Curva de humedad vs densidad seca (BG-05).....	153
Figura N° 34: Curva de humedad vs densidad seca (BG-06).....	154
Figura N° 35: Curva de humedad vs densidad seca (BG-07).....	155
Figura N° 36: Curva de humedad vs densidad seca (BG-08).....	156
Figura N° 37: Curva de humedad vs densidad seca (BG-09).....	157
Figura N° 38: Curva de humedad vs densidad seca (BG-10).....	158
Figura N° 39: Curva de humedad vs densidad seca (BG-11).....	159
Figura N° 40: Curva de humedad vs densidad seca (BG-12).....	160
Figura N° 41: Curva de humedad vs densidad seca (BG-13).....	161
Figura N° 42: Curva de humedad vs densidad seca (BG-14).....	162
Figura N° 43: Curva de humedad vs densidad seca (BG-15).....	163
Figura N° 44: Curva del CBR (BG-01).....	164

Figura N° 45: Curva del CBR (BG-02)	165
Figura N° 46: Curva del CBR (BG-03)	166
Figura N° 47: Curva del CBR (BG-04)	167
Figura N° 48: Curva del CBR (BG-05)	168
Figura N° 49: Curva del CBR (BG-06)	169
Figura N° 50: Curva del CBR (BG-07)	170
Figura N° 51: Curva del CBR (BG-08)	171
Figura N° 52: Curva del CBR (BG-09)	172
Figura N° 53: Curva del CBR (BG-10)	173
Figura N° 54: Curva del CBR (BG-11)	174
Figura N° 55: Curva del CBR (BG-12)	175
Figura N° 56: Curva del CBR (BG-13)	176
Figura N° 57: Curva del CBR (BG-14)	177
Figura N° 58: Curva del CBR (BG-15)	178
Figura N° 59: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-01)	179
Figura N° 60: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-02)	180
Figura N° 61: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-03)	180
Figura N° 62: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-04)	181
Figura N° 63: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-05)	182
Figura N° 64: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-06)	182
Figura N° 65: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-07)	183
Figura N° 66: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-08)	184
Figura N° 67: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-09)	184

Figura N° 68: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-10)	185
Figura N° 69: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-11)	186
Figura N° 70: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-12)	186
Figura N° 71: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-13)	187
Figura N° 72: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-14)	188
Figura N° 73: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-15)	188
Figura N° 74: Curva de humedad vs densidad seca (BG-01)	189
Figura N° 75: Curva de humedad vs densidad seca (BG-02)	190
Figura N° 76: Curva de humedad vs densidad seca (BG-03)	191
Figura N° 77: Curva de humedad vs densidad seca (BG-04)	192
Figura N° 78: Curva de humedad vs densidad seca (BG-05)	193
Figura N° 79: Curva de humedad vs densidad seca (BG-06)	194
Figura N° 80: Curva de humedad vs densidad seca (BG-07)	195
Figura N° 81: Curva de humedad vs densidad seca (BG-08)	196
Figura N° 82: Curva de humedad vs densidad seca (BG-09)	197
Figura N° 83: Curva de humedad vs densidad seca (BG-10)	198
Figura N° 84: Curva de humedad vs densidad seca (BG-11)	199
Figura N° 85: Curva de humedad vs densidad seca (BG-12)	200
Figura N° 86: Curva de humedad vs densidad seca (BG-13)	201
Figura N° 87: Curva de humedad vs densidad seca (BG-14)	202
Figura N° 88: Curva de humedad vs densidad seca (BG-15)	203
Figura N° 89: Curva CBR (BG-01)	204
Figura N° 90: Curva CBR (BG-02)	205

Figura N° 91: Curva CBR (BG-03).....	206
Figura N° 92: Curva CBR (BG-04).....	207
Figura N° 93: Curva CBR (BG-05).....	208
Figura N° 94: Curva CBR (BG-06).....	209
Figura N° 95: Curva CBR (BG-07).....	210
Figura N° 96: Curva CBR (BG-08).....	211
Figura N° 97: Curva CBR (BG-09).....	212
Figura N° 98: Curva CBR (BG-10).....	213
Figura N° 99: Curva CBR (BG-11).....	214
Figura N° 100: Curva CBR (BG-12).....	215
Figura N° 101: Curva CBR (BG-13).....	216
Figura N° 102: Curva CBR (BG-14).....	217
Figura N° 103: Curva CBR (BG-15).....	218
Figura N° 104: Gráfico de evaluación y aceptación estadística de curvas granulométricas	221
Figura N° 105: Gráfico de límites de control y límites superior e inferior aceptable de las curvas granulométricas	222
Figura N° 106: Gráfico de evaluación y aceptación de porcentaje de partículas de una cara fracturada.....	224
Figura N° 107: Gráfico de evaluación y aceptación de porcentaje de partículas con dos o más caras fracturadas	225
Figura N° 108: Gráfico de límites de control y límite superior e inferior aceptable de partículas con una cara fracturada.....	225
Figura N° 109: Gráfico de límites de control y límite superior e inferior aceptable de partículas con dos o más caras fracturadas	226

Figura N° 110: Gráfico de evaluación y aceptación de partículas chatas y alargadas	228
Figura N° 111: Gráfico de límites de control y límites aceptables de partículas chatas y alargadas	228
Figura N° 112: Gráfico de evaluación y aceptación de abrasión Los Ángeles al desgaste de agregados	230
Figura N° 113: Gráfica de límites de control y límites aceptables de abrasión los Ángeles	231
Figura N° 114: Gráfico de evaluación y aceptación de equivalente de arena	233
Figura N° 115: Gráfica de límites de control y límites aceptables de equivalente de arena	233
Figura N° 116: Gráfica de evaluación y aceptación de sales solubles del agregado fino	235
Figura N° 117: Gráfica de evaluación y aceptación de sales solubles del agregado grueso	236
Figura N° 118: Gráfica de límites de control y límites aceptables de sales solubles del agregado fino	236
Figura N° 119: Gráfica de límites de control y límites aceptables de sales solubles del agregado grueso	237
Figura N° 120: Gráfica de límites de control superior e inferior de arcilla en terrones y partículas desmenuzables	238
Figura N° 121: Gráfica de límites de control superior e inferior de cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado	240
Figura N° 122: Gráfica de evaluación y aceptación del índice de plasticidad	242
Figura N° 123: Gráfica de límites de control superior e inferior de índice de plasticidad	242
Figura N° 124: Gráfica de evaluación y aceptación de California Bearing Ratio	244

Figura N° 125: Gráfica de límites de control superior e inferior del ensayo de California Bearing Ratio	245
Figura N° 126: Gráfico de evaluación y aceptación de índice de plasticidad estabilizado con agua residual	247
Figura N° 127: Gráfica de límites de control superior e inferior de índice de plasticidad estabilizado con agua residual	247
Figura N° 128: Gráfica de evaluación y aceptación de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual	249
Figura N° 129: Gráfica de límites de control superior e inferior del ensayo de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual	250
Figura N° 130: Gráfico de promedio de resultados de límite líquido	250
Figura N° 131: Gráfico de promedio de resultados de densidad máxima	251
Figura N° 132: Gráfico de promedio de resultados de California Bearing Ratio	251
Figura N° 133: Gráfica de regresión lineal de la relación de límite líquido y California bearing ratio	253

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Anexo 2. Certificados de ensayos de laboratorio

Anexo 3. Panel fotográfico

Anexo 4. Plano de ubicación de cantera Miculla

Anexo 5. Plano de ubicación de PTAR Copare

RESUMEN

La presente investigación busca innovar el manejo de agua residual en la construcción de obras viales mediante la “Reutilización de las aguas residuales para la estabilización del material para base granular obtenidos de la cantera Miculla – Tacna, 2018”

El desenvolvimiento de la presente investigación se ha realizado mediante ensayos de laboratorio exigidos en el manual de carreteras EG 2013 y la norma CE 010 de pavimentos urbanos. Para el desarrollo paso a paso de los ensayos se tuvo en cuenta el manual de ensayos de materiales 2016 del Ministerio de transporte y comunicaciones.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron 15 muestras para cada ensayo requerido del material para base granular de la cantera Miculla y muestras de agua residual de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare.

Para determinar la calidad del material para base granular se realizaron los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, porcentaje de partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas, abrasión los Ángeles, equivalente de arena y sales totales, asimismo se hicieron ensayos complementarios de arcilla en terrones y material que pasa por el tamiz N°200.

Para determinar la influencia y estabilización del agua residual se realizaron los ensayos de límites líquido, límite plástico, proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR) con agua potable y ensayos de límites líquido, límite plástico, proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR) con agua residual.

Por último, se determinó la influencia y la estabilización del material para base granular con agua residual, mediante un análisis de resultados con el SPSS, obteniendo diferencias significativas del material para base granular sin estabilizar (Con agua potable) entre el material estabilizado (Con agua residual).

Palabras claves: Calidad, Reutilización, Base granular.

ABSTRACT

The present research seeks to innovate the management of residual water in the construction of road works through the "Reuse of residual water for the stabilization of granular base material obtained from the quarry Miculla - Tacna, 2018"

The development of the present investigation has been carried out through laboratory tests required in the road manual EG 2013 and the CE 010 standard for urban pavements. For the step-by-step development of the tests, the 2016 Material Testing Manual of the Ministry of Transport and Communications was taken into account.

For the development of the research, 15 samples were taken for each required test of the granular base material from the Miculla quarry and residual water samples from the wastewater effluents of the Copare WWTP.

In order to determine the quality of the material for granular base, the tests of granulometric analysis by sieving, percentage of fractured particles, flat and elongated particles, Los Angeles abrasion, sand equivalent and total salts were carried out, as well as complementary tests of clay in clods and material that passes through the No. 200 sieve.

In order to determine the influence and stabilization of the residual water, the tests of liquid limits, plastic limit, modified proctor and California Bearing Ratio (CBR) with potable water and tests of liquid limits, plastic limit, modified proctor and California Bearing Ratio (CBR) were carried out with residual water.

Finally, the influence and stabilization of the material for granular base with residual water was determined, by means of an analysis of results with the SPSS, obtaining significant differences of the material for granular base without stabilizing (With potable water) between the stabilized material (With residual water).

Key Words: Quality, Reuse, Granular base

INTRODUCCIÓN

La reutilización de las aguas residuales en la estabilización de sub-base granular, base granular, afirmado y sub rasante, no es habitual, cabe resaltar que el tratamiento del agua residual es fundamental antes de reutilizarla para los fines requeridos.

Los afluentes de aguas residuales son lo que ingresan a una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) y después de un tratamiento primario, secundario y terciario ya tratadas y para posteriormente ser reusadas en el sector agrícola; en este caso se busca reutilizar el agua residual tratada en el sector de la construcción de vías urbanas y carreteras.

La presente investigación ha sido desarrollada en la reutilización del agua residual como agente para estabilizar el material para base granular de la cantera Miculla.

Para la reutilización del agua residual, se debe determinar si el agua residual influye sobre la calidad y las propiedades del material para base granular. Los requerimientos para la calidad de materiales son expuestos en el manual de carreteras EG 2013 y en la norma CE 010 de pavimentos urbanos, para su desarrollo se tiene que tener en cuenta los límites de aceptabilidad y su tolerancia que son rígidas para cada ensayo de calidad del material para base granular.

Para determinar la influencia significativa del agua residual sobre la base granular, debemos tener en cuenta si existe una correlación entre el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y el California Bearing Ratio (CBR).

Para obtener los resultados si la calidad del material es aceptable, se realizaron los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, porcentaje de partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas, abrasión los Ángeles, equivalente de arena y sales totales, asimismo, para determinar la influencia y estabilización del agua residual se realizara los ensayos de límites líquido, límite plástico, proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR) con agua potable y ensayos de límites líquido, límite plástico, proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR) con agua residual.

Obtenido los resultados de los ensayos podemos determinar la influencia del agua residual sobre el material para base granular y a su vez aceptar que el agua residual se puede reutilizar sobre el material para base granular con fines de estabilización.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Las vías urbanas pavimentadas y vías afirmadas a nivel distrital, provincial y departamental, conforman la parte más importante de la red departamental de Tacna, en su gran mayoría su estructura está compuesta con material de base granular que no es de adecuada calidad para su zona, presentando fallas posteriores a la estructura del pavimento (sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica). Usualmente para la rehabilitación de la vía se opta por el mejoramiento de la capa base con una base granular estabilizada, para el cual demanda una cantera que provea el material granular adecuado y que demande un costo inferior en estabilización teniendo en cuenta que el mejoramiento y calidad de esta última exige costos elevados.

Para solucionar este problema se empleó la alternativa de estabilización con agua residual de los efluentes de la PTAR Copare para el mejoramiento de las propiedades y la calidad del material para base evitando los costos elevados que se generan en obra por la estabilización de la capa base de los pavimentos proyectados. Asimismo, se evaluó la influencia el uso de los efluentes del agua residual de la PTAR copare, la cual podría utilizarse como recurso para la estabilización del material de base granular de la Cantera Miculla y solucionar la problemática de la contaminación por agua residual en Tacna.

Para lo expuesto en lo anterior la presente tesis busca mejorar las propiedades físico-mecánicas y calidad del material para base granular de la cantera Miculla mediante una estabilización con los efluentes del agua residual de la PTAR Copare.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿En qué medida influye la reutilización de las aguas residuales de la PTAR Copare en la estabilización de las propiedades físico-mecánicas y calidad del material para base granular obtenidos de la cantera Miculla?

1.2.2. Problema específico

- ¿Influirá el agua residual en el índice de plasticidad del material para base granular?
- ¿Mejorará el grado de compactación del material para base granular por influencia del agua residual?
- ¿Cuál será la variación que presentará la capacidad de soporte (CBR) por la influencia de las aguas residuales?

1.3. Justificación e importancia

En la capa base de la estructura del pavimento de vías urbanas pavimentadas y vías afirmadas se caracteriza por no contar con un material apto que cumple con todos los controles de calidad requeridos y adecuándolos a la zona de trabajo, al no encontrar un material adecuado se utilizan diversas formas de estabilización, el cual genera costos elevados.

Una de las alternativas es el empleo de los efluentes de las aguas residuales, en el material para base granular de la Cantera Miculla.

En lugares como Toquepala (Mina en concesión de la empresa southern peru copper corporation) y Tacna (Planta de tratamiento de agua residual Copare), se han empleado los efluentes de las aguas residuales para estabilizar vías afirmadas y trochas carrozables, las cuales han sido conformes y no mostrando consecuencias ambientales en su empleo. Existiendo referencias de un adecuado desempeño en vías afirmadas y trochas carrozables realizadas y no escritas o sustentadas en investigaciones, con lo expuesto se plantea evaluar la estabilización del material para base granular de la cantera Miculla para la construcción de vías de tráfico vehicular, teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas y calidad del material, asimismo, la influencia que tiene los efluentes del agua residual de la PTAR Copare en el material para base granular.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

- Evaluar la influencia de los efluentes de las aguas residuales de la PTAR Copare en las propiedades y calidad del material base granular de la Cantera Miculla.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del agua residual en el índice de plasticidad mediante los ensayos de calidad para la base granular de la Cantera Miculla.
- Determinar la influencia del agua residual en el grado de compactación mediante el ensayo de Proctor modificado para la base granular de la Cantera Miculla.
- Determinar la influencia del agua residual en la capacidad de soporte (CBR) mediante los ensayos de calidad para la base granular de la Cantera Miculla.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- La estabilización del material para base granular de la Cantera Miculla con efluentes de agua residual de la PTAR Copare, modificará la calidad del material en la estabilización, límites de Atterberg, compactación, CBR y densidad máxima seca.

1.5.2. Hipótesis específica

- El agua residual influirá en el incremento del índice de plasticidad de la base granular de la Cantera Miculla.
- El agua residual influirá en el aumento y mejora del grado de compactación de la base granular de la Cantera Miculla.
- El agua residual influirá en la mejora de la Capacidad de soporte de la base granular de la Cantera Miculla.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

En el trabajo de investigación de Xavier Enoc Nuñez Huaman, se hizo un desarrollo experimental del material de cantera del KM 02+700 de la ruta Cu-123, San Jerónimo-Mayumbamba, en la cual, se desarrollaron ensayos de laboratorio adicionando aditivo químico CON-AID en las dosificaciones de 15%, 30%, 45% y 60%, y obteniendo como resultados el incremento de grado de compactación y capacidad de soporte (CBR) en un 244.35% al dosificar el 60% del aditivo CON-AID. (Nuñez Huaman 2015)

En la investigación de la Ingeniera Rocio del Carmen Pérez Collantes, realizo ensayos de laboratorio para caracterizar la ceniza volante que proviene de la planta termoeléctrica ubicada en Ilo (Moquegua), las mezclas fueron de suelo - ceniza volante y suelo - ceniza volante – cemento con la finalidad de evaluar el comportamiento geotécnico.

Como resultado se comprobó que la mezcla suelo – ceniza volante – cemento presenta un mejor comportamiento que el suelo natural para el empleo o uso de capa sub-base o sub-rasante.

De la Cruz Gutierrez y Salcedo Rojas (2016), estabilizo suelos cohesivos con aditivo Eco Road 2000, mostrando resultados de incremento de la resistencia del suelo por medio del ensayo de C.B.R con la dosificación de 1 litro por 15 m³ de aditivo Eco Road 2000 en el suelo cohesivo.

Gutierrez Montes (2010), analizó las ventajas técnicas, económicas y ambientales al aplicar el cloruro de magnesio (Bischofita) para estabilizar carreteras no pavimentadas. Los resultados mostraron que aplicar el cloruro de magnesio que existe un aumento en la densidad máxima seca, C.B.R con una dosis de 1.25 g/ml y que el pavimento alcanza una vida útil de 2 años sin necesidad de mantenimiento.

Carrasco Mejía (2017), estabilizo suelos arcillosos con cenizas de caña de azúcar en un área de 20,496m². Concluyendo que si es posible la estabilización obteniendo resultados confiables y aceptables en los ensayos de C.B.R, Proctor modificado y los límites de atterberg.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Origen, naturaleza y formación del suelo

El suelo es un conjunto de partículas minerales con origen en los macizos rocosos existentes que compone la roca madre, sometida a una acción del ambiente desintegradora por la erosión a su fase física, química y biológica.

- Erosión Física o in-situ: Debida a cambios de temperatura, crecimiento de cristales, efectos de gravedad y acción del agua.
- Erosión química: Es la generadora de suelos finos y partículas de arcilla, originada por la hidratación de sulfatos hemihidratados, disolución de sales, oxidación de minerales de hierro, cementación por agua con carbonatos, etc.
- Erosión Biológica: Debido a la intervención de las actividades bacterianas, logrando la putrefacción de materiales orgánicos y a su vez combinando el producto con otras partículas de origen físico-químicos.

Estas tres fases dan lugar al fenómeno de degradación y transformación de la roca, creando un perfil de meteorización como se muestra en tabla N°1. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Tabla N° 1: Perfil de meteorización, según diferentes autores

Love (1951) Little (1961)	Vargas (1951)	Sowers (1954, 1963)	Chandler (1969)	Geological Soc. Eng. Group (1970)	Deere y Patton (1971)
Rocas Ígneas	Ígneas, Basálticas	Ígneas y metamorfosis	Margas y Limolitas	Rocas Ígneas	Ígneas y metamorfosis
VI Suelos	Suelo Residual	Zona Superior	V Completamente alterada	VI Suelo Residual	Horizonte IA
V Completamente alterada	Suelos Residual Joven	Zona Intermedia	IV	V Completamente alterada	Horizonte IB
V Completamente alterada	Capas de Roca Desintegradas	Zona Parcialmente Alterada	Parcialmente Alterada	III	Horizonte IC (saprolito)
III Moderadamente alterada				IV Altamente Alterada	IA Transición con roca Meteorizada saprolito
II Algo alterada				III Moderadamente alterada	
I Roca Sana	Roca Sana	Roca Inalterada	I Roca Inalterada	II Debilmente Alterada	IB Parcialmente Meteorizada
				IB Muy poco Alterada	
				IA Roca Sana	Roca Inalterada

Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Un suelo puede ser residual cuando permanece in-situ sin ser transportado por algún fenómeno natural y el suelo transportado puede ser cuando hay medios como viento, agua, hielo, la gravedad y ciertos organismos forman depósitos sedimentarios (coluviales, aluviales, eólicos, fluviales, glaciares o morrenas). (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

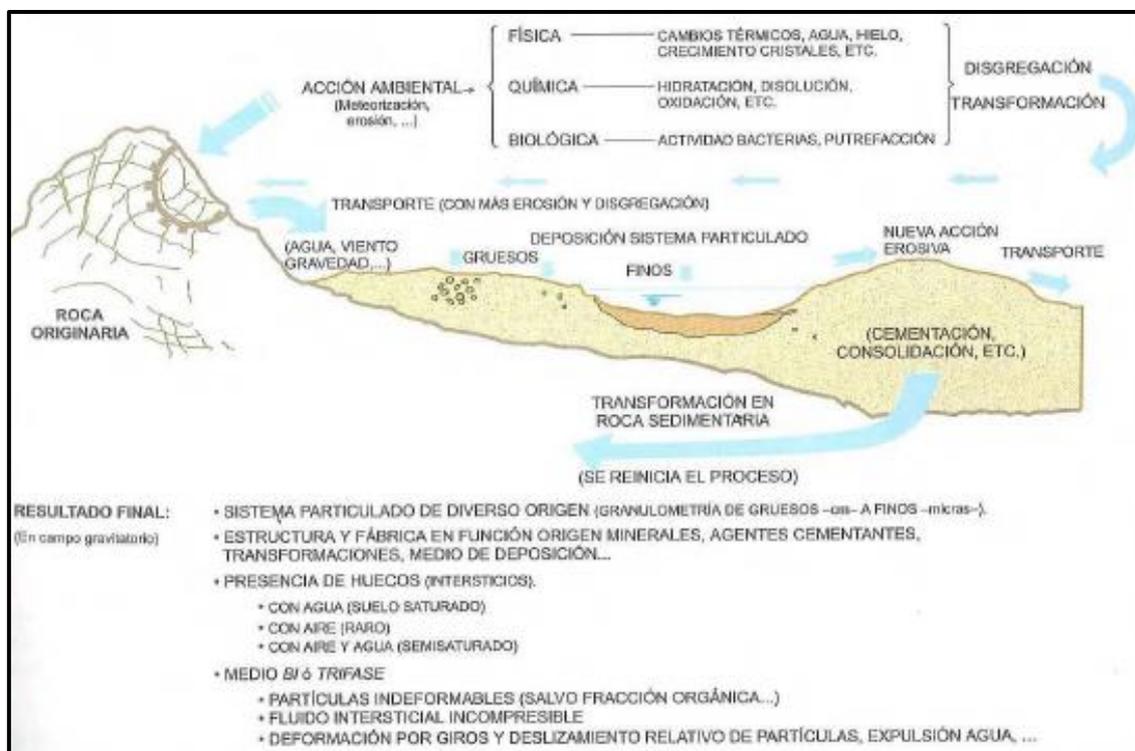


Figura N° 1: Formación del suelo.

Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

2.2.2. Clasificación de los suelos

2.2.2.1. Tipos de suelos

El estudio del suelo como un material es muy complejo, por el tamaño diferente de partículas que presenta cada tipo de suelo, para esto es necesario seguir una metodología establecida por normas técnicas (D.I.N, A.S.T.M, N.T.P, etc) y evaluar sus propiedades física-mecánicas y determinar la calidad del suelo. Así, de acuerdo a su granulometría se han determinado los tipos de algunos suelos:

- Gravas, con partículas de tamaño mayor o igual a 4.76 mm; se caracterizan por ser partículas de irregular tamaño y

observable. Su porcentaje de absorción al contacto con el agua es menor al de las arenas.

- Arenas, con partículas de tamaño mayor o igual a 0.60 mm hasta 2.35 mm; se caracterizan por ser arenas de textura media y gruesa.
- Limos, con partículas de tamaño desde 0.002 mm a 0.060 mm; se caracterizan por ser un tipo de suelo permeable.
- Arcillas, con partículas de tamaño menores o igual a 0.002 mm, se caracterizan por su plasticidad, capacidad de absorción, hidratación e hinchamiento y tixotropía.

(González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

2.2.3. Propiedades de los suelos

2.2.3.1. Granulometría

La Granulometría es la división del suelo en fracciones seleccionadas por cada tamaño de partícula. La división de las partículas se hace por medio de mallas estandarizadas. Para realizar la clasificación del suelo, se debe obtener los resultados del retenido y del porcentaje que pasa cada tamiz de una muestra ensayada.



Figura N° 2: Tamices estandarizados.

Fuente: (Elaboración propia)

Para determinar la proporción granulométrica del material del suelo con partículas menores a 0.0075 mm (Tamiz N°200), se realiza mediante el hidrómetro (vía húmeda).

(Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005)

Tabla N° 2: Tamaño de la serie de tamices estándar

Tamices ASTM	Abertura mm	Material Obtenido	
3"	76.200	Grava ≥ 3/4"	Grava
2 1/2"	63.500		
2"	50.600		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700	Gravilla	
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		
N° 8	2.380	Gruesa	Arena
N° 10	2.000		
N° 16	1.190	Media	
N° 20	0.840		
N° 30	0.590		
N° 40	0.420	Fina	
N° 50	0.300		
N° 60	0.250		
N° 80	0.180		
N° 100	0.149		
N° 200	0.075		

Fuente: (Elaboración propia)

La curva de distribución granulométrica se grafica con los porcentajes que pasa (ordenadas) cada tamiz estandarizado, los cuales se refieren al porcentaje en peso, mientras que el tamaño de las partículas se refiere a las abscisas.

En la Figura N°3 se muestra la granulometría de partículas.

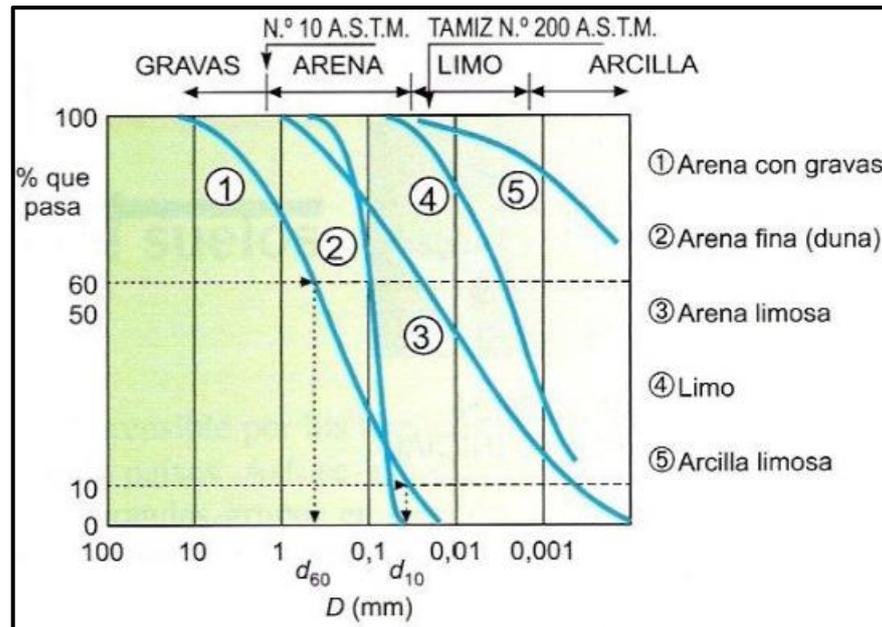


Figura N° 3: Granulometría de partículas.

Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

La curva granulométrica tiene dos coeficientes como indicadores:

El coeficiente de uniformidad (C_u) o coeficiente de Hazen que está relacionado con el origen y que se utiliza para caracterización de partículas en suelos granulares y se define:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

El coeficiente de curvatura (C_c) tiene origen en la curvatura de la curva de la granulometría.

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

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

2.2.3.2. Relaciones entre las fases del suelo

En el suelo podemos distinguir tres fases:

- a. La sólida
- b. La líquida

c. La gaseosa

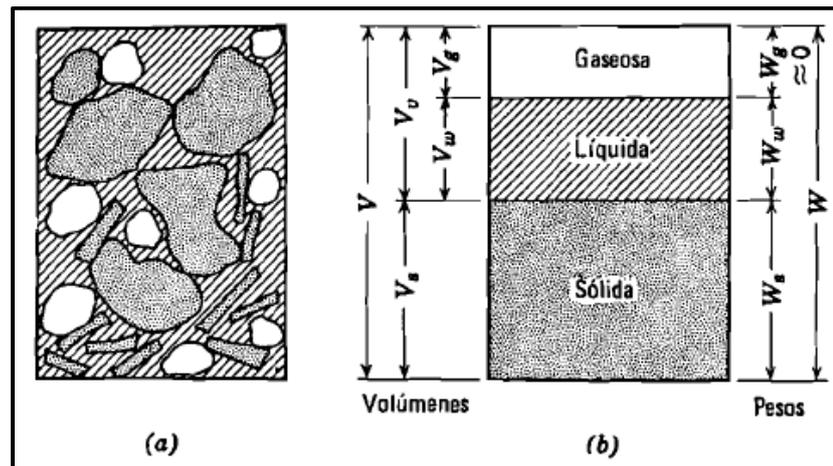


Figura N° 4: Relaciones entre las fases del suelo a) Elemento del suelo natural b) división de un elemento en fases.

Fuente: (Lambe & Whitman, 2004)

Donde:

V = Volumen total

V_w = Volumen del agua

V_g = Volumen de la fase gaseosa

V_s = Volumen de los sólidos

V_v = Volumen de vacíos

W = Peso Total

W_g = Peso de la fase gaseosa

W_w = Peso del agua

W_s = Peso de los sólidos

(Lambe & Whitman, 2004)

A. Peso específico

El peso específico, es la relación que existe entre el peso de una sustancia y el volumen, se define como:

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_s + W_w}{V_m} \quad (3)$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (4)$$

Donde:

γ_o = Peso específico del agua destilada a 4°C de temperatura y sujeto a presión atmosférica a nivel del mar.

γ_{10} = Peso específico del agua a condiciones reales; su valor difiere a del γ_o y en ocasiones ambos son tomados como iguales.

γ_m = Peso específico de la masa del suelo.

γ_s = Peso específico de la fase sólida del suelo.

El peso relativo es la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua destilada a 4°C.

$$S_m = \frac{\gamma_m}{\gamma_o} = \frac{W_m}{V_m \gamma_o} \quad (5)$$

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o} \quad (6)$$

Donde:

S_m = Peso específico relativo de la masa del suelo.

S_s = Peso específico relativo de la fase sólida del suelo.

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

B. Relaciones de volumen

- Porosidad: Es la relación de volumen de vacíos entre el volumen total.

$$\eta (\%) = \frac{V_v}{V} * 100 \quad (7)$$

- Relación de vacíos: Es la relación de volumen de vacíos entre el volumen de los sólidos.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (8)$$

- Grado de saturación: Es la relación de volumen del sólido entre el volumen de vacíos.

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 \quad (9)$$

C. Relaciones en Peso

- Contenido de Humedad: Es la relación del peso de agua entre el peso del sólido.

$$\omega (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (10)$$

(Lambe & Whitman, 2004)

2.2.3.3. Plasticidad (Límites de Atterberg)

Es la propiedad que presenta algunos suelos de ser moldeados sin fracturarse, esto se debe al comportamiento de las arcillas al contacto con el agua.

La plasticidad de los suelos depende de las propiedades de las arcillas al presentar humedad (contenido de humedad), así se consideran dos estados límites:

- El suelo disuelto en agua, el cual tiene un comportamiento viscoso.
- El suelo totalmente seco, no presenta plasticidad y es frágil.

Según Atterberg:

1. La plasticidad es la propiedad que presentan algunos suelos, los suelos gruesos no presentan plasticidad.

2. La plasticidad no es una propiedad permanente en suelos finos, sino es dependiente al contenido de agua que presenten.

Atterberg considero los estados de consistencia debido al contenido de agua decreciente en el suelo.

1. Estado líquido, con apariencia y propiedades de una suspensión.
2. Estado semilíquido, con propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado plástico, con propiedades de comportamiento plástica.
4. Estado semisólido, el suelo toma la apariencia de un sólido, pero disminuye el volumen al secarse.
5. Estado sólido, el volumen del suelo no varía al someterse a secado.

Estas fases del suelo son por los que pasa al irse secando.

Atterberg expuso que la frontera de estado semilíquido y el plástico se denomina limite líquido, que se determina con ciertos ensayos de laboratorio con una copa Casagrande.

La frontera del estado plástico al semisólido se le denomina límite plástico, se determina bajo criterios y ensayos de laboratorio, dependiendo del contenido de humedad del suelo.

El límite líquido y el límite plástico son utilizados para determinar el índice de plasticidad que es utilizado como un parámetro de plasticidad.

$$IP = LL - LP \quad (11)$$

Atterberg también definió: Límite de Adhesión, es el contenido de agua con que la arcilla a su contacto pierde sus propiedades de adherencia con una hoja metálica.

1. Límite de Cohesión, es el contenido de agua donde los grumos de arcilla ya no muestran adherencia entre sí.
2. Límite de contracción, es el contenido de agua con la que el suelo no disminuye su volumen en su estado seco, se presenta en la frontera de los estados de consistencia, semisólido a sólido.

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

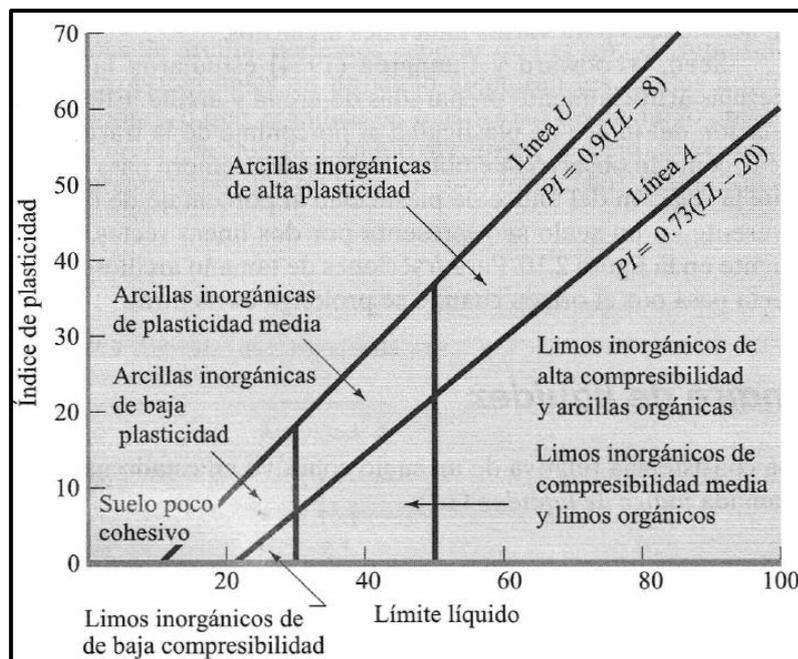


Figura N° 5: Carta de Plasticidad

Fuente: (Das, Fundamentos de Ingeniería geotécnica, 2009)

2.2.3.4. Clasificación de suelos

A. Clasificación SUCS (American Society for Testing Materials)

El sistema unificado de clasificación de suelos identifica los suelos gruesos y finos, a través de la malla N°200. Un suelo grueso se considera si más del 50% es retenido en la malla N°4 y fino si más del 50% pasa la malla N°4.

- Suelos Gruesos

Los símbolos de los suelos grueso están formados por dos letras mayúsculas entre ellos tenemos:

- Las gravas con símbolo G (gravel).
- Las arenas con símbolo S (sand).

Las gravas y arenas se subdividen de la siguiente forma:

- a. Grupos GW y SW
 - b. Grupos GP y SP
 - c. Grupos GM y SM
 - d. Grupos GC y SC
- Suelos finos

Los símbolos de los suelos finos están formados por:

- Limos inorgánicos con símbolo M (del sueco mo y mjala).
- Arcillas inorgánicas con símbolo C (Clay).
- Limos y arcillas orgánicas con símbolo O (organic).

Los suelos finos se subdividen de la siguiente forma:

- a. Grupos CL y CH
- b. Grupos ML y MH
- c. Grupos OL y OH
- d. Grupos Pt

En la Tabla N°3 se muestra la clasificación de suelos ASTM.

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

B. Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

En 1931, el *Bureau of Public Roads* de Estados Unidos, pretende identificar qué tipos de suelos son útiles para la construcción de infraestructuras de carreteras. De acuerdo a lo antes mencionado se diferencian siete (7) grupos de suelos (Tabla N°4), denominados:

- Grupo A-1, con sub-grupos A-1-a y A-1-b, que son fragmentos de piedra grava y arena.
- Grupo A-2, con sub-grupos A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7, que son gravas y arena limosa o arcilla.
- Grupo A-3, este grupo está conformado por arena fina.
- Grupo A-4 y A-5, grupos conformados por arena limosa.
- Grupo A-6 y Grupo A-7 (sub-grupo A-7-5 y A-7-6), grupos conformados por suelos arcillosos.

(Kraemer, y otros, 2004)

Tabla N° 3: Sistema de Clasificación SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$. $C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
					Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $< 5\%$ -> GW, GP, SW, SP. $> 12\%$ -> GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.
					Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	<p style="text-align: center;">Ábaco de Casagrande</p>	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
					<p style="text-align: center;">Suelos muy orgánicos</p>
			PT		Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Fuente: (Kraemer, y otros, 2004)

Tabla N° 4: Sistema de Clasificación AASHTO.

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	50 máx 25 máx	51 mín 10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1):

No plástico

(2):

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: (Kraemer, y otros, 2004)

2.2.3.5. Compactación del suelo

La compactación del suelo es el proceso en el cual se reducen los vacíos del aire mediante una fuerza mecánica (carga dinámica o estática), aumentando la densidad del suelo.

El aumento de la densidad del suelo es producido básicamente por la energía aplicada al suelo y del contenido de humedad óptima.

La compactación del suelo tiene como propósito producir un suelo con ciertas propiedades físico-mecánicas y una calidad aceptable las que puedan contribuir a un proyecto.

(Raj, 2008)

A. Densidad vs Humedad

Para la representación de los estados del suelo en una compactación se utiliza un diagrama de densidad seca vs % humedad. La densidad seca del suelo es un parámetro que mide y evalúa la eficacia de un proceso de compactación.

El grado de compactación es un índice relativo que se mide en referencia a la densidad seca. La finalidad de la compactación no es alcanzar una determinada densidad, si no, dotar al suelo una capacidad de resistencia adecuada e inalterable para una carretera. Por ello, también se requiere evaluar el proceso donde intervienen las siguientes variables:

- La regularidad de la densidad
- La humedad
- La porosidad

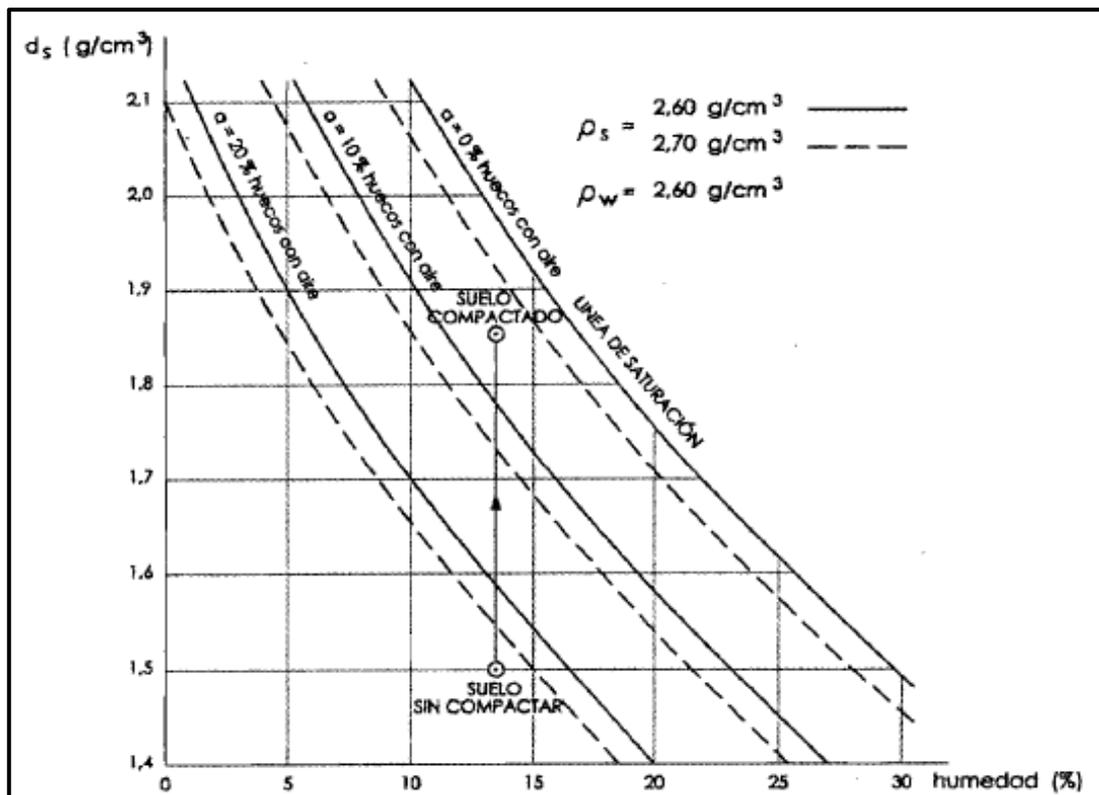


Figura N° 6: Evolución de la densidad de un suelo durante la compactación

Fuente: (Kraemer, y otros, 2004)

B. Variables que interviene en el proceso de compactación

La densidad seca del suelo depende de factores fundamentales como:

- Humedad de compactación.
- Energía de compactación.
- Tipo de suelo (Composición mineralógica, granulometría, plasticidad y forma de las partículas).

En obra, también, debemos considerar algunos factores como:

- El espesor de la capa compactada.
- El número de pasadas del compactador.
- Las condiciones atmosféricas.

- La compacidad de la capa subyacente.

(Kraemer, y otros, 2004)

C. Energía de compactación

La energía de compactación se define como la compactación obtenida por una fuerza mecánica (equipos compactadores) aplicada por un número determinado de veces en capas de un espesor dado.

La energía de compactación puede variar dependiendo al tipo del peso del martillo, número de capas, número de golpes por capa y altura de caída, los que utilizaremos para los ensayos de laboratorio (Proctor Estándar y Proctor Modificado), en campo la compactación se puede aumentar utilizando la maquinaria apropiada y al número de pasadas que la maquina realizara.

(Raj, 2008)

Tabla N° 5: Características de compactación de los distintos tipos de suelos.

Clasificación AASHTO	Ensayo Proctor	
	Densidad Máxima seca (g/cc)	Humedad óptima (%)
A-1	1.85 - 2.25	7 - 15
A-2	1.75 - 2.15	9 - 18
A-3	1.75 - 1.85	9 - 15
A-4	1.50 - 2.10	10 - 20
A-5	1.35 - 1.60	20 - 35
A-6	1.50 - 1.90	10 - 3
A-7-5	1.35 - 1.60	20 - 35
A-7-6	1.45 - 1.85	15 - 30

Fuente: (Kraemer, y otros, 2004)

2.2.3.6. Relación de soporte California (C.B.R)

En 1929 Stanton y Porter desarrollaron el ensayo de relación de soporte california (CBR – California Bearing Ratio), el cual fue puesto en el departamento de la División de Carreteras del

Estado de California (Estados Unidos). En la actualidad este método es uno de los más utilizados en América y Europa para pavimentos flexibles.

El CBR en condiciones de humedad y densidad, mide la resistencia al corte de un suelo mediante la penetración de un pistón a una velocidad constante en una muestra compactada con humedad óptima, sumergida en agua por un periodo de cuatro (4) días y haber medido el hinchamiento del suelo.

(Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

A. Descripción del ensayo

La muestra debe ser preparada de acuerdo al ensayo de compactación (Proctor Modificado) con una humedad óptima (cantidad de agua requerida para la muestra) de un molde de 6" (152.40 mm), teniendo como excepción lo siguiente:

- Si por el tamiz 3/4" (19.05 mm) pasa todo el material de muestra, se utilizará todo el material sin modificación.
- Si por el tamiz 3/4" (19.05 mm) existe material retenido, se reemplazará el material por una cantidad igual y que se retenido en el tamiz N° 4 (4.76 mm).

Una vez preparada la muestra, se procede a la elaboración de tres (3) a nueve (9) moldes por cada muestra, donde, en el interior del espécimen se compacta, aplicando el método de compactación dinámico (Proctor estándar o Proctor modificado), utilizando la cantidad de agua requerida, el número de capas y la cantidad de golpes respectivo que son 55, 26 y 12 por cada capa.

Los especímenes antes de sumergirlos, se toma la primera lectura del hinchamiento mediante un trípode y un dial anotando el día y la hora. A continuación, se sumerge durante cuatro (4) días, el periodo de inmersión puede ser

más corto si se tratase de suelos o materiales granulares, los cuales se saturan en menor tiempo.

Después del periodo de cuatro (4) días de inmersión, se toma la lectura final del hinchamiento y se coloca el espécimen en la prensa con la finalidad de aplicar una sobrecarga a una velocidad de penetración de 1.27 mm (0.05") por minuto. Se anotan las lecturas de las presiones y las cargas cada 0.63 mm (0.025") hasta llegar a 12.70 mm (0.500"), siendo los de mayor influencia 2.54 mm (0.100") y 5.08 mm (0.200").

Finalmente, se desmolda el espécimen y de la parte superior se toma una muestra para determinar la humedad que presenta después de la penetración.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

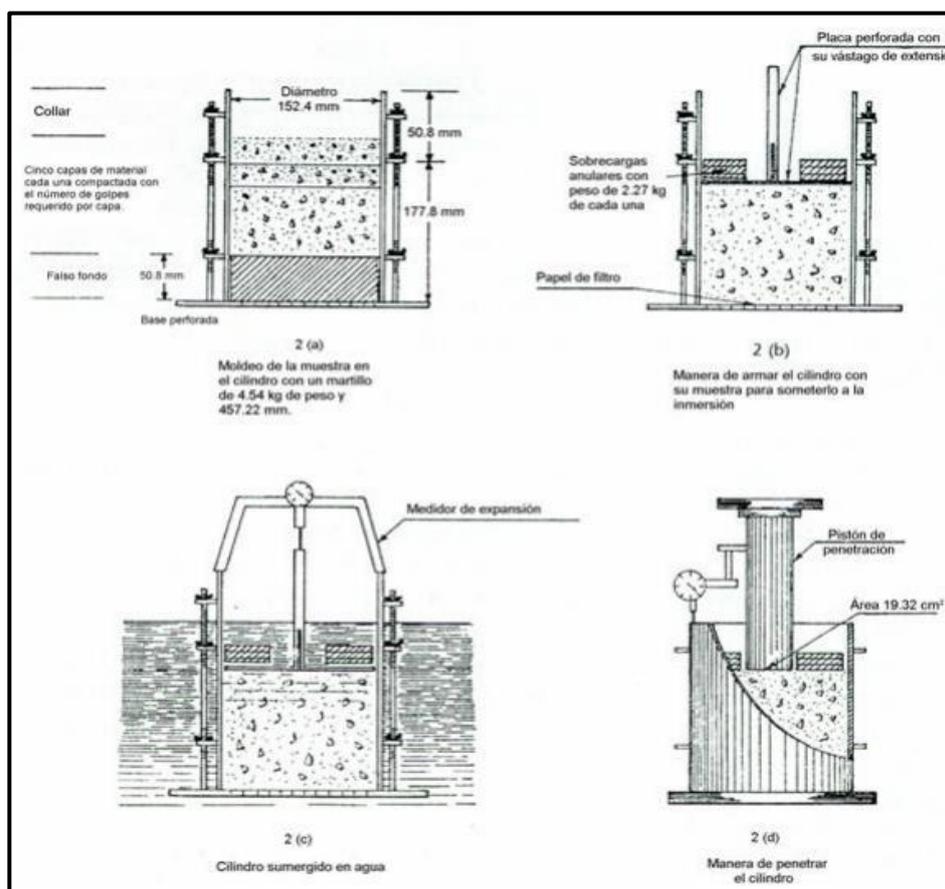


Figura N° 7: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio.

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

B. Índice CBR

Para calcular el valor del índice CBR se procede con lo siguiente:

- Dibujar la curva en relación de las presiones y penetraciones, si la curva presenta un punto de inflexión, se corrige la curva tomando otro origen para determinar las presiones en las penetraciones de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"). Si la curva no presenta punto de inflexión, se determinan directamente las presiones en la curva en las penetraciones de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2").
- De la curva debemos tomar los valores de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2") de los valores de esfuerzo - penetración para calcular la relación de soporte california. Cuando la penetración es mayor en la relación 5.08 mm (0.2") de penetración, se repite el ensayo con la finalidad de comprobar el resultado, si los resultados del ensayo de comprobación son similares o iguales, se utiliza la relación 5.08 mm (0.2") de penetración.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

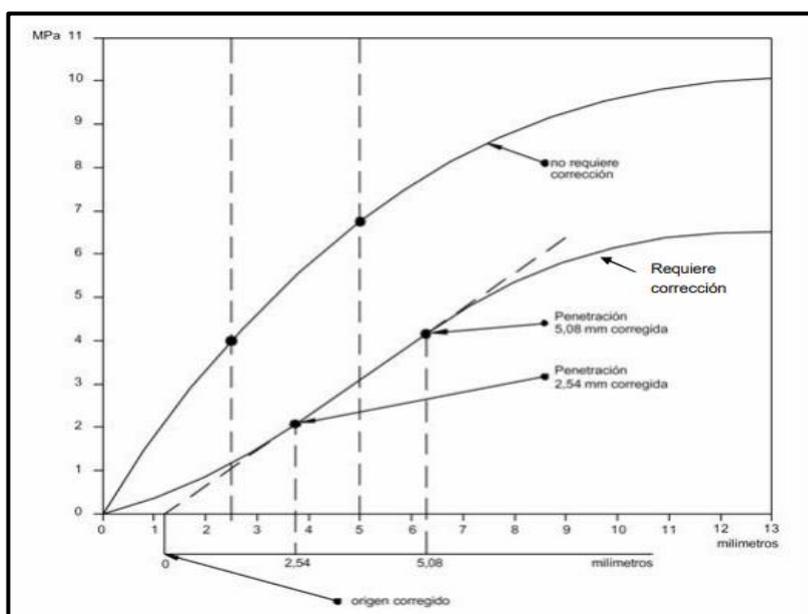


Figura N° 8: Curva para el cálculo del índice CBR.

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

2.2.3.7. Módulo de resiliencia

En 1955, Hveem desarrollo “el comportamiento resiliente de los pavimentos” con la finalidad de caracterizar las subrasantes mediante un estabilómetro, ese mismo año Seed desarrollo pruebas con cargas repetitivas e introduce el nombre módulo de resiliencia.

Seed, define el módulo resiliente, como la relación entre la magnitud del esfuerzo desviador y la deformación axial recuperable de una prueba de compresión triaxial y se representa como:

$$M_r = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}} \quad (12)$$

Donde:

σ_1 = Esfuerzo principal mayor

σ_3 = Esfuerzo principal menor

σ_d = Esfuerzo desviador

ϵ_{axial} = Deformación recuperable

(Moreno Rubio, 2006)

El módulo de resiliencia es uno de los principales parámetros de la estructura del pavimento (Subrasante, Sub-base, base granular y carpeta asfáltica o capa asfáltica), el resiliente recibe cargas cíclicas, las cuales, mantienen un tiempo de reposo entre cada carga aplicada. Para determinar los parámetros del pavimento el módulo resiliente se basa en cálculos de esfuerzos y deformaciones, asumiendo que el material tiene un comportamiento elástico lineal.

(Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

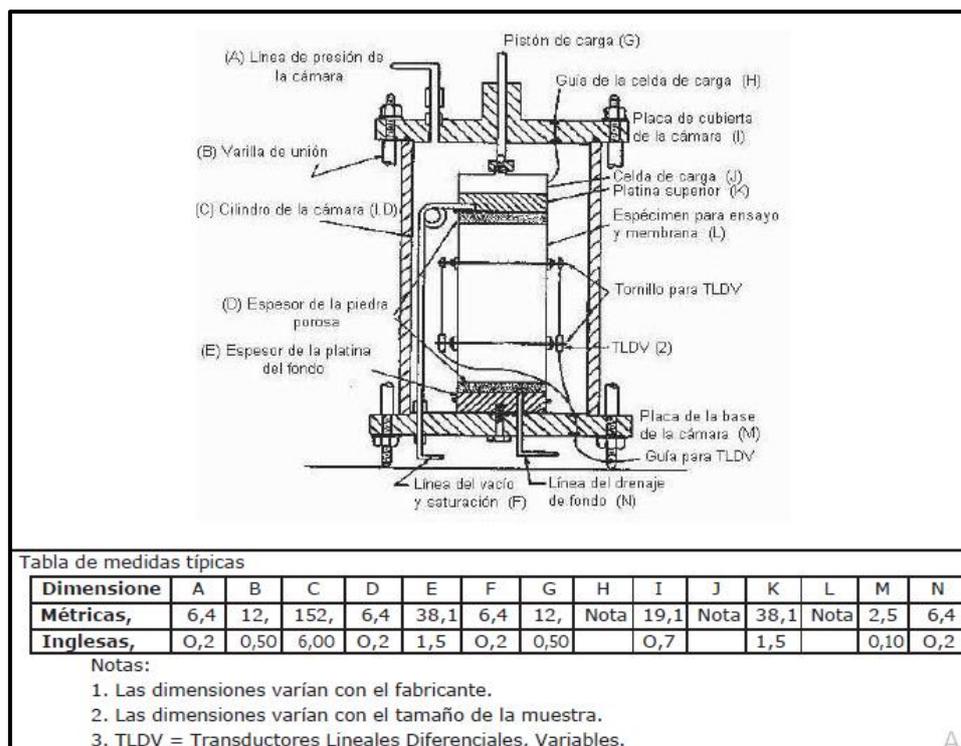


Figura N° 9: Cámara triaxial con TLDV interiores y celda de carga.

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

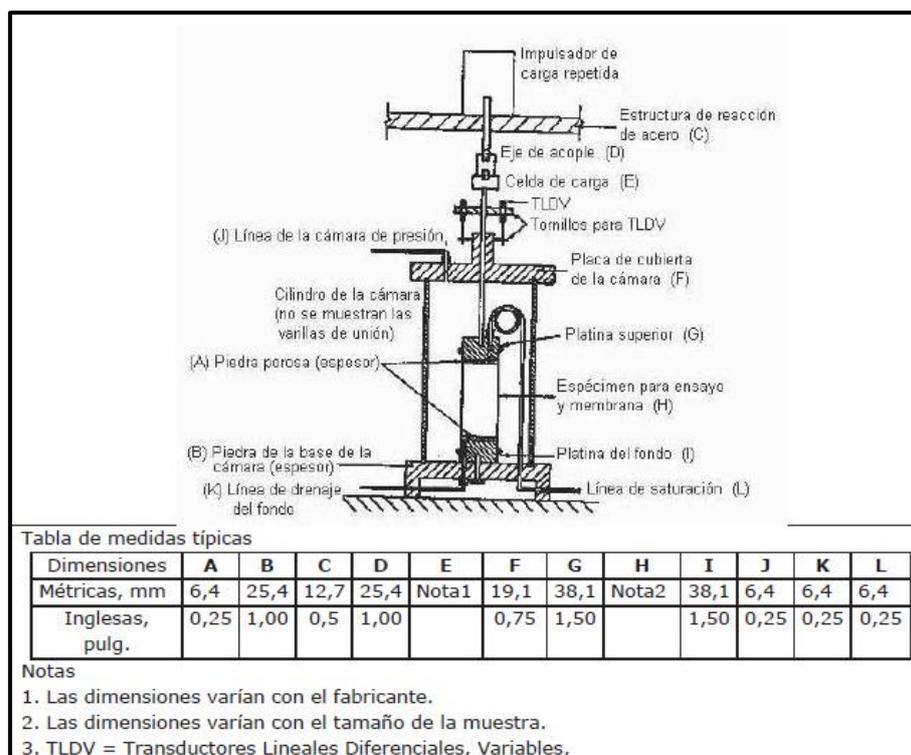


Figura N° 10: Cámara triaxial con TLDV exteriores y celda de carga.

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

A. Correlaciones para predecir el módulo de resiliencia

El Módulo resiliente se puede determinar de tres (3) formas:

- Pruebas de triaxial con carga repetida.
- Correlaciones en base al CBR y propiedades físico - mecánicas.
- Retrocálculo con pruebas no destructivas.

B. Correlación Módulo de Resiliencia con Valor de CBR

Durante los últimos años se han propuesto varios modelos para determinar el módulo resiliente en correlación con el CBR. Sin embargo, se debe conocer, que es una desventaja para ciertos tipos de suelos.

Algunos autores en base a múltiples ecuaciones correlacionan el módulo de resiliencia con el CBR el cual se muestra en la siguiente tabla: (Pérez García, Garnica Anguas, Gonzáles Rufino, Curiel Iñiguez, & Ruiz Sanginez, 2016)

Tabla N° 6: Correlaciones del Módulo de resiliencia y CBR

Relación	Referencia
$M_r = 10 \cdot \text{CBR}$ (Mpa) o $M_r = 1500 \cdot \text{CBR}$ (Psi), para $\text{CBR} < 10\%$	Heukelom y Foster (1960) y Heukelom y Klomp (1962)
$M_r = 10 \cdot \text{CBR}^{0.73}$ (Mpa), para caracterizar subrasante en Dinamarca	Poulsen y Stubstad (1980)
$M_r = 5409 \cdot \text{CBR}^{0.711}$ (Psi)	Green y Hall (1975), Recomendado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos.
$M_r = 14 \cdot \text{CBR}$ (Mpa), para $\text{CBR} < 10\%$	Uzan (1977)
$M_r = 17.6 \cdot \text{CBR}^{0.64}$ (Mpa), para $\text{CBR} < 12\%$	Powell (1984)
$M_r = 3000 \cdot \text{CBR}^{0.65}$	South African Council on Scientific and Industrial Research (CSIR)
$M_r = 2555 \cdot \text{CBR}^{0.64}$ (Psi), para $\text{CBR} < 10\%$	Lister y Powell (1987), Recomendada para la nueva metodología Mecaánico-empírica de diseño MEPDG (2004)
$M_r = 21 \cdot \text{CBR}^{0.65}$ (Mpa)	Ayres (1997)
$M_r = 22.1 \cdot \text{CBR}^{0.55}$ (Mpa), para $12 < \text{CBR} < 80\%$	El MOP (2004) Recomendado por Chile

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015)

2.2.4. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es un proceso, donde, los suelos naturales se someten a tratamiento, para obtener mejores cualidades que muestren

resistencia a la formación, controlar los cambios de volumen, controlar la erosión, etc.

Pérez García, Garnica Anguas, Curiel Iñiguez y Ruiz Sanginez (2016), Pág. 124

2.2.4.1. Tipos de estabilización

A. Estabilización física

Estabilización que se realiza en el suelo o material de agregado para producir cambios físicos, que resistan las deformaciones, entre ellas tenemos como métodos:

- Mezcla de suelos o combinación de suelos.
- Geotextiles
- Vibroflotación
- Consolidación Previa

(Valle Areas, 2010)

B. Estabilización Química

Estabilización con sustancias químicas donde involucra la sustitución de iones y cambios en los suelos.

La estabilización química más común es la estabilización con cal y cemento, también, se utilizan otros productos como: Productos asfálticos, cloruros de sodio, cloruro de calcio, escorias de fundición, polímeros y caucho de neumáticos.

(Valle Areas, 2010)

C. Estabilización Mecánica

Estabilización utilizada en un suelo con ciertas características suficientes y requeridas en cuanto a su granulometría, plasticidad, permeabilidad, etc., con la finalidad que presente resistencia a las deformaciones del suelo, este tipo

de estabilización son más frecuentes en vías de tráfico bajo. (Pérez García, Garnica Anguas, Gonzáles Rufino, Curiel Iñiguez, & Ruiz Sanginez, 2016)

2.2.4.2. Estabilizante propuesto

A. Agua residual como estabilizante

La estabilización de suelos o materiales para base granular en las vías con agua residual, consiste en incorporar a las propiedades del suelo estabilidad mediante la composición que presenta el agua residual (Tabla N°7 – Composición típica del agua residual).

B. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales se caracterizan por el tipo de composición las cuales son:

- Composición física: Las características físicas principales del agua residual son el contenido de sólidos totales, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.
- Composición química: Las características químicas de las aguas residuales son la Materia orgánica (proteínas, hidratos de carbono, grasas, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles, pesticidas y productos químicos de uso agrícola), Medida del contenido orgánico (Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y carbono orgánico) y Materia Inorgánica (Ph, cloruros, alcalinidad, nitrógeno, azufre, compuestos tóxicos inorgánicos, metales pesados, gases, oxígeno disuelto, etc).
- Composición biológica: Las características biológicas de las aguas residuales son los microorganismos (bacterias, hongos, algas, protozoos, virus), Organismos Patógenos y Organismos indicadores de contaminación.

