



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CON ENZIMAS  
ORGÁNICAS TERRASIL Y PERMA ZYME PARA LA  
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE UNA  
CARRETERA NO PAVIMENTADA, MACHE, OTUZCO, LA  
LIBERTAD 2019.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autores:

Br. Flores Quiñones, Edel Rocio

Br. Flores Sánchez, Angie Lisette

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a mi **mamá Rosa** por ser mi segunda madre, por ser el pilar e impulso para seguir adelante, con sus consejos y valores que desde pequeña me ha inculcado para ser una persona de bien.

Con mucho cariño para **Justo Quiñones**, aunque ya no estés físicamente siempre tendré presente tu amor y apoyo que me diste siempre, has sido una persona que siempre creyó en mí, aunque no me viste terminar este logro sé que me estas cuidando y guiando desde donde estés tal y como lo hacías cuando me brindabas tu compañía en mis largas horas de estudio, esto es para ti abuelo en tu memoria he culminado una parte importante de la aventura de mi vida.

Se lo dedico a mis padres **Carmen** y **Manuel** por brindarme la vida, ser parte de mi formación y por el apoyo económico; a mi mamá especialmente y por siempre alentarme a no rendirme a pesar de todas las adversidades que se nos presentaron.

A mis hermanos **Arnold**, **André** y **Jheyko** por inspirarme a ser mejor cada día y darme la alegría de tenerlos como hermanos, esto es por y para ustedes.

También a **Angie** por ser parte de la realización de la tesis, fue un proceso con altos y bajos pero lo terminamos con nuestra dedicación y esfuerzo, teniendo como recuerdo la mejor experiencia del final de nuestra etapa académica.

*Edel Rocío Flores Quiñones*

## DEDICATORIA

La tesis se la dedico a mi familia, mi **padre** y mi **hermana** por sus consejos, amor, apoyo constante y paciencia conmigo en toda la carrera de ingeniería civil.

En especial se lo dedico a mi **madre** por estar conmigo en cada paso que doy, sin su esfuerzo por sacarnos a mi hermana y a mí adelante no podría lograr este sueño, es la más grande inspiración para mí.

A **Rocío** por todos los momentos pasados en la realización de la tesis que fue todo un reto, pero amiga todo valió la pena.

También a **Edilberto** por motivarme a seguir adelante en los últimos ciclos de la universidad, la paciencia que tuvo conmigo y el gran apoyo que me dio para la realización de la tesis.

Además, se lo dedico a mi **abuelo** que siempre estuvo conmigo y nunca dudó de lo que podía hacer, cuando yo lo dudaba, aunque él no esté conmigo sé que desde el cielo me cuida y está orgulloso de los logros obtenidos y solo quisiera decirle ¡Abuelito lo logramos!

*Angie Lisette Flores Sánchez*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecemos a Dios por darnos la vida y la fortaleza espiritual ante las pruebas que nos ha puesto en el camino para salir adelante con el fin de alcanzar nuestras metas trazadas.

A nuestra familia por el apoyo y cariño que nos brindan siempre para seguir adelante a pesar de los obstáculos que se nos presenta.

Agradecemos cada uno de los maestros de la Universidad Privada del Norte por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales para la formación como profesional y también agradecerle al **Ing. Paul Henríquez Ulloa** por los consejos para el desarrollo de los ensayos de nuestra tesis.

A nuestro asesor **Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina** por su orientación, tiempo y dedicación para guiarnos en la elaboración de este trabajo de investigación con sus consejos y experiencia.

Finalmente agradecer a nuestros compañeros con los que compartimos las aulas, por los buenos momentos y por las experiencias vividas de nuestro en el desarrollo de nuestro crecimiento como profesionales.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	19
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
1.5. Hipótesis.....	20
1.5.1. <i>Hipótesis general</i> .....	20
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	20
1.6. Antecedentes.....	21
1.7. Bases teóricas.....	26
1.7.1. <i>Estabilización de suelos</i> .....	26
1.7.2. <i>Aditivos con Enzimas Orgánicas</i> .....	47
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>52</b>
2.2.1. <i>Población</i> .....	52
2.2.2. <i>Muestra</i> .....	52
2.3.1. <i>Técnica</i> .....	53
2.3.2. <i>Instrumentos</i> .....	53
2.3.3. <i>Análisis de datos</i> .....	55
2.4. Procedimiento.....	55
2.4.1. <i>Procedimiento de recolección de datos</i> .....	56
2.4.2. <i>Ensayos de laboratorio</i> .....	57
2.4.3. <i>Análisis estadístico</i> .....	69
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
3.1. Resultados de los ensayos analizados.....	71
3.2. Resultados estadísticos del análisis de los datos.....	72
3.2.1. <i>Prueba de normalidad</i> .....	72
3.2.2. <i>Prueba de Homogeneidad de varianza</i> .....	73
3.2.3. <i>Prueba de hipótesis (ANOVA)</i> .....	74
3.2.4. <i>Prueba de Tukey</i> .....	75

<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
4.1. Discusión .....	77
4.1.1. <i>Granulometría</i> .....	77
4.1.2. <i>Contenido de Humedad</i> .....	78
4.1.3. <i>Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad</i> .....	79
4.1.4. <i>Peso Específico</i> .....	80
4.1.5. <i>Clasificación de suelos por AASHTO y SUCS</i> .....	81
4.1.6. <i>Proctor Modificado</i> .....	83
4.1.7. <i>Relación de Soporte California (CBR)</i> .....	85
4.1.8. <i>Relación de Soporte California (CBR) con adición de Terrasil y Perma Zyme</i> .....	86
4.1.9. <i>Análisis del pH</i> .....	88
4.1.10. <i>Análisis de costos</i> .....	89
4.2. Conclusiones .....	90
4.3. Recomendaciones.....	91
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>
Anexo N° 1: <i>Ubicación de la Carretera No Pavimentada</i> .....	95
Anexo N° 2: <i>Ubicación de las calicatas en la carretera No Pavimentada</i> .....	96
Anexo N°3: <i>Croquis de la carretera No Pavimentada</i> .....	97
Anexo N° 4: <i>Perfil Estratigráfico</i> .....	98
Anexo N° 5: <i>Guía de Observación</i> .....	109
Anexo N°6: <i>Resultados del ensayo de Granulometría</i> .....	120
Anexo N° 7: <i>Resultados del ensayo de Contenido de Humedad</i> .....	131
Anexo N° 8: <i>Resultados del ensayo de Límites de Atterberg</i> .....	137
Anexo N° 9: <i>Clasificación de suelos por AASHTO</i> .....	148
Anexo N° 10: <i>Clasificación de suelos por SUCS</i> .....	149
Anexo N° 11: <i>Resultados del ensayo de Peso Específico</i> .....	150
Anexo N° 12: <i>Resultados del ensayo de Proctor Modificado</i> .....	161
Anexo N° 13: <i>Resultados del ensayo de CBR</i> .....	179
Anexo N° 14: <i>Resultados del ensayo de pH</i> .....	215
Anexo N° 13: <i>Presupuesto de la estabilización de la Carretera</i> .....	216
Anexo N° 16: <i>Precios Unitarios</i> .....	217
Anexo N° 17: <i>Ficha técnica del aditivo Perma Zyme</i> .....	219
Anexo N° 18: <i>Ficha Técnica del Aditivo Terrasil</i> .....	227
Anexo N° 19: <i>Certificado de calibración de los equipos</i> .....	230
Anexo N° 20: <i>Panel Fotográfico</i> .....	233

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Hipótesis General.....	20
<b>Tabla N° 2:</b> Hipótesis Específica N°01.....	20
<b>Tabla N° 3:</b> Hipótesis Específica N°03.....	20
<b>Tabla N° 4:</b> Hipótesis Específica N°04.....	21
<b>Tabla N° 5:</b> Clasificación de Suelos por AASHTO .....	29
<b>Tabla N° 6:</b> Nomenclatura de los Grupos de Clasificación por AASHTO.....	30
<b>Tabla N° 7:</b> Clasificación de Suelos por SUCS .....	31
<b>Tabla N° 8:</b> Categorías de la Subrasante.....	38
<b>Tabla N° 9:</b> Guía Referencial para la selección del Tipo de Estabilizador.....	43
<b>Tabla N° 10:</b> Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador .....	44
<b>Tabla N° 11:</b> Ventajas del aditivo Terrasil.....	48
<b>Tabla N° 12:</b> Parámetros de uso del Perma Zyme.....	51
<b>Tabla N° 13:</b> Cantidad de muestras para CBR por Calicata .....	52
<b>Tabla N° 14:</b> Cantidad de muestra por calicata.....	53
<b>Tabla N° 15:</b> Dosificación de los aditivos.....	53
<b>Tabla N° 16:</b> Formato de la Guía de Observación .....	54
<b>Tabla N° 17:</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	59
<b>Tabla N° 18:</b> Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad .....	62
<b>Tabla N° 19:</b> Clasificación de suelos según el Índice de Grupo .....	63
<b>Tabla N° 20:</b> Tipos de Suelo con sus prefijos y sufijos .....	64
<b>Tabla N° 21:</b> Resumen de resultados del estudio de suelos.....	71
<b>Tabla N° 22:</b> Prueba de Normalidad para CBR 0.1” .....	73
<b>Tabla N° 23:</b> Prueba de Normalidad para CBR 0.2” .....	73
<b>Tabla N° 24:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para CBR 0.1” .....	74
<b>Tabla N° 25:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para CBR 0.2” .....	74
<b>Tabla N° 26:</b> Prueba de Hipótesis para CBR 0.1” .....	74
<b>Tabla N° 27:</b> Prueba de Hipótesis para CBR 0.2” .....	75
<b>Tabla N° 28:</b> Prueba de Tukey para CBR 0.1” .....	75
<b>Tabla N° 29:</b> Prueba de Tukey para CBR 0.2” .....	75
<b>Tabla N° 30:</b> Prueba de Tukey Comparación múltiple CBR 0.1” .....	76
<b>Tabla N° 31:</b> Prueba de Tukey Comparación múltiple CBR 0.2” .....	76
<b>Tabla N° 32:</b> Tipo de Suelo y Peso Específico .....	81
<b>Tabla N° 33:</b> Análisis Granulométrico C - 01 .....	120
<b>Tabla N° 34:</b> Análisis Granulométrico C - 02.....	121
<b>Tabla N° 35:</b> Análisis Granulométrico C - 03.....	122
<b>Tabla N° 36:</b> Análisis Granulométrico C - 04.....	123
<b>Tabla N° 37:</b> Análisis Granulométrico C - 05.....	124
<b>Tabla N° 38:</b> Análisis Granulométrico C - 06.....	125
<b>Tabla N° 39:</b> Análisis Granulométrico C - 07.....	126
<b>Tabla N° 40:</b> Análisis Granulométrico C - 08.....	127
<b>Tabla N° 41:</b> Análisis Granulométrico C - 09.....	128
<b>Tabla N° 42:</b> Análisis Granulométrico C - 10.....	129
<b>Tabla N° 43:</b> Análisis Granulométrico C - 11.....	130
<b>Tabla N° 44:</b> Contenido de Humedad C - 01 y C - 02.....	131
<b>Tabla N° 45:</b> Contenido de Humedad C - 03 y C - 04.....	132
<b>Tabla N° 46:</b> Contenido de Humedad C - 05 y C - 06.....	133
<b>Tabla N° 47:</b> Contenido de Humedad C - 07 y C - 08.....	134
<b>Tabla N° 48:</b> Contenido de Humedad C - 09 y C - 10.....	135
<b>Tabla N° 49:</b> Contenido de Humedad C - 11 .....	136
<b>Tabla N° 50:</b> Límites de Atterberg C - 01 .....	137
<b>Tabla N° 51:</b> Límites de Atterberg C - 02 .....	138
<b>Tabla N° 52:</b> Límites de Atterberg C - 03 .....	139
<b>Tabla N° 53:</b> Límites de Atterberg C - 04 .....	140
<b>Tabla N° 54:</b> Límites de Atterberg C - 05 .....	141
<b>Tabla N° 55:</b> Límites de Atterberg C - 06 .....	142

<b>Tabla N° 56:</b> Límites de Atterberg C – 07 .....	143
<b>Tabla N° 57:</b> Límites de Atterberg C – 08 .....	144
<b>Tabla N° 58:</b> Límites de Atterberg C – 09 .....	145
<b>Tabla N° 59:</b> Límites de Atterberg C – 10 .....	146
<b>Tabla N° 60:</b> Límites de Atterberg C – 11 .....	147
<b>Tabla N° 61:</b> Clasificación de suelos por AASHTO .....	148
<b>Tabla N° 62:</b> Clasificación de suelos por SUCS .....	149
<b>Tabla N° 63:</b> Peso específico C – 01 .....	150
<b>Tabla N° 64:</b> Peso específico C – 02 .....	151
<b>Tabla N° 65:</b> Peso específico C – 03 .....	152
<b>Tabla N° 66:</b> Peso específico C – 04 .....	153
<b>Tabla N° 67:</b> Peso específico C – 05 .....	154
<b>Tabla N° 68:</b> Peso específico C – 06 .....	155
<b>Tabla N° 69:</b> Peso específico C – 07 .....	156
<b>Tabla N° 70:</b> Peso específico C – 08 .....	157
<b>Tabla N° 71:</b> Peso específico C – 09 .....	158
<b>Tabla N° 72:</b> Peso específico C – 10 .....	159
<b>Tabla N° 73:</b> Peso específico C – 11 .....	160
<b>Tabla N° 74:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 01 .....	161
<b>Tabla N° 75:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 03 .....	162
<b>Tabla N° 76:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 05 .....	163
<b>Tabla N° 77:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 07 .....	164
<b>Tabla N° 78:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 09 .....	165
<b>Tabla N° 79:</b> Proctor modificado muestra patrón C – 11 .....	166
<b>Tabla N° 80:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 01 .....	167
<b>Tabla N° 81:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 03 .....	168
<b>Tabla N° 82:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 05 .....	169
<b>Tabla N° 83:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 07 .....	170
<b>Tabla N° 84:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 09 .....	171
<b>Tabla N° 85:</b> Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 11 .....	172
<b>Tabla N° 86:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 01 .....	173
<b>Tabla N° 87:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 03 .....	174
<b>Tabla N° 88:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 05 .....	175
<b>Tabla N° 89:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 07 .....	176
<b>Tabla N° 90:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 09 .....	177
<b>Tabla N° 91:</b> Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 11 .....	178
<b>Tabla N° 92:</b> CBR de la muestra patrón C – 01 .....	179
<b>Tabla N° 93:</b> CBR de la muestra patrón C – 03 .....	181
<b>Tabla N° 94:</b> CBR de la muestra patrón C – 05 .....	183
<b>Tabla N° 95:</b> CBR de la muestra patrón C – 07 .....	185
<b>Tabla N° 96:</b> CBR de la muestra patrón C – 09 .....	187
<b>Tabla N° 97:</b> CBR de la muestra patrón C – 11 .....	189
<b>Tabla N° 98:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 01 .....	191
<b>Tabla N° 99:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 03 .....	193
<b>Tabla N° 100:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 05 .....	195
<b>Tabla N° 101:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 07 .....	197
<b>Tabla N° 102:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 09 .....	199
<b>Tabla N° 103:</b> CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 11 .....	201
<b>Tabla N° 104:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 01 .....	203
<b>Tabla N° 105:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 03 .....	205
<b>Tabla N° 106:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 05 .....	207
<b>Tabla N° 107:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 07 .....	209
<b>Tabla N° 108:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 09 .....	211
<b>Tabla N° 109:</b> CBR de la muestra + Terrasil CT – 11 .....	213



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Carta de Casagrande para suelos .....	34
<b>Figura N° 2:</b> Presentación del aditivo Terrasil .....	49
<b>Figura N° 3:</b> Presentación del Aditivo Perma Zyme .....	50
<b>Figura N° 4:</b> Consideraciones de recolección de datos.....	55
<b>Figura N° 5:</b> Procedimiento de la Investigación .....	55
<b>Figura N° 6:</b> Inspección visual de la zona.....	56
<b>Figura N° 7:</b> Ensayo de granulometría por lavado .....	58
<b>Figura N° 8:</b> Ensayo de granulometría por tamizado .....	58
<b>Figura N° 9:</b> Ensayo de Límite Líquido .....	60
<b>Figura N° 10:</b> Ensayo del Límite Plástico.....	62
<b>Figura N° 11:</b> Ensayo de Peso Específico.....	65
<b>Figura N° 12:</b> Ensayo de CBR .....	67
<b>Figura N° 13:</b> Ensayo de Hinchamiento .....	68
<b>Figura N° 14:</b> Ensayo de Penetración (CBR) .....	69
<b>Figura N° 15:</b> Gráfico del Análisis granulométrico .....	77
<b>Figura N° 16:</b> Curva Granulométrica de la muestra C - 09 .....	78
<b>Figura N° 17:</b> Contenido de Humedad .....	79
<b>Figura N° 18:</b> Análisis del Índice de Plasticidad .....	80
<b>Figura N° 19:</b> Peso Específico.....	81
<b>Figura N° 20:</b> Clasificación de Suelos por AASHTO .....	82
<b>Figura N° 21:</b> Clasificación de Suelos por SUCS .....	83
<b>Figura N° 22:</b> Máxima Densidad Seca .....	84
<b>Figura N° 23:</b> Contenido de Humedad Óptimo .....	85
<b>Figura N° 24:</b> Análisis de Resultados del CBR al 0.1” y 0.2” .....	86
<b>Figura N° 25:</b> Resultados de CBR con Perma Zyme y Terrasil.....	87
<b>Figura N° 26:</b> Análisis comparativo de las tres muestras.....	88
<b>Figura N° 27:</b> Análisis de resultados del pH .....	89
<b>Figura N° 28:</b> Análisis de resultados de Costos.....	90

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación N° 1:</b> Porcentaje de muestra retenida .....	59
<b>Ecuación N° 2:</b> Porcentaje retenido acumulado .....	59
<b>Ecuación N° 3:</b> Porcentaje que pasa .....	59
<b>Ecuación N° 4:</b> Contenido de Humedad .....	60
<b>Ecuación N° 5:</b> Límite Líquido.....	61
<b>Ecuación N° 6:</b> Límite Líquido a 25 golpes .....	61
<b>Ecuación N° 7:</b> Límite Plástico.....	62
<b>Ecuación N° 8:</b> Índice de Plasticidad .....	62
<b>Ecuación N° 9:</b> Cálculo del Índice de Grupo.....	63
<b>Ecuación N° 10:</b> Peso Específico .....	65
<b>Ecuación N° 11:</b> Cálculo de la Densidad Húmeda.....	66
<b>Ecuación N° 12:</b> Cálculo de la Máxima Densidad seca .....	66
<b>Ecuación N° 13:</b> Cálculo de California Bearing Ratio (CBR).....	68

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo, donde se estudió el suelo de la subrasante de una carretera no pavimentada 5,700 km de Mache, Otuzco, La Libertad; con el fin de determinar la influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de dicha carretera.

La metodología empleada es de tipo experimental bifactorial con un muestreo no probabilístico, utilizándose como técnica la observación y de instrumento un guía de observación para la recolección de datos; y finalmente para el análisis de los datos se empleó la inferencia estadística.

Después de analizar los datos ensayados de las muestras extraídas de las once calicatas, se determinó la clasificación de suelos por medio de AASHTO que la mayoría de suelo es de tipo A-7 y por SUCS que son CL, ML y SC, es decir que el suelo es limo arcilloso. Se realizó el ensayo de CBR a las calicatas C-01, C-03, C-05, C-07, C-09 y C-11 con suelo natural y con los aditivos verificándose que con la adición de estos si mejoraba la capacidad de soporte, con Perma Zyme se mejoró las muestras C-01, C-03, C-05 y C-11 incrementado su CBR a un 20.33%, 35.41%, 9.49% y 13.28% relativamente pasando a ser subrasantes regular, buenas, muy buenas y excelente; y en el caso de Terrasil mejoro las muestras C-07 y C-09 incrementando el CBR a 21.77% y 10.83% relativamente volviendo a las subrasantes buena y muy buena.

**Palabras clave:** estabilización, enzimas, aditivos.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El transporte es una actividad primordial en la humanidad, para facilitar el traslado de un lugar a otro; el diseño y los materiales que se utilizan para la construcción de vías permiten un beneficio social y económico, mayormente estas vías se ven afectadas por el tipo de suelo provocando que este suelo no sea estable es por ello que las investigaciones han ido avanzando con el propósito de encontrar soluciones a este tipo de problemas.

En Ecuador, se realizó una propuesta debido a la necesidad de seguir uniendo pueblos y ciudades buscando técnicas para el mejoramiento de las vías de comunicación debido a que en varias zonas por poco transitables que sean no son adecuadas para la construcción de vías, por ello es que proponen utilizar estabilizantes para hacer apto el suelo, para beneficiar a la población permitiéndoles moverse sin inconvenientes y con facilidad evitando accidentes de tránsito. (Santander & Yávar, 2018)

Se ha dicho que el uso de aditivos con enzimas orgánicas Terrasil en Ecuador como estabilizante de suelo tiene muchas ventajas como impermeabilización del suelo e incremento de la resistencia en arcillas, arenas y limos, disminuyendo la humedad del suelo, este aditivo es biodegradable y no afecta a las propiedades físicas e índices del suelo. (Rodríguez, 2016)

En Colombia, mediante un trabajo de investigación se dijo que el suelo de la infraestructura vial está siendo afectada a causa de sus propiedades de resistencia y durabilidad, a causa de diferentes situaciones que perjudican a la estabilización de las bases granulares, por eso mismo investigaron cuáles son las causas generales que conllevan al deterioro periódico del suelo granular que es parte de la estructura de la vía, obteniendo la solución con el uso de aditivos que estabilicen el suelo, siendo el adecuado el Perma Zyme 11x debido a que es un aditivo biodegradable y cumple con las características que se especifican en la norma del Instituto Nacional de Vías, llegando a cumplir con una estabilización óptima. (Rojas, Barrera, & Piracon, 2007)

El aditivo con enzimas orgánicas Terrasil en Colombia, ha sido mencionado como un producto que a comparación de otros aditivos tiene que una característica para su uso

en suelos no cohesivos de baja plasticidad y también pueden ser usados como adición en el material granular, otro de sus beneficios es el incremento de su capacidad portante de los suelos analizados en regiones Oriente y Noreste de Colombia. (Álvarez, 2015)

En Chile, se hizo una investigación del uso de enzimas como estabilizantes de suelos en caminos haciendo ensayos de laboratorio con el aditivo Perma Zyme, determinando el índice de plasticidad, la densidad, humedad óptima de compactación y el valor de soporte (CBR), obteniendo como resultado el comportamiento de los parámetros físicos del suelo con y sin aditivos, concluyendo que el aditivo si mejora las propiedades físico – químico del suelo y puede ser utilizado para el tratamiento en carreteras que mayormente el suelo es arcilloso y necesitan ser estabilizados para mejorar las vías de comunicación. (Espinoza & Isaías, 2011)

El uso de aditivo con enzimas orgánicas Terrasil en la comuna de Florida en Chile si cumple con las condiciones desfavorables con el uso del cemento para poder aumentar la capacidad portante, pero es poco permeable con el agua cuando se refleja al re humectarse previamente en una condición de humedad del suelo. (Departamento Laboratorio Nacional de Viabilidad, 2019)

En Perú se mencionó que la estabilización con el aditivo Terrasil es un complemento para el método mecánico por capas granulares, este tiene diversos propósitos que se adecuan a los requerimientos de desempeños que se asocian a la base, subbase, subrasante de los caminos, además que es efectivo en suelos con elevada sensibilidad al agua, altamente expansivos y con una resistencia baja. (Cristobal, 2015)

En el departamento de La Libertad, se hizo un expediente técnico sobre el servicio de mantenimiento rutinario mecanizado de las carreteras D.V Santa Elena – D.V. Colcas – Chuquibamba – Araqueda – Corral Pampas – L.D La Libertad de 38 + 920 km de longitud, se tenía previsto utilizar el aditivo Terrasil, pero por algunas razones técnicas no se pudo cumplir haciendo una reducción respectiva. (Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones, 2018)

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones es la entidad que da los requisitos que se tienen que cumplir de acuerdo a las normas y manuales de carreteras con respecto a las propiedades un suelo arcillosos para la construcción de carreteras pavimentadas

y no pavimentadas y así mismo también se encargan de dar soluciones a los problemas que perjudiquen sus propiedades como el límite líquido, límite plástico, índice unificado, contenido de humedad y capacidad portante de los suelos.

Se concluyó que el aditivo Terrasil hizo disminuir la cantidad de material pétreo, donde redujo los espesores de la base y la subbase, con esto disminuyendo los costos en el mejoramiento de la subrasante para aumentar la resistencia del suelo ya que el aditivo es un impermeabilizante en suelos arcillosos, limos y arenas; en este caso la capacidad portante en siete días de transcurrido el ensayo mejoro en un 14 %. (Rodríguez, 2016)

La estabilización con Terrasil es un complemento a la estabilización mecánica en las capas granulares y suelos con alta sensibilidad al agua. Conforme a los ensayos realizados con diferentes suelos se observó el incremento de la capacidad de soporte, quedando un CBR de 170% más del natural para un suelo limoso (CL) con dosificación de  $0.5 \text{ kg/m}^3 + 1\%$  de cemento y hasta 60% más del natural en un suelo limoso (ML) con dosificación de  $0.5 \text{ kg/m}^3 + 1\%$  de cemento. (Cristobal, 2015)

Se encontró que los valores de CBR aumentaron al añadir cemento al material traído de las minas Chiquita Loma y Armageo, los valores van desde 14% a 82.5% (Mina Chiquita Loma) y 8.5% a 55% (Mina Armageo) adicionando un 3% en peso del cemento. Los materiales de las minas al ser mezclados con los del rio de Santa Bárbara, su CBR se incrementó entre un 8.5% a 30%, economizando la producción de una base óptima para la estructura vial. (Bojorque, 2017)

Con el uso del aditivo Perma Zyme 30x, se determinó que redujo el índice de plasticidad en un 0.07%, 0.16%, 0.17% y 0.23%, los análisis de densidad bajaron en 0.04%, 0.55%, 0.64% y 0.72%; y los datos de CBR mejoraron en 0.22%, 0.31%, 0.36% y 0.49%. Comparando con los resultados patrón se determinó que es mejor usar Perma Zyme ya que mejora las propiedades físicas mecánicas en la estabilización del suelo. (Sosa, 2018)

Se determinó que el Perma Zyme mejora la propiedad física con un promedio 6.27% en comparación de 10.08% usando Cloruro Cálcico para la estabilización del suelo, los resultado de expansión con Perma Zyme se obtuvo 23.32% y con Cloruro Cálcico 6.93%, la densidad con Perma Zyme aumentaron en 23.72% y con Cloruro Cálcico en

13.65%. Se concluyó que para el mejoramiento del material de las canteras de Punta y Yanahoco en Puno es mejor usar el Perma Zyme ya que mejora notablemente las propiedades físico- mecánico según las normas de suelo. (Yucra & Camala, 2017)

Perma Zyme 22x al ser catalizador orgánico disminuye la contaminación ambiental debido a la composición de enzimas orgánicas que no dañan. Por medio de ensayos se comprobó que mejora las propiedades físico mecánico del suelo en carreteras con afirmado, ya que humecta y reduce de 25% a 30% la cantidad de agua para alcanzar la humedad óptima en la compactación, a la vez acelera el proceso de compactación al reducir el período de construcción sin afectar el proceso constructivo. (Quispe, 2015)

Los aditivos con enzimas orgánicas Perma Zyme y Terrasil no afectan al medio ambiente y al ser humano debido a que no son tóxicos, ya que son biodegradables, sin embargo son poco usados para estabilizar un suelo en carreteras, en las investigaciones encontradas se menciona que estos aditivos si pueden mejorar las propiedades físico mecánicas a comparación de los aditivos comunes que se utilizan para estabilizar o controlar el polvo; con la aplicación de los aditivos antes mencionados en las carreteras harán que el período de mantenimiento sea cada 5 años y en algunos de los casos estas carreteras ya no necesiten recubrimiento, siendo importante realizar investigaciones sobre enzimas orgánicas para mejorar los suelos en carreteras no pavimentadas.

Biótica SAC, es una empresa peruana que se encarga de proveer el aditivo Perma Zyme para uso en diferentes obras donde la requieran para la estabilización de suelos brindando a sus clientes garantía sobre el producto y además charlas informativas sobre el modo de aplicación. Son una empresa líder que certifica cada uno de sus productos mediante fichas técnicas y seguimiento de la aplicación de estos en obras. Dentro de las principales obras que ha abastecido están:

- Tramo Protero – Idme – Santa Ana a cargo del Municipio de Quillabamba – Cusco.
- Carretera Taroco – Huancané, Puno.
- Carretera Andahuaylas – Chimbote, Ancash.

Manzi SAC, es una empresa peruana dedicada a la comercialización de tuberías HPE, PVC, D-MINE, geosintéticos, geomenbranas de PE, geomenbranas de PVC, geotéxtiles, membranas, sistema de riego, estabilizadores de suelos y fabricación de

productos especializados, trabajan bajo los más estrictos controles de calidad y protección del medio ambiente. Obra principal que abastecieron con un estabilizador:

- Construcción de la carretera vecinal Komankiriato – Tunquimayo II, zonal Ivochote distrito de Echarati, Provincia de la Convención – Cusco.

Optimasol es una empresa española que se dedica a la investigación, desarrollo y comercialización de nanomateriales y polímeros, dentro de sus productos se encuentra Terrasil hecho 100% de organosilanos que repele el agua en los suelos, elimina el hinchamiento y absorción de los suelos, lo cual lo hace más impermeabilizante y la vez incrementa los calores de CBR, se mejoran los datos de su densidad y compactación en obra y es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material.

Brem Enviroment es una empresa peruana, dedicada a la importancia y comercialización de maquinaria, productos y servicios en actividades relacionadas a la construcción, rehabilitación, conservación y mantenimiento vial, tienen el aditivo Terrasil, este producto se diluye en agua y se aplica con equipos sobre suelos diferentes para generar beneficios como reducción de expansividad y facilita el uso de los suelos locales, impermeabilización molecular que genera estructuras resistentes al agua, rompe el ascenso capilar y mejora la compactación.

Debido al cambio climático que está afectando a la sierra Liberteña se han presentado problemas en las carreteras pavimentadas y no pavimentadas existentes, debido a que hay un permanente deterioro, como es el caso de las carreteras que hay en el distrito de Mache – Otuzco, el suelo de estas carreteras son inestables lo que dificulta el tránsito de Mache a los caseríos contiguos como Quiñón, Alfonso Ugarte, José Faustino Sánchez Carrión, San Martín de Porres y Vista Alegre; a donde los vehículos no pueden llegar en un tiempo determinado por la inestabilidad de la carretera provocando la reducción de la velocidad haciendo el trayecto más largo, perjudicando a los pobladores de los caseríos y alrededores que se dirigen y transportan sus productos que producen en la zona hacia Mache, entre estos también están los estudiantes, médicos y profesores que van hacia el distrito principal.



En los tiempos de lluvias frecuentes en los meses de Noviembre a Marzo, las carreteras no pavimentadas de esta zona que une Mache a los caseríos antes mencionados suelen quedar muy inestables ya que el contacto del agua con el suelo provocan que se forme lodo y al momento de la circulación de vehículos de transporte pesado pasan por ahí los neumáticos se atascan y en el caso de los vehículos livianos estos resbalan con facilidad, no solamente es inestable las carreteras para los vehículos si no para los pobladores que van a pie o caballo provocando mayor inseguridad al transitar y temor por contraer un accidente que ponga en riesgo sus vidas.

Otro problema que genera mayor inestabilidad de los suelos de estas carreteras es que no hay un diseño de drenaje adecuado para evitar la escorrentía y el estancamiento del agua de lluvias en una sola área, así mismo hay presencia de pequeños arroyos que pasan por la mitad del camino generando que la carretera se mantenga constantemente húmeda y dificulte también el tránsito de vehículos y pobladores que andan a pie.

En el resto de meses donde hay presencia de lluvias esporádicas y el suelo de las carreteras no pavimentadas se mantienen secas, se presenta el problema de polvaredas y ahuellamientos que se produce por el tránsito de los vehículos pesados por la zona e incluso se han presenciado deslizamientos del suelo por falta de mantenimiento y mejoramiento para evitar ese tipo de problemas.

Lo que se evalúa en la tesis, es comprobar cuál de los aditivos con enzimas orgánicas (Terrasil o Perma Zyme) estabilizan la subrasante de la carretera no pavimentada en Mache mejorando las propiedades físico mecánicas, entre el tramo Primavera – César Vallejo – Ricardo Palma, ya que en temporadas de lluvias la carretera se ve muy afectada; se busca hacer un mejoramiento que futuro esa vía se use como desvió para el distrito Julcán, mejorando a la vez la calidad de vida de los pobladores y reducción de tiempo de viaje, así mismo investigar que otros tipos de estabilizantes químicos con menor impacto ambiental para la construcción de una infraestructura vial sea mejor utilizar, teniendo en cuenta los costos y métodos para ser empleados para su aplicación y que funcionen bien como estabilizantes de suelos de las carreteras.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015), menciona que los aditivos utilizados en carreteras deben ser verificados a través de ensayos para concluir que es

un método óptimo. Los ensayos que se deben realizar son: el contenido de humedad, grado de compactación, próctor modificado, resistencia e índice plástico, los cuales se realizarán para conclusiones que respeten los reglamentos.

Se desea que la tesis sirva de guía o apoyo al utilizar estos tipos de aditivos orgánicos y biodegradables como lo son Terrasil y Perma Zyme, para la estabilización de una carretera no pavimentada, teniendo en cuenta los procedimientos de la estabilización con el fin de no tener problemas desfavorables para el mejoramiento y mantenimiento en lo económico, así como también favorecer de manera óptima a la población que transita por la zona e incentivar a las autoridades a realizar mejoramientos de más carreteras de la sierra Liberteña bajo el uso de aditivos orgánicos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera influye la aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme en la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada?

## **1.3. Justificación**

Se realiza este estudio de comparación para que, a la hora de escoger un método de estabilización y aditivo se piense en elegir lo orgánico y biodegradable que, el gobierno de cualquier país pueda elegir el método que se ajuste a su costo, clima donde se va a realizar y las propiedades que mejoren un pavimento haciéndolo de buena calidad, que de beneficios a los pobladores que necesiten ir de un lugar a otro sin tener problemas a la hora de moverse.

Esto también se realiza con la finalidad de dar nuevas teorías acerca de la estabilización con aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme, ya que este tema no es común y no hay muchas tesis que hablen sobre estudios de estos aditivos orgánicos que contribuyen al medio ambiente, lo más usado es la cal, el cemento, el asfalto para carreteras de alto volumen de tráfico.

En esta investigación se determinará si los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme estabilizarán la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache en los tramos Primavera – Cesar Vallejo – Ricardo Palma. Con este estudio se obtendrá diversas respuestas a las interrogantes que se tiene sobre la aplicación de los aditivos

de enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme, ya que son nuevos productos que ayudan al medio ambiente y cumplen la función como impermeabilizantes que es un beneficio importante como estabilizante.