(Metcalf & Eddy, 1998)

Tabla N° 7: Composición típica del agua residual

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l:				
5 días, 20 °C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono Orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	n°/100 ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	<100	100 - 400	>400

a. Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1998)

2.2.5. Control de calidad de Bases granulares

Cuando usamos el terminamos calidad, imaginamos un excelente producto que cumple las expectativas.

Estas expectativas están basadas en los reglamentos, normas y manuales y en el uso debido que utilizemos esta información. Cuando un material o producto sobrepasa las expectativas, lo consideramos calidad. La calidad es intangible y se puede definir como:

$$Q = \frac{P}{E} \quad (13)$$

Donde:

Q = Calidad

P = Desempeño

E = Expectativas

Según la ISO 9000, la calidad se define como el grado en el que un conjunto inherente cumple los requisitos requeridos. Grado significa que se puede usar calidad con adjetivos como mala, buena y excelente, en estos casos de calidad para un material procedente de una cantera se le da los adjetivos de aceptado o rechazado, dado que el requerimiento de calidad en estos casos es más estricto. Inherente podemos definir como que existe algo como un material o producto con características permanente. Las características pueden ser cualitativas o cuantitativas.

La calidad tiene nueve (9) dimensiones que se muestran en la Tabla N°8, con sus significados, las cuales, solo consideramos siete (7) principales para los materiales como tipos de suelos, agregados para concreto, base granular, etc. (Besterfield, 2009)

Las condiciones técnicas requeridas para la calidad de una base granular están normadas por la norma CE.010 (pavimentos urbanos) y el Manual de Carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013). (Contreras Quezada & Herrera Lázaro, 2015)

Tabla N° 8: Las dimensiones de la calidad de un material para base granular

Dimensión	Significado y ejemplo
Desempeño	Características primarias del material, como el comportamiento del material para base.
Propiedades	Características secundarias del material, como las propiedades físico-mecánicas.
Conformidad	Cumple las especificaciones o las normas para un material para base granular; calidad del material.
Confiable	Consistencia de funcionamiento al paso del tiempo; tiempo promedio para que falle el material para base granular.
Durabilidad	Vida útil, cuanto es el tiempo que va a durar y si presentara fallas.
Servicio	Solución de problemas, por si hubiera un percance de acuerdo a factores como el clima.
Respuesta	La interacción que va a tener ese material ante una carga.
Estética	Características superficiales.
Reputación	Desempeño del material en el pasado y en otros lugares.

Fuente: (Elaboración Propia)

2.2.5.1. Requerimiento de calidad para Base granular

Los materiales o agregados destinados para la construcción de base granular deben satisfacer los siguientes requisitos.

a. Granulometría

La composición del material o agregados destinados para base granular, deben, presentar una granulometría continua.

Tabla N° 9: Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N°4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425 µm (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	5 - 15

Gradación A: Se seleccionará esta gradación para zonas con altitud iguales o mayores a 3,000 msnm

Fuente: (American Society for Testing and Materials, ASTM D1241 - Standard Specification for Materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses, 2015)

El material de base granular además debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

Tabla N° 10: Valor Relativo de Soporte, CBR

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

b. Agregado Grueso

El agregado grueso se le denominará al material retenido en la Malla N°4.

Tabla N° 11: Requerimiento de agregado grueso para base granular

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	E 210	80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	E 210	40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	E 207	40% máx.	40% máx.
Partículas Chatas y Alargadas		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles	E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Perdida con Sulfato de Sodio	E 209	-	12% máx.
Perdida con Sulfato de Magnesio	E 209	-	18% máx.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

c. Agregado fino

El agregado fino se le denominará al material que pasa la Malla N°4. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

Tabla N° 12: Requerimiento de agregado fino para base granular

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Índice plástico	E 111	4% Máx.	2% Máx.
Equivalente de arena	E 114	35% Mín.	45% Mín.
Sales solubles	E 219	0.5% Máx.	0.5% Máx.
Durabilidad al sulfato de Magnesio	E 209	-	15% Máx.
Índice de durabilidad	E 214	35% Mín.	35% Mín.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

2.2.6. Evaluación Estadística de los ensayos, pruebas y materiales para su aceptación

La evaluación estadística para ensayos y pruebas en materiales, se les requiere que se le tomen muestra y/o se realicen pruebas con la finalidad de ser aceptados.

a. Sector de control

Corresponde al área o volumen que será evaluada mediante pruebas. Como muestreo se tomará como mínimo 5 muestras, las cuales deben ser evaluadas estadísticamente.

b. Nivel de Calidad

El nivel de calidad se evalúa de acuerdo al grado de exigencia que se aplicara. Se ha determinado dos categorías:

- Categoría 1: Exigencia Alta (No se admite tolerancia).
- Categoría 2: Exigencia normal (Se admite tolerancias).

c. Tolerancia

Son los rangos permitidos por encima o por debajo del valor determinado en un laboratorio.

- Límite superior aceptado (LSA), es el valor obtenido en el laboratorio más tolerancia.
- Límite inferior aceptado (LIA), es el valor obtenido en el laboratorio menos tolerancia. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

2.2.6.1. Cálculo estadístico

Para evaluar la información de calidad estadísticamente de cada prueba se debe seguir lo siguiente:

- Se determina el promedio aritmético (X) y la desviación estándar (S) de la cantidad de muestras (n) que obtengamos de los ensayos o pruebas de laboratorio.
- Calcular el índice de calidad superior (ICS).

$$ICS = \frac{LSA - X}{S} \quad (14)$$

- Calcular el índice de calidad inferior (ICI).

$$ICI = \frac{X - LIA}{S} \quad (15)$$

En la Tabla N°13 se muestra el porcentaje por encima de límite superior al ICS.

- Determinar en la Tabla N°13, el porcentaje por debajo al ICI.
- Calcular el porcentaje de defecto.

$$Pd = Ps + Pi \quad (16)$$

- Obteniendo los resultados con el porcentaje de defecto y el nivel de calidad, se determina en la Tabla N°14 la aceptabilidad o el rechazo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

Tabla N° 13: Porcentaje de trabajo estimado por fuera de los límites de la especificación

Porcentaje estimado por fuera de límites de la especificación (Ps y/o Pi)	Porcentaje de trabajo Estimado por fuera de los límites de la Especificación													
	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 18	n = 23	n = 30	n = 43	n = 67	
						n = 11	n = 14	n = 17	n = 22	n = 29	n = 42	n = 66	n = ∞	
0	1.72	1.88	1.99	2.07	2.13	2.20	2.28	2.34	2.39	2.44	2.48	2.51	2.56	
1	1.64	1.75	1.82	1.88	1.91	1.96	2.01	2.04	2.07	2.09	2.12	2.14	2.16	
2	1.58	1.66	1.72	1.75	1.78	1.81	1.84	1.87	1.89	1.91	1.93	1.94	1.95	
3	1.52	1.59	1.63	1.66	1.68	1.71	1.73	1.75	1.76	1.78	1.79	1.80	1.81	
4	1.47	1.52	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.70	
5	1.42	1.47	1.49	1.51	1.52	1.54	1.55	1.56	1.57	1.58	1.59	1.59	1.60	
6	1.38	1.41	1.43	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.50	1.51	1.51	1.52	
7	1.33	1.36	1.38	1.39	1.40	1.41	1.41	1.42	1.43	1.43	1.44	1.44	1.44	
8	1.29	1.31	1.33	1.33	1.34	1.35	1.35	1.36	1.36	1.37	1.37	1.37	1.38	
9	1.25	1.27	1.28	1.28	1.29	1.29	1.29	1.30	1.30	1.31	1.31	1.31	1.31	
10	1.21	1.23	1.24	1.24	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.26	1.26	
11	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
12	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	
13	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
14	1.07	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	
15	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	
16	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	
17	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
18	0.93	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
19	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	
20	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	
21	0.84	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79	
22	0.81	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	
23	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	
24	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
25	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	
26	0.68	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	
27	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	
28	0.62	0.61	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.57	
29	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54	
30	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	
31	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	
32	0.50	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	
33	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	
34	0.45	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	
35	0.42	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
36	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	
38	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
39	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	
40	0.28	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	

Nota. Si el valor de ICS o ICI no corresponde a un valor en la Tabla, use el próximo valor más bajo, Si ICS o ICI tiene valores negativos. Ps ó Pi será igual a 100 menos el valor de la Tabla para Ps ó Pi.

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

Tabla N° 14: Determinación de aceptabilidad y rechazo

Aceptabilidad Categoría		Porcentaje de defecto calculado $Pd = Ps + Pi$												
		n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10 n = 11	n = 12 n = 14	n = 15 n = 17	n = 18 n = 22	n = 23 n = 29	n = 30 n = 42	n = 43 n = 66	n = 67 n = ∞
1.05	1.10	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.04	1.09	-	-	0	1	3	5	4	4	4	3	3	3	3
1.03	1.08	-	0	2	4	6	8	7	7	6	5	5	4	4
1.02	1.07	-	1	3	6	9	11	10	9	8	7	7	6	6
1.01	1.06	0	2	5	8	11	13	12	11	10	9	8	8	7
1.00	1.05	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
0.99	1.04	24	22	20	19	18	17	16	15	14	13	11	10	9
0.98	1.03	26	24	22	21	20	19	18	16	15	14	13	12	10
0.97	1.02	28	26	24	23	22	21	19	18	17	16	14	13	12
0.96	1.01	30	28	26	25	24	22	21	19	18	17	16	14	13
0.95	1.00	32	29	28	26	25	24	22	21	20	18	17	16	14
0.94	0.99	33	31	29	28	27	25	24	22	21	20	18	17	15
0.93	0.98	35	33	31	29	28	27	25	24	22	21	20	18	16
0.92	0.97	37	34	32	31	30	28	27	25	24	23	21	19	18
0.91	0.96	38	36	34	32	31	30	28	26	25	25	22	21	19
0.90	0.95	39	37	35	34	33	31	29	28	26	26	23	22	20
0.89	0.94	41	38	37	35	34	32	31	29	28	27	25	23	21
0.88	0.93	42	40	38	36	35	34	32	30	29	28	26	24	22
0.87	0.92	43	41	39	38	37	35	33	32	30	29	27	25	23
0.86	0.91	45	42	41	39	38	36	34	33	31	30	28	26	24

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

2.3. Definición de términos

Agua residual: Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por la actividad humana y por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarilla. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014)

Base granular permeable: Son aquellas bases en las que sus características físico-mecánicas contienen alto grado de permeabilidad, estas permiten que el agua en el pavimento drene rápidamente. (Sanchez Sabogal, 2007)

California bearing ratio (CBR): Es una prueba de penetración para evaluar la resistencia y calidad del material a utilizar en la capa base o capa de la subrasante. (Sanchez Sabogal, 2007)

Límite superior de aceptación (LSA): Es el valor superior contemplado en las especificaciones técnicas en el manual de carreteras EG 2013 más la tolerancia establecidas en las especificaciones técnicas o aprobadas por el supervisor de obra. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Límite inferior de aceptación (LIA): Es el valor inferior contemplado en las especificaciones técnicas en el manual de carreteras EG 2013 más la tolerancia establecidas en las especificaciones técnicas o aprobadas por el supervisor de obra. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación reúne las características metodológicas de tipo de investigación exploratorio y descriptivo, basándose en la obtención de información a partir de la observación directa e indirecta y a su vez implica describir eventos, identificando el problema o justificando las condiciones actuales de la investigación.

3.1.2. Diseño de la investigación

La presente investigación es de diseño de laboratorio, reúne características de un ambiente artificial o creado, mediante el uso de un laboratorio de mecánica de suelos.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

3.2.1.1. Descripción de la población

Para la población se obtuvo el material para base granular de la siguiente cantera:

Tabla N° 15: Relación de Cantera proveedora en Carretera Tacna – Palca (Distrito de Pachia)

CANTERA MATERIAL DE BASE GRANULAR	PROCEDENCIA	LUGAR	POTENCIA
1	Carretera Tacna - Palca (Km 27+000)	Cantera Miculla	120000 m ³

Fuente: (Elaboración Propia)

El material elegido para este trabajo de investigación proviene de la Cantera Miculla que se encuentra ubicada en el distrito de Pachia, en el Km 27+000 en la carretera Tacna – Palca.

3.2.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación es de la siguiente forma:

- Material para Base Granular de Cantera Miculla adicionando agua residual.
- Material para Base Granular de Cantera Miculla sin adicionar agua residual.

Teniendo 2 elementos en total.

3.2.2. Muestra

3.2.2.1. Descripción de la muestra

La muestra se obtuvo de los siguientes materiales con su lugar de origen se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 16: Materiales de la Ciudad de Tacna

MATERIAL	PROCEDENCIA	LUGAR
Material para Base Granular	Carretera Tacna - Palca (Km 27+000)	Cantera Miculla
Efluente de Agua residual	Distrito Coronel Gregorio Albarracín L.	Planta de Tratamiento de agua residual (PTAR) Copare

Fuente: (Elaboración Propia)

El material a utilizar es procedente de la cantera Miculla que se ubica en el distrito de Pachia, provincia de Tacna, departamento de Tacna en la Carretera Tacna – Palca Km 27+000.

El agua residual para la estabilización del material para base granular se ubica en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna, Departamento de Tacna en la Planta de Tratamiento de aguas residuales Copare.

3.2.2.2. Cuantificación de la muestra

La cuantificación se consideró el uso de la cantera determinando que el 25% de su explotación es para preparación de concreto, 55% es utilizado en vías urbanas y carreteras; mientras que el 20% es para diferentes tipos de usos (cama de arena, sello de

arena, morteros, etc); teniendo en cuenta el tipo de uso su cuantificación es de la siguiente forma:

- Material para Base Granular de Cantera Miculla sin adicionar agua residual.
 - 15 ensayos de análisis granulométrico por tamizado.
 - 15 ensayos de límites Atterberg.
 - 15 ensayos de compactación de suelos (Proctor Modificado).
 - 15 ensayos de soporte californiano (CBR – laboratorio).
 - 15 ensayos de caras fracturadas.
 - 15 ensayos de terrones de arcilla y partículas friables.
 - 15 ensayos de abrasión Los Ángeles.
 - 15 ensayos de equivalente de arena.
 - 15 ensayos de sales solubles.
 - 15 ensayos de material que pasa la malla N°200.
 - 15 ensayos de partículas chatas y alargadas.
- Material para Base Granular de Cantera Miculla adicionando agua residual.
 - 15 ensayos de límites Atterberg.
 - 15 ensayos de compactación de suelos (Proctor Modificado).
 - 15 ensayos de soporte californiano (CBR – laboratorio).

3.3. Operacionalización de variables

Tabla N° 17: Operacionalización de variables

Variables	Definición	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas	Instrumentación	
					Instrumentos de recolección de datos	Instrumento de medida
1. VARIABLE DEPENDIENTE	De acuerdo al Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos - sección suelos y pavimentos la base granular es una capa compactada de material granular o procesada, con una gradación específica que soporta las cargas y esfuerzos del tránsito vehicular.	- Granulometría	%	Análisis de resultados.	MTC E-204	Horno (estufa), Tamices de malla cuadrada, balanza.
Estabilización de Base Granular.		- Límite Líquido	%		MTC E-110	Copa Casagrande, Horno (estufa), balanza.
		- Límite Plástico	%		MTC E-111	Horno (estufa), Vidrio poroso, balanza.
		- Proctor modificado	%		MTC E-115	Molde, piston, Horno (estufa), balanza.
		- CBR	%		MTC E-132	Molde, piston, Horno (estufa), balanza, prensa.
		- Equivalente de arena.	%		MTC E-114	Probetas de plástico, agua destilada.
		- Sales solubles	%		MTC E-219	Pipetas, mecheros, agua destilada, tubos de ensayo, horno, balanza.
		- Material que pasa la malla N°200.	%		MTC E-202	Tamiz N° 200, horno (estufa), balanza.
		- Partículas chatas y alargadas	%		MTC E-223	Calibrador metálico, balanza, tamices de malla cuadrada.
		- Terrones de arcilla y partículas friables.	%		MTC E-212	Tamices de malla cuadrada, horno (estufa), balanza, agua destilada.
	- Abrasión los ángeles	%	MTC E-207	Tamices de malla cuadrada, equipo para abrasión los ángeles, balanza.		
	- Caras Fracturadas	%	MTC E-210	Tamices de malla cuadrada, balanza.		
2. VARIABLE INDEPENDIENTE	Si consideramos la reutilización de las aguas residuales para la estabilización de una base granular, debemos determinar mediante ensayos de laboratorio si cumple con los parámetros requeridos para el uso de este mismo.	- Reutilización de aguas residuales.	-	Observación y análisis de resultados	-	Análisis de resultados de ensayos de laboratorio
Reutilización de las aguas residuales.		- Estabilización de base granular.	-		-	Análisis de resultados de ensayos de laboratorio

Fuente: (Elaboración Propia)

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas para la recolección de datos

Se realizó las técnicas e instrumentos de recolección de datos en la tabla N°18:

Tabla N° 18: Técnicas de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumento	Procedimiento
Observación	Permitirá identificar los resultados mediante protocolos del material para base granular emitidos del laboratorio Ingeservicios sac.	Certificados de ensayos	Ensayos de laboratorio
Análisis de documentos	Para obtener información sobre los parámetros de calidad para el material de base granular.	Manual de carreteras EG 2013, Manual de ensayos de materiales 2016, CE 010.	-

Fuente: (Elaboración Propia)

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

A. Certificados de ensayos

Se consideró como instrumentos para la recolección de datos los certificados de los ensayos del laboratorio de Ingeservicios sac los cuales fueron desarrollados por la misma empresa y estos fueron:

- Certificados de ensayos de análisis granulométrico por tamizado.
- Certificados de ensayos de caras fracturadas.
- Certificados de ensayos de partículas chatas y alargadas.
- Certificados de ensayos de terrones de arcilla y partículas friables.
- Certificados de ensayos de abrasión los ángeles.
- Certificados de ensayos de equivalente de arena.
- Certificados de ensayos de material que pasa la malla N°200.
- Certificados de ensayos de sales solubles.
- Certificados de ensayos de límites de Atterberg.

- Certificados de ensayos de proctor modificado.
- Certificados de ensayos de soporte california (CBR).

B. Normas y manuales

Se consideró como instrumentos para la recolección de datos las normas y manuales los cuales fueron los siguientes:

- Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013.
- Manual de ensayo de materiales 2016
- Norma CE.010 pavimentos urbanos.

3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento de la recolección de datos se hizo de la siguiente forma:

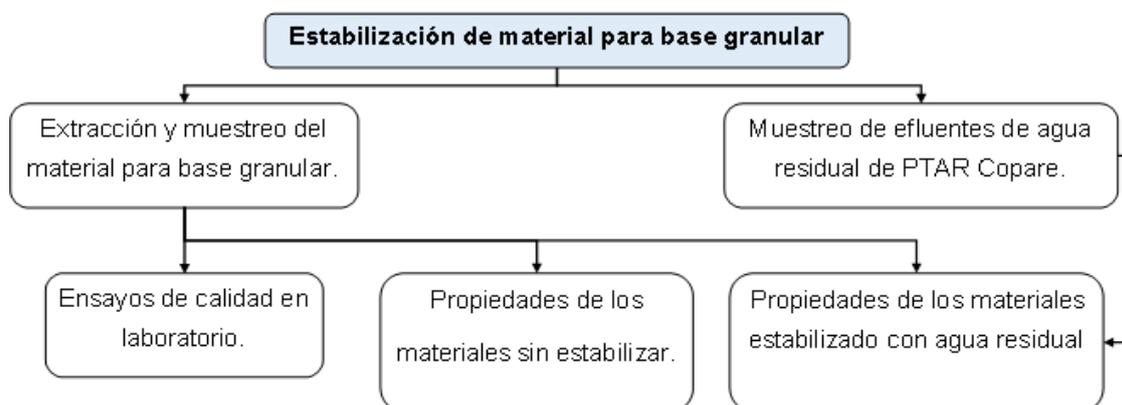


Figura N° 11: Procedimiento para la recolección de datos.

Fuente: (Elaboración propia)

3.4.3.1. Extracción y muestreo del material para base granular

La extracción y muestreo de agregados son importantes, por lo tanto, se debe operar con precaución para obtener muestras representativas del material.

Las muestras obtenidas para los ensayos de calidad y estabilización son extraídas de la cantera Miculla para su aceptación o rechazo.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2001)

A. Equipos y materiales

- Sacos
- Pala
- Pico

B. Procedimiento

La extracción del material para base granular, se obtuvo de la Cantera Miculla ubicada en la Carretera Tacna – Palca Km 27+000.

Coordenadas Este: 384388.43 m E

Coordenadas Norte: 8021086.77 m S



Figura N° 12: Ubicación de Cantera Miculla

Fuente: (Google Earth)

Se tomaron muestras representativas en 45 sacos de 50 kg, para sus respectivos ensayos de calidad.

3.4.3.2. Muestreo de efluentes de agua residual de PTAR Copare

A. Equipos y materiales

- Recipiente de 20 litros
- Guantes desechables
- Mascarillas

B. Procedimiento

El muestreo se realizó en los efluentes de la planta de tratamiento de agua residual Copare (PTAR Cono sur) ubicada en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

Coordenadas Este: 366425.73 m E

Coordenadas Norte: 8004940.38 m S



Figura N° 13: Ubicación de PTAR Copare

Fuente: (Google Earth)

Se tomaron muestras representativas en recipientes en 15 recipientes de 20 litros, para el uso respectivo en los ensayos de estabilización.

3.4.3.3. Ensayos de calidad en laboratorio

3.4.3.3.1. Análisis Granulométrico por tamizado

Este ensayo se utiliza para determinar la gradación del material para base granular. El resultado se utiliza para determinar la distribución del tamaño de la partícula del material.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

A. Equipos y materiales

- Balanza.
- Horno.
- Tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°40, N°100 y N°200.
- Tamizadora mecánica.

B. Procedimiento

Se cuarteo las muestras de material para base granular y tomando una porción de 10 a 20 kg y luego se puso en el horno durante 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Transcurrida las 24 horas en el horno la muestra, se retira y se deja enfriar la muestra, para pesarla y obtener nuestro peso seco de la muestra (W_{seco}), luego se lava la muestra por la malla N°200 para eliminar las partículas más finas, después del lavado de la muestra se puso al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Luego se retira la muestra del horno y se puso a enfriar, la muestra la fría se pesa y obtener el peso de la muestra seca después del lavado ($W_{\text{después del lavado}}$).

Finalmente, la muestra se pasa por los tamices requeridos en el ítem A y se pesa el retenido en cada malla.

(American Society of Testing, 1998)

3.4.3.3.2. Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso

El propósito de este ensayo es maximizar la resistencia al corte mediante el incremento de la fricción de las partículas gruesas. Otro de los propósitos es estabilizar mediante el agregado grueso que son utilizados para tratamiento superficiales y proporcionar un mejor incremento de la fricción de las partículas en capas de rodaduras.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

A. Equipos y materiales

- Balanza.
- Horno.
- Tamices 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y 3/8".

B. Procedimiento

Se lavó la muestra para retirar cualquier material fino que se presentara en el material a ensayar, luego se metió al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, ya transcurrido el tiempo de secado se pone a enfriar la muestra y se pesa para obtener el peso seco del material (W_{seco}).

Posteriormente se realizó el tamizado con las mallas requeridas en el ítem A y el retenido de cada malla se pesó.

El retenido de cada malla se extendió en una superficie plana y con el área adecuada y se realizó la inspección de las partículas con la finalidad de determinar si tienen una cara fracturada o más de una cara fracturada y finalmente se pesa las muestras de una cara o más de una cara fracturada.

(American Society of Testing Materials, 2017)

3.4.3.3.3. Partículas chatas y alargadas

Las partículas chatas o alargadas en un material o agregado pueden interferir en la consolidación del material en el momento del colocado.

A. Equipos y materiales

- Calibrador proporcional.
- Balanza.
- Horno.
- Tamices 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y 3/8".

B. Procedimiento

Se cuarteo una muestra representativa y se lava para retirar todo el material fino que contengan el agregado grueso, luego se puso al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y ya concluido el tiempo de secado se puso a enfriar y pesar la masa total.

El material ya pesado se pasó por las mallas requeridas en el ítem A, el retenido de cada tamiz se pesa y finalmente se hizo la inspección de las partículas chatas o alargadas con el calibrador proporcional con la finalidad de saber cuánto es el porcentaje que representan las partículas antes mencionadas.

(American Society of Testing Materials, ASTM D4791 - Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate, 2019)

3.4.3.3.4. Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")

A. Equipos y materiales

- Máquina de Los Ángeles.
- Balanza.
- Tamiz N°12

B. Procedimiento

Se cuarteo y se tamizo la muestra de acuerdo a la gradación correspondiente mostradas en el manual ensayo de materiales, 2016 (MTC E 207).

Se colocó la muestra de ensayo en la máquina de los Ángeles, al finalizar el ensayo se pasa por el tamiz N°12 para obtener el resultado del desgaste de la muestra gruesa.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, NTP 400.019 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles, 2014)

3.4.3.3.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

Este ensayo asigna una cantidad relativa de fineza al material arcilloso presente en las muestras.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

A. Equipo y materiales

- Cilindros graduados
- Agitador manual
- Tamiz N°4
- Embudo
- Reloj
- Stock de solución
- Lata de medición

B. Procedimiento

Se separó el material por el tamiz N°4 y se puso al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, ya transcurrido el tiempo de secado se pesó tres (3) muestras en la lata de medición.

Se vertió el reactivo en los cilindros graduados hasta una altura de 4" y se echa el material pesado en la lata de medición.

El material ya puesto en los cilindros graduados se agito manualmente durante 1 minuto y después de 10 minutos se empezó a rociar con el reactivo y luego de 20 minutos se toman las medidas.

(American Society of Testing Materials, ASTM D2419 - 14 - Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate, 2014)

3.4.3.4. Propiedades del material sin estabilizar**3.4.3.4.1. Límite líquido****A. Equipos y materiales**

- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Horno.
- Balanza.

B. Procedimiento

Se colocó una porción de muestra mezclada con agua destilada en la copa Casagrande, utilizando el acanalador se dividió la muestra contenida en la copa Casagrande creando una ranura a través de la muestra.

Luego se registró el número de golpes, en la cual se cerró la ranura en la muestra contenida en la Copa Casagrande.

Finalmente determinamos la humedad de la muestra de acuerdo al ensayo de contenido de humedad.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales, 2014)

3.4.3.4.2. Límite Plástico

A. Equipos y materiales

- Balanza
- Espátula
- Horno
- Agua destilada
- Vidrio reloj

B. Procedimiento

Se moldeó una muestra en forma de rueda añadiéndole agua destilada, desmoronándose la muestra y no formando un elipsoide determinando que el ensayo culminó y no mostrando límite plástico la muestra.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales, 2014)

3.4.3.4.3. Proctor modificado

A. Equipos y materiales

- Pisón.
- Molde de 6 pulgadas.
- Balanza.
- Horno

B. Procedimiento

Se prepararon cuatro (4) muestras de 7 kg sin presencia de piedra mayor a 1/2" y se le añadió 2, 4, 6 y 8% de agua, para luego compactar en 5 capas con el pisón a 56 golpes por cada capa del molde.

Luego se extrae muestras y se llevan al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, donde finalmente se determinó la humedad de la muestra.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

3.4.3.4.4. California Bearing Ratio

A. Equipos y materiales

- Prensa Cbr
- Molde de metal

- Disco espaciador
- Pisón
- Manómetro con aparato medidos de expansión
- Pesas
- Horno
- Balanza

B. Procedimiento

Se prepararon tres (3) muestras de 7 kg con el porcentaje de humedad optima ya determinado con el ensayo de proctor modificado, las muestras preparadas fueron para 12, 26 y 55 golpes respectivamente con 5 capas cada una y se sumerge durante 4 días.

Ya transcurrido los 4 días se retiran las muestras y se dejó escurrir para luego ensayarla en la prensa CBR durante 10 minutos en base a una carga puntual.

Finalmente se extrajeron pequeñas muestras de los moldes ensayados en la prensa cbr con la finalidad de obtener su humedad.

(American Society for Testing and Materials, 2016)

3.4.3.5. Propiedades de los materiales estabilizado con agua residual

Para que el material para base granular sea estabilizada, se dejó sumergido el material durante 24 horas y luego la colocamos al horno para su secado y realizar los ensayos de laboratorio requeridos.

3.4.3.5.1. Límite líquido

A. Equipos y materiales

- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Horno.
- Balanza.

B. Procedimiento

Se colocó una porción de muestra mezclada con agua residual en la copa Casagrande, utilizando el acanalador se dividió la muestra contenida en la copa Casagrande creando una ranura a través de la muestra.

Luego se registró el número de golpes, en la cual se cerró la ranura en la muestra contenida en la Copa Casagrande.

Finalmente determinamos la humedad de la muestra de acuerdo al ensayo de contenido de humedad.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales, 2014)

3.4.3.5.2. Límite plástico

A. Equipos y materiales

- Balanza
- Espátula
- Horno
- Agua destilada

- Vidrio reloj

B. Procedimiento

Se moldeó una muestra en forma de rueda añadiéndole agua destilada, desmoronándose la muestra y no formando un elipsoide determinando que el ensayo culminó y no mostrando límite plástico la muestra.

(Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales, 2014)

3.4.3.5.3. Proctor modificado

A. Equipos y materiales

- Pisón.
- Molde de 6 pulgadas.
- Balanza.
- Horno

B. Procedimiento

Se prepararon cuatro (4) muestras de 7 kg sin presencia de piedra mayor a $\frac{1}{2}$ " y se le añadió 2, 4, 6 y 8% de agua, para luego compactar en 5 capas con el pisón a 56 golpes por cada capa del molde.

Luego se extrae muestras y se llevan al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, donde finalmente se determinó la humedad de la muestra.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

3.4.3.5.4. California Bearing Ratio

A. Equipos y materiales

- Prensa Cbr
- Molde de metal
- Disco espaciador
- Pisón
- Manómetro con aparato medidos de expansión
- Pesas
- Horno
- Balanza

B. Procedimiento

Se prepararon tres (3) muestras de 7 kg con el porcentaje de humedad optima ya determinado con el ensayo de proctor modificado, las muestras preparadas fueron para 12, 26 y 55 golpes respectivamente con 5 capas cada una y se sumerge durante 4 días.

Ya transcurrido los 4 días se retiran las muestras y se dejó escurrir para luego ensayarla en la prensa CBR durante 10 minutos en base a una carga puntual.

Finalmente se extrajeron pequeñas muestras de los moldes ensayados en la prensa cbr con la finalidad de obtener su humedad.

(American Society for Testing and Materials, 2016)

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para la determinar la calidad y estabilización del material para base granular de la cantera Miculla se consideró lo siguiente:

3.5.1. Ensayos de calidad

3.5.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

Este ensayo se realizó de acuerdo a las gradaciones estipuladas en el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 19: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-01)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	845.68	5.63	5.63	94.37		
1"	25.400	935.44	6.23	11.85	88.15	75	95
3/4"	19.050	720.03	4.79	16.65	83.35		
1/2"	12.700	1737.82	11.57	28.21	71.79		
3/8"	9.525	827.02	5.50	33.72	66.28	40	75
1/4"	6.350	1358.26	9.04	42.76	57.24		
N°4	4.760	986.66	6.57	49.32	50.68	30	60
N°10	2.000	1869.29	12.44	61.76	38.24	20	45
N°40	0.420	2245.92	14.95	76.71	23.29	15	30
N°100	0.149	1064.64	7.09	83.80	16.20		
N°200	0.075	709.90	4.72	88.52	11.48	5	15
BASE		1724.36	11.48	100.00	0.00	-	-
TOTAL		15025.00				Peso de la Muestra Seca (g) = 15025.00	
% Perdida		9.48				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 13600.64	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

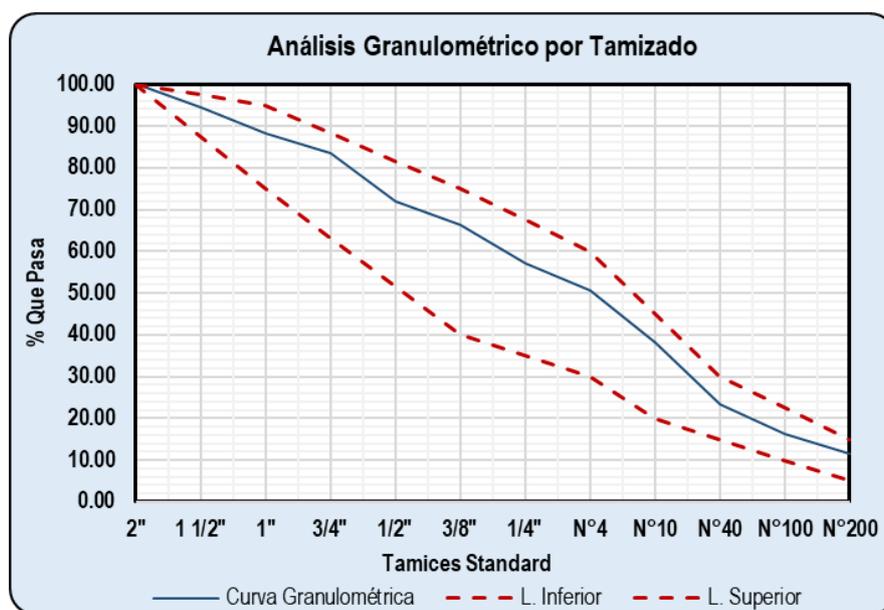


Figura N° 14: Curva granulométrica del material para base granular (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 20: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-02)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	1048.09	6.54	6.54	93.46		
1"	25.400	851.44	5.31	11.85	88.15	75	95
3/4"	19.050	1583.17	9.88	21.73	78.27		
1/2"	12.700	2065.48	12.89	34.62	65.38		
3/8"	9.525	930.94	5.81	40.43	59.57	40	75
1/4"	6.350	844.67	5.27	45.71	54.29		
N°4	4.760	1171.70	7.31	53.02	46.98	30	60
N°10	2.000	2619.40	16.35	69.36	30.64	20	45
N°40	0.420	1213.60	7.57	76.94	23.06	15	30
N°100	0.149	1213.41	7.57	84.51	15.49		
N°200	0.075	692.49	4.32	88.83	11.17	5	15
BASE		1789.53	11.17	100.00	0.00	-	-
TOTAL		16023.92				Peso de la Muestra Seca (g) = 16023.92	
% Perdida		10.16				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14396.27	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

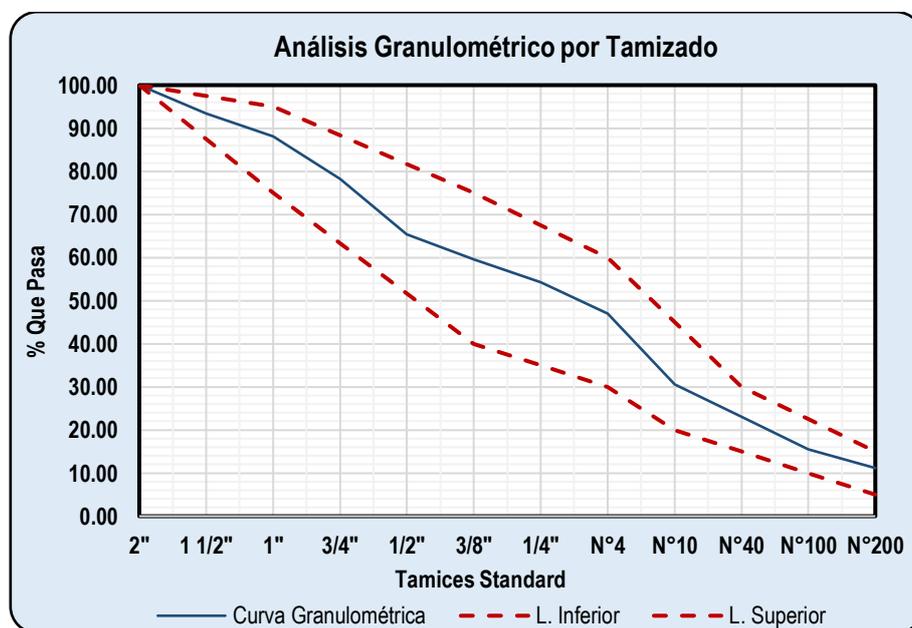


Figura N° 15: Curva granulométrica del material para base granular (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 21: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-03)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	564.43	3.54	3.54	96.46		
1"	25.400	782.51	4.91	8.45	91.55	75	95
3/4"	19.050	850.88	5.34	13.79	86.21		
1/2"	12.700	1446.01	9.07	22.85	77.15		
3/8"	9.525	1251.94	7.85	30.71	69.29	40	75
1/4"	6.350	1542.81	9.68	40.38	59.62		
N°4	4.760	1238.34	7.77	48.15	51.85	30	60
N°10	2.000	1962.37	12.31	60.46	39.54	20	45
N°40	0.420	2283.40	14.32	74.78	25.22	15	30
N°100	0.149	1101.86	6.91	81.69	18.31		
N°200	0.075	1445.53	9.07	90.76	9.24	5	15
BASE		1473.51	9.24	100.00	0.00	-	-
TOTAL		15943.60				Peso de la Muestra Seca (g) = 15943.60	
% Perdida		8.39				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14605.71	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

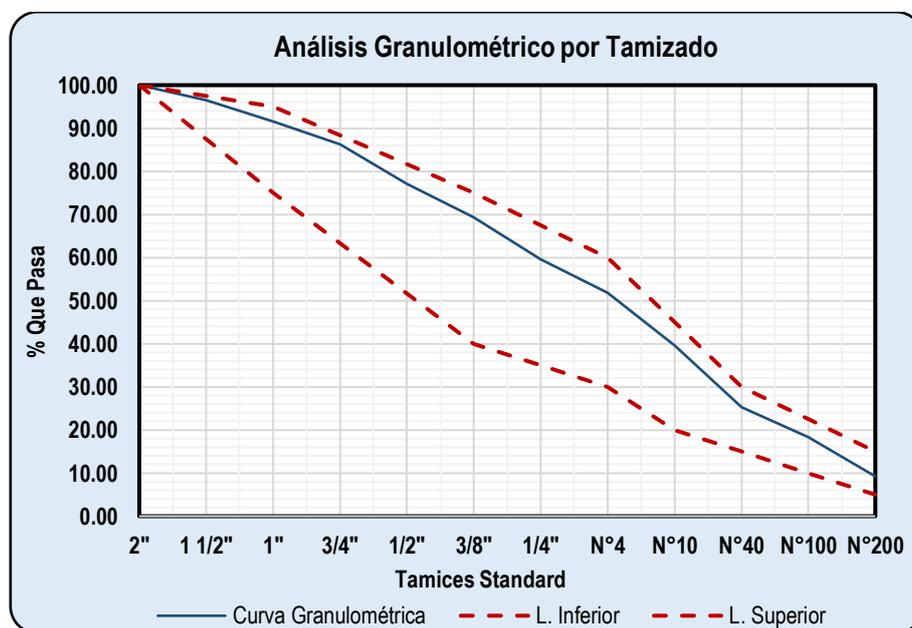


Figura N° 16: Curva granulométrica del material para base granular (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 22: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-04)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	840.07	4.84	4.84	95.16		
1"	25.400	943.50	5.44	10.28	89.72	75	95
3/4"	19.050	654.32	3.77	14.05	85.95		
1/2"	12.700	1160.66	6.69	20.74	79.26		
3/8"	9.525	1868.40	10.77	31.50	68.50	40	75
1/4"	6.350	1799.65	10.37	41.87	58.13		
N°4	4.760	1112.31	6.41	48.28	51.72	30	60
N°10	2.000	1642.22	9.46	57.74	42.26	20	45
N°40	0.420	2570.92	14.81	72.56	27.44	15	30
N°100	0.149	1431.74	8.25	80.81	19.19		
N°200	0.075	858.64	4.95	85.76	14.24	5	15
BASE		2472.14	14.24	100.00	0.00	-	-
TOTAL		17354.58				Peso de la Muestra Seca (g) = 17354.58	
% Perdida		13.70				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14976.25	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

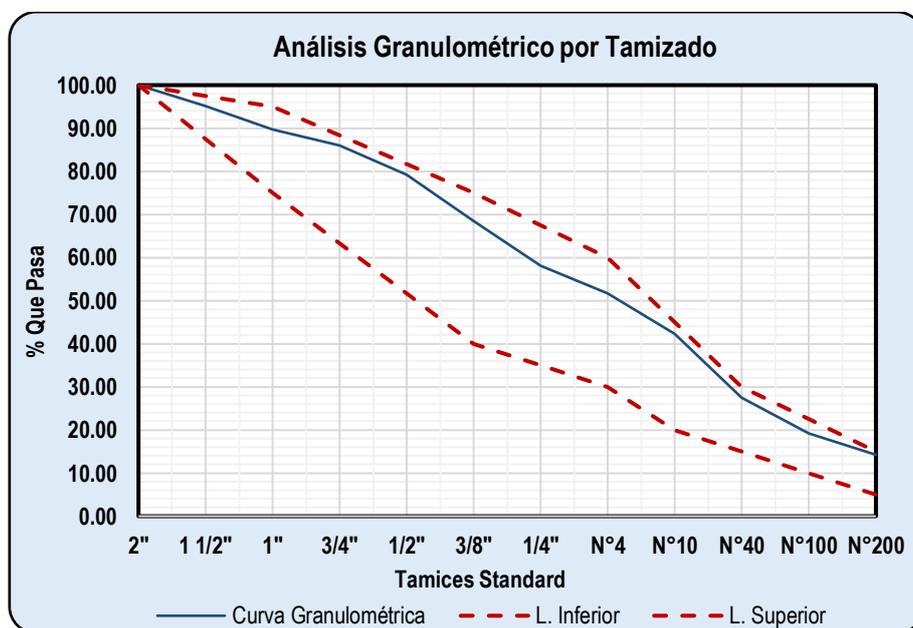


Figura N° 17: Curva granulométrica del material para base granular (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 23: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-05)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	965.28	5.82	5.82	94.18		
1"	25.400	983.41	5.93	11.75	88.25	75	95
3/4"	19.050	518.26	3.13	14.88	85.12		
1/2"	12.700	1667.46	10.06	24.93	75.07		
3/8"	9.525	885.54	5.34	30.28	69.72	40	75
1/4"	6.350	2418.40	14.59	44.86	55.14		
N°4	4.760	910.43	5.49	50.35	49.65	30	60
N°10	2.000	1749.17	10.55	60.90	39.10	20	45
N°40	0.420	2752.57	16.60	77.50	22.50	15	30
N°100	0.149	757.81	4.57	82.07	17.93		
N°200	0.075	1017.06	6.13	88.21	11.79	5	15
BASE		1955.66	11.79	100.00	0.00	-	-
TOTAL		16581.04				Peso de la Muestra Seca (g) = 16581.04	
% Perdida		10.75				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14797.75	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

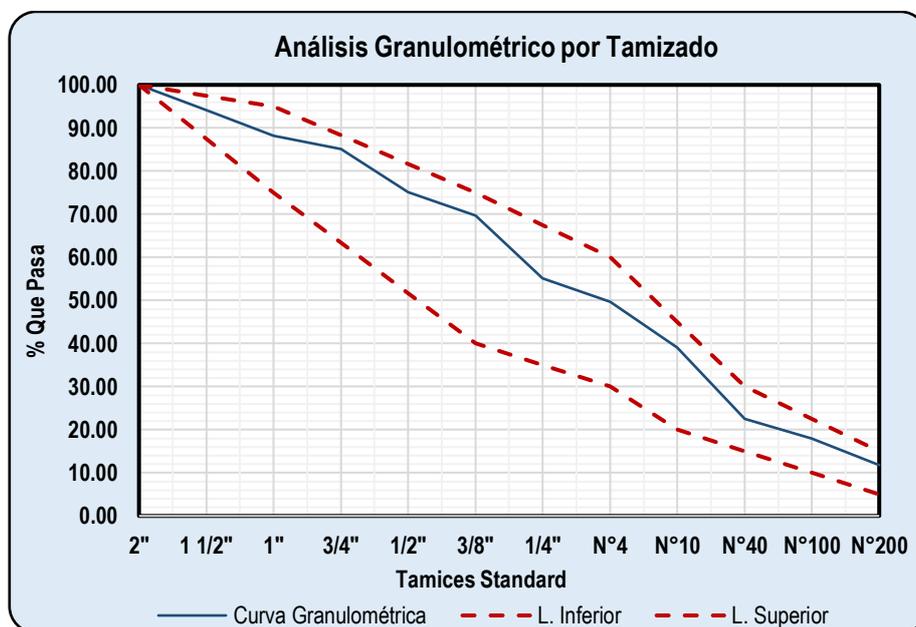


Figura N° 18: Curva granulométrica del material para base granular (BG-05)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 24: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-06)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	831.66	5.29	5.29	94.71		
1"	25.400	293.82	1.87	7.15	92.85	75	95
3/4"	19.050	839.31	5.33	12.49	87.51		
1/2"	12.700	1155.40	7.34	19.83	80.17		
3/8"	9.525	1097.28	6.97	26.80	73.20	40	75
1/4"	6.350	1358.64	8.63	35.44	64.56		
N°4	4.760	1487.08	9.45	44.89	55.11	30	60
N°10	2.000	2071.73	13.17	58.05	41.95	20	45
N°40	0.420	3046.46	19.36	77.41	22.59	15	30
N°100	0.149	1013.68	6.44	83.85	16.15		
N°200	0.075	638.68	4.06	87.91	12.09	5	15
BASE		1902.42	12.09	100.00	0.00	-	-
TOTAL		15736.17				Peso de la Muestra Seca (g) = 15736.17	
% Perdida		10.04				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14156.95	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

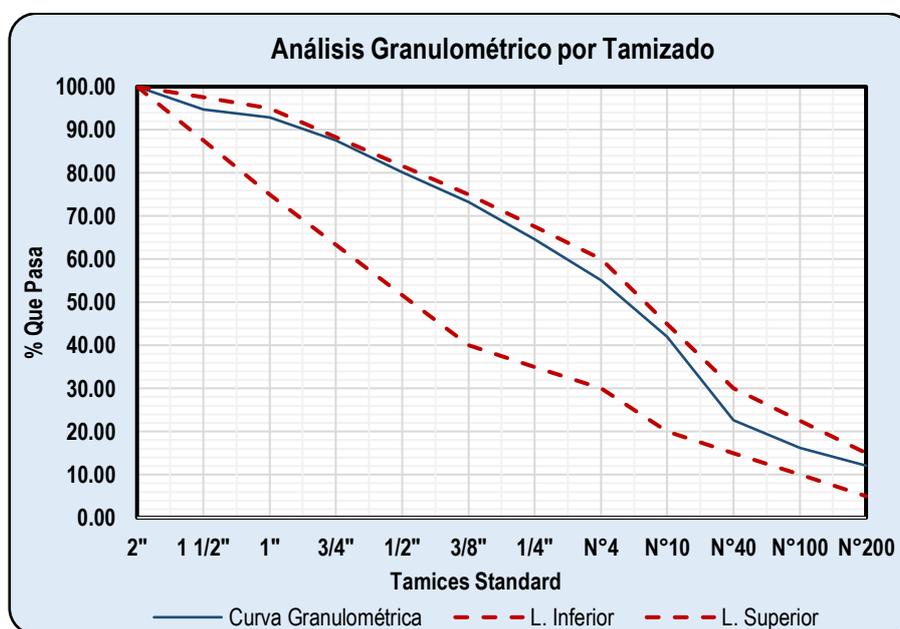


Figura N° 19: Curva granulométrica del material para base granular

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 25: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-07)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	1029.17	6.74	6.74	93.26		
1"	25.400	784.60	5.14	11.88	88.12	75	95
3/4"	19.050	1348.15	8.83	20.71	79.29		
1/2"	12.700	1929.33	12.64	33.35	66.65		
3/8"	9.525	962.49	6.30	39.66	60.34	40	75
1/4"	6.350	1011.74	6.63	46.28	53.72		
N°4	4.760	1155.41	7.57	53.85	46.15	30	60
N°10	2.000	2568.35	16.82	70.68	29.32	20	45
N°40	0.420	1744.92	11.43	82.11	17.89	15	30
N°100	0.149	602.40	3.95	86.05	13.95		
N°200	0.075	528.10	3.46	89.51	10.49	5	15
BASE		1601.34	10.49	100.00	0.00	-	-
TOTAL		15266.00				Peso de la Muestra Seca (g) = 15266.00	
% Perdida		9.91				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 13752.59	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

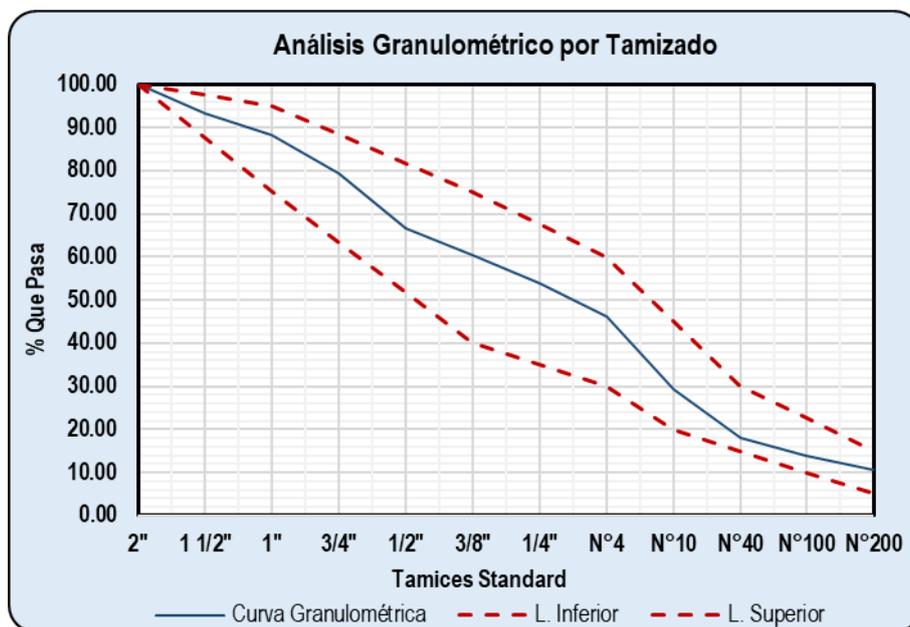


Figura N° 20: Curva granulométrica del material para base granular (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 26: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-08)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	779.44	4.96	4.96	95.04		
1"	25.400	1159.70	7.38	12.35	87.65	75	95
3/4"	19.050	696.66	4.44	16.78	83.22		
1/2"	12.700	1816.62	11.56	28.35	71.65		
3/8"	9.525	1014.34	6.46	34.80	65.20	40	75
1/4"	6.350	1291.60	8.22	43.03	56.97		
N°4	4.760	1362.82	8.68	51.70	48.30	30	60
N°10	2.000	1786.13	11.37	63.07	36.93	20	45
N°40	0.420	2439.34	15.53	78.60	21.40	15	30
N°100	0.149	923.43	5.88	84.48	15.52		
N°200	0.075	1192.88	7.59	92.07	7.93	5	15
BASE		1244.94	7.93	100.00	0.00	-	-
TOTAL		15707.90				Peso de la Muestra Seca (g) = 15707.90	
% Perdida		6.22				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 14731.34	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

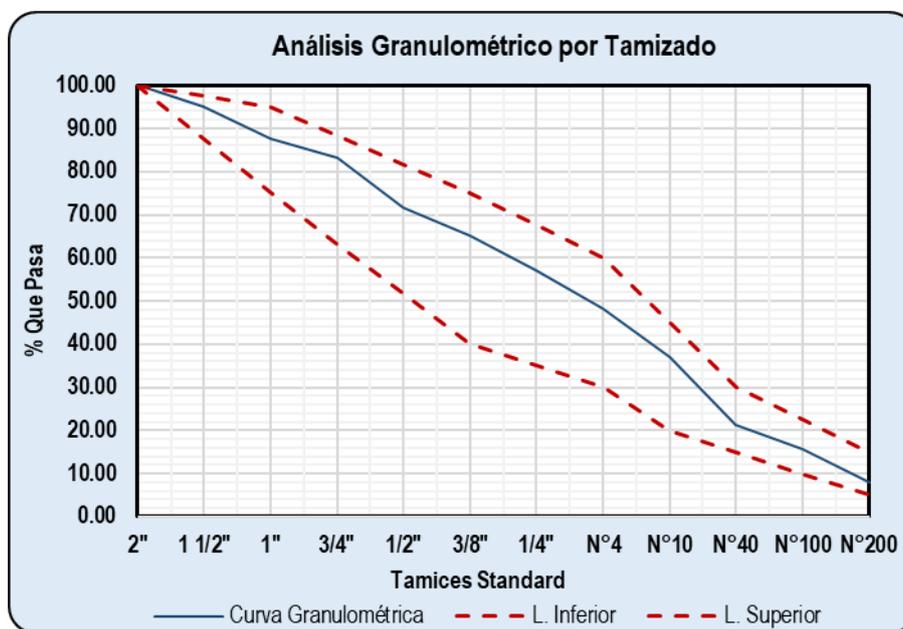


Figura N° 21: Curva granulométrica del material para base granular (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 27: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-09)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	1200.96	6.80	6.80	93.20		
1"	25.400	391.79	2.22	9.02	90.98	75	95
3/4"	19.050	1165.07	6.60	15.63	84.37		
1/2"	12.700	2321.88	13.16	28.78	71.22		
3/8"	9.525	1066.11	6.04	34.82	65.18	40	75
1/4"	6.350	1959.78	11.10	45.93	54.07		
N°4	4.760	835.37	4.73	50.66	49.34	30	60
N°10	2.000	1929.43	10.93	61.59	38.41	20	45
N°40	0.420	2743.52	15.54	77.14	22.86	15	30
N°100	0.149	1424.35	8.07	85.21	14.79		
N°200	0.075	940.40	5.33	90.53	9.47	5	15
BASE		1670.80	9.47	100.00	0.00	-	-
TOTAL		17649.45				Peso de la Muestra Seca (g) = 17649.45	
% Perdida		7.74				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 16283.09	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

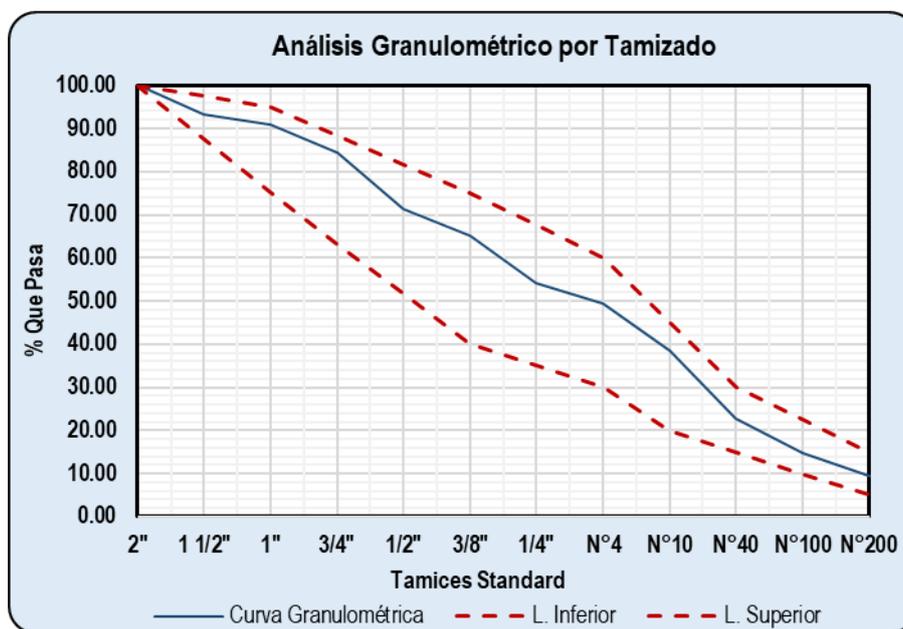


Figura N° 22: Curva granulométrica del material para base granular (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 28: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-10)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	1228.46	7.25	7.25	92.75		
1"	25.400	184.97	1.09	8.34	91.66	75	95
3/4"	19.050	1385.66	8.18	16.52	83.48		
1/2"	12.700	1844.26	10.89	27.41	72.59		
3/8"	9.525	1336.64	7.89	35.29	64.71	40	75
1/4"	6.350	1946.08	11.49	46.78	53.22		
N°4	4.760	1025.18	6.05	52.83	47.17	30	60
N°10	2.000	1878.86	11.09	63.92	36.08	20	45
N°40	0.420	2138.49	12.62	76.54	23.46	15	30
N°100	0.149	1206.04	7.12	83.66	16.34		
N°200	0.075	1379.56	8.14	91.80	8.20	5	15
BASE		1388.90	8.20	100.00	0.00	-	-
TOTAL		16943.10				Peso de la Muestra Seca (g) = 16943.10	
% Perdida		7.38				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 15692.80	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

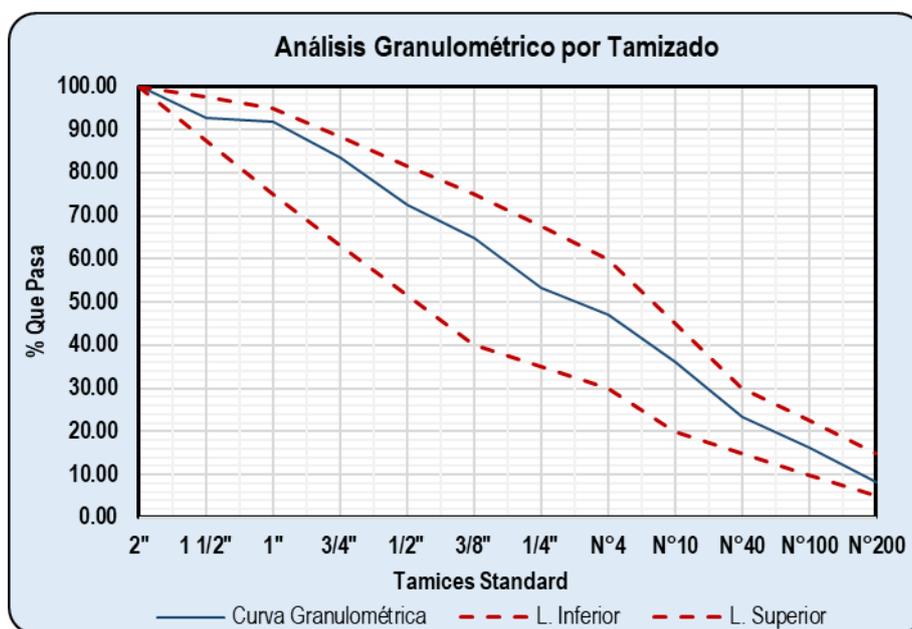


Figura N° 23: Curva granulométrica del material para base granular (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 29: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-11)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	750.19	4.35	4.35	95.65		
1"	25.400	543.08	3.15	7.50	92.50	75	95
3/4"	19.050	1434.88	8.32	15.83	84.17		
1/2"	12.700	1891.52	10.97	26.80	73.20		
3/8"	9.525	1179.02	6.84	33.64	66.36	40	75
1/4"	6.350	1884.07	10.93	44.57	55.43		
N°4	4.760	594.09	3.45	48.02	51.98	30	60
N°10	2.000	1935.64	11.23	59.25	40.75	20	45
N°40	0.420	2781.97	16.14	75.39	24.61	15	30
N°100	0.149	1408.77	8.17	83.56	16.44		
N°200	0.075	1112.77	6.46	90.02	9.98	5	15
BASE		1720.14	9.98	100.00	0.00	-	-
TOTAL		17236.15				Peso de la Muestra Seca (g) = 17236.15	
% Perdida		9.07				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 15672.90	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

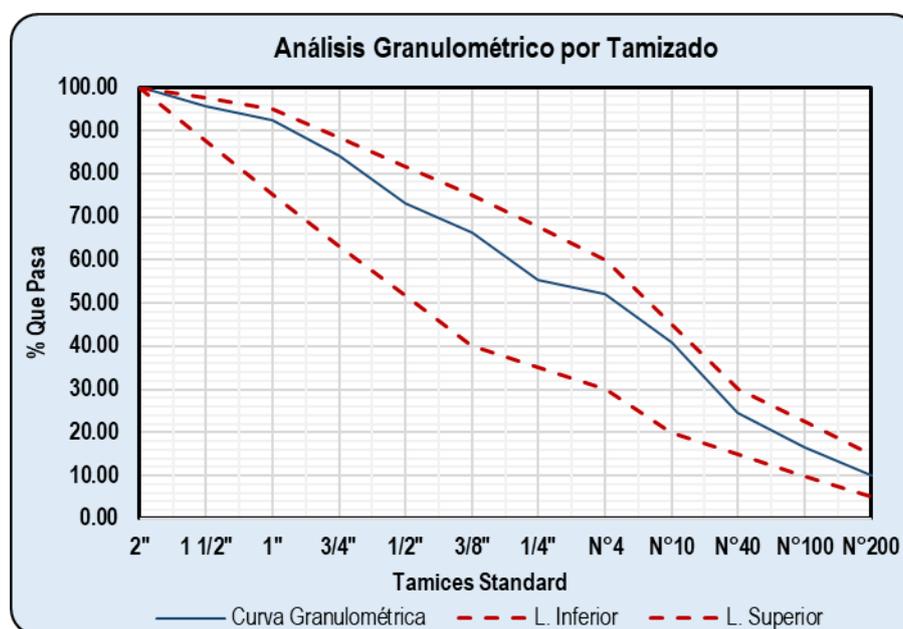


Figura N° 24: Curva granulométrica del material para base granular (BG-11)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 30: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-12)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	813.36	4.81	4.81	95.19		
1"	25.400	1099.91	6.51	11.32	88.68	75	95
3/4"	19.050	877.43	5.19	16.51	83.49		
1/2"	12.700	1849.79	10.94	27.46	72.54		
3/8"	9.525	1203.65	7.12	34.58	65.42	40	75
1/4"	6.350	1502.83	8.89	43.47	56.53		
N°4	4.760	1077.71	6.38	49.85	50.15	30	60
N°10	2.000	2189.63	12.96	62.80	37.20	20	45
N°40	0.420	2548.39	15.08	77.88	22.12	15	30
N°100	0.149	872.00	5.16	83.04	16.96		
N°200	0.075	1338.13	7.92	90.96	9.04	5	15
BASE		1528.09	9.04	100.00	0.00	-	-
TOTAL		16900.91				Peso de la Muestra Seca (g) = 16900.91	
% Perdida		7.13				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 15695.80	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

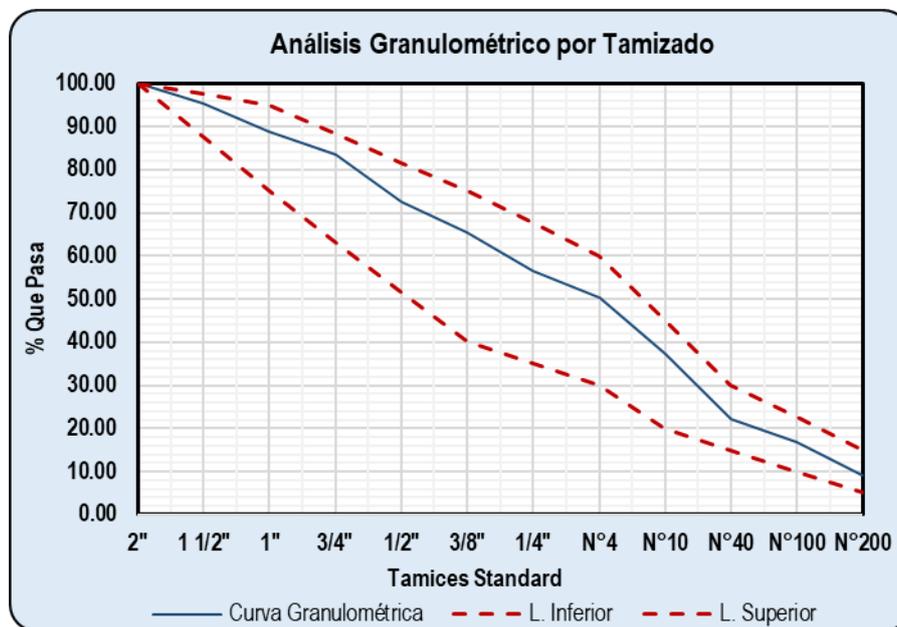


Figura N° 25: Curva granulométrica del material para base granular (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 31: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-13)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	523.31	3.07	3.07	96.93		
1"	25.400	2525.10	14.81	17.88	82.12	75	95
3/4"	19.050	2240.89	13.14	31.02	68.98		
1/2"	12.700	2083.73	12.22	43.23	56.77		
3/8"	9.525	1300.38	7.63	50.86	49.14	40	75
1/4"	6.350	1409.06	8.26	59.12	40.88		
N°4	4.760	798.20	4.68	63.80	36.20	30	60
N°10	2.000	1149.50	6.74	70.54	29.46	20	45
N°40	0.420	1563.72	9.17	79.71	20.29	15	30
N°100	0.149	1217.53	7.14	86.85	13.15		
N°200	0.075	771.30	4.52	91.37	8.63	5	15
BASE		1471.28	8.63	100.00	0.00	-	-
TOTAL		17054.00				Peso de la Muestra Seca (g) = 17054.00	
% Perdida		6.81				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 15892.60	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

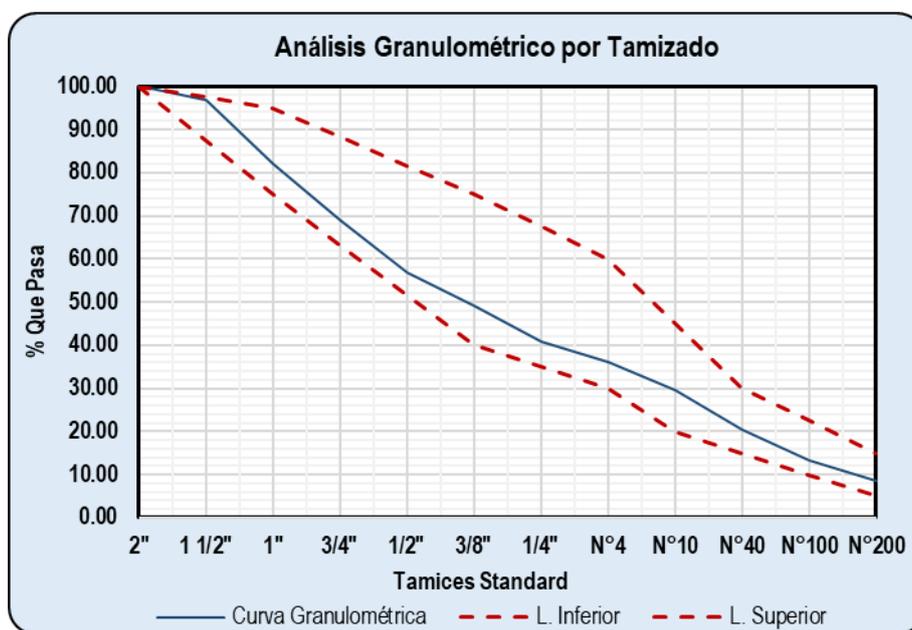


Figura N° 26: Curva granulométrica del material para base granular (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 32: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-14)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	1084.29	5.67	5.67	94.33		
1"	25.400	911.53	4.76	10.43	89.57	75	95
3/4"	19.050	1119.88	5.85	16.28	83.72		
1/2"	12.700	1436.02	7.50	23.79	76.21		
3/8"	9.525	1024.38	5.35	29.14	70.86	40	75
1/4"	6.350	2021.41	10.56	39.71	60.29		
N°4	4.760	1024.09	5.35	45.06	54.94	30	60
N°10	2.000	3395.97	17.75	62.81	37.19	20	45
N°40	0.420	2689.45	14.06	76.86	23.14	15	30
N°100	0.149	1122.57	5.87	82.73	17.27		
N°200	0.075	783.26	4.09	86.82	13.18	5	15
BASE		2521.64	13.18	100.00	0.00	-	-
TOTAL		19134.48				Peso de la Muestra Seca (g) = 19134.48	
% Perdida		11.35				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 16963.20	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

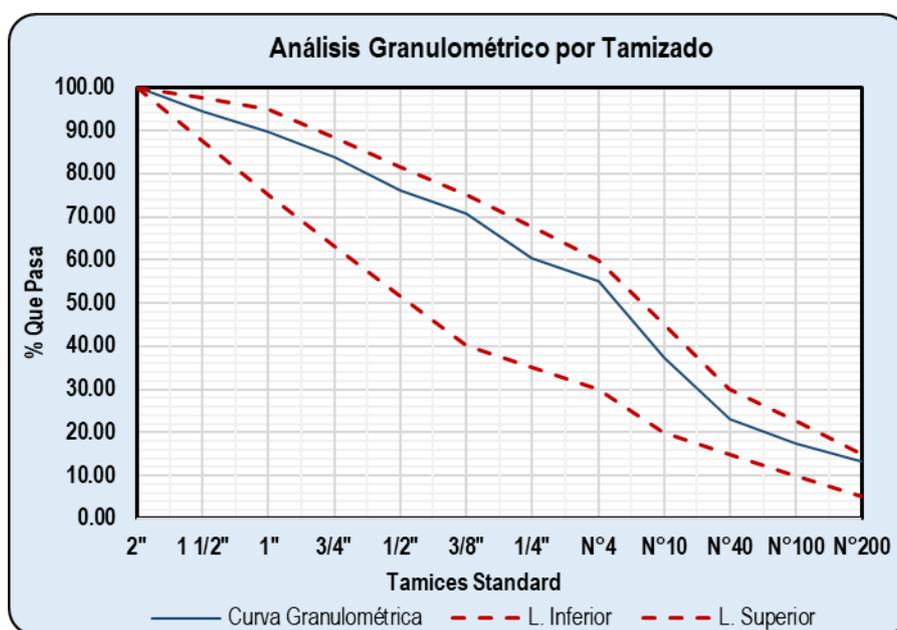


Figura N° 27: Curva granulométrica del material para base granular (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 33: Análisis granulométrico por tamizado del material para base granular (BG-15)

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación B Norma CE.010 - EG 2013	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	889.62	4.83	4.83	95.17		
1"	25.400	499.70	2.71	7.54	92.46	75	95
3/4"	19.050	1150.46	6.24	13.78	86.22		
1/2"	12.700	1849.82	10.03	23.81	76.19		
3/8"	9.525	1064.58	5.77	29.58	70.42	40	75
1/4"	6.350	1839.46	9.98	39.56	60.44		
N°4	4.760	1211.27	6.57	46.13	53.87	30	60
N°10	2.000	3086.74	16.74	62.87	37.13	20	45
N°40	0.420	2832.29	15.36	78.23	21.77	15	30
N°100	0.149	1073.11	5.82	84.05	15.95		
N°200	0.075	940.15	5.10	89.15	10.85	5	15
BASE		2000.24	10.85	100.00	0.00	-	-
TOTAL		18437.45				Peso de la Muestra Seca (g) = 18437.45	
% Perdida		9.14				Peso de la muestra despues del lavado (g) = 16752.61	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

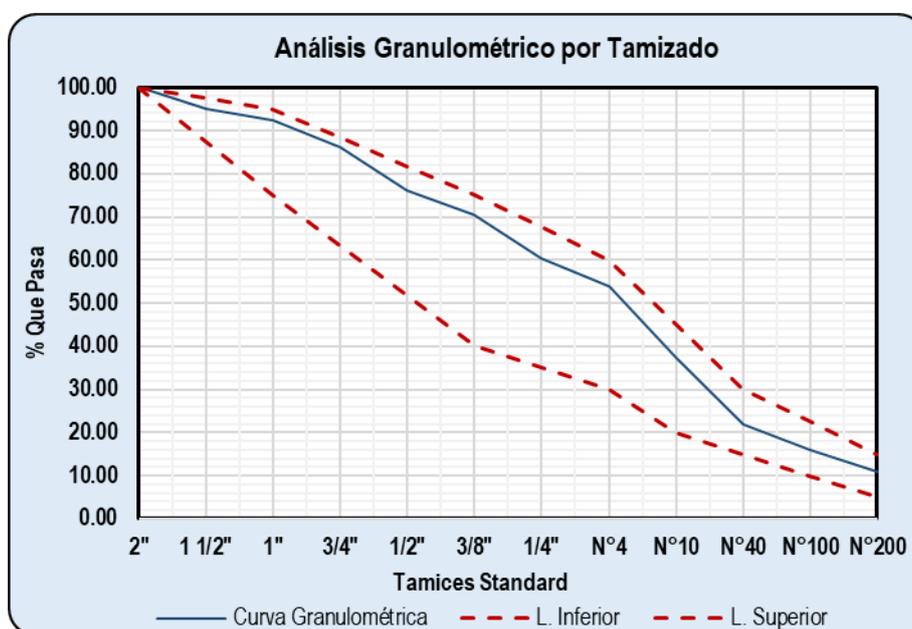


Figura N° 28: Curva granulométrica del material para base granular (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.2. Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso

Este ensayo se realizó de acuerdo a los requerimientos que exige el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 34: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-01)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.37	5.63	845.68	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.15	6.23	935.44	90.25	9.65	60.07
1"	3/4"	83.35	4.79	720.03	194.61	27.03	129.52
3/4"	1/2"	71.79	11.57	502.10	203.18	40.47	468.04
1/2"	3/8"	66.28	5.50	200.50	50.81	25.34	139.49
Total		-	33.72	3203.75	538.85	102.48	797.12
Partículas con una Cara Fracturada (%):						83.83	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	5.63	845.68	705.50	83.42	469.55
1 1/2"	1"	9.65	6.23	935.44	710.31	75.93	472.75
1"	3/4"	27.03	4.79	720.03	479.74	66.63	319.30
3/4"	1/2"	40.47	11.57	502.10	206.15	41.06	474.88
1/2"	3/8"	25.34	5.50	200.50	106.69	53.21	292.89
Total		-	33.72	3203.75	2208.39	320.25	2029.37
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						60.19	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 35: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-02)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.46	6.54	1048.09	426.34	40.68	266.06
1 1/2"	1"	88.15	5.31	851.44	193.92	22.78	121.02
1"	3/4"	78.27	9.88	1501.68	542.18	36.10	356.72
3/4"	1/2"	65.38	12.89	499.76	161.55	32.33	416.68
1/2"	3/8"	59.57	5.81	201.84	60.89	30.17	175.26
Total		-	40.43	4102.81	1384.88	162.05	1335.74
Partículas con una Cara Fracturada (%):						86.86	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	40.68	6.54	1048.09	569.17	54.31	355.20
1 1/2"	1"	22.78	5.31	851.44	583.49	68.53	364.14
1"	3/4"	36.10	9.88	1501.68	719.87	47.94	473.63
3/4"	1/2"	32.33	12.89	499.76	243.92	48.81	629.13
1/2"	3/8"	30.17	5.81	201.84	123.15	61.01	354.47
Total		-	40.43	4102.81	2239.60	280.59	2176.56
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						53.83	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 36: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-03)

Partículas con una Cara Fracturada							
Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	96.46	3.54	564.43	167.30	29.64	104.93
1 1/2"	1"	91.55	4.91	782.51	246.61	31.52	154.68
1"	3/4"	86.21	5.34	850.88	337.89	39.71	211.93
3/4"	1/2"	77.15	9.07	503.00	125.97	25.04	227.14
1/2"	3/8"	69.29	7.85	200.13	83.11	41.53	326.09
Total		-	30.71	2900.95	960.88	167.44	1024.77
Partículas con una Cara Fracturada (%):						83.50	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas							
Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	29.64	3.54	564.43	263.82	46.74	165.47
1 1/2"	1"	31.52	4.91	782.51	439.50	56.17	275.66
1"	3/4"	39.71	5.34	850.88	416.66	48.97	261.34
3/4"	1/2"	25.04	9.07	503.00	247.03	49.11	445.42
1/2"	3/8"	41.53	7.85	200.13	99.75	49.84	391.38
Total		-	30.71	2900.95	1466.76	250.83	1539.26
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						50.13	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 37: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-04)

Partículas con una Cara Fracturada							
Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.16	4.84	840.07	210.80	25.09	121.47
1 1/2"	1"	89.72	5.44	943.50	263.51	27.93	151.84
1"	3/4"	85.95	3.77	654.32	225.92	34.53	130.18
3/4"	1/2"	79.26	6.69	501.57	196.27	39.13	261.71
1/2"	3/8"	68.50	10.77	200.00	95.18	47.59	512.36
Total		-	31.50	3139.46	991.68	174.27	1177.55
Partículas con una Cara Fracturada (%):						83.99	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas							
Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	25.09	4.84	840.07	309.47	36.84	178.32
1 1/2"	1"	27.93	5.44	943.50	529.14	56.08	304.90
1"	3/4"	34.53	3.77	654.32	301.61	46.10	173.79
3/4"	1/2"	39.13	6.69	501.57	259.33	51.70	345.79
1/2"	3/8"	47.59	10.77	200.00	86.45	43.23	465.36
Total		-	31.50	3139.46	1486.00	233.95	1468.17
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						46.61	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 38: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-05)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.18	5.82	965.28	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.25	5.93	983.41	153.18	15.58	92.38
1"	3/4"	85.12	3.13	518.26	80.91	15.61	48.80
3/4"	1/2"	75.07	10.06	500.49	285.60	57.06	573.86
1/2"	3/8"	69.72	5.34	201.77	25.40	12.59	67.23
Total		-	30.28	3169.21	545.09	100.84	782.27
Partículas con una Cara Fracturada (%):						82.38	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	5.82	965.28	801.53	83.04	483.40
1 1/2"	1"	15.58	5.93	983.41	768.42	78.14	463.43
1"	3/4"	15.61	3.13	518.26	279.18	53.87	168.37
3/4"	1/2"	57.06	10.06	500.49	148.26	29.62	297.90
1/2"	3/8"	12.59	5.34	201.77	112.88	55.94	298.78
Total		-	30.28	3169.21	2110.27	300.61	1711.89
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						56.54	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 39: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-06)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.71	5.29	831.66	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.85	1.87	293.82	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	87.51	5.33	839.31	119.51	14.24	75.95
3/4"	1/2"	80.17	7.34	502.50	254.16	50.58	371.37
1/2"	3/8"	73.20	6.97	200.74	48.62	24.22	168.89
Total		-	26.80	2668.03	422.29	89.04	616.20
Partículas con una Cara Fracturada (%):						81.09	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	5.29	831.66	716.21	86.12	455.14
1 1/2"	1"	0.00	1.87	293.82	293.82	100.00	186.72
1"	3/4"	14.24	5.33	839.31	463.18	55.19	294.34
3/4"	1/2"	50.58	7.34	502.50	173.37	34.50	253.32
1/2"	3/8"	24.22	6.97	200.74	105.79	52.70	367.48
Total		-	26.80	2668.03	1752.37	328.51	1556.99
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						58.09	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 40: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-07)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.26	6.74	1029.17	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.12	5.14	784.60	152.36	19.42	99.80
1"	3/4"	79.29	8.83	1348.15	342.05	25.37	224.06
3/4"	1/2"	66.65	12.64	498.62	208.62	41.84	528.77
1/2"	3/8"	60.34	6.30	200.00	60.80	30.40	191.67
Total		-	39.66	3860.54	763.83	117.03	1044.30
Partículas con una Cara Fracturada (%):						80.19	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	6.74	1029.17	850.46	82.64	557.09
1 1/2"	1"	19.42	5.14	784.60	494.53	63.03	323.94
1"	3/4"	25.37	8.83	1348.15	702.90	52.14	460.44
3/4"	1/2"	41.84	12.64	498.62	186.74	37.45	473.31
1/2"	3/8"	30.40	6.30	200.00	101.83	50.92	321.01
Total		-	39.66	3860.54	2336.46	286.17	2135.80
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						53.86	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 41: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-08)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.04	4.96	779.44	169.20	21.71	107.72
1 1/2"	1"	87.65	7.38	1159.70	191.63	16.52	122.00
1"	3/4"	83.22	4.44	696.66	191.07	27.43	121.64
3/4"	1/2"	71.65	11.56	501.33	166.15	33.14	383.28
1/2"	3/8"	65.20	6.46	201.51	51.62	25.62	165.42
Total		-	34.80	3338.64	769.67	124.42	900.06
Partículas con una Cara Fracturada (%):						82.78	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	21.71	4.96	779.44	513.86	65.93	327.14
1 1/2"	1"	16.52	7.38	1159.70	706.19	60.89	449.58
1"	3/4"	27.43	4.44	696.66	318.22	45.68	202.59
3/4"	1/2"	33.14	11.56	501.33	287.00	57.25	662.07
1/2"	3/8"	25.62	6.46	201.51	105.99	52.60	339.65
Total		-	34.80	3338.64	1931.26	282.34	1981.02
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						56.92	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 42: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-09)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.20	6.80	1200.96	263.64	21.95	149.38
1 1/2"	1"	90.98	2.22	391.79	93.92	23.97	53.21
1"	3/4"	84.37	6.60	1165.07	273.27	23.46	154.83
3/4"	1/2"	71.22	13.16	501.26	188.65	37.64	495.11
1/2"	3/8"	65.18	6.04	201.81	83.19	41.22	249.00
Total		-	34.82	3460.89	902.67	148.24	1101.53
Partículas con una Cara Fracturada (%):						80.91	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	21.95	6.80	1200.96	352.95	29.39	199.98
1 1/2"	1"	23.97	2.22	391.79	196.03	50.03	111.07
1"	3/4"	23.46	6.60	1165.07	834.11	71.59	472.60
3/4"	1/2"	37.64	13.16	501.26	233.94	46.67	613.97
1/2"	3/8"	41.22	6.04	201.81	106.37	52.71	318.38
Total		-	34.82	3460.89	1723.40	250.39	1716.00
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						49.28	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 43: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-10)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	92.75	7.25	1228.46	163.40	13.30	96.44
1 1/2"	1"	91.66	1.09	184.97	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.48	8.18	1385.66	237.06	17.11	139.92
3/4"	1/2"	72.59	10.89	501.44	153.67	30.65	333.58
1/2"	3/8"	64.71	7.89	200.00	93.56	46.78	369.05
Total		-	35.29	3500.53	647.69	107.84	938.98
Partículas con una Cara Fracturada (%):						82.68	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	13.30	7.25	1228.46	608.29	49.52	359.02
1 1/2"	1"	0.00	1.09	184.97	94.97	51.34	56.05
1"	3/4"	17.11	8.18	1385.66	899.52	64.92	530.91
3/4"	1/2"	30.65	10.89	501.44	309.33	61.69	671.48
1/2"	3/8"	46.78	7.89	200.00	91.67	45.84	361.59
Total		-	35.29	3500.53	2003.78	273.30	1979.05
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						56.07	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 44: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-11)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.65	4.35	750.19	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.50	3.15	543.08	36.94	6.80	21.43
1"	3/4"	84.17	8.32	1434.88	493.05	34.36	286.06
3/4"	1/2"	73.20	10.97	500.00	132.89	26.58	291.67
1/2"	3/8"	66.36	6.84	198.52	81.16	40.88	279.65
Total		-	33.64	3426.67	744.04	108.62	878.81
Partículas con una Cara Fracturada (%):						84.07	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	4.35	750.19	750.19	100.00	435.24
1 1/2"	1"	6.80	3.15	543.08	163.62	30.13	94.93
1"	3/4"	34.36	8.32	1434.88	863.00	60.14	500.69
3/4"	1/2"	26.58	10.97	500.00	268.17	53.63	588.59
1/2"	3/8"	40.88	6.84	198.52	95.79	48.25	330.06
Total		-	33.64	3426.67	2140.77	292.16	1949.51
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						57.95	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 45: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-12)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.19	4.81	813.36	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.68	6.51	1099.91	207.78	18.89	122.94
1"	3/4"	83.49	5.19	877.43	136.49	15.56	80.76
3/4"	1/2"	72.54	10.94	500.00	154.97	30.99	339.23
1/2"	3/8"	65.42	7.12	200.00	79.36	39.68	282.59
Total		-	34.58	3490.70	578.60	105.12	825.52
Partículas con una Cara Fracturada (%):						81.81	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	4.81	813.36	601.82	73.99	356.09
1 1/2"	1"	18.89	6.51	1099.91	693.11	63.02	410.10
1"	3/4"	15.56	5.19	877.43	506.70	57.75	299.81
3/4"	1/2"	30.99	10.94	500.00	249.28	49.86	545.67
1/2"	3/8"	39.68	7.12	200.00	110.00	55.00	391.70
Total		-	34.58	3490.70	2160.91	299.61	2003.36
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						57.94	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 46: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-13)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	96.93	3.07	523.31	295.41	56.45	173.22
1 1/2"	1"	82.12	14.81	2525.10	531.80	21.06	311.83
1"	3/4"	68.98	13.14	1505.63	293.99	19.53	256.57
3/4"	1/2"	56.77	12.22	501.00	178.70	35.67	435.82
1/2"	3/8"	49.14	7.63	200.11	73.61	36.78	280.49
Total		-	50.86	5255.15	1373.51	169.49	1457.93
Partículas con una Cara Fracturada (%):						80.59	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	56.45	3.07	523.31	96.10	18.36	56.35
1 1/2"	1"	21.06	14.81	2525.10	1506.74	59.67	883.51
1"	3/4"	19.53	13.14	1505.63	873.89	58.04	762.66
3/4"	1/2"	35.67	12.22	501.00	221.17	44.15	539.39
1/2"	3/8"	36.78	7.63	200.11	104.65	52.30	398.76
Total		-	50.86	5255.15	2802.55	232.52	2640.68
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						51.92	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 47: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-14)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.33	5.67	1084.29	163.60	15.09	85.50
1 1/2"	1"	89.57	4.76	911.53	53.96	5.92	28.20
1"	3/4"	83.72	5.85	1119.88	306.63	27.38	160.25
3/4"	1/2"	76.21	7.50	501.06	279.41	55.76	418.50
1/2"	3/8"	70.86	5.35	198.99	93.77	47.12	252.28
Total		-	29.14	3815.75	897.37	151.28	944.73
Partículas con una Cara Fracturada (%):						82.45	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	15.09	5.67	1084.29	492.00	45.38	257.13
1 1/2"	1"	5.92	4.76	911.53	731.22	80.22	382.15
1"	3/4"	27.38	5.85	1119.88	704.08	62.87	367.96
3/4"	1/2"	55.76	7.50	501.06	147.37	29.41	220.73
1/2"	3/8"	47.12	5.35	198.99	85.51	42.97	230.05
Total		-	29.14	3815.75	2160.18	260.85	1458.02
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						50.03	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 48: Porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular (BG-15)

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.17	4.83	889.62	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.46	2.71	499.70	129.24	25.86	70.10
1"	3/4"	86.22	6.24	1150.46	334.81	29.10	181.59
3/4"	1/2"	76.19	10.03	501.34	165.57	33.03	331.34
1/2"	3/8"	70.42	5.77	200.00	66.54	33.27	192.10
Total		-	29.58	3241.12	696.16	121.26	775.13
Partículas con una Cara Fracturada (%):						82.11	

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	4.83	889.62	643.04	72.28	348.77
1 1/2"	1"	25.86	2.71	499.70	105.71	21.15	57.33
1"	3/4"	29.10	6.24	1150.46	736.64	64.03	399.53
3/4"	1/2"	33.03	10.03	501.34	240.93	48.06	482.16
1/2"	3/8"	33.27	5.77	200.00	126.75	63.38	365.93
Total		-	29.58	3241.12	1853.07	268.90	1653.72
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%):						55.90	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.3. Partículas chatas y alargadas

Este ensayo se realizó de acuerdo a los requerimientos que exige el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 49: Partículas chatas y alargadas (BG-01)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.37	5.63	845.68	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.15	6.23	935.44	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.35	4.79	720.03	61.95	8.60	41.23
3/4"	1/2"	71.79	11.57	1737.82	157.06	9.04	104.53
1/2"	3/8"	66.28	5.50	827.02	184.17	22.27	122.58
Total		-	33.72	5065.99	403.18	39.91	268.34
Partículas chatas y alargadas (%):						7.96	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 50: Partículas chatas y alargadas (BG-02)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.46	6.54	1048.09	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.15	5.31	851.44	41.59	4.88	25.96
1"	3/4"	78.27	9.88	1583.17	101.16	6.39	63.13
3/4"	1/2"	65.38	12.89	2065.48	153.44	7.43	95.76
1/2"	3/8"	59.57	5.81	930.94	206.51	22.18	128.88
Total		-	40.43	6479.12	502.70	40.89	313.72
Partículas chatas y alargadas (%):						7.76	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 51: Partículas chatas y alargadas (BG-03)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	96.46	3.54	564.43	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	91.55	4.91	782.51	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	86.21	5.34	850.88	51.45	6.05	32.27
3/4"	1/2"	77.15	9.07	1446.01	125.91	8.71	78.97
1/2"	3/8"	69.29	7.85	1251.94	266.78	21.31	167.33
Total		-	30.71	4895.77	444.14	36.06	278.57
Partículas chatas y alargadas (%):						9.07	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 52: Partículas chatas y alargadas (BG-04)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.16	4.84	840.07	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	89.72	5.44	943.50	56.15	5.95	32.35
1"	3/4"	85.95	3.77	654.32	34.11	5.21	19.65
3/4"	1/2"	79.26	6.69	1160.66	100.90	8.69	58.14
1/2"	3/8"	68.50	10.77	1868.40	344.67	18.45	198.61
Total		-	31.50	5466.95	535.83	38.30	308.75
Partículas chatas y alargadas (%):						9.80	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 53: Partículas chatas y alargadas (BG-05)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.18	5.82	965.28	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.25	5.93	983.41	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	85.12	3.13	518.26	16.90	3.26	10.19
3/4"	1/2"	75.07	10.06	1667.46	188.27	11.29	113.55
1/2"	3/8"	69.72	5.34	885.54	251.55	28.41	151.71
Total		-	30.28	5019.95	456.72	42.96	275.45
Partículas chatas y alargadas (%):						9.10	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 54: Partículas chatas y alargadas (BG-06)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.71	5.29	831.66	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.85	1.87	293.82	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	87.51	5.33	839.31	21.46	2.56	13.64
3/4"	1/2"	80.17	7.34	1155.40	162.81	14.09	103.46
1/2"	3/8"	73.20	6.97	1097.28	268.50	24.47	170.63
Total		-	26.80	4217.47	452.77	41.12	287.73
Partículas chatas y alargadas (%):						10.74	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 55: Partículas chatas y alargadas (BG-07)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.26	6.74	1029.17	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.12	5.14	784.60	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	79.29	8.83	1348.15	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	66.65	12.64	1929.33	201.37	10.44	131.91
1/2"	3/8"	60.34	6.30	962.49	210.65	21.89	137.99
Total		-	39.66	6053.74	412.02	32.32	269.89
Partículas chatas y alargadas (%):						6.81	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 56: Partículas chatas y alargadas (BG-08)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.04	4.96	779.44	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	87.65	7.38	1159.70	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.22	4.44	696.66	61.44	8.82	39.11
3/4"	1/2"	71.65	11.56	1816.62	186.37	10.26	118.65
1/2"	3/8"	65.20	6.46	1014.34	346.89	34.20	220.84
Total		-	34.80	5466.76	594.70	53.28	378.60
Partículas chatas y alargadas (%):						10.88	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 57: Partículas chatas y alargadas (BG-09)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	93.20	6.80	1200.96	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	90.98	2.22	391.79	38.04	9.71	21.55
1"	3/4"	84.37	6.60	1165.07	106.80	9.17	60.51
3/4"	1/2"	71.22	13.16	2321.88	273.17	11.77	154.78
1/2"	3/8"	65.18	6.04	1066.11	190.62	17.88	108.00
Total		-	34.82	6145.81	608.63	48.52	344.84
Partículas chatas y alargadas (%):						9.90	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 58: Partículas chatas y alargadas (BG-10)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	92.75	7.25	1228.46	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	91.66	1.09	184.97	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.48	8.18	1385.66	106.86	7.71	63.07
3/4"	1/2"	72.59	10.89	1844.26	199.39	10.81	117.68
1/2"	3/8"	64.71	7.89	1336.64	284.64	21.30	168.00
Total		-	35.29	5979.99	590.89	39.82	348.75
Partículas chatas y alargadas (%):						9.88	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 59: Partículas chatas y alargadas (BG-11)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.65	4.35	750.19	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.50	3.15	543.08	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	84.17	8.32	1434.88	51.68	3.60	29.98
3/4"	1/2"	73.20	10.97	1891.52	122.50	6.48	71.07
1/2"	3/8"	66.36	6.84	1179.02	213.07	18.07	123.62
Total		-	33.64	5798.69	387.25	28.15	224.67
Partículas chatas y alargadas (%):						6.68	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 60: Partículas chatas y alargadas (BG-12)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.19	4.81	813.36	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	88.68	6.51	1099.91	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.49	5.19	877.43	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	72.54	10.94	1849.79	200.94	10.86	118.89
1/2"	3/8"	65.42	7.12	1203.65	228.31	18.97	135.09
Total		-	34.58	5844.14	429.25	29.83	253.98
Partículas chatas y alargadas (%):						7.34	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 61: Partículas chatas y alargadas (BG-13)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	96.93	3.07	523.31	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	82.12	14.81	2525.10	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	68.98	13.14	2240.89	97.25	4.34	57.02
3/4"	1/2"	56.77	12.22	2083.73	296.72	14.24	173.99
1/2"	3/8"	49.14	7.63	1300.38	395.67	30.43	232.01
Total		-	50.86	8673.41	789.64	49.01	463.02
Partículas chatas y alargadas (%):						9.10	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 62: Partículas chatas y alargadas (BG-14)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	94.33	5.67	1084.29	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	89.57	4.76	911.53	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	83.72	5.85	1119.88	83.24	7.43	43.50
3/4"	1/2"	76.21	7.50	1436.02	233.68	16.27	122.13
1/2"	3/8"	70.86	5.35	1024.38	261.41	25.52	136.62
Total		-	29.14	5576.10	578.33	49.22	302.24
Partículas chatas y alargadas (%):						10.37	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 63: Partículas chatas y alargadas (BG-15)

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Partículas Chatas y Alargadas (g)	Partículas Chatas y Alargadas (%)	Promedio Partículas chatas y alargadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	%Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	95.17	4.83	889.62	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	92.46	2.71	499.70	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	86.22	6.24	1150.46	74.09	6.44	40.18
3/4"	1/2"	76.19	10.03	1849.82	263.16	14.23	142.73
1/2"	3/8"	70.42	5.77	1064.58	181.59	17.06	98.49
Total		-	29.58	5454.18	518.84	37.72	281.41
Partículas chatas y alargadas (%):						9.51	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.4. Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")

Este ensayo se realizó de acuerdo a los requerimientos que exige el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 64: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-01)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1255.37	-	-	-
1"	3/4"	1248.85	-	-	-
3/4"	1/2"	1243.90	-	-	-
1/2"	3/8"	1245.62	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4993.740	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3892.150	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1101.590	-	-	-
Desgaste (%)		22.059			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 65: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-02)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1249.83	-	-	-
1"	3/4"	1252.35	-	-	-
3/4"	1/2"	1243.98	-	-	-
1/2"	3/8"	1251.60	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4997.760	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3961.890	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1035.870	-	-	-
Desgaste (%)		20.727			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 66: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-03)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1258.16	-	-	-
1"	3/4"	1255.34	-	-	-
3/4"	1/2"	1240.67	-	-	-
1/2"	3/8"	1243.55	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4997.720	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3758.880	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1238.840	-	-	-
Desgaste (%)		24.788			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 67: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-04)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1251.40	-	-	-
1"	3/4"	1246.53	-	-	-
3/4"	1/2"	1243.75	-	-	-
1/2"	3/8"	1249.68	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4991.360	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3851.720	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1139.640	-	-	-
Desgaste (%)		22.832			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 68: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-05)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1256.94	-	-	-
1"	3/4"	1249.35	-	-	-
3/4"	1/2"	1251.86	-	-	-
1/2"	3/8"	1247.33	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5005.480	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3942.750	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1062.730	-	-	-
Desgaste (%)		21.231			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 69: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-06)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1250.00	-	-	-
1"	3/4"	1241.67	-	-	-
3/4"	1/2"	1248.92	-	-	-
1/2"	3/8"	1251.45	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4992.040	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3994.700	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		997.340	-	-	-
Desgaste (%)		19.979			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 70: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-07)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1263.49	-	-	-
1"	3/4"	1257.00	-	-	-
3/4"	1/2"	1241.40	-	-	-
1/2"	3/8"	1240.85	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5002.740	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3919.120	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1083.620	-	-	-
Desgaste (%)		21.661			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 71: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-08)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1251.00	-	-	-
1"	3/4"	1244.97	-	-	-
3/4"	1/2"	1253.62	-	-	-
1/2"	3/8"	1256.11	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5005.700	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3841.640	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1164.060	-	-	-
Desgaste (%)		23.255			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 72: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-09)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1265.15	-	-	-
1"	3/4"	1247.08	-	-	-
3/4"	1/2"	1255.71	-	-	-
1/2"	3/8"	1240.60	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5008.540	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3959.300	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1049.240	-	-	-
Desgaste (%)		20.949			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 73: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-10)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1238.10	-	-	-
1"	3/4"	1256.37	-	-	-
3/4"	1/2"	1259.78	-	-	-
1/2"	3/8"	1254.34	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5008.590	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3914.490	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1094.100	-	-	-
Desgaste (%)		21.844			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 74: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-11)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1234.79	-	-	-
1"	3/4"	1261.22	-	-	-
3/4"	1/2"	1249.00	-	-	-
1/2"	3/8"	1253.96	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4998.970	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3826.110	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1172.860	-	-	-
Desgaste (%)		23.462			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 75: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-12)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1231.46	-	-	-
1"	3/4"	1264.33	-	-	-
3/4"	1/2"	1253.23	-	-	-
1/2"	3/8"	1248.80	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4997.820	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3874.100	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1123.720	-	-	-
Desgaste (%)		22.484			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 76: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-13)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1269.18	-	-	-
1"	3/4"	1245.89	-	-	-
3/4"	1/2"	1240.46	-	-	-
1/2"	3/8"	1253.55	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5009.080	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		4064.410	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		944.670	-	-	-
Desgaste (%)		18.859			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 77: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-14)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1233.84	-	-	-
1"	3/4"	1256.38	-	-	-
3/4"	1/2"	1254.92	-	-	-
1/2"	3/8"	1251.59	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		4996.730	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3846.660	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1150.070	-	-	-
Desgaste (%)		23.016			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 78: Abrasión Los Ángeles al desgaste (BG-15)

Medida del Tamiz (Abertura Cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	B
1 1/2"	1"	1267.06	-	-	-
1"	3/4"	1245.19	-	-	-
3/4"	1/2"	1249.92	-	-	-
1/2"	3/8"	1247.21	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	-
W. Muestra Seca (g)		5009.380	-	-	-
W. despues del ensayo (g)		3919.730	-	-	-
W. que pasa tamiz N° 12 (g)		1089.650	-	-	-
Desgaste (%)		21.752			

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

Este ensayo se realizó de acuerdo a los requerimientos que exige el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 79: Equivalente de arena (BG-01)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	161.26	165.84	163.49
W. Muestra (g)	134.96	139.54	137.19
Altura del Material Fino (pulg)	6.10	6.25	6.19
Altura de la arena (pulg)	3.55	3.62	3.71
Altura del Material Fino (mm)	154.94	158.75	157.23
Altura de la arena (mm)	90.17	91.95	94.23
Equivalente de Arena (%)	59	58	60
		59	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 80: Equivalente de arena (BG-02)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	163.56	164.23	166.78
W. Muestra (g)	137.26	137.93	140.48
Altura del Material Fino (pulg)	6.20	6.11	6.20
Altura de la arena (pulg)	3.68	3.70	3.76
Altura del Material Fino (mm)	157.48	155.19	157.48
Altura de la arena (mm)	93.47	93.98	95.50
Equivalente de Arena (%)	60	61	61

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 81: Equivalente de arena (BG-03)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	161.48	168.39	164.46
W. Muestra (g)	135.18	142.09	138.16
Altura del Material Fino (pulg)	5.82	6.51	5.98
Altura de la arena (pulg)	3.15	3.60	3.31
Altura del Material Fino (mm)	147.83	165.35	151.89
Altura de la arena (mm)	80.01	91.44	84.07
Equivalente de Arena (%)	55	56	56

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 82: Equivalente de arena (BG-04)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	173.26	165.37	170.48
W. Muestra (g)	146.96	139.07	144.18
Altura del Material Fino (pulg)	6.17	6.05	6.10
Altura de la arena (pulg)	3.80	3.68	3.75
Altura del Material Fino (mm)	156.72	153.67	154.94
Altura de la arena (mm)	96.52	93.47	95.25
Equivalente de Arena (%)	62	61	62

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 83: Equivalente de arena (BG-05)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	170.65	176.29	168.91
W. Muestra (g)	144.35	149.99	142.61
Altura del Material Fino (pulg)	6.50	6.31	6.05
Altura de la arena (pulg)	4.10	4.12	3.95
Altura del Material Fino (mm)	165.10	160.27	153.67
Altura de la arena (mm)	104.14	104.65	100.33
Equivalente de Arena (%)	64	66	66
		65	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 84: Equivalente de arena (BG-06)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	173.68	175.10	169.46
W. Muestra (g)	147.38	148.80	143.16
Altura del Material Fino (pulg)	6.35	6.28	6.10
Altura de la arena (pulg)	4.16	4.20	3.98
Altura del Material Fino (mm)	161.29	159.51	154.94
Altura de la arena (mm)	105.66	106.68	101.09
Equivalente de Arena (%)	66	67	66
		66	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 85: Equivalente de arena (BG-07)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	176.99	174.84	175.16
W. Muestra (g)	150.69	148.54	148.86
Altura del Material Fino (pulg)	6.95	6.73	6.75
Altura de la arena (pulg)	4.35	4.22	4.29
Altura del Material Fino (mm)	176.53	170.94	171.45
Altura de la arena (mm)	110.49	107.19	108.97
Equivalente de Arena (%)	63	63	64
		63	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 86: Equivalente de arena (BG-08)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	169.34	170.41	167.18
W. Muestra (g)	143.04	144.11	140.88
Altura del Material Fino (pulg)	6.51	6.85	6.40
Altura de la arena (pulg)	3.89	4.15	3.75
Altura del Material Fino (mm)	165.35	173.99	162.56
Altura de la arena (mm)	98.81	105.41	95.25
Equivalente de Arena (%)	60	61	59
		60	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 87: Equivalente de arena (BG-09)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	168.46	163.69	172.95
W. Muestra (g)	142.16	137.39	146.65
Altura del Material Fino (pulg)	6.55	6.10	7.00
Altura de la arena (pulg)	3.79	3.55	4.20
Altura del Material Fino (mm)	166.37	154.94	177.80
Altura de la arena (mm)	96.27	90.17	106.68
Equivalente de Arena (%)	58	59	60
		59	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 88: Equivalente de arena (BG-10)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	173.64	175.92	170.56
W. Muestra (g)	147.34	149.62	144.26
Altura del Material Fino (pulg)	6.83	6.82	6.41
Altura de la arena (pulg)	4.27	4.33	4.05
Altura del Material Fino (mm)	173.48	173.23	162.81
Altura de la arena (mm)	108.46	109.98	102.87
Equivalente de Arena (%)	63	64	64
		64	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 89: Equivalente de arena (BG-11)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	168.91	165.53	171.07
W. Muestra (g)	142.61	139.23	144.77
Altura del Material Fino (pulg)	6.40	6.17	6.80
Altura de la arena (pulg)	3.80	3.65	4.15
Altura del Material Fino (mm)	162.56	156.72	172.72
Altura de la arena (mm)	96.52	92.71	105.41
Equivalente de Arena (%)	60	60	62
		61	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 90: Equivalente de arena (BG-12)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	176.39	174.87	172.97
W. Muestra (g)	150.09	148.57	146.67
Altura del Material Fino (pulg)	6.85	6.55	6.25
Altura de la arena (pulg)	4.34	4.21	4.05
Altura del Material Fino (mm)	173.99	166.37	158.75
Altura de la arena (mm)	110.24	106.93	102.87
Equivalente de Arena (%)	64	65	65
		65	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 91: Equivalente de arena (BG-13)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	176.30	178.08	168.33
W. Muestra (g)	150.00	151.78	142.03
Altura del Material Fino (pulg)	6.36	6.48	5.70
Altura de la arena (pulg)	4.30	4.45	3.85
Altura del Material Fino (mm)	161.54	164.59	144.78
Altura de la arena (mm)	109.22	113.03	97.79
Equivalente de Arena (%)	68	69	68
		68	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 92: Equivalente de arena (BG-14)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	169.48	179.21	171.76
W. Muestra (g)	143.18	152.91	145.46
Altura del Material Fino (pulg)	5.85	7.19	6.16
Altura de la arena (pulg)	3.68	4.60	3.86
Altura del Material Fino (mm)	148.59	182.63	156.46
Altura de la arena (mm)	93.47	116.84	98.04
Equivalente de Arena (%)	63	64	63
		63	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 93: Equivalente de arena (BG-15)

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	26.30	26.30	26.30
W. Muestra + Tara (g)	172.59	169.22	173.51
W. Muestra (g)	146.29	142.92	147.21
Altura del Material Fino (pulg)	6.87	5.79	6.90
Altura de la arena (pulg)	4.00	3.55	4.12
Altura del Material Fino (mm)	174.50	147.07	175.26
Altura de la arena (mm)	101.60	90.17	104.65
Equivalente de Arena (%)	59	62	60
		60	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.6. Sales Solubles

Este ensayo se realizó de acuerdo a los requerimientos que exige el Manual de carreteras especificaciones técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N° 94: Sales solubles (BG-01)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1146.667	293.333
Cloruros (ppm)	584.800	149.600
Sulfatos (ppm)	470.133	120.267
Sales totales (%)	0.115	0.029
Cloruros (%)	0.058	0.015
Sulfatos (%)	0.047	0.012

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 95: Sales solubles (BG-02)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1093.333	640.000
Cloruros (ppm)	557.600	326.400
Sulfatos (ppm)	448.267	262.400
Sales totales (%)	0.109	0.064
Cloruros (%)	0.056	0.033
Sulfatos (%)	0.045	0.026

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 96: Sales solubles (BG-03)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1181.333	760.000
Cloruros (ppm)	602.480	387.600
Sulfatos (ppm)	484.347	311.600
Sales totales (%)	0.118	0.076
Cloruros (%)	0.060	0.039
Sulfatos (%)	0.048	0.031

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 97: Sales solubles (BG-04)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1901.333	933.333
Cloruros (ppm)	969.680	476.000
Sulfatos (ppm)	779.547	382.667
Sales totales (%)	0.190	0.093
Cloruros (%)	0.097	0.048
Sulfatos (%)	0.078	0.038

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 98: Sales solubles (BG-05)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	2122.667	826.667
Cloruros (ppm)	1082.560	421.600
Sulfatos (ppm)	870.293	338.933
Sales totales (%)	0.212	0.083
Cloruros (%)	0.108	0.042
Sulfatos (%)	0.087	0.034

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 99: Sales solubles (BG-06)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1368.000	848.000
Cloruros (ppm)	697.680	432.480
Sulfatos (ppm)	560.880	347.680
Sales totales (%)	0.137	0.085
Cloruros (%)	0.070	0.043
Sulfatos (%)	0.056	0.035

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 100: Sales solubles (BG-07)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1400.000	682.667
Cloruros (ppm)	714.000	348.160
Sulfatos (ppm)	574.000	279.893
Sales totales (%)	0.140	0.068
Cloruros (%)	0.071	0.035
Sulfatos (%)	0.057	0.028

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 101: Sales solubles (BG-08)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1360.000	933.333
Cloruros (ppm)	693.600	476.000
Sulfatos (ppm)	557.600	382.667
Sales totales (%)	0.136	0.093
Cloruros (%)	0.069	0.048
Sulfatos (%)	0.056	0.038

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 102: Sales solubles (BG-09)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1122.667	568.000
Cloruros (ppm)	572.560	289.680
Sulfatos (ppm)	460.293	232.880
Sales totales (%)	0.112	0.057
Cloruros (%)	0.057	0.029
Sulfatos (%)	0.046	0.023

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 103: Sales solubles (BG-10)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1520.000	911.973
Cloruros (ppm)	775.200	465.106
Sulfatos (ppm)	623.200	373.909
Sales totales (%)	0.152	0.091
Cloruros (%)	0.078	0.047
Sulfatos (%)	0.062	0.037

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 104: Sales solubles (BG-11)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1885.333	578.907
Cloruros (ppm)	961.520	295.242
Sulfatos (ppm)	772.987	237.352
Sales totales (%)	0.189	0.058
Cloruros (%)	0.096	0.030
Sulfatos (%)	0.077	0.024

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 105: Sales solubles (BG-12)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	2114.933	840.000
Cloruros (ppm)	1078.616	428.400
Sulfatos (ppm)	867.123	344.400
Sales totales (%)	0.211	0.084
Cloruros (%)	0.108	0.043
Sulfatos (%)	0.087	0.034

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 106: Sales solubles (BG-13)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1770.667	965.333
Cloruros (ppm)	903.040	492.320
Sulfatos (ppm)	725.973	395.787
Sales totales (%)	0.177	0.097
Cloruros (%)	0.090	0.049
Sulfatos (%)	0.073	0.040

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 107: Sales solubles (BG-14)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	1753.947	731.080
Cloruros (ppm)	894.513	372.851
Sulfatos (ppm)	719.118	299.743
Sales totales (%)	0.175	0.073
Cloruros (%)	0.089	0.037
Sulfatos (%)	0.072	0.030

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 108: Sales solubles (BG-15)

Características	Ag. Fino	Ag. Grueso
Sales totales (ppm)	2054.269	615.604
Cloruros (ppm)	1047.677	313.958
Sulfatos (ppm)	842.250	252.398
Sales totales (%)	0.205	0.062
Cloruros (%)	0.105	0.031
Sulfatos (%)	0.084	0.025

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.7. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables) en agregados

Tabla N° 109: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-01)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.172
Agregado fino	0.168
Total (%)	0.340

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 110: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-02)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.087
Agregado fino	0.234

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 111: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-03)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.081
Agregado fino	0.215
Total (%):	0.297

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 112: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-04)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.101
Agregado fino	0.238
Total (%):	0.339

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 113: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-05)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.136
Agregado fino	0.146
Total (%):	0.282

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 114: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-06)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.134
Agregado fino	0.170
Total (%):	0.303

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 115: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-07)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.130
Agregado fino	0.227
Total (%):	0.358

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 116: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-08)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.089
Agregado fino	0.273
Total (%):	0.362

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 117: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-09)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.101
Agregado fino	0.210
Total (%):	0.310

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 118: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-10)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.130
Agregado fino	0.189
Total (%):	0.319

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 119: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-11)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.123
Agregado fino	0.184
Total (%):	0.307

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 120: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-12)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.125
Agregado fino	0.164
Total (%):	0.290

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 121: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-13)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.139
Agregado fino	0.186
Total (%):	0.324

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 122: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-14)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.119
Agregado fino	0.189
Total (%):	0.308

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 123: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (BG-15)

Características	P. desmenuzables y terrones de arcilla
Agregado Grueso	0.124
Agregado fino	0.171
Total (%):	0.295

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.1.8. Material que pasa la malla N°200

Tabla N° 124: Material que pasa la malla N°200 (BG-01)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1350.00	1350.00	1350.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1230.46	1224.91	1236.68
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	8.855	9.266	8.394
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		8.838	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 125: Material que pasa la malla N°200 (BG-02)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1295.00	1295.00	1295.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1159.92	1173.58	1168.45
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	10.431	9.376	9.772
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		9.860	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 126: Material que pasa la malla N°200 (BG-03)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1500.00	1500.00	1500.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1394.44	1390.81	1399.19
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	7.037	7.279	6.721
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		7.012	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 127: Material que pasa la malla N°200 (BG-04)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1620.00	1620.00	1620.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1412.65	1435.94	1426.07
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	12.799	11.362	11.971
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		12.044	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 128: Material que pasa la malla N°200 (BG-05)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2600.00	2600.00	2600.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2394.64	2381.56	2389.21
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	7.898	8.402	8.107
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		8.136	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 129: Material que pasa la malla N°200 (BG-06)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2860.00	2860.00	2860.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2583.95	2580.61	2592.68
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	9.652	9.769	9.347
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		9.589	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 130: Material que pasa la malla N°200 (BG-07)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2150.00	2150.00	2150.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1996.15	2002.67	1998.92
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	7.156	6.853	7.027
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		7.012	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 131: Material que pasa la malla N°200 (BG-08)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1982.00	1982.00	1982.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1847.18	1862.49	1853.64
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	6.802	6.030	6.476
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		6.436	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 132: Material que pasa la malla N°200 (BG-09)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	3140.00	3140.00	3140.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2918.81	2924.68	2910.44
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	7.044	6.857	7.311
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		7.071	

Fuente: Ingeservicios Sac

Tabla N° 133: Material que pasa la malla N°200 (BG-10)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2652.00	2652.00	2652.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2489.17	2492.43	2496.57
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	6.140	6.017	5.861
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		6.006	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 134: Material que pasa la malla N°200 (BG-11)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2105.00	2105.00	2105.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1953.48	1950.75	1946.83
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	7.198	7.328	7.514
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		7.347	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 135: Material que pasa la malla N°200 (BG-12)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	1860.00	1860.00	1860.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	1743.56	1734.80	1750.15
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	6.260	6.731	5.906
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		6.299	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 136: Material que pasa la malla N°200 (BG-13)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2763.00	2763.00	2763.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2610.93	2623.47	2617.02
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	5.504	5.050	5.283
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		5.279	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 137: Material que pasa la malla N°200 (BG-14)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	3000.00	3000.00	3000.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2681.66	2660.16	2675.90
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	10.611	11.328	10.803
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		10.914	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 138: Material que pasa la malla N°200 (BG-15)

Item	PM-1	PM-2	PM-3
W. Muestra seca (g)	2800.00	2800.00	2800.00
W. Muestra Seca despues del lavado (g)	2563.05	2572.24	2551.59
Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)	8.462	8.134	8.872
Prom. Material Fino que pasa la Malla N°200 (%)		8.490	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.2. Propiedades de los materiales sin estabilizar

Estos ensayos se realizados son esenciales para la diagnosticar la estabilización de suelos los cuales son los siguientes:

3.5.2.1. Límite de Atterberg

Tabla N° 139: Límites de Atterberg (BG-01)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 140: Límites de Atterberg (BG-02)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 141: Límites de Atterberg (BG-03)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 142: Límites de Atterberg (BG-04)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 143: Límites de Atterberg (BG-05)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 144: Límites de Atterberg (BG-06)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 145: Límites de Atterberg (BG-07)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 146: Límites de Atterberg (BG-08)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 147: Límites de Atterberg (BG-09)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 148: Límites de Atterberg (BG-10)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 149: Límites de Atterberg (BG-11)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 150: Límites de Atterberg (BG-12)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 151: Límites de Atterberg (BG-13)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 152: Límites de Atterberg (BG-14)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 153: Límites de Atterberg (BG-15)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.2.2. Densidad máxima

Tabla N° 154: Densidad máxima (BG-01)

DATOS		MUESTRAS							
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4				
Método	C								
N° Molde	II								
N° Golpes	56.00								
N° Capas	5.00								
DATOS DEL MOLDE									
W. Molde (g)	6209								
Alto (cm)	11.70								
Diametro (cm)	15.20								
Volumen (cc)	2123.063								
W. Suelo Humedo + Molde (g)		10920	11007	11231	11215				
W. Suelo Humedo (g)		4711	4798	5022	5006				
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.219	2.260	2.365	2.358				
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4				
W. Tara (g)		14.34	14.38	15.04	41.43	51.15	49.76	50.29	50.19
W. Tara + Suelo Humedo (g)		153.68	148.54	155.39	150.20	153.96	157.84	160.51	161.92
W. Tara + Suelo Seco (g)		149.27	144.19	149.75	145.85	148.10	151.08	151.40	152.68
W. Suelo Seco (g)		134.93	129.81	134.71	104.42	96.95	101.32	101.11	102.49
W. Agua (g)		4.41	4.35	5.64	4.35	5.86	6.76	9.11	9.24
Humedad (%)		3.268	3.351	4.187	4.166	6.044	6.672	9.010	9.016
Prom. Humedad (%)		3.310	4.176	6.358	9.013				
Densidad Suelo Seco (g/cc)		2.148	2.169	2.224	2.163				

Fuente: (Ingeservicios Sac)

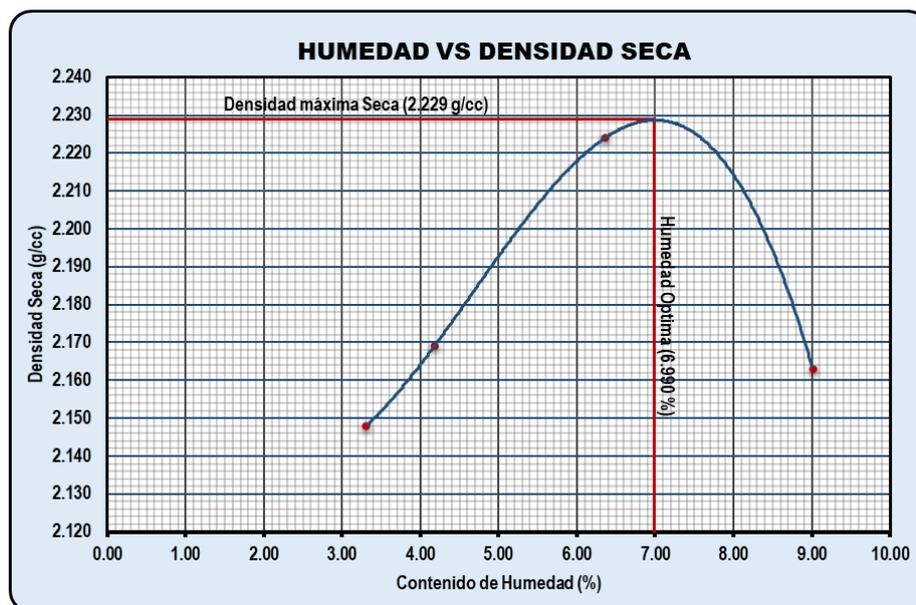


Figura N° 29: Curva de humedad vs densidad seca (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 155: Densidad máxima (BG-02)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10860	11085	11245	11247
W.Suelo Humedo (g)	4651	4876	5036	5038
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.191	2.297	2.372	2.373

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	25.30	35.60	43.52	35.65	54.25	45.26	35.84	56.30
W. Tara + Suelo Humedo (g)	125.63	135.24	165.24	142.32	135.62	147.85	123.02	145.52
W. Tara + Suelo Seco (g)	123.56	133.15	160.42	138.15	131.02	141.86	116.30	138.75
W. Suelo Seco (g)	98.26	97.55	116.90	102.50	76.77	96.60	80.46	82.45
W. Agua (g)	2.07	2.09	4.82	4.17	4.60	5.99	6.72	6.77
Humedad (%)	2.107	2.142	4.123	4.068	5.992	6.201	8.352	8.211
Prom. Humedad (%)	2.125		4.096		6.096		8.282	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.145		2.207		2.236		2.192	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

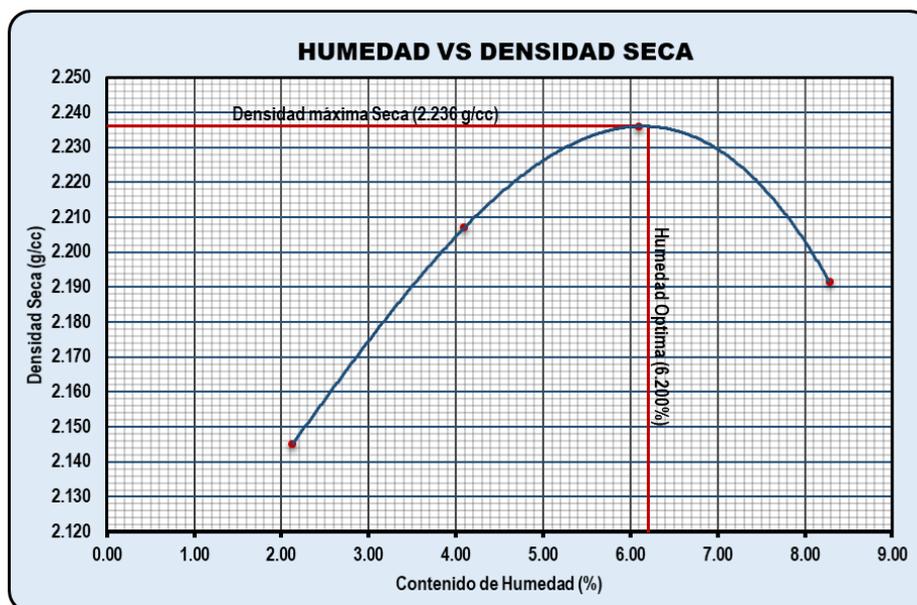


Figura N° 30: Curva de humedad vs densidad seca (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 156: Densidad máxima (BG-03)

DATOS		MUESTRAS				
		ITEM	P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C					
N° Molde	II	W.Suelo Humedo + Molde (g)	10902	11097	11258	11278
N° Golpes	56.00	W.Suelo Humedo (g)	4693	4888	5049	5069
N° Capas	5.00	Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.210	2.302	2.378	2.388
DATOS DEL MOLDE						
W. Molde (g)	6209					
Alto (cm)	11.70					
Diametro (cm)	15.20					
Volumen (cc)	2123.063					