También sirve para dar respuesta a otras interrogantes, como la estabilización de suelos con aditivos, que están en normas peruanas y los ensayos que se realizan para poder sustentar los resultados en cuestión de factibilidad. Por último, el estudio se realiza para dar apoyo a futuros tesisistas que se interesen en conocer más tipo de estabilización que aparecen como nuevas opciones en el mercado para estabilizar bases y subbases o terreno natural con opciones que favorezcan al ambiente. En el Perú los aditivos de enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme son pocos al igual que en otros países que donde no se llega a suficientes investigaciones para dejar de seguir investigando.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme en la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Realizar los ensayos de mecánica de suelos de la subrasante.
- Determinar la capacidad de soporte en estado natural y usando Terrasil y Perma Zyme en el suelo de la subrasante.
- Determinar el pH de la subrasante.
- Comparar los resultados de los aditivos Terrasil y Perma Zyme evaluados en el laboratorio.
- Estimar los costos para la estabilización de la carretera no pavimentada con los aditivos Terrasil y Perma Zyme.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme influyen de manera positiva para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache, ensayado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

**Tabla N° 1: Hipótesis General**

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El Tiempo
La aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme influyen de manera positiva para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache, ensayado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2019.	Aplicación de los aditivos Terrasil y Perma Zyme. Estabilización de la subrasante.	Carretera no pavimentada	Influyen	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

**Tabla N° 2: Hipótesis Específica N°01**

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El Tiempo
La aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme influyen positivamente en el contenido óptimo de humedad de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache, ensayado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2019.	Aplicación de los aditivos Terrasil y Perma Zyme. Contenido óptimo de humedad.	Carretera no pavimentada	Influyen	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Tabla N° 3: Hipótesis Específica N°03**

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El Tiempo
La aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme influyen positivamente en la capacidad de soporte de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache, ensayado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2019.	Aplicación de los aditivos Terrasil y Perma Zyme. Capacidad de Soporte	Carretera no pavimentada	Influyen	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Tabla N° 4: Hipótesis Específica N°04**

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de Análisis	Conectores Lógicos	El espacio	El Tiempo
La aplicación de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme cumplen con los requisitos de estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada en Mache, ensayado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2019.	Aplicación de los aditivos Terrasil y Perma Zyme. Requisitos de estabilización.	Carretera no pavimentada	Cumplen	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2019

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

## 1.6. Antecedentes

### **Estabilización iónica de suelos con Terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial, Lima 2015.**

Como objetivo presenta un nuevo producto que incluya nuevas tecnologías para aplicar mejoras superficies de caminos no pavimentados alcanzando una mayor serviciabilidad; aplicando una solución básica y un aditivo Terrasil estabilizador de suelos. Se han realizado ensayos estándar de clasificación de suelos, contenido de humedad y ensayos especiales de compactación Proctor Modificado, CBR y comprensión no confinada para el material natural y con distintos porcentajes del estabilizador de suelos utilizado en la conservación y mantenimiento de vías no pavimentadas. En los ensayos realizados para el proyecto “Rehabilitación y/o mejoramiento del Aeródromo San Lorenzo” se logró aumentar el C.B.R hasta un 170% más del natural para un tipo de suelo limoso CL y con una dosificación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> + 1% cemento y en los ensayos realizados para el proyecto “Rehabilitación y/o mejoramiento del Aeródromo de Sepahua” se logró aumentar el C.B.R hasta un 60% más del natural para un tipo de suelo limoso ML y con una dosificación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> + 1% cemento. (Cristobal, 2015)

Este estudio aporta un análisis a lo que se desea estudiar, ya que se estableció que hay un incremento en el CBR en el uso de estabilización iónica de suelos con Terrasil, pero incluyendo la adición de cemento para diferentes de suelos demostrando que el uso del cemento es esencial, ya que van a de la mano para la durabilidad y a su vez dando dosificaciones para futuras investigaciones.

### **Análisis del uso de aditivos Perma Zyme y Cloruro Cálculo en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (desvío Huancané – Chupa) – Puno.**

Analiza las propiedades físico – mecánico para la estabilización de suelos utilizando los aditivos Perma Zyme 30x y Cloruro Cálculo en la base de la carretera no pavimentada (desvío Huancané – Chupa) – Puno, aplicándose en el material de dos canteras diferentes tomándose en cuenta las cantidades para la dosificación que se indican en las fichas técnicas de los aditivos, para el Perma Zyme 30x (1 litro por 30 m<sup>3</sup>, 1.5 litros por 30 m<sup>3</sup> y 2 litros por 30 m<sup>3</sup> de material) y para el Cloruro de Calcio se utiliza los siguientes porcentajes 1%, 2%, 3% del aditivo respecto al suelo seco suelto. Las propiedades físicas que se analizaron fueron el límite plástico, límite líquido, expansión, densidad máxima del Proctor Modificado y valor de soporte relativo (CBR); obteniendo así los siguientes resultados al utilizar el Perma Zyme: reducción del índice de plasticidad en 11%, expansión en 36%, incremento de la densidad máxima del Proctor Modificado en un 0.89% y el valor de soporte relativo (CBR) en 24%, esto debido a la reacción que tiene las enzimas ya que actúan como catalizadores acelerando el proceso de aglutinamiento de las arcillas lo cual disminuye los vacíos existentes. Por otro lado la aplicación del Cloruro Cálculo aumenta significativamente ya que se obtiene una reducción del índice plasticidad a 34%, expansión 13%, incremento de la densidad máxima del proctor modificado en un 0.89% y el valor de soporte relativo (CBR) en 26%, en este caso ayuda a la compactación de las partículas del suelo y reduce la fricción entre ellas. Se concluyó que es mejor utilizar el aditivo Perma Zyme ya que se obtienen mejores resultados en el análisis de las propiedades físico mecánico y a la vez económicamente es más favorable. (Yucra & Camala, 2017)

Este estudio aportara con la investigación con los resultados de la comparación del uso del aditivo Perma Zyme 30x y el Cloruro Cálculo, donde se determinó que entre los dos el más adecuado es el Perma Zyme 30x ya que mejora notablemente las propiedades del suelo y también muestra que este aditivo es más económico para la aplicación en campo.

### **Estabilización de suelos en la superficie de rodadura con el Perma Zyme 30x de la carretera no pavimentada Chupa – Arapa, Azángaro, Puno.**

Analiza los parámetros físico mecánico del suelo estabilizado utilizando el aditivo Perma Zyme 30x que conformara la superficie de la cantera no pavimentada en Chupa – Arapa, se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar el comportamiento del suelo natural y el suelo con el aditivo entre estos ensayos se consideró los siguientes: el límite líquido, límite plástico, expansión, densidad seca máxima del proctor modificado y el valor de soporte relativo (CBR), utilizando las siguientes cantidades del Perma Zyme 30x con el suelo 0.8 litros de aditivo por 30 m<sup>3</sup> de material, 1 litro por 30 m<sup>3</sup> de material, 1.2 litros por 30 m<sup>3</sup> de material y 1.4 litros por 30 m<sup>3</sup> de material; obteniendo como resultados una reducción en el índice de plasticidad de 0.23%, expansión a 0.72%, el incremento de la densidad seca máxima del proctor modificado en un 0.49% y un CBR de 9.84%. Analizando las propiedades físicas mecánicas empleando el Perma Zyme 30x se determinó que es adecuado utilizarlo en el mantenimiento periódico de una carretera no pavimentada ya que tiene una manejabilidad en el proceso de aplicación y también mejora la estabilización de suelos por la reacción que el aditivo tiene con el suelo. (Sosa, 2018)

Este estudio aporta con las recomendaciones que da el autor ya que incentiva a que otros investigadores realicen pruebas comparando el aditivo Perma Zyme 30x con otros aditivos con el fin de que se obtenga resultados óptimos para el mejoramiento del suelo, tomándose en cuenta también el valor económico de su aplicación para la estabilización de un suelo.

### **Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador 2016.**

Se analiza la subrasante por medio de la inclusión del material Terrasil, como material alternativo para el mejoramiento de la misma, Determinar el porcentaje adecuado de Terrasil para la estabilización del suelo limoso y arcilloso y Comparar los resultados obtenidos entre el suelo limo arcilloso natural y el suelo limo arcilloso con Terrasil.

En el proyecto se realizó un mejoramiento de subrasante de una vía ecológica con el producto biodegradable (Terrasil). Se realizó calicatas cada 500 metros a lo largo de

la vía teniendo una longitud de 3.822m, de las muestras obtenidas se realiza los siguientes ensayos como: los límites de Atterberg, la humedad óptima, la densidad máxima, el ensayo de compactación (Proctor Modificado), y el CBR. En el suelo ensayado se adiciono el 2%, 4%, 6%, y 8% en el ensayo del proctor modificado con el producto biodegradable Terrasil, se concluye que el suelo mejorado con Terrasil es mejor que el suelo natural y que el suelo mejorado con material pétreo como la base y la sub-base. Se determina que, con el producto utilizado para el mejoramiento, la capacidad portante del suelo aumenta el 14% después de 7 días realizado el ensayo, la humedad disminuye en un 27.86% luego de 7 días realizado el ensayo, se concluye que trabajar con material pétreo para mejorar la vía es más costoso que con el producto ya que se elimina el rubro transporte del material. (Rodríguez, 2016)

Este estudio aporta un análisis a lo que se desea estudiar, ya que se estableció que hay un incremento en el CBR en el uso de estabilización con resinas orgánicas con Terrasil dando en un 27% más que con material pétreo o estabilización mecánica y también aporta otras dosificaciones para el uso del Terrasil en tipo de suelos limo arcillosos y los resultados obtenidos siendo óptimos para el uso.

### **Evaluación del diseño vial urbano utilizando resinas orgánicas para aumentar la capacidad soportante de la estructura de la vía, Ecuador 2017**

Diseñar la estructura vial del centro urbano del cantón Sígsig con una solución de estructura vial y económico, utilizando la estabilización con resinas orgánicas como el aditivo Terrasil con estabilizarlos con distintos porcentajes de cemento desde el 1% al 5% y de 0,5 al 1,5 del peso para resinas orgánicas, y su influencia en el diseño de pavimentos y estabilizadas en el material canteras del sector Bigsol, Cuchil y del río Santa Bárbara. Cuando se realizó las diferentes mezclas de los materiales se pudo observar que los valores del CBR aumentan al añadir cemento, del 4% al 82,5% de la mina de Chiquita Loma y 8,50% hasta el 55% en la mina de Amorgeo adicionando hasta el 3% de peso de cemento. Al mezclar las minas con material de proveniente del río Santa Bárbara el CBR aumenta de 8,50% a 30%. La mina de Chiquita Loma mezclada con material de río en proporción de 1:2 y estabilizando con 3% de cemento, la misma que cumple con el CBR de una base que es de 138% > 80%, al mezclar el material de Amorgeo con material de río en proporción de 1:3 y el material de Chiquita



Loma con material de río en proporción de 1:2 esta nos proporciona un mejoramiento. Al obtener una base estabilizada con cemento en un porcentaje del 3% y mezclando material de río se obtiene un CBR mayor al 100% garantizando la estabilidad de la estructura de la vía y a un costo económico. (Bojorque, 2017)

Este estudio aporta un análisis a lo que se desea estudiar, ya que se estableció que hay un incremento en el CBR hasta en un 52,5 % con el uso de resinas orgánicas con Terrasil, pero incluyendo la adición de cemento para diferentes de suelos demostrando su incremento en la capacidad portante del suelo y los porcentajes adicionados, siendo una vía económica y que garantiza estabilidad.

### **Estabilización de suelos con productos enzimáticos como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el Departamento de Guatemala.**

Da a conocer una nueva técnica de estabilización de suelo para la construcción de proyectos viales una usando el Perma Zyme 11x como adición debido que se presenta un déficit en el material de las carreteras en Guatemala, ya que hay carencia en los materiales de bancos de préstamo que sean adecuados para ese tipo de obras viales, es por ello que se busca reemplazar con este producto de enzimas orgánicas para mejorar la estabilización, determinándose finalmente después del desarrollo de los ensayos necesarios para comprobar la viabilidad del uso del Aditivo Perma Zyme 11x que si se puede emplear el aditivo con enzimas orgánicas siempre y cuando cumpla como mínimo que el 20% del suelo sea arcilloso; este aditivo mejora las propiedades de los suelos arcillosos haciéndolos más resistentes reduciendo el uso de maquinarias y a la vez reduce los costos en mantenimiento y reparaciones en períodos más largos, es por ello que se tiene que tener los conocimientos adecuados de su aplicación en campo para evitar que costos elevados y que su durabilidad sea larga. (Quiran, 2015)

Este estudio aporta a la investigación con la comprobación de viabilidad del uso del aditivo Perma Zyme en suelos arcillosos, así como también que el uso de este no provoca ningún efecto que dañe al medio ambiente al ser de origen orgánico, por eso lo hace un aditivo recomendable para la aplicación en suelos arcillosos.

## 1.7. Bases teóricas

### 1.7.1. Estabilización de suelos

#### 1.7.1.1. Suelo

El suelo es proveniente de la alteración de fenómenos atmosféricos que llegan a sufrir las rocas en un periodo dado, es decir que es la desintegración o descomposición de la roca conocido también a este proceso como la meteorización de una roca. (Montejo, 2002)

##### 1.7.1.1.1. Clasificación de suelos

Los suelos están clasificados para el uso metodológico de la construcción de las vías mediante los métodos American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) teniendo en cuenta las propiedades del suelo que son determinados después del análisis de los ensayos de laboratorio que se le realizan al suelo tales como la granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad. (MTC, 2014)

#### A. Clasificación por AASHTO

Es un método de clasificación desarrollada por Terzaghi y Hogentogler clasificando a los suelos en ocho grupos simbolizados del A – 1 al A – 8. En el caso de los suelos que presentan gran cantidad de materia orgánica se clasifican en el grupo A – 8, y para los suelos inorgánicos estos están clasificados en siete grupos que van del A – 1 al A – 7, los cuales están divididos en 12 subgrupos. Se puede observar la Clasificación en la Tabla N°6 y la nomenclatura de los grupos en el Tabla N°7. (Montejo, 2002)

##### a. Suelos granulares

Son los suelos que con 35% o menos de material fino que llegan a pasar por el tamiz N° 200, este tipo de suelos forman los grupos A – 1, A – 2 y A – 3.

- **Grupo A-1:** Está compuesto por fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante plástico poco plástico, permitiendo que dicho material de

este grupo presente una mezcla bien graduada. También se pueden incluir en este grupo mezclas bien graduadas sin material ligante.

**Subgrupo A-1a:** Predomina en este material la piedra o grava con o sin material ligante bien graduado.

**Subgrupo A-1b:** Están los materiales formados de manera predominante como la arena gruesa bien graduada con ligante o sin él.

- **Grupo A-2:** Tiene gran variedad de material granular que está compuesto con menos del 35% de material fino.

**Subgrupos A-2-4 y A-2-5:** Están los materiales con contenido de material fino menor o igual a 35%, donde la parte que pasa por el tamiz N° 40 tienen iguales características que los suelos A-4 y A-5. Estos grupos abarcan los suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) que contienen limos o índices de grupo mayores a los que se señala en el grupo A-1. También se incluyen ciertas arenas finas con contenido de limo no plástico no mayores al que se señala en el grupo A-3.

**Subgrupos A-2-6 y A-1-2-7:** El material de estos subgrupos son idénticos a los anteriores con la diferencia que la fracción que pasa por el tamiz N° 40 tiene las características iguales de los suelos A-6 y A-7.

- **Grupo A - 3:** Están incorporadas en este grupo las arenas finas, de playa y las que tienen poca cantidad de limo sin plasticidad, también se incluyen a este grupo las arenas de ríos que contienen poca grava y arena gruesa.

## **b. Suelos finos limo arcillosos**

Son suelos que tienen más del 35% del material fino que llega a pasar por el tamiz N° 200. Estos suelos integran los grupos A - 4, A - 5, A - 6 y A - 7.

- **Grupo A - 4:** Son los suelos limosos poco o nada plásticos con un 75% o más de material fino que llega a pasar por el tamiz N°200, también están los suelos con mezcla de limo con grava y arena hasta un 64%.

- **Grupo A-5:** Estos suelos son idénticos al anterior, con la diferencia que contienen material micáceo o diatomáceo. Otras de sus características es que son elásticos y tienen un límite líquido elevado.
- **Grupo A-6:** El material que predomina es la arcilla plástica, teniendo que pasar por el tamiz N° 200 al menos el 75% de estos suelos, teniendo también en cuenta las mezclas arcillo – arenosa donde el porcentaje de arena y grava sea menor al 64%. Este tipo de materiales por lo general presentan grandes cambios de volumen en sus estados seco y húmedo.
- **Grupo A-7:** Son iguales a los suelos del grupo A – 6 con la diferencia que estos son elásticos, así mismo sus límites líquidos son elevados.
- **Grupo A-7-5:** Comprende a los materiales con índices de plasticidad no muy elevados con respecto a sus límites líquidos.
- **Grupo A-7-6:** son los suelos con índices de plasticidad muy elevados con relación a sus límites líquidos, experimentando cambios de volumen de manera muy notoria.

**Tabla N° 5: Clasificación de Suelos por AASHTO**

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS QUE PASA POR LA MALLA N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (PASAN MÁS DEL 35% POR LA MALLA N° 200)			
Clasificación por Grupos :	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A - 1a	A - 1b		A - 2-4	A - 2-5	A - 2-6	A - 2-7				A - 7-5
<b>Análisis Granulométrico del Porcentaje que pasa :</b>											
Tamiz N° 10	50 máx.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tamiz N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.	--	--	--	--	--	--	--	--
Tamiz N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
<b>Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40</b>											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.			10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
<b>Tipos usuales de los materiales componentes importantes</b>	Fragmentos de Piedra, Grava y Arena		Arena Fina	Arenas y Gravas limosas o arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
<b>CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE</b>	<b>DE EXCELENTE A BUENA</b>							<b>DE REGULAR A MALA</b>			

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (MTC, 2014)

**Tabla N° 6: Nomenclatura de los Grupos de Clasificación por AASHTO**

<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)</b>			
<b>Suelos con el 35% o menos de</b>		<b>Suelos con más del 35% de finos</b>	
<b>A - 1</b>	Gravas y Arenas	<b>A - 4</b>	Suelos limosos
<b>A - 2</b>	Gravas limosas o arcillosas	<b>A - 5</b>	Suelos limosos
	Arenas limosas o arcillosas	<b>A - 6</b>	Suelos arcillosos
<b>A - 3</b>	Arenas finas	<b>A - 7</b>	Suelos arcillosos

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (MTC, 2014)

## **B. Clasificación SUCS**

Es una adaptación generalizada modificada por Arturo Casagrande en el año 1942, clasificando a los suelos de la siguiente manera: *Suelos de grano grueso, Suelos de grano fino y Suelos orgánicos.* (Montejo, 2002)

Se distinguen los suelos de grano grueso y grano fino a través del tamizado de este material por el tamiz N° 200.

El material que queda retenido en el tamiz N° 200 representa a los suelos gruesos mientras que los que pasan son los suelos finos, considerándose que si más del 50% de las partículas son retenidos en el tamiz N° 200 son de este tipo de suelo y para los suelos finos sin más del 50% de las partículas pasan por ese tamiz.

Cada grupo de suelo está distribuido por símbolos, cada símbolo asignado tiene un prefijo y un sufijo, donde los prefijos son las iniciales de nombres en ingles de los seis principales tipos de suelo (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), en cuanto a los sufijos son las subdivisiones de los grupos. Quedando la clasificación como se muestra en la Tabla N°8.

**Tabla N° 7: Clasificación de Suelos por SUCS**

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
			Símbolo de grupo	Nombre del Grupo		
SUELOS GRUESOS	Suelos de Partículas Gruesas Mas del 50% es retenido en la Malla N° 200	<b>Gravas Limpias</b> Menos del 5% pasa la Malla N° 200.	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	<b>GW</b>	Grava Bien Graduada.	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	<b>GP</b>	Grava Mal Graduada.	
		<b>Gravas con Finos</b> Mas del 12% pasa la Malla N° 200.	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad.	<b>GM</b>	Grava Limosa.	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad.	<b>GC</b>	Grava Arcillosa.	
		<b>Gravas Limpias y con Finos.</b> Entre el 5% y 12 % pasa la Malla N° 200.	Cumple los criterios para GW y GM	<b>GW - GM</b>	Grava bien graduada con Limo.	
			Cumple los criterios para GW y GC	<b>GW - GC</b>	Grava bien graduada con Arcilla.	
			Cumple los criterios para GP y GM	<b>GP - GM</b>	Grava mal graduada con Limo.	
			Cumple los criterios para GP y GC	<b>GP - GC</b>	Grava mal graduada con Arcilla.	
		<b>ARENAS</b> El 50% o más de la fracción gruesa pasa la Malla N° 4.	<b>Arenas Limpias.</b> Menos del 5% pasa por la Malla N° 200.	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	<b>SW</b>	Arena bien graduada.
				$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	<b>SP</b>	Arena mal graduada.
	<b>Arena con Finos</b> Mas del 12% pasa la Malla N° 200		$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad.	<b>SM</b>	Arena Limosa	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad.	<b>SC</b>	Arena Arcillosa	
	<b>Gravas Limpias y con Finos</b> Entre el 5% y 12 % pasa la Malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	<b>SW - SM</b>	Arena bien graduada con Limo.	
			Cumple los criterios para SW y SC	<b>SW - SC</b>	Arena bien graduada con Arcilla.	
Cumple los criterios para SP y SM			<b>SP - SM</b>	Arena mal graduada con Limo.		
Cumple los criterios para SP y SC			<b>SP - SC</b>	Arena mal graduada con Arcilla.		
SUELOS FINOS	Suelos de Partículas Finas El 50% o mas pasa la Malla N° 200	<b>Inorgánicos</b>	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A".	<b>CL</b>	Arcilla de Baja Plasticidad.	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad debajo de la línea "A".	<b>ML</b>	Limo de Baja Plasticidad.	
		<b>Orgánicos</b>	$\frac{\text{Límite Líquido - secado al horno}}{\text{Límite Líquido - no secado}} < 0.75$	<b>OL</b>	Arcilla Orgánica.	
					Limo Orgánico.	
	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido > 50.	<b>Inorgánicos</b>	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A".	<b>CH</b>	Arcilla de Alta Plasticidad.	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad debajo de la línea "A"	<b>MH</b>	Limo de Alta Plasticidad	
		<b>Orgánicos</b>	$\frac{\text{Límite Líquido - secado al horno}}{\text{Límite Líquido - no secado}} < 0.75$	<b>OH</b>	Arcilla Orgánica.	
					Limo Orgánico.	
	Suelos Altamente Orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro.	<b>PT</b>	Turba.		

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (MTC, 2014)

- **Suelos Gruesos**

Este grupo se divide en gravas (G) y arenas (S), separándose con el tamiz N° 4, dejando que un suelo pertenezca al grupo G si más del 50% del peso de su fracción gruesa queda retenido en el tamiz N° 4 y de forma contraria pertenecerían al grupo S.

Las gravas están divididos en cuatro grupos (GW, GP, GM Y GC) y para el caso de las arenas de igual forma (SW, SP, SM y SC).

- **Gravas**

El porcentaje de limos existente en las gravas tiene que ser menor al 5% para que sea gravas bien gradadas (GW), para tal caso tiene que cumplir con que el coeficiente de curvatura (Cc) tenga un valor entre 1 y 3, y el coeficiente de uniformidad (Cu) sea un valor mayor a 4. Si no cumple con los coeficientes anteriormente mencionados la grava será mal graduada (GP).

- Para el caso de que el porcentaje de finos que contiene las gravas sea mayor a 12% puede ser una grava GC si sus finos son arcilla y GM si sus finos son limos.
- Para el porcentaje de finos que están entre 5% y 12% se utilizara el símbolo doble como por ejemplo GW – GC.

- **Arenas**

Si el contenido de arena tiene un porcentaje de finos menor a 5%, la arena se considera bien gradada (SW) en el caso que cumpla con  $1 < Cc < 3$  y  $Cu > 6$  en el caso que no cumpla con los coeficientes anteriores, se considerara como arena mal gradada (SP).

Si el caso fuera que en el contenido de arena el porcentaje de finos sea mayor a 12%, la arena será considerada arcillosa (SC), si los finos son arcilla, o limosa (SM) en el caso que los finos sean limo.

Por último si el porcentaje de finos están entre 5 y 12% se usara el símbolo doble, como: SP – SM.



- **Suelos finos**

Este sistema de clasificación de suelos unificado divide este grupo de suelos en tres grupos los cuales son: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicos (O). Estos suelos están subdivididas según su límite líquido en dos grupos cuya frontera será  $LL = 50\%$ , cuando el límite líquido sea menor de 50 se añadirá al símbolo general la letra L (Low Compressibility), y si es mayor a 50 se añadirá la letra H (High Compressibility), obteniendo de esta manera los siguientes tipos de suelo:

**ML:** Limos inorgánicos de baja compresibilidad.

**OL:** Limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad.

**CL:** Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

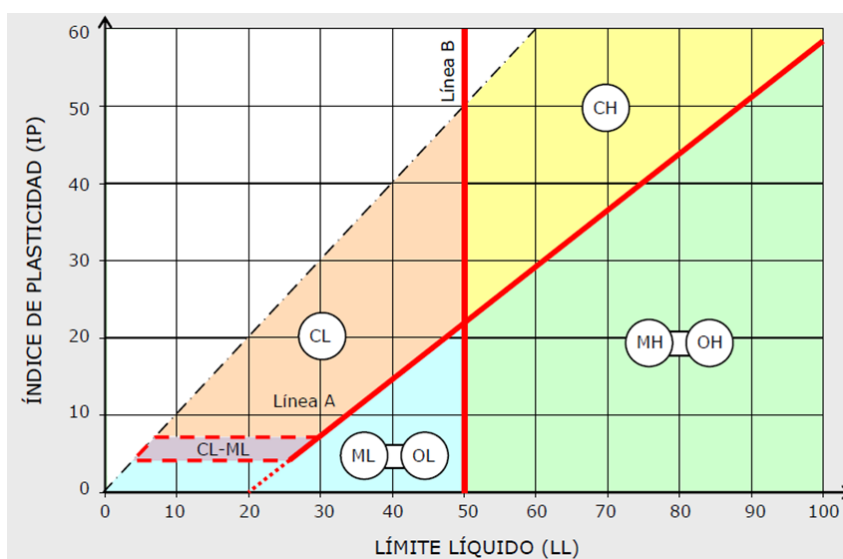
**CH:** Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

**MH:** Limos orgánicos de alta compresibilidad.

**OH:** Arcillas y limos orgánicos de alta compresibilidad.

Para los suelos que son altamente orgánicos como es el caso de las turbas se le designa el símbolo Pb.

Para la clasificación de los suelos se empleara la carta de plasticidad o también conocida como “Carta de Casagrande” *Figura N°1*, en la que se aprecia las diferentes zonas delimitadas por dos líneas básicas: línea “A” la cual separa las arcillas de los limos y suelos orgánicos y la línea “B” que separa los suelos de alta y baja compresibilidad.



**Figura N° 1:** Carta de Casagrande para suelos  
Fuente: Manual de Carreteras (L. Bañón & J. Bevíá, 2000)

### 1.7.1.2. Carreteras no pavimentadas

Las carreteras son de vital importancia para el desarrollo social y económico en un país debido a que son la principal forma de comunicación entre pueblos y ciudades que están en desarrollo, siendo de gran necesidad en el crecimiento de la población.

Existe gran número de carreteras no pavimentadas, entre estas hay algunas que han sido mejoradas para que la vía se mantenga con utilidad al no estar pavimentadas con el fin que su deterioro sea mínimo y se pueda seguir utilizando. (Gutiérrez, 2017)

Se ha considerado la identificación de los caminos no pavimentados por las siguientes características:

- Caminos de tierra, compuestos por suelo natural y mejorado con grava que esta seleccionada por medio de zarandeo.
- Caminos de grava, estos se encuentran revestido por una capa de material pétreo, de manera manual o por zarandeo con un tamaño máximo de 75mm.
- Caminos afirmados, se encuentran revestidos por materiales de cantera, dosificados de manera natural o por medio del zarandeo, teniendo una dosificación particular que está compuesta por una combinación adecuada

de tres tipos de material: piedra, arena, finos o arcillas, el tamaño máximo del material es 25 mm.

- Caminos afirmados con la superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales, tales como : los afirmados con grava mejorados con asfalto, cemento, cal, aditivos químicos entre otros; y por último los suelos naturales tratados con material granular, finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos entre otros.

La mayoría de carreteras que son consideradas no pavimentadas se les conoce como carreteras de bajo volumen de tránsito, específicamente este tipo de carreteras están ubicadas en la parte sierra del país, así como también en asentamientos humanos, lugares como estos que tienen un pequeño porcentaje de la población que ya cuentan con vías de acceso pero no se encuentran pavimentadas y necesitan ser tratadas para que tengan mayor durabilidad ante el creciente desarrollo. (MTC, 2014)

### **1.7.1.3. Estabilización de suelos**

Se considera al mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo mediante tratamientos mecánicos e incorporación de ciertos productos químicos, naturales o sintéticos. Mayormente las estabilizaciones son realizadas a suelos con subrasantes inadecuadas o pobres, en este caso la estabilización suelen ser suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto u otros productos. Otra estabilización es la subbase granular o base granular con el fin de obtener un material de mejor calidad llamándose de esta manera como subbase o base granular tratada ya sea con cemento, cal, asfalto u otro producto adecuado para la estabilización.

Las técnicas que se utilizan para la estabilización de un suelo son muy variadas, pero todas cumpliendo con el propósito de mejorar las propiedades de ese suelo haciendo que tengan mayor resistencia mecánica y perduren estas propiedades por un periodo largo, estas técnicas de estabilización son seguidas por el proceso de compactación con el fin de que el material se junte y se obtenga un resultado final adecuado. (MTC, 2014)

Debido a las diferentes características que pueden presentar los suelos los ingenieros o personas a cargo de realizar una determinada obra sobre esto se tienen que plantear diversas posibilidades para poder trabajar sobre estos suelos, entre estas las más prescindibles:

- Utilizar el material tal y como se ha encontrado teniendo en cuenta para el diseño las características de la calidad del suelo que presente.
- Emplear otro material con las características adecuadas sustituyendo al material original.
- Mejorar las propiedades del material ya existente con el fin de hacer cumplir de una forma los requisitos adecuados para que se pueda utilizar en la obra.

Existen diferentes métodos de estabilización tales como:

- Estabilización por drenaje.
- Estabilización por medios eléctricos, donde se utilizan pilotes electrometálicos (método más conocido).
- Estabilización química, empleándose la adición de agentes específicos como cemento, cal, asfalto entre otros.
- Estabilización mecánica, en este caso el que más se conoce es la compactación y la mezcla de suelos que es frecuentemente utilizada.

De acuerdo a los diversos tipos de suelos con forme a su composición de estos, es de esperarse que los diferentes métodos antes mencionados resulten solo aplicable a cierto número limitado de esos suelo.

Se tiene que tomar en cuentas las propiedades de los suelos tales como: la estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, compresibilidad y la durabilidad con el fin de mejorarlos al momento de aplicar cualquiera de los métodos que más adecue al tipo de suelo. (Montejo, 2002)

- **La estabilidad volumétrica:** hace referencia a los problemas de los suelos expansivos debido a sus cambios de humedad ya que este hace que tenga diferentes cambios volumétricos.

- **Resistencia:** la resistencia de los suelos se ve afectada por el contenido de humedad, para mejorar esta propiedad del suelo es mejor hacerlo con el método de la compactación con el fin de incrementar su resistencia.
- **Permeabilidad:** se utiliza también el método de la compactación e inyección para la permeabilidad de las formas del suelo, mientras sea alta la humedad de compactación se reducirá los vacíos en el suelo.
- **Comprensibilidad:** a través de la compactación se modifica fuertemente la comprensibilidad de los suelos, teniendo cuenta también la humedad del suelo y la carga a la que esta se exponga para reducir vacíos.
- **Durabilidad:** en esta propiedad son los factores de resistencia a la erosión o abrasión del tráfico, dependen mucho del diseño y los materiales que se utilicen para la infraestructura vial.

#### 1.7.1.3.1. Subrasante

En el diseño de una carretera la subrasante es la parte terminada a nivel del movimiento de tierras (corte y relleno) donde se coloca encima de esta superficie el pavimento o el afirmado, soportando el peso de la carga de tránsito que tenga el diseño de ese pavimento, los suelos que componen esta capa tienen que estar compactados para poder brindar una estructura estable óptima del pavimento. La capacidad de soporte que tenga en sus condiciones de servicio, tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura forman parte de las variables principales para el diseño de la estructura del pavimento que será colocado encima. En el proceso constructivo los últimos 0.30m del suelo por debajo del nivel superior de la subrasante tendrán que ser compactados al 95% de máxima densidad seca obtenidos del ensayo del próctor modificado.

Para los suelos que estén por debajo del nivel superior de la subrasante a una profundidad no menor a 0.60 m tendrán que ser suelos estables y adecuados con un  $CBR \geq 6\%$ . Si en cambio el suelo debajo del nivel superior de la subrasante sea un  $CBR < 6\%$  indica esto que es una subrasante pobre o inadecuada la cual tendrá que ser tratada para mejorar su capacidad de

soporte. En la *Tabla N°9* se muestra la categorización de la subrasante: (MTC, 2014)

**Tabla N° 8: Categorías de la Subrasante**

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	<b>CBR &lt; 3%</b>
S1: Subrasante Pobre	<b>De CBR ≥ 3% a CBR &lt; 6%</b>
S2: Subrasante Regular	<b>De CBR ≥ 6% a CBR &lt; 10%</b>
S3: Subrasante Buena	<b>De CBR ≥ 10% a CBR &lt; 20%</b>
S4: Subrasante Muy Buena	<b>De CBR ≥ 20% a CBR &lt; 30%</b>
S5: Subrasante Excelente	<b>CBR ≥ 30%</b>

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014).

#### 1.7.1.3.2. Estabilización de la Subrasante

Los materiales de las capas de la subrasante son consideradas adecuadas si los suelos tienen un  $CBR \geq 6\%$ , en el caso sean menores son subrasantes pobres o inadecuadas y necesitan ser estabilizados sus suelos de acuerdo al análisis del suelo natural para buscar alternativas de solución para la estabilización ya sean de manera mecánica, estabilización química, reemplazo del suelo de cimentación, estabilización con geosintéticos (geotéxtil, geomallas u otros), elevación de la rasante, cambio del trazo vial, entre estas opciones se optará por la más conveniente tanto de forma técnica como económica.

La estabilización de la subrasante consiste en mejorar las propiedades de su suelo en un prolongado tiempo, garantizando que para el proceso de mejoramiento o construcción vial se realice de manera simple, económica y el uso debido del equipamiento adecuado. Así mismo es importante que antes de hacer la estabilización se determine el tipo de suelo, en este caso los suelos que predominan para la estabilización son: los limos, arcillas, arenas limosas o arcillosas.

Un criterio importante para la estabilización de la subrasante es que la superficie de la subrasante tiene que estar encima del nivel de la napa freática a un mínimo de 0.60m en el caso que sea una subrasante extraordinaria y muy buena, a 0.80m si la subrasante es buena y regular, a 1.00m cuando la subrasante sea pobre y por último a un 1.20 m si la subrasante sea inadecuada; si fuese necesario se colocaran subdrenes o capas anticontaminante y/o drenantes, así como también si fuera el caso de elevarse la rasante a un nivel necesario. (MTC, 2014)

#### 1.7.1.4. Tipos de Estabilización

##### A. Estabilización física

Esta tipo de estabilización hace referencia al mejoramiento del suelo mediante los cambios físicos en este mismo, existen diferentes métodos tales como: la mezcla de suelos y geosintéticos. (Braja M. Das, 2013)

- **Mezcla de suelos:** la unión más conveniente de ciertos tipos de suelos dan como resultado un material estable con el que se puede aprovechar la fricción interna de uno y la cohesión del otro con el fin de mantener las partículas unidas. Se pueden utilizar los siguientes suelos:

*Suelos de bancos naturales*, estos proceden de depósitos de arena de mar como las arenas uniformes, o también de los depósitos de ríos como las gravas, arcillas, limos y arenas.