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.65	28.50	35.62	30.26	45.12	40.56	25.65	24.45
W. Tara + Suelo Humedo (g)	125.65	145.82	135.62	148.24	195.85	178.45	254.12	250.09
W. Tara + Suelo Seco (g)	123.60	143.52	131.52	143.56	187.00	170.35	236.52	233.45
W. Suelo Seco (g)	94.95	115.02	95.90	113.30	141.88	129.79	210.87	209.00
W. Agua (g)	2.05	2.30	4.10	4.68	8.85	8.10	17.60	16.64
Humedad (%)	2.159	2.000	4.275	4.131	6.238	6.241	8.346	7.962
Prom. Humedad (%)	2.079		4.203		6.239		8.154	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.165		2.209		2.238		2.208	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

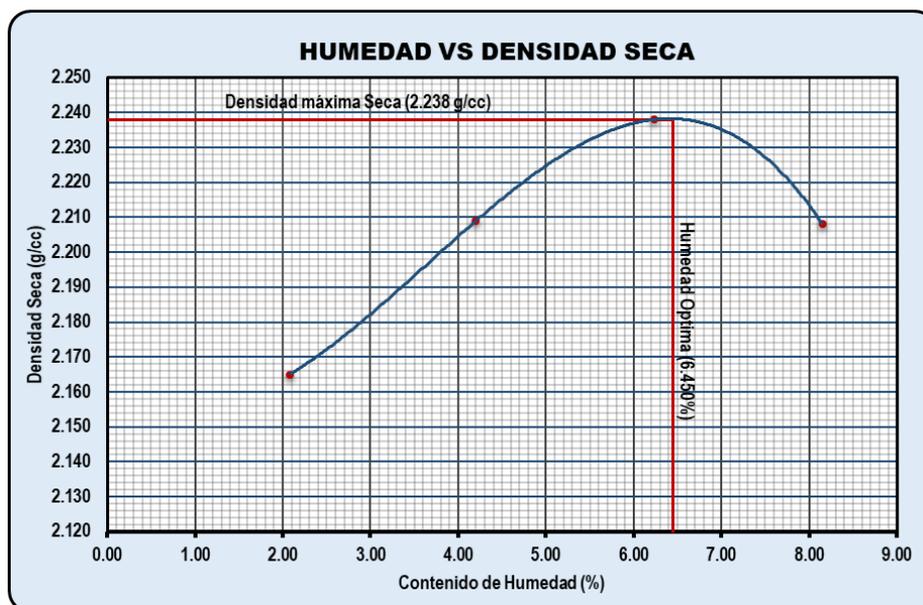


Figura N° 31: Curva de humedad vs densidad seca (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 157: Densidad máxima (BG-04)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10959	11100	11257	11310
W.Suelo Humedo (g)	4750	4891	5048	5101
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.237	2.304	2.378	2.403

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.65	28.50	25.65	24.45	45.12	40.56	35.12	34.20
W. Tara + Suelo Humedo (g)	136.98	245.20	216.03	187.54	195.62	174.06	185.65	135.26
W. Tara + Suelo Seco (g)	134.56	240.20	208.25	180.58	186.58	166.08	173.49	127.09
W. Suelo Seco (g)	105.91	211.70	182.60	156.13	141.46	125.52	138.37	92.89
W. Agua (g)	2.42	5.00	7.78	6.96	9.04	7.98	12.16	8.17
Humedad (%)	2.285	2.362	4.261	4.458	6.390	6.358	8.788	8.795
Prom. Humedad (%)	2.323		4.359		6.374		8.792	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.186		2.208		2.236		2.209	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

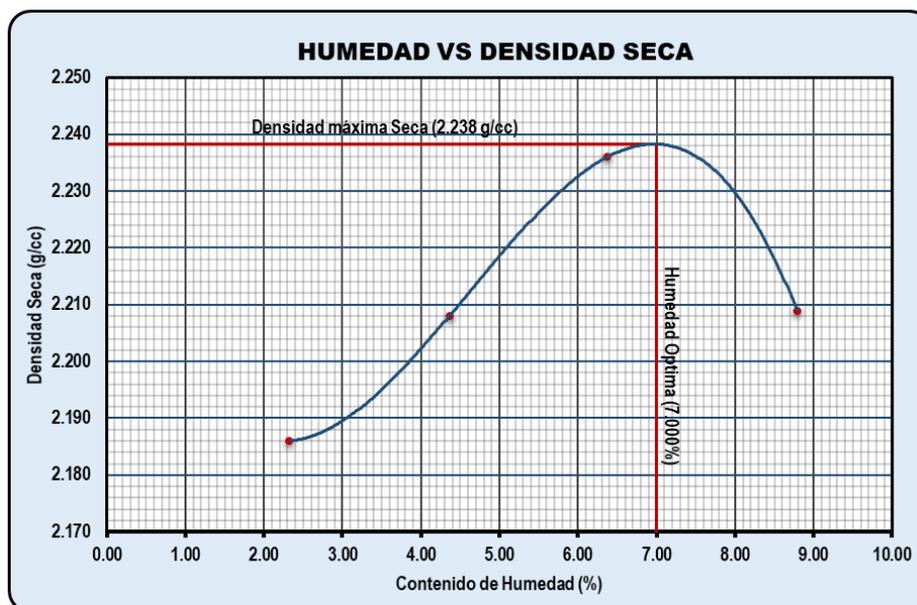


Figura N° 32: Curva de humedad vs densidad seca (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 158: Densidad máxima (BG-05)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10964	11085	11240	11315
W.Suelo Humedo (g)	4755	4876	5031	5106
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.240	2.297	2.370	2.405

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.19	26.57	31.85	29.58	54.56	49.08	42.85	41.42
W. Tara + Suelo Humedo (g)	185.35	218.63	253.72	231.40	196.39	231.11	269.89	302.90
W. Tara + Suelo Seco (g)	181.98	214.99	245.42	223.76	188.44	220.74	251.52	281.78
W. Suelo Seco (g)	153.79	188.43	213.58	194.18	133.88	171.66	208.68	240.37
W. Agua (g)	3.37	3.64	8.30	7.64	7.95	10.37	18.37	21.12
Humedad (%)	2.191	1.929	3.884	3.933	5.941	6.041	8.801	8.785
Prom. Humedad (%)	2.060		3.908		5.991		8.793	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.195		2.211		2.236		2.211	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

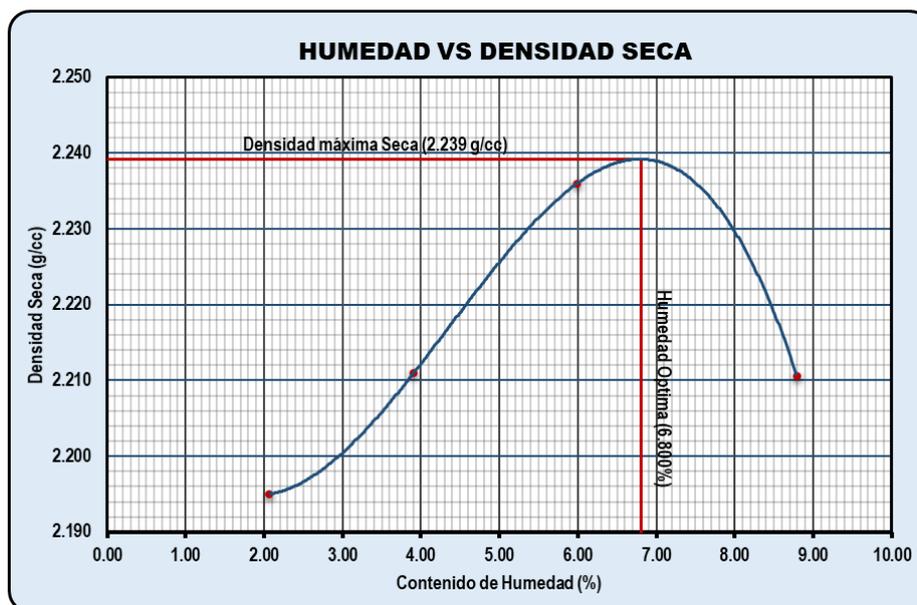


Figura N° 33: Curva de humedad vs densidad seca (BG-05)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 159: Densidad máxima (BG-06)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diámetro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10940	11105	11236	11298
W.Suelo Humedo (g)	4731	4896	5027	5089
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.228	2.306	2.368	2.397

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	65.10	54.31	52.22	42.78	65.11	50.12	43.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	254.30	224.12	158.45	134.65	240.13	210.01	201.45	205.65
W. Tara + Suelo Seco (g)	250.56	220.84	154.12	130.84	230.20	200.87	188.99	195.05
W. Suelo Seco (g)	185.46	166.53	101.90	88.06	165.09	150.75	145.98	127.49
W. Agua (g)	3.74	3.28	4.33	3.81	9.93	9.14	12.46	10.60
Humedad (%)	2.017	1.970	4.249	4.327	6.015	6.063	8.535	8.314
Prom. Humedad (%)	1.993		4.288		6.039		8.425	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.184		2.211		2.233		2.211	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

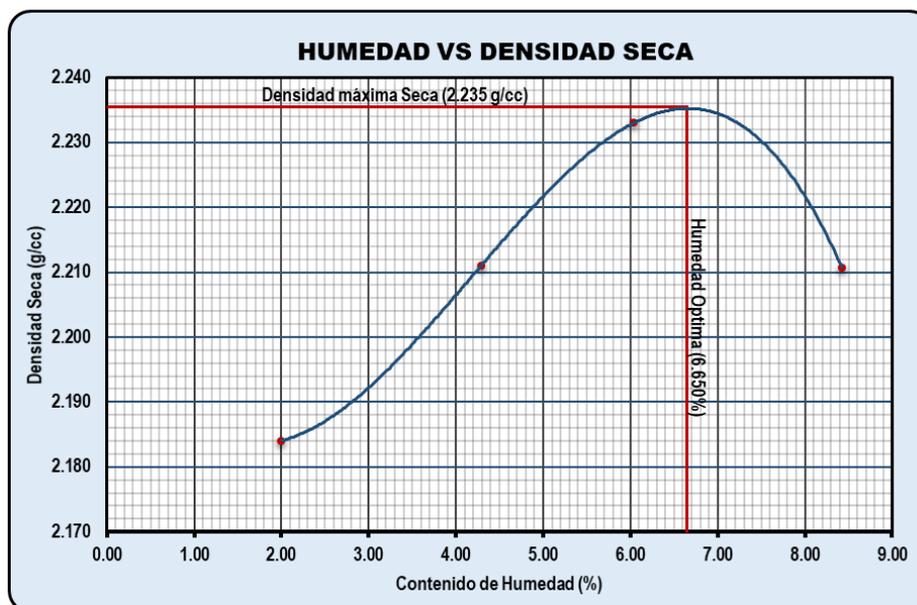


Figura N° 34: Curva de humedad vs densidad seca (BG-06)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 160: Densidad máxima (BG-07)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10855	11063	11266	11245
W.Suelo Humedo (g)	4646	4854	5057	5036
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.188	2.286	2.382	2.372

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	63.48	82.56	79.95	65.22	65.10	82.84	79.87	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	322.82	334.75	333.89	303.70	162.74	358.36	392.48	174.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	317.20	329.47	323.75	293.78	157.05	340.97	369.14	166.68
W. Suelo Seco (g)	253.72	246.91	243.80	228.56	91.95	258.13	289.27	99.12
W. Agua (g)	5.62	5.28	10.14	9.92	5.69	17.39	23.34	7.94
Humedad (%)	2.215	2.138	4.158	4.341	6.192	6.737	8.069	8.015
Prom. Humedad (%)	2.177		4.249		6.465		8.042	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.141		2.193		2.237		2.195	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

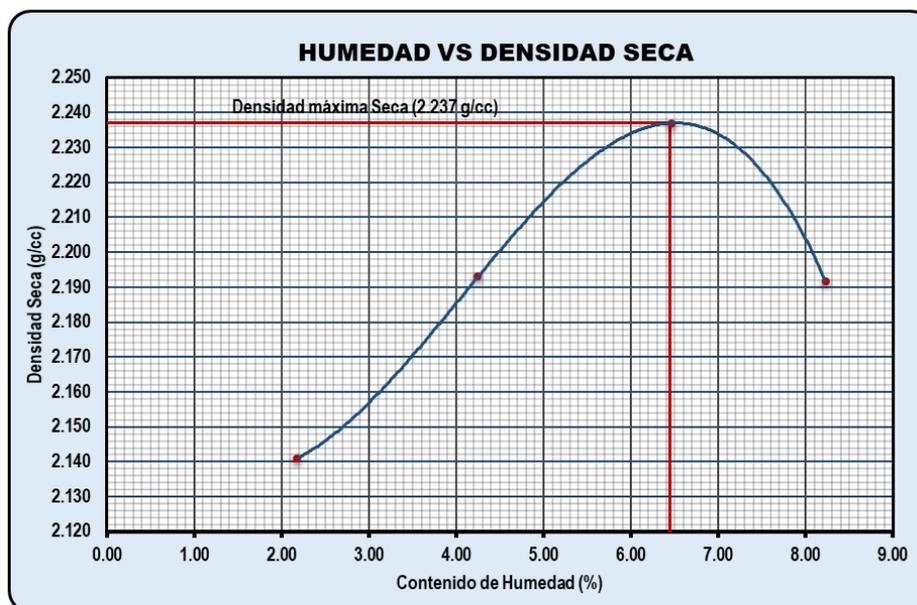


Figura N° 35: Curva de humedad vs densidad seca (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 161: Densidad máxima (BG-08)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10853	11056	11268	11247
W.Suelo Humedo (g)	4644	4847	5059	5038
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.187	2.283	2.383	2.373

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.32	34.60	56.24	44.87	67.34	53.31	43.08	57.67
W. Tara + Suelo Humedo (g)	236.50	177.83	189.28	172.78	152.72	176.42	148.64	176.24
W. Tara + Suelo Seco (g)	231.75	174.76	184.01	167.15	147.81	169.01	140.79	167.43
W. Suelo Seco (g)	203.43	140.16	127.77	122.28	80.47	115.70	97.71	109.76
W. Agua (g)	4.75	3.07	5.27	5.63	4.91	7.41	7.85	8.81
Humedad (%)	2.335	2.190	4.125	4.607	6.102	6.404	8.034	8.027
Prom. Humedad (%)	2.263		4.366		6.253		8.030	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.139		2.187		2.243		2.197	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

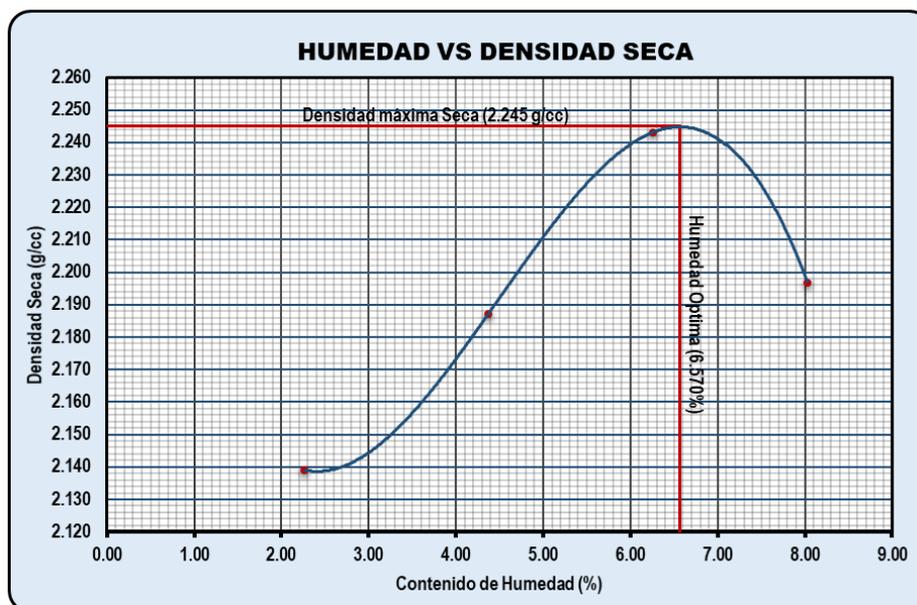


Figura N° 36: Curva de humedad vs densidad seca (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 162: Densidad máxima (BG-09)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10844	11096	11330	11310
W.Suelo Humedo (g)	4635	4887	5121	5101
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.183	2.302	2.412	2.403

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	57.29	61.58	66.25	53.53	69.36	66.81	59.68	62.73
W. Tara + Suelo Humedo (g)	268.67	274.66	272.39	250.84	277.69	295.83	323.79	268.67
W. Tara + Suelo Seco (g)	264.02	269.16	263.43	242.05	263.67	281.79	303.16	252.11
W. Suelo Seco (g)	206.73	207.58	197.18	188.52	194.31	214.98	243.48	189.38
W. Agua (g)	4.65	5.50	8.96	8.79	14.02	14.04	20.63	16.56
Humedad (%)	2.249	2.650	4.544	4.663	7.215	6.531	8.473	8.744
Prom. Humedad (%)	2.449		4.603		6.873		8.609	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.131		2.201		2.257		2.213	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

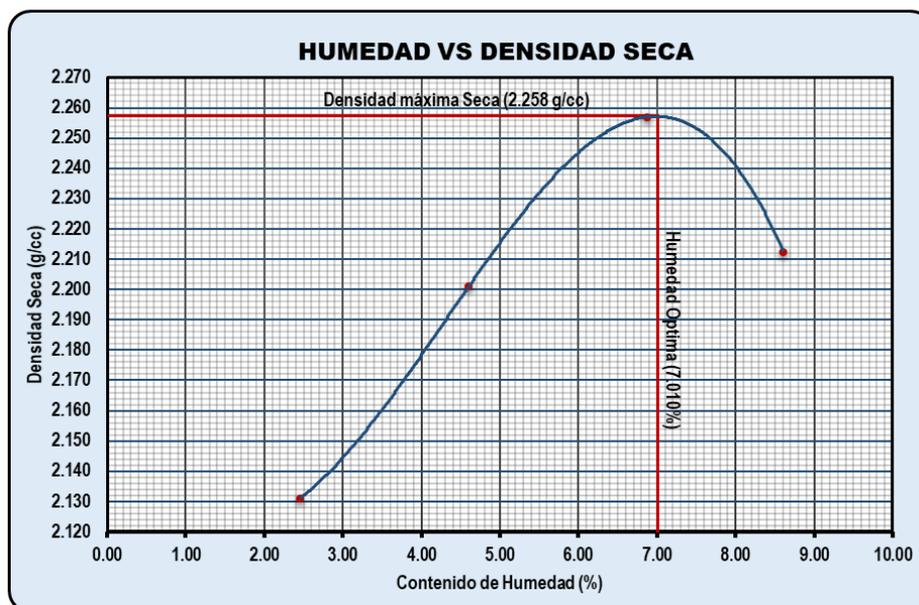


Figura N° 37: Curva de humedad vs densidad seca (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 163: Densidad máxima (BG-10)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diámetro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10840	11064	11315	11202
W.Suelo Humedo (g)	4631	4855	5106	4993
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.181	2.287	2.405	2.352

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	54.79	61.58	64.25	43.53	59.36	68.07	57.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	265.86	271.47	282.39	250.84	257.69	292.28	184.62	173.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	260.62	266.92	273.54	242.21	244.42	277.08	174.30	165.00
W. Suelo Seco (g)	205.83	205.34	209.29	198.68	185.06	209.01	117.29	97.44
W. Agua (g)	5.24	4.55	8.85	8.63	13.27	15.20	10.32	8.62
Humedad (%)	2.546	2.216	4.229	4.346	7.171	7.272	8.802	8.851
Prom. Humedad (%)	2.381		4.287		7.222		8.826	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.130		2.193		2.243		2.161	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

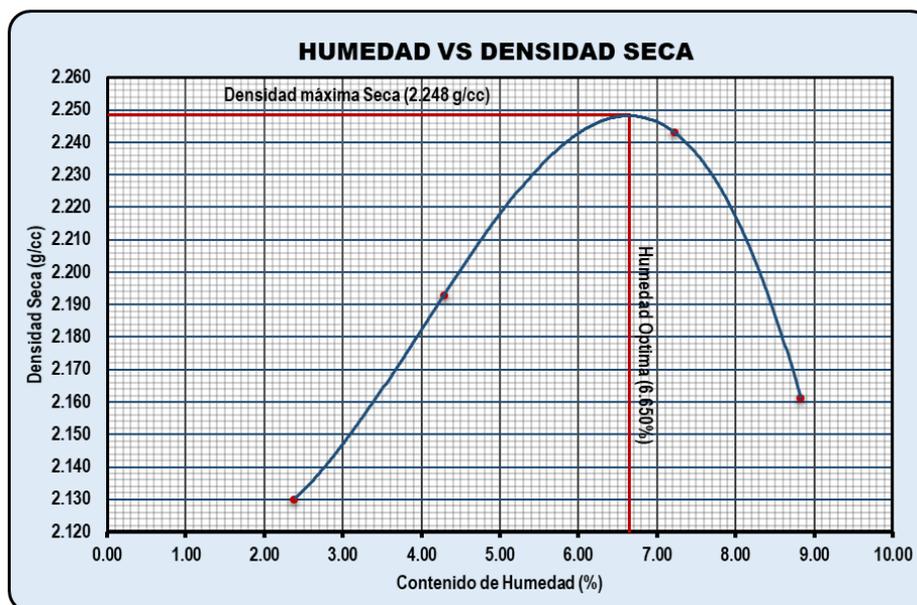


Figura N° 38: Curva de humedad vs densidad seca (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 164: Densidad máxima (BG-11)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10863	11126	11301	11326
W.Suelo Humedo (g)	4654	4917	5092	5117
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.192	2.316	2.398	2.410

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	26.32	33.60	55.33	62.87	63.50	55.31	57.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	246.50	176.93	195.26	179.92	158.74	167.98	184.62	173.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	240.95	173.76	189.20	174.63	153.05	160.76	174.98	165.68
W. Suelo Seco (g)	214.63	140.16	133.87	111.76	89.55	105.45	117.97	98.12
W. Agua (g)	5.55	3.17	6.06	5.29	5.69	7.22	9.64	7.94
Humedad (%)	2.586	2.262	4.527	4.733	6.358	6.847	8.175	8.096
Prom. Humedad (%)	2.424		4.630		6.603		8.136	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.140		2.214		2.249		2.229	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

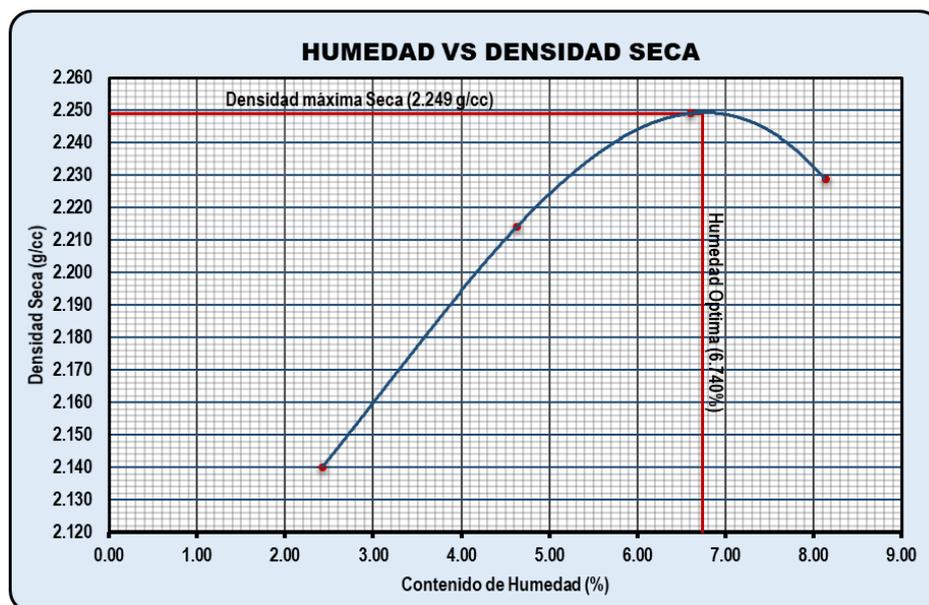


Figura N° 39: Curva de humedad vs densidad seca (BG-11)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 165: Densidad máxima (BG-12)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10858	11026	11245	11246
W.Suelo Humedo (g)	4649	4817	5036	5037
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.190	2.269	2.372	2.373

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.45	34.60	53.26	68.87	64.58	55.31	52.82	63.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	251.54	175.93	192.60	172.92	157.44	169.38	186.24	176.24
W. Tara + Suelo Seco (g)	246.02	172.24	187.20	168.63	152.05	162.76	176.00	167.60
W. Suelo Seco (g)	217.57	137.64	133.94	99.76	87.47	107.45	123.18	104.04
W. Agua (g)	5.52	3.69	5.40	4.29	5.39	6.62	10.24	8.64
Humedad (%)	2.537	2.681	4.032	4.300	6.162	6.161	8.313	8.304
Prom. Humedad (%)	2.609	4.166	6.162	8.309				
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.134	2.178	2.234	2.191				

Fuente: (Ingeservicios Sac)

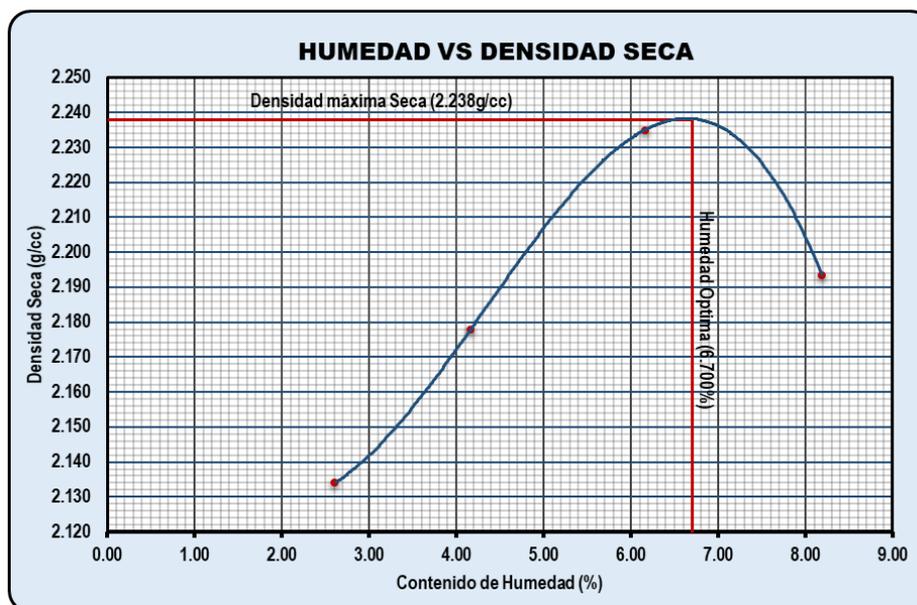


Figura N° 40: Curva de humedad vs densidad seca (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 166: Densidad máxima (BG-13)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10853	11016	11292	11245
W.Suelo Humedo (g)	4644	4807	5083	5036
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.187	2.264	2.394	2.372

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	14.38	80.59	79.95	15.04	49.76	80.17	79.87	50.19
W. Tara + Suelo Humedo (g)	148.54	325.76	333.89	155.39	157.84	354.99	392.85	161.92
W. Tara + Suelo Seco (g)	145.19	320.47	323.75	149.75	151.08	338.87	369.10	152.89
W. Suelo Seco (g)	130.81	239.88	243.80	134.71	101.32	258.70	289.23	102.70
W. Agua (g)	3.35	5.29	10.14	5.64	6.76	16.12	23.75	9.03
Humedad (%)	2.561	2.205	4.158	4.187	6.672	6.233	8.213	8.793
Prom. Humedad (%)	2.383		4.172		6.452		8.503	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.136		2.173		2.249		2.186	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

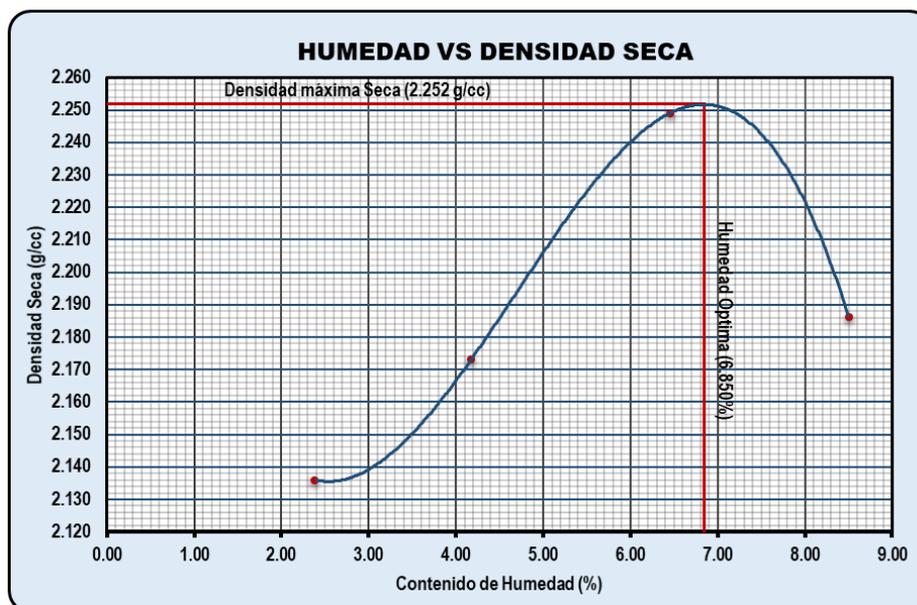


Figura N° 41: Curva de humedad vs densidad seca (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 167: Densidad máxima (BG-14)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10835	11054	11296	11257
W.Suelo Humedo (g)	4626	4845	5087	5048
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.179	2.282	2.396	2.378

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	17.28	17.56	65.26	58.72	61.38	59.71	57.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	184.16	178.48	182.61	179.92	184.75	189.41	184.62	173.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	180.31	174.28	178.01	174.63	177.65	181.30	174.58	165.18
W. Suelo Seco (g)	163.03	156.72	112.75	115.91	116.27	121.58	117.57	97.62
W. Agua (g)	3.85	4.20	4.60	5.29	7.10	8.11	10.04	8.44
Humedad (%)	2.362	2.680	4.080	4.564	6.108	6.672	8.543	8.650
Prom. Humedad (%)	2.521		4.322		6.390		8.596	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.125		2.187		2.252		2.190	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

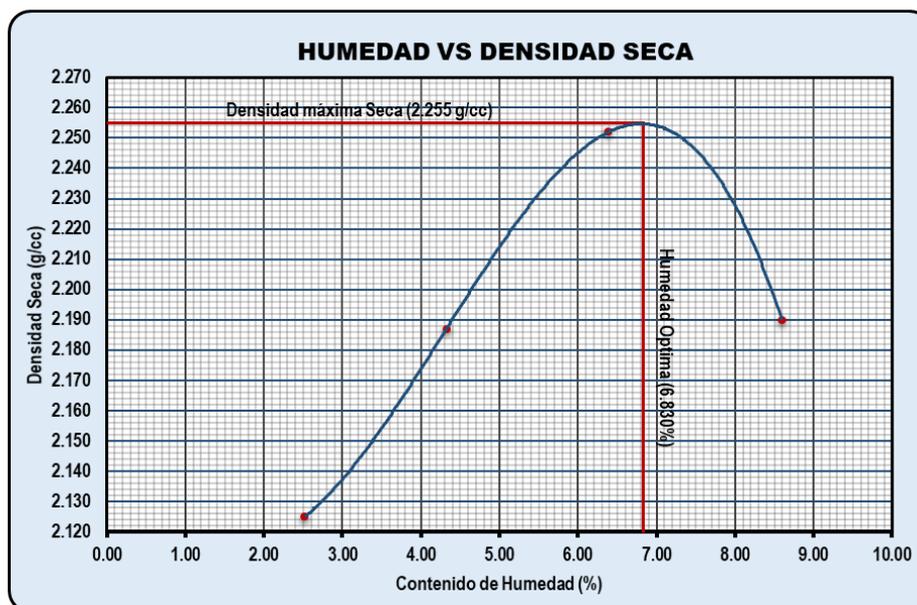


Figura N° 42: Curva de humedad vs densidad seca (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 168: Densidad máxima (BG-15)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10822	11015	11277	11267
W.Suelo Humedo (g)	4613	4806	5068	5058
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.173	2.264	2.387	2.382

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	14.38	80.59	79.95	15.04	49.76	80.17	35.84	56.30
W. Tara + Suelo Humedo (g)	148.54	325.76	333.89	155.39	157.84	354.99	123.02	145.52
W. Tara + Suelo Seco (g)	145.19	320.47	323.75	149.75	151.08	338.87	116.30	138.75
W. Suelo Seco (g)	130.81	239.88	243.80	134.71	101.32	258.70	80.46	82.45
W. Agua (g)	3.35	5.29	10.14	5.64	6.76	16.12	6.72	6.77
Humedad (%)	2.561	2.205	4.158	4.187	6.672	6.233	8.352	8.211
Prom. Humedad (%)	2.383		4.172		6.452		8.282	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.122		2.173		2.242		2.200	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

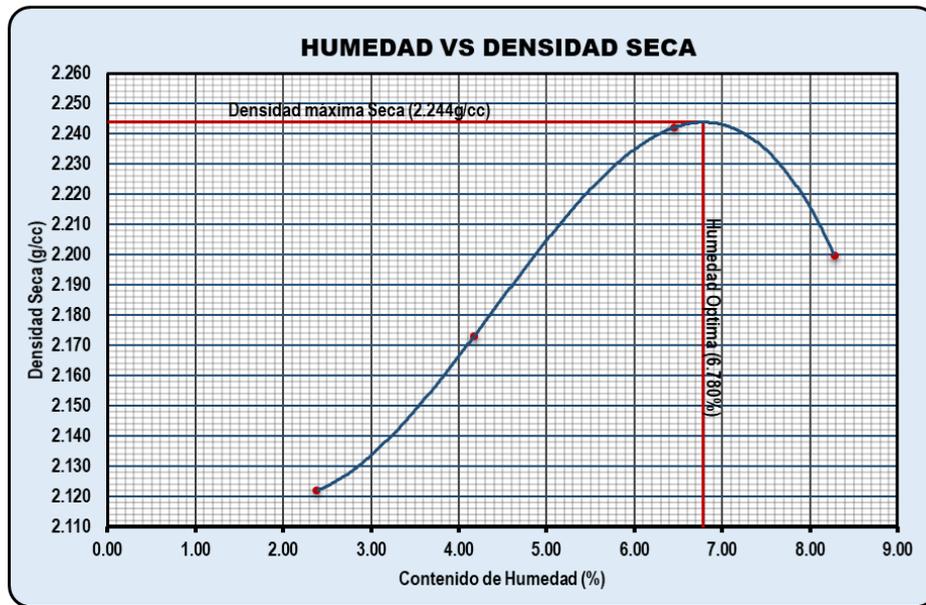


Figura N° 43: Curva de humedad vs densidad seca (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.2.3. California Bearing Ratio

Tabla N° 169: California Bearing Ratio (BG-01)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm²)	16.62	-	-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)	2.229			9120	9090	9050	
Humedad Óptima (g/cc)	6.990			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13801	13900	14027
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)	15.15	14.34	14.38
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	225.91	213.47	215.75
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	208.57	198.51	202.54
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)	210.76	199.13	201.37
				W. Suelo Seco (g)	193.42	184.17	188.16
				W. Agua (g)	17.34	14.96	13.21
				C. Humedad - Inicial (%)	6.990	6.990	6.990
				C. Humedad - Final (%)	8.965	8.123	7.021
				Densidad Humeda (g/cc)	2.243	2.305	2.385
				Densidad Seca (g/cc)	2.059	2.132	2.229

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	41.00	196.22	11.81	38.00	250.43	15.07	30.00	252.87	15.22
1 min - 1.27 mm	70.00	407.53	24.52	65.00	511.88	30.80	58.00	491.35	29.57
1 min 30 seg - 1.90 mm	106.00	629.40	37.87	98.00	788.13	47.42	91.00	852.60	51.30
2 min - 2.54 mm	151.00	842.72	50.71	146.00	1056.20	63.55	139.00	1214.50	73.08
2 min 30 seg - 3.17 mm	182.00	1014.79	61.06	172.00	1363.64	82.05	167.00	1687.50	101.54
3 min - 3.81 mm	212.00	1193.90	71.84	208.00	1640.21	98.69	199.00	1986.80	119.55
4 min - 5.08 mm	272.00	1491.24	89.73	267.00	2222.01	133.70	253.00	2578.45	155.15
6 min - 7.62 mm	362.00	2122.65	127.72	355.00	3176.78	191.15	341.00	3575.50	215.14
8 min - 10.16 mm	438.00	2665.02	160.36	426.00	4032.32	242.63	412.00	4325.65	260.28
10 min - 12.70 mm	602.00	3009.65	181.10	592.00	4568.97	274.92	579.00	4760.00	286.42

Fuente: (Ingeservicios Sac)

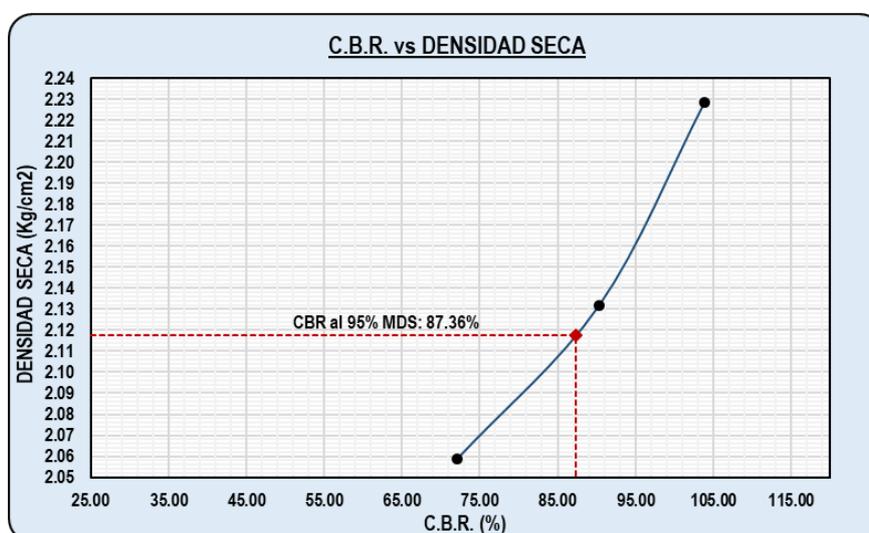


Figura N° 44: Curva del CBR (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 170: California Bearing Ratio (BG-02)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.236						
Humedad Óptima (g/cc)			6.200						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				W. Molde (g)					
				9120	9090	9050			
				W. Molde + Suelo Humedo (g)					
				13745	13975	14050			
				W. Suelo Humedo (g)					
				4625	4885	5000			
				W. Tara (g)					
				15.20	14.40	14.45			
				W. Tara + Suelo Humedo					
				225.32	452.52	342.78			
				W. Tara + Suelo Seco (g)					
				209.75	422.65	320.89			
				W. Suelo Humedo (g)					
				210.12	438.12	328.33			
				W. Suelo Seco (g)					
				194.55	408.25	306.44			
				W. Agua (g)					
				15.57	29.87	21.89			
				C. Humedad - Inicial (%)					
				6.200	6.200	6.200			
				C. Humedad - Final (%)					
				8.003	7.317	7.143			
				Densidad Humeda (g/cc)					
				2.216	2.341	2.396			
				Densidad Seca (g/cc)					
				2.052	2.181	2.236			
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	44.00	259.01	15.59	36.00	315.04	18.96	29.00	315.66	18.99
1 min - 1.27 mm	65.00	436.84	26.29	65.00	603.25	36.30	56.00	615.87	37.06
1 min 30 seg - 1.90 mm	96.00	656.71	39.52	86.00	885.74	53.30	106.00	969.85	58.36
2 min - 2.54 mm	135.00	947.18	56.99	126.00	1227.62	73.87	150.00	1278.58	76.93
2 min 30 seg - 3.17 mm	140.00	1256.80	75.62	135.00	1470.89	88.51	175.00	1568.78	94.40
3 min - 3.81 mm	155.00	1651.38	99.37	153.00	1811.70	109.01	163.00	1900.45	114.35
4 min - 5.08 mm	210.00	2039.91	122.75	204.00	2182.91	131.35	190.00	2270.76	136.64
6 min - 7.62 mm	279.00	2525.69	151.98	295.00	2734.70	164.55	195.00	2715.21	163.38
8 min - 10.16 mm	375.00	2925.16	176.01	356.00	3094.72	186.22	340.00	3051.45	183.61
10 min - 12.70 mm	492.00	3315.87	199.52	437.00	3276.86	197.18	420.00	3337.92	200.85

Fuente: (Ingeservicios Sac)

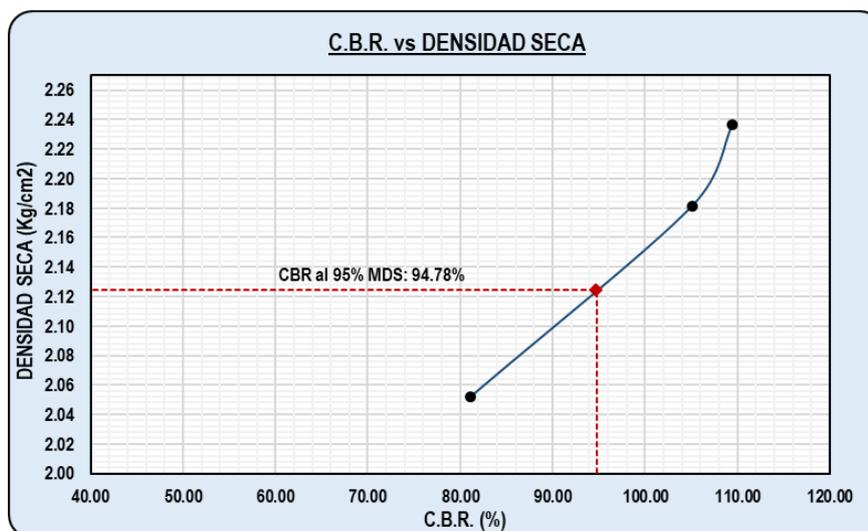


Figura N° 45: Curva del CBR (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 171: California Bearing Ratio (BG-03)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)	2.238			9120	9090	9050	
Humedad Óptima (g/cc)	6.450			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13715	13970	14027
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	4595	4880	4977	
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	220.00	226.60	225.78
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	204.45	211.65	212.78
				W. Suelo Humedo (g)	204.80	212.20	211.33
				W. Suelo Seco (g)	189.25	197.25	198.33
				W. Agua (g)	15.55	14.95	13.00
				C. Humedad - Inicial (%)	6.450	6.450	6.450
				C. Humedad - Final (%)	8.217	7.579	6.555
				Densidad Humeda (g/cc)	2.202	2.339	2.385
				Densidad Seca (g/cc)	2.035	2.174	2.238

Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55			
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		
	Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	46.00	249.05	14.99	35.00	305.86	18.40	30.00	306.47	18.44	
1 min - 1.27 mm	65.00	420.03	25.27	65.00	585.68	35.24	54.00	597.94	35.98	
1 min 30 seg - 1.90 mm	95.00	631.45	38.00	85.00	859.94	51.74	106.00	941.60	56.66	
2 min - 2.54 mm	137.00	910.75	54.80	125.00	1191.87	71.72	155.00	1241.34	74.69	
2 min 30 seg - 3.17 mm	140.00	1208.47	72.72	132.00	1428.05	85.93	170.00	1523.08	91.65	
3 min - 3.81 mm	156.00	1587.87	95.55	156.00	1758.93	105.84	162.00	1845.09	111.02	
4 min - 5.08 mm	215.00	1961.45	118.02	205.00	2119.33	127.52	188.00	2204.63	132.66	
6 min - 7.62 mm	280.00	2428.55	146.13	275.00	2655.04	159.76	290.00	2636.13	158.62	
8 min - 10.16 mm	384.00	2812.66	169.24	350.00	3004.58	180.79	320.00	2962.57	178.26	
10 min - 12.70 mm	495.00	3188.34	191.85	440.00	3181.42	191.43	401.00	3240.70	195.00	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

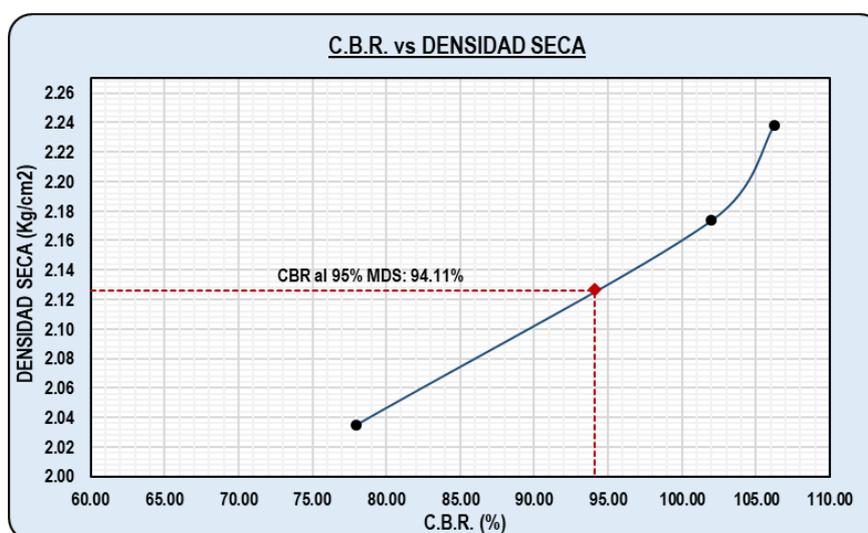


Figura N° 46: Curva del CBR (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 172: California Bearing Ratio (BG-04)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.238						
Humedad Óptima (g/cc)			7.000						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				W. Molde (g)					
				9120	9090	9050			
				W. Molde + Suelo Humedo (g)					
				13745	13999	14066			
				W. Suelo Humedo (g)					
				4625	4909	5016			
				W. Tara (g)					
				15.20	14.40	14.45			
				W. Tara + Suelo Humedo					
				225.78	246.78	235.68			
				W. Tara + Suelo Seco (g)					
				208.45	230.65	220.45			
				W. Suelo Humedo (g)					
				210.58	232.38	221.23			
				W. Suelo Seco (g)					
				193.25	216.25	206.00			
				W. Agua (g)					
				17.33	16.13	15.23			
				C. Humedad - Inicial (%)					
				7.000	7.000	7.000			
				C. Humedad - Final (%)					
				8.968	7.459	7.393			
				Densidad Humeda (g/cc)					
				2.216	2.352	2.404			
				Densidad Seca (g/cc)					
				2.034	2.189	2.238			
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	46.00	226.41	13.62	33.00	302.83	18.22	31.00	303.43	18.26
1 min - 1.27 mm	66.00	473.18	28.47	66.00	579.88	34.89	55.00	592.02	35.62
1 min 30 seg - 1.90 mm	96.00	714.18	42.97	85.00	851.43	51.23	104.00	932.27	56.10
2 min - 2.54 mm	135.00	998.64	60.09	127.00	1180.07	71.01	142.00	1229.05	73.95
2 min 30 seg - 3.17 mm	145.00	1262.24	75.95	130.00	1413.91	85.08	165.00	1508.00	90.74
3 min - 3.81 mm	150.00	1459.55	87.82	156.00	1741.51	104.79	178.00	1826.83	109.92
4 min - 5.08 mm	210.00	1783.14	107.29	220.00	2098.35	126.26	188.00	2182.80	131.34
6 min - 7.62 mm	284.00	2207.77	132.85	270.00	2628.76	158.18	191.00	2610.03	157.05
8 min - 10.16 mm	387.00	2556.96	153.86	320.00	2974.83	179.00	325.00	2933.24	176.50
10 min - 12.70 mm	500.00	2898.49	174.41	441.00	3149.92	189.54	410.00	3208.62	193.07

Fuente: (Ingeservicios Sac)

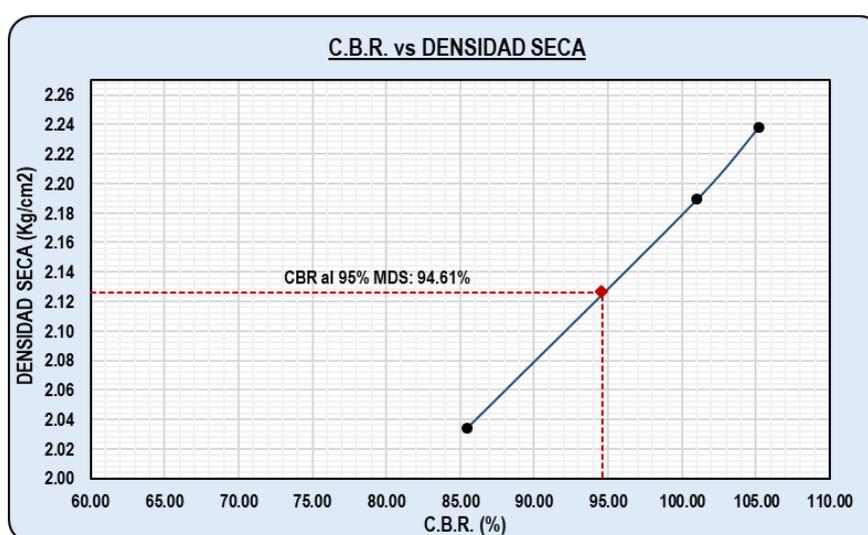


Figura N° 47: Curva del CBR (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 173: California Bearing Ratio (BG-05)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)	2.239			9120	9090	9050	
Humedad Óptima (g/cc)	6.800			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13795	14005	14058
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	223.35	220.15	212.54
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	207.64	205.98	199.28
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)	208.15	205.75	198.09
				W. Suelo Seco (g)	192.44	191.58	184.83
				W. Agua (g)	15.71	14.17	13.26
				C. Humedad - Inicial (%)	6.800	6.800	6.800
				C. Humedad - Final (%)	8.164	7.396	7.174
				Densidad Humeda (g/cc)	2.240	2.355	2.400
				Densidad Seca (g/cc)	2.071	2.193	2.239

PENETRACIÓN

Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55			
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		
		Dial	Kg		Kg/cm ²	Dial		Kg	Kg/cm ²	Dial
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	40.00	266.62	16.04	38.00	321.10	19.32	35.00	328.17	19.75	
1 min - 1.27 mm	65.00	449.65	27.06	60.00	614.85	37.00	58.00	640.27	38.53	
1 min 30 seg - 1.90 mm	90.00	675.97	40.67	90.00	902.77	54.32	100.00	1008.26	60.67	
2 min - 2.54 mm	120.00	974.95	58.66	120.00	1251.23	75.29	158.00	1329.27	79.98	
2 min 30 seg - 3.17 mm	130.00	1293.64	77.84	128.00	1499.17	90.21	125.00	1630.91	98.14	
3 min - 3.81 mm	157.00	1699.78	102.28	150.00	1846.52	111.11	161.00	1975.72	118.88	
4 min - 5.08 mm	201.00	2099.71	126.34	200.00	2224.94	133.88	189.00	2360.70	142.05	
6 min - 7.62 mm	287.00	2599.72	156.43	280.00	2787.26	167.72	281.00	2822.75	169.85	
8 min - 10.16 mm	370.00	3011.00	181.18	395.00	3154.21	189.79	356.00	3172.29	190.88	
10 min - 12.70 mm	468.00	3413.07	205.37	420.00	3339.84	200.97	405.00	3470.13	208.80	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

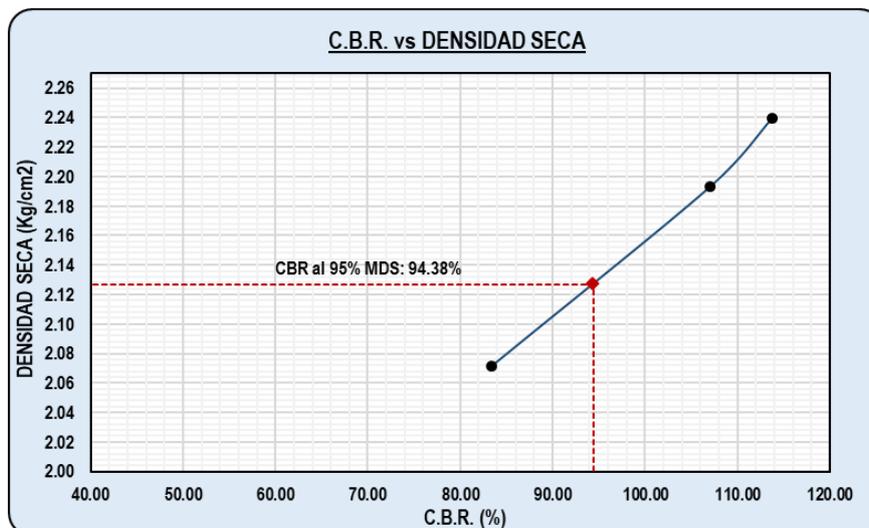


Figura N° 48: Curva del CBR (BG-05)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 174: California Bearing Ratio (BG-06)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.235	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.500	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
	Molde I	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Humedo			
	Molde II	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Seco (g)			
	Molde III	15.20	11.50	W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			

PENETRACIÓN

Penetración Tiempo - mm	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección	
		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	44.00	256.45	15.43	37.00	311.92	18.77	30.00	321.91	19.37
1 min - 1.27 mm	65.00	432.51	26.02	61.00	597.28	35.94	55.00	628.07	37.79
1 min 30 seg - 1.90 mm	95.00	650.21	39.12	85.00	876.97	52.77	102.00	989.05	59.51
2 min - 2.54 mm	130.00	937.80	56.43	125.00	1215.47	73.14	150.00	1303.90	78.46
2 min 30 seg - 3.17 mm	138.00	1244.36	74.88	130.00	1456.33	87.63	175.00	1599.84	96.27
3 min - 3.81 mm	150.00	1635.03	98.38	152.00	1793.76	107.93	162.00	1938.08	116.62
4 min - 5.08 mm	201.00	2019.71	121.53	201.00	2161.30	130.05	189.00	2315.73	139.34
6 min - 7.62 mm	280.00	2500.68	150.47	290.00	2707.62	162.92	189.00	2768.98	166.62
8 min - 10.16 mm	378.00	2896.20	174.27	350.00	3064.08	184.37	346.00	3111.87	187.25
10 min - 12.70 mm	490.00	3283.04	197.55	435.00	3244.42	195.22	410.00	3404.02	204.83

Fuente: (Ingeservicios Sac)

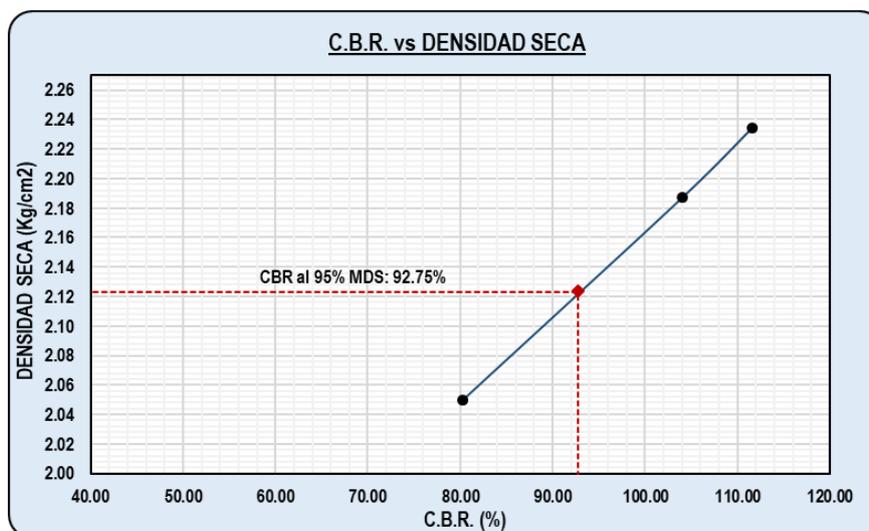


Figura N° 49: Curva del CBR (BG-06)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 175: California Bearing Ratio (BG-07)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)	2.237			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13728	14001	14043
Humedad Óptima (g/cc)	6.450			W. Suelo Humedo (g)	4608	4911	4993
MOLDE				W. Tara (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara + Suelo Humedo	235.78	275.18	275.14
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	218.54	257.12	258.14
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)	220.58	260.78	260.69
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Seco (g)	203.34	242.72	243.69
				W. Agua (g)	17.24	18.06	17.00
				C. Humedad - Inicial (%)	6.450	6.450	6.450
				C. Humedad - Final (%)	8.478	7.441	6.976
				Densidad Humeda (g/cc)	2.208	2.353	2.393
				Densidad Seca (g/cc)	2.036	2.190	2.237

PENETRACIÓN

Penetración Tiempo - mm	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección	
		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	49.00	233.25	14.04	36.00	311.98	18.77	34.00	315.47	18.98
1 min - 1.27 mm	69.00	487.47	29.33	69.00	597.40	35.95	58.00	612.61	36.86
1 min 30 seg - 1.90 mm	99.00	735.75	44.27	88.00	877.14	52.78	107.00	962.94	57.94
2 min - 2.54 mm	138.00	1028.80	61.90	130.00	1215.71	73.15	145.00	1268.50	76.33
2 min 30 seg - 3.17 mm	148.00	1300.36	78.25	133.00	1456.61	87.65	168.00	1555.72	93.61
3 min - 3.81 mm	153.00	1503.62	90.48	159.00	1794.11	107.96	181.00	1883.98	113.36
4 min - 5.08 mm	213.00	1836.99	110.54	223.00	2161.72	130.07	191.00	2250.49	135.42
6 min - 7.62 mm	287.00	2274.44	136.86	273.00	2708.15	162.95	194.00	2690.37	161.89
8 min - 10.16 mm	390.00	2634.18	158.50	323.00	3064.67	184.41	328.00	3023.15	181.91
10 min - 12.70 mm	503.00	2986.02	179.67	444.00	3245.05	195.26	413.00	3306.69	198.97

Fuente: (Ingeservicios Sac)

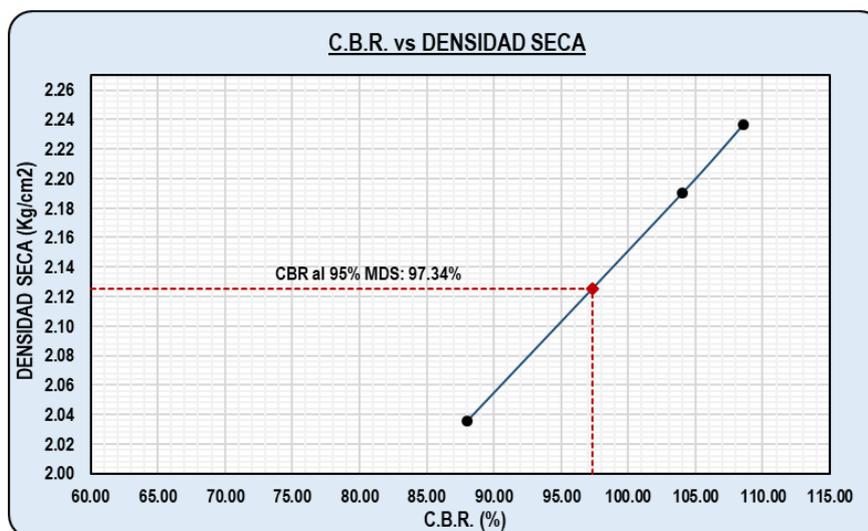


Figura N° 50: Curva del CBR (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 176: California Bearing Ratio (BG-08)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.245	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.570	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
	Molde I	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Humedo			
	Molde II	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Seco (g)			
	Molde III	15.20	11.50	W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			

PENETRACIÓN

Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	56.00	231.30	13.92	43.00	315.10	18.96	41.00	303.63	18.27
1 min - 1.27 mm	76.00	483.39	29.09	76.00	603.37	36.31	65.00	603.73	36.33
1 min 30 seg - 1.90 mm	106.00	729.60	43.90	95.00	885.91	53.31	114.00	957.57	57.62
2 min - 2.54 mm	145.00	1020.19	61.39	137.00	1227.86	73.88	152.00	1266.19	76.19
2 min 30 seg - 3.17 mm	155.00	1289.48	77.59	140.00	1471.18	88.52	175.00	1556.27	93.64
3 min - 3.81 mm	160.00	1491.05	89.72	166.00	1812.05	109.03	188.00	1887.82	113.59
4 min - 5.08 mm	220.00	1821.62	109.61	230.00	2183.34	131.38	198.00	2258.00	135.87
6 min - 7.62 mm	294.00	2255.42	135.71	280.00	2735.23	164.58	201.00	2702.28	162.60
8 min - 10.16 mm	397.00	2612.15	157.18	330.00	3095.32	186.25	335.00	3038.38	182.83
10 min - 12.70 mm	510.00	2961.05	178.17	451.00	3279.50	197.33	420.00	3324.75	200.06

Fuente: (Ingeservicios Sac)