*Suelos procesados*, son el tipo de suelo que provienen de los bancos naturales pero no son los deseables, es por ellos que se tiene que procesar con el fin de mejorar la granulometría, proporcionar una alta densidad, buena distribución de tamaño de partículas y su textura para poder conseguir un mejor efecto de consistencia y buenas compacidades.

*Suelos de bancos de préstamo*, hace referencia a los suelos utilizables y que son adecuados para emplearse en la construcción o mejoramiento de carreteras, estos suelos se extraen de canteras cercanas a la obra vial.

*Suelos de tipo especial*, estos suelos han sido tratados en sus propiedades físicas, químicas con el fin de obtener resultados adecuados para ser utilizados en una carretera.

- **Geosintéticos:** el empleo de geosintéticos en la estabilización proporciona resistencia a la tracción y mejora de manera significativa el rendimiento y la construcción de pavimentos, así mismo presenta un comportamiento diferente frente a los agentes agresivos que puedan perjudicar los suelos, existen diferentes geosintéticos que cumplen con ciertas funciones tales como:

*Geotéxtiles*, su función es drenar y trabajar como anticontaminante entre la unión de diferentes mezclas de los materiales.

*Geomallas*, por medio de su armado sirve para reforzar el terreno brindándole mayor soporte al suelo.

*Geomenbranas*, son utilizadas para la impermeabilización y protección del suelo ante la presencia de un nivel alto de humedad.

La separación y filtro de los geotéxtiles y refuerzo de las geomallas se pueden combinar con el fin de conceder una estabilización en los suelos de una subrasante inadecuada. (MTC, 2014)

## **B. Estabilización mecánica**

Para este tipo de estabilización no se emplea ningún tipo de adición de agentes que mejoren las propiedades del suelo, hay diferentes métodos para la estabilización mecánica tal como la Compactación, la Vibroflotación, la Voladura o blasting y la Compactación dinámica. (Braja M. Das, 2013)

La estabilización mecánica de suelos mejora el material del suelo sin cambiar su estructura y su composición básica de este mismo, para esta estabilización se utiliza como técnica la compactación ya que con esto se reduce los vacíos existentes en el suelo. (MTC, 2014)

- **Compactación:** es un proceso mecánico por el que se cual se mejora las características de resistencia, comprensibilidad y esfuerzo - deformación de los suelos; es decir que aumenta la capacidad de soporte del suelo, se reduce



los asentamientos y reduce la permeabilidad del suelo, el escurrimiento y penetración del agua.

- **Vibroflotación:** hace referencia a una compactación más profunda en suelos naturales como para rellenos los cuales no han sido compactados previamente, estos suelos tienen que cumplir con las características de ser granular con un porcentaje de finos (no cohesivos). Este método es utilizado para mejorar sus propiedades mecánicas tal como su capacidad de soporte, disminución de la permeabilidad, etc.
- **Compactación dinámica:** es una técnica para la densificación o compactación en los suelos granulares o cohesivos, con el fin de incrementar la capacidad portante. Esto se realiza soltando una carga de 8 a 200 toneladas desde una altura entre 15 m a 40 m.
- **Voladura o Blasting:** se ha utilizado esta técnica para la densificación en suelos empleando dinamitas en 60% que son colocados en una profundidad por debajo del suelo saturado y de acuerdo al espesor de suelo que se quiere compactar, mayormente se necesita de 3 a 5 detonaciones para hacer la compactación requerida.

### C. Estabilización química

La estabilización química de un suelo es empleada con agentes estabilizadores químicos para ocasionar reacciones químicas al suelo y así mejorar las propiedades e incrementar su capacidad de carga dinámica.

Los productos químicos para la estabilización de suelos son elegidos por su efectividad y por lo económicamente accesible en comparación de otros productos empleados para los mismos problemas por lo cual son satisfactorios. No obstante, los productos químicos deben tener un especialista para las etapas de diseño y en la etapa de construcción. (Roldan, 2010)

Las categorías de este tipo de estabilización son:

- Proporcionar una fuerza cohesiva o cubrir e impermeabilizar el suelo.
- Hacer una mezcla cementante con las partículas del suelo para dar fuerza y durabilidad.

- Para suelos finos tipo arcilla se debe tener una baja plasticidad debido a la reacción del agua con la arcilla y al cambio de volúmenes que esto produce, con el fin de mejorar y aumentar su resistencia. (Delva, 2016)

Las propiedades geotécnicas que mejoran la estabilización química son:

- **Estabilidad volumétrica:** Las variaciones estacionales pueden generar expansión y contracción de los suelos debido a la humedad.
- **Resistencia:** El incremento de la resistencia de la carga al esfuerzo cortante.
- **Permeabilidad:** El flujo que atraviesa un material sin alterar la estructura interna se le denomina permeabilidad, ya que pasa por el un fluido en un tiempo dado.
- **Compresibilidad:** Los cuerpos disminuyen el volumen cuando son sometidos por una presión o compresión determinada a través de parámetros constantes.
- **Durabilidad**

Para la estabilización de suelos químicamente se debe tener un diseño del agente estabilizante como su dosificación con la determinación del tipo de suelo. Estos son algunos de los estabilizantes químicos:

- **Cal:** logra disminuir la plasticidad en los suelos arcillosos y su aplicación es económica.
- **Cemento Portland:** incrementa la resistencia del suelo, mayormente se usa en arenas y gravas finas.
- **Productos asfálticos:** usualmente se utiliza en materiales triturados sin cohesión.
- **Cloruro de sodio:** su efecto es impermeabilizar y disminuir los polvos existentes en suelos arcillosos y limosos.
- **Cloruro cálcico:** es utilizado para impermeabilizar y disminuir los polvos en los suelos.
- **Escorias de fundición:** son aplicados en la carpeta asfáltica para brindar una mayor resistencia, así mismo impermeabiliza y prolonga la vida útil.

- **Polímeros:** se emplea en la carpeta asfáltica para dar mayor resistencia, impermeabilizar y prolongar su durabilidad.
- **Hule de Neumáticos:** son usados en carpetas asfálticas para aumentar la resistencia, impermeabilizar y alargar la vida útil. (Gutiérrez C. , 2010)

Además, el Ministerio de transporte y comunicaciones nos da una guía referencial de la selección del tipo de estabilizador.

**Tabla N° 9:** Guía Referencial para la selección del Tipo de Estabilizador

Área	Clase de suelo	Tipo de estabilizador recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1A	SW o SP	1	Asfalto			
		2	Cemento Portland			
		3	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
1B	SW - SM o SP-SM o SW- SC o SP-PC	1	Asfalto	IP no excede de 10		
		2	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		3	Cal	IP no excede de 12		
		4	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
1C	SM o SC o SM-SC	1	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		2	Cemento Portland	(b)		
		3	Cal	IP no excede de 12		
		4	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
2A	GW o Gp	1	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		2	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en el peso de material que pasa la Malla N° 4.
		3	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW- GM o GP- GM o GW- GC o GP-GC	1	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		2	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en el peso de material que pasa la Malla N° 4.
		3	Cal	IP no excede de 12		
		4	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o GC o GM-GC CH o CL o	1	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		2	Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en el peso de material que pasa la Malla N° 4.
		3	Cal	IP no excede de 12		
		4	Cal - Cemento - cenizas volantes	IP no excede de 25		
3	MH o ML o OH o OL o ML - CL	1	Cemento Portland	LL no menos de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
		2	Cal	IP no menor de 20		
IP = Índice Plástico (b) $IP 20 + (50 - \text{Porcentaje que pasa la malla N}^{\circ} 200) / 4$				Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador		Fuente : US Army Corps of Engineers

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014)

**Tabla N° 10:** Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	NORMAS TÉCNICAS	SUELO <sup>1</sup>	DOSEIFICACIÓN <sup>3</sup>	CURADO (APERTURA AL TRÁNSITO) <sup>5</sup>	OBSERVACIONES
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL<40% IP ≥18% CMO <sup>2</sup> < 1.0% Sulfatos (SO4 2 ) Abrasión < 50% AF ≤ 10% AG ≤ 12% Durabilidad SO4 Mg AF ≤ 15% AG ≤ 18	2 - 12 %	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 ó AASHTO M208	A-1,A-2 y A-3 Pasante malla N°200 ≤10% IP ≥18% Equivalencia de arena ≥ 40% CMO <sup>2</sup> < 1.0% Sulfatos (SO4 2 ) < 0.6 % Abrasión < 50% AF ≤ 10% AG ≤ 12% Durabilidad SO4 Mg AF ≤ 15% AG ≤ 18	4 - 8 %	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6,A-2-,A-6 y A-7 10% ≤ IP ≥ 50% CMO <sup>2</sup> < 3.0% Sulfatos (SO4 2 ) < 0.2 % Abrasión < 50%	2 - 8 %	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1,A-2,A-3 IP ≤15% CMO <sup>2</sup> < 3.0% Sulfatos (SO4 2 ) < 0.2 % Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≥ 15% CMO <sup>2</sup> < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m <sup>3</sup>	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1,A-2,A-3 IP ≤15% CMO <sup>2</sup> < 3.0% PH mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m <sup>3</sup>	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≥ 15% 4.5 < Ph ≤ 8.5 CMO <sup>2</sup> No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m <sup>3</sup>	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO <sup>2</sup> < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

<sup>1</sup> Espesor de tratamiento por capas de 6 a 8"

Tamaño máximo: 2", debe carecer de restos vegetales

Los suelos naturales, materiales de bancos de préstamo o mezcla de ambos que sean objeto de estabilización, deben estar definidos en el Expediente Técnico del Proyecto

<sup>2</sup> CMO: Contenido de materia orgánica

<sup>3</sup> Los diseños o dosificaciones deben indicar: formula de trabajo, tipo de suelo, cantidad de estabilizador, volumen de agua, valor de CBR o resistencia a compresión simple o resultados de ensayos Marshall modificado o Illinois, según corresponda al tipo de estabilizador aplicado

<sup>4</sup> Para altitudes mayores a 3000 msnm

<sup>5</sup> Después de finalizado el proceso de compactación

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014).

#### D. Estabilización con enzimas orgánicas

A las enzimas se les denomina moléculas proteicas que catalizan reacciones químicas que actúan casi instantáneamente, estas son catalizadoras, las enzimas son tan concisas que se comportan en sustancias con una configuración precisa y 100% biodegradables.

Las moléculas proteicas sufren desnaturalización, no dializan y pueden saturarse. La desnaturalización modifica la estructura tridimensional o conformación química, con esto afecta la propiedad física-química. Entre los factores físicos está el calor y factores químicos como el PH, los disolventes orgánicos y la fuerza iónica. (Ravines, 2010)

##### **Acción enzimática o catalítica:**

El inicio del proceso de la reacción química en las moléculas se le conoce como sustratos, cuando el sustrato entra en contacto con la enzima se obtiene la reacción catalítica, la cual se realiza en tres etapas:

- El sustrato se une a la enzima produciendo el complejo enzima-sustrato.
- Si la enzima posee un cofactor o coenzima, la enzima genera saturación.
- La enzima termina libre del centro activo para retomar a la formación de nuevas moléculas del sustrato.

Factores que afectan la actividad enzimática:

1. *“Concentración del sustrato.*

2. **Temperatura:**

**Con calor:** *Al calentarse las moléculas se incrementa la energía cinética, Si se emplea demasiado calor se produce la desnaturalización de la enzima.*

**Con disminución de la temperatura:** *La enzima y el sustrato no se encontrarán con tanta velocidad; si la temperatura es menor puede producirse también la desnaturalización de la enzima.*

3. **pH:** *Las enzimas deben trabajar en unas concentraciones de pH precisas, si la enzima está en condiciones desfavorables también se puede generar la*

*desnaturalización de la enzima. Las enzimas que catalizan la mayoría de los procesos bioquímicos”.*

### **Funcionamiento enzimático defectuoso:**

Las enzimas deben tener niveles adecuados sin esos niveles no puede resultar un sistema de forma eficaz. Hay 3 tipos de problemas con las enzimas:

- Deficiencia coenzimática.
- **Competencia por iones metálicos:** La mayoría de enzimas se activan por iones metálicos, sin embargo, esto puede tener problemas si hay competencia de estos iones porque esto genera que se deba reemplazar este ion metálico en el sistema de la enzima, una enzima puede tener una forma no funcional si el ion extraño está en altas concentraciones.
- **Inhibidores de enzimas:** Las enzimas pueden ser desactivadas por iones metálicos lo cual forman las sales o convertirla en una enzima no catalítica. La enzima puede tener una inhibición cuando la molécula extraña se enlaza estrechamente en el sitio activo de la enzima, esto impide el ingreso normal del sustrato.

Las enzimas se utilizan en los pavimentos como estabilizante del suelo como materia aglutinante y catalizadora ya que incrementa el proceso de agua disminuyendo la cantidad de vacíos.

Las enzimas dependiendo de sus tipos pueden mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo, en la parte de la estructura del pavimento (subrasante, subbase y base); los resultados que se generan son los siguientes:

- Aumento de las densidades de compactación.
- La capacidad portante es mejor.
- Prolonga la vida útil de las vías y carreteras.
- La reacciona como adhesivo y prolonga el período de tiempo del mantenimiento y de la reposición de las pérdidas del material pétreo.
- Soporta las cargas superiores a las de su diseño las capas de rodadura que son tratadas con enzimas.
- Tiene una reducción en sus costos.

## 1.7.2. Aditivos con Enzimas Orgánicas

### 1.7.2.1. Terrasil

Este aditivo es un reactivo que modifica al que es soluble con el agua, estable a la radiación ultravioleta y al calor además de estar compuesto al 100% por organosilanos; el aditivo Terrasil tiene como efecto la impermeabilización / hidrofugación de las partículas del suelo tratado en acción con el agua ya que reacciona químicamente con todo tipo de suelos.

El suelo tratado tiene propiedades de impermeabilización e hidrófobas permanentes porque se transforma la superficie debido a la reacción de los silicatos con el aditivo que posee grupos de silanol. Así, el suelo repelerá las moléculas de agua.

Terrasil desarrolla una técnica de estabilización de suelos para mejorar artificialmente sus características como granulométricas finas y problemas de plasticidad para llegar a tener una capa firme aumentando la resistencia mecánica y una escasa variación volumétrica del suelo, esto permite que la aplicación de Terrasil no se limite a terraplenes fondos de carreteras o coronación, también a otros tipos como:

- La estabilización y reparaciones de los caminos y vías de servicio.
- La estabilización de las explanaciones aeroportuarias.
- La estabilización de las infraestructuras ferroviarias, en especial las de alta velocidad.
- La estabilización de los terrenos para explanaciones en obras grandes de urbanización.
- La estabilización de las zonas de vertederos para la construcción sobre ellas de instalaciones deportivas y de ocio. (Optimasoil Nanotechnology, 2020)

La estabilización con Terrasil no ocasiona pérdida de porosidad, incrementa la erosión del agua, no hay expansividad de las arcillas, incrementa el CBR, mayor tiempo de vida útil, repele el agua, disminuye el espesor de las capas en la estructura del pavimento y con eso la disminución de costos.

### 1.7.2.1.1. Ventajas

Para los tipos de ventajas con Terrasil (Optimasoil Nanotechnology, 2020) nos menciona:

**Tabla N° 11: Ventajas del aditivo Terrasil**

ECONÓMICAS	OPERATIVAS	MEDIOAMBIENTALES
- Su tratamiento es económico.	- Su aplicación es fácil y rápida.	- Sostenibilidad e impacto ecológico positivo.
- Los espesores de diseño se reducen.	- Es muy concentrado, poco material a transportar.	- No hay Lixiviación.
- Se reduce los mantenimientos.	- En la mayoría de países no cuenta con arancel aduanero.	- No se modifica su color.
- Su ciclo de vida se alarga.		
- Posibilita el uso de suelos marginales.		
- Se ahorra el material de las canteras.		
TÉCNICAS		
- Permeabilidad, los suelos son resistentes al agua.	- Disminuye los efectos del hielo / deshielo.	
- Resistencia a compresión simple, aumenta.	- Disminuye la expansividad del suelo.	
- CBR, se incrementa.	- Evita las reacciones químicas.	
- Mejora la adherencia con betún y polímeros.	- Previene los movimientos de finos.	
- No hay absorción de agua.	- La transpirabilidad se mantiene.	
- Para todo tipo de suelos.		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 1.7.2.1.2. Estabilización con Terrasil

El procedimiento según (Optimasoil Nanotechnology, 2020) es el siguiente:

#### 1. Estudio previo de laboratorio

1.1. Estudiar humedad óptima de compactación

1.2. Estudiar dosificaciones mínimas para la mejora necesaria

#### 2. Estudio de humedad in-situ (para estimar el agua necesaria para la compactación)

#### 3. Escarificar/roturar el suelo (a la profundidad requerida del tratamiento)

#### 4. Aplicar producto

4.1. Diluir producto en agua: Diluir el producto en el agua de compactación.

4.2. Regar en la dotación definida por los ensayos.

#### 5. Mezclar exhaustivamente

#### 6. Compactar



## 7. Aplicar riego de sellado



*Figura N° 2:* Presentación del aditivo Terrasil

### 1.7.2.2. Perma Zyme

Perma Zyme es utilizado en suelos plásticos - arcillosos para su compactación, el producto es la fermentación de enzimas orgánicas. El intercambio catiónico se debe a que los cationes orgánicos actúan como catalizadores, los cuales rompen los enlaces de los aniones ionizados del suelo, esto genera que la arcilla tenga un cambio en su estructura y se produce la cementación y efecto enzimático.

Los materiales finos plásticos- arcillosos son mejorados debido a las moléculas de las enzimas orgánicas de Perma Zyme cuando interactúa con las partículas del suelo lo cual genera un incremento en el proceso humectante del agua, provocando una acción aglutinante y la disminución en la relación de vacíos entre las partículas del suelo, con esto aumenta la resistencia a compresión, debido que puedan ser más densamente compactadas.

Perma Zyme elimina el agua e incrementa la solidez entre las partículas cohesivas además de reducir la permeabilidad y plasticidad del suelo. Además, la reducción del límite líquido y el índice de plasticidad son posible en los suelos tratados y disminuir la expansión. (Ravines, 2010)



*Figura N° 3:* Presentación del Aditivo Perma Zyme

### Especificaciones del producto para los ensayos

Requisitos del suelo a tratar:

- **Granulometría:** los materiales finos tienen que pasar por el tamiz N° 200, por lo menos el 15% y las arcillas cohesivas en un 6% como mínimo.
- **Plasticidad (límites de Atterberg):** su Límite líquido tiene que ser menor a 30% y el índice plástico tiene que estar entre 5% a 18%.
- **pH:** el suelo tiene que tener un pH de 4,5 – 9,5.
- Los siguientes ensayos se utilizarán:

**California Bearing Ratio (CBR):** Las pruebas que se realicen se tendrán que dejar secar por un tiempo de 72 horas para permitir que el suelo reaccione, luego se sumergen en una poza por 96 horas para que por último se pase a medir la expansión y someterlo a un ensayo de carga.

**Absorción por capilaridad:** como resultados se espera que se reduzca en más del 50%, con respecto a los no tratados.

#### 1.7.2.2.1. Ventajas

- Una máxima vida útil de los caminos por el bajo costo y por su rendimiento en diferentes tipos de condiciones climáticas.
- Disminución de los problemas de caminos como encalaminados, baches y ondulaciones debido al incremento en la estabilidad por la penetración de agua.

- Reducción en la importación del material, ya que se utilizará el material propio.
- Fortalece la unión en el material para que tenga una mejor densidad y cohesión para mejorar las propiedades del material estabilizados y a su vez incrementar la resistencia de la compresión.
- Incrementa la capacidad de carga del camino.
- Disminuye el esfuerzo de compactación del camino tratado debido a la densidad y como resultado menos pasadas de compactador.
- Incrementa la densidad del suelo.
- Reduce la permeabilidad del agua.
- Cambios de temperatura en zonas lluviosas y heladas.

### Parámetros necesarios del suelo para el uso del producto

Parámetros de la ficha técnica:

**Tabla N° 12:** *Parámetros de uso del Perma Zyme*

<b>Granulometría</b>	Rango de 3/4" grava. Fino que pasan el Tamiz N° 200.
<b>Tipos de Suelo</b>	Arcilla sería 18% como mínimo y 35% como máximo según la clasificación SUCS: GM, GC, SW, SP, SC, ML, CL.

**Fuente:** María Ravines, 2014.

### Restricciones del producto:

- En arena limpia y elevado porcentaje de vacíos.
- Elevado contenido de finos y falta de arena, que contenga escasa arcilla.
- Influye la plasticidad, la cantidad de agua y la variabilidad de graduación del suelo.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación tiene como diseño experimental y del tipo experimental bifactorial, porque se va manipular las variables para alterar las propiedades de la variable dependiente, dentro de las variables independientes encontramos lo que son lo aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme, y como variable dependiente la estabilización de la subrasante de la carretera. Mediante los porcentajes que se le adicionará a cada estabilizante se podrá tener resultados que tienen las variables independientes sobre la variable dependiente.

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### 2.2.1. Población

La población de la presente investigación es todos los suelos del Distrito de Mache, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad, 2019.

#### 2.2.2. Muestra

La siguiente investigación tendrá una técnica de muestra no probabilístico, ya que las muestras se basaran por juicio de manera subjetiva para determinar la cantidad de muestras a ensayarse de acuerdo a los conocimientos y criterios de las investigadoras.

En el caso de la exploración de suelos se realizará un muestreo como indica el cuadro 4.1 del Manual de Carreteras, lográndose hacer 2 calicatas por km.

Para este caso se considerará el análisis para el CBR de las muestras que han sido extraídas de 6 calicatas ubicadas cada un kilómetro de distancia, obteniendo el número de las muestras patrón y las muestras con los aditivos.

**Tabla N° 13:** Cantidad de muestras para CBR por Calicata

MUESTRAS	DOSIFICACIÓN	N° DE GOLPES	N° DE MUESTRAS
Muestra Patrón	0	12, 25 y 56	3
Muestra + Perma Zyme	1 Lt x m <sup>3</sup>	12, 25 y 57	3
Muestra + Terrasil	1 kg/m <sup>3</sup>	12, 25 y 58	3
<b>TOTAL =</b>			<b>9</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Tabla N° 14:** *Cantidad de muestra por calicata*

Progresivas ( km)	Código de Calicata	Cantidad de Material (kg)
0 + 500	C - 01	100.00
1 + 000	C - 02	100.00
1 + 500	C - 03	100.00
2 + 000	C - 04	100.00
2 + 500	C - 05	100.00
3 + 000	C - 06	100.00
3 + 500	C - 07	100.00
4 + 000	C - 08	100.00
4 + 500	C - 09	100.00
5 + 000	C - 10	100.00
5 +5000	C - 11	100.00
<b>TOTAL</b>		<b>1100.00</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Para la siguiente investigación se tendrán un Total de 1,100 kg de muestra que se detallará de acuerdo al uso que se le dé:

Los porcentajes de la dosificación a realizar en la estabilización de suelos para la mezcla de los aditivos con el suelo son los siguientes:

**Tabla N° 15:** *Dosificación de los aditivos*

Aditivo	Dosificación
Terrasil	1 kg/m <sup>3</sup> .
Perma Zyme	1.0 Lt. Por cada 30m <sup>3</sup> de suelo compactado.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnica

La presente investigación utilizara como técnica la observación de tipo directa, ya que se va a seleccionar, ver y registrar las características del suelo patrón de cada una de las calicatas de donde se haga la extracción de las muestras de suelo.

### 2.3.2. Instrumentos

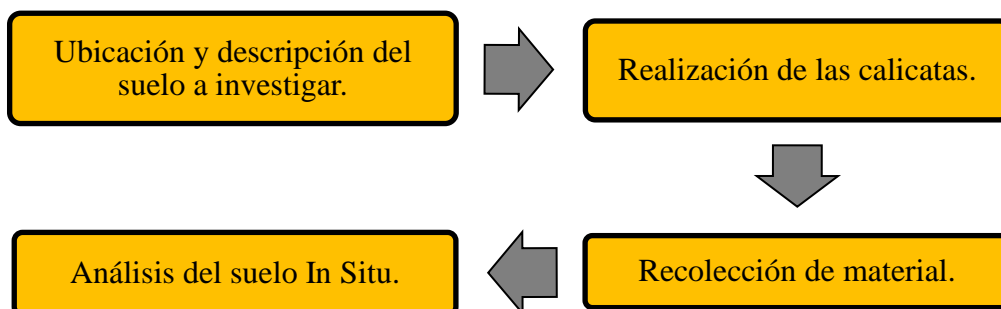
El instrumento de recolección de datos será la guía de observación (Tabla N° 16) porque a través de ella se determinara las características generales de cada muestra que se tome con el fin de tener cuenta el tipo de suelo de cada tramo donde se realice la extracción para su análisis en el laboratorio.

**Tabla N° 16: Formato de la Guía de Observación**

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>			
<b>INVESTIGADORES</b>	-	<b>Fecha:</b>	
<b>N° de Muestra:</b>		<b>Progresiva:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>			
<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Departamento</b>	
<b>Altitud</b>		<b>Coordenadas</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA</b>			
<b>Clima</b>		<b>Tipo de suelo</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA</b>			
<b>Cota</b>	<b>Ancho de la vía</b>	<b>Profundidad</b>	
<b>Tipo de carretera</b>		<b>Tipo de tránsito</b>	
<b>DATOS DE LA CALICATA</b>			
<b>Estrato</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Descripción</b>	
<b>OBSERVACIONES &amp; COMENTARIOS</b>			

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Para la recolección de datos se tendrá las siguientes consideraciones:



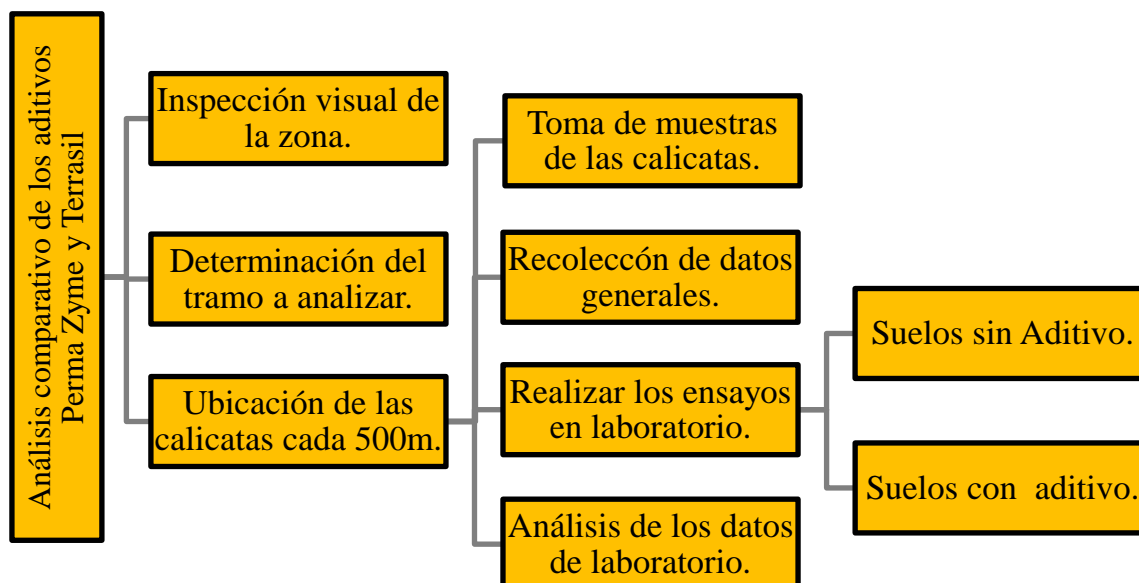
**Figura N° 4:** Consideraciones de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

### 2.3.3. Análisis de datos

La presente investigación será de inferencia estadística para determinar a través de la muestra cual es el comportamiento de la población con riesgo de error medible, lo cual se realizará en el programa computacional estadístico SPSS. Para la hipótesis la investigación es una prueba no paramétrica utilizando la técnica estadística de Análisis de Varianza ANOVA, ya que la investigación es de diseño experimental, con este tipo de instrumento se podrá constatar las hipótesis de investigación, si el aditivo Terrasil mejora la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada en comparación al aditivo Perma Zyme.

## 2.4. Procedimiento



**Figura N° 5:** Procedimiento de la Investigación

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

#### 2.4.1. Procedimiento de recolección de datos

El desarrollo de esta investigación se realizó en el distrito de Mache provincia de Otuzco departamento La Libertad ubicado en la parte oriental de la Cordillera de los andes, este distrito está a una altitud de 3,324 msnm.

Para la determinación de tramos se seleccionó una carretera no pavimentada que une el distrito de Mache con otros caseríos, siendo esta vía de acceso una de la más desfavorables de la zona tal y como se reconoció mediante la inspección visual considerando el punto de inicio y final de la carretera; para determinar la ubicación de las calicatas se empleó el cuadro 4.1 (Número de calicatas para exploración de suelos) del Manual de Carreteras, considerándose una carretera de tercera clase se hicieron 2 calicatas por kilómetro con una separación de 500m cada una, debido a que la carretera está en ascenso a las faldas de una montaña y las características del suelo no son tan uniformes, ya que se pudo observar suelos arcillosos en unos tramos y en otro un poco arenoso proveniente de la descomposición una roca sedimentaria.



*Figura N° 6:* Inspección visual de la zona

Una vez identificados los puntos se obtuvo un total de once calicatas, estas se hicieron con las dimensiones de 1m x 1m con una profundidad de 1.50 m para la extracción de las muestras y a la vez se procedió el llenado de datos en la guía de observación de cada una de las calicatas, para que luego todas las muestras sacadas



sean analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, realizándose los ensayos correspondientes tales como el análisis granulométrico por lavado (ASTM D – 421), el contenido de humedad (ASTM D – 2216 / NTP 339.127), el límite líquido (ASTM D – 433) y el límite plástico (ASTM D – 434) para poder hacer la clasificación de suelos de acuerdo a AASHTO (ASTM D – 3282 / AASHTO M – 145) y SUCS (ASTM D – 2487); posteriormente se continuó haciendo los ensayos del el peso específico (ASTM D – 854), el proctor modificado (ASTM D – 1557 / NTP 339.141), California Bearing Ratio (CBR) (ASTM D – 1883 / NTP 339.143) y el pH (MTC E – 129 / NTP 339.176); siguiendo los procedimientos como lo especifica cada norma según el tipo de ensayo.

En el caso de los ensayos de proctor modificado y CBR se tomó en cuenta solo las muestras de las calicatas C – 01, C – 03, C – 05, C – 07, C – 09 y C – 11, estando estas a 1 km de separación entre cada una para un mejor análisis de muestras, para estos ensayos se realizó la muestra patrón ( sin aditivo) y muestras con los aditivos Terrasil y Perma Zyme para que posteriormente se le haga el análisis estadístico correspondiente para validar el resultado correcto, para poder aplicarse en la estabilización del suelo de la subrasante de la carretera señalada.

#### **2.4.2. Ensayos de laboratorio**

Después de haber extraído las muestras de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio siguiendo los procedimientos de acuerdo a las normas respectivas:

##### **2.4.2.1. Análisis de Granulométrico por lavado**

Este ensayo hace referencia a la repartición de partículas según el tamaño después de haberse lavado en el Tamiz N° 200, para determinar la cantidad de material que quedaron retenidos y sobre todo identificar la cantidad aproximada de partículas de agregados grueso, finos y limos que hay en cada muestra.



**Figura N° 7:** Ensayo de granulometría por lavado

En este caso se lavaron 2 kg de muestra para poder realizar el análisis, el procedimiento de este ensayo está estipulado en la norma ASTM D – 421, donde recomienda que después del lavado la muestra que queda retenida en el Tamiz N° 200 se seque en el horno por 24 horas y de ahí realizar el tamizado de la muestra por los tamices de 3”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, N°4, N°8, N°16, N°30, N° 50, N°100 y N° 200, para poder clasificarlo según el tamaño de sus partículas e identificar el tipo de material (Tabla N° 17).



**Figura N° 8:** Ensayo de granulometría por tamizado

**Tabla N° 17:** *Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

Tipo de Material		Tamaño de las Partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm Arena Media : 2.00 mm - 0.425 mm Arena Fina : 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014).

Luego de haber realizado el ensayo se analizó los datos para determinar el porcentaje de material que quedo retenido usando la Ecuación N° 1 y para la obtención del porcentaje retenido acumulado se empleó la Ecuación N° 2.

**Ecuación N° 1:** *Porcentaje de muestra retenida*

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_r}{W_T} \times 100$$

Donde:

$W_T$  = Peso total del material

$W_r$  = Peso retenido en la malla

**Ecuación N° 2:** *Porcentaje retenido acumulado*

$$\% \text{Retenido Acumulado} = (\Sigma \% \text{ Retenido}) + \% \text{Retenido}_{\text{anterior}}$$

Finalmente para determinar el porcentaje del material que pasa se usa la Ecuación N°3, para que luego se realice el grafico correspondiente donde se toma en cuenta los datos del porcentaje que pasa y el tamaño del Tamiz (mm).

**Ecuación N° 3:** *Porcentaje que pasa*

$$\% \text{Que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

#### 2.4.2.2. Contenido de Humedad

Este ensayo determina la cantidad de agua existente en cada una de las muestras, debido a que es importante saber el porcentaje de humedad del suelo en su estado natural. Para la realización de este ensayo se siguió los pasos que se establecen en la norma ASTM D – 2216, donde el proceso fundamental es dejar la muestra por un aproximado de 24hrs en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .

Luego de haber obtenido los pesos de las muestras tanto en su estado húmedo natural y en estado seco se determina el porcentaje de humedad empleando la Ecuación N°4.

**Ecuación N° 4: Contenido de Humedad**

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

**W** = Porcentaje del contenido de humedad (%)

**W<sub>w</sub>** = Peso del agua (g)

**W<sub>s</sub>** = Peso del suelo seco (g)

**2.4.2.3. Límite líquido**

En este ensayo hace referencia al porcentaje del contenido de humedad de la muestra con respecto al peso seco de esta, es decir que el estado líquido de la muestra va ir cambiando hasta llegar a su estado plástico, para la ejecución de este tipo de ensayo la muestra tiene que pasar por el Tamiz N°40 para que luego sea mezclada con agua para obtener la consistencia necesaria para su evaluación tal y como se expresa en la norma ASTM D – 433.



**Figura N° 9:** Ensayo de Límite Líquido

Después de tener los datos correspondientes se utiliza la Ecuación N°5 para determinar el porcentaje del contenido humedad y finalmente se usa la Ecuación

Nº6 para hallar el límite líquido a los 25 golpes; tanto el límite líquido como el límite plástico tienen una relación donde permiten saber por medio de los ensayos el comportamiento del suelo para medir su permeabilidad, resistencia y compactibilidad.

**Ecuación N° 5: Límite Líquido**

$$L.L(\%W) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

**Ecuación N° 6: Límite Líquido a 25 golpes**

$$L.L = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

$W^n$  = Contenido de humedad del suelo

$N$  = Número de golpes para cerrar la ranura

**2.4.2.4. Límite plástico**

En este ensayo es importante determinar el contenido de humedad en un estado mínimo de cantidad de agua mezclado con la muestra de partículas finas, debido a que el agua influye mucho en la plasticidad de un suelo, es por ello que se analizan las muestras con cierta cantidad hasta encontrar una que no provoque la desintegración del suelo por ser muy sólido u otro resultado sería que se vuelva muy líquido y en ambos casos el suelo no sería trabajable, se tomó en cuenta los datos y procedimientos de la norma ASTM D – 334.



**Figura N° 10:** *Ensayo del Límite Plástico*

Luego de tener los datos de laboratorio se reemplazan en la Ecuación N°7 para determinar el límite plástico, una vez se tenga ese resultado se halla el índice de plasticidad empleando la Ecuación N°8, para que finalmente con estos resultados se haga la clasificación de suelo conforme se detalla en la Tabla N° 18.

**Ecuación N° 7:** *Límite Plástico*

$$L.P = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

**Ecuación N° 8:** *Índice de Plasticidad*

$$I.P = L.L - L.P$$

**Tabla N° 18:** *Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos.
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos.
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad.
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla.

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014).

Se realiza los ensayos de los límites de Atterberg para verificar el comportamiento del suelo en un estado líquido y plástico con relación a su contenido de humedad.

#### 2.4.2.5. Clasificación de suelos por AASHTO

La clasificación de suelos por American Associate of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es utilizado para determinar la clasificación de los materiales que componen un suelo, con el fin de comprobar que si el suelo es granular o fino de acuerdo a los resultados del porcentaje que pasa por los tamices N°10, N°40 y N°200 del análisis granulométrico, luego se toma en cuenta los resultados del límite líquido, límite plástico y el cálculo del índice de grupo, este último se calcula empleando la Ecuación N° 9, el valor que se obtiene en el índice de grupo va en un rango de 0 a 20 siendo un valor entero positivo, en el caso que sea negativo se considera como 0 lo que significa que es un suelo muy bueno y en caso que el valor sea mayor o igual a 20 este suelo es considerado pobre, tal y como se muestra en la Tabla N° 19.

**Ecuación N° 9:** *Cálculo del Índice de Grupo*

$$I.G = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Donde:

**a** =  $F - 35$  (Fracción del porcentaje que pasa el Tamiz N°200 – 74 micras).

Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

**b** =  $F - 15$

**c** =  $L.L - 40$  (L.L: Límite Líquido). Expresado por valor entero entre 0 y 20.

**d** =  $I.P - 10$  (I.P: Índice de Plástico). Expresado por un valor entero entre 0 y 20 o más.

**Tabla N° 19:** *Clasificación de suelos según el Índice de Grupo*

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014).

El sistema de clasificación AASHTO divide los suelos en 7 grupos tales como muestra en la Tabla N° 6, siendo respaldados esos datos de la tabla por la norma ASTM D – 3282 y AASHTO M -145.

#### 2.4.2.6. Clasificación de suelos por SUCS

Se clasifica los suelos utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) con el fin de determinar el comportamiento del suelo analizado siguiendo las pautas de la norma ASTM D – 2487, en la clasificación por este sistema es importante contar con los resultados del análisis granulométrico, los límites líquidos, límites plásticos y el índice de plasticidad para poder determinar el tipo de suelo como se observa en la Tabla N°8.

En esta clasificación los grupos son asignados mediante símbolos de acuerdo al tipo de suelo, los símbolos están conformados por un prefijo y sufijos como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 20:** *Tipos de Suelo con sus prefijos y sufijos*

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	<b>G</b>	Bien graduada	<b>W</b>
Arena	<b>S</b>	Mal graduada	<b>P</b>
Limo	<b>M</b>	Limoso	<b>M</b>
Arcilla	<b>C</b>	Arcilloso	<b>C</b>
Órganico	<b>O</b>	Límite Líquido alto (> 50)	<b>L</b>
Turba	<b>Pt</b>	Límite Líquido bajo (< 50)	<b>H</b>

**Fuente:** David G. Cedeño Plaza (2013)

#### 2.4.2.7. Peso específico

Este ensayo sirve para encontrar el volumen que ocupa el material, donde se considera la relación del peso de las partículas sólidas de la muestra de suelo con el peso del agua a una misma temperatura, según indica la norma ASTM D – 854, el material fino que paso por el Tamiz N° 8 se coloca en una fiola de 500 cm<sup>3</sup> con agua y se deja reposar por 24 horas, para que después esa muestra sea llevada al horno por 24 horas a una temperatura de 110 ± 5° C.





**Figura N° 11:** Ensayo de Peso Específico

Una vez que se tenga el peso de la fiola con agua más la muestra y el peso seco de la muestra que se sacó del horno se reemplaza en la Ecuación N°10 para determinar el peso específico de cada muestra que se analizó en el laboratorio.

**Ecuación N° 10:** *Peso Específico*

$$\gamma_s = \frac{W_s}{(W_s + W_{fw} - W_{fws})}$$

Donde:

$\gamma_s$  = Peso específico

$W_s$  = Peso de suelo seco (g)

$W_{fw}$  = Peso de fiola más agua (g)

$W_{fws}$  = Peso de fiola más agua con la muestra (g)

#### 2.4.2.8. Proctor Modificado

Con este ensayo se determina la relación entre el contenido de humedad óptimo y el peso unitario del suelo de un suelo compactado en un molde con un pisón de 44.5 N (10 lbf) que cae a una altura de 457 mm (18 pulg) el cual producirá una energía de compactación de 270 kN-/m<sup>3</sup>, haciendo que por medio de este proceso se eliminen vacíos. En la norma ASTM D – 1557 se establece que parte del ensayo es verificar que método utilizar, para esta investigación se determinó

el método “B” debido a las condiciones que presenta el suelo ya que más del 20% del material quedó retenido en el Tamiz N° 4.

Una vez determinado el método para el uso del molde adecuado, el llenado de la muestra se hace en 5 capas y a cada una de ellas se le compacta con 25 golpes, así mismo se consideró empezar con un 8% de agua en la mezcla con el suelo subiendo gradualmente en un 3% hasta encontrar el contenido de humedad óptimo para que luego se determine la máxima densidad seca, este proceso se realiza tanto para la muestra patrón como para las muestras con los aditivos de Terrasil y Perma Zyme.

Ya teniendo los datos correspondientes del ensayo en laboratorio se determina la densidad húmeda y la máxima densidad seca con las siguientes ecuaciones.

**Ecuación N° 11:** *Cálculo de la Densidad Húmeda*

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 \times V}$$

**Ecuación N° 12:** *Cálculo de la Máxima Densidad seca*

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda del espécimen compactado (g/cm<sup>3</sup>)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

$M_{md}$  = Masa del molde compactado (kg)

$V$  = Volumen del molde compactado (cm<sup>3</sup>)

$\rho_d$  = Máxima densidad seca del espécimen compactado (g/cm<sup>3</sup>)

$W$  = Contenido de humedad (%)

#### 2.4.2.9. California Bearing Ratio (CBR)

Este ensayo es importante debido a que se determina la resistencia del suelo o mejor dicho la capacidad de soporte que tiene este bajo las condiciones de los resultados de la relación del contenido de humedad y la máxima densidad seca.

Se encuentra normado por la ASTM D – 1883, el cual especifica que para este ensayo se tiene realizar en 3 fases:

**A. Determinar la densidad y humedad del suelo**, donde se va a compactar la muestra en 5 capas en 3 moldes, realizando en cada molde cierta cantidad de golpes por capa obteniendo de esta manera un molde con 12 golpes, otro con 25 golpes y el ultimo con 56 golpes; para que finalmente se determine la densidad húmeda, contenido de humedad y la densidad seca.



*Figura N° 12:* Ensayo de CBR

**B. Determinar las propiedades expansivas del material**, para esta parte del ensayo se tuvo que voltear las muestras y usar papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, un trípode y un dial de expansión; con la finalidad de medir el hinchamiento de las muestras al sumergirse en un tanque de agua por 96 horas registrándose las lecturas de expansión cada 24 horas.



**Figura N° 13:** Ensayo de Hinchamiento

**C. Determinar la resistencia a la penetración**, una vez que pasaron las 96 horas de las muestras sumergidas se retiran del tanque, así como también se les retira el trípode, el días, la sobrecarga y placa de expansión dejándose drenar por unos 15 minutos, para que finalmente se coloque la sobrecarga a cada molde y se lleven a la prensa hidráulica donde se realiza el ensayo de penetración utilizando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min.

Estas fases se realizaron tanto para la muestra patrón como para las muestras con los aditivos Terrasil y Perma Zyme, una vez obtenido los datos del ensayo se procede a determinar con estos el valor del CBR usando la siguiente ecuación:

**Ecuación N° 13:** *Cálculo de California Bearing Ratio (CBR)*

$$CBR = \frac{\sigma_t}{\sigma_p} \times 100$$

Donde:

$\sigma_t$  = Esfuerzo de la muestra

$\sigma_p$  = Esfuerzo patrón



*Figura N° 14:* Ensayo de Penetración (CBR)

### 2.4.3. Análisis estadístico

#### 2.4.3.1. Prueba de normalidad

Se realiza esta prueba con la finalidad de verificar si los datos de la variable dependiente trabajan con normalidad en toda la población de la muestra, donde se indica a la vez esta prueba si se debe o no rechazar la hipótesis nula de los resultados que provienen de una distribución de la población normalmente. (Dietrichson, 2019)

Para esta investigación se usara la prueba de Shapiro Wilk ya que se analizan muestras menores a 50 elementos, donde las hipótesis son las siguientes:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** La distribución es normal.
- **Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** La distribución no es normal.

#### 2.4.3.2. Prueba de Homogeneidad de Varianza

Es conocido como homocedasticidad, en el que se considera que la varianza no varía en los niveles de un factor.

- **Test de Levene**

Es empleada para analizar la igualdad de varianzas para una variable que es calculado para dos o más grupos y permitir que elegir distintos estadísticos de centralidad: la media, mediana y media truncada. Es importante al momento de evidenciar la homocedasticidad dependiendo si los grupos se dividen de forma normal o no. (Amat, 2016)

#### **2.4.3.3. Análisis de varianza**

Es conocido también como ANOVA, este análisis es una técnica que se utiliza para decidir si las medias de dos poblaciones a más son iguales, mayormente se basa en una sola muestra que se obtiene de cada población; sirviendo de esta manera para estudiar los efectos posibles de los factores en la varianza de una variable. (Amat, 2016)

#### **2.4.3.4. Prueba de Tukey**

Se utiliza en ANOVA y sirve para poder crear intervalos de confianza en todas las distintas parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras conserva la tasa de error por familia a un nivel significativo, permitiendo discernir si los valores obtenidos son diferentes o no. (Perez, 2020)

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados de los ensayos analizados

**Tabla N° 21:** Resumen de resultados del estudio de suelos

DATOS GENERALES			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN DE SUELOS		CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO ESPECÍFICO	pH	PROCTOR MODIFICADO						CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					
N° de Muestra	Calicata	Progresiva (km)	% Que pasa por Tamiz N° 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	AASHTO	SUCS	W (%)	γ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )		MUESTRA PATRÓN		PERMA ZYME		TERRASIL		MUESTRA PATRÓN CBR 95%		PERMA ZYME CBR 95%		TERRASIL CBR 95%	
											H. Óptimo (%)	Máx. Dens. Seco (g/cm <sup>3</sup> )	H. Óptimo (%)	Máx. Dens. Seco (g/cm <sup>3</sup> )	H. Óptimo (%)	Máx. Dens. Seco (g/cm <sup>3</sup> )	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
1	C-01	0+500	58.73	51.59	22.34	29.3	A-7-6	CH	39.54	2.70	6.30	18.03	1.59	18.68	1.63	18.4	1.56	4.19	5.00	16.55	20.33	14.20	15.72
2	C-02	1+000	61.33	50.77	23.49	27.3	A-7-6	CL	21.69	2.69	6.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	C-03	1+500	56.20	40.93	29.20	11.7	A-7-6	ML	19.63	2.66	6.60	12.15	1.80	12.75	1.81	11.11	1.82	4.65	5.15	34.69	35.41	24.65	25.71
4	C-04	2+000	55.51	39.43	17.16	22.3	A-7-6	CL	21.26	2.69	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	C-05	2+500	52.18	59.73	36.70	23	A-7-5	CH	29.46	2.70	6.20	18.98	1.65	16.66	1.65	17.11	1.65	4.93	5.35	7.38	9.49	7.19	6.74
6	C-06	3+000	52.49	43.55	27.84	15.7	A-7-6	SC	12.04	2.72	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	C-07	3+500	32.94	41.33	25.01	16.3	A-2	SC	21.22	2.66	6.00	12.18	1.82	12.74	1.76	13.19	1.71	7.43	13.22	14.79	16.09	19.47	21.77
8	C-08	4+000	51.03	52.02	28.72	23.30	A-7-6	SC	24.54	2.70	6.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	C-09	4+500	71.02	36.91	27.57	9.34	A-7-6	ML	24.67	2.69	6.20	17.63	1.61	21.06	1.44	17.14	1.34	5.38	5.96	8.62	10.25	10.17	10.83
10	C-10	5+000	57.54	44.91	36.39	8.52	A-7-5	ML	28.85	2.69	5.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	C-11	5+500	65.89	46.69	28.85	17.8	A-7-6	CL	27.00	2.69	5.80	18.55	1.67	19.85	1.39	17.05	1.61	8.01	8.66	12.81	13.28	11.85	12.72

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En la Tabla N° 21 se presenta el resumen de los resultados del análisis granulométrico por lavado que se realizó a las once calicatas analizadas de la carretera no pavimentada en el distrito de Mache, provincia de Otuzco, departamento La Libertad; rigiéndose este ensayo a la norma ASTM D – 421. Se observa en esta tabla los resultados del porcentaje del material que pasa por el Tamiz N° 200 de cada una de las muestras que han sido analizadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Se tiene en la tabla el resumen de los resultados de los ensayos del Límite Líquido (ASTM D – 433), Límite Plástico (ASTM D – 434) e Índice de Plasticidad, donde se muestra por medio de porcentajes los resultados para las once calicatas que se analizaron.

También se presentan los resultados que se obtuvieron de la Clasificación de suelos por AASHTO (ASTM D – 3282 / AASHTO M – 145) y por SUCS (ASTM D – 2487) para las once muestras de las calicatas que se hicieron en la carretera seleccionada.

Así mismo se muestra en la Tabla N° 21 el resumen de los resultados que se obtuvieron mediante al ensayo para determinar el contenido de humedad (ASTM D – 2216 / NTP 339.127) de las once calicatas realizadas a un 1.50m de profundidad.

Después de los resultados de la clasificación de los suelos, se encuentra el resumen de los resultados del ensayo de peso específico conforme a las normas que se rigen para este ensayo (ASTM D – 1557 / NTP 339.141).

En la Tabla N°21 se observa los resultados del análisis del pH (NTP 339.176 / MTC E – 129), elaborados en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Trujillo; habiendo sido analizados con cierta cantidad de muestra de las once calicatas para la verificación de la alcalinidad y salinidad de los suelos que se extrajeron en Mache.

Se puede observar el resumen de los resultados del ensayo de Proctor Modificado (ASTM D – 1557 / NTP 339.141) realizados con el material de las calicatas C – 01, C – 03, C – 05, C – 07, C – 09 y C – 11, en donde se obtuvo los valores de la Máxima Densidad Seca y el Contenido de Humedad Óptimo tanto de la muestra patrón como de las muestras con los aditivos Perma Zyme y Terrasil.

La Tabla N°21 presenta en resumen los resultados que se obtuvieron mediante el ensayo de la relación de soporte california o California Bearing Ratio (CBR), bajo la normativa ASTM D – 1883 / NTP 339.145 para las mismas calicatas que se analizaron en el ensayo del Proctor Modificado. Se puede observar que están los resultados del ensayo a la muestra patrón y a los de las muestras con los aditivos Perma Zyme y Terrasil, los cuales se trabajó con una dosificación de 1 kg/m<sup>3</sup> (Terrasil) y 1.0 L por cada 30 m<sup>3</sup> de suelo compactado (Perma Zyme).

## 3.2. Resultados estadísticos del análisis de los datos

### 3.2.1. Prueba de normalidad

Mediante el uso del Software estadístico SPSS se realizó la prueba de Normalidad por medio del estadístico Shapiro Wilk, para evaluar la normalidad en los datos de los ensayos con aditivo y sin aditivo, donde se presenta dos condiciones

- Cuando **H<sub>0</sub>** es mayor a 0.05 presentan Normalidad
- Cuando **H<sub>1</sub>** es menor a 0.05 no presentan Normalidad

En este análisis se obtuvo que si hay una distribución de normalidad ya que los resultados son mayores a 0.05.



**Tabla N° 22: Prueba de Normalidad para CBR 0.1''**

Descripción	Estadístico	Shapiro - Wilk	
		gl.	Sig.
CBR Sin enzimas	0.867	6	0.214
CBR Con enzimas de Terrasil	0.953	6	0.764
CBR Con enzimas de Perma Zyme	0.80	6	0.059

Fuente: Software Estadístico SPSS

**Tabla N° 23: Prueba de Normalidad para CBR 0.2''**

Descripción	Estadístico	Shapiro - Wilk	
		gl.	Sig.
CBR Sin enzimas	0.80	6	0.059
CBR Con enzimas de Terrasil	0.963	6	0.843
CBR Con enzimas de Perma Zyme	0.815	6	0.08

Fuente: Software Estadístico SPSS

### 3.2.2. Prueba de Homogeneidad de varianza

Mediante el Software estadístico SPSS se realiza la prueba de Homogeneidad de Varianza mediante el estadístico de Levene, para evaluar la comparación de las muestras patrón con las muestras con Terrasil y Perma Zyme, donde se presenta dos condiciones

- Cuando es mayor a 0.05 presentan Homogeneidad de Varianza
- Cuando es menor a 0.05 no presentan Homogeneidad de Varianza

Los resultados de los ensayos de CBR con muestra patrón y muestras con los aditivos Perma Zyme y Terrasil presentan significancia porque sus resultados es mayor a 0.05.

**Tabla N° 24: Prueba de Homogeneidad de Varianza para CBR 0.1''**

Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.426	2	15	0.122
Se basa en la mediana	1.807	2	15	0.198
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.807	2	7.798	0.226
Se basa en la media recortada	2.112	2	15	0.156

Fuente: Software Estadístico SPSS.

**Tabla N° 25: Prueba de Homogeneidad de Varianza para CBR 0.2''**

Descripción	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.425	2	15	0.122
Se basa en la mediana	1.638	2	15	0.227
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.638	2	8.615	0.25
Se basa en la media recortada	2.147	2	15	0.151

Fuente: Software Estadístico SPSS.

### 3.2.3. Prueba de hipótesis (ANOVA)

El valor de significancia es mayor que 0.05 se acepta la variable  $H_0$  (Hipótesis Nula), ya que no existe diferencias significativas entre las medias de los valores de CBR de los grupos de las muestras patrón, con las muestras con adición de enzimas de Perma Zyme y Terrasil.

**Tabla N° 26: Prueba de Hipótesis para CBR 0.1''**

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	343.454	2	171.727	3.54	0.055
Dentro de grupos	727.648	15	48.51		
Total	1071.101	17			

Fuente: Software Estadístico SPSS.

**Tabla N° 27: Prueba de Hipótesis para CBR 0.2''**

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	365.774	2	182.887	3.556	0.054
Dentro de grupos	771.39	15	51.426		
Total	1137.165	17			

Fuente: Software Estadístico SPSS.

### 3.2.4. Prueba de Tukey

Se realizó la prueba de Tukey donde se ve las diferencias significativas entre las medias de los 3 grupos. También se pudo observar las comparaciones múltiples de los ensayos de CBR, donde el programa los compara en par en par para poder observar si los resultados son significativos en el nivel 0.05.

Los grupos analizados no presentan diferencias significativas porque son mayores a 0.05 en todos los grupos, por lo cual se acepta la Hipótesis Nula H0.

**Tabla N° 28: Prueba de Tukey para CBR 0.1''**

HSD Tukey <sup>a</sup>		
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		<b>1</b>
CBR Sin enzimas	6	5.765
CBR Con enzimas de	6	14.5883
CBR Con enzimas de Perma Zyme	6	15.4183
Sig.		0.072

Fuente: Software Estadístico SPSS.

**Tabla N° 29: Prueba de Tukey para CBR 0.2''**

HSD Tukey <sup>a</sup>		
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		<b>1</b>
CBR Sin enzimas	6	6.89
CBR Con enzimas de	6	15.615
CBR Con enzimas de Perma Zyme	6	17.1133
Sig.		0.064

Fuente: Software Estadístico SPSS.

*Tabla N° 30: Prueba de Tukey Comparación múltiple CBR 0.1''*

Variables dependientes		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>CBR Sin enzimas</b>	CBR Con enzimas de Terrasil	-8.82333	4.02119	0.105	-19.2682	1.6216
	CBR Con enzimas de Perma Zyme	-9.65333	4.02119	0.072	-20.0982	0.7916
<b>CBR con aditivo Terrasil</b>	CBR Sin enzimas	8.82333	4.02119	0.105	-1.6216	19.2682
	CBR Con enzimas de Perma Zyme	-0.83	4.02119	0.977	-11.2749	9.6149
<b>CBR con aditivo Perma Zyme</b>	CBR Sin enzimas	9.65333	4.02119	0.072	-0.7916	20.0982
	CBR Con enzimas de Terrasil	0.83	4.02119	0.977	-9.6149	11.2749

Fuente: Software Estadístico SPSS.

*Tabla N° 31: Prueba de Tukey Comparación múltiple CBR 0.2''*

Variables dependientes		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>CBR Sin enzimas</b>	CBR Con enzimas de Terrasil	-8.725	4.14029	0.122	-19.4793	2.0293
	CBR Con enzimas de Perma Zyme	-10.22333	4.14029	0.064	-20.9776	0.5309
<b>CBR con aditivo Terrasil</b>	CBR Sin enzimas	8.725	4.14029	0.122	-2.0293	19.4793
	CBR Con enzimas de Perma Zyme	-1.49833	4.14029	0.931	-12.2526	9.2559
<b>CBR con aditivo Perma Zyme</b>	CBR Sin enzimas	10.22333	4.14029	0.064	-0.5309	20.9776
	CBR Con enzimas de Terrasil	1.49833	4.14029	0.931	-9.2559	12.2526

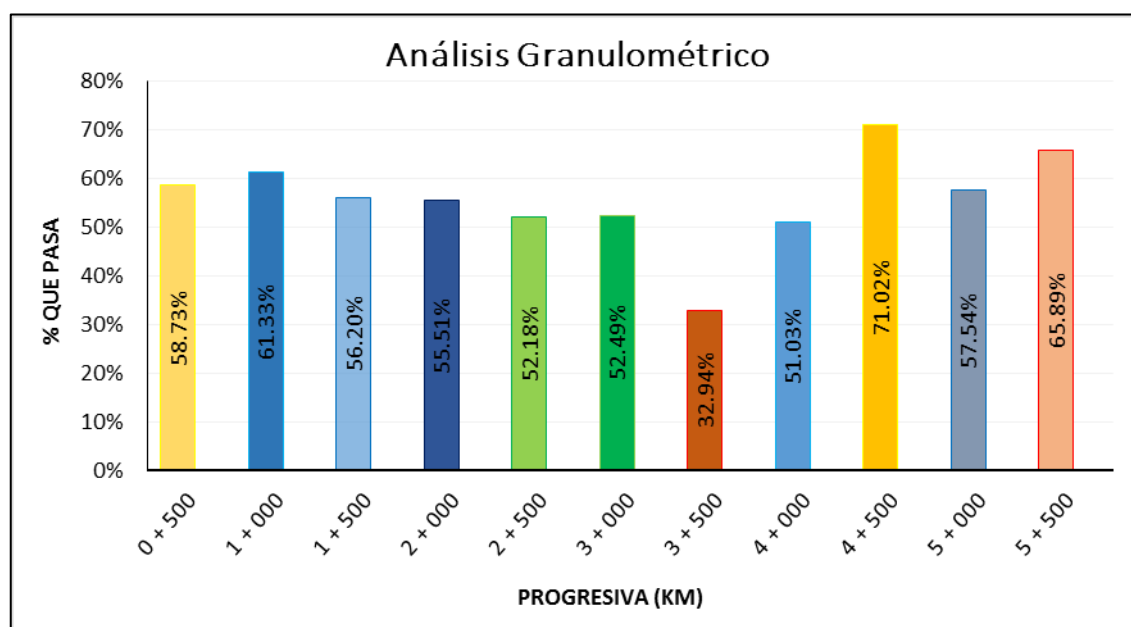
Fuente: Software Estadístico SPSS.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Granulometría

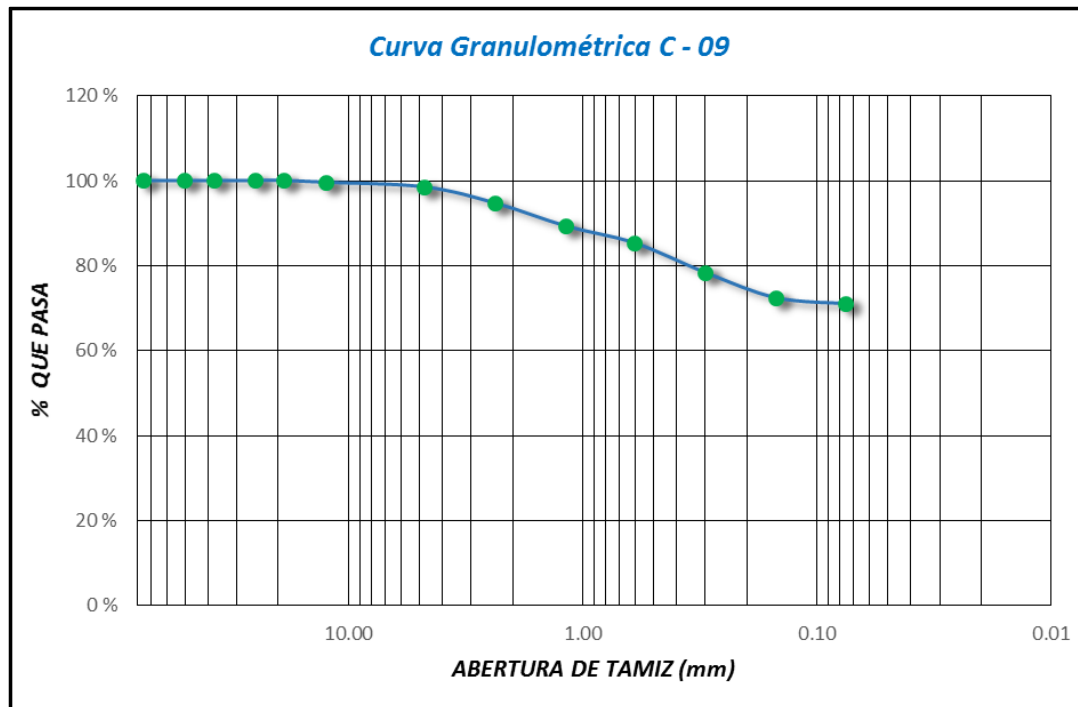
Para la determinación del tipo de suelo es indispensable el análisis de granulometría de una de las vías de acceso para el distrito de Mache en la Provincia de Otuzco donde se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla N°21, determinándose el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 corroborando de este análisis que la mayoría del material está compuesto por finos ya que como se indica en la norma ASTM D 421 la mayoría de las muestras pasan más del 50% del material por dicho tamiz.



*Figura N° 15:* Gráfico del Análisis granulométrico

Los datos más resaltantes de las once muestras analizadas son M-02 con un 61.33%, M-09 con 71.02% y M-11 con 65.89%, donde se observa que hay más presencia de material fino se verifica en la Figura N°15, como tal es el caso de la muestra M-09 por ser la muestra con un valor mayor como se puede ver en la Figura N°16 donde la curva granulométrica representa los valores de los porcentajes que pasan por los tamices que se utilizaron para el análisis.

Con este análisis realizado se podrá clasificar el suelo por SUCS y AASHTO con el fin de determinar el tipo de suelo al que pertenece.



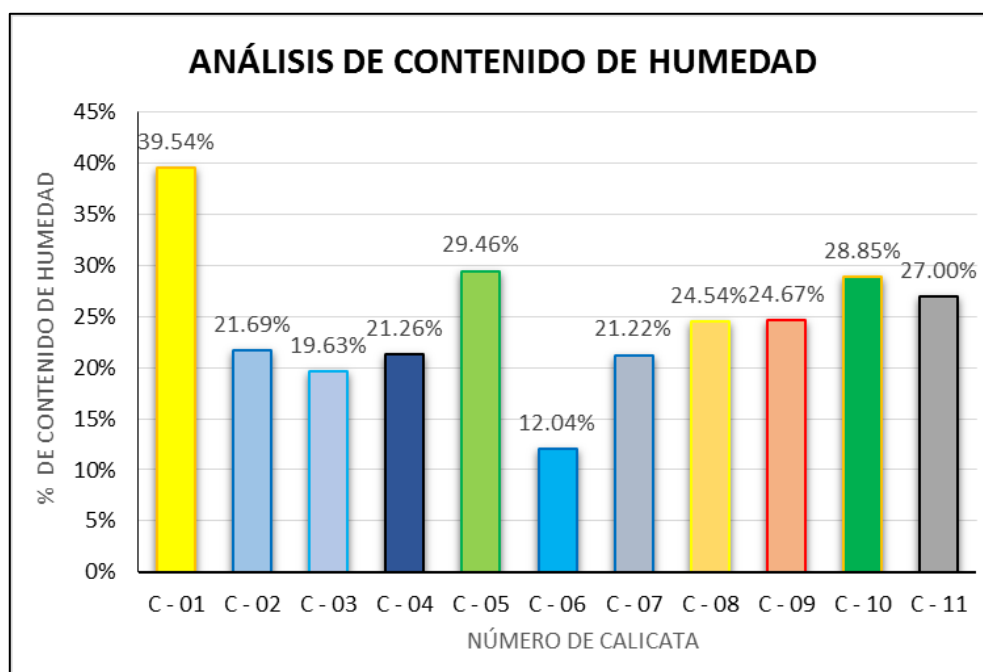
**Figura N° 16:** Curva Granulométrica de la muestra C - 09

#### 4.1.2. Contenido de Humedad

En la Figura N°17 se presenta como las relaciones gravimétricas del suelo analizado en 11 calicatas a través del peso del agua contenida y el peso de la muestra de suelo en su fase sólida, lo cual se expresa en porcentaje. (Badillo & Rodríguez, 1982)

Los resultados muestran que tienen en su mayoría un porcentaje mínimo de 12.04% y un máximo de 39.54%, dado que las arcillas y las arenas tienen algunos valores característicos entre el 12 y 325 % de humedad propia (Gregory, 1958), es decir que la carretera no pavimentada que se analizó según el grafico podría tener presencia de arenas o arcilla en el todo el tramo de estudio.

Se determina el porcentaje del contenido de humedad para comparar la humedad optima es mayor o menor a la humedad natural, con eso se puede señalar si se hará una compactación normal de suelo o se tendrá que reemplazar el material o airear el suelo (MTC, 2014), por lo cual se determinó el porcentaje del contenido de humedad y se analizaran con los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado para hallar su compactación.



*Figura N° 17:* Contenido de Humedad

#### 4.1.3. Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad

En la Figura N° 18 se presenta la consistencia del suelo como un campo plástico del suelo y representa el porcentaje de humedad que se debe tener para que este conserve su estado. (Fratelli, 1993)

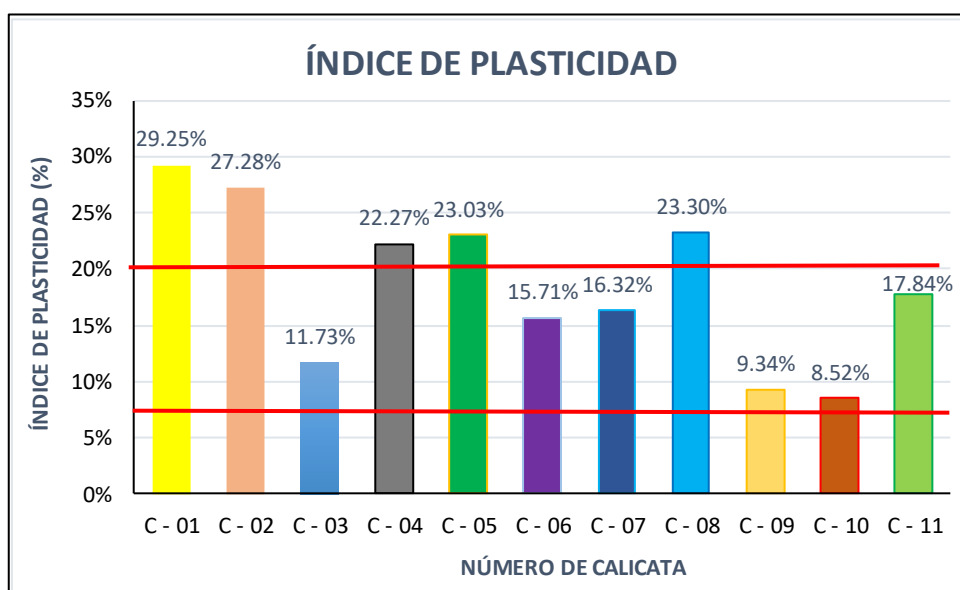
El límite líquido de las muestras de suelo mostradas en la *Tabla N°21* se puede observar que el límite líquido mínimo del tramo es 36.91 % en la C-09 y el límite líquido máximo del tramo es 59.73% en la C-05, lo cual nos da a entender que la cohesión potencial, la finura y la forma de los granos de la muestra, con la adición del agua debió ser alta para que pueda revestirse.

El límite Plástico de las muestras de suelo mostradas en la *Tabla N°21* se puede observar que el límite plástico mínimo del tramo es 17.16 % en la C-04 y el límite plástico máximo del tramo es 36.70 % en la C-10, lo cual se entiende que el suelo está conformado por arcillas o arcillas limosas, debido a los porcentajes de plasticidad de la muestra.

El (MTC, 2014), menciona que dependiendo de su índice de plasticidad se puede considerar las características de los suelos, por lo siguiente los suelos es arcilloso cuando su  $I_p = 0$  entonces es no plástico, los Suelos poco arcillosos con una

plasticidad  $IP < 7$  se considera de baja plasticidad, los suelos arcillosos cuando su  $7 < IP \leq 20$  se considera de media plasticidad y suelos muy arcillosos cuando el  $IP > 20$  se considera de alta plasticidad.

Teniendo en cuenta los rangos de la norma, nuestro resultado de índices de plasticidad nos muestra que tenemos seis muestras de media plasticidad que son la C - 03, C - 06, C - 07, C - 9, C - 10 y C - 11, cinco muestras de alta plasticidad que son las muestras C - 01, C - 02, C - 04, C - 5, C - 8, con esto nos menciona que la mayor parte de la carretera no pavimentada estudiada es de media plasticidad.