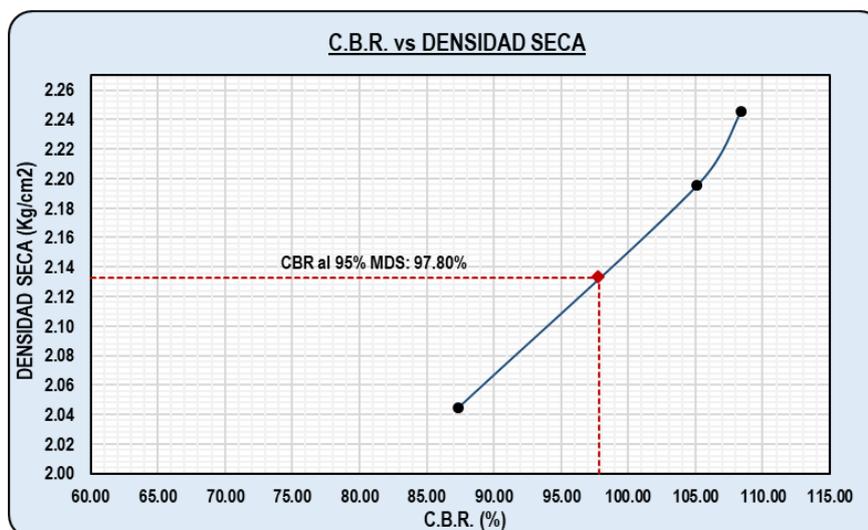


Figura N° 51: Curva del CBR (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 177: California Bearing Ratio (BG-09)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.258				
Humedad Óptima (g/cc)			7.010				
MOLDE							
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)				
Molde I	15.20	11.50	2086.77				
Molde II	15.20	11.50	2086.77				
Molde III	15.20	11.50	2086.77				
				W. Molde (g)			
				9120	9090	9050	
				W. Molde + Suelo Humedo (g)			
				13755	14005	14097	
				W. Suelo Humedo (g)			
				4635	4915	5047	
				W. Tara (g)			
				15.20	14.40	14.45	
				W. Tara + Suelo Humedo			
				292.52	349.26	349.20	
				W. Tara + Suelo Seco (g)			
				270.52	326.55	327.00	
				W. Suelo Humedo (g)			
				277.32	334.86	334.75	
				W. Suelo Seco (g)			
				255.32	312.15	312.55	
				W. Agua (g)			
				22.00	22.71	22.20	
				C. Humedad - Inicial (%)			
				7.010	7.010	7.010	
				C. Humedad - Final (%)			
				8.618	7.275	7.103	
				Densidad Humeda (g/cc)			
				2.221	2.355	2.419	
				Densidad Seca (g/cc)			
				2.045	2.196	2.258	

PENETRACIÓN

Penetración Tiempo - mm	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección	
		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	54.00	218.46	13.15	46.00	292.92	17.63	40.00	291.49	17.54
1 min - 1.27 mm	79.00	473.08	28.47	79.00	581.16	34.97	65.00	594.56	35.78
1 min 30 seg - 1.90 mm	112.00	721.74	43.43	98.00	863.67	51.97	100.00	951.90	57.28
2 min - 2.54 mm	142.00	1015.24	61.09	137.00	1205.59	72.54	130.00	1263.57	76.03
2 min 30 seg - 3.17 mm	152.00	1287.23	77.46	142.00	1448.88	87.18	153.00	1556.53	93.66
3 min - 3.81 mm	177.00	1490.81	89.70	169.00	1789.72	107.69	163.00	1891.36	113.81
4 min - 5.08 mm	258.00	1824.69	109.80	232.00	2160.97	130.03	220.00	2265.20	136.30
6 min - 7.62 mm	397.00	2262.82	136.16	282.00	2712.81	163.24	275.00	2713.88	163.30
8 min - 10.16 mm	486.00	2623.12	157.84	332.00	3072.87	184.90	300.00	3053.32	183.72
10 min - 12.70 mm	512.00	2975.51	179.04	452.00	3255.03	195.86	400.00	3342.52	201.13

Fuente: (Ingeservicios Sac)

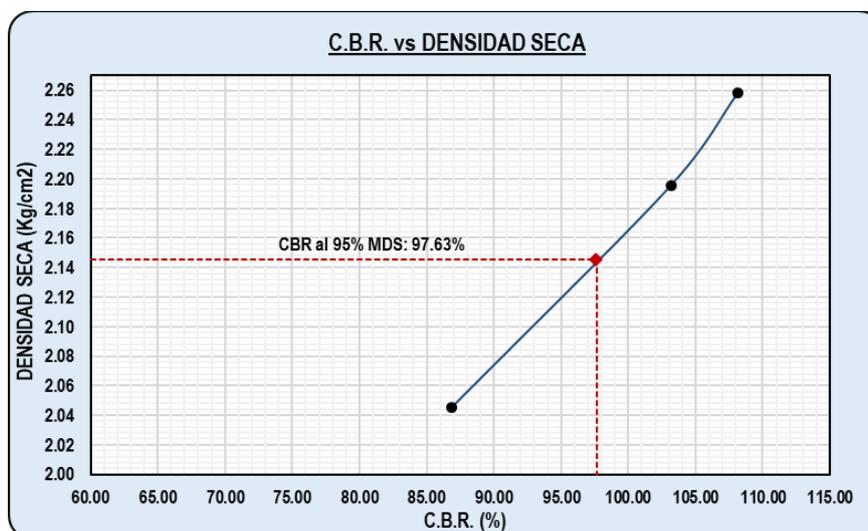


Figura N° 52: Curva del CBR (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 178: California Bearing Ratio (BG-10)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.248	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.650	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
				W. Tara + Suelo Humedo			
				W. Tara + Suelo Seco (g)			
				W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			

PENETRACIÓN

Penetración Tiempo - mm	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección		Lectura Dial	Corrección	
		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²		Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	52.00	216.30	13.02	44.00	290.02	17.45	40.00	288.60	17.37
1 min - 1.27 mm	77.00	468.39	28.18	77.00	575.41	34.62	65.00	588.67	35.42
1 min 30 seg - 1.90 mm	110.00	714.60	43.00	96.00	855.12	51.45	100.00	942.47	56.71
2 min - 2.54 mm	140.00	1005.19	60.48	135.00	1193.66	71.82	130.00	1251.06	75.28
2 min 30 seg - 3.17 mm	150.00	1274.48	76.69	140.00	1434.54	86.32	153.00	1541.12	92.73
3 min - 3.81 mm	175.00	1476.05	88.82	167.00	1772.00	106.62	163.00	1872.63	112.68
4 min - 5.08 mm	256.00	1806.62	108.71	230.00	2139.58	128.74	220.00	2242.78	134.95
6 min - 7.62 mm	395.00	2240.42	134.81	280.00	2685.95	161.62	275.00	2687.01	161.68
8 min - 10.16 mm	484.00	2597.15	156.28	330.00	3042.44	183.07	300.00	3023.09	181.91
10 min - 12.70 mm	510.00	2946.05	177.27	450.00	3222.80	193.92	400.00	3309.43	199.13

Fuente: (Ingeservicios Sac)

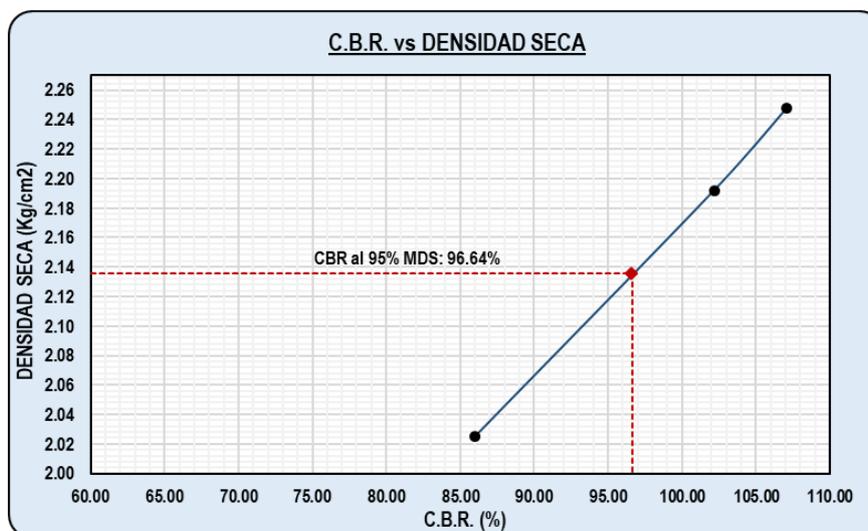


Figura N° 53: Curva del CBR (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 180: California Bearing Ratio (BG-12)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.238						
Humedad Óptima (g/cc)			6.700						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13722	13995	14059		
				W. Suelo Humedo (g)	4602	4905	5009		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo (g)	259.52	316.26	316.20		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	240.92	295.18	295.85		
				W. Suelo Humedo (g)	244.32	301.86	301.75		
				W. Suelo Seco (g)	225.72	280.78	281.40		
				W. Agua (g)	18.60	21.08	20.35		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.700	6.700	6.700		
				C. Humedad - Final (%)	8.242	7.507	7.232		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.205	2.351	2.400		
				Densidad Seca (g/cc)	2.037	2.186	2.238		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	48.00	195.30	11.75	40.00	290.02	17.45	36.00	267.60	16.10
1 min - 1.27 mm	73.00	447.39	26.92	73.00	575.41	34.62	61.00	567.67	34.16
1 min 30 seg - 1.90 mm	106.00	693.60	41.74	92.00	855.12	51.45	96.00	921.47	55.45
2 min - 2.54 mm	136.00	984.19	59.22	131.00	1193.66	71.82	126.00	1230.06	74.02
2 min 30 seg - 3.17 mm	146.00	1253.48	75.42	136.00	1434.54	86.32	149.00	1520.12	91.47
3 min - 3.81 mm	171.00	1455.05	87.55	163.00	1772.00	106.62	159.00	1851.63	111.42
4 min - 5.08 mm	252.00	1785.62	107.44	226.00	2139.58	128.74	216.00	2221.78	133.69
6 min - 7.62 mm	391.00	2219.42	133.55	276.00	2685.95	161.62	271.00	2666.01	160.42
8 min - 10.16 mm	480.00	2576.15	155.01	326.00	3042.44	183.07	296.00	3002.09	180.64
10 min - 12.70 mm	506.00	2925.05	176.01	446.00	3222.80	193.92	396.00	3288.43	197.87

Fuente: (Ingeservicios Sac)

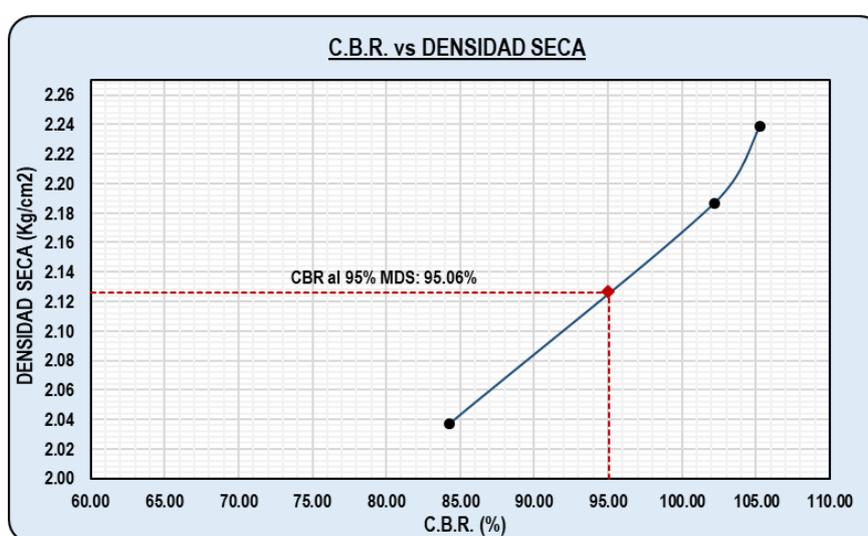


Figura N° 55: Curva del CBR (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 181: California Bearing Ratio (BG-13)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.252						
Humedad Óptima (g/cc)			6.850						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13735	13999	14083		
				W. Suelo Humedo (g)	4615	4909	5033		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo	241.52	298.26	298.20		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	224.15	278.58	279.35		
				W. Suelo Humedo (g)	226.32	283.86	283.75		
				W. Suelo Seco (g)	208.95	264.18	264.90		
				W. Agua (g)	17.37	19.68	18.85		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.850	6.850	6.850		
				C. Humedad - Final (%)	8.315	7.449	7.116		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.212	2.352	2.412		
				Densidad Seca (g/cc)	2.042	2.189	2.252		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	48.00	199.20	11.99	40.00	292.89	17.62	36.00	270.28	16.26
1 min - 1.27 mm	73.00	456.34	27.46	73.00	581.10	34.97	61.00	573.35	34.50
1 min 30 seg - 1.90 mm	106.00	707.47	42.57	92.00	863.59	51.96	96.00	930.69	56.00
2 min - 2.54 mm	136.00	1003.87	60.41	131.00	1205.47	72.54	126.00	1242.36	74.76
2 min 30 seg - 3.17 mm	146.00	1278.55	76.93	136.00	1448.74	87.17	149.00	1535.32	92.38
3 min - 3.81 mm	171.00	1484.15	89.30	163.00	1789.55	107.68	159.00	1870.15	112.53
4 min - 5.08 mm	252.00	1821.33	109.59	226.00	2160.76	130.02	216.00	2243.99	135.03
6 min - 7.62 mm	391.00	2263.81	136.22	276.00	2712.54	163.22	271.00	2692.67	162.02
8 min - 10.16 mm	480.00	2627.67	158.11	326.00	3072.57	184.88	296.00	3032.11	182.45
10 min - 12.70 mm	506.00	2983.55	179.53	446.00	3254.71	195.84	396.00	3321.31	199.85

Fuente: (Ingeservicios Sac)

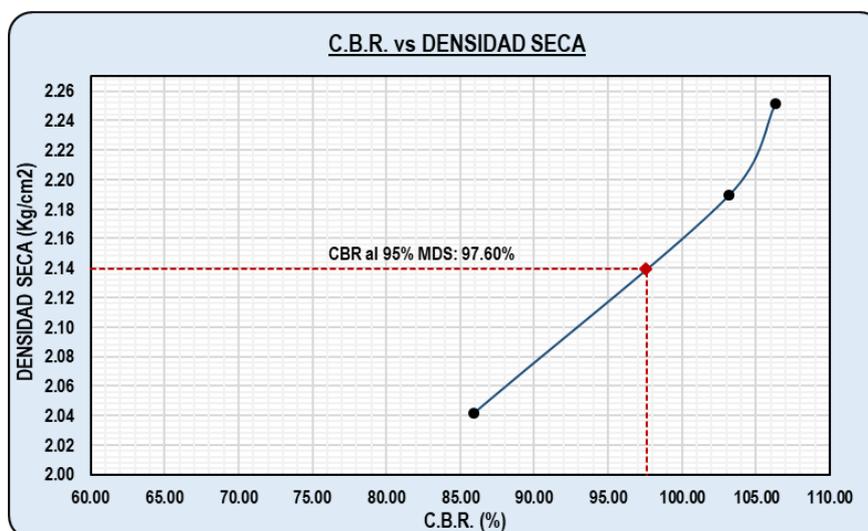


Figura N° 56: Curva del CBR (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 182: California Bearing Ratio (BG-14)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.255						
Humedad Óptima (g/cc)			6.830						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				Características					
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13742	13990	14083		
				W. Suelo Humedo (g)	4622	4900	5033		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo	223.52	280.26	280.20		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	207.48	261.98	262.95		
				W. Suelo Humedo (g)	208.32	265.86	265.75		
				W. Suelo Seco (g)	192.28	247.58	248.50		
				W. Agua (g)	16.04	18.28	17.25		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.830	6.830	6.830		
				C. Humedad - Final (%)	8.344	7.383	6.942		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.215	2.348	2.412		
				Densidad Seca (g/cc)	2.044	2.187	2.255		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	51.00	171.05	10.29	43.00	285.82	17.20	39.00	240.65	14.48
1 min - 1.27 mm	76.00	433.36	26.08	76.00	576.91	34.71	64.00	556.02	33.46
1 min 30 seg - 1.90 mm	109.00	689.53	41.49	95.00	862.23	51.88	99.00	927.87	55.83
2 min - 2.54 mm	139.00	991.89	59.68	134.00	1207.53	72.66	129.00	1252.21	75.35
2 min 30 seg - 3.17 mm	149.00	1272.09	76.54	139.00	1453.23	87.44	152.00	1557.06	93.69
3 min - 3.81 mm	174.00	1481.82	89.16	166.00	1797.44	108.16	162.00	1905.48	114.66
4 min - 5.08 mm	255.00	1825.78	109.86	229.00	2172.37	130.72	219.00	2294.50	138.06
6 min - 7.62 mm	394.00	2277.15	137.02	279.00	2729.67	164.25	274.00	2761.40	166.16
8 min - 10.16 mm	483.00	2648.33	159.36	329.00	3093.29	186.13	299.00	3114.62	187.41
10 min - 12.70 mm	509.00	3011.36	181.20	449.00	3277.26	197.20	399.00	3415.57	205.52

Fuente: (Ingeservicios Sac)

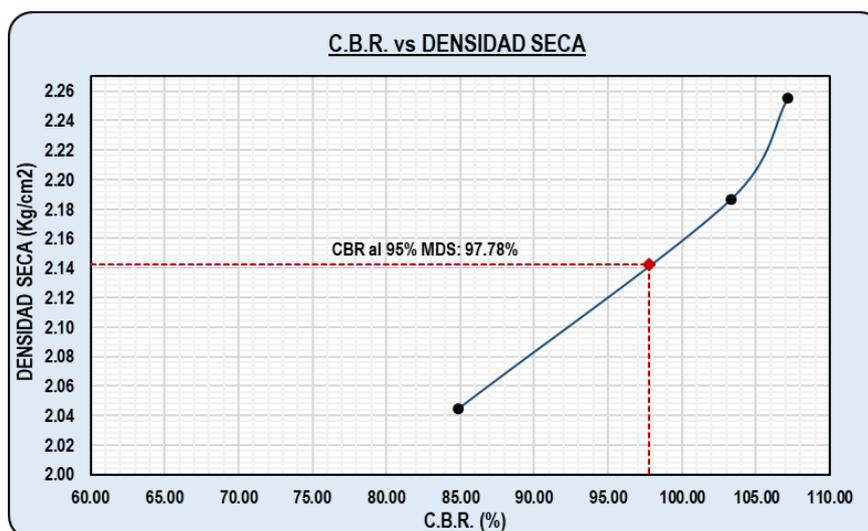


Figura N° 57: Curva del CBR (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 183: California Bearing Ratio (BG-15)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.244						
Humedad Óptima (g/cc)			6.780						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13726	14005	14063		
				W. Suelo Humedo (g)	4606	4915	5013		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo (g)	213.02	269.76	269.70		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	196.98	251.87	252.85		
				W. Suelo Humedo (g)	197.82	255.36	255.25		
				W. Suelo Seco (g)	181.78	237.47	238.40		
				W. Agua (g)	16.04	17.89	16.85		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.780	6.780	6.780		
				C. Humedad - Final (%)	8.826	7.533	7.069		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.207	2.355	2.402		
				Densidad Seca (g/cc)	2.028	2.190	2.244		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	41.00	167.69	10.09	33.00	268.22	16.14	29.00	220.93	13.29
1 min - 1.27 mm	66.00	424.86	25.56	66.00	553.60	33.31	54.00	530.12	31.90
1 min 30 seg - 1.90 mm	99.00	676.01	40.68	85.00	833.32	50.14	89.00	894.68	53.83
2 min - 2.54 mm	129.00	972.44	58.51	124.00	1171.85	70.51	119.00	1212.65	72.97
2 min 30 seg - 3.17 mm	139.00	1247.15	75.04	129.00	1412.74	85.01	142.00	1511.53	90.95
3 min - 3.81 mm	164.00	1452.77	87.42	156.00	1750.20	105.31	152.00	1853.12	111.51
4 min - 5.08 mm	245.00	1789.98	107.71	219.00	2117.77	127.43	209.00	2234.51	134.46
6 min - 7.62 mm	384.00	2232.50	134.33	269.00	2664.15	160.31	264.00	2692.26	162.00
8 min - 10.16 mm	473.00	2596.40	156.23	319.00	3020.64	181.76	289.00	3038.55	182.84
10 min - 12.70 mm	499.00	2952.31	177.65	439.00	3201.00	192.61	389.00	3333.59	200.59

Fuente: (Ingeservicios Sac)

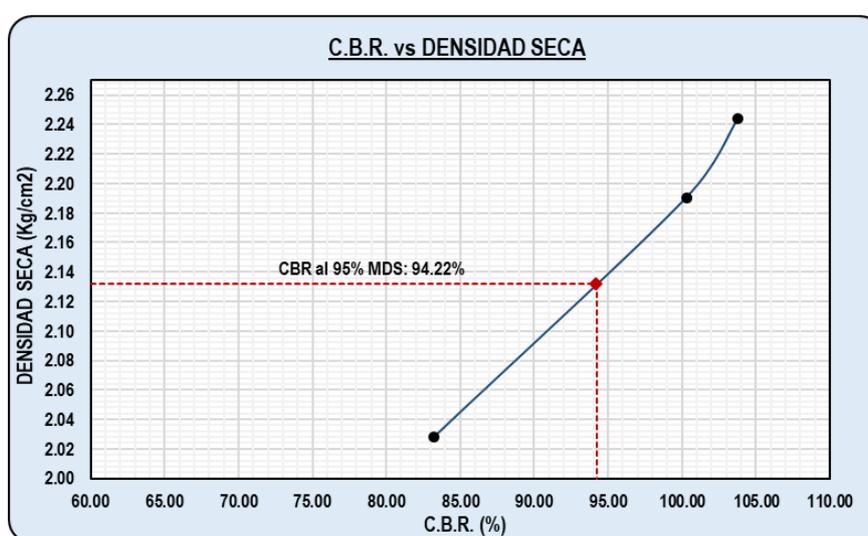


Figura N° 58: Curva del CBR (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.3. Propiedades de los materiales estabilizado con agua residual

3.5.3.1. Límites de Atterberg

Tabla N° 184: Límites de Atterberg (BG-01)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			MUESTRA	LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3		MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	15	21	26	-	-	-	
W. Frasco (g)	15.00	16.13	15.15	-	-	-	
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	82.63	77.24	79.16	-	-	-	
W. Frasco + Suelo Seco (g)	74.24	69.76	71.53	-	-	-	
W. Agua (g)	8.39	7.48	7.63	-	-	-	
W. Suelo Seco (g)	59.24	53.63	56.38	-	-	-	
Contenido de Humedad (%)	14.16	13.95	13.53	-	-	-	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

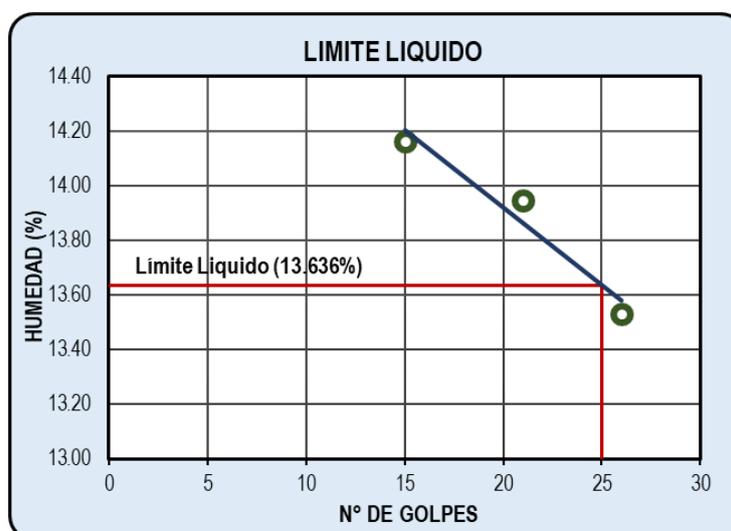


Figura N° 59: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 185: Límites de Atterberg (BG-02)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			MUESTRA	LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3		MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	16	20	28	-	-	-	
W. Frasco (g)	15.00	15.92	16.13	-	-	-	
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	93.09	86.17	90.34	-	-	-	
W. Frasco + Suelo Seco (g)	82.90	77.38	81.27	-	-	-	
W. Agua (g)	10.19	8.79	9.07	-	-	-	
W. Suelo Seco (g)	67.90	61.46	65.14	-	-	-	
Contenido de Humedad (%)	15.01	14.30	13.92	-	-	-	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

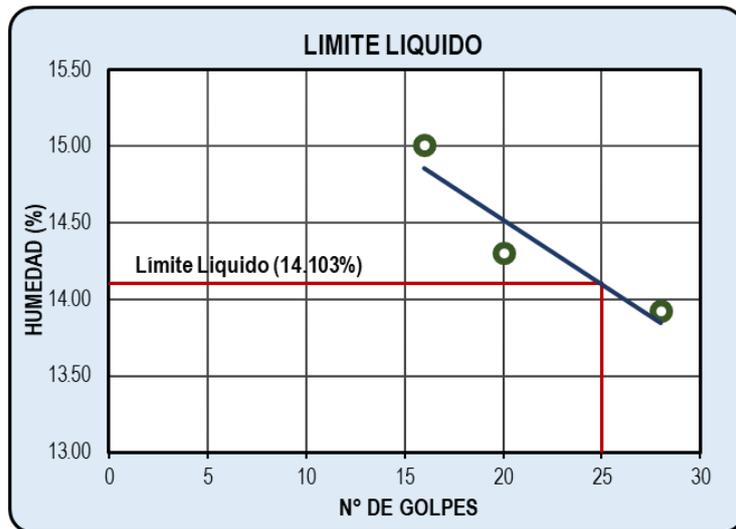


Figura N° 60: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 186: Límites de Atterberg (BG-03)

CARACTERÍSTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

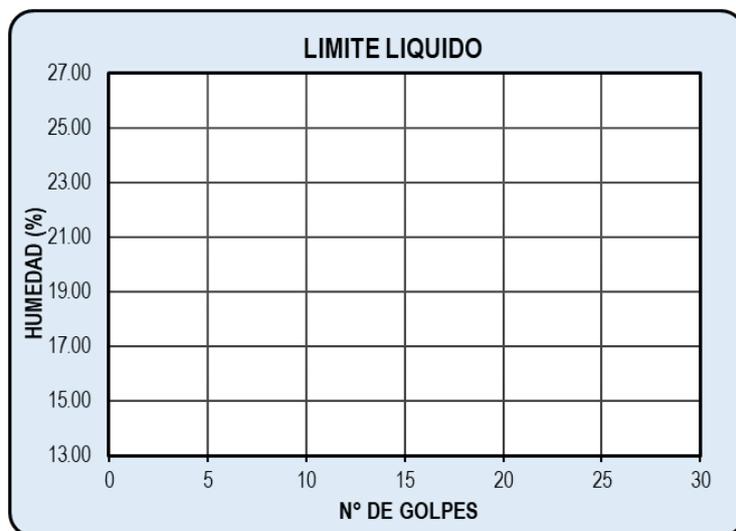


Figura N° 61: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 187: Límites de Atterberg (BG-04)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	18	26	31	-	-	-
W. Frasco (g)	16.31	14.62	15.52	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	90.35	87.34	88.29	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	80.71	78.42	79.81	-	-	-
W. Agua (g)	9.64	8.92	8.48	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	64.40	63.80	64.29	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	14.97	13.98	13.19	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

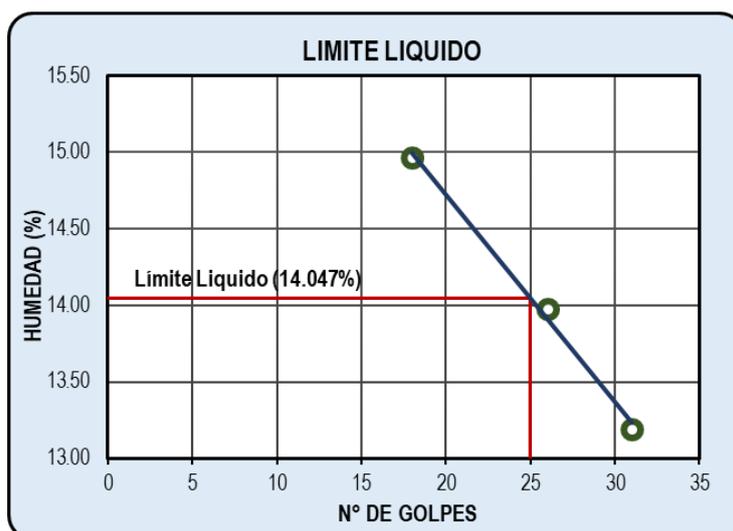


Figura N° 62: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 188: Límites de Atterberg (BG-05)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

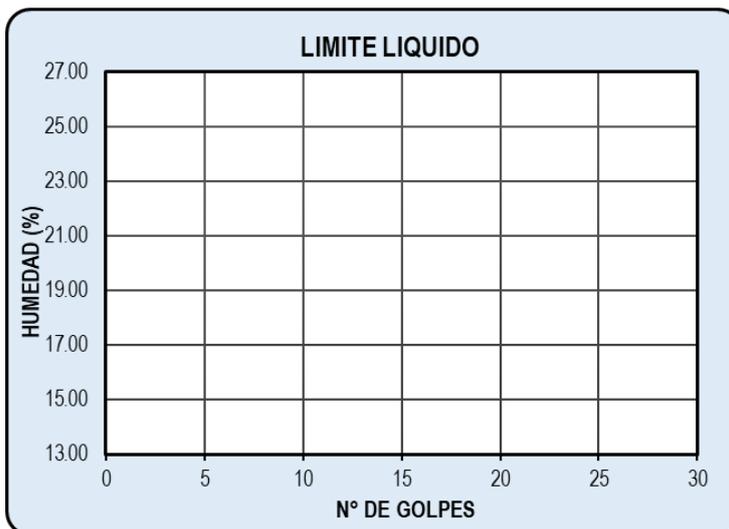


Figura N° 63: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-05)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 189: Límites de Atterberg (BG-06)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

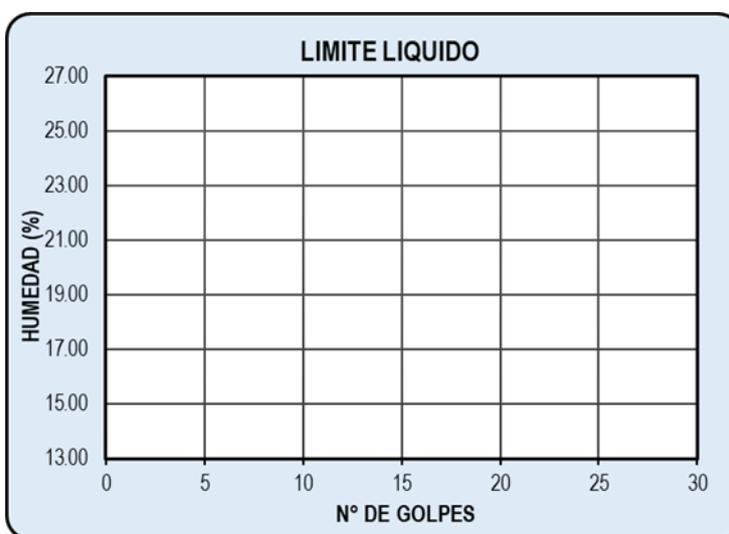


Figura N° 64: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-06)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 190: Límites de Atterberg (BG-07)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	15	22	29	-	-	-
W. Frasco (g)	13.88	14.34	18.04	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	93.00	89.77	96.35	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	82.59	80.18	86.72	-	-	-
W. Agua (g)	10.41	9.59	9.63	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	68.71	65.84	68.68	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	15.15	14.57	14.02	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

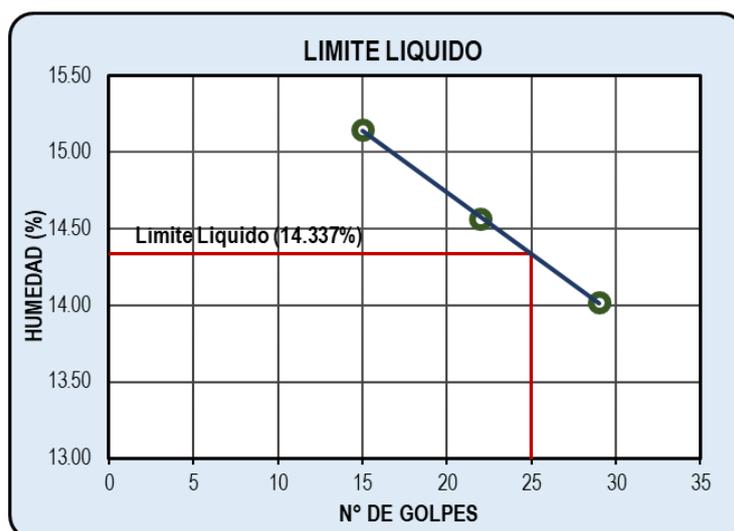


Figura N° 65: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 191: Límites de Atterberg (BG-08)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	20	28	33	-	-	-
W. Frasco (g)	15.04	15.87	14.51	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	95.91	92.45	92.67	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	85.06	82.51	82.93	-	-	-
W. Agua (g)	10.85	9.94	9.74	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	70.02	66.64	68.42	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	15.50	14.92	14.24	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

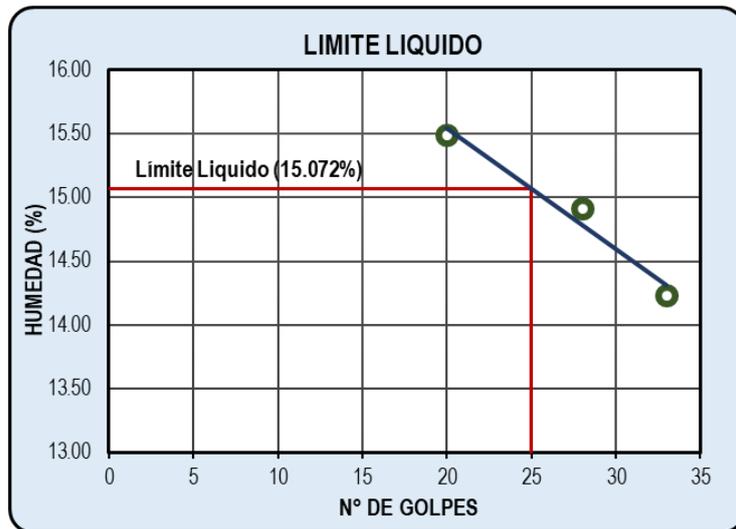


Figura N° 66: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 192: Límites de Atterberg (BG-09)

CARACTERÍSTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	17	27	35	-	-	-
W. Frasco (g)	16.69	17.30	14.98	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	79.39	76.11	88.05	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	71.05	68.48	79.02	-	-	-
W. Agua (g)	8.34	7.63	9.03	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	54.36	51.18	64.04	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	15.34	14.91	14.10	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

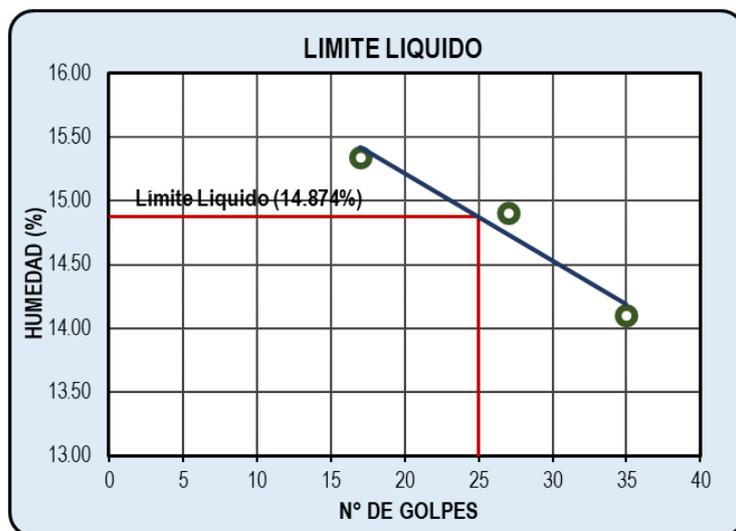


Figura N° 67: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 193: Límites de Atterberg (BG-10)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

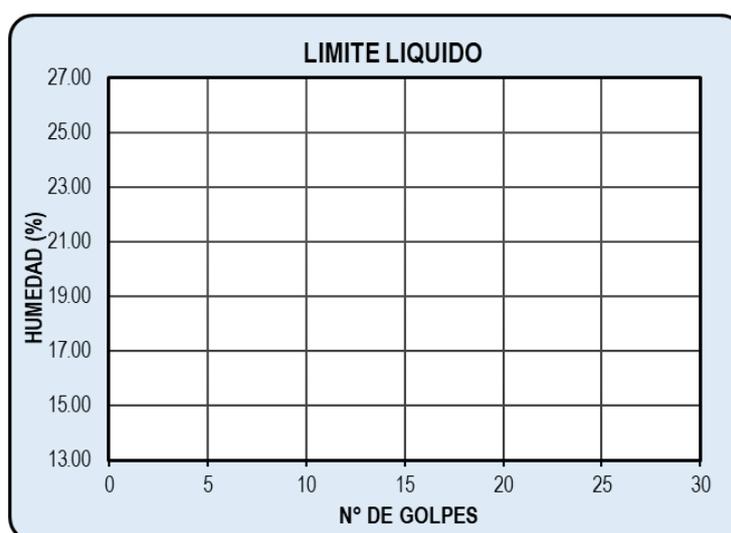


Figura N° 68: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 194: Límites de Atterberg (BG-11)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	19	29	34	-	-	-
W. Frasco (g)	14.38	16.03	15.31	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	76.89	80.58	75.16	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	68.87	72.64	68.07	-	-	-
W. Agua (g)	8.02	7.94	7.09	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	54.49	56.61	52.76	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	14.72	14.03	13.44	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

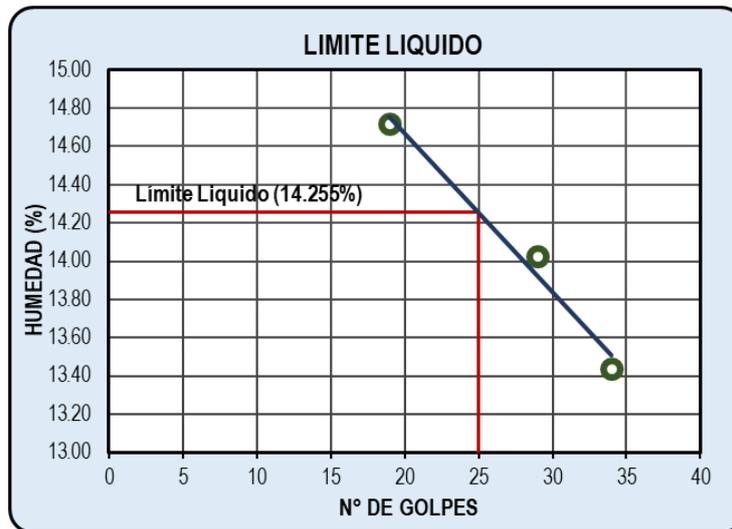


Figura N° 69: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-11)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 195: Límites de Atterberg (BG-12)

CARACTERÍSTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	21	26	33	-	-	-
W. Frasco (g)	17.36	15.15	15.00	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	81.28	73.90	90.55	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	72.87	66.51	81.23	-	-	-
W. Agua (g)	8.41	7.39	9.32	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	55.51	51.36	66.23	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	15.15	14.39	14.07	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

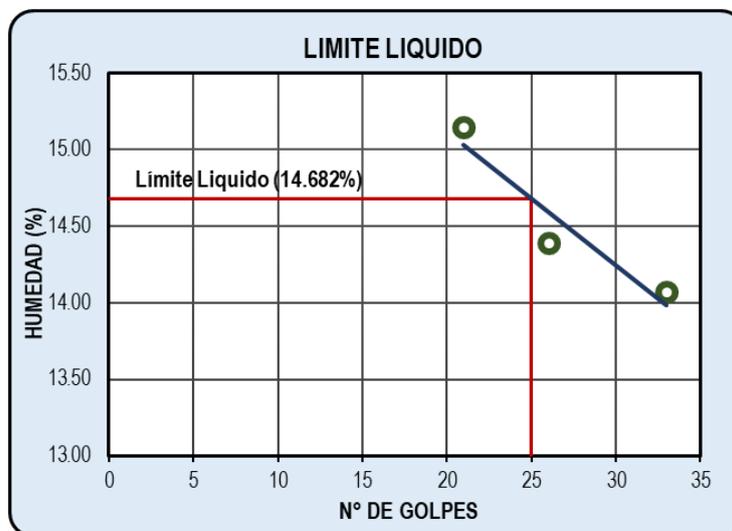


Figura N° 70: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 196: Límites de Atterberg (BG-13)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

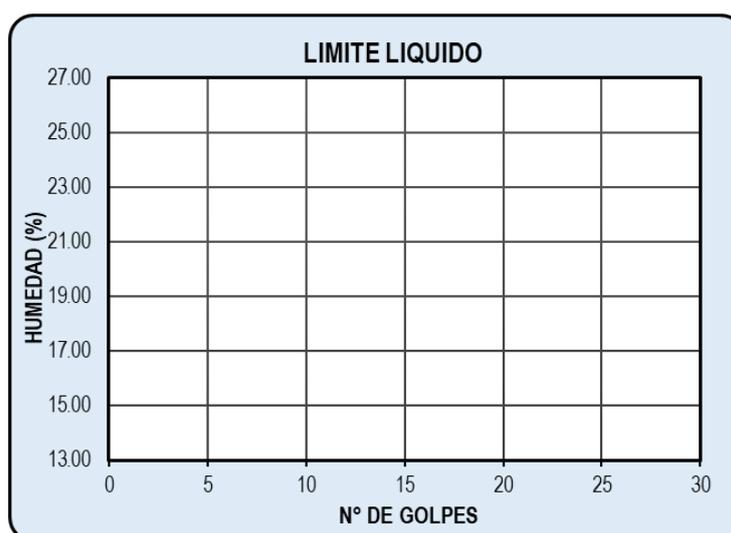


Figura N° 71: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 197: Límites de Atterberg (BG-14)

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	25	28	34	-	-	-
W. Frasco (g)	15.92	16.13	14.38	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	83.61	79.00	73.98	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	75.20	71.34	67.06	-	-	-
W. Agua (g)	8.41	7.66	6.92	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	59.28	55.21	52.68	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	14.19	13.87	13.14	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

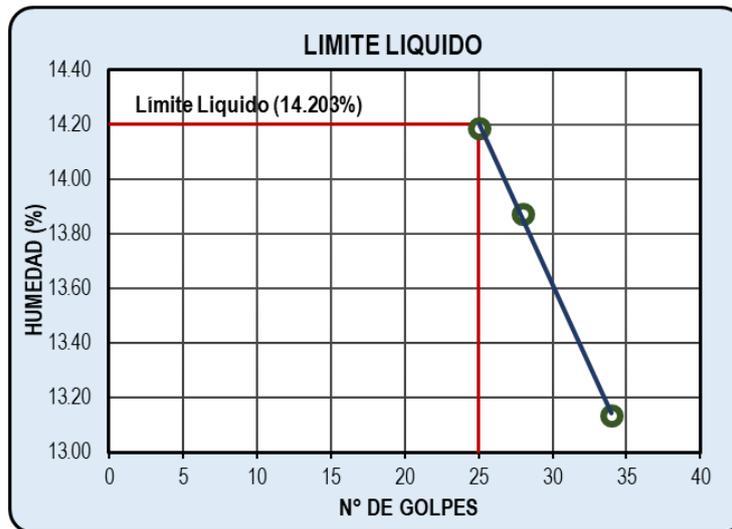


Figura N° 72: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 198: Límites de Atterberg (BG-15)

CARACTERÍSTICA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	MLL-1	MLL-2	MLL-3	MLP-1	MLP-2	MLP-3
N° Golpes	16	24	30	-	-	-
W. Frasco (g)	17.30	15.52	16.31	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	87.25	94.38	92.46	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	78.21	84.63	83.21	-	-	-
W. Agua (g)	9.04	9.75	9.25	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	60.91	69.11	66.90	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	14.84	14.11	13.83	-	-	-

Fuente: (Ingeservicios Sac)

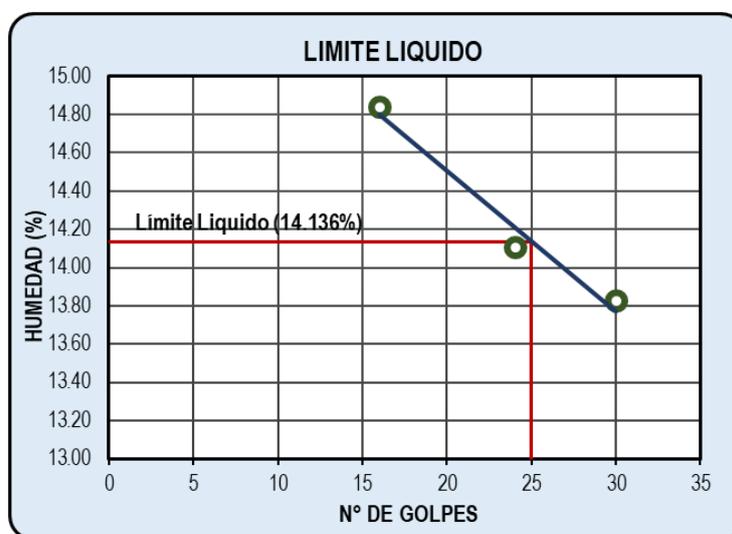


Figura N° 73: Límite líquido – N° Golpes vs Humedad (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.3.2. Densidad Máxima

Tabla N° 199: Densidad máxima (BG-01)

DATOS		MUESTRAS				
Método	C	P-1	P-2	P-3	P-4	
N° Molde	II	W.Suelo Humedo + Molde (g)	10895	11007	11228	11210
N° Golpes	56.00	W.Suelo Humedo (g)	4686	4798	5019	5001
N° Capas	5.00	Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.207	2.260	2.364	2.356

DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diametro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	17.21	17.26	18.05	49.72	61.38	59.71	60.35	60.23
W. Tara + Suelo Humedo (g)	184.42	178.25	186.47	180.24	184.75	189.41	192.61	194.30
W. Tara + Suelo Seco (g)	180.31	173.23	179.20	175.02	177.65	181.30	181.38	182.91
W. Suelo Seco (g)	163.10	155.97	161.15	125.30	116.27	121.58	121.03	122.68
W. Agua (g)	4.11	5.02	7.27	5.22	7.10	8.11	11.23	11.39
Humedad (%)	2.517	3.219	4.510	4.166	6.108	6.672	9.280	9.287
Prom. Humedad (%)	2.868		4.338		6.390		9.284	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.145		2.166		2.222		2.156	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

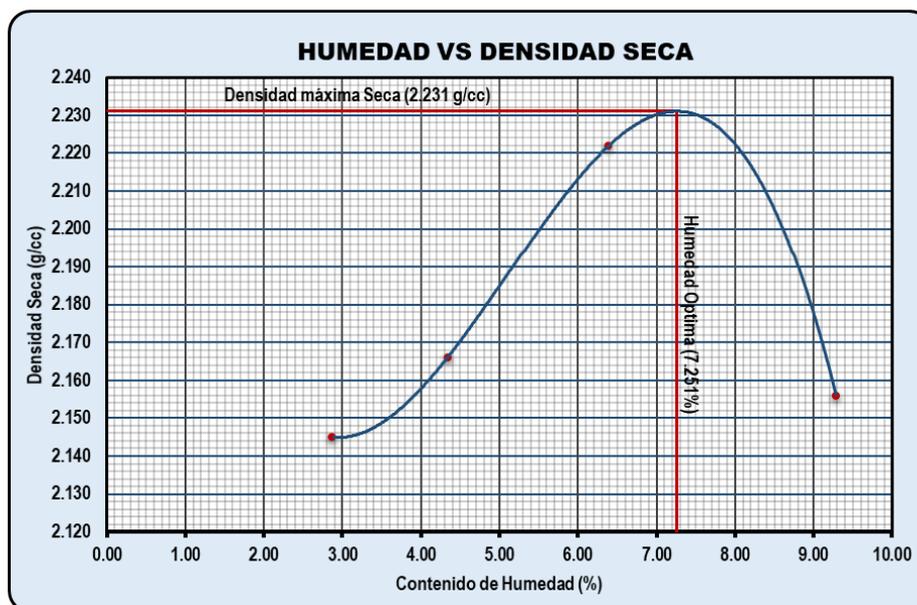


Figura N° 74: Curva de humedad vs densidad seca (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 200: Densidad máxima (BG-02)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diámetro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10790	11010	11229	11172
W.Suelo Humedo (g)	4581	4801	5020	4963
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.158	2.261	2.365	2.338

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	53.73	67.16	66.63	54.35	65.94	66.81	66.56	67.22
W. Tara + Suelo Humedo (g)	269.87	271.47	278.24	253.08	275.77	295.83	327.38	269.87
W. Tara + Suelo Seco (g)	264.60	266.92	269.59	244.21	263.37	281.79	307.68	254.70
W. Suelo Seco (g)	210.87	199.76	202.97	189.85	197.43	214.98	241.12	187.48
W. Agua (g)	5.27	4.55	8.65	8.88	12.40	14.04	19.70	15.17
Humedad (%)	2.497	2.278	4.259	4.677	6.282	6.531	8.170	8.090
Prom. Humedad (%)	2.387		4.468		6.406		8.130	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.108		2.164		2.223		2.162	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

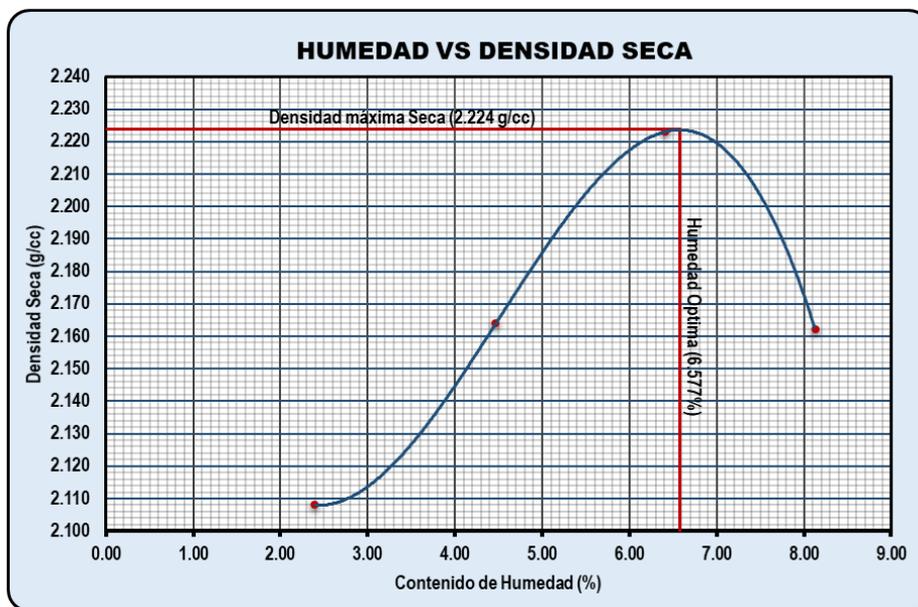


Figura N° 75: Curva de humedad vs densidad seca (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 201: Densidad máxima (BG-03)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10852	11053	11215	11195
W.Suelo Humedo (g)		4643	4844	5006	4986
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.187	2.282	2.358	2.348

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	64.47	80.59	79.95	65.22	79.12	80.17	79.87	80.67
W. Tara + Suelo Humedo (g)	323.84	325.76	333.89	303.70	330.92	354.99	392.85	323.84
W. Tara + Suelo Seco (g)	318.20	320.47	323.75	293.78	316.12	338.87	369.10	305.30
W. Suelo Seco (g)	253.73	239.88	243.80	228.56	237.00	258.70	289.23	224.63
W. Agua (g)	5.64	5.29	10.14	9.92	14.80	16.12	23.75	18.54
Humedad (%)	2.223	2.205	4.158	4.341	6.246	6.233	8.213	8.254
Prom. Humedad (%)	2.214		4.249		6.239		8.233	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.140		2.189		2.220		2.169	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

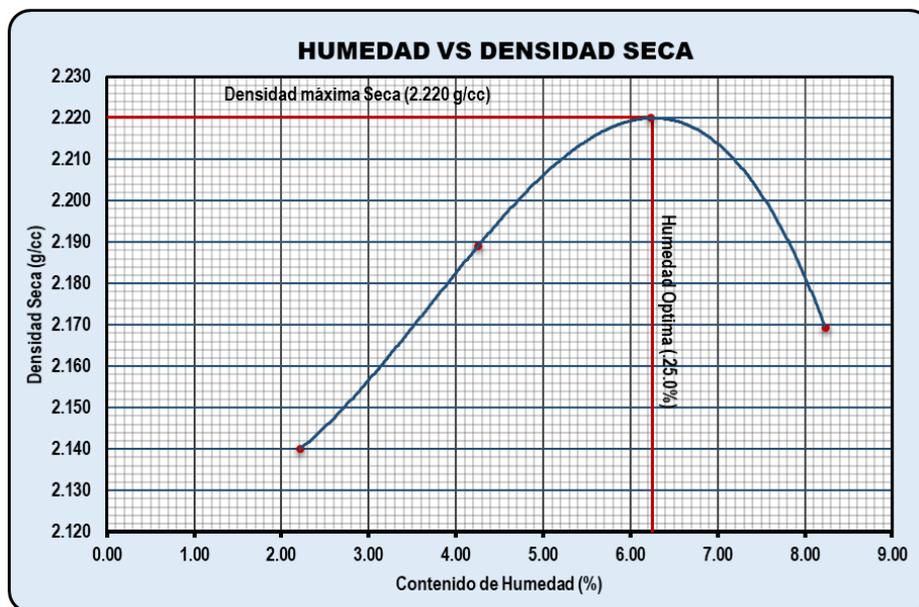


Figura N° 76: Curva de humedad vs densidad seca (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 202: Densidad máxima (BG-04)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10858	11060	11215	11237
W.Suelo Humedo (g)		4649	4851	5006	5028
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.190	2.285	2.358	2.368

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	30.36	42.72	52.22	42.78	65.10	54.31	43.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	150.76	162.29	198.29	170.78	162.74	177.42	147.62	174.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	148.05	159.71	192.26	165.15	157.05	170.35	139.98	166.68
W. Suelo Seco (g)	117.69	116.99	140.04	122.37	91.95	116.04	96.97	99.12
W. Agua (g)	2.71	2.58	6.03	5.63	5.69	7.07	7.64	7.94
Humedad (%)	2.299	2.204	4.305	4.604	6.192	6.093	7.883	8.015
Prom. Humedad (%)	2.251		4.454		6.143		7.949	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.142		2.188		2.222		2.194	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

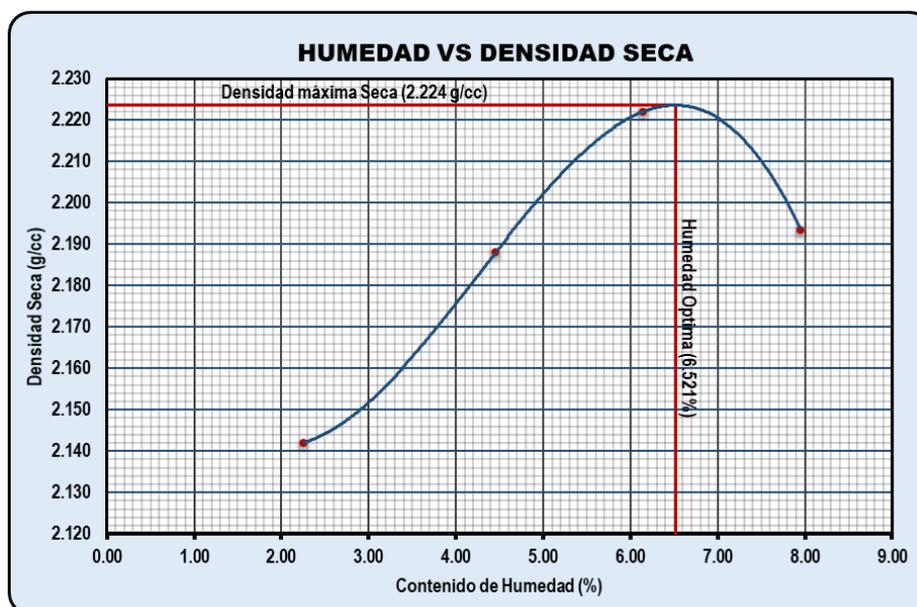


Figura N° 77: Curva de humedad vs densidad seca (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 203: Densidad máxima (BG-05)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diámetro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10872	11000	11205	11245
W.Suelo Humedo (g)	4663	4791	4996	5036
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.196	2.257	2.353	2.372

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	25.32	35.20	52.22	42.78	65.10	54.31	43.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	256.50	186.95	190.36	170.78	162.74	177.42	147.62	174.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	250.95	183.50	185.20	166.15	157.05	170.35	139.98	166.68
W. Suelo Seco (g)	225.63	148.30	132.98	123.37	91.95	116.04	96.97	99.12
W. Agua (g)	5.55	3.45	5.16	4.63	5.69	7.07	7.64	7.94
Humedad (%)	2.460	2.326	3.880	3.756	6.192	6.093	7.883	8.015
Prom. Humedad (%)	2.393		3.818		6.143		7.949	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.145		2.174		2.217		2.197	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

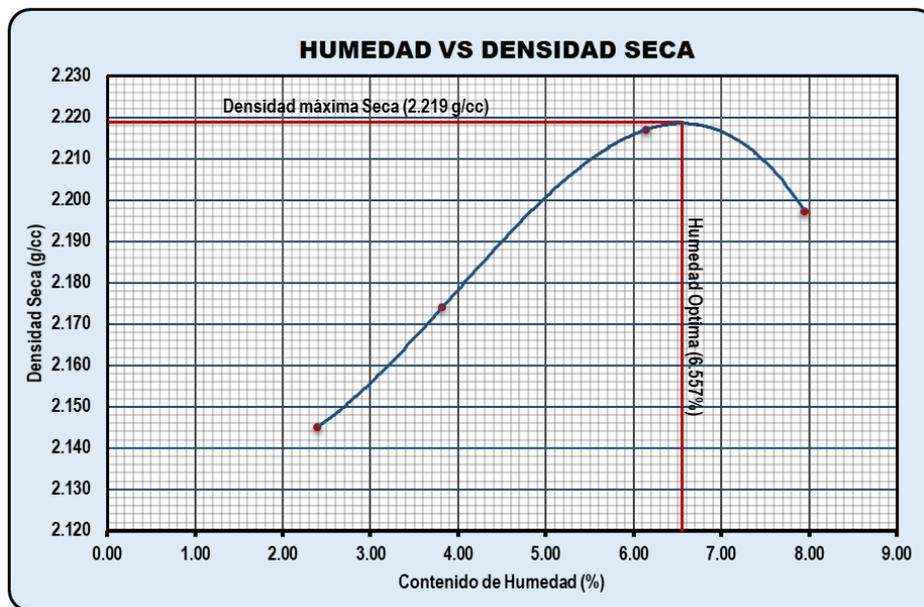


Figura N° 78: Curva de humedad vs densidad seca (BG-05)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 204: Densidad máxima (BG-06)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10931	11089	11231	11290
W.Suelo Humedo (g)		4722	4880	5022	5081
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.224	2.299	2.365	2.393

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	34.38	34.20	42.74	36.31	54.14	48.67	30.78	29.34
W. Tara + Suelo Humedo (g)	150.78	174.98	162.74	177.89	235.02	214.14	304.94	300.11
W. Tara + Suelo Seco (g)	148.12	172.00	157.94	172.30	224.45	204.48	283.99	279.00
W. Suelo Seco (g)	113.74	137.80	115.20	135.99	170.31	155.81	253.21	249.66
W. Agua (g)	2.66	2.98	4.80	5.59	10.57	9.66	20.95	21.11
Humedad (%)	2.339	2.165	4.170	4.109	6.206	6.200	8.275	8.455
Prom. Humedad (%)	2.252		4.140		6.203		8.365	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.175		2.208		2.227		2.208	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

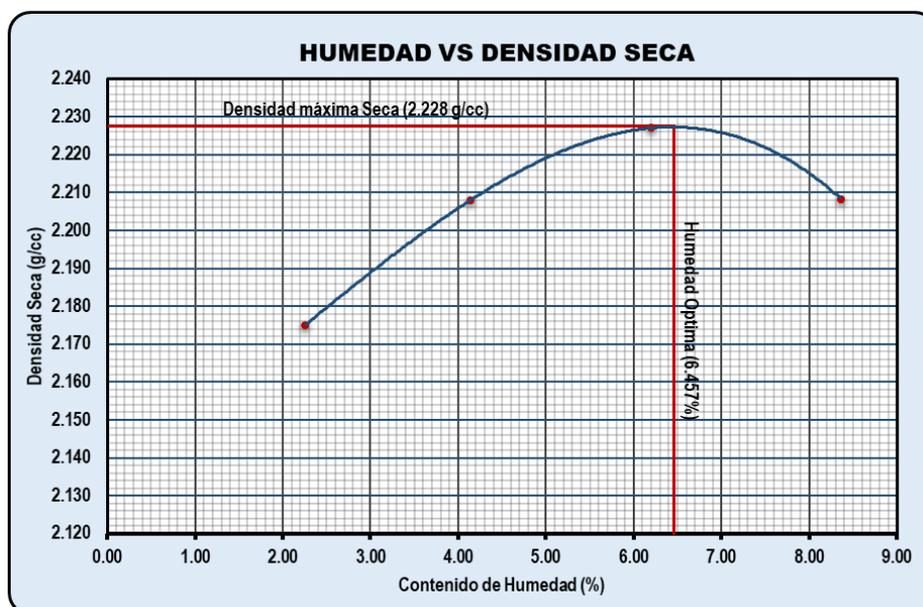


Figura N° 79: Curva de humedad vs densidad seca (BG-06)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 205: Densidad máxima (BG-07)