**Figura N° 18:** Análisis del Índice de Plasticidad

#### 4.1.4. Peso Específico

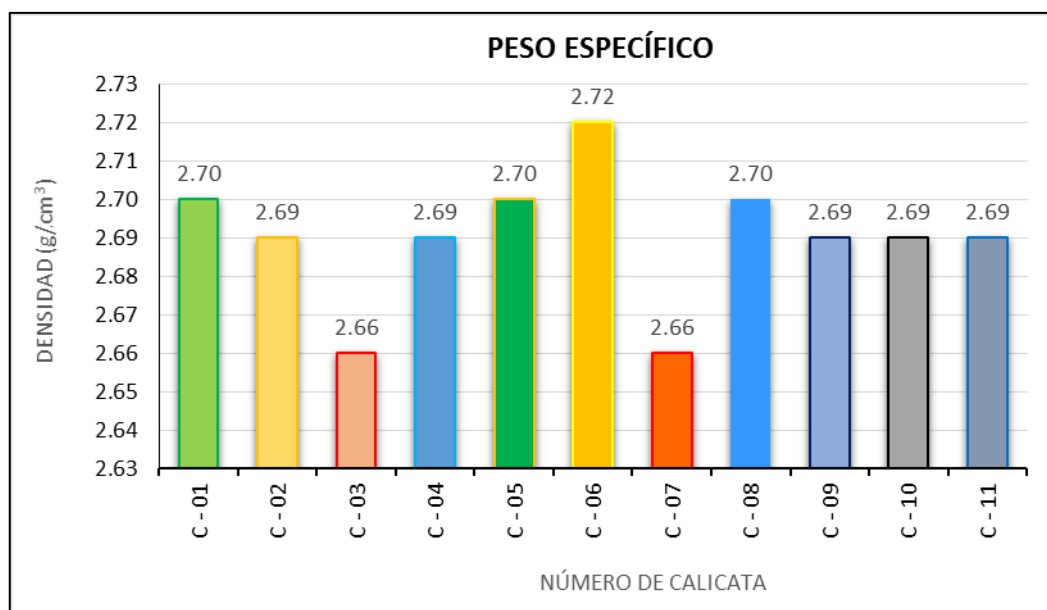
Se determinó el valor promedio de los granos de suelo que conforman cada una de las muestras realizadas de las once calicatas siendo un ensayo importante para determinar las propiedades del suelo con el tipo de grano y tipo de suelo al que pertenecen como se indica en las normas ASTM D - 854 y NTP 339.131.

Los resultados que se muestran en la *Tabla N°21* de la gravedad específica de las once calicatas tienen valores que varían entre 2.66 a 2.72 g/cm<sup>3</sup>, en la *Figura N°19* se puede observar que el valor más alto de la densidad es 2.72 g/cm<sup>3</sup> de la muestra M-06, en tanto los valores de 2.69 g/cm<sup>3</sup> representan a las muestras M-02, M-04, M-09 y M-10; y la densidad 2.70 g/cm<sup>3</sup> son de las muestras M-05 y M-08



respectivamente. De acuerdo a la *Tabla N°32*: estos valores que van de 2.69 a 2.72 g/cm<sup>3</sup> hacen referencia que su tipo de suelo es arcilloso inorgánico.

Mientras que para las muestras M-03 y M-07 que tienen una densidad de 2.66 g/cm<sup>3</sup> vienen a ser un tipo de suelo arenoso ya que se encuentra en el rango de 2.65 a 2.68 g/cm<sup>3</sup>. (Fratelli, 1993)



**Figura N° 19:** Peso Específico

**Tabla N° 32:** Tipo de Suelo y Peso Específico

TIPO DE SUELO	G <sub>s</sub>
Grava	2.65 - 2.68
Arena	2.65 - 2.68
Arcilla Inorgánica	2.68 - 2.75
Arcillas Orgánicas	2.58 - 2.65
Limo Inorgánico	2.62 - 2.68

*Fuente:* Elaboración Propia, 2019.

#### 4.1.5. Clasificación de suelos por AASHTO y SUCS

En la *Figura N° 20* se presenta la clasificación grupos y subgrupos basados en el tamaño de grano y plasticidad de las muestras de suelo de la carretera no pavimentada con el sistema AASHTO, la cual clasifica en 7 grupos. El resultado de la clasificación nos muestra que se tiene una muestra A – 2 que es la C– 07 es decir una gravas y arena limoso arcillosas debido al material que pasa la malla N° 200 es

menor al 35% en su granulometría, 2 muestras A – 7 – 5 que son C– 05 y C– 10 es decir que el suelo es arcilloso limoso debido al material que pasa la malla N° 200 es mayor al 35% en su granulometría, 8 muestras de A – 7 – 6 que son C– 01, C– 02, C– 03, C– 04, C– 06, C– 08, C– 09 y C– 11 es decir, un suelo arcilloso debido que el material limo arcilloso que pasa la malla N° 200 es mayor al 35% en su granulometría, donde se puede apreciar que el grupo A – 7 – 6 predomina en el tramo estudiado.



**Figura N° 20:** Clasificación de Suelos por AASHTO

En la Figura N° 21 se presenta la clasificación por grupos y subgrupos basados en el tamaño de grano y plasticidad de las muestras de suelo de la carretera no pavimentada con el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). El resultado de la clasificación nos muestra que hay 2 muestras CH que son C– 01 y C– 05 es decir arcillas inorgánicas de alta plasticidad, mezcla de arcillas y limo debido al material que pasa el Tamiz N°200 es mayor al 50% en su granulometría, 3 muestras CL que son C– 02, C– 04 y C– 11 es decir arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcillas con grava, arcilla arenosas, arcillas limosas debido al material que pasa la malla N°200 es mayor al 50% en su granulometría, 3 muestras ML que son C– 03, C– 09 y C– 10, es decir limos inorgánicos con baja plasticidad, tiene limos y arcillas cuyo material pasa más del 50% por el Tamiz N°200 y 3 muestras SC que son C– 06 , C– 07 y C– 08, es decir un suelo arena arcillosa con la mezcla de arena con finos cuyo material pasa más del 12% por el Tamiz N°200;

se puede apreciar que en este caso predominan los suelos CH, ML y SC en el tramo de la carretera que se ha analizado.



**Figura N° 21:** Clasificación de Suelos por SUCS

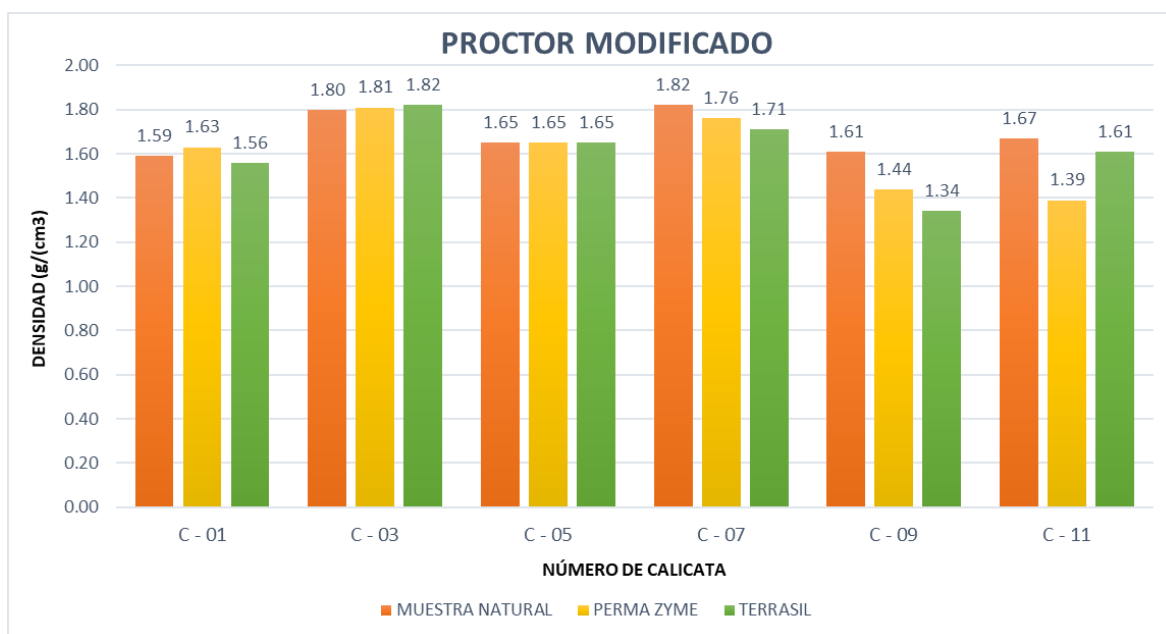
El (MTC, 2014), menciona que en la clasificación de los suelos se efectuarán con un cuadro de correlación de los dos sistemas que permitirá delimitar los sectores y el comportamiento entre ambos. La correlación que se menciona se aplicó dando la correlación correspondiente a lo que pide el (MTC, 2014).

#### 4.1.6. Proctor Modificado

La compactación del suelo por medio del Proctor Modificado es importante para determinar la Máxima Densidad Seca en relación al Contenido de Humedad Óptima, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, ya que al tener un contenido de humedad muy elevado tiende a reducir la densidad máxima seca porque el agua ocupa ciertos espacios vacíos en vez de haber sido ocupado por las partículas sólidas. (Braja M. Das, 2013)

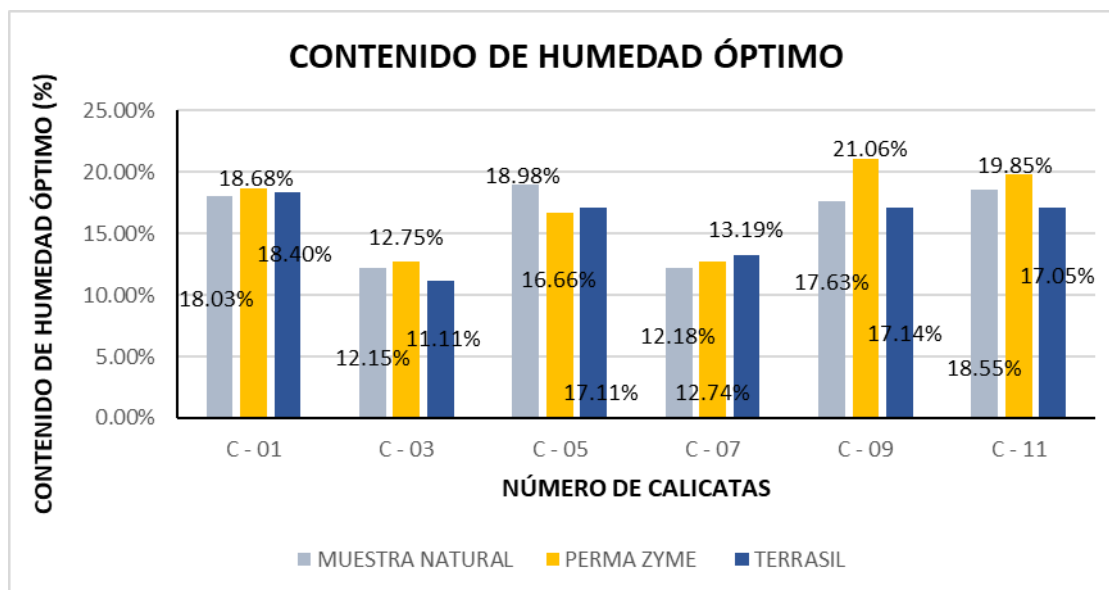
En la *Tabla N°21* se observa los resultados obtenidos del Proctor Modificado para el suelo natural, y así mismo para el suelo con los aditivos Perma Zyme y Terrasil, de las seis muestras seleccionadas, donde se obtuvo que el valor mayor de la densidad seca máxima para el suelo de muestra natural es de 1.82 g/cm<sup>3</sup>

correspondiente a la muestra C – 07 , en tanto para la muestra con aditivo Perma Zyme se obtuvo el mayor valor en la muestra C – 03 con densidad de 1.81 g/cm<sup>3</sup> y por último para la muestra con el aditivo Terrasil se obtuvo una densidad de 1.82 g/cm<sup>3</sup> siendo el valor máximo perteneciente a la muestra C – 03, de esta manera se puede observar en la *Figura N°22* donde se presentan los datos finales de la densidad máxima seca de los proctors realizados en la investigación.



**Figura N° 22:** Máxima Densidad Seca

En tanto al contenido de humedad óptima se obtuvo que para la muestra natural el mayor es 18.98% de la muestra C – 05, para la muestra con aditivo Perma Zyme el valor mayor es de 21.06% de la muestra C – 09 y para la muestra con el aditivo Terrasil el contenido de humedad óptimo de mayor valor es de 18.40% que fue de la muestra C – 01; como se puede corroborar en la *Figura N°23*:



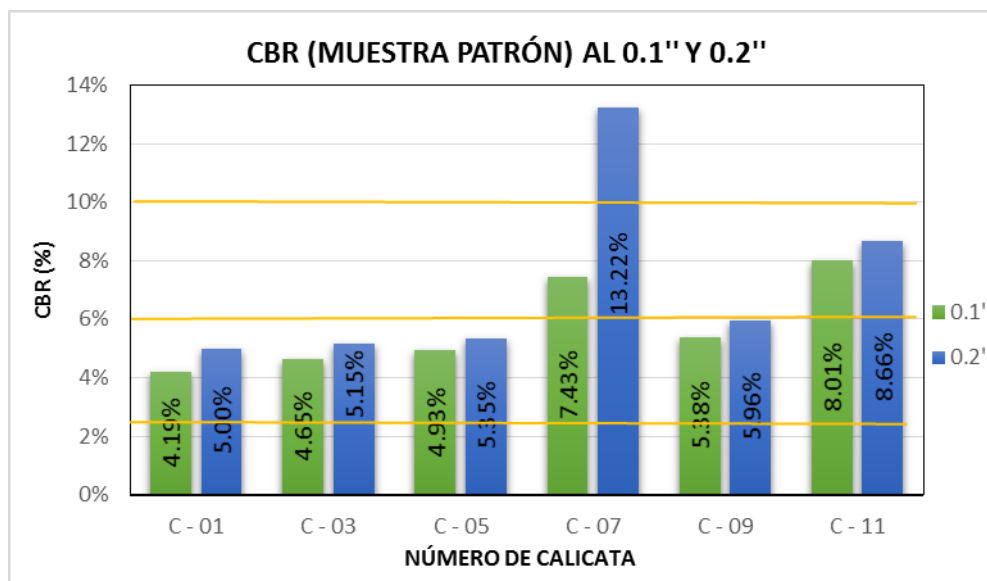
*Figura N° 23:* Contenido de Humedad Óptimo

#### 4.1.7. Relación de Soporte California (CBR)

En la *Figura N°24* se presentan los resultados de la capacidad de soporte del suelo a través de niveles de compactación como lo son de 12, 25 y 56 golpes y la humedad optima, esto nos permitió encontrar la resistencia al corte bajo las condiciones de densidad y humedad en un porcentaje de relación de soporte en 0.1” y 0.2”.

Los valores según (MTC, 2014), nos menciona que la subrasante con un CBR < 3% es inadecuada, cuando 3% < CBR < 6% es una subrasante insuficiente, cuando el 6% < CBR < 10% es una subrasante regular, cuando el 10% < CBR < 20% es una subrasante buena, cuando el 20% < CBR < 30% es una subrasante muy buena y cuando el CBR > 30% es una subrasante excelente.

Por lo cual, en la muestra de 6 calicatas estudiadas que varían cada 1.00 km, se presenta 4 muestras con una subrasante insuficiente que son las C-01, C-03, C-05 y C-09 porque los CBR son mayores al 3% y menores al 6%, también se muestra que hay una muestras que tienen una subrasante regular que son la C- 11, sin embargo, a un 0.2” de CBR la C- 07 llega a una subrasante buena.



**Figura N° 24:** Análisis de Resultados del CBR al 0.1" y 0.2"

#### 4.1.8. Relación de Soporte California (CBR) con adicción de Terrasil y Perma Zyme

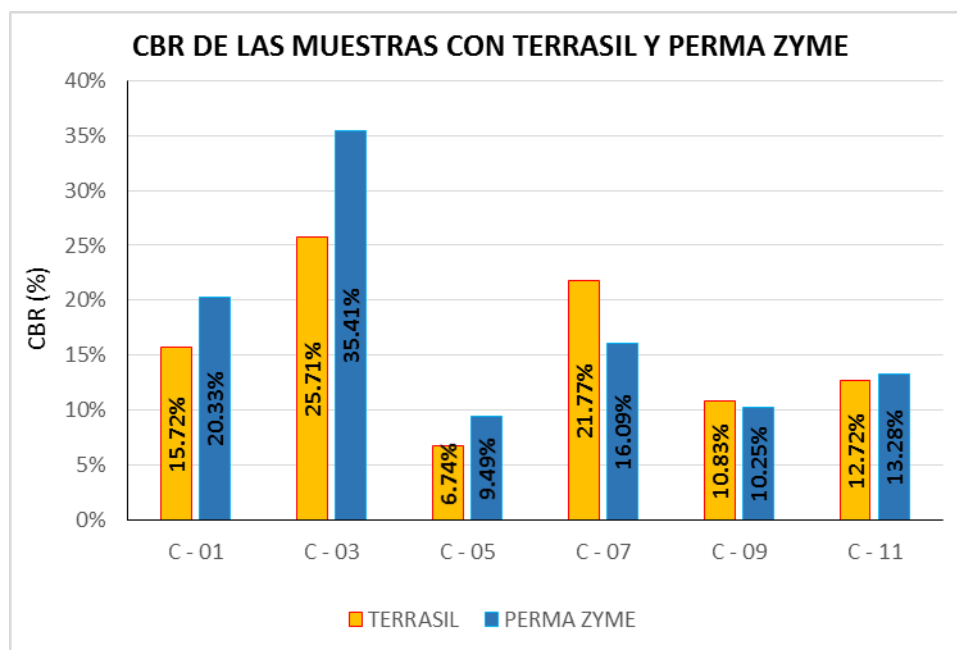
En la *Figura N°25* se presentan los resultados de la capacidad de soporte del suelo a través de niveles de compactación como lo son de 12, 25 y 56 golpes y la humedad óptima del suelo, pero estabilizado con la adicción de la enzima orgánica Terrasil en una dosificación de  $1 \text{ kg/m}^3$  y la enzima orgánica Perma Zyme con una dosificación de 1.0 Lt por cada  $30 \text{ m}^3$ , debido a que los resultados de la mayoría de muestras obtenidas del suelo son insuficientes para una subrasante buena.

Los resultados nos presentan que en 4 muestras que son la C-01, C-03, C-05 y la C-11 la enzima Perma Zyme incremento su CBR en 4.61% en comparación para la primera, la segunda muestra en un 9.70%, la tercera en un 2.75% y para la cuarta se incrementó en un 0.56%. Para las 2 muestras restantes que son la C-07 y C-09 la enzima orgánica Terrasil incrementó el CBR entre un 5.68% y 0.58% en comparación con la enzima orgánica Perma Zyme.

Se puede observar que para la muestra C-05 el resultado de CBR es muy bajo a comparación de los demás debido a que el tipo de suelo es CH y la humedad de éste es mayor por lo tanto el CBR no se incrementó de manera notoria.

Comparando los resultados con los de las tesis de (Yucra & Camala, 2017) donde su CBR incrementa en un 24% debido a que las enzimas actúan como catalizadores

acelerando el proceso de aglutinamiento de las arcillas y provocando la disminución de vacíos existente, lo cual es producto de la reacción de la humedad con el aditivo lo que hace que se incremente sus propiedades usando el aditivo Perma Zyme; y la tesis de (Rodríguez, 2016) se observó que el CBR aumenta en un 14% y su contenido de humedad disminuye en un 27.86% debido al tipo de suelo donde se aplica el aditivo ya que en algunos no logra mejorar las propiedades.

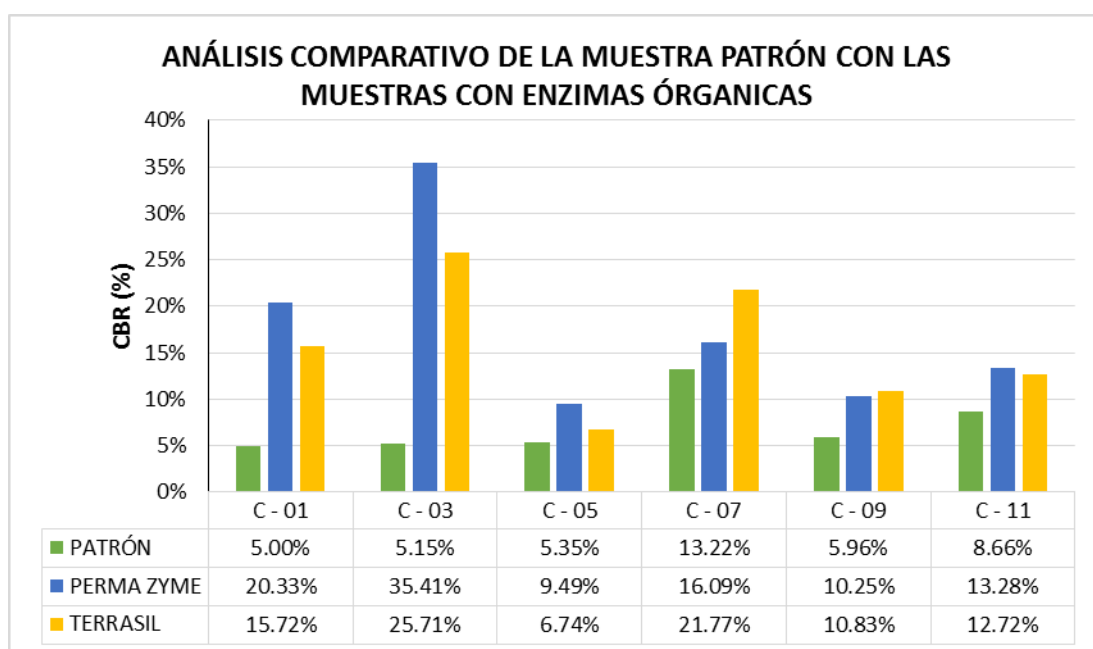


**Figura N° 25:** Resultados de CBR con Perma Zyme y Terrasil

Analizando los resultados obtenidos de la muestra patrón y las enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme como se muestra en la Figura N°26, tenemos los siguientes datos para la C-01 que la muestra patrón tenía un CBR de 5% y se incrementó a un 20.33 % con el aditivo Perma Zyme convirtiéndose de una subrasante insuficiente a una subrasante muy buena, la C-03 que inicialmente tenía un CBR de 5.15% se incrementó a un 35.41% con el aditivo Perma Zyme convirtiéndose de una subrasante insuficiente a una subrasante excelente, la C-05 que inicialmente tenía un CBR de 5.35% se incrementó a un 9.49% con el aditivo Perma Zyme y se convirtió de una subrasante insuficiente a una subrasante regular, la C-07 que al inicio tenía un CBR de 13.22% se incrementó a un 21.77% con el aditivo Terrasil y se convirtió de una subrasante buena a una subrasante muy buena, la C-09 que inicialmente tenía un CBR de 5.96% se incrementó a un 10.83% con el aditivo Terrasil y se convirtió de una subrasante insuficiente a una subrasante buena y por

último la C – 11 que inicialmente tenía un CBR de 8.66 % se incrementó a un 13.28% con el aditivo Perma Zyme y se convirtió de una subrasante insuficiente a una subrasante buena.

Las seis muestras analizadas si incrementaron su capacidad de soporte con las enzimas orgánicas Perma Zyme y Terrasil mejorando el suelo ensayado, a pesar que en su mayoría predomina el incremento con Perma Zyme no es mucha diferencia con el otro aditivo.



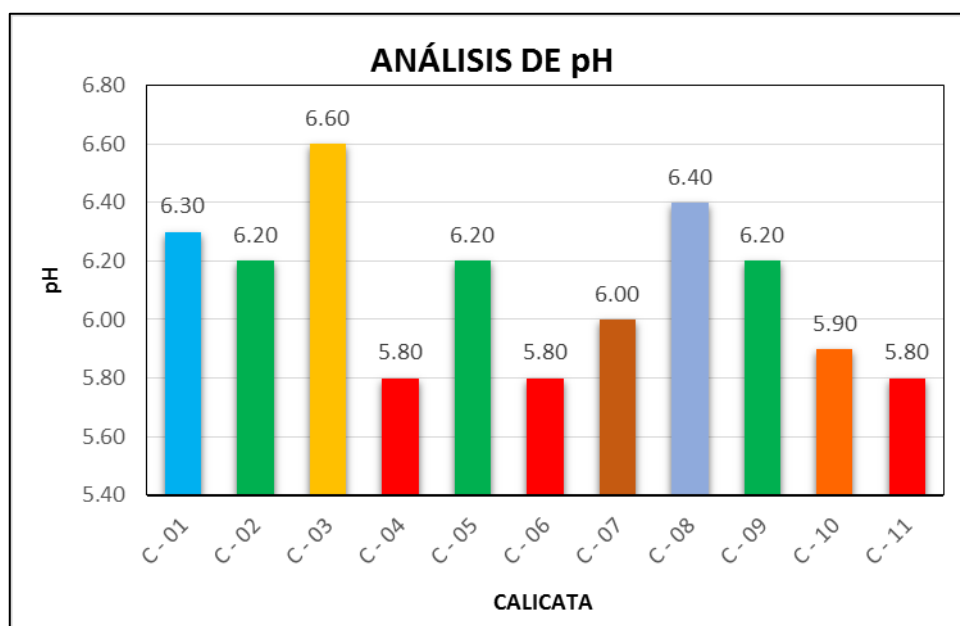
**Figura N° 26:** Análisis comparativo de las tres muestras

#### 4.1.9. Análisis del pH

Para comprobar los niveles de salinidad y alcalinidad que tienen los suelos de las muestras analizadas que se hizo conforme a las normas NTP 339.088 y MTC E129, sugieren la prueba de pH de los suelo.

En la *Tabla N°21* se observa los resultados de pH de las once muestras analizadas, determinándose que los valores de pH varían en un rango de 5.80 a 6.60, lo que quiere decir que los suelos con valores de pH de 5.80, 5.90 y 6.00 de las muestras M-04, M-06, M-11, M-10 y M-07 se consideran suelos moderadamente ácidos, mientras que para los suelos con pH de 6.20, 6.30, 6.40 y 6.60 de las muestras, M-02, M-05, M-09, M-01, M-08 y M-03 son considerados suelos ligeramente ácidos.



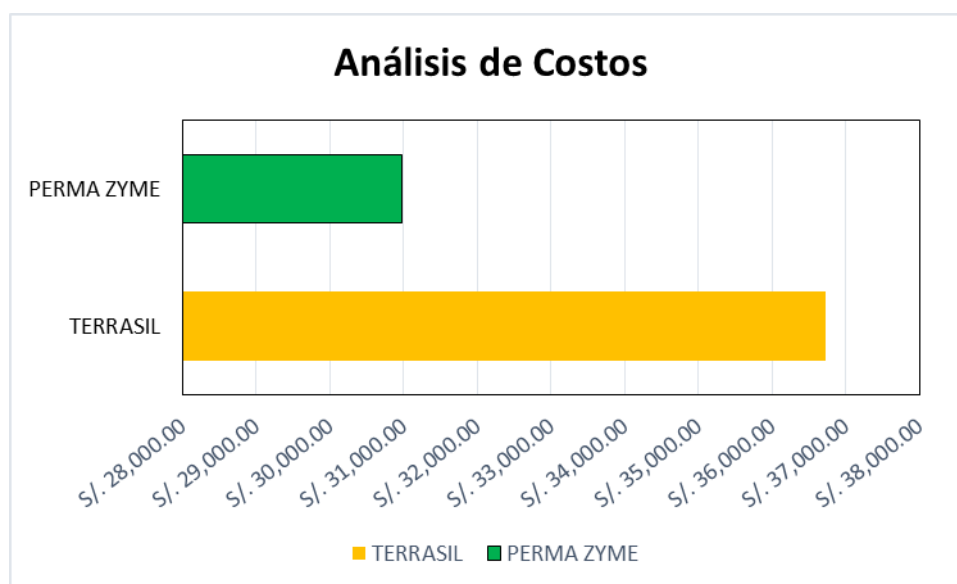


*Figura N° 27:* Análisis de resultados del pH

#### 4.1.10. Análisis de costos

El costo aproximado para la estabilización del suelo la subrasante de una carretera no pavimentada de Mache mediante la aplicación de los aditivos estudiados en esta investigación se determinaron por medio del aporte de los precios comerciales por litro brindados por las empresas que trabajan con estos aditivos, lo cual permitió desarrollar un presupuesto solamente de la aplicación de cada uno de los aditivos con el fin de poder comparar cuál de estos sería el más económico para ser utilizado en la estabilización de la carretera. Se consideró las dimensiones por km para hacer el metrado quedando de esta manera 1000m x 5.50m (ancho) x 0.20m (espesor estimado) con un resultado de 1,100 m<sup>3</sup> para determinar el presupuesto.

Como se muestra en la *Figura N°28*, la aplicación del aditivo Perma Zyme resulta ser más económico que el aditivo Terrasil, pero sin embargo no es tanta la diferencia en costos, lo que haría considerar para su aplicación sería el tiempo en conseguir el aditivo y en ese caso el Perma Zyme tiene mayor accesibilidad ya que el aditivo Terrasil lo exportan de otro país.



**Figura N° 28:** Análisis de resultados de Costos

#### 4.2. Conclusiones

- Se realizó los ensayos de mecánica de suelos en estado natural, como granulometría según la clasificación AASHTO que en su mayoría es un suelo A-7 y con la clasificación SUCS se obtuvo (ML, CL, SC y CH). Además, se determinó mediante los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice plástico que el suelo natural de la vía contiene una plasticidad de mediana plasticidad.
- Con las dosificaciones 1.0 lt por 30 m<sup>3</sup> para la enzima Perma Zyme y 1 kg/m<sup>3</sup> de la enzima Terrasil, se determinó que las enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme mejoran las capacidades de soporte al 95% entre un 10 y 20%, teniendo como estado natural subrasante insuficientes que estaban entre un rango de 3% < CBR < 6% y subrasante regulares entre el 6 % < CBR < 10%, con la adición de las enzimas orgánicas pasaron a ser subrasante insuficientes a regulares entre un rango de 6% < CBR < 10%, de insuficiente a buenas entre un rango 10 % < CBR < 20 % y de insuficiente a muy buena entre un rango de 20 % < CBR < 30 %.
- Se determinó el pH del suelo con un valor predominante de 6.20 lo que quiere decir que el suelo es ligeramente ácido pero sin embargo es considerado aceptable para poder realizar la ejecución del mantenimiento de la carretera sin la necesidad de ser tratada con otros elementos químicos para mejorar el pH del suelo.

- Se comparó los resultados de la capacidad de soporte al 95 % realizados con la adición de los aditivos Terrasil Y Perma Zyme, dando que de las 6 muestras realizadas 3 muestras estudiadas tuvieron un mayor incremento en su capacidad de soporte con el aditivo Terrasil y las otras 3 tuvieron un incremento con el aditivo Perma Zyme que fueron suelos con clasificación CH y ML, las diferencias encontradas con ambos aditivos estudiados fueron entre un 0.5% a 10%.
- Se estimaron los presupuestos por 1 km de carretera con la adición de enzimas Terrasil en S/. 36,729.00 y Perma Zyme en S/. 30,987.00, siendo este último en el costo más bajo para el mejoramiento de una subrasante, sin embargo, son más económicas con respecto a otros tipos de aditivos para estabilizantes de suelos.

#### 4.3. Recomendaciones

- Se recomienda que se utilice el aditivo Perma Zyme por el incremento que se obtuvo en la capacidad de soporte en el mejoramiento de la vía estudiada en comparación del aditivo Terrasil, ya que en costos también es más económico.
- Se recomienda que se realicen más ensayos que sigan rigurosamente las normas ASTM para evaluar los aditivos entre sí como los ensayos de permeabilidad, corte directo y compresión no confinada para un conocer en mayor profundidad la influencia de estos aditivos en un suelo arcilloso.
- Realizar el estudio de los aditivos Terrasil y Perma Zyme en el campo con los ensayos pertinentes para un mayor control de estos productos.
- Estudiar el uso de estos aditivos Terrasil y Perma Zyme con adición de cemento portland debido a antecedentes que cuentan por su capacidad cementante en suelos arcillosos.
- Investigar otros tipos de aditivos con enzimas orgánicas o aditivos ecológicos como una medida para mitigar el impacto ambiental para el país y los ciudadanos.
- Se recomienda que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tenga requerimientos de mezcla, construcción de parámetros de los ensayos realizados

para usos como subrasantes y bases de un pavimento en los aditivos orgánicos como enzimas o productos ecológicos.

- Se sugiere que empresas privadas, gobiernos regionales y locales hagan el uso de aditivos orgánicos para el mejoramiento de un pavimento, ya que en la actualidad se está ampliando el campo de productos ecológicos también para el sector construcción.
- Se recomienda seguir estudiando este tipo de aditivos en diferentes tipos de suelos encontrados en lo largo del país y hacerse ensayos de mecánica de suelos antes del uso de estos aditivos, ya que son necesarios para un óptimo resultado de los pavimentos.
- Se sugiere que para el diseño de la carretera no pavimentada se considere drenajes y subdrenajes para evitar la humedad que provoca la acumulación de aguas de las lluvias o los arroyos que existen por la zona.

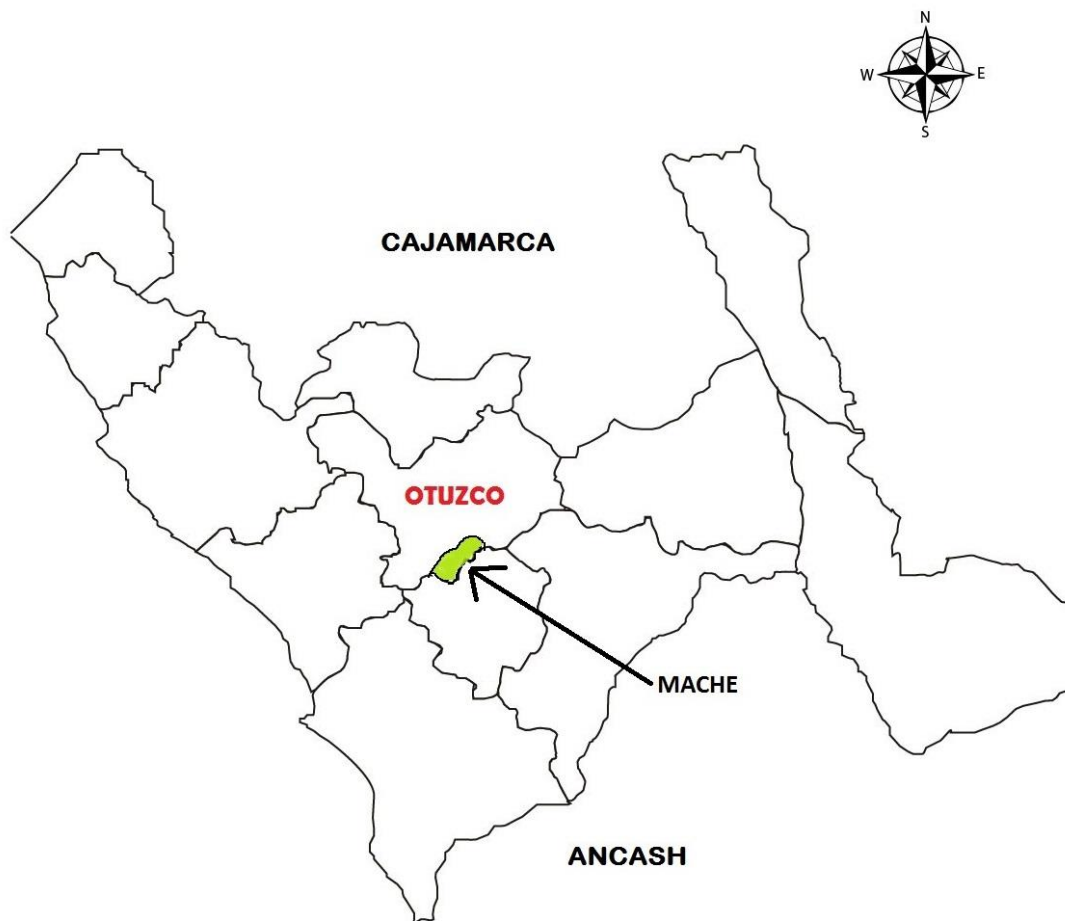
## REFERENCIAS

- Álvarez, M. (2015). *Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquía*. Antioquía.
- Amat, J. (Enero de 2016). *ANOVA análisis de varianza para comparar multiples medias*. Obtenido de [https://www.cienciadedatos.net/documentos/19\\_anova](https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova)
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (1982). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Bojorque, J. (2017). *Evaluación del diseño vial urbano utilizando resinas orgánicas para aumentar la capacidad de soporte de la estructura de la vía*. Cuenca.
- Braja M. Das. (2013). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. México: Cengage.
- Cristobal, M. (2015). *Estabilización iónica de los suelos con Terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial*. Lima.
- Delva, B. (2016). *Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca - Bambos (km 73+514 - km 132 + 537) de la ruta Nacional pe-3na*. Trujillo.
- Departamento Laboratorio Nacional de Viabilidad. (2019). *Resultados de resistencia a la CNC de suelo granular de referencia con estabilizador Terrasil*. La Florida.
- Dietrichson, A. (22 de Junio de 2019). *Bookdown*. Obtenido de <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>
- Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones. (05 de Octubre de 2018). *Gobierno Regional de Cajamar*. Obtenido de <http://www.drccajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/documentos/RDS.%20N%C2%B0%20395-%202018-GR.CAJDRTC.PDF>
- Espinoza, M., & Isaías, A. (2011). *Factibilidad técnica y económica de Perma Zyme para la estabilización de un suelo en la ciudad de Talca*. Talca.
- Fratelli, M. G. (1993). *Suelos Fundaciones y Muros*. Venezuela.
- Gregory, T. (1958). *Mecánica de suelos: Cimientos y Estructuras de Tierra*. Madrid.
- Gutiérrez, C. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio*. Lima.
- Gutiérrez, M. (2017). *Gestión de carreteras no pavimentadas*. Madrid.
- Montejo, A. (2002). *Pavimentos para carreteras*. Bogota.
- MTC. (2014). *Manual de suelos, geotécnia y carreteras*. Lima.
- Optimasoil Nanotechnology. (2020). *Optimasoil nanotechnology*. Obtenido de <http://estabilizaciondesuelos.com/index.php/descripcion#faqnoanchor>
- Perez, R. (25 de Junio de 2020). *Prueba de Tukey*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/prueba-de-tukey/>

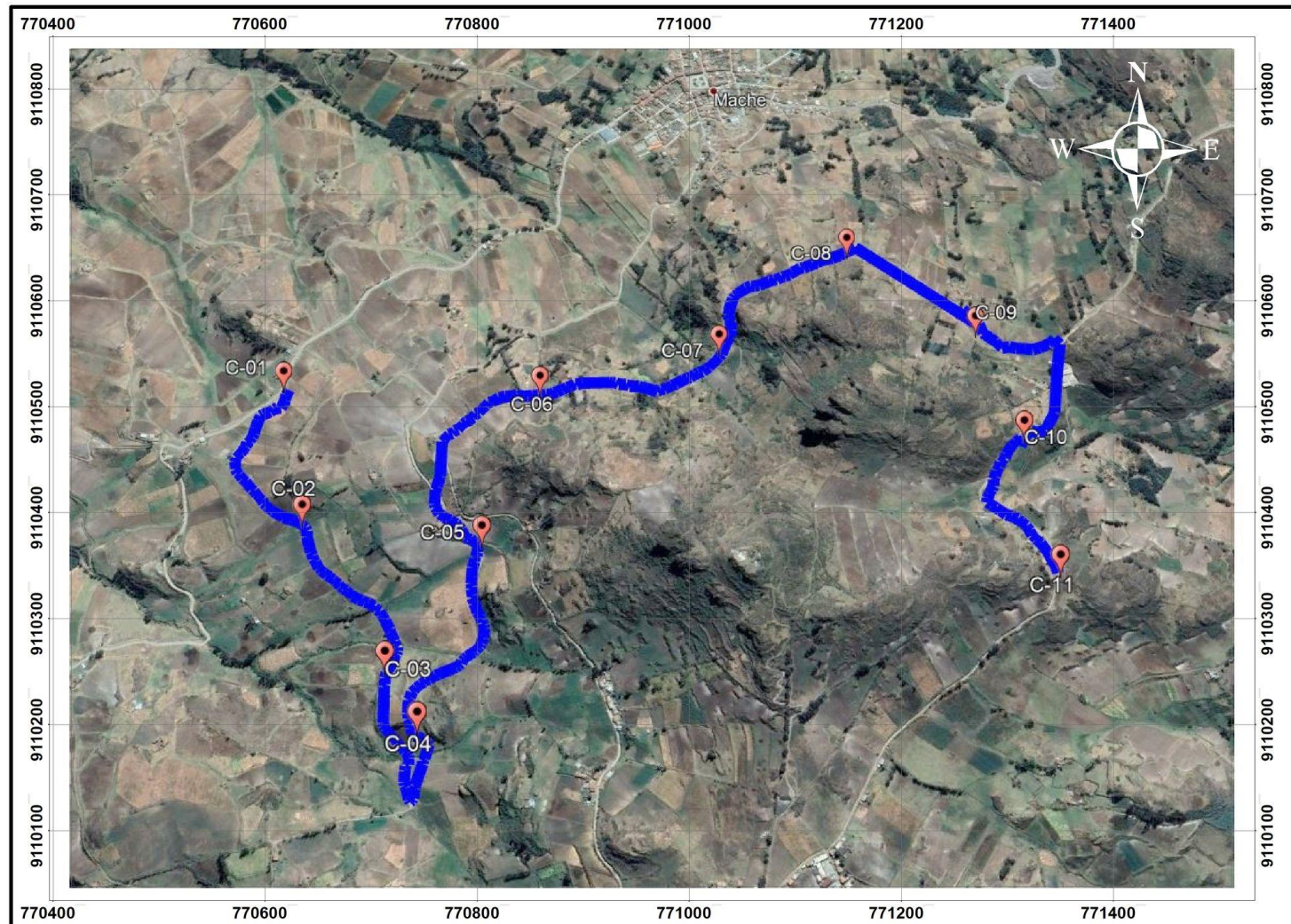
- Quiran, W. (2015). *Estabilización de suelos con productos enzimáticos como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala*. Guatemala.
- Quispe, A. (2015). *Incidencia de la adición de aditivo Perma Zyme 22x en suelos con alto contenido de finos para la construcción de carreteras tipo afirmado en Juliaca*. Puno.
- Ravines, M. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador*. Piura.
- Rodríguez, D. (2016). *Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos*. Ecuador.
- Rojas, H., Barrera, J., & Piracon, C. (2007). *Análisis comparativo de la estabilización de una base granular a través de dos elementos químicos como el multienzimático Perma Zyme 11x y cemento en un suelo de Bogotá*. Bogotá.
- Roldan, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y subbases*. Guatemala.
- Santander, M., & Yávar, J. (2018). *Análisis comparativo entre métodos de estabilización de subrasante mediante el uso de enzimas orgánicas y mezclas con Cal, en Urb. Tanya Marlene - Guayas - Ecuador*. Ecuador.
- Sosa, R. (2018). *Estabilización de suelos en la superficie de rodadura con el Perma Zyme 30x de la carretera no pavimentada Chupa-Arapa, Azangaro, Puno*. Puno.
- Yucra, A., & Camala, E. (2017). *Análisis del uso de aditivos Perma Zyme y Cloruro Cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (Desvío Huancane- Chupa)- Puno*. Puno.

## ANEXOS

### Anexo N° 1: *Ubicación de la Carretera No Pavimentada*

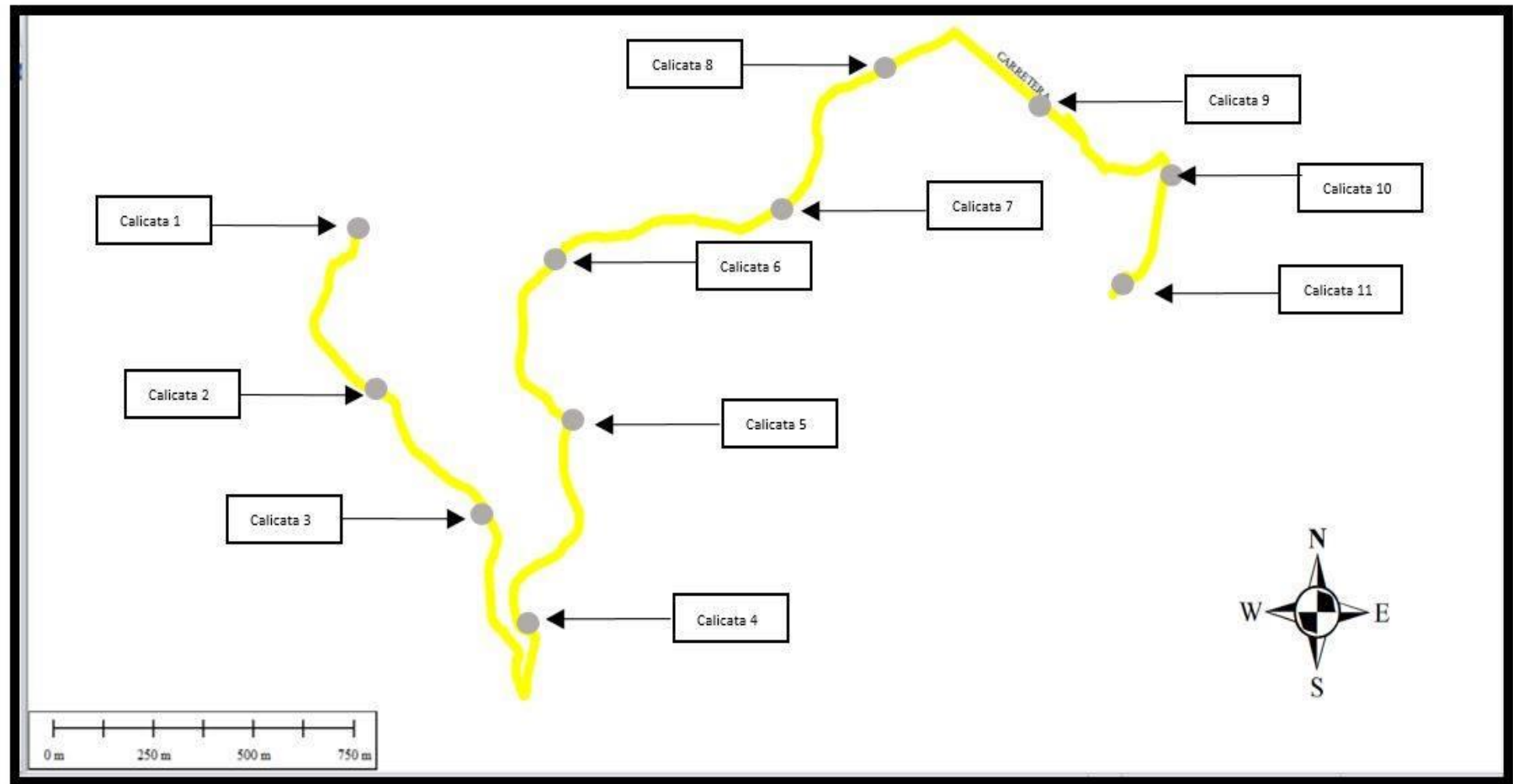


**Anexo N° 2: Ubicación de las calicatas en la carretera No Pavimentada**





Anexo N°3: *Croquis de la carretera No Pavimentada*



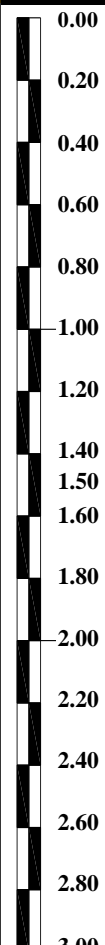
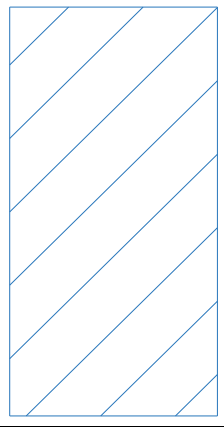
**Anexo N° 4: Perfil Estratigráfico**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 01	0 + 500 km	1.50 m	Julio - 2019

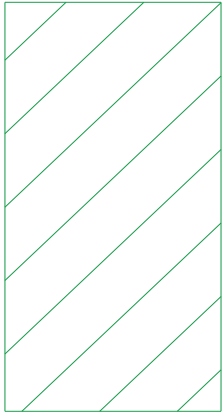
Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
	A - 7 - 6	CH		<p>CALICATA : N° 01 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No</p> <p>Arcillas inorgánicas con plasticidad elevada de color oscuro en estado natural, con humedad moderada. Hasta la profundidad que se excavó no se encontró la napa freática.</p>

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 02	1 + 000 km	1.50 m	Julio - 2019

Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				CALICATA : N° 02 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No  Arcillas inorgánicas con plasticidad baja o mediana de color marrón oscuro en estado natural, con humedad moderada. Hasta la profundidad que se excavó no se encontró la napa freática.
0.40				
0.60				
0.80	A - 7 - 6	CL		
1.00				
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	<i>Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad, 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

<i>Ubicación</i>	<i>Distrito</i>	<i>Provincia</i>	<i>Departamento</i>
	Maché	Otuzco	La Libertad
<i>Número de Muestra</i>	<i>Progresiva</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Fecha</i>
C - 03	1 + 500 km	1.50 m	Julio - 2019

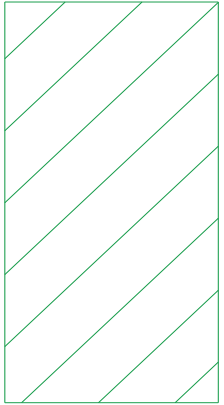
<i>Prof. (m)</i>	<i>AASHTO</i>	<i>SUCS</i>	<i>SIMBOLOGÍA SUCS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80				
1.00	A - 7 - 6	ML		<p>CALICATA : N° 03  MUESTRA : 1  TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual  NIVEL FREÁTICO: No</p> <p>Arenas muy finas de color rojizo en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad que se excavó no se encontró la napa freática.</p>
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 04	2 + 000 km	1.50 m	Julio - 2019

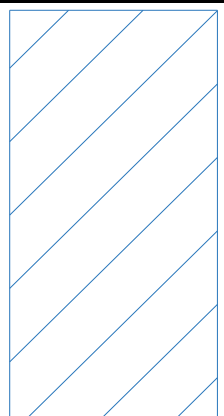
Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				CALICATA : N° 04 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No  Arcillas inorgánicas con plasticidad baja o mediana de color marrón oscuro en estado natural, con humedad moderada. Hasta la profundidad que se excavó no se encontró la napa freática.
0.40				
0.60				
0.80	A - 7 - 6	CL		
1.00				
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 05	2 + 500 km	1.50 m	Julio - 2019

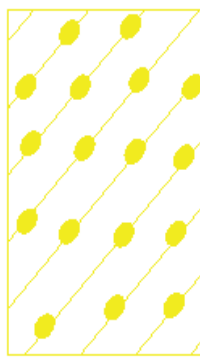
Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				CALICATA : N° 05 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No  Arcillas inorgánicas con plasticidad elevada de color oscuro en estado natural, con humedad moderada. Hasta la profundidad que se excavó no se encontró la napa freática.
0.40				
0.60				
0.80				
1.00	A - 7 - 6	CH		
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 06	3 + 000 km	1.50 m	Julio - 2019

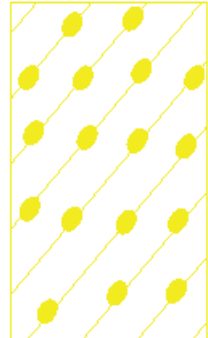
Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80				
1.00	A - 7 - 6	SC		<p>CALICATA : N° 06  MUESTRA : 1  TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual  NIVEL FREÁTICO: No</p> <p>Arcilla de color marrón oscuro en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa freática.</p>
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 07	3+ 500 km	1.50 m	Julio - 2019

Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80	A-2	SC		<p>CALICATA : N° 07  MUESTRA : 1  TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual  NIVEL FREÁTICO: No</p> <p>Arenas arcillosas de color plomo en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa freática.</p>
1.00				
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

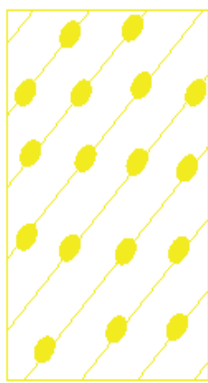


**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 08	4 + 000 km	1.50 m	Julio - 2019

Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				CALICATA : N° 08 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No  Arcilla color marrón oscuro en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa freática
0.40				
0.60				
0.80	A - 7 - 6	SC		
1.00				
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTATIGRÁFICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	<i>Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 09	4 + 500 km	1.50 m	Julio - 2019

Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80				
1.00	A - 7 - 6	ML		CALICATA : N° 09 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No  Arenas muy finas de color rojizo en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa freática.
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.	
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento
	Mache	Otuzco	La Libertad
Número de Muestra	Progresiva	Profundidad	Fecha
C - 10	5 + 000 km	1.50 m	Julio - 2019

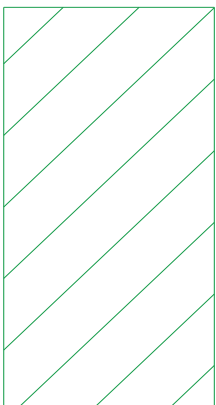
Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80	A - 7 - 5	ML		CALICATA : N° 10 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No
1.00				Arenas muy finas de color rojizo en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa fréatica.
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

**PERFIL ESTADÍSTICO**

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN :</b>	<i>Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad, 2019.</i>
<b>INVESTIGADORES :</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío - Flores Sánchez Angie Lisette

**DATOS GENERALES**

<i>Ubicación</i>	<i>Distrito</i>	<i>Provincia</i>	<i>Departamento</i>
	Mache	Otuzco	La Libertad
<i>Número de Muestra</i>	<i>Progresiva</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Fecha</i>
C - 11	5 + 500 km	1.50 m	Julio - 2019

Prof. (m)	AASHTO	SUCS	SIMBOLOGÍA SUCS	DESCRIPCIÓN
0.00				
0.20				
0.40				
0.60				
0.80	A - 7 - 6	CL		CALICATA : N° 11 MUESTRA : 1 TIPO DE EXCAVACIÓN : Manual NIVEL FREÁTICO: No
1.00				Arcillas inorganicas de baja a mediana plasticidad de color rojizo en estado natural, de humedad moderada, hasta la profundidad excavada no se encontró napa
1.20				
1.40				
1.50				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

### Anexo N° 5: Guía de Observación

#### GUÍA DE OBSERVACIÓN

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>
-----------------------------------	---

<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío - Flores Sánchez Angie Lisette	<b>Fecha:</b>	19/12/2019
-----------------------	--	---------------	------------

<b>N° de Muestra:</b>	C - 01	<b>Progresiva:</b>	0 + 500 km
-----------------------	--------	--------------------	------------

#### UBICACIÓN

<i>Distrito</i>	<i>Provincia</i>	<i>Departamento</i>
Mache	Otuzco	La Libertad

<i>Altitud</i>	<i>Coordenadas UTM</i>
3340 msnm	17 L 770620 9110522

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

<i>Clima</i>	<i>Tipo de Suelo</i>
Semiseco	Arcilloso

#### CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

<i>Ancho de la vía</i>	<i>Profundidad</i>
5.50 m	5700 m

<i>Tipo de carretera</i>	<i>Tipo de tránsito</i>
Camino sin afirmar	Liviano

#### DATOS DE LA CALICATA

<i>Estrato</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Descripción</i>
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad

#### OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

19/12/2019

### N° de Muestra:

C - 02

### Progresiva:

1 + 000 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3389 msnm	17 L 770713 9110144

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de Suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

23/12/2019

### N° de Muestra:

C - 03

### Progresiva:

1 + 500 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3420 msnm	17 L 770952 9109768

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad ploma en su totalidad.

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

23/12/2019

### N° de Muestra:

C - 04

### Progresiva:

2 + 000 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3452 msnm	17 L 771040 9109622

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad.

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.



## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

20/04/2019

### N° de Muestra:

C - 05

### Progresiva:

2 + 500 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3483 msnm	17 L 771158 9110090

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad.

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

20/04/2019

### N° de Muestra:

C - 06

### Progresiva:

3 + 000 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3503 msnm	17 L 771158 9110090

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

19/05/2019

### N° de Muestra:

C - 07

### Progresiva:

3 + 500 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3512 msnm	17 L 771741 9110637

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad ploma en su totalidad

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

19/05/2019

### N° de Muestra:

C - 08

### Progresiva:

4 + 000 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3549 msnm	17 L 772088 9110943

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad negra en su totalidad

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

21/05/2019

### N° de Muestra:

C - 09

### Progresiva:

4 + 500 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3565 msnm	17 L 772414 9110696

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tiene tonalidad rojiza en su totalidad

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

21/05/2019

### N° de Muestra:

C - 10

### Progresiva:

5 + 000 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3563 msnm	17 L 772630 9110677

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tienen tonalidad rojiza en su totalidad.

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

*Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.*

### INVESTIGADORES

- Flores Quiñones Edel Rocío  
- Flores Sánchez Angie Lisette

### Fecha:

21/05/2019

### N° de Muestra:

C - 11

### Progresiva:

5 + 500 km

## UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Mache	Otuzco	La Libertad

Altitud	Coordenadas UTM
3591 msnm	17 L 772574 9110449

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

Clima	Tipo de suelo
Semiseco	Arcilloso

## CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

Ancho de la vía	Profundidad
5.50 m	5700 m

Tipo de carretera	Tipo de tránsito
Camino sin afirmar	Liviano

## DATOS DE LA CALICATA

Estrato	Profundidad	Descripción
1	1.50 m	El suelo tienen tonalidad rojiza en su totalidad.

## OBSERVACIONES & COMENTARIOS

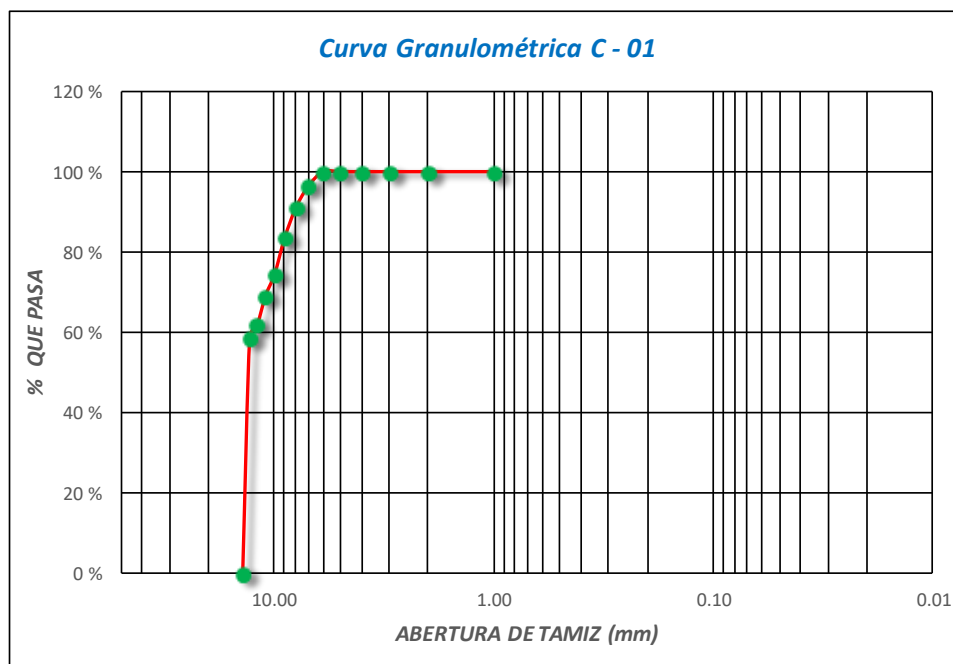
- Escasa actividad de mantenimiento en la carretera.
- Condiciones de transporte insegura.
- Inexistencia de drenajes y subdrenajes.

Anexo N°6: *Resultados del ensayo de Granulometría*

Tabla N° 33: *Análisis Granulométrico C - 01*

Tipo de Ensayo		Norma
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.	
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	
N° de Muestra		Progresiva
C - 01		0 + 500 km
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>		
Cantidad de Material (g)	1845.00	

N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	64.84	3.51	3.51	96.49
N°8	2.36	100.91	5.47	8.98	91.02
N°16	1.18	138.26	7.49	16.48	83.52
N°30	0.60	165.30	8.96	25.44	74.56
N°50	0.30	99.46	5.39	30.83	69.17
N°100	0.15	131.35	7.12	37.95	62.05
N°200	0.075	61.24	3.32	41.27	58.73
FONDO	-	1,083.64	58.73	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>1,845.00</b>	<b>100.00</b>	-	-

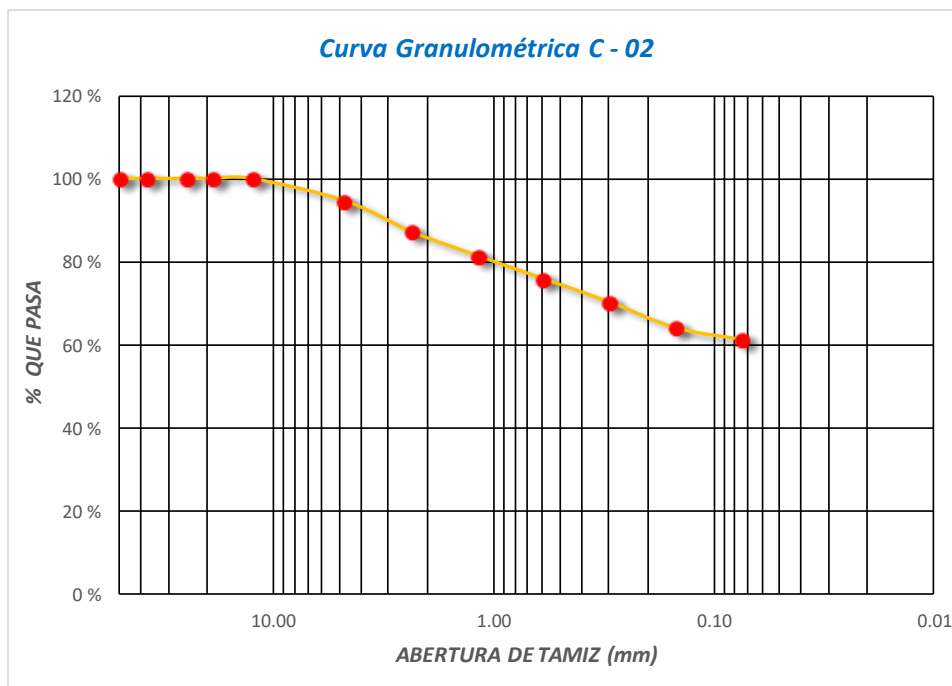




**Tabla N° 34: Análisis Granulométrico C – 02**

Ensayo	Norma
<b>GRANULOMETRÍA</b>	<b>ASTM D - 421 &amp; D - 422</b>
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío      - Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte
<b>N° de Muestra</b>	<b>Progresiva</b>
<b>C - 02</b>	<b>1 + 000 km</b>
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2000.00

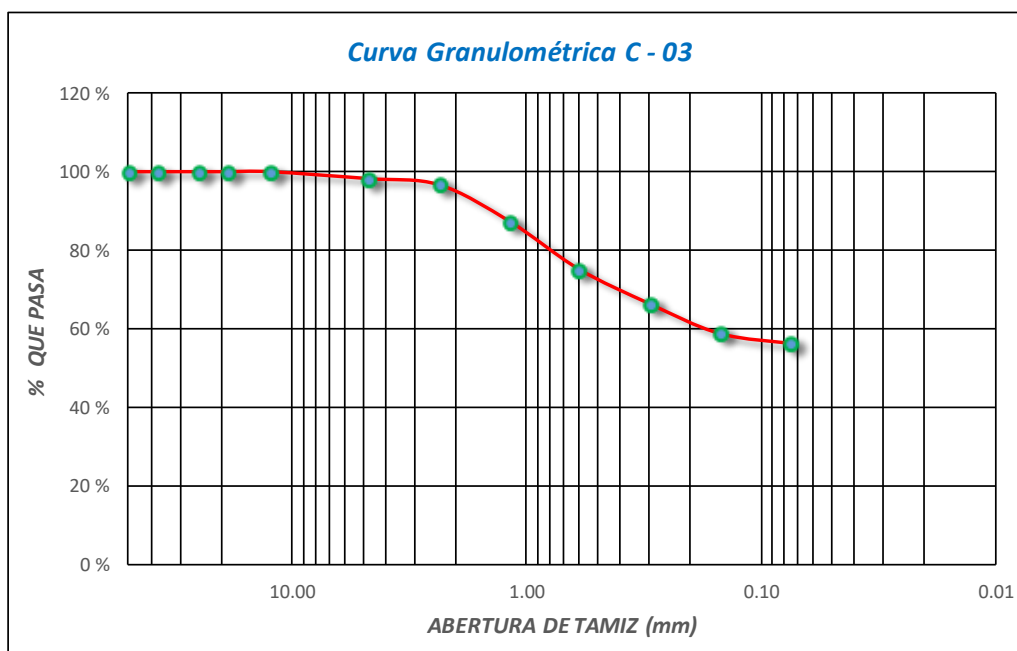
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	107.00	5.35	5.35	94.65
N°8	2.36	148.40	7.42	12.77	87.23
N°16	1.18	116.50	5.83	18.60	81.41
N°30	0.60	108.70	5.44	24.03	75.97
N°50	0.30	112.50	5.63	29.66	70.35
N°100	0.15	124.20	6.21	35.87	64.14
N°200	0.075	56.10	2.81	38.67	61.33
FONDO		1,226.60	61.33	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,000.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 35: Análisis Granulométrico C – 03**

Ensayo		Norma
<b>GRANULOMETRÍA</b>		<b>ASTM D - 421 &amp; D - 422</b>
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	
<b>N° de Muestra</b>		<b>Progresiva</b>
<b>C - 03</b>		<b>1 + 500 km</b>
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>		
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2250.00	

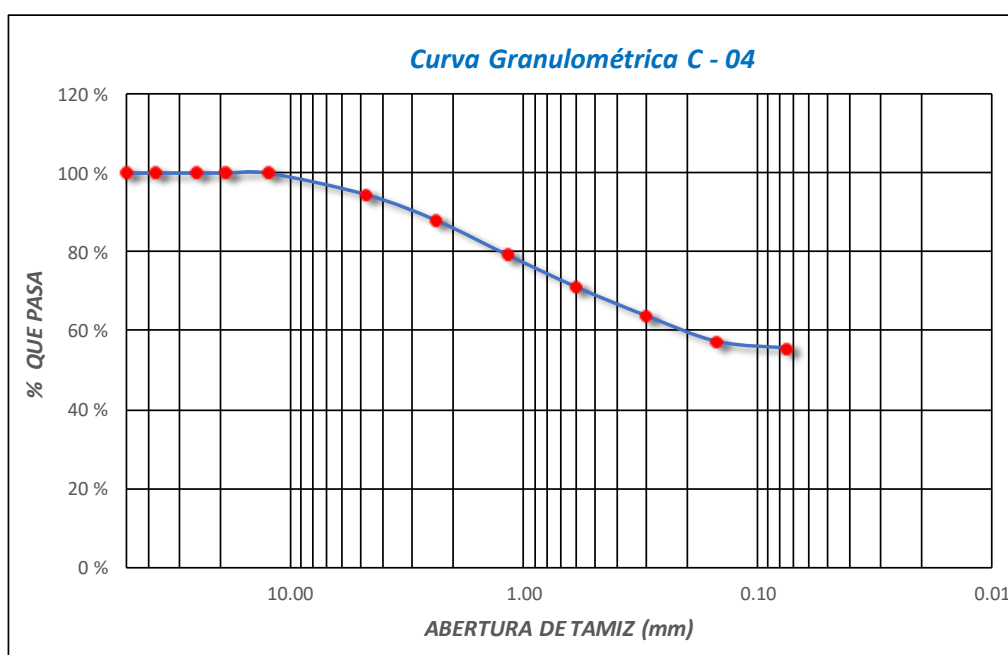
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	39.84	1.77	1.77	98.23
N°8	2.36	35.62	1.58	3.35	96.65
N°16	1.18	210.41	9.35	12.71	87.29
N°30	0.60	272.34	12.10	24.81	75.19
N°50	0.30	198.56	8.82	33.63	66.37
N°100	0.15	172.11	7.65	41.28	58.72
N°200	0.075	56.64	2.52	43.80	56.20
FONDO		1,264.48	56.20	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,250.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 36: Análisis Granulométrico C – 04**

Ensayo		Norma
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío - Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	
N° de Muestra		Progresiva
C - 04		2 + 000 km
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2440.00	

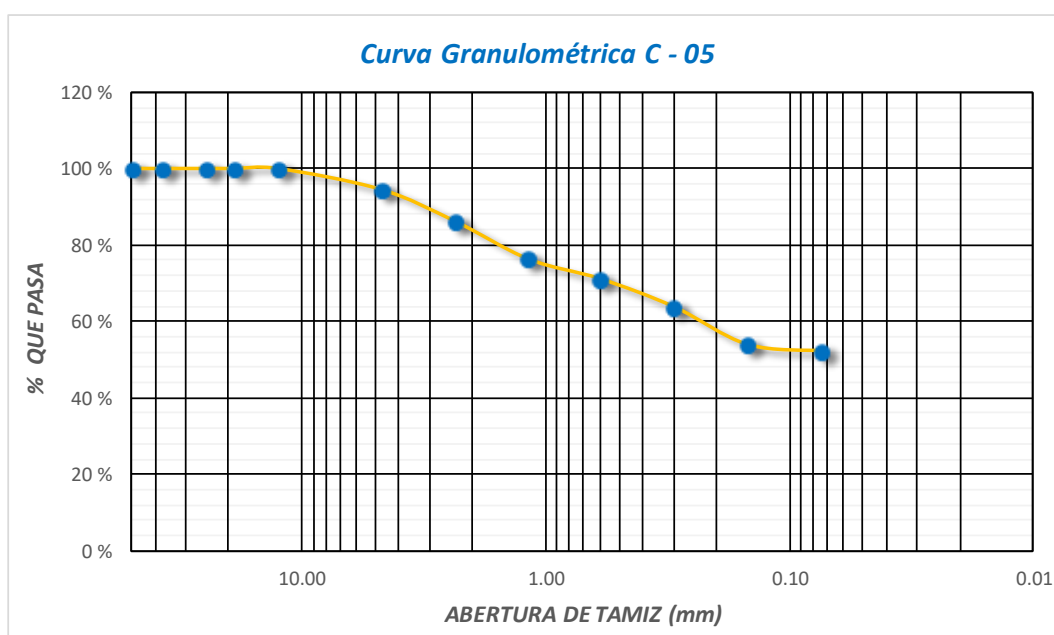
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	133.73	5.48	5.48	94.52
N°8	2.36	162.54	6.66	12.14	87.86
N°16	1.18	212.50	8.71	20.85	79.15
N°30	0.60	198.13	8.12	28.97	71.03
N°50	0.30	179.59	7.36	36.33	63.67
N°100	0.15	158.49	6.50	42.83	57.17
N°200	0.075	40.58	1.66	44.49	55.51
FONDO		1,354.44	55.51	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,440.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 37: Análisis Granulométrico C – 05**

Ensayo		Norma	
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422	
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
N° de Muestra		Progresiva	
C - 05		2 + 500 km	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
Cantidad de Material (g)	1865.21		