DATOS	
Método	C
N° Molde	II
N° Golpes	56.00
N° Capas	5.00
DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	6209
Alto (cm)	11.70
Diámetro (cm)	15.20
Volumen (cc)	2123.063

ITEM	MUESTRAS			
	P-1	P-2	P-3	P-4
W.Suelo Humedo + Molde (g)	10950	11086	11220	11310
W.Suelo Humedo (g)	4741	4877	5011	5101
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)	2.233	2.297	2.360	2.403

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	31.52	31.35	28.22	26.90	49.63	44.62	38.63	37.62
W. Tara + Suelo Humedo (g)	150.68	269.72	237.63	206.29	215.18	191.47	204.22	148.79
W. Tara + Suelo Seco (g)	148.32	264.62	229.10	198.87	205.73	182.98	190.68	139.69
W. Suelo Seco (g)	116.80	233.27	200.89	171.98	156.10	138.36	152.05	102.07
W. Agua (g)	2.36	5.10	8.53	7.42	9.45	8.49	13.54	9.10
Humedad (%)	2.022	2.186	4.248	4.317	6.055	6.133	8.902	8.912
Prom. Humedad (%)	2.104		4.282		6.094		8.907	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.187		2.203		2.224		2.207	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

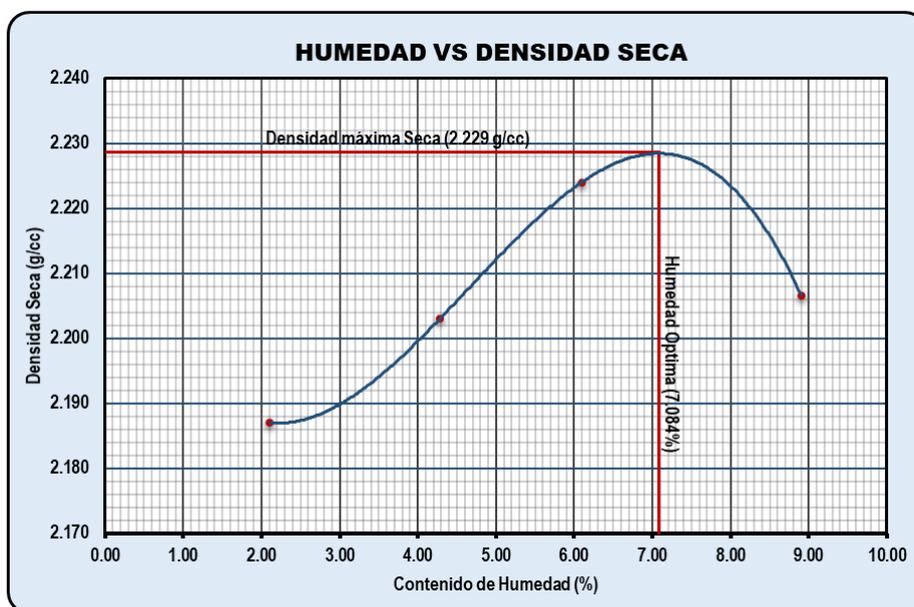


Figura N° 80: Curva de humedad vs densidad seca (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 206: Densidad máxima (BG-08)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	25.63	24.15	28.95	26.90	49.60	44.62	38.95	37.65
W. Tara + Suelo Humedo (g)	168.50	198.75	230.65	210.36	178.54	210.10	245.35	275.36
W. Tara + Suelo Seco (g)	165.32	194.88	222.36	202.86	170.95	200.42	228.98	256.60
W. Suelo Seco (g)	139.69	170.73	193.41	175.97	121.35	155.80	190.03	218.95
W. Agua (g)	3.18	3.87	8.29	7.50	7.59	9.68	16.37	18.76
Humedad (%)	2.279	2.267	4.286	4.262	6.255	6.213	8.614	8.568
Prom. Humedad (%)	2.273		4.274		6.234		8.591	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.178		2.199		2.228		2.211	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

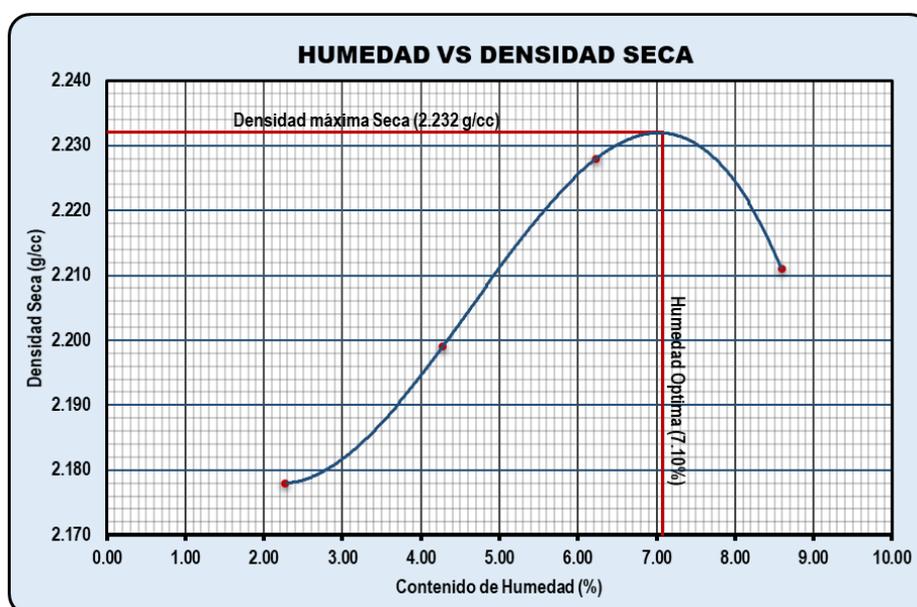


Figura N° 81: Curva de humedad vs densidad seca (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 207: Densidad máxima (BG-09)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10998	11095	11230	11300
W.Suelo Humedo (g)		4789	4886	5021	5091
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.256	2.301	2.365	2.398

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	28.76	27.10	32.48	30.18	55.65	50.06	43.70	42.24
W. Tara + Suelo Humedo (g)	189.06	223.00	258.79	236.02	200.32	235.73	275.28	308.95
W. Tara + Suelo Seco (g)	185.50	219.05	250.35	228.55	192.01	225.16	258.00	288.90
W. Suelo Seco (g)	156.74	191.95	217.87	198.37	136.36	175.10	214.30	246.66
W. Agua (g)	3.56	3.95	8.44	7.47	8.31	10.57	17.28	20.05
Humedad (%)	2.269	2.056	3.874	3.768	6.096	6.038	8.065	8.130
Prom. Humedad (%)	2.163		3.821		6.067		8.098	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.208		2.216		2.230		2.218	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

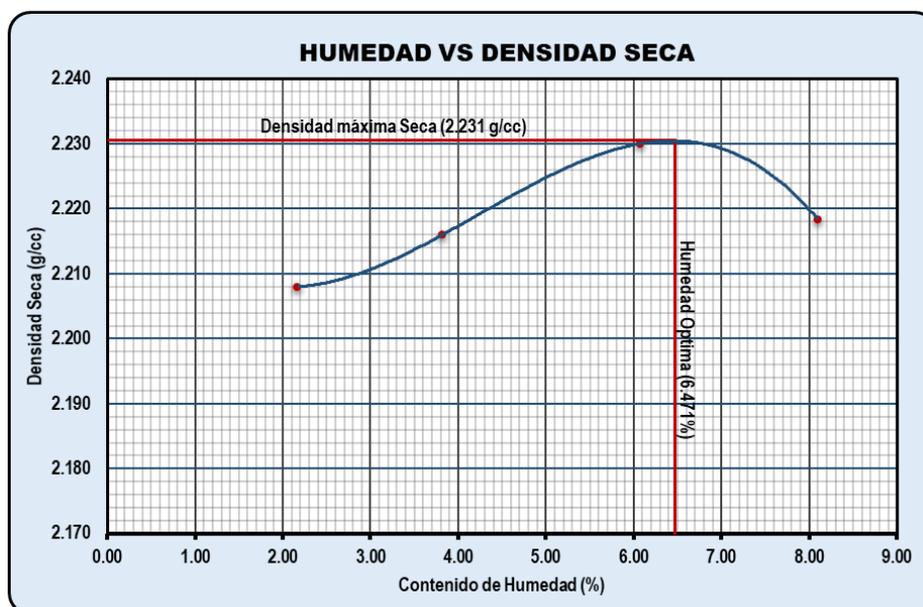


Figura N° 82: Curva de humedad vs densidad seca (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 208: Densidad máxima (BG-10)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10860	11085	11245	11247
W.Suelo Humedo (g)		4651	4876	5036	5038
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.191	2.297	2.372	2.373

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	27.34	37.23	65.33	62.87	63.50	55.31	57.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	252.68	172.84	185.26	179.92	158.74	167.98	184.62	173.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	248.05	169.76	180.20	174.63	153.05	160.76	174.98	165.68
W. Suelo Seco (g)	220.71	132.53	114.87	111.76	89.55	105.45	117.97	98.12
W. Agua (g)	4.63	3.08	5.06	5.29	5.69	7.22	9.64	7.94
Humedad (%)	2.098	2.324	4.405	4.733	6.358	6.847	8.175	8.096
Prom. Humedad (%)	2.211		4.569		6.603		8.136	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.144		2.197		2.225		2.195	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

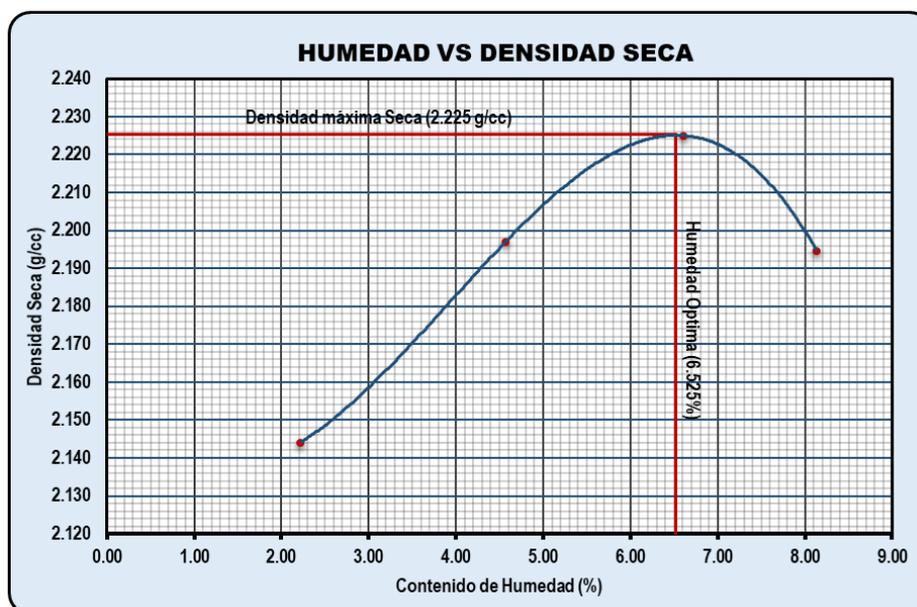


Figura N° 83: Curva de humedad vs densidad seca (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 209: Densidad máxima (BG-11)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10840	11010	11245	11272
W.Suelo Humedo (g)		4631	4801	5036	5063
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.181	2.261	2.372	2.385

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	26.30	34.65	42.52	35.65	59.15	43.26	36.84	55.30
W. Tara + Suelo Humedo (g)	129.62	137.24	168.23	142.32	138.62	157.85	123.02	145.52
W. Tara + Suelo Seco (g)	127.36	135.15	163.42	138.15	133.53	150.82	116.30	138.75
W. Suelo Seco (g)	101.06	100.50	120.90	102.50	74.38	107.56	79.46	83.45
W. Agua (g)	2.26	2.09	4.81	4.17	5.09	7.03	6.72	6.77
Humedad (%)	2.236	2.080	3.978	4.068	6.843	6.536	8.457	8.113
Prom. Humedad (%)	2.158		4.023		6.690		8.285	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.135		2.174		2.223		2.203	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

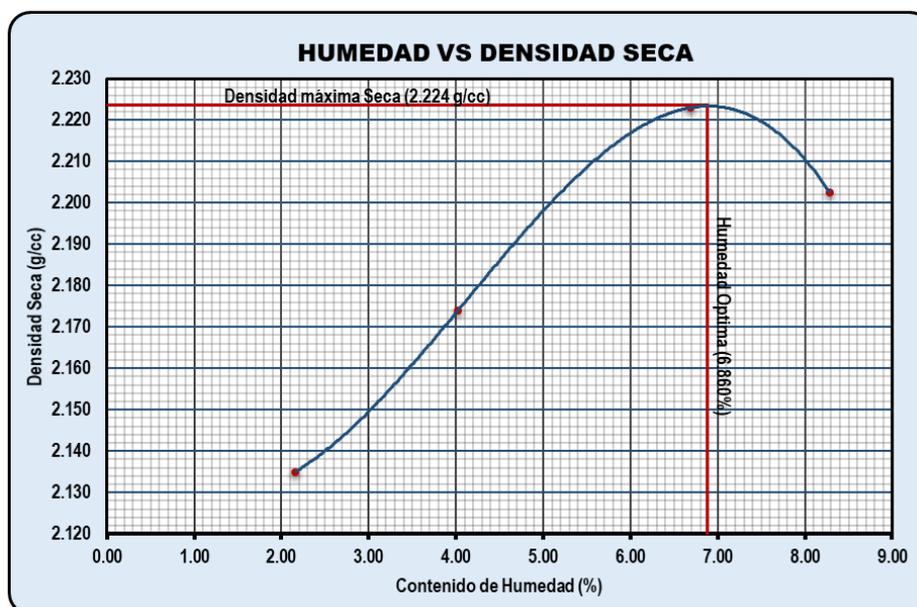


Figura N° 84: Curva de humedad vs densidad seca (BG-11)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 210: Densidad máxima (BG-12)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10853	11067	11235	11237
W.Suelo Humedo (g)		4644	4858	5026	5028
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.187	2.288	2.367	2.368

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	14.34	14.38	52.22	42.78	51.15	49.76	43.01	67.56
W. Tara + Suelo Humedo (g)	153.68	148.54	198.29	170.78	153.96	157.84	147.62	174.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	150.27	145.19	192.26	165.15	148.10	151.08	139.98	166.68
W. Suelo Seco (g)	135.93	130.81	140.04	122.37	96.95	101.32	96.97	99.12
W. Agua (g)	3.41	3.35	6.03	5.63	5.86	6.76	7.64	7.94
Humedad (%)	2.509	2.561	4.305	4.604	6.044	6.672	7.883	8.015
Prom. Humedad (%)	2.535		4.454		6.358		7.949	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.133		2.190		2.226		2.194	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

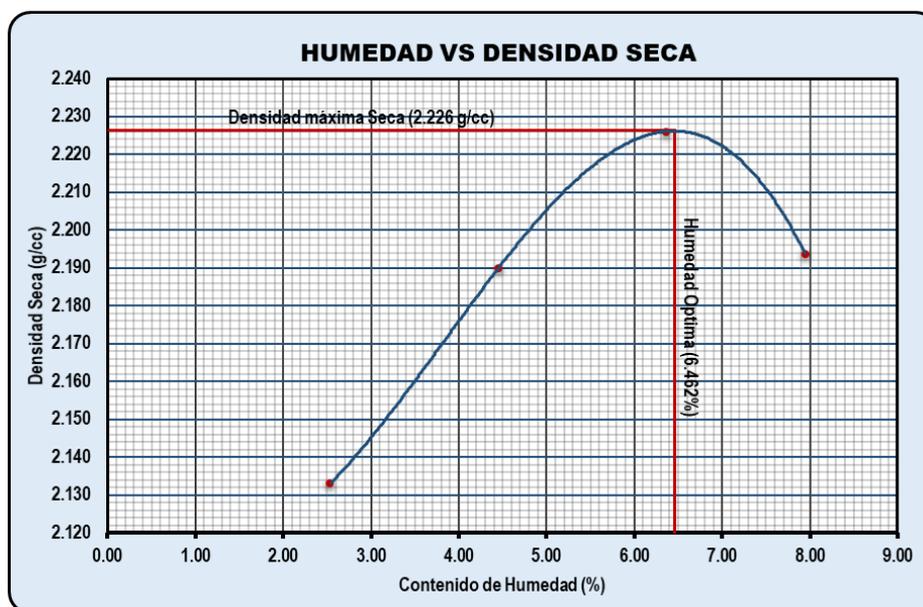


Figura N° 85: Curva de humedad vs densidad seca (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 211: Densidad máxima (BG-13)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	14.34	14.38	18.05	49.72	51.35	48.69	62.35	61.23
W. Tara + Suelo Humedo (g)	153.68	147.56	186.47	180.24	153.96	157.84	192.62	194.30
W. Tara + Suelo Seco (g)	150.27	144.19	179.20	175.02	148.10	151.08	182.05	183.91
W. Suelo Seco (g)	135.93	129.81	161.15	125.30	96.75	102.39	119.70	122.68
W. Agua (g)	3.41	3.37	7.27	5.22	5.86	6.76	10.57	10.39
Humedad (%)	2.509	2.596	4.510	4.166	6.057	6.602	8.830	8.472
Prom. Humedad (%)	2.552		4.338		6.330		8.651	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.138		2.170		2.225		2.176	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

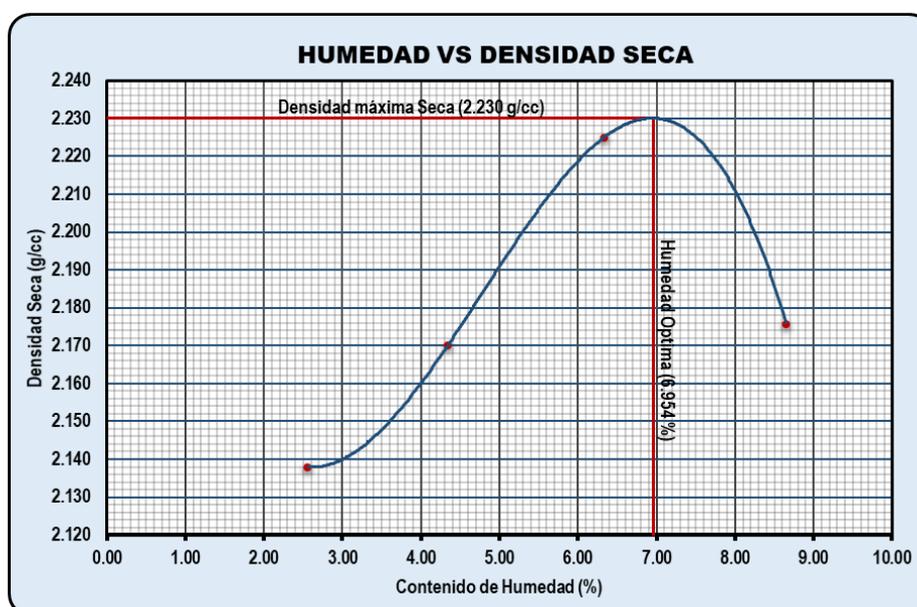


Figura N° 86: Curva de humedad vs densidad seca (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 212: Densidad máxima (BG-14)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10845	11068	11245	11267
W.Suelo Humedo (g)		4636	4859	5036	5058
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.184	2.289	2.372	2.382

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	60.48	82.56	77.95	65.22	75.18	81.84	78.72	61.75
W. Tara + Suelo Humedo (g)	319.82	335.68	331.88	303.78	163.44	357.46	395.48	175.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	313.29	329.47	320.75	293.46	158.00	340.97	370.94	166.97
W. Suelo Seco (g)	252.81	246.91	242.80	228.24	82.82	259.13	292.22	105.22
W. Agua (g)	6.53	6.21	11.13	10.32	5.44	16.49	24.54	8.65
Humedad (%)	2.583	2.515	4.584	4.522	6.568	6.364	8.398	8.225
Prom. Humedad (%)	2.549		4.553		6.466		8.311	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.130		2.189		2.228		2.199	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

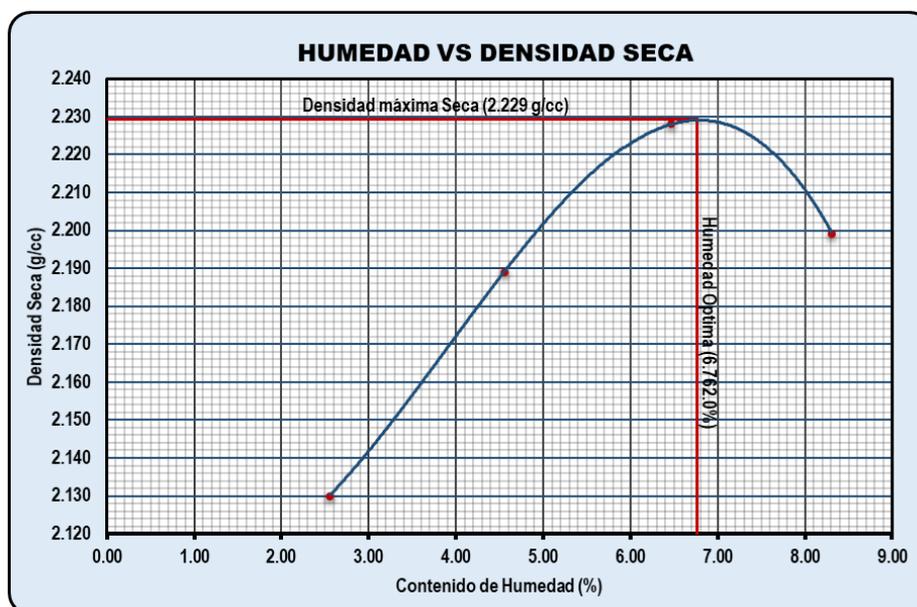


Figura N° 87: Curva de humedad vs densidad seca (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 213: Densidad máxima (BG-15)

DATOS		MUESTRAS			
ITEM		P-1	P-2	P-3	P-4
Método	C				
N° Molde	II				
N° Golpes	56.00				
N° Capas	5.00				
DATOS DEL MOLDE					
W. Molde (g)	6209				
Alto (cm)	11.70				
Diámetro (cm)	15.20				
Volumen (cc)	2123.063				
W.Suelo Humedo + Molde (g)		10865	11068	11253	11225
W.Suelo Humedo (g)		4656	4859	5044	5016
Densidad del Suelo Humedo (g/cc)		2.193	2.289	2.376	2.363

ITEM	MUESTRAS							
	P-1		P-2		P-3		P-4	
W. Tara (g)	33.60	82.56	77.95	62.87	75.18	55.31	78.72	57.01
W. Tara + Suelo Humedo (g)	176.93	335.68	331.88	179.92	163.44	167.98	395.48	184.62
W. Tara + Suelo Seco (g)	173.76	329.47	320.75	174.63	158.00	160.76	370.94	174.98
W. Suelo Seco (g)	140.16	246.91	242.80	111.76	82.82	105.45	292.22	117.97
W. Agua (g)	3.17	6.21	11.13	5.29	5.44	7.22	24.54	9.64
Humedad (%)	2.262	2.515	4.584	4.733	6.568	6.847	8.398	8.175
Prom. Humedad (%)	2.388		4.659		6.708		8.286	
Densidad Suelo Seco (g/cc)	2.142		2.187		2.227		2.182	

Fuente: (Ingeservicios Sac)

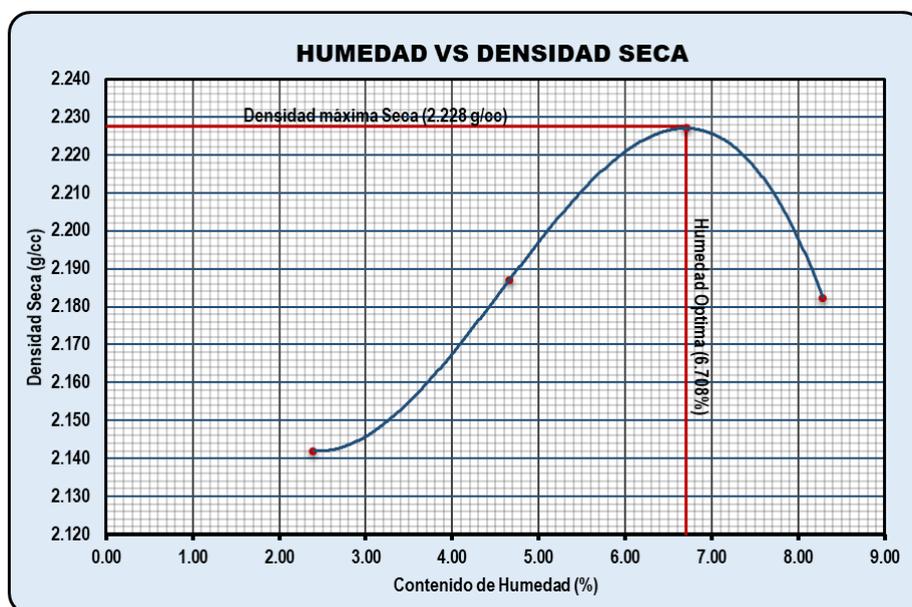


Figura N° 88: Curva de humedad vs densidad seca (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

3.5.3.3. California Bearing Ratio

Tabla N° 214: California Bearing Ratio (BG-01)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III		
Area (cm²)	16.62	-	-		12	26	55		
PROCTOR				W. Molde (g)					
Densidad Máxima (g/cc)	2.231			9120	9090	9050			
Humedad Óptima (g/cc)	7.250			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13728	13888	14047		
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)					
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	232.51	228.29	218.25		
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	216.05	213.26	204.35		
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)	217.31	213.89	203.80		
				W. Suelo Seco (g)	200.85	198.86	189.90		
				W. Agua (g)	16.46	15.03	13.90		
				C. Humedad - Inicial (%)	7.250	7.250	7.250		
				C. Humedad - Final (%)	8.195	7.558	7.320		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.208	2.299	2.395		
				Densidad Seca (g/cc)	2.041	2.138	2.231		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	37.00	174.71	10.51	31.00	243.16	14.63	31.00	285.93	17.20
1 min - 1.27 mm	61.00	294.64	17.73	56.00	465.61	28.02	51.00	552.39	33.24
1 min 30 seg - 1.90 mm	81.00	442.95	26.65	76.00	683.63	41.14	77.00	869.87	52.34
2 min - 2.54 mm	111.00	638.86	38.44	101.00	947.51	57.01	100.00	1146.82	69.01
2 min 30 seg - 3.17 mm	131.00	847.70	51.01	126.00	1135.26	68.31	121.00	1407.06	84.67
3 min - 3.81 mm	159.00	1113.83	67.02	150.00	1398.30	84.14	144.00	1704.54	102.57
4 min - 5.08 mm	199.00	1375.89	82.79	201.00	1684.86	101.38	199.00	2036.69	122.55
6 min - 7.62 mm	258.00	1703.54	102.51	251.00	2110.69	127.00	248.00	2435.31	146.54
8 min - 10.16 mm	313.00	1973.04	118.72	311.00	2388.56	143.72	301.00	2736.88	164.68
10 min - 12.70 mm	386.00	2236.51	134.58	360.00	2529.14	152.18	347.00	2993.83	180.14

Fuente: (Ingeservicios Sac)

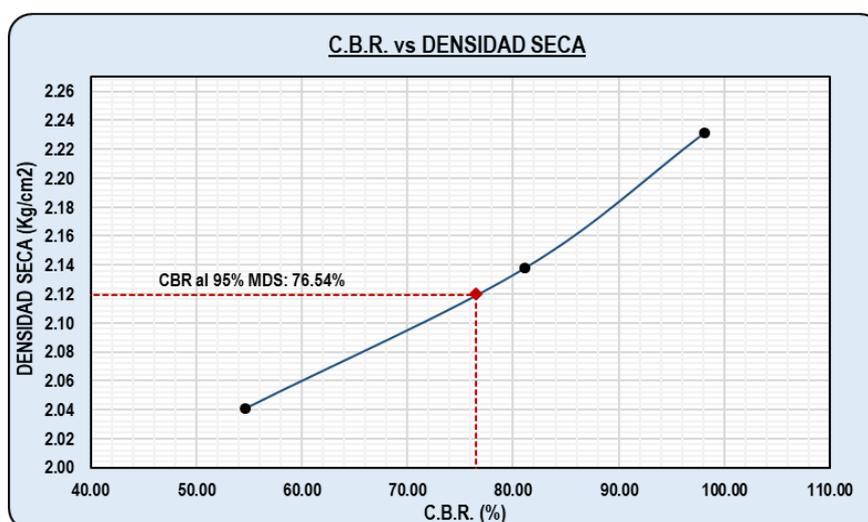


Figura N° 89: Curva CBR (BG-01)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 215: California Bearing Ratio (BG-02)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.224						
Humedad Óptima (g/cc)			6.577						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				W. Molde (g)					
				9120	9090	9050			
				W. Molde + Suelo Humedo (g)					
				13742	13921	14018			
				W. Suelo Humedo (g)					
				4622	4831	4968			
				W. Tara (g)					
				15.20	14.40	14.45			
				W. Tara + Suelo Humedo (g)					
				223.67	256.10	232.46			
				W. Tara + Suelo Seco (g)					
				207.65	239.54	218.09			
				W. Suelo Humedo (g)					
				208.47	241.70	218.01			
				W. Suelo Seco (g)					
				192.45	225.14	203.64			
				W. Agua (g)					
				16.02	16.56	14.37			
				C. Humedad - Inicial (%)					
				6.577	6.577	6.577			
				C. Humedad - Final (%)					
				8.324	7.355	7.057			
				Densidad Humeda (g/cc)					
				2.215	2.315	2.381			
				Densidad Seca (g/cc)					
				2.045	2.156	2.224			
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	43.00	185.28	11.15	39.00	252.96	15.22	28.00	288.81	17.38
1 min - 1.27 mm	67.00	312.47	18.80	58.00	484.37	29.15	54.00	557.97	33.57
1 min 30 seg - 1.90 mm	82.00	469.75	28.27	56.00	711.18	42.79	67.00	878.65	52.87
2 min - 2.54 mm	126.00	677.51	40.77	45.00	985.69	59.31	89.00	1158.40	69.70
2 min 30 seg - 3.17 mm	158.00	898.98	54.09	78.00	1181.02	71.06	134.00	1421.27	85.52
3 min - 3.81 mm	123.00	1181.22	71.08	185.00	1454.65	87.53	157.00	1721.75	103.60
4 min - 5.08 mm	167.00	1459.13	87.80	210.00	1752.76	105.47	195.00	2057.25	123.79
6 min - 7.62 mm	298.00	1806.60	108.71	241.00	2195.75	132.12	238.00	2459.90	148.02
8 min - 10.16 mm	341.00	2092.41	125.90	300.00	2484.82	149.52	295.00	2764.52	166.35
10 min - 12.70 mm	357.00	2371.82	142.72	345.00	2631.06	158.32	300.00	2870.38	172.72

Fuente: (Ingeservicios Sac)

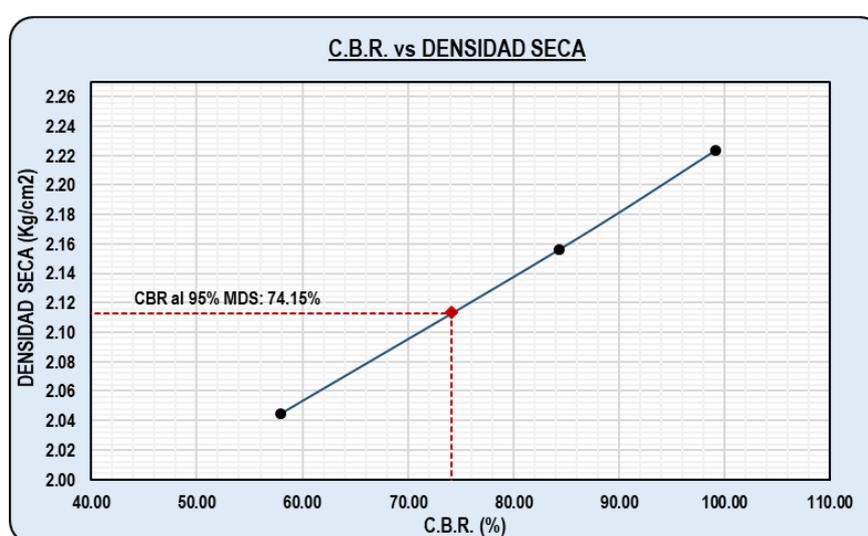


Figura N° 90: Curva CBR (BG-02)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 216: California Bearing Ratio (BG-03)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III		
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55		
PROCTOR				W. Molde (g)					
Densidad Máxima (g/cc)	2.220			9120	9090	9050			
Humedad Óptima (g/cc)	6.250			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13715	13946	14010		
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)					
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	4595	4856	4960			
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	256.34	252.12	242.08		
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	237.00	235.54	227.10		
				W. Suelo Humedo (g)	241.14	237.72	227.63		
				W. Suelo Seco (g)	221.80	221.14	212.65		
				W. Agua (g)	19.34	16.58	14.98		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.250	6.250	6.250		
				C. Humedad - Final (%)	8.720	7.498	7.044		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.202	2.327	2.377		
				Densidad Seca (g/cc)	2.025	2.165	2.220		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	40.77	183.30	11.03	38.00	254.21	15.30	30.00	266.92	16.06
1 min - 1.27 mm	69.00	320.57	19.29	67.00	501.73	30.19	58.00	526.82	31.70
1 min 30 seg - 1.90 mm	105.00	490.31	29.50	112.00	744.33	44.79	60.00	781.55	47.03
2 min - 2.54 mm	150.00	714.55	43.00	152.00	1037.95	62.46	134.00	1089.85	65.58
2 min 30 seg - 3.17 mm	182.00	953.57	57.38	180.00	1246.88	75.03	144.00	1309.22	78.78
3 min - 3.81 mm	111.00	1258.17	75.71	220.00	1539.56	92.64	218.00	1616.54	97.27
4 min - 5.08 mm	272.00	1558.12	93.75	290.00	1858.43	111.83	260.00	1951.35	117.42
6 min - 7.62 mm	263.00	1933.13	116.32	275.00	2332.26	140.34	240.00	2448.87	147.35
8 min - 10.16 mm	139.00	2241.59	134.88	345.00	2641.45	158.94	210.00	2773.53	166.89
10 min - 12.70 mm	304.00	2543.14	153.03	350.00	2797.88	168.35	236.00	2937.77	176.77

Fuente: (Ingeservicios Sac)

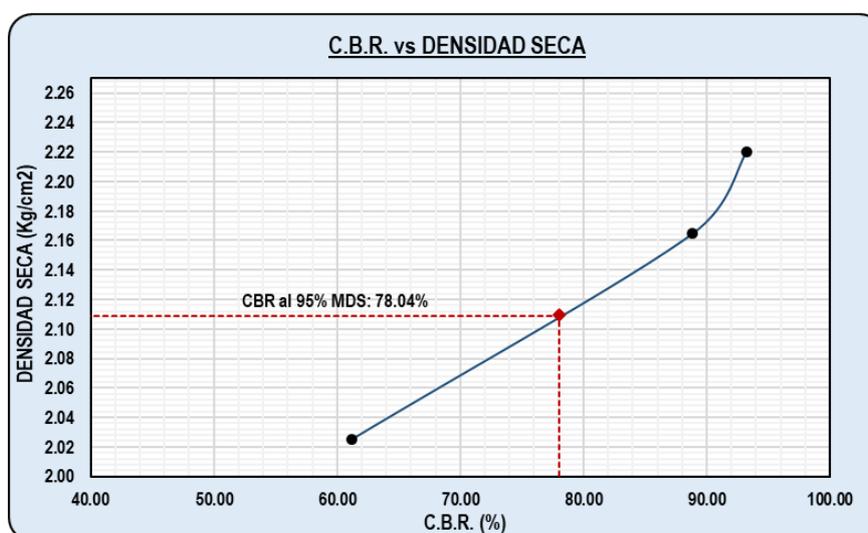


Figura N° 91: Curva CBR (BG-03)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 217: California Bearing Ratio (BG-04)

PISTON			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50
Area (cm ²)	16.62		-

PROCTOR	
Densidad Máxima (g/cc)	2.224
Humedad Óptima (g/cc)	6.521

MOLDE			
	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)
-	15.20	11.50	2086.77
Molde I	15.20	11.50	2086.77
Molde II	15.20	11.50	2086.77
Molde III	15.20	11.50	2086.77

Características	N° de Molde		
	I 12	II 26	III 55
W. Molde (g)	9120	9090	9050
W. Molde + Suelo Humedo (g)	13698	13956	14018
W. Suelo Humedo (g)	4578	4866	4968
W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45
W. Tara + Suelo Humedo (g)	242.15	236.10	227.64
W. Tara + Suelo Seco (g)	224.56	220.99	213.65
W. Suelo Humedo (g)	226.95	221.70	213.19
W. Suelo Seco (g)	209.36	206.59	199.20
W. Agua (g)	17.59	15.11	13.99
C. Humedad - Inicial (%)	6.521	6.521	6.521
C. Humedad - Final (%)	8.402	7.314	7.023
Densidad Humeda (g/cc)	2.194	2.332	2.381
Densidad Seca (g/cc)	2.024	2.173	2.224

PENETRACIÓN

Penetración Tiempo - mm	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección Kg Kg/cm ²		Lectura Dial	Corrección Kg Kg/cm ²		Lectura Dial	Corrección Kg Kg/cm ²	
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	45.00	194.10	11.68	35.00	270.15	16.26	29.00	285.98	17.21
1 min - 1.27 mm	75.00	327.35	19.70	65.00	517.29	31.13	57.00	552.50	33.24
1 min 30 seg - 1.90 mm	107.00	492.12	29.61	108.00	759.51	45.70	62.00	870.04	52.35
2 min - 2.54 mm	151.00	709.78	42.71	148.00	1052.68	63.34	133.00	1147.04	69.02
2 min 30 seg - 3.17 mm	183.00	941.79	56.67	175.00	1261.28	75.89	147.00	1407.33	84.68
3 min - 3.81 mm	213.00	1237.47	74.46	221.00	1553.51	93.48	220.00	1704.87	102.59
4 min - 5.08 mm	284.00	1528.62	91.98	291.00	1871.88	112.63	267.00	2037.08	122.58
6 min - 7.62 mm	368.00	1892.63	113.88	348.00	2344.98	141.10	345.00	2435.78	146.57
8 min - 10.16 mm	440.00	2192.05	131.90	455.00	2653.69	159.68	425.00	2737.41	164.72
10 min - 12.70 mm	615.00	2484.76	149.51	676.00	2809.87	169.08	556.00	2994.42	180.18

Fuente: (Ingeservicios Sac)

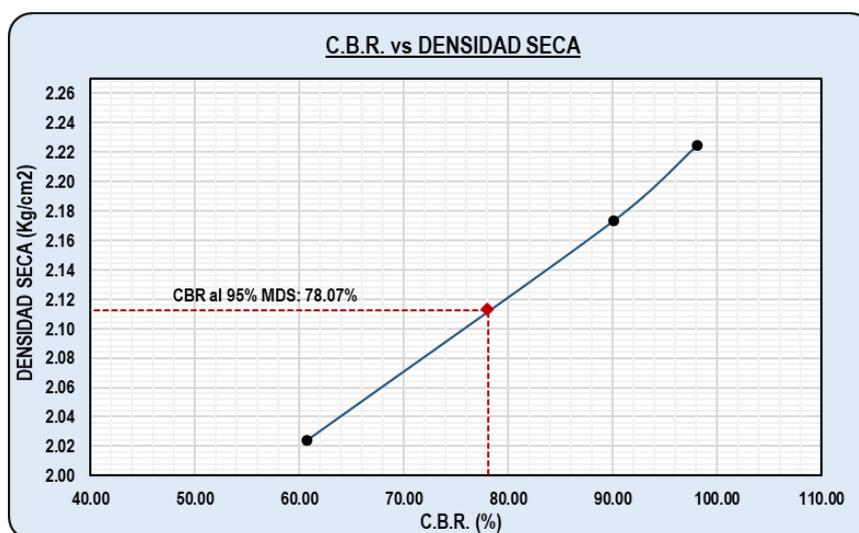


Figura N° 92: Curva CBR (BG-04)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 219: California Bearing Ratio (BG-06)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.228						
Humedad Óptima (g/cc)			6.457						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13677	13852	14022		
				W. Suelo Humedo (g)	4557	4762	4972		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo	249.31	250.19	231.94		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	232.67	234.25	217.85		
				W. Suelo Humedo (g)	234.11	235.79	217.49		
				W. Suelo Seco (g)	217.47	219.85	203.40		
				W. Agua (g)	16.64	15.94	14.09		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.457	6.457	6.457		
				C. Humedad - Final (%)	7.652	7.250	6.927		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.184	2.282	2.383		
				Densidad Seca (g/cc)	2.029	2.128	2.228		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	50.00	190.92	11.49	37.00	231.99	13.96	36.00	268.57	16.16
1 min - 1.27 mm	76.00	325.19	19.57	71.00	491.37	29.57	54.00	563.30	33.89
1 min 30 seg - 1.90 mm	118.00	490.50	29.51	104.00	740.07	44.53	70.00	878.14	52.84
2 min - 2.54 mm	146.00	706.60	42.52	151.00	1014.52	61.05	133.00	1162.94	69.98
2 min 30 seg - 3.17 mm	189.00	939.63	56.54	173.00	1235.36	74.33	147.00	1418.13	85.33
3 min - 3.81 mm	218.00	1235.85	74.36	227.00	1524.07	91.71	219.00	1712.97	103.07
4 min - 5.08 mm	293.00	1525.44	91.79	296.00	1833.72	110.34	264.00	2052.98	123.53
6 min - 7.62 mm	375.00	1890.47	113.75	344.00	2319.06	139.54	353.00	2446.58	147.22
8 min - 10.16 mm	350.00	2190.43	131.80	348.00	2634.25	158.51	337.00	2745.51	165.20
10 min - 12.70 mm	319.00	2481.58	149.32	380.00	2771.71	166.78	358.00	3010.32	181.14

Fuente: (Ingeservicios Sac)

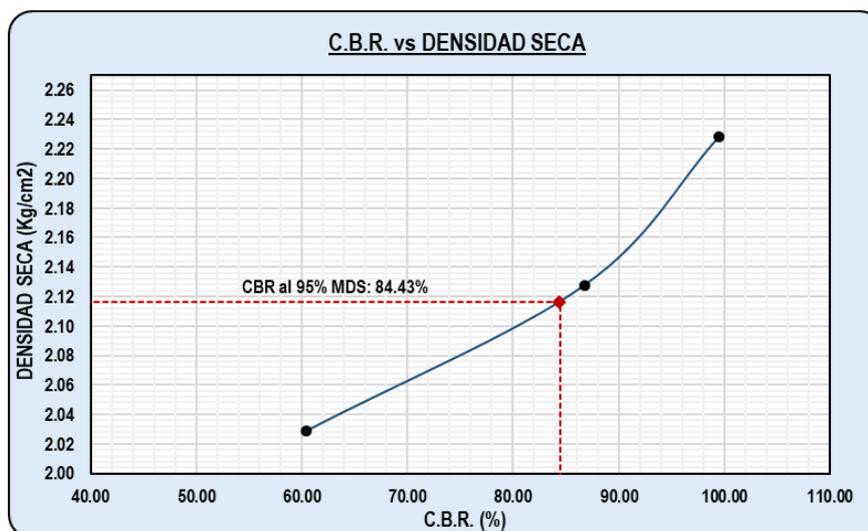


Figura N° 94: Curva CBR (BG-06)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 220: California Bearing Ratio (BG-07)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.229						
Humedad Óptima (g/cc)			7.084						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13720	13885	14055		
				W. Suelo Humedo (g)	4600	4795	5005		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo	199.62	205.84	193.57		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	185.85	191.96	180.94		
				W. Suelo Humedo (g)	184.42	191.44	179.12		
				W. Suelo Seco (g)	170.65	177.56	166.49		
				W. Agua (g)	13.77	13.88	12.63		
				C. Humedad - Inicial (%)	7.084	7.084	7.084		
				C. Humedad - Final (%)	8.069	7.817	7.586		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.204	2.298	2.398		
				Densidad Seca (g/cc)	2.040	2.131	2.229		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	39.00	181.40	10.92	33.00	239.98	14.44	31.00	282.75	17.01
1 min - 1.27 mm	63.00	302.73	18.22	58.00	463.45	27.89	53.00	550.23	33.11
1 min 30 seg - 1.90 mm	82.00	453.47	27.29	77.00	682.01	41.04	78.00	868.25	52.24
2 min - 2.54 mm	111.00	654.88	39.41	101.00	944.33	56.82	100.00	1143.64	68.82
2 min 30 seg - 3.17 mm	132.00	866.90	52.16	127.00	1133.10	68.18	122.00	1404.90	84.54
3 min - 3.81 mm	159.00	1137.84	68.47	150.00	1396.68	84.04	144.00	1702.92	102.47
4 min - 5.08 mm	201.00	1406.73	84.65	203.00	1681.68	101.19	201.00	2033.51	122.36
6 min - 7.62 mm	260.00	1739.94	104.70	253.00	2108.53	126.87	250.00	2433.15	146.41
8 min - 10.16 mm	314.00	2014.32	121.21	312.00	2386.94	143.63	302.00	2735.26	164.59
10 min - 12.70 mm	387.00	2284.64	137.47	361.00	2525.96	151.99	348.00	2990.65	179.95

Fuente: (Ingeservicios Sac)

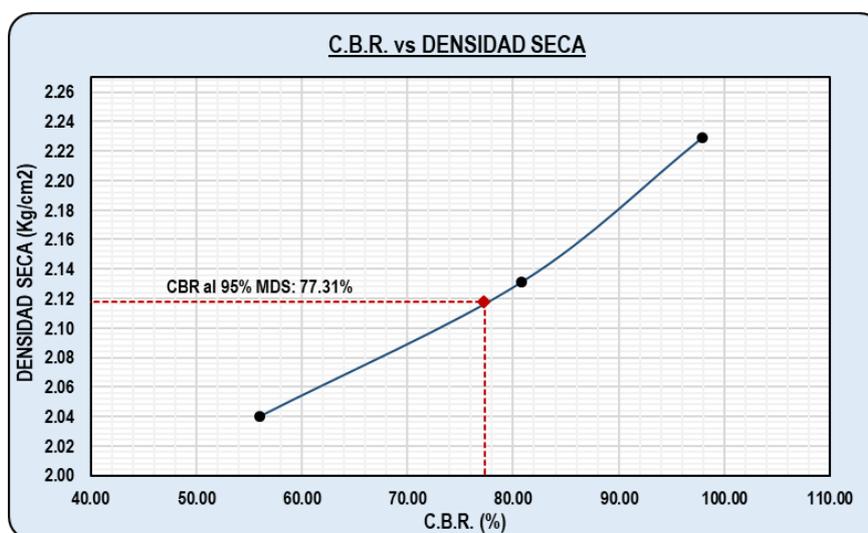


Figura N° 95: Curva CBR (BG-07)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 221: California Bearing Ratio (BG-08)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)	2.232			9120	9090	9050	
Humedad Óptima (g/cc)	7.072			W. Molde + Suelo Humedo (g)	13758	13963	14050
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	190.56	203.44	156.84
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	176.99	189.38	147.07
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)	175.36	189.04	142.39
				W. Suelo Seco (g)	161.79	174.98	132.62
				W. Agua (g)	13.57	14.06	9.77
				C. Humedad - Inicial (%)	7.072	7.072	7.072
				C. Humedad - Final (%)	8.387	8.035	7.367
				Densidad Humeda (g/cc)	2.223	2.335	2.396
				Densidad Seca (g/cc)	2.051	2.162	2.232

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	41.00	178.78	10.76	39.00	188.52	11.34	36.00	239.78	14.43
1 min - 1.27 mm	68.00	365.57	22.00	63.00	498.49	30.00	61.00	548.70	33.02
1 min 30 seg - 1.90 mm	92.00	582.12	35.03	92.00	786.22	47.31	102.00	899.70	54.14
2 min - 2.54 mm	121.00	822.72	49.50	121.00	1056.98	63.60	159.00	1165.26	70.12
2 min 30 seg - 3.17 mm	132.00	1132.84	68.17	130.00	1324.18	79.68	127.00	1464.51	88.12
3 min - 3.81 mm	158.00	1512.86	91.03	151.00	1667.41	100.33	162.00	1747.39	105.14
4 min - 5.08 mm	204.00	1845.23	111.03	203.00	1966.14	118.31	192.00	1992.04	119.87
6 min - 7.62 mm	290.00	2320.18	139.61	283.00	2365.35	142.33	284.00	2374.89	142.90
8 min - 10.16 mm	372.00	2532.10	152.36	397.00	2583.78	155.47	358.00	2590.04	155.85
10 min - 12.70 mm	470.00	2600.74	156.49	422.00	2651.63	159.55	407.00	2763.76	166.30

Fuente: (Ingeservicios Sac)

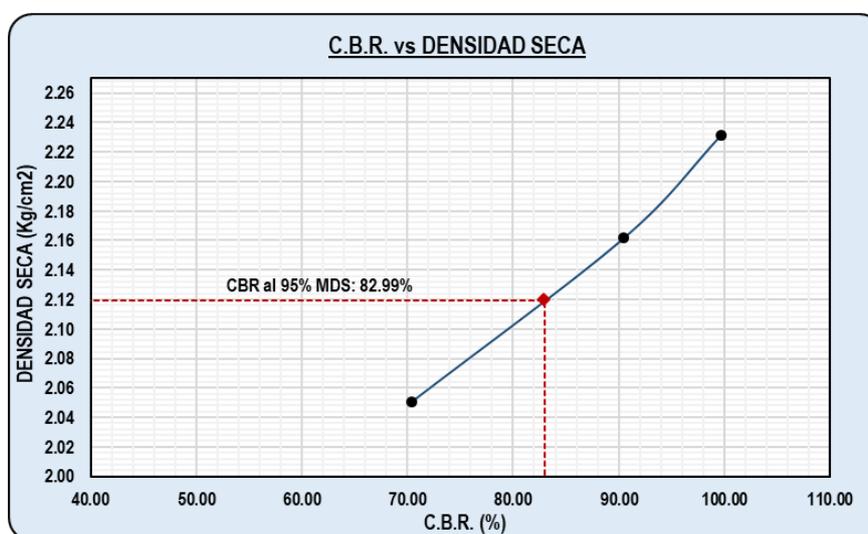


Figura N° 96: Curva CBR (BG-08)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 222: California Bearing Ratio (BG-09)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.231	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.471	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
	Molde I	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Humedo			
	Molde II	15.20	11.50	W. Tara + Suelo Seco (g)			
	Molde III	15.20	11.50	W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			
				6.471	6.471	6.471	
				7.586	7.149	6.898	
				2.223	2.335	2.396	
				2.066	2.179	2.241	

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	39.00	176.65	10.63	37.00	223.63	13.46	34.00	243.44	14.65
1 min - 1.27 mm	65.00	312.35	18.79	60.00	497.32	29.92	58.00	545.03	32.80
1 min 30 seg - 1.90 mm	90.00	479.42	28.85	90.00	744.13	44.78	100.00	865.21	52.06
2 min - 2.54 mm	120.00	697.86	41.99	120.00	1033.99	62.22	158.00	1146.54	68.99
2 min 30 seg - 3.17 mm	130.00	933.38	56.16	128.00	1248.75	75.14	125.00	1408.42	84.75
3 min - 3.81 mm	157.00	1232.77	74.18	150.00	1546.07	93.03	161.00	1708.39	102.80
4 min - 5.08 mm	201.00	1525.48	91.79	200.00	1861.38	112.00	189.00	2045.48	123.08
6 min - 7.62 mm	287.00	1894.43	113.99	280.00	2343.29	141.00	281.00	2447.15	147.25
8 min - 10.16 mm	370.00	2197.60	132.23	395.00	2657.25	159.89	356.00	2751.26	165.55
10 min - 12.70 mm	468.00	2491.89	149.94	420.00	2808.75	169.01	405.00	3012.39	181.26

Fuente: (Ingeservicios Sac)

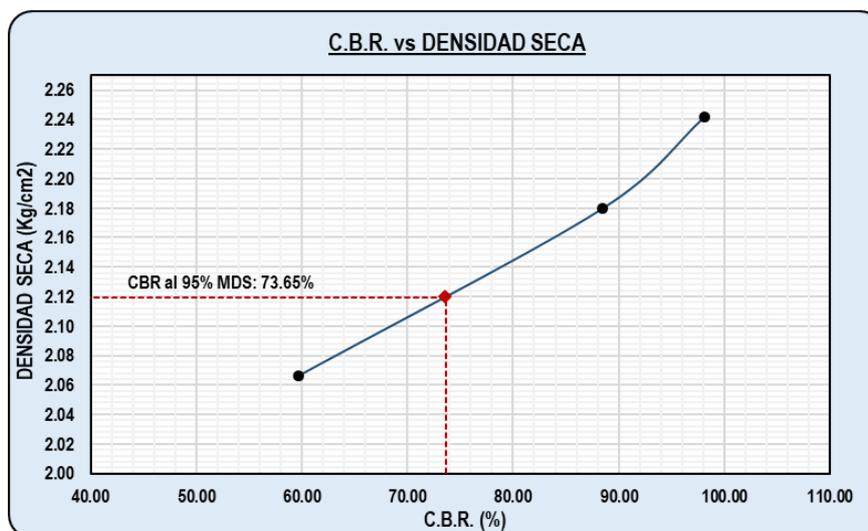


Figura N° 97: Curva CBR (BG-09)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 223: California Bearing Ratio (BG-10)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.225				
Humedad Óptima (g/cc)			6.525				
MOLDE							
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)				
Molde I	15.20	11.50	2086.77				
Molde II	15.20	11.50	2086.77				
Molde III	15.20	11.50	2086.77				
				W. Molde (g)			
				9120	9090	9050	
				W. Molde + Suelo Humedo (g)			
				13758	13890	14017	
				W. Suelo Humedo (g)			
				4638	4800	4967	
				W. Tara (g)			
				15.20	14.40	14.45	
				W. Tara + Suelo Humedo			
				246.34	242.12	232.08	
				W. Tara + Suelo Seco (g)			
				228.20	226.57	217.90	
				W. Suelo Humedo (g)			
				231.14	227.72	217.63	
				W. Suelo Seco (g)			
				213.00	212.17	203.45	
				W. Agua (g)			
				18.14	15.55	14.18	
				C. Humedad - Inicial (%)			
				6.525	6.525	6.525	
				C. Humedad - Final (%)			
				8.516	7.329	6.970	
				Densidad Humeda (g/cc)			
				2.223	2.300	2.380	
				Densidad Seca (g/cc)			
				2.048	2.143	2.225	

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	33.00	151.78	9.13	28.00	158.83	9.56	28.00	208.41	12.54
1 min - 1.27 mm	56.00	284.18	17.10	52.00	406.82	24.48	50.00	496.83	29.90
1 min 30 seg - 1.90 mm	78.00	447.88	26.95	77.00	649.87	39.10	76.00	840.48	50.57
2 min - 2.54 mm	116.00	664.15	39.96	100.00	944.04	56.80	95.00	1140.26	68.61
2 min 30 seg - 3.17 mm	140.00	894.67	53.83	120.00	1153.35	69.40	123.00	1421.96	85.56
3 min - 3.81 mm	155.00	1188.45	71.51	145.00	1446.59	87.04	146.00	1743.96	104.94
4 min - 5.08 mm	183.00	1477.73	88.92	210.00	1766.04	106.27	198.00	2103.49	126.57
6 min - 7.62 mm	249.00	1839.41	110.68	238.00	2240.76	134.83	245.00	2534.97	152.53
8 min - 10.16 mm	330.00	2136.91	128.58	315.00	2550.53	153.47	293.00	2861.40	172.18
10 min - 12.70 mm	360.00	2427.74	146.08	326.00	2707.24	162.90	310.00	3139.54	188.91

Fuente: (Ingeservicios Sac)

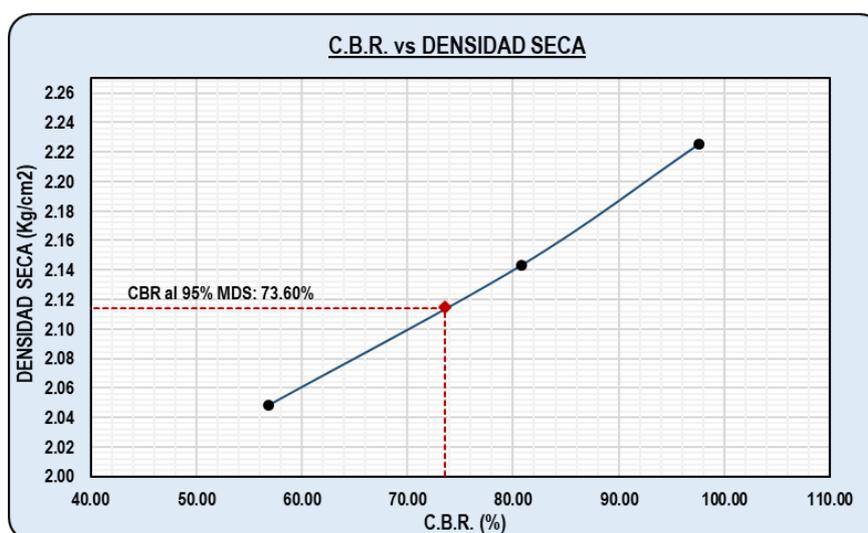


Figura N° 98: Curva CBR (BG-10)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 224: California Bearing Ratio (BG-11)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.224						
Humedad Óptima (g/cc)			6.876						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				COMPACTACIÓN					
				Características	I	II	III		
				W. Molde (g)	9120	9090	9050		
				W. Molde + Suelo Humedo (g)	13787	13880	14025		
				W. Suelo Humedo (g)	4667	4790	4975		
				W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45		
				W. Tara + Suelo Humedo	251.34	247.12	237.08		
				W. Tara + Suelo Seco (g)	233.15	231.10	222.15		
				W. Suelo Humedo (g)	236.14	232.72	222.63		
				W. Suelo Seco (g)	217.95	216.70	207.70		
				W. Agua (g)	18.19	16.02	14.93		
				C. Humedad - Inicial (%)	6.876	6.876	6.876		
				C. Humedad - Final (%)	8.346	7.393	7.188		
				Densidad Humeda (g/cc)	2.236	2.295	2.384		
				Densidad Seca (g/cc)	2.064	2.137	2.224		
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²	Lectura Dial	Corrección Kg	Corrección Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	32.00	171.63	10.33	30.00	216.07	13.00	29.00	244.28	14.70
1 min - 1.27 mm	57.00	300.17	18.06	52.00	443.01	26.66	51.00	516.15	31.06
1 min 30 seg - 1.90 mm	77.00	459.11	27.63	76.00	665.44	40.04	75.00	840.07	50.55
2 min - 2.54 mm	115.00	669.08	40.26	96.00	934.65	56.24	97.00	1122.65	67.55
2 min 30 seg - 3.17 mm	138.00	892.89	53.73	121.00	1126.20	67.77	122.00	1388.17	83.53
3 min - 3.81 mm	154.00	1178.11	70.89	149.00	1394.55	83.91	145.00	1691.69	101.79
4 min - 5.08 mm	182.00	1458.96	87.79	201.00	1686.90	101.50	196.00	2030.57	122.18
6 min - 7.62 mm	247.00	1810.11	108.92	242.00	2121.32	127.64	239.00	2437.29	146.66
8 min - 10.16 mm	338.00	2098.94	126.30	301.00	2404.81	144.70	296.00	2744.98	165.17
10 min - 12.70 mm	354.00	2381.30	143.29	346.00	2548.23	153.33	301.00	3007.15	180.95

Fuente: (Ingeservicios Sac)