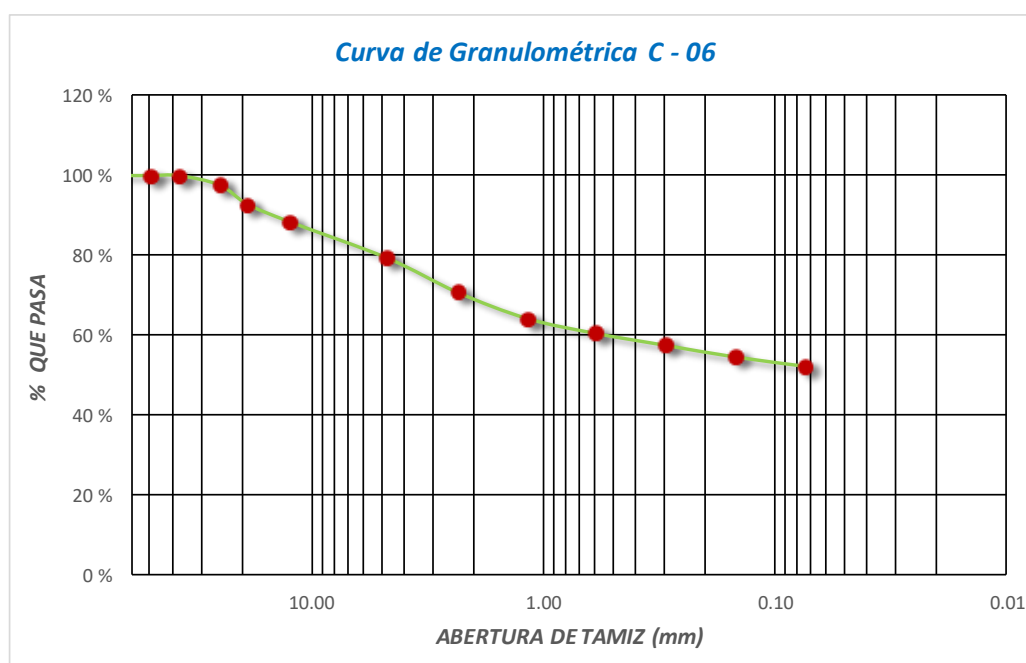
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	102.14	5.48	5.48	94.52
N°8	2.36	156.05	8.37	13.84	86.16
N°16	1.18	185.27	9.93	23.78	76.22
N°30	0.60	96.31	5.16	28.94	71.06
N°50	0.30	136.65	7.33	36.27	63.73
N°100	0.15	184.63	9.90	46.16	53.84
N°200	0.075	30.92	1.66	47.82	52.18
FONDO		973.24	52.18	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>1865.21</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 38: Análisis Granulométrico C – 06**

Ensayo		Norma	
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>		<b>Progresiva</b>	
C - 06		3 + 000 km	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2260.15		

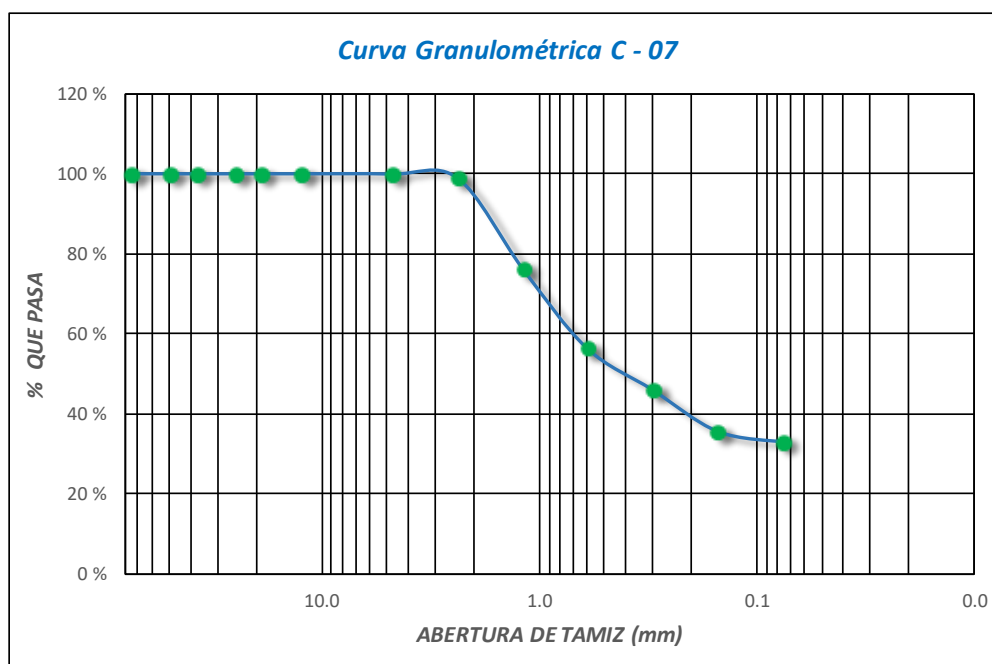
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	53.30	2.36	2.36	97.64
3/4"	19.00	107.77	4.77	7.13	92.87
1/2"	12.50	98.92	4.38	11.50	88.50
N°4	4.75	203.83	9.02	20.52	79.48
N°8	2.36	193.48	8.56	29.08	70.92
N°16	1.18	147.76	6.54	35.62	64.38
N°30	0.60	83.57	3.70	39.32	60.68
N°50	0.30	67.02	2.97	42.28	57.72
N°100	0.15	65.83	2.91	45.20	54.80
N°200	0.075	52.32	2.31	47.51	52.49
FONDO		1186.35	52.49	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,260.15</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 39: Análisis Granulométrico C – 07**

Ensayo		Norma	
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>		<b>Progresiva</b>	
C - 07		3 + 500 km	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2000.00		

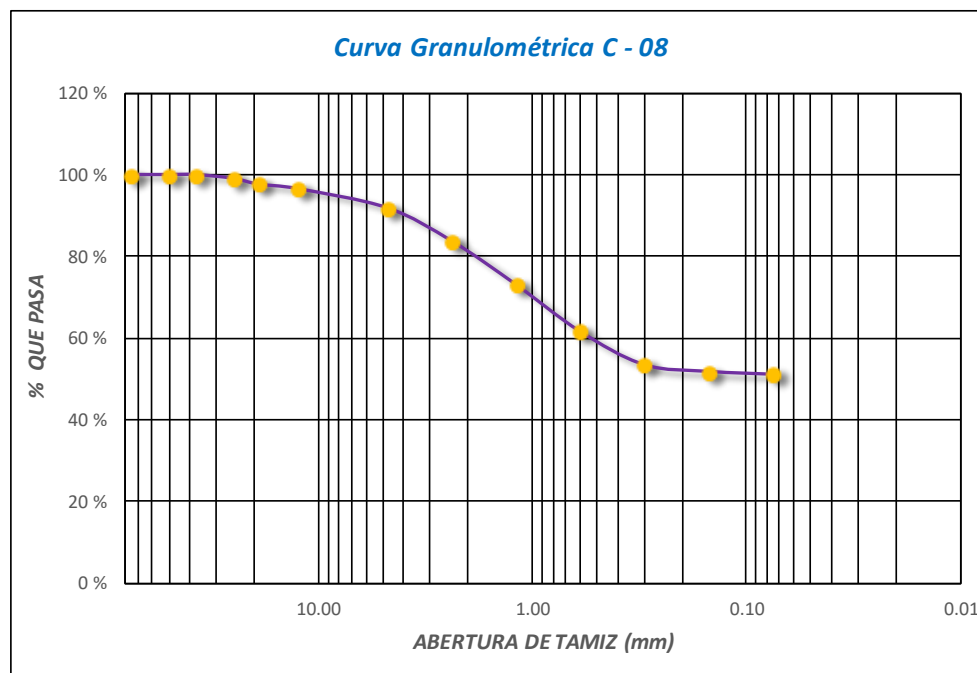
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	1.44	0.07	0.07	99.93
N°8	2.36	20.42	1.02	1.09	98.91
N°16	1.18	454.94	22.75	23.84	76.16
N°30	0.60	394.89	19.74	43.58	56.42
N°50	0.30	207.84	10.39	53.98	46.02
N°100	0.15	208.97	10.45	64.43	35.58
N°200	0.075	52.65	2.63	67.06	32.94
FONDO		658.85	32.94	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,000.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 40: Análisis Granulométrico C – 08**

Ensayo		Norma
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.	
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	
N° de Muestra	Progresiva	
C - 08	4 + 000 km	
<b>ANÁLISIS GRANUMÉTRICO</b>		
Cantidad de Material (g)	2102.74	

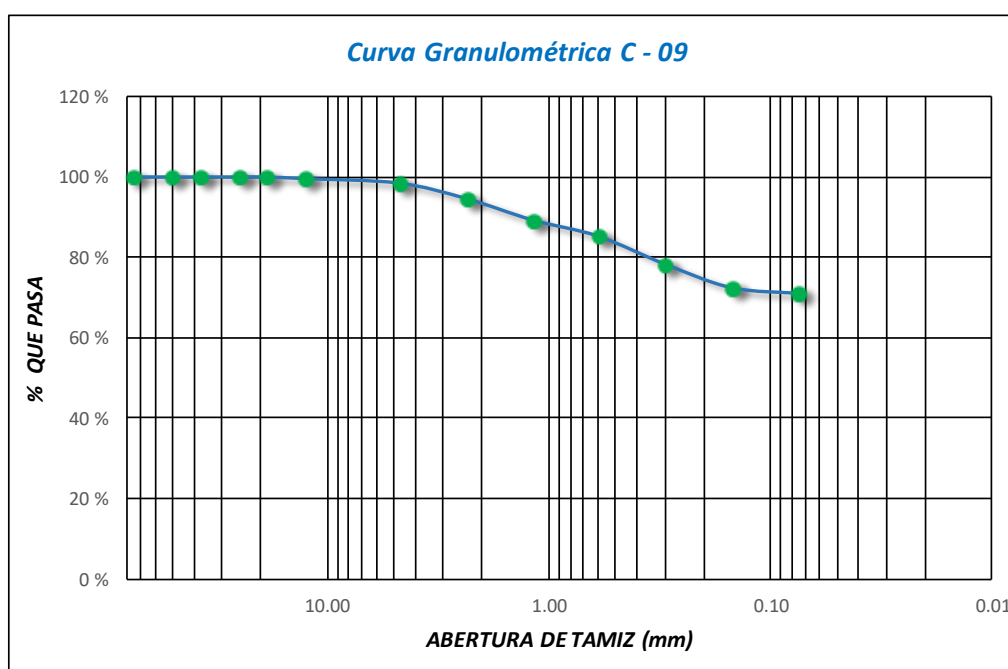
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	19.47	0.93	0.93	99.07
3/4"	19.00	30.21	1.44	2.36	97.64
1/2"	12.50	22.80	1.08	3.45	96.55
N°4	4.75	99.18	4.72	8.16	91.84
N°8	2.36	172.91	8.22	16.39	83.61
N°16	1.18	225.72	10.73	27.12	72.88
N°30	0.60	237.16	11.28	38.40	61.60
N°50	0.30	172.80	8.22	46.62	53.38
N°100	0.15	34.67	1.65	48.27	51.73
N°200	0.075	14.69	0.70	48.97	51.03
FONDO		1073.13	51.03	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,102.74</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 41: Análisis Granulométrico C – 09**

Ensayo	Norma
<b>GRANULOMETRÍA</b>	<b>ASTM D - 421 &amp; D - 422</b>
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío      - Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte
<b>N° de Muestra</b>	<b>Progresiva</b>
<b>C - 09</b>	<b>4 + 500 km</b>
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
<b>Cantidad de Material (g)</b>	2000.63

N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	8.49	0.42	0.42	99.58
N°4	4.75	21.95	1.10	1.52	98.48
N°8	2.36	76.92	3.84	5.37	94.63
N°16	1.18	107.55	5.38	10.74	89.26
N°30	0.60	79.87	3.99	14.73	85.27
N°50	0.30	139.13	6.95	21.69	78.31
N°100	0.15	118.05	5.90	27.59	72.41
N°200	0.075	27.75	1.39	28.98	71.02
FONDO		1,420.92	71.02	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,000.63</b>	<b>100.00</b>	-	-

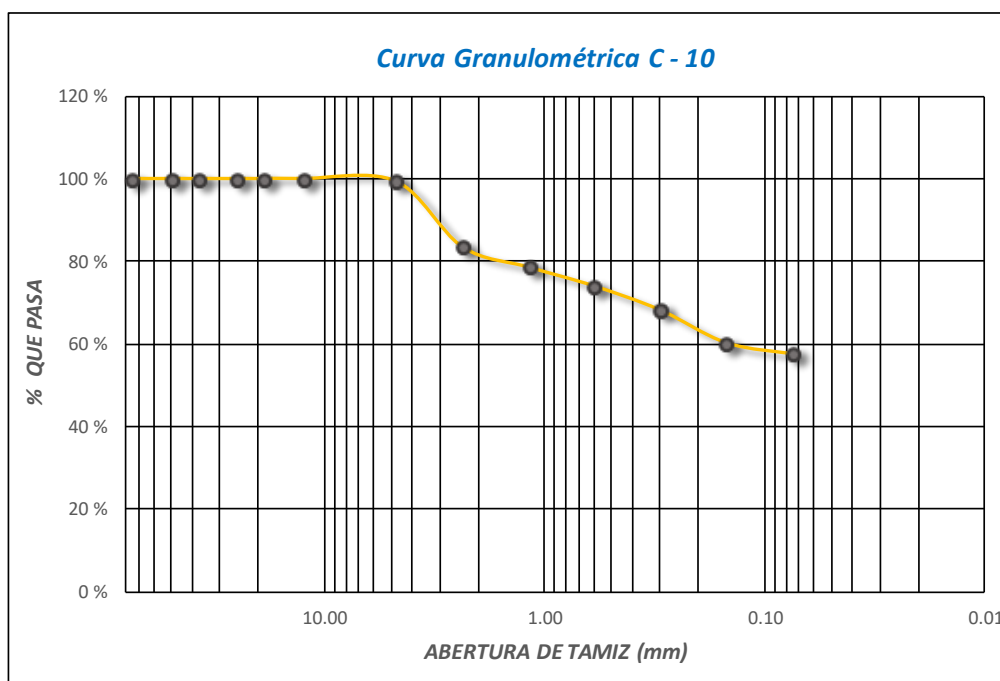




**Tabla N° 42: Análisis Granulométrico C – 10**

Ensayo		Norma
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	
N° de Muestra	Progresiva	
C - 10	5 + 000 km	
<b>GRANULOMETRÍA</b>		
Cantidad de Material (g)	2089.00	

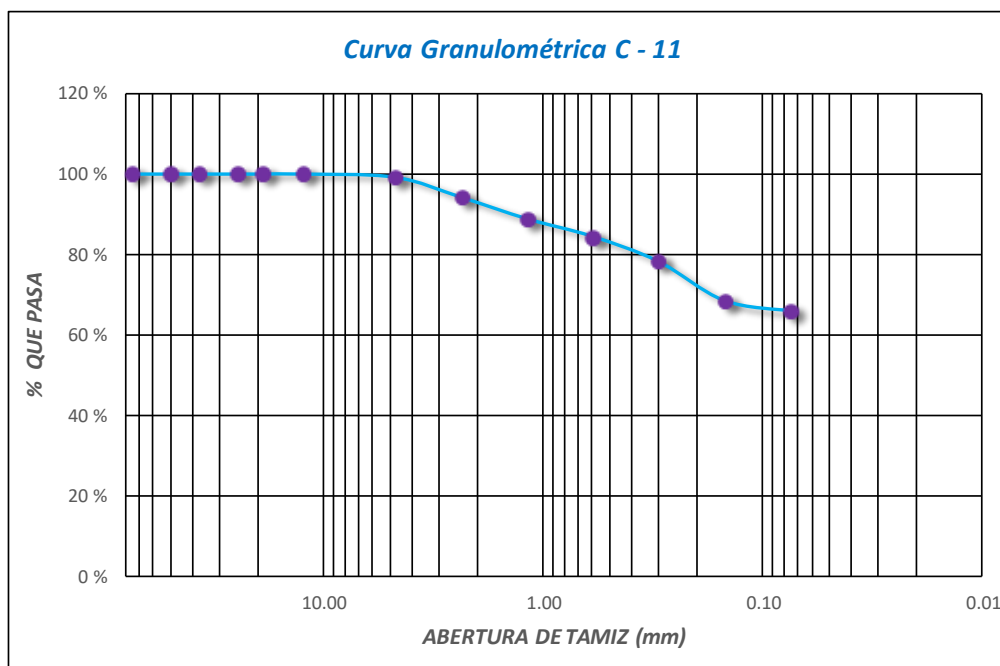
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	12.39	0.59	0.59	99.41
N°8	2.36	333.91	15.98	16.58	83.42
N°16	1.18	102.27	4.90	21.47	78.53
N°30	0.60	94.43	4.52	25.99	74.01
N°50	0.30	121.70	5.83	31.82	68.18
N°100	0.15	166.59	7.97	39.79	60.21
N°200	0.075	55.74	2.67	42.46	57.54
FONDO		1,201.97	57.54	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>2,089.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Tabla N° 43: Análisis Granulométrico C – 11**

Ensayo		Norma	
GRANULOMETRÍA		ASTM D - 421 & D - 422	
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
N° de Muestra	Progresiva		
C - 11	5 + 500 km		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
Cantidad de Material (g)	1932.00		

N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	14.99	0.78	0.78	99.22
N°8	2.36	96.93	5.02	5.79	94.21
N°16	1.18	104.08	5.39	11.18	88.82
N°30	0.60	83.43	4.32	15.50	84.50
N°50	0.30	120.19	6.22	21.72	78.28
N°100	0.15	189.69	9.82	31.54	68.46
N°200	0.075	49.77	2.58	34.11	65.89
FONDO		1,272.92	65.89	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>1,932.00</b>	<b>100.00</b>	-	-



**Anexo N° 7: Resultados del ensayo de Contenido de Humedad**

**Tabla N° 44: Contenido de Humedad C – 01 y C – 02**

<i>Ensayo</i>	<i>Norma</i>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

<i>N° de Muestra</i>	<i>Progresiva</i>
<b>C - 01</b>	<b>0 + 500 km</b>

<i>N° de Tara</i>	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Peso de Tara (g)</i>	20.7	26.31
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	85.89	86.94
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	67.49	69.69
<i>Peso del Agua (g)</i>	18.40	17.25
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	46.79	43.38
<i>% de Humedad</i>	39.32	39.76
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>39.54</b>	

<i>N° de Muestra</i>	<i>Progresiva</i>
<b>C - 02</b>	<b>1 + 000 km</b>

<i>N° de Tara</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.02	28.04	27.92
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	72.73	78.10	82.72
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	63.98	69.22	73.65
<i>Peso del Agua (g)</i>	8.75	8.88	9.07
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	36.96	41.18	45.73
<i>% de Humedad</i>	23.67	21.56	19.83
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>21.69</b>		

**Tabla N° 45: Contenido de Humedad C – 03 y C – 04**

Ensayo	Norma
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 03</b>	<b>1 + 500 km</b>

N° de Tara	1	2	3
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.99	29.57	28.00
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	78.34	79.63	70.04
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	70.31	71.17	63.16
<i>Peso del Agua (g)</i>	8.03	8.46	6.88
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	42.32	41.60	35.16
<i>% de Humedad</i>	18.97	20.34	19.57
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>19.63</b>		

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 04</b>	<b>2 + 000 km</b>

N° de Tara	1	2	3
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.33	25.97	19.35
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	85.64	83.41	84.01
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	75.8	73.24	72.36
<i>Peso del Agua (g)</i>	9.84	10.17	11.65
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	48.47	47.27	53.01
<i>% de Humedad</i>	20.30	21.51	21.98
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>21.26</b>		

**Tabla N° 46: Contenido de Humedad C – 05 y C – 06**

Ensayo	Norma
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 05</b>	<b>2 + 500 km</b>

N° de Tara	1	2	3
<i>Peso de Tara (g)</i>	26.76	26.66	27.43
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	76.32	77.02	77.94
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	65.43	65.66	65.96
<i>Peso del Agua (g)</i>	10.89	11.36	11.98
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	38.67	39.00	38.53
<i>% de Humedad</i>	28.16	29.13	31.09
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>29.46</b>		

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 06</b>	<b>3 + 000 km</b>

N° de Tara	1	2	3
<i>Peso de Tara (g)</i>	29.72	28.16	28.12
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	82.14	79.54	81.76
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	76.68	74.02	75.82
<i>Peso del Agua (g)</i>	5.46	5.52	5.94
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	46.96	45.86	47.70
<i>% de Humedad</i>	11.63	12.04	12.45
<b>% Humedad Promedio (%W)</b>	<b>12.04</b>		

**Tabla N° 47: Contenido de Humedad C – 07 y C – 08**

Ensayo	Norma
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 07</b>	<b>3 + 500 km</b>

N° de Tara	1	2
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.33	19.33
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	80.92	77.60
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	71.61	67.32
<i>Peso del Agua (g)</i>	9.31	10.28
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	44.28	47.99
<i>% de Humedad</i>	21.03	21.42
<b>% Humedad Promedio ( %W )</b>	<b>21.22</b>	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 08</b>	<b>4 + 000 km</b>

N° de Tara	1	2
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.11	28.12
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	80.49	81.32
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	70.11	70.70
<i>Peso del Agua (g)</i>	10.38	10.62
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	43	42.58
<i>% de Humedad</i>	24.14	24.94
<b>% Humedad Promedio ( %W )</b>	<b>24.54</b>	

**Tabla N° 48: Contenido de Humedad C – 09 y C – 10**

Ensayo	Norma
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 09</b>	<b>4 + 500 km</b>

N° de Tara	1	2
<i>Peso de Tara (g)</i>	29.64	28.04
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	78.01	82.32
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	68.43	71.59
<i>Peso del Agua (g)</i>	9.58	10.73
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	38.79	43.55
<i>% de Humedad</i>	24.70	24.64
<b>% Humedad Promedio ( %W )</b>	<b>24.67</b>	

N° de Muestra	Progresiva
<b>C - 10</b>	<b>5 + 000 km</b>

N° de Tara	1	2	3
<i>Peso de Tara (g)</i>	10.56	10.66	12.73
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	61.35	66.73	69.17
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	50.14	54.1	56.43
<i>Peso del Agua (g)</i>	11.21	12.63	12.74
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	39.58	43.44	43.7
<i>% de Humedad</i>	28.32	29.07	29.15
<b>% Humedad Promedio ( %W )</b>	<b>28.85</b>		

**Tabla N° 49: Contenido de Humedad C – 11**

<i>Ensayo</i>	<i>Norma</i>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM D - 2216 / NTP 339.127</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

<i>N° de Muestra</i>	<i>Progresiva</i>
<b>C - 11</b>	<b>5 + 500 km</b>

<i>N° de Tara</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Peso de Tara (g)</i>	27.90	10.56
<i>Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)</i>	77.11	66.01
<i>Peso de Suelo Seco + Tara (g)</i>	66.66	54.21
<i>Peso del Agua (g)</i>	10.45	11.80
<i>Peso del Suelo Seco (g)</i>	38.76	43.65
<i>% de Humedad</i>	26.96	27.03
<b>% Humedad Promedio ( %W )</b>	<b>27.00</b>	

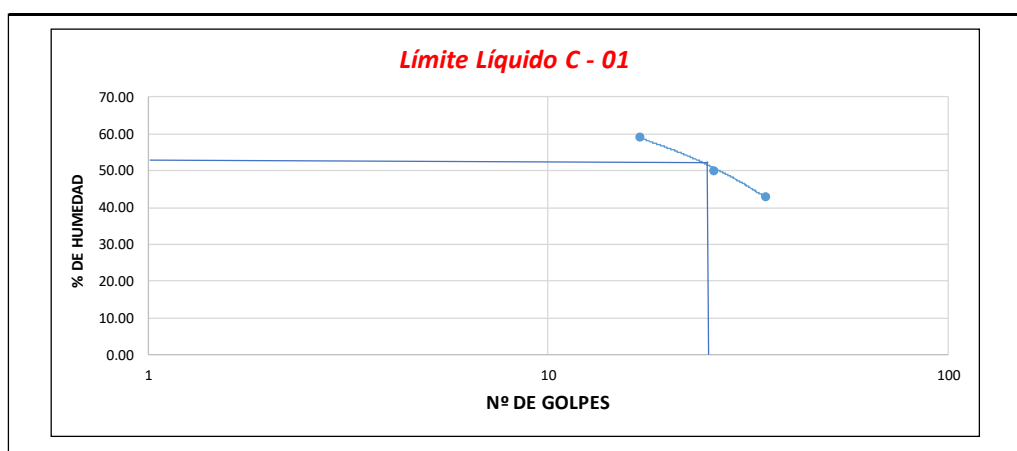


Anexo N° 8: Resultados del ensayo de Límites de Atterberg

Tabla N° 50: Límites de Atterberg C – 01

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 01</b>	<b>Progresiva</b>	<b>0 + 500 km</b>

LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 01			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara(g)	11.07	11.71	12.84
P. suelo Húmedo + tara(g)	23.13	22.26	29.25
Peso del suelo Húmedo (g)	12.06	10.55	16.41
P. suelo seco + tara (g)	19.50	18.74	23.15
Peso del suelo seco (g)	8.43	7.03	10.31
Peso del agua (g)	3.63	3.52	6.10
% de Humedad	43.06	50.07	59.17
N° de golpes	35	26	17



LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 01		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara (g)	10.68	9.72
P. suelo Húmedo + tara(g)	13.68	14.52
Peso del suelo Húmedo (g)	3.00	4.80
P. del suelo seco + tara(g)	13.18	13.57
Peso del suelo seco (g)	2.50	3.85
Peso del agua (g)	0.50	0.95
% de Humedad	20.00	24.68

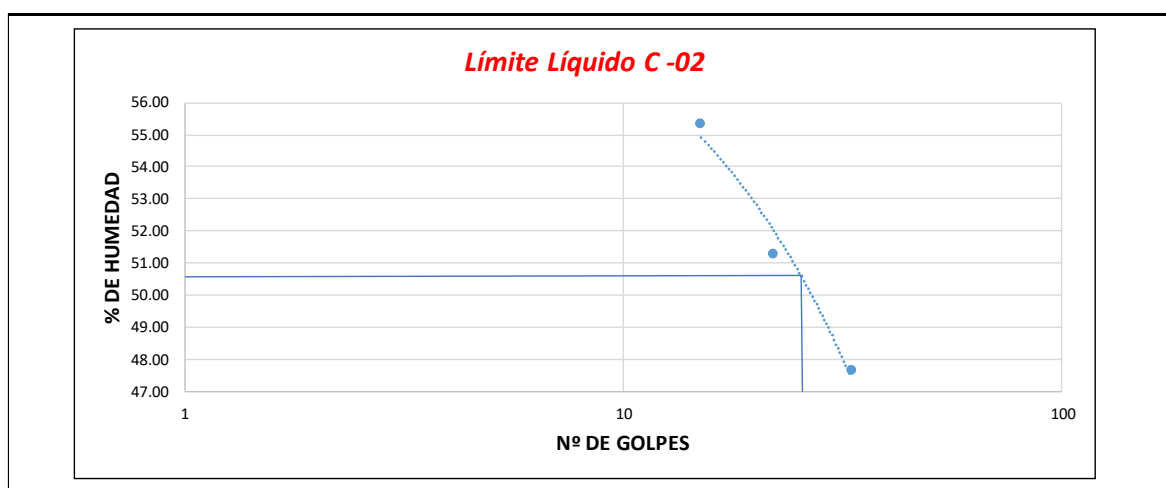
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LL =	51.59
LP =	22.34
IP =	29.25

**Tabla N° 51: Límites de Atterberg C – 02**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.</i>		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 02</b>	<b>Progresiva</b>	<b>1 + 000 km</b>

**LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 02**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
<i>Peso de la tara(g)</i>	10.24	9.35	28.48
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	19.93	20.29	37.91
<i>P del suelo Húmedo (g)</i>	9.69	10.94	9.43
<i>P. del suelo seco + tara(g)</i>	16.80	16.58	34.55
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	6.56	7.23	6.07
<i>Peso del agua (g)</i>	3.13	3.71	3.36
<i>% de Humedad</i>	47.71	51.31	55.35
<i>N° de golpes</i>	33	22	15



**LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 02**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
<i>Peso de la tara (g)</i>	11.81	11.32
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	16.42	13.98
<i>Peso del suelo Húmedo (g)</i>	4.61	2.66
<i>P.del suelo seco + tara(g)</i>	15.55	13.47
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	3.74	2.15
<i>Peso del agua (g)</i>	0.87	0.51
<i>% de Humedad</i>	23.26	23.72

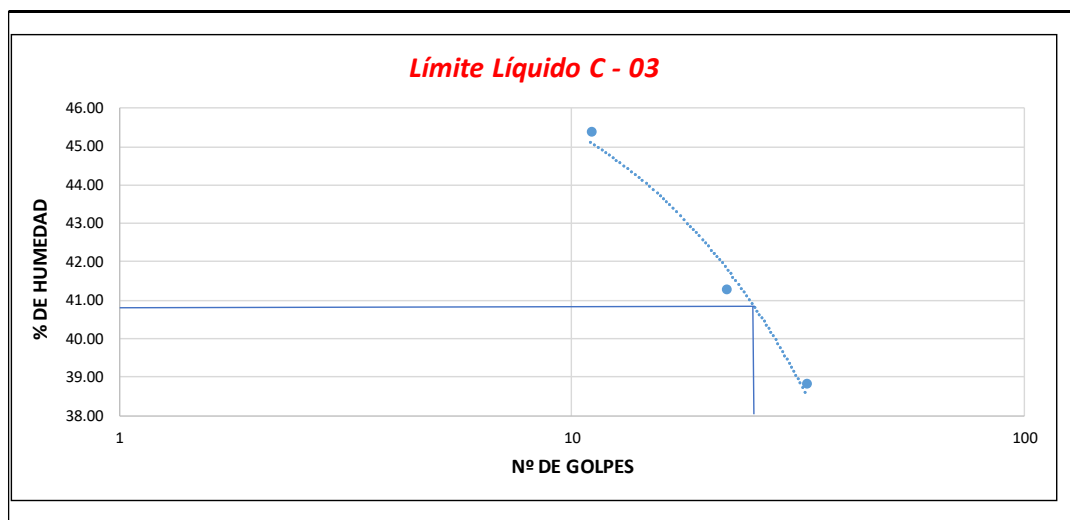
**ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

<b>LL =</b>	50.77
<b>LP =</b>	23.49
<b>IP =</b>	27.28

**Tabla N° 52: Límites de Atterberg C – 03**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 03</b>	<b>Progresiva</b>	<b>1 + 500 km</b>

<b>LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 03</b>			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	11.23	10.10	9.76
P. suelo Húmedo + tara(g)	22.21	25.19	24.69
Peso del suelo Húmedo (g)	10.98	15.09	14.93
P. del suelo seco + tara(g)	19.14	20.78	20.03
Peso del suelo seco (g)	7.91	10.68	10.27
Peso del agua (g)	3.07	4.41	4.66
% de Humedad	38.81	41.29	45.37
N° de golpes	33	22	11



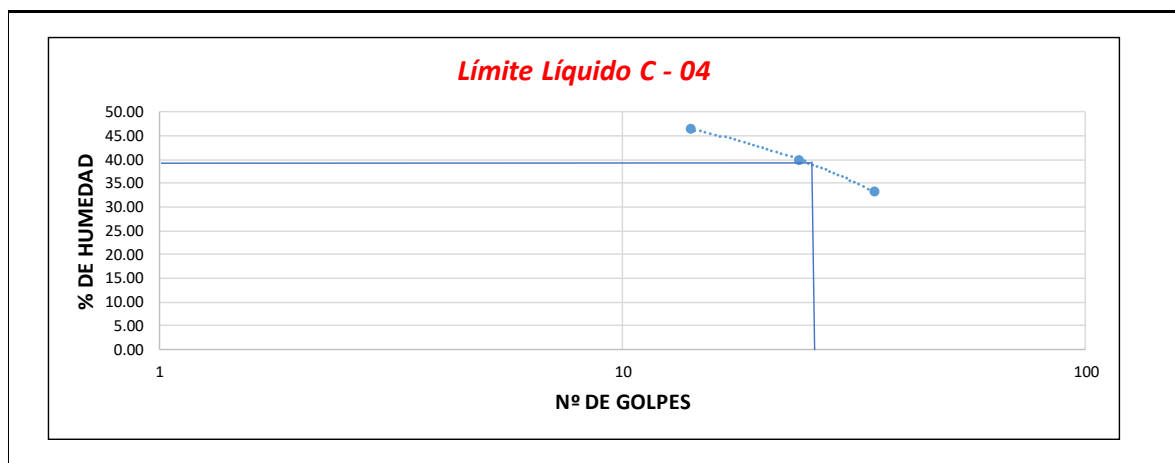
<b>LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 03</b>		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara (g)	12.17	10.70
P. suelo Húmedo + tara(g)	14.07	11.91
Peso del suelo Húmedo (g)	1.90	1.21
P. del suelo seco + tara(g)	13.62	11.65
Peso del suelo seco (g)	1.45	0.95
Peso del agua (g)	0.45	0.26
% de Humedad	31.03	27.37

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	
LL=	40.93
LP=	29.20
IP=	11.73

**Tabla N° 53: Límites de Atterberg C – 04**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.</i>		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 04</b>	<b>Progresiva</b>	<b>2+ 000 km</b>

<b>LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 04</b>			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
<i>Peso de la tara(g)</i>	91.72	89.41	39.11
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	104.74	102.91	50.13
<i>P del suelo Húmedo (g)</i>	13.02	13.50	11.02
<i>P. del suelo seco + tara(g)</i>	101.49	99.07	46.63
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	9.77	9.66	7.52
<i>Peso del agua (g)</i>	3.25	3.84	3.50
<i>% de Humedad</i>	33.27	39.75	46.54
<i>N° de golpes</i>	35	24	14



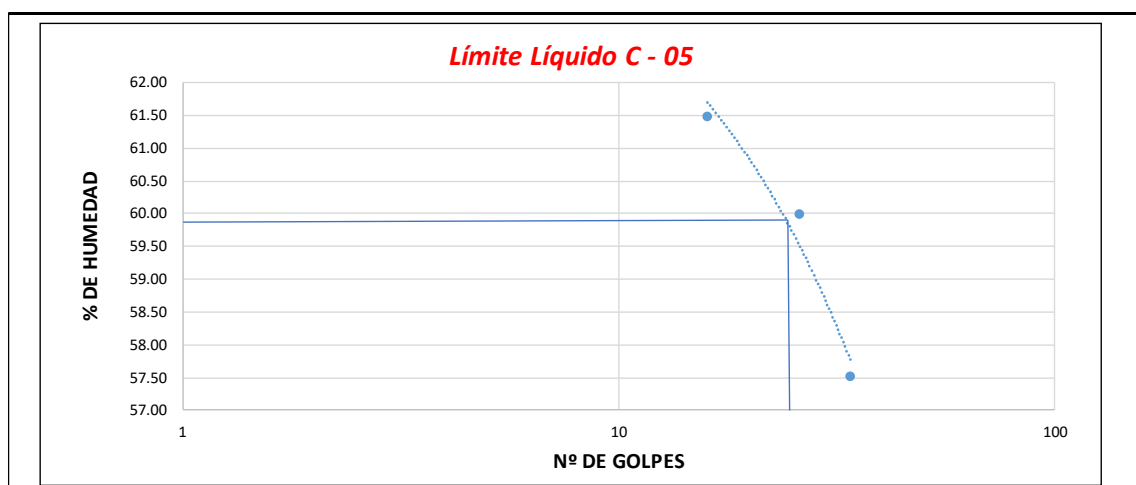
<b>LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 04</b>		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
<i>Peso de la tara (g)</i>	53.51	74.10
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	55.92	77.62
<i>Peso del suelo Húmedo (g)</i>	2.41	3.52
<i>P. del suelo seco + tara(g)</i>	55.57	77.10
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	2.06	3.00
<i>Peso del agua (g)</i>	0.35	0.52
<i>% de Humedad</i>	16.99	17.33