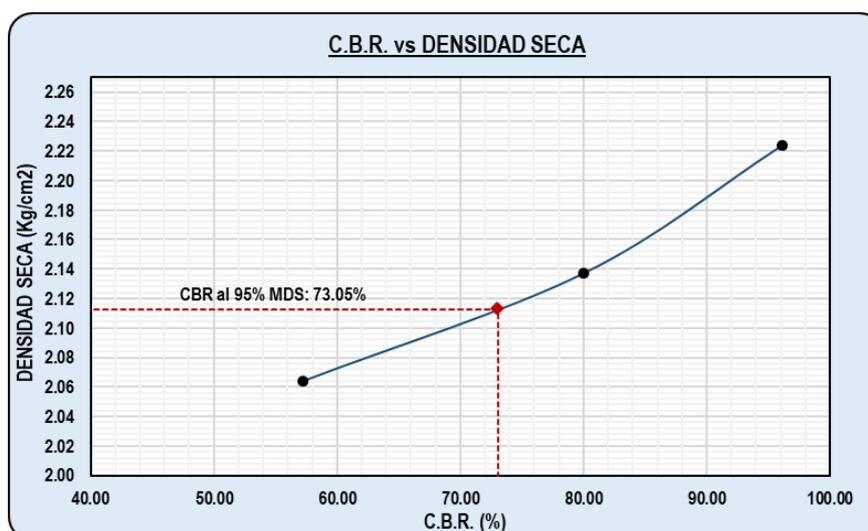


Figura N° 99: Curva CBR (BG-11)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 225: California Bearing Ratio (BG-12)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	Características	I	II	III
Area (cm ²)	16.62		-		12	26	55
PROCTOR				W. Molde (g)			
Densidad Máxima (g/cc)			2.226		9120	9090	9050
Humedad Óptima (g/cc)			6.462	W. Molde + Suelo Humedo (g)	13752	13915	14025
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)		4632	4825	4975
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara (g)	15.20	14.40	14.45
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo	241.34	237.12	227.08
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)	223.98	221.74	213.00
				W. Suelo Humedo (g)			
					226.14	222.72	212.63
				W. Suelo Seco (g)			
					208.78	207.34	198.55
				W. Agua (g)			
					17.36	15.38	14.08
				C. Humedad - Inicial (%)			
					6.462	6.462	6.462
				C. Humedad - Final (%)			
					8.315	7.418	7.091
				Densidad Humeda (g/cc)			
					2.220	2.312	2.384
				Densidad Seca (g/cc)			
					2.049	2.153	2.226

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	34.00	168.27	10.12	32.00	230.76	13.89	31.00	256.16	15.41
1 min - 1.27 mm	59.00	294.28	17.71	54.00	455.46	27.41	53.00	522.70	31.45
1 min 30 seg - 1.90 mm	79.00	450.11	27.08	78.00	675.68	40.66	77.00	840.27	50.56
2 min - 2.54 mm	117.00	655.96	39.47	98.00	942.22	56.70	99.00	1117.30	67.23
2 min 30 seg - 3.17 mm	140.00	875.38	52.67	123.00	1131.88	68.11	124.00	1377.62	82.89
3 min - 3.81 mm	156.00	1155.01	69.50	151.00	1397.57	84.09	147.00	1675.18	100.80
4 min - 5.08 mm	184.00	1430.36	86.07	203.00	1687.03	101.51	198.00	2007.43	120.79
6 min - 7.62 mm	249.00	1774.62	106.78	244.00	2117.15	127.39	241.00	2406.17	144.78
8 min - 10.16 mm	340.00	2057.79	123.82	303.00	2397.83	144.28	298.00	2707.83	162.94
10 min - 12.70 mm	356.00	2334.61	140.48	348.00	2539.83	152.83	303.00	2964.85	178.40

Fuente: (Ingeservicios Sac)

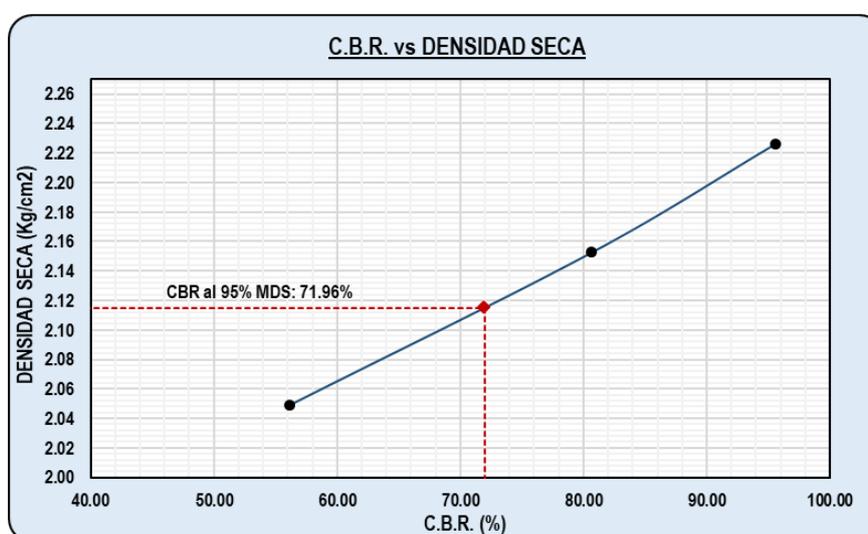


Figura N° 100: Curva CBR (BG-12)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 226: California Bearing Ratio (BG-13)

DATOS				COMPACTACIÓN					
PISTON				N° de Molde					
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III			
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55			
PROCTOR									
Densidad Máxima (g/cc)			2.230						
Humedad Óptima (g/cc)			6.954						
MOLDE									
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)						
Molde I	15.20	11.50	2086.77						
Molde II	15.20	11.50	2086.77						
Molde III	15.20	11.50	2086.77						
				W. Molde (g)					
				9120	9090	9050			
				W. Molde + Suelo Humedo (g)					
				13717	13890	14032			
				W. Suelo Humedo (g)					
				4597	4800	4982			
				W. Tara (g)					
				15.20	14.40	14.45			
				W. Tara + Suelo Humedo (g)					
				256.34	252.12	242.08			
				W. Tara + Suelo Seco (g)					
				237.00	235.54	227.10			
				W. Suelo Humedo (g)					
				241.14	237.72	227.63			
				W. Suelo Seco (g)					
				221.80	221.14	212.65			
				W. Agua (g)					
				19.34	16.58	14.98			
				C. Humedad - Inicial (%)					
				6.954	6.954	6.954			
				C. Humedad - Final (%)					
				8.720	7.498	7.044			
				Densidad Humeda (g/cc)					
				2.203	2.300	2.387			
				Densidad Seca (g/cc)					
				2.026	2.140	2.230			
PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	30.00	166.63	10.03	28.00	235.38	14.16	27.00	261.28	15.72
1 min - 1.27 mm	55.00	291.43	17.54	50.00	464.57	27.95	49.00	533.15	32.08
1 min 30 seg - 1.90 mm	75.00	445.74	26.82	74.00	689.20	41.47	73.00	857.07	51.57
2 min - 2.54 mm	113.00	649.59	39.09	94.00	961.07	57.83	95.00	1139.65	68.57
2 min 30 seg - 3.17 mm	136.00	866.88	52.16	119.00	1154.51	69.47	120.00	1405.17	84.55
3 min - 3.81 mm	152.00	1143.79	68.82	147.00	1425.52	85.78	143.00	1708.69	102.82
4 min - 5.08 mm	180.00	1416.47	85.23	199.00	1720.77	103.54	194.00	2047.57	123.21
6 min - 7.62 mm	245.00	1757.39	105.75	240.00	2159.50	129.94	237.00	2454.29	147.68
8 min - 10.16 mm	336.00	2037.81	122.62	299.00	2445.79	147.17	294.00	2761.98	166.19
10 min - 12.70 mm	352.00	2311.94	139.11	344.00	2590.63	155.88	299.00	3024.15	181.97

Fuente: (Ingeservicios Sac)

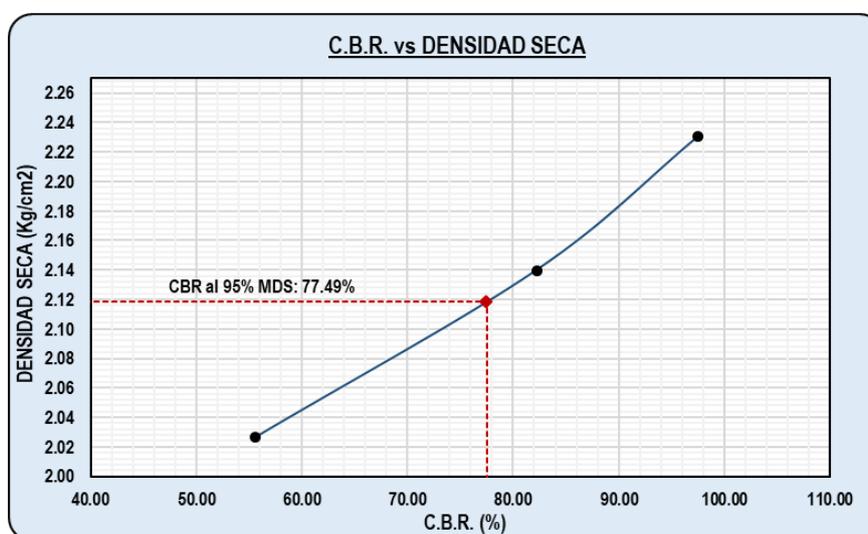


Figura N° 101: Curva CBR (BG-13)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 227: California Bearing Ratio (BG-14)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.229	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.720	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
Molde I	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo			
Molde II	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)			
Molde III	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			
				2.195	2.297	2.386	
				2.027	2.142	2.229	

PENETRACIÓN									
Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	32.00	164.98	9.93	26.00	233.05	14.02	25.00	270.98	16.31
1 min - 1.27 mm	57.00	288.54	17.36	48.00	459.97	27.68	47.00	537.50	32.34
1 min 30 seg - 1.90 mm	77.00	441.33	26.56	72.00	682.37	41.06	71.00	855.04	51.45
2 min - 2.54 mm	115.00	643.16	38.70	92.00	951.55	57.26	93.00	1132.04	68.12
2 min 30 seg - 3.17 mm	138.00	858.30	51.65	117.00	1143.08	68.78	118.00	1392.33	83.78
3 min - 3.81 mm	154.00	1132.47	68.14	145.00	1411.41	84.93	141.00	1689.87	101.68
4 min - 5.08 mm	182.00	1402.44	84.39	197.00	1703.73	102.52	192.00	2022.08	121.67
6 min - 7.62 mm	247.00	1739.99	104.70	238.00	2138.12	128.65	235.00	2420.78	145.66
8 min - 10.16 mm	338.00	2017.63	121.40	297.00	2421.57	145.71	292.00	2722.41	163.81
10 min - 12.70 mm	354.00	2289.05	137.74	342.00	2564.98	154.34	297.00	2979.42	179.28

Fuente: (Ingeservicios Sac)

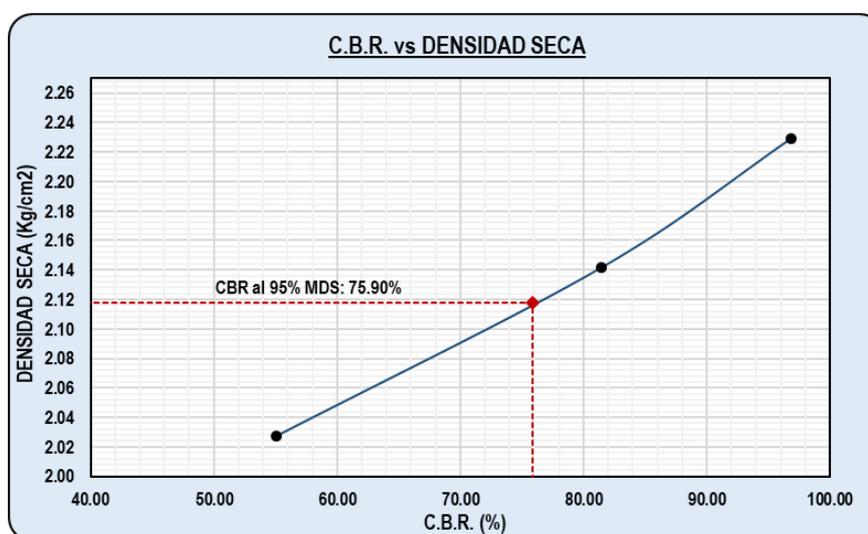


Figura N° 102: Curva CBR (BG-14)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

Tabla N° 228: California Bearing Ratio (BG-15)

DATOS				COMPACTACIÓN			
PISTON				N° de Molde			
Diametro (cm)	4.60	Alto (cm)	17.50	I	II	III	
Area (cm ²)	16.62		-	12	26	55	
PROCTOR							
Densidad Máxima (g/cc)			2.228	W. Molde (g)			
Humedad Óptima (g/cc)			6.708	W. Molde + Suelo Humedo (g)			
MOLDE				W. Suelo Humedo (g)			
-	Diametro (cm)	Alto (cm)	Vol.(cm)	W. Tara (g)			
	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Humedo			
	15.20	11.50	2086.77	W. Tara + Suelo Seco (g)			
	15.20	11.50	2086.77	W. Suelo Humedo (g)			
				W. Suelo Seco (g)			
				W. Agua (g)			
				C. Humedad - Inicial (%)			
				C. Humedad - Final (%)			
				Densidad Humeda (g/cc)			
				Densidad Seca (g/cc)			

PENETRACIÓN

Penetración	N° de Golpes 12			N° de Golpes 26			N° de Golpes 55		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Tiempo - mm	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²	Dial	Kg	Kg/cm ²
0 seg - 0.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30 seg - 0.63 mm	35.00	176.45	10.62	29.00	245.59	14.78	28.00	283.15	17.04
1 min - 1.27 mm	60.00	297.59	17.91	51.00	470.26	28.30	50.00	547.03	32.92
1 min 30 seg - 1.90 mm	80.00	447.38	26.92	75.00	690.47	41.55	74.00	861.42	51.83
2 min - 2.54 mm	118.00	645.25	38.83	95.00	956.98	57.58	96.00	1135.68	68.34
2 min 30 seg - 3.17 mm	141.00	856.17	51.52	120.00	1146.62	68.99	121.00	1393.40	83.84
3 min - 3.81 mm	157.00	1124.97	67.69	148.00	1412.28	84.98	144.00	1687.99	101.57
4 min - 5.08 mm	185.00	1389.65	83.62	200.00	1701.71	102.40	195.00	2016.91	121.36
6 min - 7.62 mm	250.00	1720.58	103.53	241.00	2131.80	128.27	238.00	2411.67	145.11
8 min - 10.16 mm	341.00	1992.78	119.91	300.00	2412.45	145.16	295.00	2710.31	163.08
10 min - 12.70 mm	357.00	2258.88	135.92	345.00	2554.43	153.71	300.00	2964.77	178.40

Fuente: (Ingeservicios Sac)

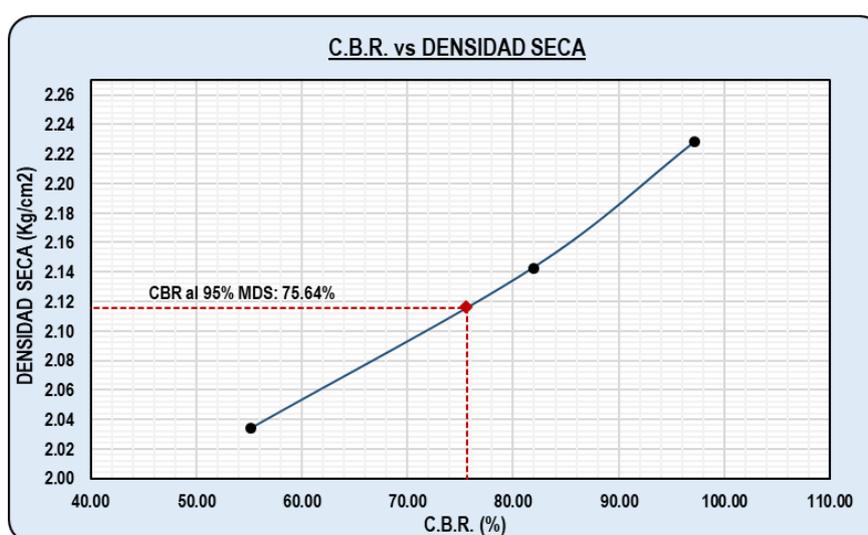


Figura N° 103: Curva CBR (BG-15)

Fuente: (Ingeservicios Sac)

CAPITULO IV: RESULTADOS

De las muestras obtenidas de material para base granular y agua residual se permitió definir que la calidad y estabilización del material para base granular fueron aptas para la investigación y obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. Calidad de agua residual

En la Tabla N°229 se muestra en análisis del agua residual de la planta de tratamiento de agua residual de Copare (Cono sur).

Tabla N° 229: Análisis químico y bioquímico de agua residual de la planta de tratamiento de agua residual Copare (PTAR Cono sur)

Parámetro	Unidad	PTAR Cono sur		LMP para efluentes de PTAR
		Ingreso	Salida	
Relación DQO/DBO		2.338	2.785	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	$>16 \times 10^4$	79×10^3	10000
Coliformes totales	NMP/100 mL	$>16 \times 10^4$	79×10^3	-
Aceites y Grasas	mg/L	57.56	10.94	20
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L O ₂	465	114	100
Demanda Química de oxígeno	mg/L O ₂	1087.1	317.5	200
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	38.33	57.29	-
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	<0.06	<0.06	-
Nitrógeno total (N tot.)	mg/L	40.02	53.32	-
Fosfatos (PO ₄)	mg/L	26.536	2.126	-
Cianuro WAD	mg/L	-	-	-
Sulfuros (S ₂)	mg/L	1.456	0.965	-

Fuente: (Empresa prestadora de servicios Tacna – EPS Tacna, 2018)

4.2. Calidad del material para base granular

4.2.1. Análisis granulométrico por tamizado

En la tabla N°230 se muestran los valores de las 15 muestras (BG-01 al BG-15) para los tamices 2", 1", 3/8", N°4, N°40 y N°200, que se ensayaron para verificar su respectiva calidad del material para base granular de la Cantera Miculla donde sus resultados variaron desde tamiz 1" que son desde el 92.85 al 82.12%, tamiz 3/8" desde el 73.20 al 49.14%, tamiz N°4 tamiz desde 55.11 al 36.20%, tamiz N°40 desde 27.44 al 17.89% y el tamiz

N°200 desde 14.24 al 7.93% y no presentando variación en el tamiz 2" con el valor de 100% en las 15 muestras (BG-01 al BG-15).

Tabla N° 230: Análisis granulométrico por tamizado

Muestras	Tamiz 2"	Tamiz 1"	Tamiz 3/8"	Tamiz N°4	Tamiz N°40	Tamiz N°200
EG 2013						
CE 010	100	75 - 95	40 - 75	30 - 60	15 - 30	5 - 15
BG-01	100.00	88.15	66.28	50.68	23.29	11.48
BG-02	100.00	88.15	59.57	46.98	23.06	11.17
BG-03	100.00	91.55	69.29	51.85	25.22	9.24
BG-04	100.00	89.72	68.50	51.72	27.44	14.24
BG-05	100.00	88.25	69.72	49.65	22.50	11.79
BG-06	100.00	92.85	73.20	55.11	22.59	12.09
BG-07	100.00	88.20	60.34	46.15	17.89	10.49
BG-08	100.00	87.65	65.20	48.30	21.40	7.93
BG-09	100.00	90.98	65.18	49.34	22.86	9.47
BG-10	100.00	91.66	64.71	47.17	23.46	8.20
BG-11	100.00	92.50	66.36	51.98	24.61	9.98
BG-12	100.00	88.68	65.42	50.15	22.12	9.04
BG-13	100.00	82.12	49.14	36.20	20.29	8.63
BG-14	100.00	89.57	70.86	54.90	23.14	13.18
BG-15	100.00	92.46	70.42	53.87	21.77	10.85

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°231 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de análisis granulométrico por tamizado de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 231: Valores descriptivos estadísticos del análisis granulométrico por tamizado

Tamices		Tamiz 2"	Tamiz 1"	Tamiz 3/8"	Tamiz N°4	Tamiz N°40	Tamiz N°200
N	Válido	15	15	15	15	15	15
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		100.00	89.49	65.61	49.61	22.78	10.52
Error estándar de la		0.00	0.71	1.52	1.19	0.56	0.47
Mediana		100.00	89.57	66.28	50.15	22.86	10.49
Moda		100.00	88.15	49.14 ^a	36.20 ^a	17.89 ^a	7.93 ^a
Desv. Desviación		0.00	2.75	5.88	4.63	2.16	1.84
Varianza		0.00	7.55	34.63	21.41	4.68	3.38
Rango		0.00	10.73	24.06	18.91	9.55	6.31
Mínimo		100.00	82.12	49.14	36.20	17.89	7.93
Máximo		100.00	92.85	73.20	55.11	27.44	14.24
Percentiles	25	100.00	88.15	64.71	47.17	21.77	9.04
	50	100.00	89.57	66.28	50.15	22.86	10.49
	75	100.00	91.66	69.72	51.98	23.46	11.79

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°232 se muestran los valores de la evaluación estadísticas con categoría 1 de exigencia alta (No se admite tolerancias) de acuerdo al manual de ensayos de materiales. El material para base granular presento aceptación en el ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

Tabla N° 232: Evaluación estadística del análisis granulométrico por tamizado

Tamices	%Que pasa Promedio	Gradación EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
2"	100.00	100	100	0.00	0.00	2.34	2.34	4.68	5.00	1.04 Aceptado
1"	94.66	75	95	5.00	2.00	1.56	1.87	3.43	3.00	1.05 Aceptado
3/8"	65.61	40	75	4.00	2.00	1.65	1.87	3.52	4.00	1.04 Aceptado
N°4	49.61	30	60	4.00	2.00	1.65	1.87	3.52	4.00	1.04 Aceptado
N°40	22.78	15	30	4.00	3.00	1.65	1.75	3.40	3.00	1.05 Aceptado
N°200	10.52	5	15	3.00	2.00	1.75	1.87	3.62	4.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable

Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°104 se muestra la curva granulométrica optima de acuerdo a la gradación B del manual de carreteras EG 2013 y la curva granulométrica promedio obtenida de las 15 muestras del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

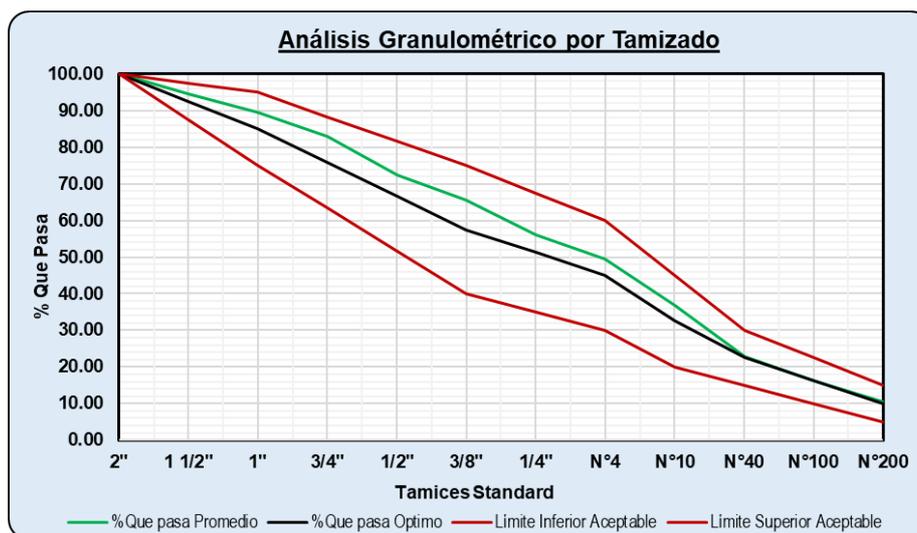


Figura N° 104: Gráfico de evaluación y aceptación estadística de curvas granulométricas

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°233 se muestran los valores de los límites de control superior e inferior obtenidos del promedio de las 15 muestras del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

Tabla N° 233: Límites de control superior e inferior del análisis granulométrico por tamizado

Tamices	%Que pasa Promedio	Rango	LCI	LCS	Gradación EG-2013	
					LIA	LSA
2"	100.00	0.00	100.00	100.00	100	100
1"	94.66	6.32	85.84	93.14	75	95
3/8"	65.61	14.91	57.01	74.22	40	75
N°4	49.61	10.86	43.34	55.87	30	60
N°40	22.78	4.94	19.92	25.63	15	30
N°200	10.52	4.57	7.88	13.16	5	15

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable

LCI: Límite de control inferior

LCS: Límite de control superior

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°105 se muestra la curva granulométrica promedio de las 15 muestras del material para base granular, la gradación B del manual de carreteras EG 2013 y los límites de control superior e inferior del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

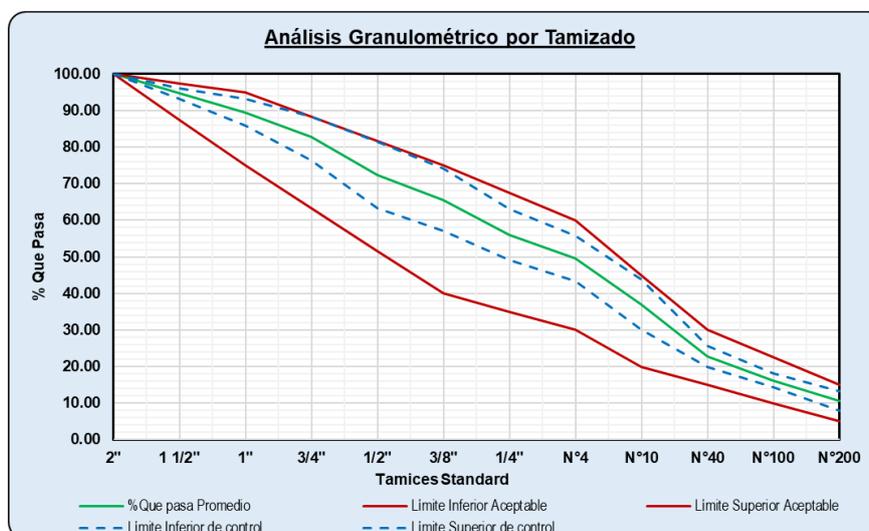


Figura N° 105: Gráfico de límites de control y límites superior e inferior aceptable de las curvas granulométricas

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.2. Porcentaje de partículas fracturadas de material para base granular

En la tabla N°234 se muestran los valores de 15 muestras (BG-01 al BG-15) para partículas con una cara fracturada y partículas con dos o más caras fracturadas que se ensayaron para verificar su calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 80.19 al 86.86% para partículas con una cara fracturada y 46.61 al 60.19% para partículas con dos o más caras fracturadas.

Tabla N° 234: Porcentaje de partículas fracturadas

Muestras	Partículas con una Cara Fracturada (%)	Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%)
EG 2013		
CE 010	80 mín.	40 mín.
BG-01	83.83	60.19
BG-02	86.86	53.83
BG-03	83.50	50.13
BG-04	83.99	46.61
BG-05	82.38	56.54
BG-06	81.09	58.09
BG-07	80.19	53.86
BG-08	82.78	56.92
BG-09	80.91	49.28
BG-10	82.68	56.07
BG-11	84.07	57.95
BG-12	81.81	57.94
BG-13	80.59	51.92
BG-14	82.45	50.03
BG-15	82.11	55.90

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°235 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo del porcentaje de partículas fracturadas de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 235: Valores descriptivos estadísticos del porcentaje de partículas fracturadas

Características		Partículas con una cara fracturada	Partículas con dos a más caras fracturadas
N	Válido	15	15
	Perdidos	0	0
Media		82.62	54.35
Error estándar de la media		0.44	1.02
Mediana		82.45	55.90
Moda		80.19 ^a	46.61 ^a
Desv. Desviación		1.70	3.96
Varianza		2.89	15.66
Rango		6.67	13.58
Mínimo		80.19	46.61
Máximo		86.86	60.19
Percentiles 25		81.09	50.13
50		82.45	55.90
75		83.83	57.94

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°236 se muestran los valores de la evaluación estadística de categoría 1 de exigencia alta (No se admite tolerancias) de acuerdo al manual de ensayos de materiales. El material para base granular presento aceptación en el ensayo de porcentaje de partículas fracturadas para una cara y con dos o más partículas fracturadas.

Tabla N° 236: Evaluación estadística del porcentaje de partículas fracturadas

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
Partículas con una Cara Fracturada (%)	82.62	80	100	2.00	4.00	1.65	1.87	3.52	4.00	1.04 Aceptado
Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%)	54.35	40	100	4.00	12.00	1.65	1.15	2.80	3.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable LSA: Límite Superior Aceptable Pd = Porcentaje de defecto total
 ICI: Índice de Calidad Inferior ICS: Índice de Calidad Superior
 Ps = Porcentaje de defecto Superior Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración Propia)

En las figuras N°106 y N°107 se muestran los resultados del porcentaje de partículas fracturadas con su evaluación estadística de calidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013 y los promedios obtenidos de las 15 muestras del ensayo de porcentaje de partículas fracturadas.

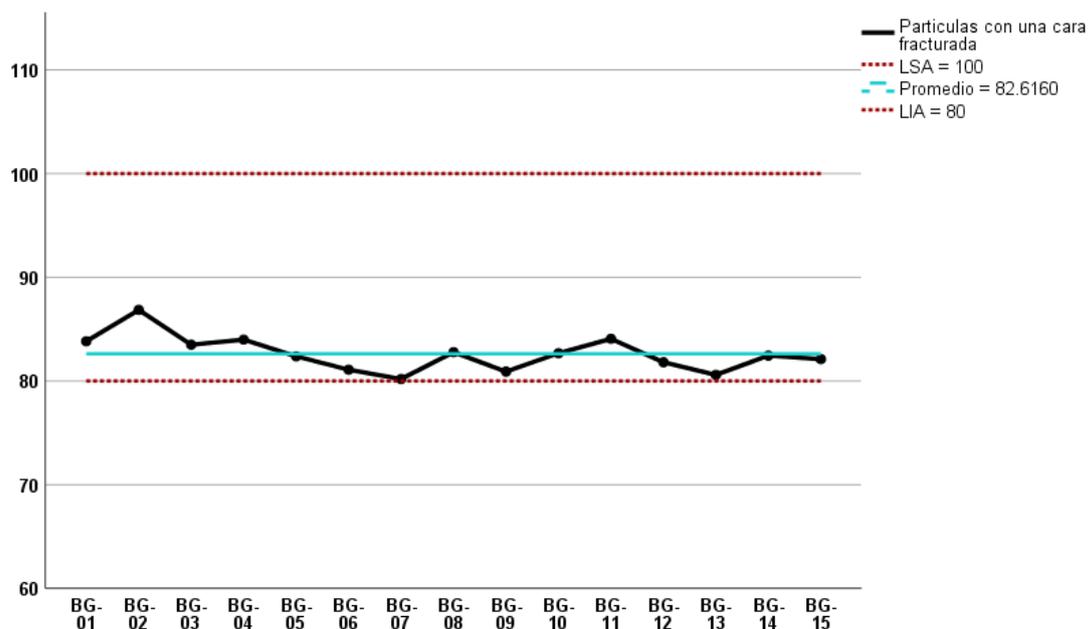


Figura N° 106: Gráfico de evaluación y aceptación de porcentaje de partículas de una cara fracturada

Fuente: (Elaboración propia)

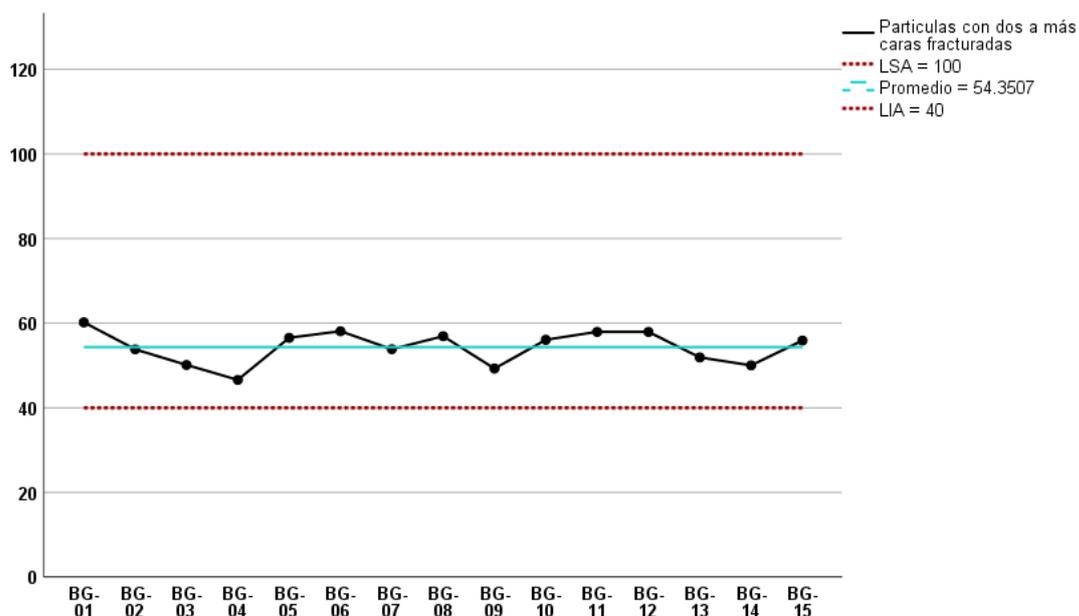


Figura N° 107: Gráfico de evaluación y aceptación de porcentaje de partículas con dos o más caras fracturadas

Fuente: (Elaboración propia)

En las figuras N°108 y N°109 se muestran los promedios de porcentaje de partículas fracturadas del material para base granular, los límites superiores e inferiores aceptables del manual de carreteras EG 2013 y los límites de control superior de 87.1699% e inferior de 78.0621% del ensayo de porcentaje de partículas fracturadas.

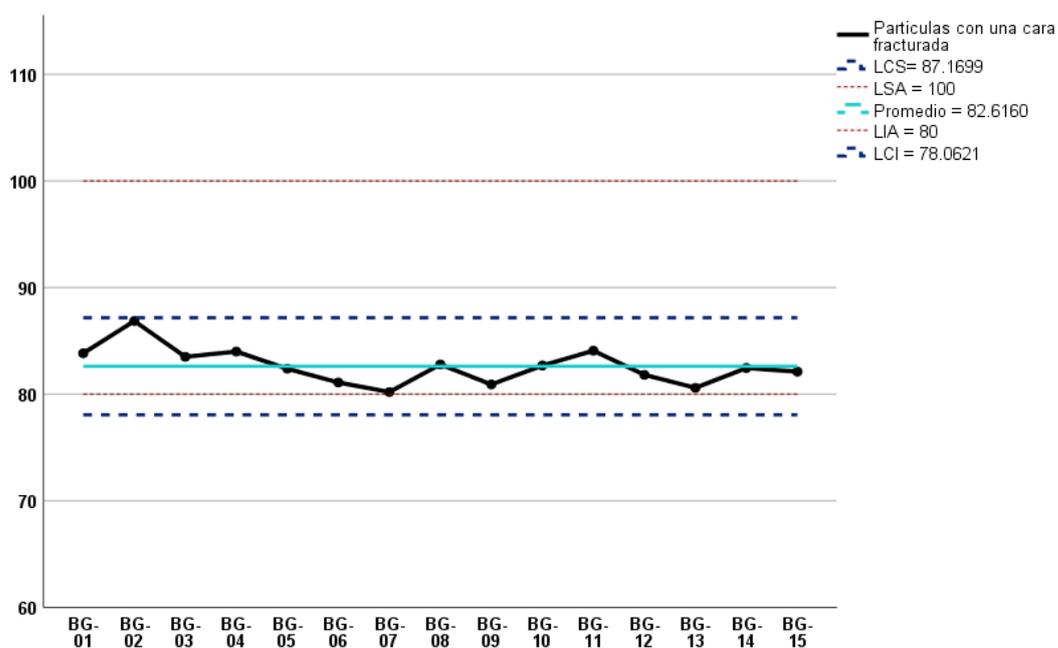


Figura N° 108: Gráfico de límites de control y límite superior e inferior aceptable de partículas con una cara fracturada

Fuente: (Elaboración propia)

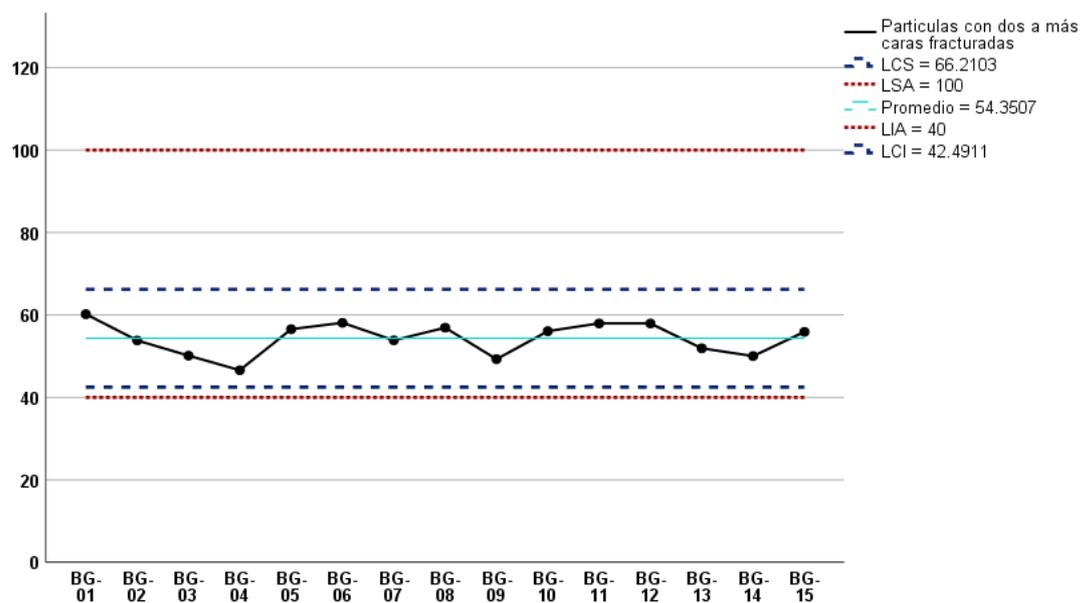


Figura N° 109: Gráfico de límites de control y límite superior e inferior aceptable de partículas con dos o más caras fracturadas

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.3. Partículas chatas y alargadas

En la tabla N°237 se muestran los valores de 15 muestras (BG-01 al BG-15) para partículas chatas y alargadas que se ensayaron para verificar su calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 6.68 al 10.88%.

Tabla N° 237: Partículas chatas y alargadas

Muestras	Partículas chatas y alargadas (%)	Muestras	Partículas chatas y alargadas (%)
EG 2013	15 máx.	EG 2013	15 máx.
CE 010		CE 010	
BG-01	7.96	BG-09	9.90
BG-02	7.76	BG-10	9.88
BG-03	9.07	BG-11	6.68
BG-04	9.80	BG-12	7.34
BG-05	9.10	BG-13	9.10
BG-06	10.74	BG-14	10.37
BG-07	6.81	BG-15	9.51
BG-08	10.88		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°238 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo del porcentaje de partículas chatas y alargadas de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 238: Valores descriptivos estadísticos de partículas chatas y alargadas

Características		Partículas Chatas y Alargadas
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		8.99
Error estándar de la Mediana		0.36
Moda		9.10
Desv. Desviación		1.38
Varianza		1.89
Rango		4.20
Mínimo		6.68
Máximo		10.88
25		7.76
Percentiles 50		9.10
75		9.90

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°239 se muestran los valores descriptivos de la evaluación estadística de categoría 1 exigencia alta (no se admite tolerancias) de acuerdo al manual de ensayos de materiales 2016 y al manual de carreteras EG 2013. El material para base granular obtuvo una aceptabilidad de 1.04 siendo aceptado el material para el ensayo de partículas chatas y alargadas.

Tabla N° 239: Evaluación estadística de partículas chatas y alargadas

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
Partículas chatas y alargadas (%)	8.99	0	15	7.00	4.00	1.42	1.65	3.07	3.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable

Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior

Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°110 se muestra el resultado de la evaluación estadística de calidad del ensayo de partículas chatas y alargadas, el promedio obtenido de las muestras y los límites superior e inferior.

En la figura N°111 se muestra el resultado de los límites de control superior de 13.044% e inferior de 0.000%, los cuales son obtenidos de acuerdo al promedio de los ensayos de partículas chatas y alargadas.

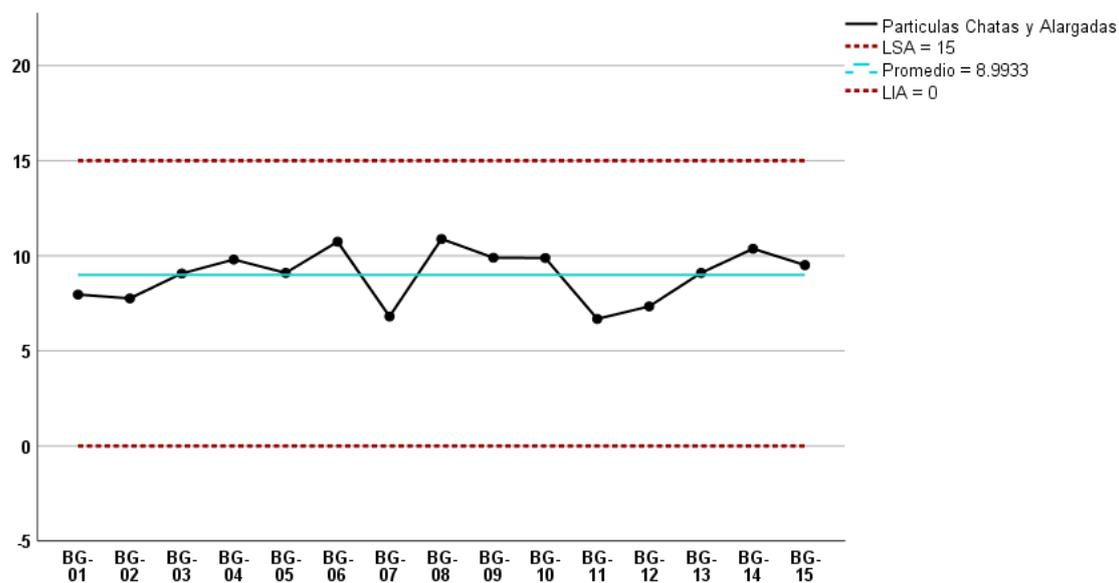


Figura N° 110: Gráfico de evaluación y aceptación de partículas chatas y alargadas

Fuente: (Elaboración propia)

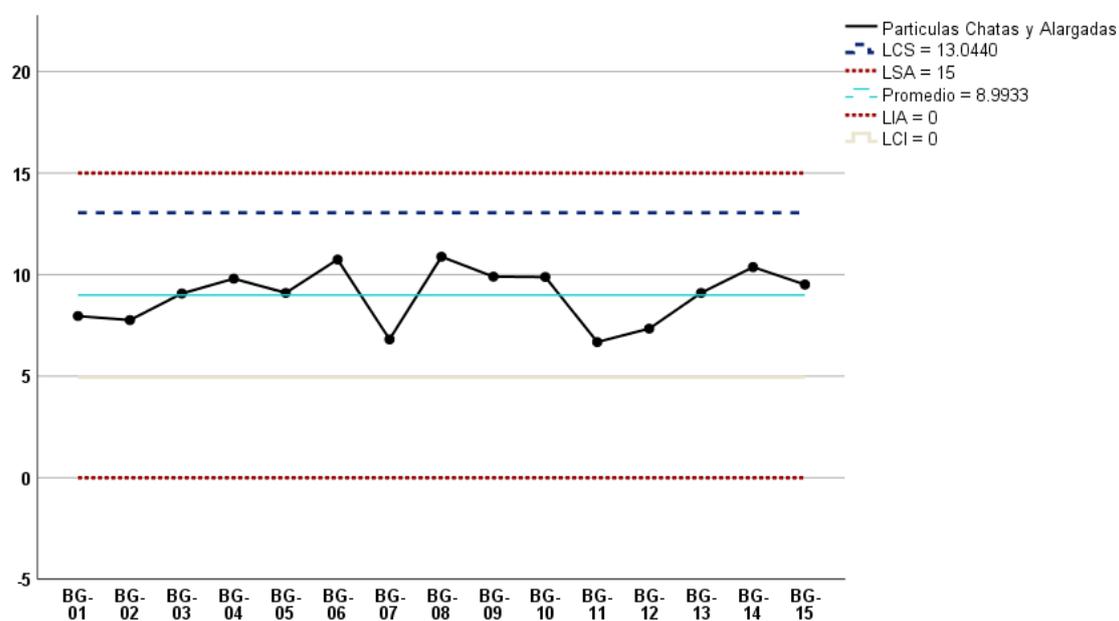


Figura N° 111: Gráfico de límites de control y límites aceptables de partículas chatas y alargadas

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.4. Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaño menores de 37.5 mm (1 ½")

En la tabla N°240 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para el ensayo de abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados

para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 18.859 al 24.788%.

Tabla N° 240: Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados

Muestras	Abrasión Los Ángeles (%)	Muestras	Abrasión Los Ángeles (%)
EG 2013		EG 2013	
CE 010	40 máx.	CE 010	40 máx.
BG-01	22.059	BG-09	20.949
BG-02	20.727	BG-10	21.844
BG-03	24.788	BG-11	23.462
BG-04	22.832	BG-12	22.484
BG-05	21.231	BG-13	18.859
BG-06	19.979	BG-14	23.016
BG-07	21.661	BG-15	21.752
BG-08	23.255		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°241 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 241: Valores descriptivos estadísticos de la Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados

Características		Abrasión Los Ángeles
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		21.93
Error estándar de la media		0.38
Mediana		21.84
Moda		18.859 ^a
Desv. Desviación		1.48
Varianza		2.20
Rango		5.93
Mínimo		18.86
Máximo		24.79
Percentiles	25	20.95
	50	21.84
	75	23.02

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°242 y figura N°112 se muestran los valores de la evaluación estadística con categoría 1 exigencia alta (no se admite tolerancias). El

material para base granular presento una aceptación de 1.05 siendo aceptado el material para los resultados de abrasión Los Ángeles.

Tabla N° 242: Evaluación estadística de la abrasión Los Ángeles al desgaste de agregados

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
Abrasión Los Ángeles (%)	21.927	0	40	15.00	12.00	1.15	1.02	2.17	2.00	1.05 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable LSA: Límite Superior Aceptable Pd = Porcentaje de defecto total
 ICI: Índice de Calidad Inferior ICS: Índice de Calidad Superior
 Ps = Porcentaje de defecto Superior Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

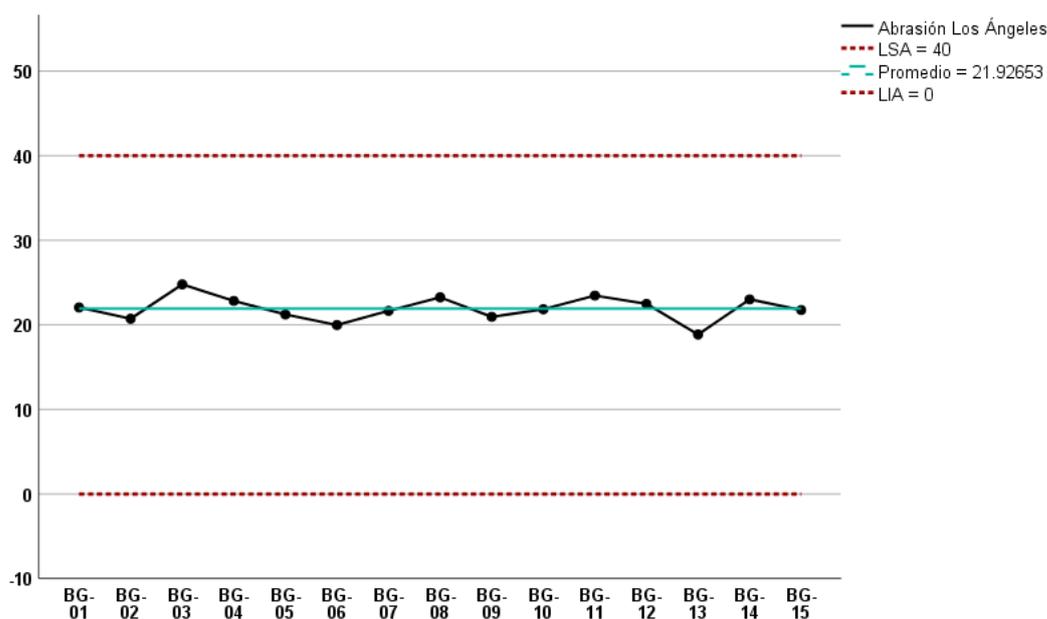


Figura N° 112: Gráfico de evaluación y aceptación de abrasión Los Ángeles al desgaste de agregados

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°113 se muestra los resultados de los límites de control superior de 27.304% e inferior de 16.548% del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

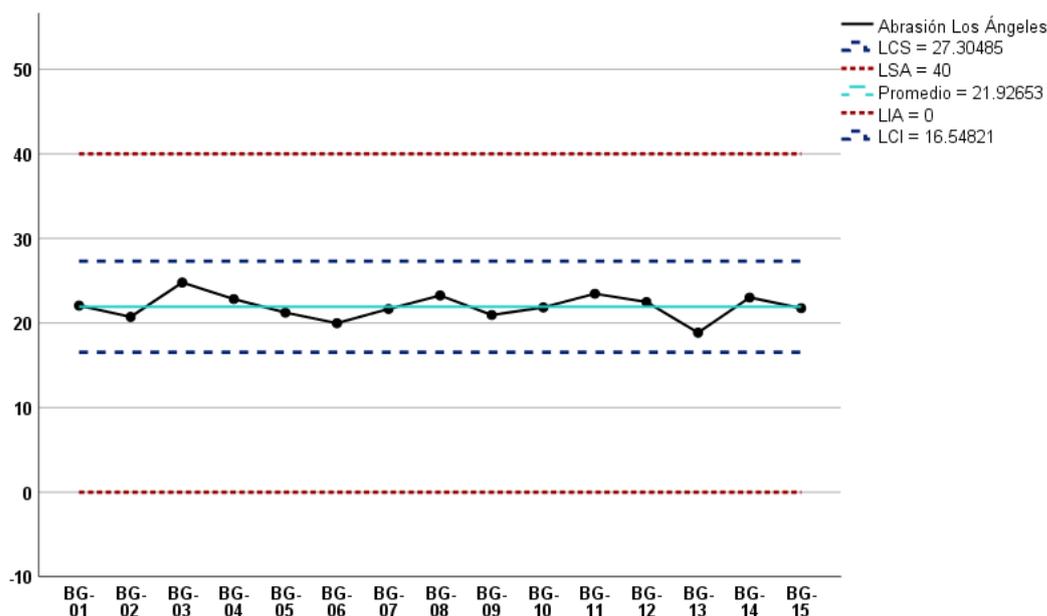


Figura N° 113: Gráfica de límites de control y límites aceptables de abrasión los Ángeles

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

En la tabla N°243 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para el ensayo de abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 56 al 68%.

Tabla N° 243: Equivalente de arena

Muestras	Equivalente de arena (%)	Muestras	Equivalente de arena (%)
EG 2013 CE 010	35 mín.	EG 2013 CE 010	35 mín.
BG-01	59	BG-09	59
BG-02	61	BG-10	64
BG-03	56	BG-11	61
BG-04	62	BG-12	65
BG-05	65	BG-13	68
BG-06	66	BG-14	63
BG-07	63	BG-15	60
BG-08	60		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°244 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de equivalente de arena de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 244: Valores descriptivos estadísticos de equivalente arena

Características		Equivalente de arena
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		62.13
Error estándar de la media		0.82
Mediana		62.00
Moda		59 ^a
Desv. Desviación		3.16
Varianza		9.98
Rango		12.00
Mínimo		56.00
Máximo		68.00
	25	60.00
Percentiles	50	62.00
	75	65.00

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°245 y figura N° 114 se muestran los valores de la evaluación estadística con categoría 1 exigencia alta (no se admite tolerancias). El material para base granular presentó una aceptación de 1.05 siendo aceptado el material en los resultados de equivalente de arena.

Tabla N° 245: Evaluación estadística de equivalente de arena

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
Equivalente de arena (%)	62.13	35	100	9.00	12.00	1.15	1.30	2.45	2.00	1.05 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable

Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior

Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

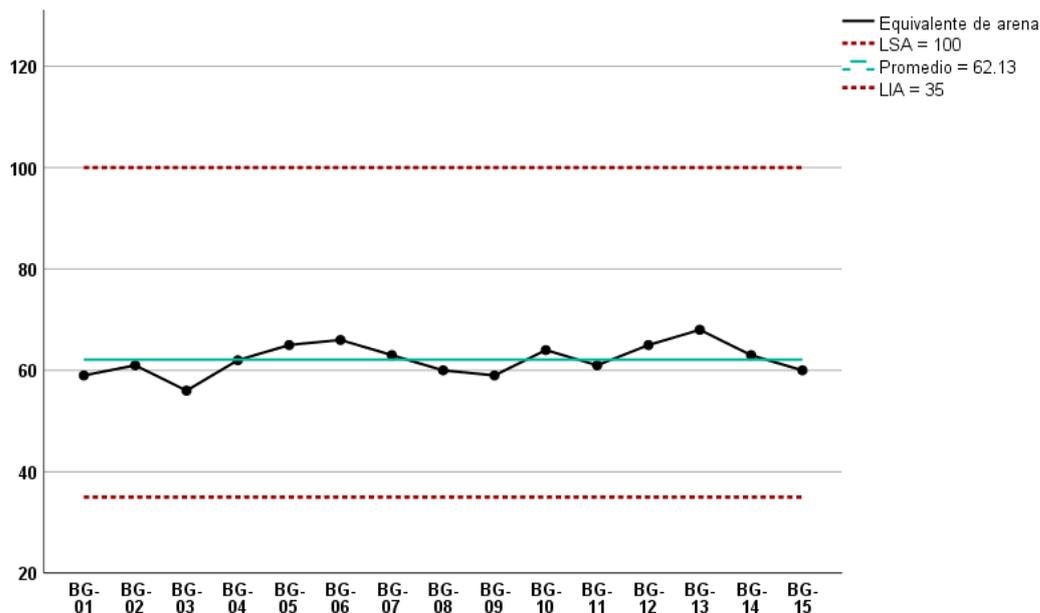


Figura N° 114: Gráfico de evaluación y aceptación de equivalente de arena

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°115 se muestra los resultados de los límites de control superior de 71.06% e inferior de 53.21% del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

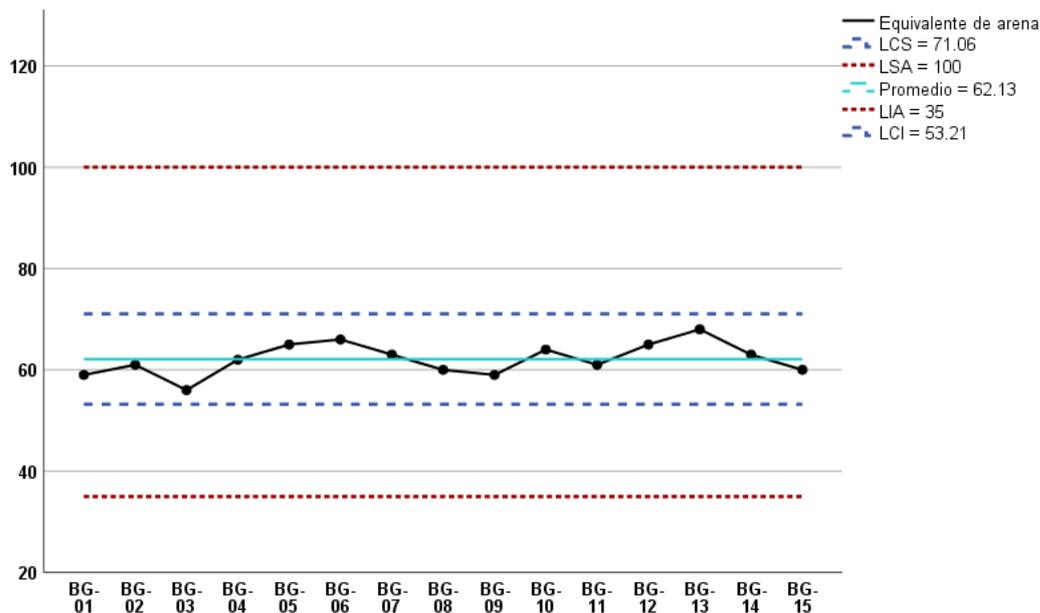


Figura N° 115: Gráfica de límites de control y límites aceptables de equivalente de arena

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.6. Sales solubles en el agregado fino y grueso de la base granular

En la tabla N°246 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para el ensayo de sales solubles para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron para la parte fina de la base granular es de 0.109 al 0.212% y la parte gruesa es de 0.029 al 0.097%.

Tabla N° 246: Sales solubles en agregado fino y grueso

Muestras	Sales solubles en agregado fino (%)	Sales solubles en agregado grueso (%)
EG 2013	0.500	0.500
CE 010		
BG-01	0.115	0.029
BG-02	0.109	0.064
BG-03	0.118	0.076
BG-04	0.19	0.093
BG-05	0.212	0.083
BG-06	0.136	0.085
BG-07	0.14	0.068
BG-08	0.136	0.093
BG-09	0.112	0.057
BG-10	0.152	0.091
BG-11	0.189	0.058
BG-12	0.211	0.084
BG-13	0.177	0.097
BG-14	0.175	0.073
BG-15	0.205	0.062

Fuentes: (Elaboración propia)

En la tabla N°247 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de sales solubles de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

En la tabla N°248, figura N°116 y figura N°117 se muestran los valores de la evaluación estadística con categoría 1 exigencia alta (no se admite tolerancias) en los resultados de sales solubles para el agregado fino y grueso. El material para base granular presento una aceptación de 1.05 siendo aceptado el material en los resultados de sales solubles.

Tabla N° 247: Valores descriptivos estadísticos de sales solubles

Características		Sales del agregado fino	Sales del agregado grueso
N	Válido	15	15
	Perdidos	0	0
Media		0.158	0.074
Error estándar de la media		0.010	0.005
Mediana		0.152	0.076
Moda		0.136	0.093
Desv. Desviación		0.038	0.018
Varianza		0.001	0.000
Rango		0.103	0.068
Mínimo		0.109	0.029
Máximo		0.212	0.097
Percentiles	25	0.118	0.062
	50	0.152	0.076
	75	0.190	0.091

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla N° 248: Evaluación estadística de sales solubles

Características	Promedio	EG-2013				Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA	ICI	ICS			Sin Corregir	Corregido	
Sales solubles en agregado fino (%)	0.16	0.00	0.50	4.00	9.00	1.65	1.30	2.95	3.00	1.05 Aceptado
Sales solubles en agregado grueso (%)	0.07	0.00	0.50	4.00	23.00	1.65	0.73	2.38	2.00	1.05 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior

Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

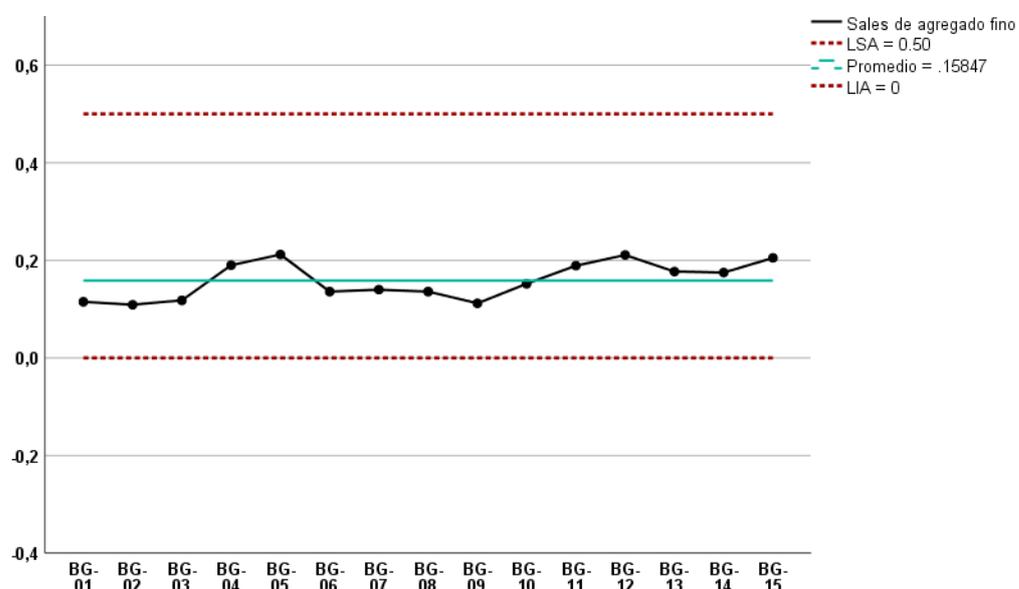


Figura N° 116: Gráfica de evaluación y aceptación de sales solubles del agregado fino

Fuente: (Elaboración propia)

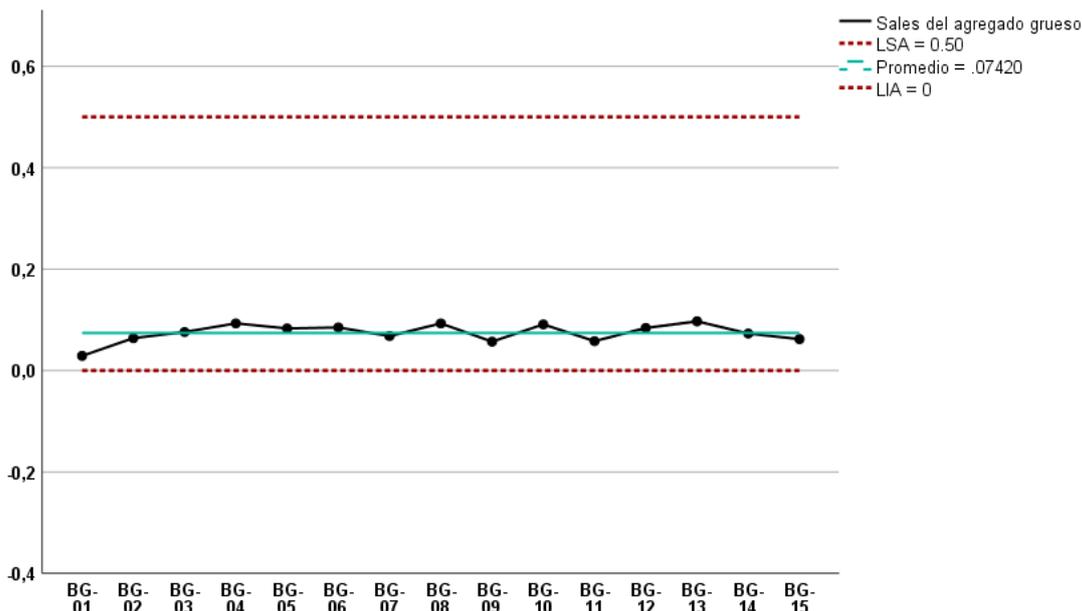


Figura N° 117: Gráfica de evaluación y aceptación de sales solubles del agregado grueso

Figura: (Elaboración propia)

En la figura N°118 y figura N°119 se muestra los resultados de los límites de control superior de 0.231% e inferior de 0.00% del agregado fino y los límites de control superior de 0.130% e inferior de 0.00% del agregado grueso del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

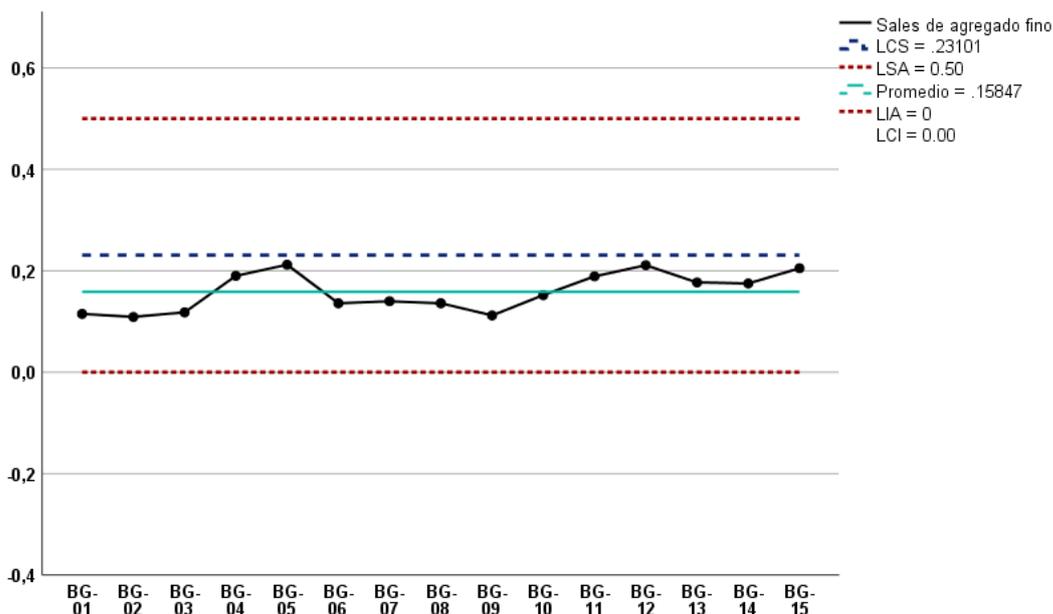


Figura N° 118: Gráfica de límites de control y límites aceptables de sales solubles del agregado fino

Fuente: (Elaboración propia)

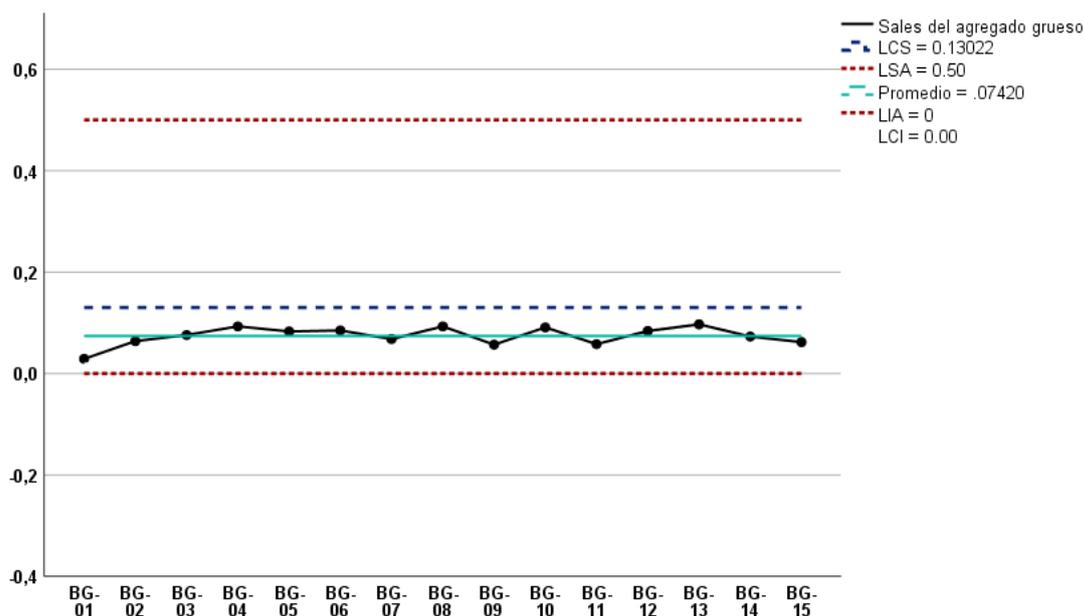


Figura N° 119: Gráfica de límites de control y límites aceptables de sales solubles del agregado grueso

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.7. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables) en agregados

En la tabla N°249 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para el ensayo de arcilla en terrones y partículas desmenuzables de los agregados para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 0.282 al 0.362%.

Tabla N° 249: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables

Muestras	Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (%)	Muestras	Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (%)
EG 2013	-	EG 2013	-
CE 010	-	CE 010	-
BG-01	0.340	BG-09	0.310
BG-02	0.321	BG-10	0.319
BG-03	0.297	BG-11	0.307
BG-04	0.339	BG-12	0.290
BG-05	0.282	BG-13	0.324
BG-06	0.303	BG-14	0.308
BG-07	0.358	BG-15	0.295
BG-08	0.362		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°250 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de equivalente de arena de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 250: Valores descriptivos estadísticos de arcilla en terrones y partículas desmenuzables

Características		Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables)
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		0.317
Error estándar de la Mediana		0.006
Moda		0.282 ^a
Desv. Desviación		0.024
Varianza		0.001
Rango		0.080
Mínimo		0.282
Máximo		0.362
Percentiles	25	0.297
	50	0.310
	75	0.339

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°120 se muestra los resultados de los límites de control superior de 0.388% e inferior de 0.00% del material para base granular.

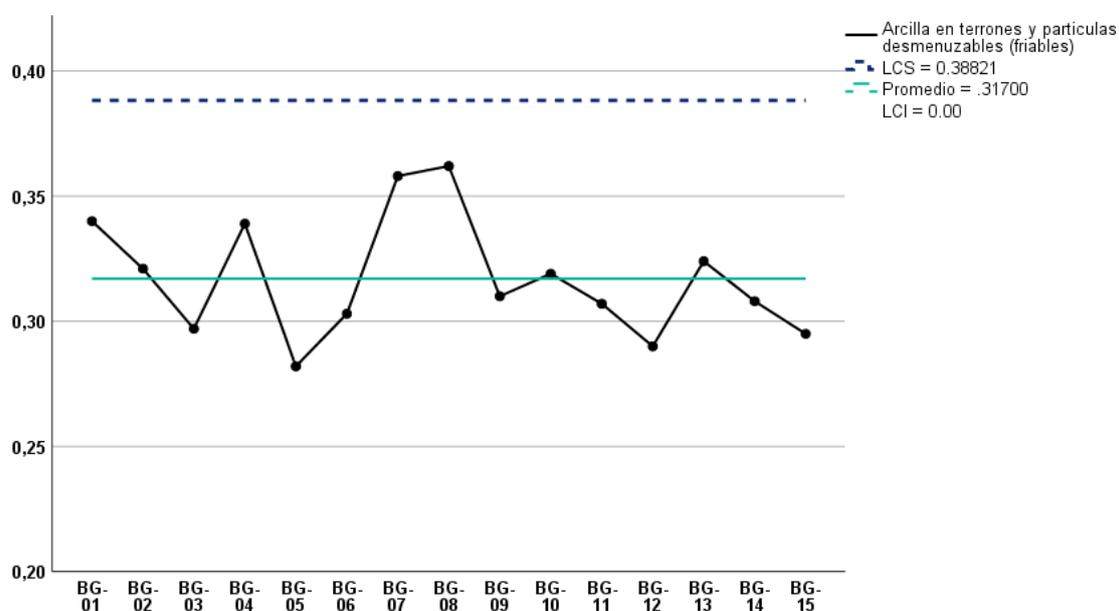


Figura N° 120: Gráfica de límites de control superior e inferior de arcilla en terrones y partículas desmenuzables

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.8. Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado

En la tabla N°251 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para el ensayo de cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado de los agregados para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados variaron desde 5.279 al 12.044%.

Tabla N° 251: Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado

Muestras	Material fino que pasa la malla N°200	Muestras	Material fino que pasa la malla N°200
EG 2013 CE 010	-	EG 2013 CE 010	-
BG-01	8.838	BG-09	7.071
BG-02	9.860	BG-10	6.006
BG-03	7.012	BG-11	7.347
BG-04	12.044	BG-12	6.299
BG-05	8.136	BG-13	5.279
BG-06	9.589	BG-14	10.914
BG-07	7.012	BG-15	8.490
BG-08	6.436		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°252 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de cantidad de material que pasa por el tamiz N°200 por lavado de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 252: Valores descriptivos estadísticos de cantidad de material que fino que pasa el tamiz N°200 por lavado

Características	Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado
N	15
Válido	15
Perdidos	0
Media	8.022
Error estándar de la Mediana	0.496
Moda	7.347
Desv. Desviación	7.012
Varianza	1.923
Rango	3.696
Mínimo	6.765
Máximo	5.279
Percentiles 25	12.044
50	6.436
75	7.347
	9.589

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°121 se muestra los resultados de los límites de control superior de 0.388% e inferior de 0.00% del material para base granular.

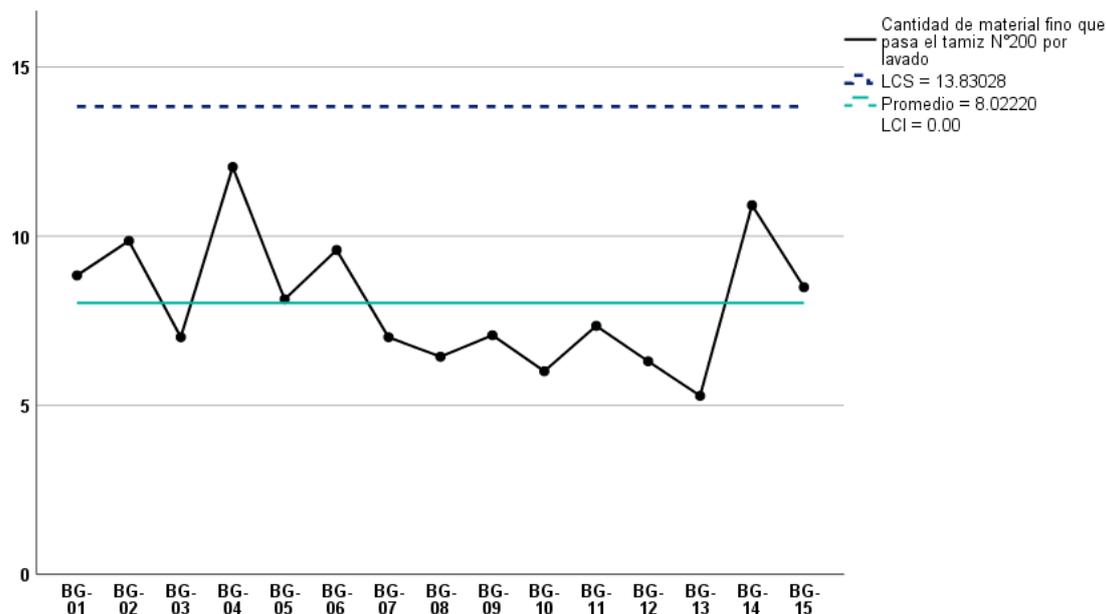


Figura N° 121: Gráfica de límites de control superior e inferior de cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado

Fuente: (Elaboración propia)

4.3. Propiedades del material sin estabilizar

4.3.1. Límites de Atterberg e Índice de plasticidad

En la tabla N°253 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para los límites de atterberg e índice de plasticidad de los agregados para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados son de 0.00%.

En la tabla N°254 se muestran los valores descriptivos estadísticos de los límites de atterberg e índice de plasticidad de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 253: Límites de Atterberg e índice de plasticidad

Muestras	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
EG 2013	-	-	4 máx
CE 010	-	-	4 máx
BG-01	N.P	N.P	N.P
BG-02	N.P	N.P	N.P
BG-03	N.P	N.P	N.P
BG-04	N.P	N.P	N.P
BG-05	N.P	N.P	N.P
BG-06	N.P	N.P	N.P
BG-07	N.P	N.P	N.P
BG-08	N.P	N.P	N.P
BG-09	N.P	N.P	N.P
BG-10	N.P	N.P	N.P
BG-11	N.P	N.P	N.P
BG-12	N.P	N.P	N.P
BG-13	N.P	N.P	N.P
BG-14	N.P	N.P	N.P
BG-15	N.P	N.P	N.P

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla N° 254: Valores descriptivos estadísticos de límites de Atterberg e índice de plasticidad

Características		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad
N	Válido	15	15	15
	Perdidos	0	0	0
Media		0.00	0.00	0.00
Error estándar de la media		0.00	0.00	0.00
Mediana		0.00	0.00	0.00
Moda		0.00	0.00	0.00
Desv. Desviación		0.00	0.00	0.00
Varianza		0.00	0.00	0.00
Rango		0.00	0.00	0.00
Mínimo		0.00	0.00	0.00
Máximo		0.00	0.00	0.00
Percentiles	25	0.00	0.00	0.00
	50	0.00	0.00	0.00
	75	0.00	0.00	0.00

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°255, figura N°122 se muestran los valores descriptivos estadísticos del índice de plasticidad de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

4.3.2. California Bearing Ratio (C.B.R)

En la tabla N°256 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para California bearing ratio (relación de soporte californiana – C.B.R) para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados son de 113.76 al 103.78%.

Tabla N° 256: California Bearing Ratio (C.B.R)

Muestras C.B.R (%)		Muestras C.B.R (%)	
EG 2013	80 mín.	EG 2013	80 mín.
CE 010		CE 010	
BG-01	103.94	BG-09	108.14
BG-02	109.42	BG-10	107.07
BG-03	106.24	BG-11	106.01
BG-04	105.18	BG-12	105.27
BG-05	113.76	BG-13	106.32
BG-06	111.59	BG-14	107.17
BG-07	108.56	BG-15	103.78
BG-08	108.36		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°257 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de California Bearing ratio (Relación de soporte California – C.B.R) de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 257: Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio

Características		C.B.R
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		107.39
Error estándar de la media		0.70
Mediana		107.07
Moda		103.78a
Desv. Desviación		2.73
Varianza		7.43
Rango		9.98
Mínimo		103.78
Máximo		113.76
Percentiles	25	105.27
	50	107.07
	75	108.56

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°258, figura N°124 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de California bearing ratio (Relación de soporte California – C.B.R) de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 258: Evaluación estadística de California Bearing Ratio

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
California Bearing Ratio (%)	107.39	80.00	100.00	10.00	-3.00	2.34	1.25	3.59	4.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable

Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior

Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

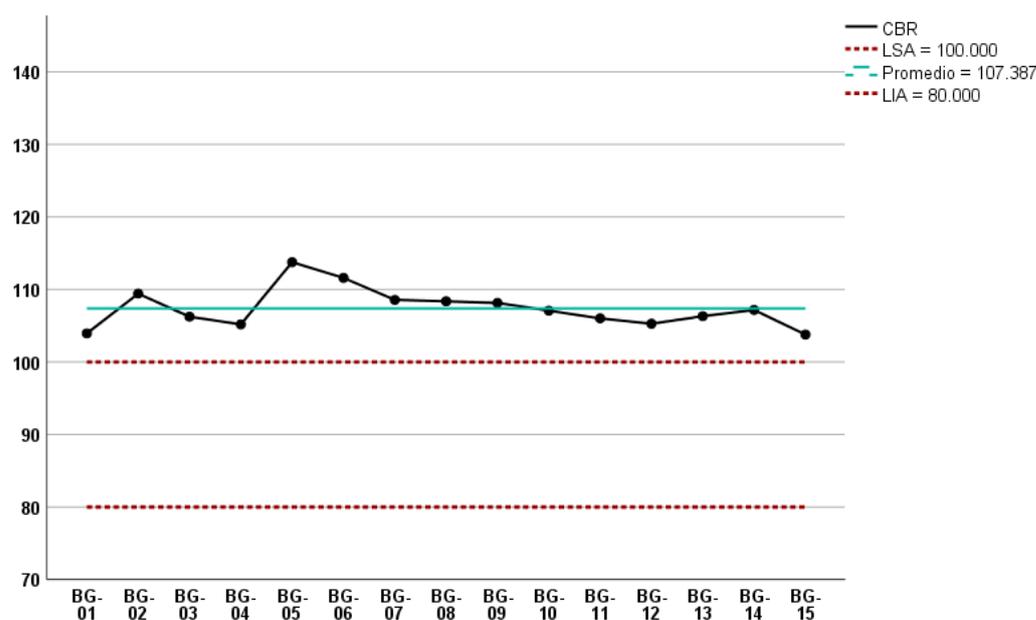


Figura N° 124: Gráfica de evaluación y aceptación de California Bearing Ratio

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°125 se muestra los resultados de los límites de control superior de 113.479% e inferior de 107.387% del ensayo de California Bearing Ratio (Relación de soporte California – C.B.R) del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

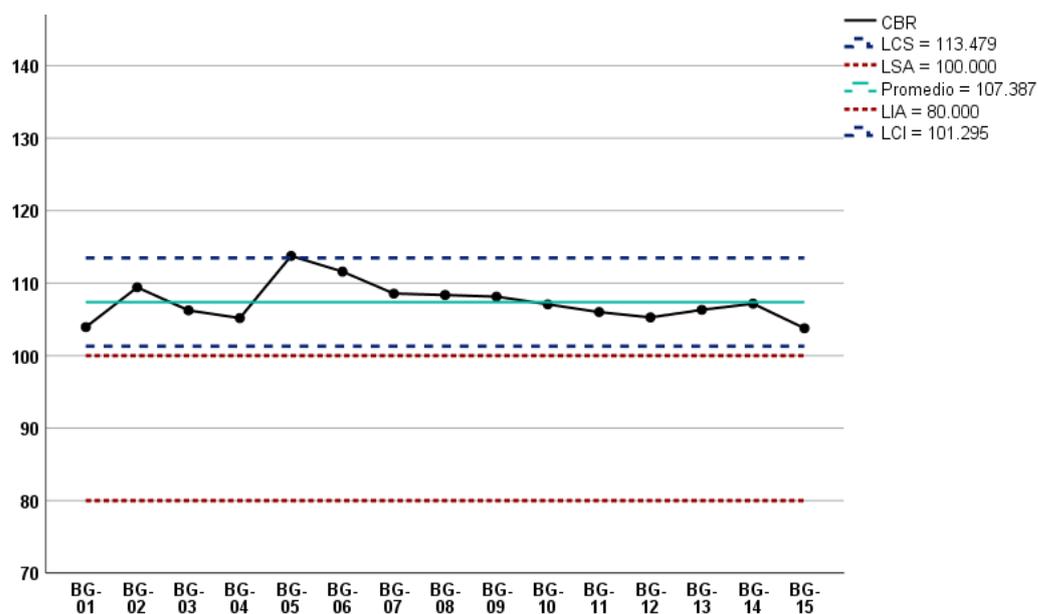


Figura N° 125: Gráfica de límites de control superior e inferior del ensayo de California Bearing Ratio

Fuente: (Elaboración propia)

4.4. Propiedades del material estabilizado con agua residual

4.4.1. Límites de Atterberg e índice de plasticidad con agua residual

En la tabla N°259 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para límites de Atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados son de 15.07 al 13.64%.

Tabla N° 259: Límites de Atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual

Muestras	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
EG 2013	-	-	4 máx
CE 010	-	-	4 máx
BG-01	13.64	0.00	0.00
BG-02	14.10	0.00	0.00
BG-03	N.P.	N.P.	N.P.
BG-04	14.05	0.00	0.00
BG-05	N.P.	N.P.	N.P.
BG-06	N.P.	N.P.	N.P.
BG-07	14.34	0.00	0.00
BG-08	15.07	0.00	0.00
BG-09	14.87	0.00	0.00
BG-10	N.P.	N.P.	N.P.
BG-11	14.26	0.00	0.00
BG-12	14.68	0.00	0.00
BG-13	N.P.	N.P.	N.P.
BG-14	14.20	0.00	0.00
BG-15	14.14	0.00	0.00

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°260 se muestran los valores descriptivos estadísticos de los límites de atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 260: Valores descriptivos estadísticos de límites de Atterberg e índice de plasticidad estabilizado con agua residual

Características		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad
N	Válido	15	15	15
	Perdidos	0	0	0
Media		9.56	0.00	0.00
Error estándar de la media		1.81	0.00	0.00
Mediana		14.10	0.00	0.00
Moda		0.00	0.00	0.00
Desv. Desviación		7.00	0.00	0.00
Varianza		49.04	0.00	0.00
Rango		15.07	0.00	0.00
Mínimo		0.00	0.00	0.00
Máximo		15.07	0.00	0.00
Percentiles	25	0.00	0.00	0.00
	50	14.10	0.00	0.00
	75	14.34	0.00	0.00

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°261, figura N°126 se muestran los valores descriptivos estadísticos del índice de plasticidad estabilizado con agua residual de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 261: Evaluación estadística de índice de plasticidad estabilizado con agua residual

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
Índice de plasticidad (%)	14.48	0.00	4.00	0.00	0.00	2.34	2.34	4.68	5.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior

Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

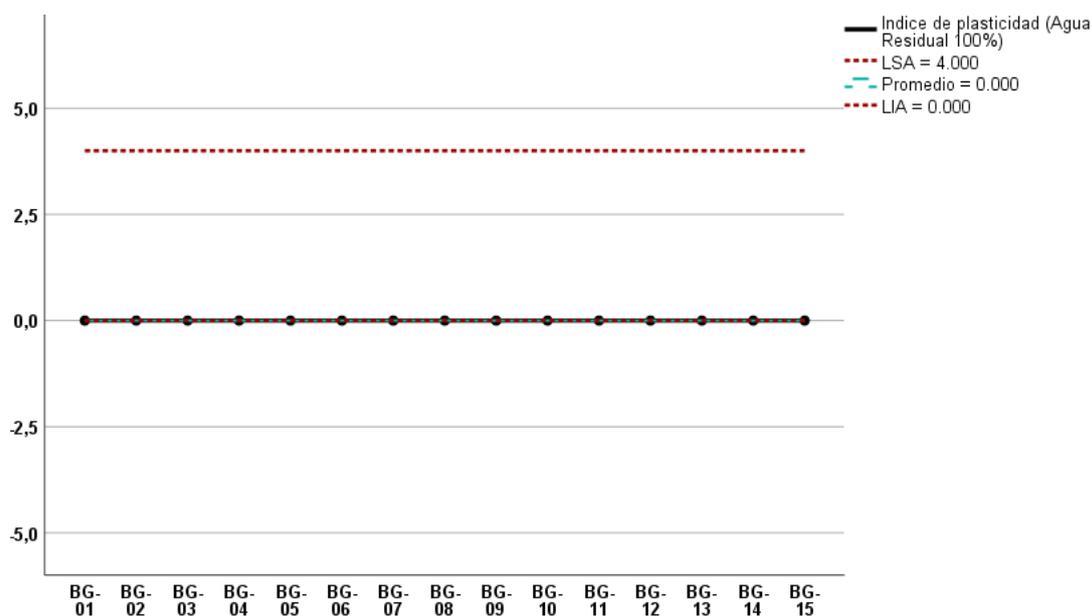


Figura N° 126: Gráfico de evaluación y aceptación de índice de plasticidad estabilizado con agua residual

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°127 se muestra los resultados de los límites de control superior e inferior de 0.00% del índice de plasticidad del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

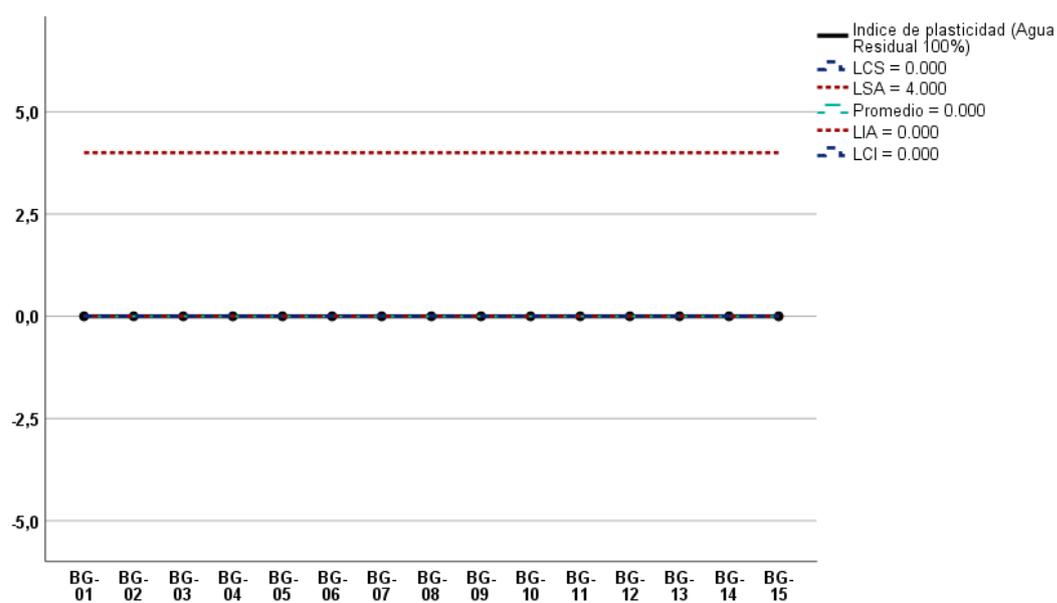


Figura N° 127: Gráfica de límites de control superior e inferior de índice de plasticidad estabilizado con agua residual

Fuente: (Elaboración propia)

4.4.2. California Bearing Ratio (C.B.R)

En la tabla N°262 se muestran los valores de las muestras BG-01 al BG-15 para California bearing ratio (relación de soporte california – C.B.R) estabilizado con agua residual para verificar la calidad del material para base granular de la cantera Miculla. Los resultados son de 99.72 al 93.27%.

Tabla N° 262: California Bearing Ratio estabilizado con agua residual

Muestras C.B.R (%)		Muestras C.B.R (%)	
EG 2013	80 mín.	EG 2013	80 mín.
CE 010		CE 010	
BG-01	98.15	BG-09	98.12
BG-02	99.14	BG-10	97.58
BG-03	93.27	BG-11	96.08
BG-04	98.16	BG-12	95.62
BG-05	97.85	BG-13	97.53
BG-06	99.53	BG-14	96.88
BG-07	97.87	BG-15	97.19
BG-08	99.72		

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°263 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de California Bearing ratio (Relación de soporte California – C.B.R) estabilizado con agua residual de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 263: Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual

Características		C.B.R
N	Válido	15
	Perdidos	0
Media		97.51
Error estándar de la media		0.42
Mediana		97.85
Moda		93.27a
Desv. Desviación		1.63
Varianza		2.65
Rango		6.45
Mínimo		93.27
Máximo		99.72
Percentiles	25	96.88
	50	97.85
	75	98.16

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°264, figura N°128 se muestran los valores descriptivos estadísticos del ensayo de California bearing ratio (Relación de soporte California – C.B.R) estabilizado con agua residual de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 264: Valores descriptivos estadísticos de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual

Características	Promedio	EG-2013		ICI	ICS	Ps	Pi	Pd		Aceptabilidad
		LIA	LSA					Sin Corregir	Corregido	
California Bearing Ratio (%)	97.51	80.00	100.00	11.00	2.00	1.87	1.20	3.07	3.00	1.04 Aceptado

LIA: Límite Inferior Aceptable

LSA: Límite Superior Aceptable Pd = Porcentaje de defecto total

ICI: Índice de Calidad Inferior

ICS: Índice de Calidad Superior

Ps = Porcentaje de defecto Superior Pi = Porcentaje de defecto Inferior

Fuente: (Elaboración propia)

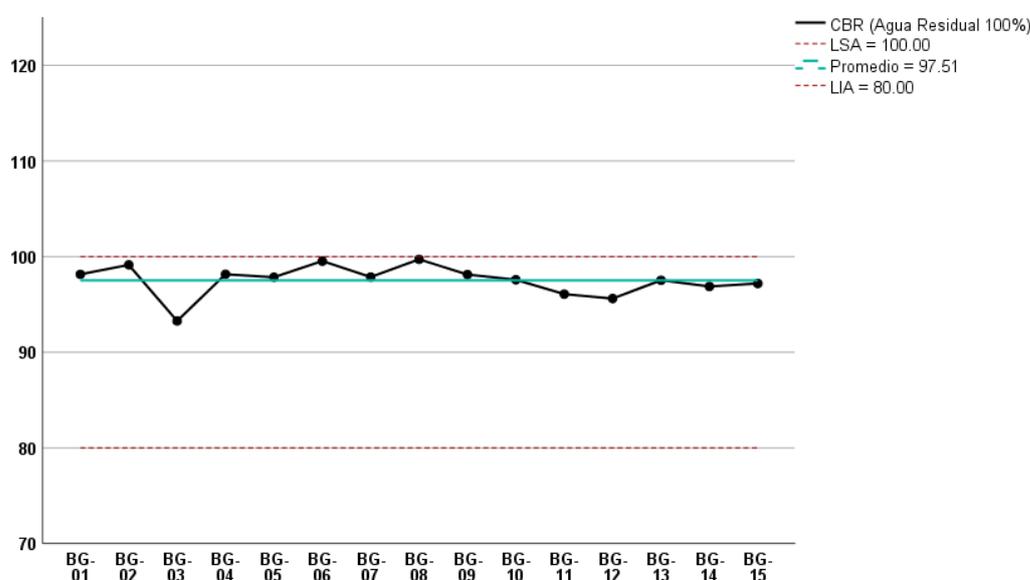


Figura N° 128: Gráfica de evaluación y aceptación de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°129 se muestra los resultados de los límites de control superior de 102.11% e inferior de 92.91% del ensayo de California Bearing Ratio (Relación de soporte California – C.B.R) estabilizado con agua residual del material para base granular y límites superior e inferior de aceptabilidad de acuerdo al manual de carreteras EG 2013.

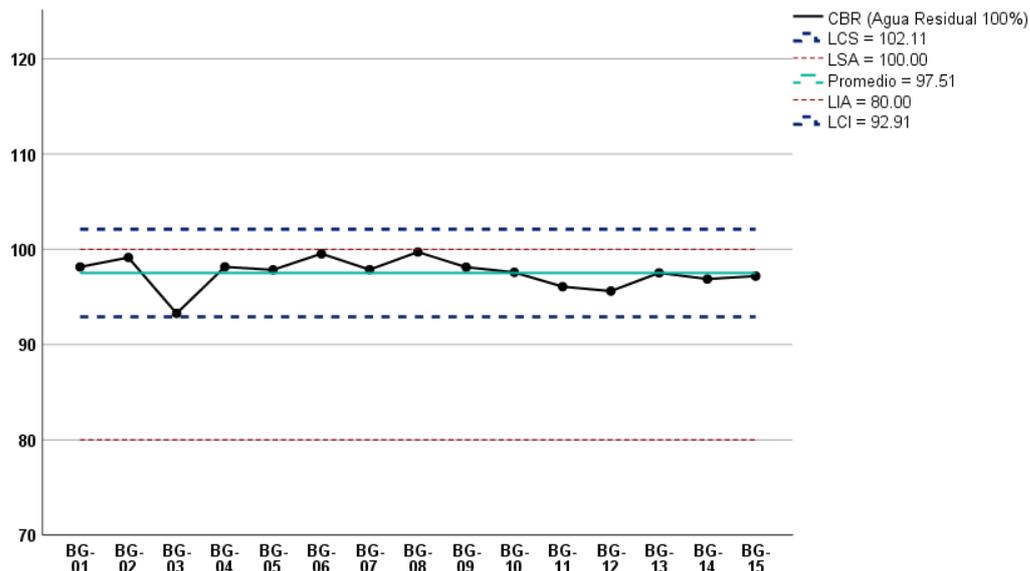


Figura N° 129: Gráfica de límites de control superior e inferior del ensayo de California Bearing Ratio estabilizado con agua residual

Fuente: (Elaboración propia)

4.5. Análisis estadístico de los resultados de la estabilización

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos, se realizó una relación de los ensayos de laboratorio.

4.5.1. Promedio de resultados de límite líquido, densidad máxima y California Bearing Ratio

En la figura N°130, N°131 y N°132 se muestran los promedios de los resultados del ensayo límite líquido, densidad máxima y California Bearing Ratio sin estabilizar y estabilizado con agua residual.

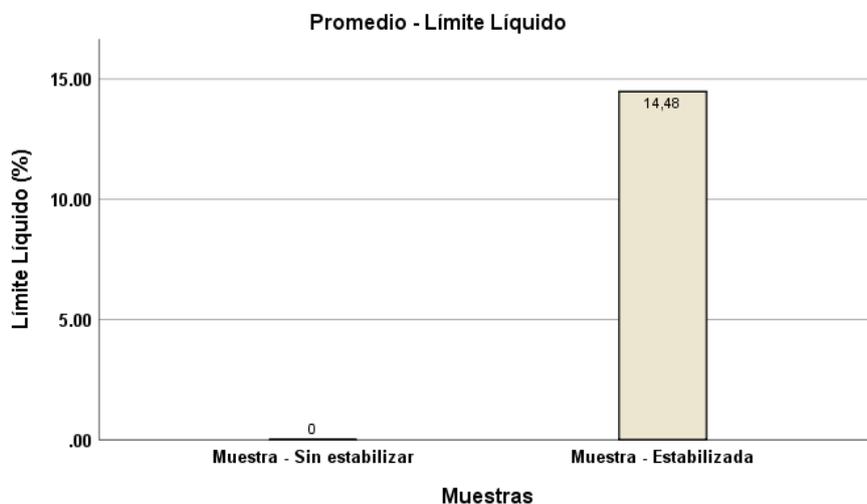


Figura N° 130: Gráfico de promedio de resultados de límite líquido

Fuente: (Elaboración propia)

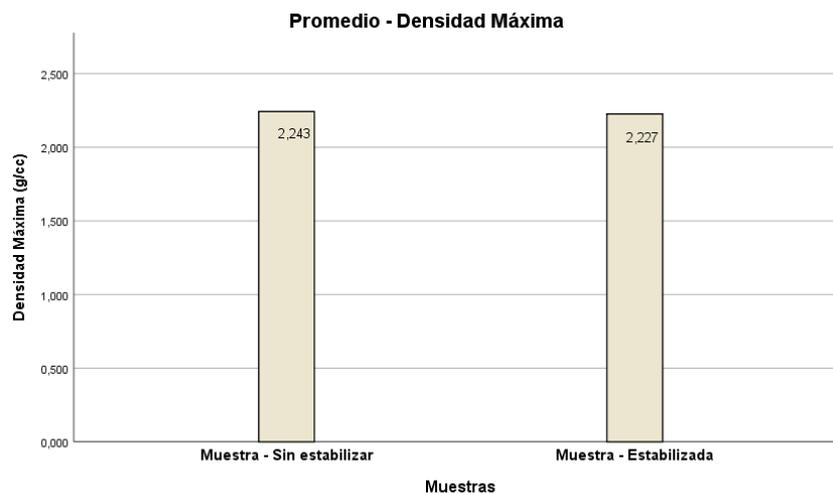


Figura N° 131: Gráfico de promedio de resultados de densidad máxima

Fuente: (Elaboración propia)

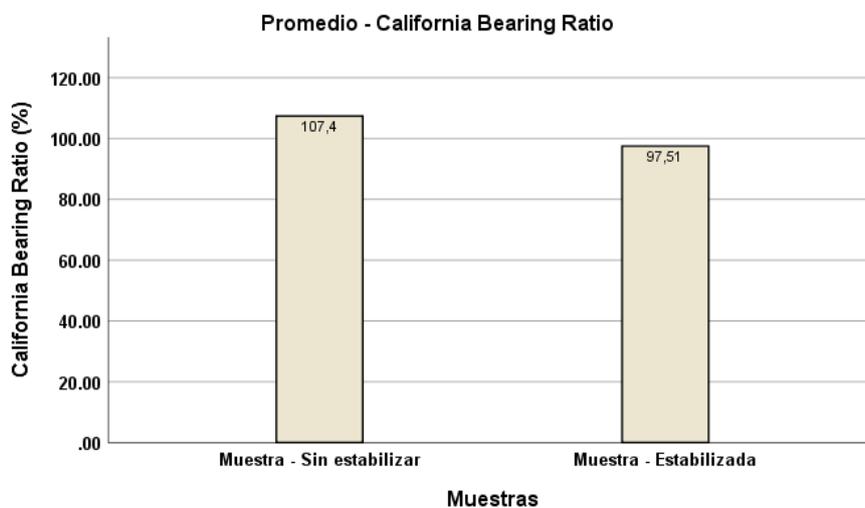


Figura N° 132: Gráfico de promedio de resultados de California Bearing Ratio

Fuente: (Elaboración propia)

4.5.2. Correlación límite líquido – California Bearing Ratio

Para el análisis de los resultados de la correlación límite líquido – California Bearing Ratio se planteó lo siguiente:

H_0 = Hipótesis nula

La reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare no modificará la calidad del material y no se obtendrá la estabilización de la base granular de la cantera Miculla.

H_1 = Hipótesis alterna

La reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare modificará la calidad del material y se obtendrá la estabilización de la base granular de la cantera Miculla.

Nivel de significancia: 0.05

En la tabla N° 265 la correlación lineal entre las variables límite líquido y California Bearing Ratio, muestra que de acuerdo al coeficiente de correlación Pearson (R) de 0.623 existe una correlación significativa entre la variable dependiente (California Bearing Ratio) y la variable independiente (Límite líquido). El coeficiente de determinación (R^2) revelo que el límite líquido estabilizado con agua residual influencio en 38.85% sobre los resultados del ensayo de California bearing ratio y el 61.15% es debido al comportamiento propio natural del material.

Tabla N° 265: Correlación lineal (Límite líquido – California Bearing Ratio)

Coeficiente de correlación Pearson (R)	0.623	
Coeficiente de determinación (R^2)	0.389	38.85%
Coeficiente de no determinación ($1-R^2$)	0.611	61.15%

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°266 se muestra el resultado del valor de p (0.000) que es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alterna (H_1), por la que se concluye que límite líquido tiene relación con el California Bearing Ratio y que la reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare modificará la calidad del material y se obtendrá la estabilización de la base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 266: Prueba de correlación

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	338.471	1	338.471	17.746	0.000 ^b
Residuo	534.040	28	19.073		
Total	872.511	29			

a. Variable dependiente: CBR

b. Predictores: (Constante), LL

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura N°133 se establece la relación entre el límite líquido y el California bearing ratio, la que se representa con la siguiente ecuación $y = 104.824 + 0.5x$.

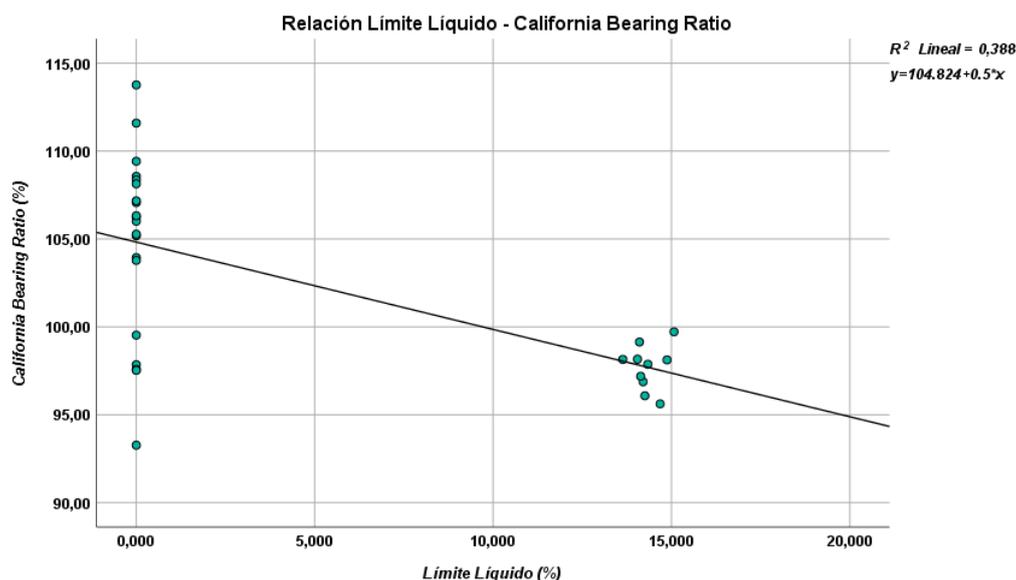


Figura N° 133: Gráfica de regresión lineal de la relación de límite líquido y California bearing ratio

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N° 267 se muestra que el valor de t es 107.363 se encuentra por encima de los valores de la distribución t de student, por lo cual, límite líquido tiene relación con el California Bearing Ratio y que la reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare modificará la calidad del material y se obtendrá la estabilización de la base granular de la cantera Miculla.

Tabla N° 267: Prueba de hipótesis de la correlación lineal entre el límite líquido y California bearing ratio

G.L.	Valores estadísticos		t
	$\alpha = 0.05$		
29	-1.701	+1.701	107.363

Fuente: (Elaboración propia)

4.6. Aceptación de material para base granular

En la tabla N°268 los valores de CBR (97.51%) y IP (0.00%) del material estabilizado con agua residual cumple con los límites superior e inferior exigidos por el manual de carreteras EG 2013 y la norma CE 010 pavimentos urbanos lo que se concluye que la reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR Copare para la estabilización del material para base granular de la cantera Miculla es aceptado.

Tabla N° 268: Aceptación de material estabilizado

Ensayos de calidad	Promedio	EG 2013 CE 010		Aceptabilidad
MATERIAL SIN ESTABILIZAR				
Límites de Atterberg (%)				
Límite Líquido	N.P.	-	-	-
Límite Plástico	N.P.	-	-	-
Índice de Plasticidad	N.P.	máx.	4	Aceptado
California Bearing Ratio (%)				
CBR al 100%	107.39	mín.	80	Aceptado
MATERIAL ESTABILIZADO CON AGUA RESIDUAL				
Límites de Atterberg (%)				
Límite Líquido	14.33	-	-	-
Límite Plástico	N.P.	-	-	-
Índice de Plasticidad	0.00	máx.	4	Aceptado
California Bearing Ratio (%)				
CBR al 100%	97.51	mín.	80	Aceptado

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla N°269 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de calidad y estabilización realizados en el material para base granular con su respectiva aceptabilidad.

Tabla N° 269: Aceptación de la calidad y estabilización del material para base granular

Ensayos de calidad	BG-01	BG-02	BG-03	BG-04	BG-05	BG-06	BG-07	BG-08	BG-09	BG-10	BG-11	BG-12	BG-13	BG-14	BG-15	Promedio	EG 2013 CE 010	Aceptabilidad		
Análisis Granulométrico por tamizado (%)																				
2"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 100	Aceptado	
1"	88.15	88.15	91.55	89.72	88.25	92.85	88.12	87.65	90.98	91.66	92.50	88.68	82.12	89.57	92.46	89.49	89.49	75 95	Aceptado	
3/8"	66.28	59.57	69.29	68.50	69.72	73.20	60.34	65.20	65.18	64.71	66.36	65.42	49.14	70.86	70.42	65.61	65.61	40 75	Aceptado	
N°4	50.68	46.98	51.85	51.72	49.65	55.11	46.15	48.30	49.34	47.17	51.98	50.15	36.20	54.94	53.87	49.61	49.61	30 60	Aceptado	
N°40	23.29	23.06	25.22	27.44	22.50	22.59	17.89	21.40	22.86	23.46	24.61	22.12	20.29	23.14	21.77	22.78	22.78	15 30	Aceptado	
N°200	11.48	11.17	9.24	14.24	11.79	12.09	10.49	7.93	9.47	8.20	9.98	9.04	8.63	13.18	10.85	10.52	10.52	5 15	Aceptado	
Porcentaje de partículas fracturadas (%)																				
Con una partícula fracturada	83.83	86.86	83.50	83.99	82.38	81.09	80.19	82.78	80.91	82.68	84.07	81.81	80.59	82.45	82.11	82.62	82.62	mín. 80	Aceptado	
Con dos o más partículas fracturadas	60.19	53.83	50.13	46.61	56.54	58.09	53.86	56.92	49.28	56.07	57.95	57.94	51.92	50.03	55.90	54.35	54.35	mín. 40	Aceptado	
Partículas chatas y alargadas (%)	7.96	7.76	9.07	9.80	9.10	10.74	6.81	10.88	9.90	9.88	6.68	7.34	9.10	10.37	9.51	8.99	8.99	máx. 15	Aceptado	
Abrasión Los Angeles (%)	22.059	20.727	24.788	22.832	21.231	19.979	21.661	23.255	20.949	21.844	23.462	22.484	18.859	23.016	21.752	21.93	21.93	máx. 40	Aceptado	
Equivalente de arena (%)	59	61	56	62	65	66	63	60	59	64	61	65	68	63	60	62.13	62.13	mín. 35	Aceptado	
Sales solubles (%)																				
Agregado fino	0.115	0.109	0.118	0.19	0.212	0.136	0.14	0.136	0.112	0.152	0.189	0.211	0.177	0.175	0.205	0.16	0.16	máx. 0.50	Aceptado	
Agregado grueso	0.029	0.064	0.076	0.093	0.083	0.085	0.068	0.093	0.057	0.091	0.058	0.084	0.097	0.073	0.062	0.07	0.07	máx. 0.50	Aceptado	
Arcilla en terrones (%)	0.34	0.321	0.297	0.339	0.282	0.303	0.358	0.362	0.31	0.319	0.307	0.29	0.324	0.308	0.295	0.32	0.32	-	-	-
Material que pasa la malla N°200 (%)	8.838	9.86	7.012	12.044	8.136	9.589	7.012	6.436	7.071	6.006	7.347	6.299	5.279	10.914	8.49	8.02	8.02	-	-	-
	MATERIAL SIN ESTABILIZAR																			
Límites de Atterberg (%)																				
Límite Líquido	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	-	-	-
Límite Plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	-	-	-
Índice de Plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	máx. 4	Aceptado	
Proctor modificado (kg/cm2)																				
Densidad máxima	2.229	2.236	2.238	2.238	2.239	2.235	2.237	2.245	2.258	2.248	2.249	2.238	2.252	2.255	2.244	2.24	2.24	-	-	-
California Bearing Ratio (%)																				
CBR al 100%	103.94	109.42	106.24	105.18	113.76	111.59	108.56	108.36	108.14	107.07	106.01	105.27	106.32	107.17	103.78	107.39	107.39	mín. 80	Aceptado	
	MATERIAL ESTABILIZADO CON AGUA RESIDUAL																			
Límites de Atterberg (%)																				
Límite Líquido	13.636	14.103	N.P.	14.047	N.P.	N.P.	14.337	15.072	14.874	N.P.	14.255	14.682	N.P.	14.203	14.136	14.33	14.33	-	-	-
Límite Plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	-	-	-
Índice de Plasticidad	0.000	0.000	N.P.	0.000	N.P.	N.P.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N.P.	0.000	0.000	N.P.	N.P.	máx. 4	Aceptado	
Proctor modificado (kg/cm2)																				
Densidad máxima	2.2314	2.2238	2.2202	2.2237	2.2188	2.2275	2.229	2.2315	2.2306	2.2254	2.2235	2.2264	2.2297	2.2292	2.2275	2.23	2.23	-	-	-
California Bearing Ratio (%)																				
CBR al 100%	98.15	99.14	93.27	98.16	97.85	99.53	97.87	99.72	98.12	97.58	96.08	95.62	97.53	96.88	97.19	97.51	97.51	mín. 80	Aceptado	

Fuente: (Elaboración propia)

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los ensayos de calidad y de estabilización, permite exponer lo siguiente:

Los resultados de la calidad del material para base granular de la cantera Miculla cumplen con los límites aceptables establecidos con el manual de carreteras EG 2013, las 15 muestras ensayadas mostraron resultados aceptables en los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, porcentaje de partículas con una cara fracturada (80.19 a 86.86%), porcentaje de partículas con dos a más caras fracturadas (46.61 a 60.19%), partículas chatas y alargadas (6.68 a 10.88%), Abrasión Los Ángeles (18.859 a 24.788%), equivalente de arena (56 a 68%), sales totales del agregado fino (0.109 a 0.212%), sales totales del agregado grueso (0.029 a 0.097%), y a su vez existen diferencias significativas en los resultados de cada ensayo.

Para el control de calidad del material para base granular se estableció estadísticamente límites de control, con la finalidad de tener un control rígido y a su vez tenga un comportamiento homogéneo.

Los resultados del material para base granular sin estabilizar y estabilizado con efluentes de agua residual de la cantera Miculla cumplen con los límites aceptables establecidos con el manual de carreteras EG 2013, las 15 muestras en los ensayos de límite líquido y límite plástico sin estabilizar no pudieron determinarse, el índice de plasticidad sin estabilizar son de N.P (No plástico), así mismo para el California Bearing Ratio sin estabilizar es de 103.78 a 113.76%, y a su vez existen diferencias significativas en sus resultados. Para las 15 muestras en los ensayos estabilizados con efluentes de agua residual de la PTAR Copare el límite líquido es de 13.636 a 15.072% y límite plástico no pudo determinarse, el índice de plasticidad es de N.P (No plástico), así mismo para el California Bearing Ratio es de 93.27 a 99.72% y a su vez existen diferencias significativas en los resultados de cada ensayo.

Los resultados de las 15 muestras del California Bearing Ratio sin estabilizar y estabilizado muestran que existe una relación con los límites de Atterberg, al no determinarse el límite plástico en las muestras sin estabilizar y estabilizada, se concluye que los resultados del California Bearing Ratio sin estabilizar y estabilizado dependen del límite líquido. Determinando que los ensayos:

Sin Estabilizar:

CBR = 103.78 a 113.76%

Límite líquido: No determinado

Estabilizado con efluentes de agua residual de la PTAR Copare:

CBR = 93.27 a 99.72%

Límite líquido: 13.636 a 15.072%

El CBR del material para base granular sin estabilizar con límite líquido no determinado es superior al 100% y cumple con los límites de aceptabilidad de acuerdo al Manual de carreteras EG 2013 y a la norma CE 010, al mostrar estas características el material para base granular se le denomina base permeable o abierta, las cuales al momento de hacer el uso en vías estamos sujeto a llevar un tratamiento de riego constante para mantener su humedad optima y no genere alguna segregación.

En el caso del CBR del material estabilizado con efluente de agua residual de la PTAR Copare con presencia de límite líquido es inferior al 100% y aun así cumple con los límites de aceptabilidad de acuerdo al Manual de carreteras EG 2013 y a la norma CE 010. El material para base granular muestra un comportamiento creciente en el límite líquido y un comportamiento decreciente en la densidad máxima y CBR (california bearing ratio) por la presencia del agua residual, lo cual conlleva a que este tenga valores inferiores al del material de la base granular sin estabilizar y que tenga un comportamiento estable, no generando tratamiento de riego constante ni segregación del material.

CONCLUSIONES

1. El material para base granular de la cantera Miculla estabilizado con los efluentes de agua residual de la PTAR Copare; presentó influencia significativa creciente sobre la propiedad del límite líquido, a su vez influencia significativa decreciente sobre las propiedades de densidad máxima y California Bearing Ratio, sobre la calidad inicial de los ensayos antes mencionados sin la presencia del agua residual (Sin estabilizar).
2. El agua residual no presentó influencia en el índice de plasticidad obteniendo un promedio de 0.00%; cabe resaltar que en los resultados del ensayo de límite líquido presentaron una influencia significativa creciente por parte del agua residual; obteniendo un promedio de 14.334%.
3. El agua residual presentó influencia significativa decreciente sobre el ensayo de proctor modificado; obteniendo un promedio de obteniendo un promedio de densidad máxima de 2.227 g/cc y a su vez es inferior al material para base granular sin estabilizar que obtuvo un promedio de 2.243 g/cc.
4. El material para base granular de la cantera Miculla estabilizado con los efluentes de agua residual de la PTAR Copare; el CBR es superior a los límites aceptables establecidos por el manual de carreteras EG 2013 y norma CE 010; obteniendo un promedio de 97.51% y a su vez tiene un comportamiento decreciente e inferior al CBR del material para base granular sin estabilizar que obtuvo un promedio de 107.39%; los efluentes de agua residual sí presentaron una influencia significativa decreciente sobre el CBR.
5. Se determinó que los resultados del límite líquido poseen una correlación con los del California Bearing Ratio (CBR), ante la presencia del agua residual el límite líquido se incrementa y el CBR tiende a disminuir de un 5 a 10% de su calidad inicial.
6. El comportamiento de la base granular estabilizada tiene un comportamiento estable debido a las propiedades que presenta el agua residual y no requiere de un tratamiento de riego constante, ni segregación del material, a comparación del material para base granular sin estabilizar; la cual presenta un comportamiento inestable y requiere de tratamiento de riego constante para evitar segregación; por lo que se concluye que la reutilización de los efluentes de agua residual de la PTAR

Copare obtendrá la estabilización del material para base granular de la cantera Miculla.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para la reutilización del agua residual sobre materiales para construcción de vías o para estabilizar suelos, se debe realizar un análisis químico y microbiológico al agua residual con la finalidad de tomar precauciones al momento de su manejo.
2. Se recomienda que los equipos con los que realizamos los ensayos de laboratorio cuenten con una calibración, con la finalidad de que no nos proporcionen resultados erróneos.
3. Se recomienda a los investigadores tener conocimiento sobre los límites establecidos en las normas, manuales, etc, con la finalidad de no tener contratiempos a la hora de realizar la investigación.
4. Se recomienda que, al momento de reutilizar agua residual, tener en cuenta las características físico – mecánicas del material a estabilizar.
5. Se recomienda analizar los resultados minuciosamente con la finalidad de obtener una correcta interpretación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM D1241 - Standard Specification for Materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials .
- American Society for Testing and Materials. (2016). *ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials.
- American Society of Testing. (1998). *ASTM D-422 - Particle-Size Analysis of Soils*. Estado Unidos: American Society of Testing.
- American Society of Testing Materials. (2014). *ASTM D2419 - 14 - Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate*. Estados Unidos: American Society of Testing Materials.
- American Society of Testing Materials. (2017). *ASTM D5821 - Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate*. Estados Unidos: American Society of Testing Materials.
- American Society of Testing Materials. (2019). *ASTM D4791 - Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate*. Estados Unidos: American Society of Testing Materials.
- Berry, P. L. (1993). *Mecánica de suelos*. México: Mc Graw Hill.
- Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México: Pearson Educación.
- Carrasco Mejía, D. A. (2017). *Estabilizacion de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017*. Chimbote - Perú: Universidad César Vallejo.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2001). *NTP 400.010 - Agregados. Extracción y preparación de las muestras*. Lima - Perú: Indecopi.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales, I. (2014). *NTP 339.129 - SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice*. Lima - Perú: Indecopi.

- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, I. (2014). *NTP 400.019 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. Lima - Perú: Indecopi.
- Contreras Quezada, K. B., & Herrera Lázaro, V. A. (2015). *Mejoramiento del Agregado obtenidos de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en nuevo CHimbote-Santa-Ancash*. Chimbote - Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa S.A.
- Das, B. M. (2009). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de cimentación*. México: Cengage Learning.
- De la Cruz Gutierrez, L. M., & Salcedo Rojas, K. K. (2016). *Estabilización de suelos Cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junin*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana Los Andes.
- Escudero Sánchez, C., & Cortez Suárez, L. A. (2018). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. Machala - Ecuador: UTMACH.
- Franco Díaz, G. (2012). *Tratamiento de las aguas residuales en Tacna*. Tacna - Perú: EPS Tacna S.A.
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid - España: Pearson Educación.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, E. (2005). *Mecánica de suelos - Tomo 1 – Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa S.A.
- Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M. G., Sánchez Blanco, V., & Del Val, M. Á. (2004). *Ingeniería de Carreteras - Volumen II*. España: Mc Graw Hill.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (2004). *Mecánica de suelos*. México: Limusa S.A.
- Laurente Ronceros, Y. (2011). *Estudio Comparativo del mejoramiento de la Subrasante y base de la carretera Cañete – Chupaca, Tramo: Km 220+000 – Km 240+000*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

- Leon Fierro, K. J. (2016). *Funcionalidad del aditivo sólido rocatech 70/30 como aglomerante para una base estabilizada con la tecnología proes en el proyecto Red Vial N°3 – Cusco*. Huancayo - Perú: Universidad Continental.
- Mackenzie, L. D., & Masten, S. J. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales*. México: Mc Graw Hill.
- Metcalf, & Eddy. (1998). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. España: Mc Graw Hill.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras - Especificaciones técnica generales para construcción EG-2013*. Obtenido de www.mtc.gob.pe:
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (Mayo de 2016). *Manual de ensayo de materiales*. Obtenido de www.mtc.gob.pe:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Ce.010 Pavimentos Urbanos - Reglamento Nacional de edificaciones (RNE)*. Lima - Perú: Industrial Gráfica Apolo S.A.C.
- Moreno Rubio, J. (2006). *Efecto de equipo y procedimiento de medida en la determinación del módulo resiliente y resistencia a tracción indirecta de las mezclas bituminosas*. Cataluña - España: Universitat Politecnica de Catalunya.
- Movilla Quesada, D. (2012). *Optimización y análisis del comportamiento de materiales tratados con cal en carreteras: aplicación a lodos de tuneladora y mezclas bituminosas*. España: Universidad de Cantabria.
- Núñez Huamán, X. E. (2015). *Análisis de la estabilización del material de cantera Km 02+700 de la ruta Cu-123 San Jerónimo Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (Abril de 2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Obtenido de www.oefa.gob.pe:
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

- Palli Apaza, E. E. (2015). *Guía básica para la estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la Provincia de San Roman*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pérez Collantes, C. A. (2014). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón su uso como Subrasante*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pérez Collantes, R. (2012). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón su uso como Subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pérez García, N., Garnica Anguas, P., Gonzáles Rufino, J. L., Curiel Iñiguez, N. P., & Ruiz Sanginez, M. J. (2016). *Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición optima de compactación*. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Raj, P. P. (2008). *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. India: Pearson Education.
- Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas – Volumen I*. México: Limusa S.A.
- Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas – Volumen II*. México: Limusa S.A.
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *Pavimentos, Materiales, construcción y diseños*. Colombia: Macro.
- Sanchez Sabogal, F. (2007). *Curso Básico de diseño de pavimentos*. Obtenido de [www.scribd.com: https://es.scribd.com/document/285782937/Curso-Basico-de-Diseño-de-Pavimentos-Parte-1-Fernando-Sanchez-Sabogal](https://es.scribd.com/document/285782937/Curso-Basico-de-Diseño-de-Pavimentos-Parte-1-Fernando-Sanchez-Sabogal)
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1982). *Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica*. España: El ateneo.
- Valle Areas, W. A. (2010). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Madrid - España: Universidad Politécnica de Madrid.

ANEXOS