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	
<b>LL =</b>	39.43
<b>LP =</b>	17.16
<b>IP =</b>	22.27

**Tabla N° 54: Límites de Atterberg C – 05**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.</i>		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 05</b>	<b>Progresiva</b>	<b>2+ 500 km</b>

<b>LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 05</b>			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
<i>Peso de la tara(g)</i>	11.18	10.35	12.77
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	25.75	28.78	26.48
<i>Peso del suelo Húmedo (g)</i>	14.57	18.43	13.71
<i>P. suelo seco + tara (g)</i>	20.43	21.87	21.26
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	9.25	11.52	8.49
<i>Peso del agua (g)</i>	5.32	6.91	5.22
<i>% de Humedad</i>	57.51	59.98	61.48
<i>N° de golpes</i>	34	26	16



<b>LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 05</b>		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
<i>Peso de la tara (g)</i>	27.99	26.86
<i>P. suelo Húmedo + tara(g)</i>	28.88	27.76
<i>Peso del suelo Húmedo (g)</i>	0.89	0.90
<i>P. del suelo seco + tara(g)</i>	28.63	27.53
<i>Peso del suelo seco (g)</i>	0.64	0.67
<i>Peso del agua (g)</i>	0.25	0.23
<i>% de Humedad</i>	39.06	34.33

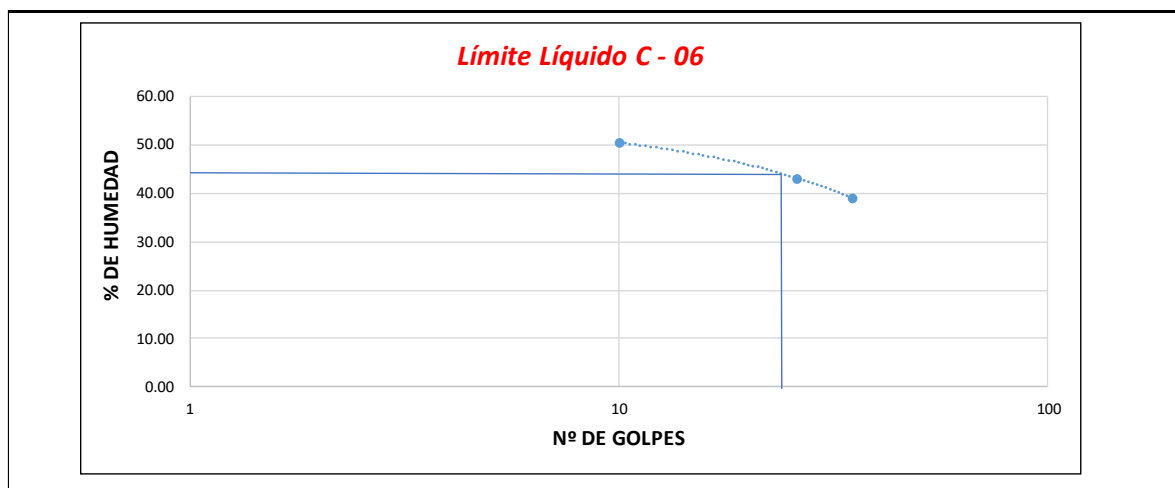
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	
<b>LL =</b>	59.73
<b>LP =</b>	36.70
<b>IP =</b>	23.03

**Tabla N° 55: Límites de Atterberg C – 06**

Ensayo	Norma		
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>		
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 06</b>	<b>Progresiva</b>	<b>3+ 000 km</b>

**LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 06**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	13.28	11.69	11.07
P. suelo Húmedo + tara(g)	22.64	22.97	24.91
Peso del suelo Húmedo (g)	9.36	11.28	13.84
P. suelo seco + tara(g)	20.01	19.58	20.27
Peso del suelo seco (g)	6.73	7.89	9.20
Peso del agua (g)	2.63	3.39	4.64
% de Humedad	39.08	42.97	50.43
N° de golpes	35	26	10



**LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 06**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara(g)	28.00	11.35
P. suelo Húmedo + tara(g)	29.35	12.52
Peso del suelo Húmedo (g)	1.35	1.17
P. suelo seco + tara (g)	29.10	12.23
Peso del suelo seco (g)	1.10	0.88
Peso del agua (g)	0.25	0.29
% de Humedad	22.73	32.95

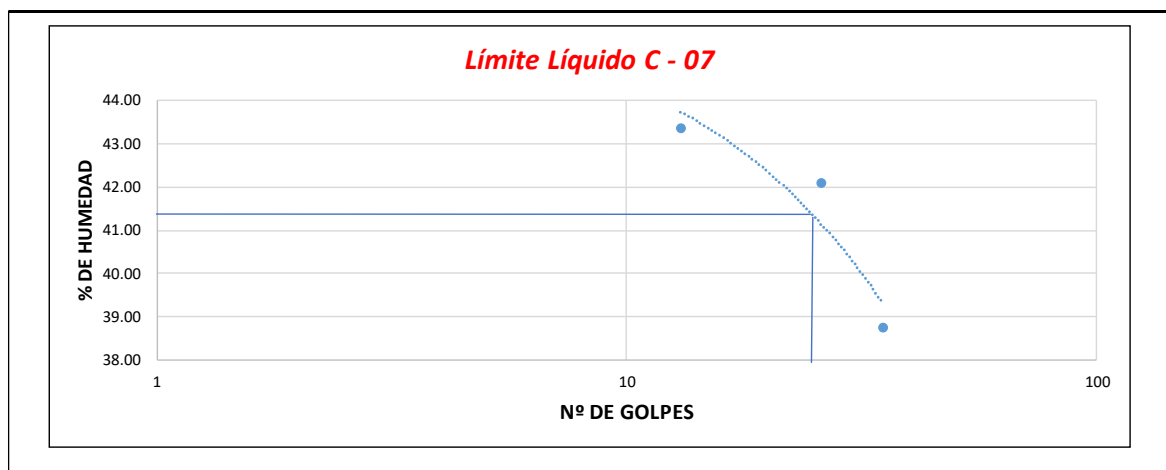
**ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

<b>LL =</b>	43.55
<b>LP =</b>	27.84
<b>IP =</b>	15.71

**Tabla N° 56: Límites de Atterberg C – 07**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 07</b>	<b>Progresiva</b>	<b>3+ 500 km</b>

<b>LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 07</b>			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	26.87	28.07	9.72
P. suelo Húmedo + tara (g)	38.47	36.24	22.55
Peso del suelo Húmedo (g)	11.60	8.17	12.83
P. suelo seco + tara (g)	35.23	33.82	18.67
Peso del suelo seco (g)	8.36	5.75	8.95
Peso del agua (g)	3.24	2.42	3.88
% de Humedad	38.76	42.09	43.35
N° de golpes	35	26	13



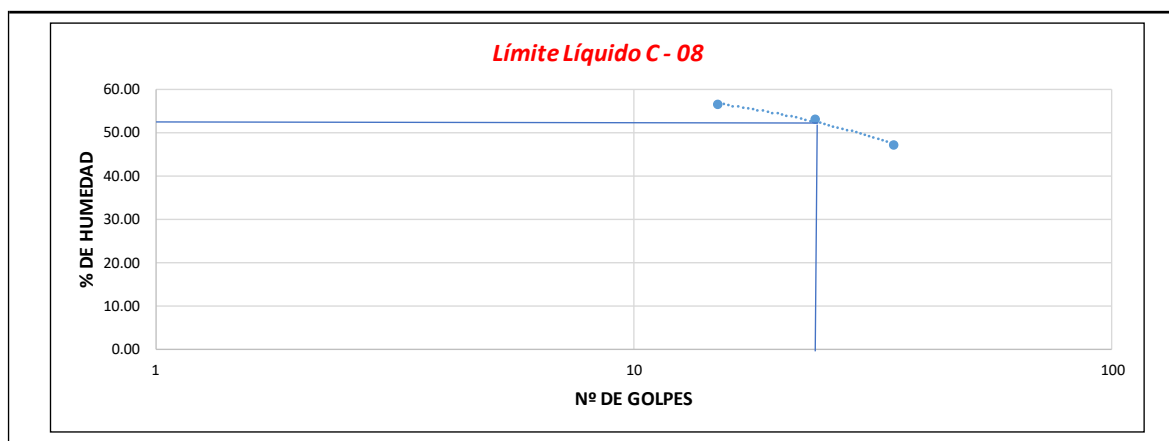
<b>LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 07</b>		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara(g)	37.2	5.83
P. suelo Húmedo + tara (g)	39.11	7.16
Peso del suelo Húmedo (g)	1.91	1.33
P. suelo seco + tara (g)	38.78	6.86
Peso del suelo seco (g)	1.58	1.03
Peso del agua (g)	0.33	0.3
% de Humedad	20.89	29.13

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	
LL =	41.33
LP =	25.01
IP =	16.32

**Tabla N° 57: Límites de Atterberg C – 08**

Ensayo		Norma	
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO		ASTM D - 433 & D - 434	
NOMBRE DE INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
N° de Muestra	C - 08	Progresiva	4+ 000 km

LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 08			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	25.91	28.01	27.16
P. suelo Húmedo + tara (g)	42.44	44.50	45.22
Peso del suelo Húmedo (g)	16.53	16.49	18.06
P. suelo seco + tara (g)	37.15	38.79	38.70
Peso del suelo seco (g)	11.24	10.78	11.54
Peso del agua (g)	5.29	5.71	6.52
% de Humedad	47.06	52.97	56.50
N° de golpes	35	24	15



LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 08		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara (g)	28.31	27.78
P. suelo Húmedo + tara (g)	29.42	28.98
Peso del suelo Húmedo (g)	1.11	1.2
P. suelo seco + tara (g)	29.14	28.75
Peso del suelo seco (g)	0.83	0.97
Peso del agua (g)	0.28	0.23
% de Humedad	33.73	23.71

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LL =	52.02
LP =	28.72
IP =	23.3

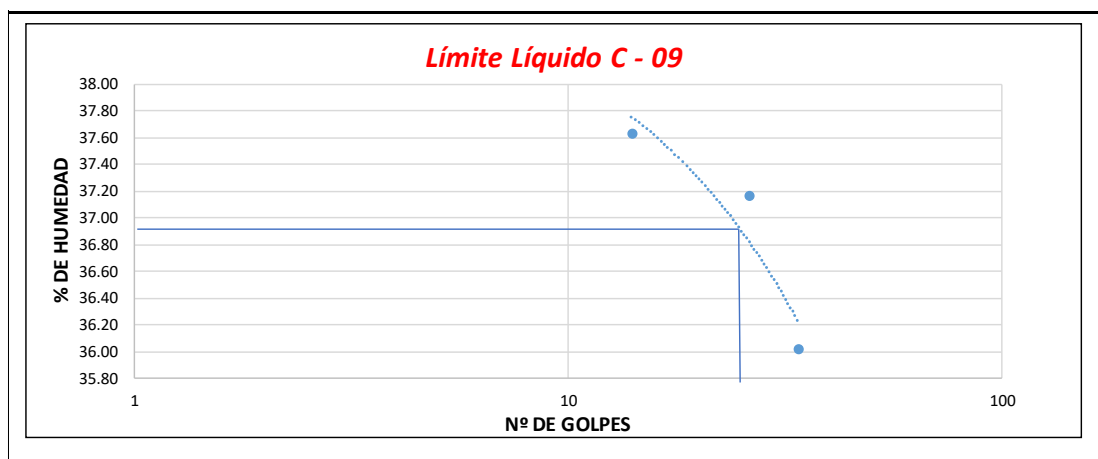


**Tabla N° 58: Límites de Atterberg C – 09**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 09</b>	<b>Progresiva</b>	<b>4+ 500 km</b>

**LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 09**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	10.23	27.66	25.49
P. suelo Húmedo + tara (g)	24.77	40.54	42.17
Peso del suelo Húmedo (g)	14.54	12.88	16.68
P. suelo seco + tara (g)	20.92	37.05	37.61
Peso del suelo seco (g)	10.69	9.39	12.12
Peso del agua (g)	3.85	3.49	4.56
% de Humedad	36.01	37.17	37.62
N° de golpes	34	26	14



**LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 09**

DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara (g)	22.09	5.82
P. suelo Húmedo + tara (g)	22.77	6.86
Peso del suelo Húmedo (g)	0.68	1.04
P. suelo seco + tara (g)	22.62	6.64
Peso del suelo seco (g)	0.53	0.82
Peso del agua (g)	0.15	0.22
% de Humedad	28.30	26.83

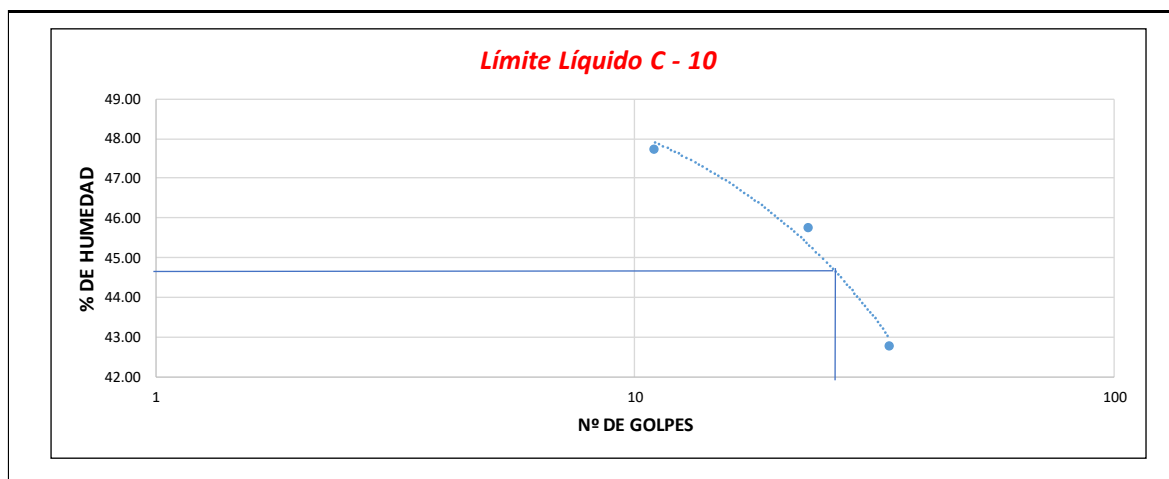
**ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

LL =	36.91
LP =	27.57
IP =	9.34

**Tabla N° 59: Límites de Atterberg C – 10**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 10</b>	<b>Progresiva</b>	<b>5 + 000 km</b>

LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 10			
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03
Peso de la tara (g)	80.94	75.90	27.26
P. suelo Húmedo + tara (g)	93.86	89.82	41.10
Peso del suelo Húmedo (g)	12.92	13.92	13.84
P. suelo seco + tara (g)	89.99	85.45	36.63
Peso del suelo seco (g)	9.05	9.55	9.37
Peso del agua (g)	3.87	4.37	4.47
% de Humedad	42.76	45.76	47.71
N° de golpes	34	23	11



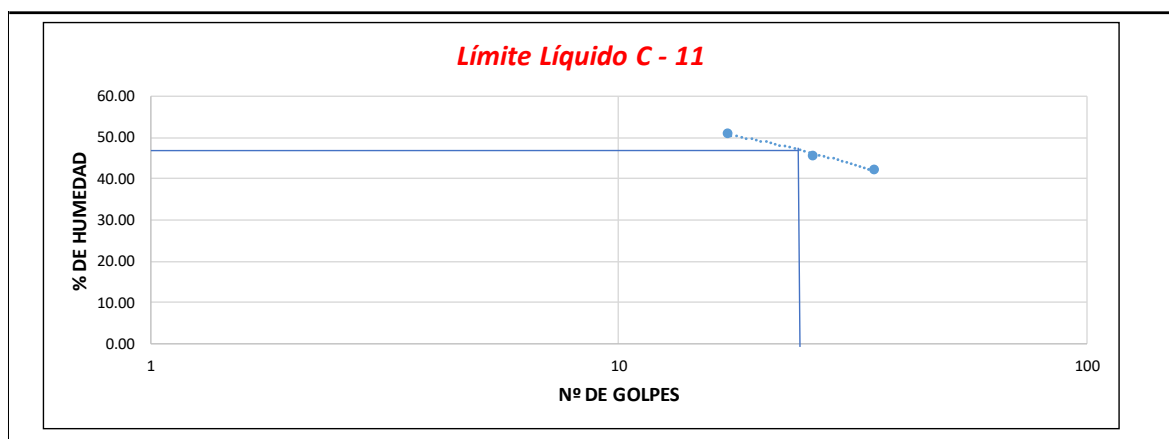
LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 10		
DATOS	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la tara (g)	25.95	29.73
P. suelo Húmedo + tara (g)	27.35	31.25
Peso del suelo Húmedo (g)	1.40	1.52
P. suelo seco + tara (g)	27.00	30.82
Peso del suelo seco (g)	1.05	1.09
Peso del agua (g)	0.35	0.43
% de Humedad	33.33	39.45

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LL =	44.91
LP =	36.39
IP =	8.52

**Tabla N° 60: Límites de Atterberg C – 11**

Ensayo		Norma	
<b>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>ASTM D - 433 &amp; D - 434</b>	
<b>NOMBRE DE INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio Universidad Privada del Norte		
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 11</b>	<b>Progresiva</b>	<b>5 + 500 km</b>

<b>LÍMITE LÍQUIDO DE LA MUESTRA C - 11</b>			
DATOS	MUESTRAN° 01	MUESTRAN° 02	MUESTRAN° 03
Peso de la tara (g)	11.27	11.69	12.98
P. suelo Húmedo + tara (g)	26.04	26.01	23.43
Peso del suelo Húmedo (g)	14.77	14.32	10.45
P. suelo seco + tara (g)	21.67	21.53	19.90
Peso del suelo seco (g)	10.40	9.84	6.92
Peso del agua (g)	4.37	4.48	3.53
% de Humedad	42.02	45.53	51.01
N° de golpes	35	26	17



<b>LÍMITE PLÁSTICO DE LA MUESTRA C - 11</b>		
DATOS	MUESTRAN°01	MUESTRAN°02
Peso de la tara (g)	22.18	10.77
P. suelo Húmedo + tara (g)	23.39	12.15
Peso del suelo Húmedo (g)	1.21	1.38
P. suelo seco + tara (g)	23.12	11.84
Peso del suelo seco (g)	0.94	1.07
Peso del agua (g)	0.27	0.31
% de Humedad	28.72	28.97

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	
LL =	46.69
LP =	28.85
IP =	17.84

Anexo N° 9: *Clasificación de suelos por AASHTO*

**Tabla N° 61:** *Clasificación de suelos por AASHTO*

Ensayo	Norma
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>	<b>ASTM D - 3282 / AASHTO M - 145</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette

Calicata	Profundidad (m)	Progresiva (km)	Material Retenido en el Tamiz N° 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Clasificación AASHTO		
<b>C - 01</b>	1.50	<b>0 + 500</b>	58.73	51.59	29.25	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 02</b>	1.50	<b>1 + 000</b>	61.33	46.70	23.21	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 03</b>	1.50	<b>1 + 500</b>	56.20	40.93	11.73	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 04</b>	1.50	<b>2 + 000</b>	55.51	39.43	22.27	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 05</b>	1.50	<b>2 + 500</b>	53.18	59.73	23.03	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 5</b>
<b>C - 06</b>	1.50	<b>3 + 000</b>	37.33	43.55	15.71	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 07</b>	1.50	<b>3 + 500</b>	32.94	41.33	16.32	Material Granular	-	<b>A - 2</b>
<b>C - 08</b>	1.50	<b>4 + 000</b>	48.53	52.02	23.30	Material Limo Arcilloso	Suelos Arcillosos	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 09</b>	1.50	<b>4 + 500</b>	71.02	36.91	9.34	Material Limo Arcilloso	Limo y Arcillas	<b>A - 7 - 6</b>
<b>C - 10</b>	1.50	<b>5 + 000</b>	57.54	44.91	8.52	Material Limo Arcilloso	Limo y Arcillas	<b>A - 7 - 5</b>
<b>C - 11</b>	1.50	<b>5 + 500</b>	65.89	46.69	17.84	Material Limo Arcilloso	Limo y Arcillas	<b>A - 7 - 6</b>

Anexo N° 10: Clasificación de suelos por SUCS

Tabla N° 62: Clasificación de suelos por SUCS

Ensayo				Norma			
CLASIFICACIÓN SUCS				ASTM D - 2487			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<i>Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.</i>					
<b>INVESTIGADORES</b>		- Flores Quiñones Edel Rocío			- Flores Sánchez Angie Lisette		
Calicata	Profundidad (m)	Progresiva (km)	Material Retenido en el Tamiz N° 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Clasificación SUCS	
C - 01	1.50	0 + 500	58.73	51.59	29.25	Limo y Arcillas.	<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
C - 02	1.50	1 + 000	61.33	46.70	23.21	Limo y Arcillas.	<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcilla con grava, arcilla arenosas, arcillas limosas.
C - 03	1.50	1 + 500	56.20	40.93	11.73	Limo y Arcillas.	<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
C - 04	1.50	2 + 000	55.51	39.43	22.27	Limo y Arcillas.	<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcilla con grava, arcilla arenosas, arcillas limosas.
C - 05	1.50	2 + 500	53.18	59.73	23.03	Limo y Arcillas.	<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
C - 06	1.50	3 + 000	37.33	43.55	15.71	Arena Arena con finos	<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezcla arena - arcilla.
C - 07	1.50	3 + 500	32.94	41.33	16.32	Arena Arena con finos	<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezcla arena - arcilla.
C - 08	1.50	4 + 000	48.53	52.02	23.3	Arena Arena con finos	<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezcla arena - arcilla.
C - 09	1.50	4 + 500	71.02	36.91	9.34	Limo y Arcillas.	<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
C - 10	1.50	5 + 000	57.54	44.91	8.52	Limo y Arcillas.	<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
C - 11	1.50	5 + 500	65.89	46.69	17.84	Limo y Arcillas.	<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcilla con grava, arcilla arenosas, arcillas limosas.

**Anexo N° 11: Resultados del ensayo de Peso Específico**

**Tabla N° 63: Peso específico C – 01**

Ensayo	Norma
PESO ESPECÍFICO	ASTM D - 854

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 01			0 + 500 km		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	17/07/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	18/07/2019
	Hora	09:00 a.m.		Hora	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	64.26
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,680.00
Fondo (g)	255.74
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
Peso de Suelo Seco (Ws) (g)	92.24	91.35	92.01
Peso de Fiola (g)	166.59	174.01	167.97
P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)	664.42	671.58	665.89
P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)	722.76	728.99	723.63
Peso Específico (Ys) (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.72</b>	<b>2.69</b>	<b>2.68</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.70</b>		

**Tabla N° 64: Peso específico C – 02**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 02			1 + 000 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	18/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	19/07/2019
	<b>Hora</b>	03:00 p.m.		<b>Hora</b>	03:00 p.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	61.04
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,938.96
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	95.14	95.02	95.42
<b>Peso de Fiola (g)</b>	141.89	171.23	166.54
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	640.18	669.26	664.59
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	700.22	728.99	724.34
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.71</b>	<b>2.69</b>	<b>2.68</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		

**Tabla N° 65: Peso específico C – 03**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 03			1 + 500 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	17/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	18/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	9.11
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,990.89
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
Peso de Suelo Seco (Ws) (g)	97.25	97.02	96.84
Peso de Fiola (g)	170.92	147.25	142.01
P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)	668.90	645.66	640.15
P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)	729.57	706.10	700.76
Peso Específico (Ys) (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.66</b>	<b>2.65</b>	<b>2.67</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.66</b>		



**Tabla N° 66: Peso específico C – 04**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 04			2 + 000 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	17/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	18/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	122.61
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,877.39
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
<b>N° de Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	95.25	95.36	95.41
<b>Peso de Fiola (g)</b>	173.97	147.61	161.36
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	671.83	645.5	658.54
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	731.62	705.36	718.51
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		

**Tabla N° 67: Peso específico C – 05**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 05			2 + 500 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	22/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	23/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	42.28
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,957.72
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	94.14	94.55	94.55
<b>Peso de Fiola (g)</b>	171.26	147.41	166.41
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	669.08	645.32	664.50
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	728.34	704.78	724.01
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.70</b>	<b>2.69</b>	<b>2.70</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.70</b>		

**Tabla N° 68: Peso específico C – 06**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 06			3 + 000 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	21/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	22/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	44.55
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,955.45
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	91.54	90.94	89.96
<b>Peso de Fiola (g)</b>	141.99	160.79	147.53
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	639.88	658.73	645.81
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	697.89	716.06	702.70
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.73</b>	<b>2.71</b>	<b>2.72</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.72</b>		

**Tabla N° 69: Peso específico C – 07**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 07			3 + 500 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	15/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	16/07/2019
	<b>Hora</b>	03:00 p.m.		<b>Hora</b>	03:00 p.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	63.41
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,936.59
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	96.78	97.21	97.01
<b>Peso de Fiola (g)</b>	166.78	168.22	171.45
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	664.44	665.71	668.68
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	724.98	726.42	729.02
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.67</b>	<b>2.66</b>	<b>2.65</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.66</b>		

**Tabla N° 70: Peso específico C – 08**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 08			2 + 000 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	10/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	11/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	167.41
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,832.59
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
<b>N° de Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	94.25	90.68	95.63
<b>Peso de Fiola (g)</b>	171.22	171.85	160.90
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	669.00	669.32	658.56
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	728.44	726.42	718.69
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.71</b>	<b>2.70</b>	<b>2.69</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.70</b>		

**Tabla N° 71: Peso específico C – 09**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 09			4 + 500 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	14/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	15/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	286.48
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,713.52
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
<b>N° de Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	95.35	96.14	95.87
<b>Peso de Fiola (g)</b>	171.82	161.35	171.26
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	669.20	658.11	668.28
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	729.03	718.55	728.50
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.68</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		

**Tabla N° 72: Peso específico C – 10**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 10			5 + 000 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	22/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	23/07/2019
	<b>Hora</b>	03:00 p.m.		<b>Hora</b>	03:00 p.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	2.84
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,997.16
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
<b>N° de Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	96.37	94.98	96.47
<b>Peso de Fiola (g)</b>	171.98	173.99	168.00
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	640.14	671.87	665.55
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	700.55	731.54	726.19
<b>Peso Específico (Ys) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.68</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>
<b>Ys Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		

**Tabla N° 73: Peso específico C – 11**

Ensayo	Norma
<b>PESO ESPECÍFICO</b>	<b>ASTM D - 854</b>

<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.	
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	

N° de Muestra			Progresiva		
C - 11			5 + 500 km		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	15/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	16/07/2019
	<b>Hora</b>	09:00 a.m.		<b>Hora</b>	09:00 a.m.

GRANULOMETRÍA	
Retenido en el Tamiz N° 04 (g)	29.37
Pasa Tamiz N° 04 (g)	1,970.63
<b>TOTAL DE MUESTRA (g) =</b>	<b>2,000.00</b>

PESO ESPECÍFICO			
N° de Muestra	1	2	3
<b>Peso de Suelo Seco (Ws) (g)</b>	96.25	95.99	95.66
<b>Peso de Fiola (g)</b>	174.25	141.44	143.93
<b>P. de Fiola + Agua (Wfw) (g)</b>	671.20	639.94	645.03
<b>P. de Fiola + Agua + Suelo (Wfws) (g)</b>	731.58	700.13	705.37
<b>Peso Específico (γs) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.68</b>	<b>2.68</b>	<b>2.71</b>
<b>γs Promedio (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.69</b>		



Anexo N° 12: Resultados del ensayo de Proctor Modificado

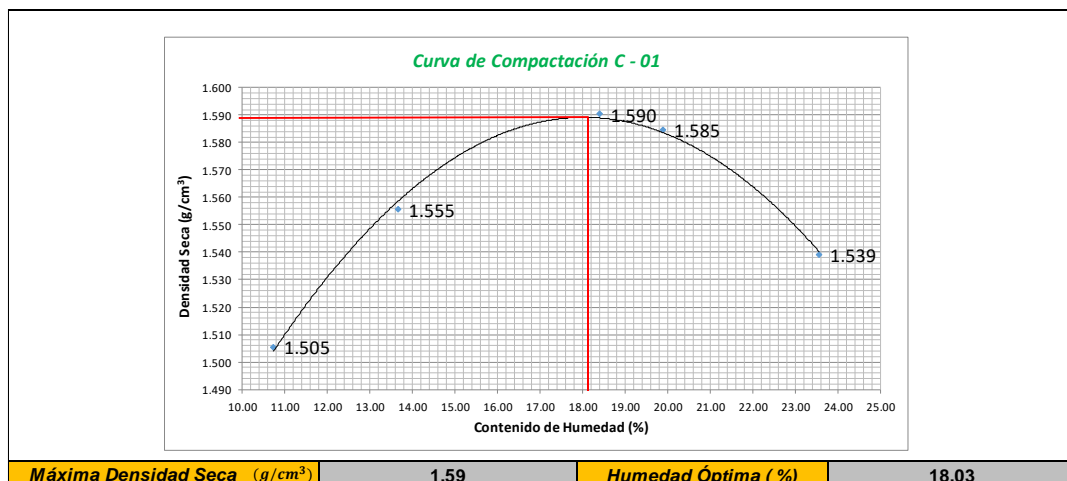
Tabla N° 74: Proctor modificado muestra patrón C - 01

Ensayo		Norma			
PROCTOR MODIFICADO		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.				
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	23/07/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	24/07/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
N° de Muestra	C - 01		Progresiva	0 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
Método Utilizado	" A "			
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)		% de Peso Retenido
3/4"	19	53.00		2.65
3/8"	9.5	21.00		1.05
N°04	4.75	13.00		0.65
FONDO	-	1,913.00		95.65
TOTAL		2,000.00		-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de Agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,200.50	4,129.50	4,138.00	4,191.50	4,139.00
P. molde + suelo comp.(g)	5,756.50	5,780.00	5,895.50	5,965.00	5,914.50
P. de suelo compactado(g)	1,556.00	1,650.50	1,757.50	1,773.50	1,775.50
Volúmen del molde (cm³)	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm³)	1.667	1.768	1.883	1.900	1.902
Densidad Seca (g/cm³)	1.505	1.555	1.590	1.585	1.539

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8	11		14		17		20		
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso de la tara (g)	25.98	20.72	27.31	26.20	27.82	27.11	12.06	11.67	11.05	11.28
P. tara + suelo húmedo (g)	134.40	128.10	131.07	131.36	130.33	129.44	114.10	116.59	119.87	125.79
Peso del suelo húmedo (g)	108.42	107.38	103.76	105.16	102.51	102.33	102.04	104.92	108.82	114.51
P. tara + suelo seco (g)	123.95	117.64	118.53	118.79	114.28	113.65	97.21	99.13	98.95	104.13
Peso del suelo seco (g)	97.97	96.92	91.22	92.59	86.46	86.54	85.15	87.46	87.90	92.85
Peso del agua (g)	10.45	10.46	12.54	12.57	16.05	15.79	16.89	17.46	20.92	21.66
Contenido de Humedad (%)	10.67	10.79	13.75	13.58	18.56	18.25	19.84	19.96	23.80	23.33
W promedio (%)	10.73		13.66		18.40		19.90		23.56	



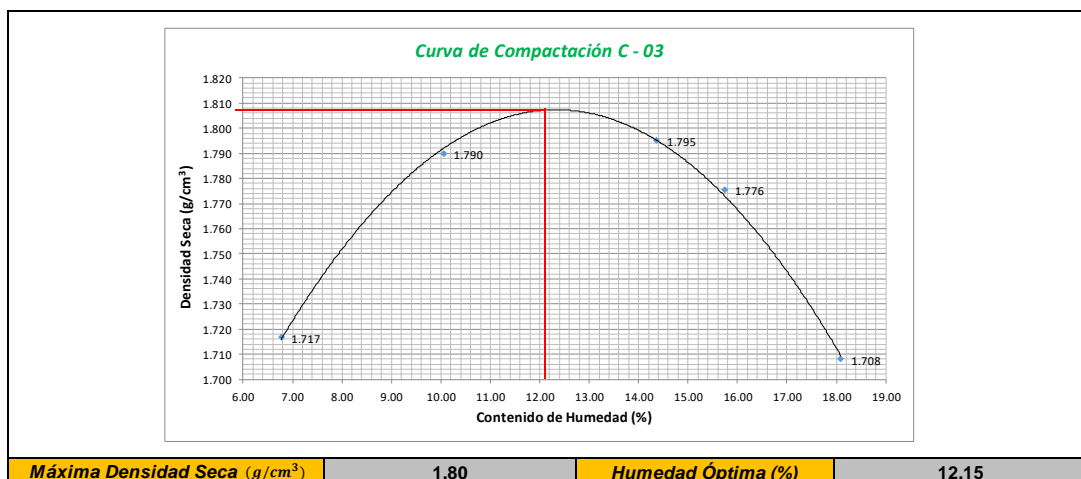
**Tabla N° 75: Proctor modificado muestra patrón C – 03**

Ensayo		Norma			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	31/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	01/07/2019
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.		<b>Hora</b>	9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 03</b>		<b>Progresiva</b>	<b>1 + 500 km</b>	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	<b>"A"</b>			
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>		<b>% de Peso Retenido</b>
3/4"	19	0.00		0.00
3/8"	9.5	10.66		0.53
N°04	4.75	10.63		0.53
<b>FONDO</b>	-	1,978.71		98.94
<b>TOTAL</b>		2,000.00		-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
<b>% de Agua</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
<b>Cantidad de Agua (g)</b>	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
<b>Cantidad de suelo (g)</b>	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
<b>N° de capas</b>	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
<b>N° de golpes por capa</b>	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
<b>Peso del molde (g)</b>	4,191.50	4,190.50	4,138.50	4,191.50	4,138.00
<b>P. del molde + suelo comp. (g)</b>	5,902.50	6,029.50	6,055.00	6,110.00	6,020.50
<b>P. del suelo compactado (g)</b>	1,711.00	1,839.00	1,916.50	1,918.50	1,882.50
<b>Volúmen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.833	1.970	2.053	2.055	2.017
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.717</b>	<b>1.790</b>	<b>1.795</b>	<b>1.776</b>	<b>1.708</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
<b>% de Agua</b>	<b>5</b>		<b>8</b>		<b>11</b>		<b>14</b>		<b>17</b>	
<b>N° de Tara</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Peso de la tara (g)</b>	11.11	11.62	20.64	25.94	10.52	10.62	9.51	10.71	9.98	19.29
<b>P. tara + suelo húmedo (g)</b>	127.10	124.64	129.25	134.73	127.42	115.96	127.81	125.92	118.11	127.94
<b>Peso del suelo húmedo(g)</b>	115.99	113.02	108.61	108.79	116.90	105.34	118.30	115.21	108.13	108.65
<b>P. tara + suelo seco (g)</b>	119.79	117.43	119.33	124.79	112.76	102.71	111.72	110.26	101.56	111.28
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	108.68	105.81	98.69	98.85	102.24	92.09	102.21	99.55	91.58	91.99
<b>Peso del agua (g)</b>	7.31	7.21	9.92	9.94	14.66	13.25	16.09	15.66	16.55	16.66
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	6.73	6.81	10.05	10.06	14.34	14.39	15.74	15.73	18.07	18.11
<b>W promedio (%)</b>	<b>6.77</b>		<b>10.05</b>		<b>14.36</b>		<b>15.74</b>		<b>18.09</b>	



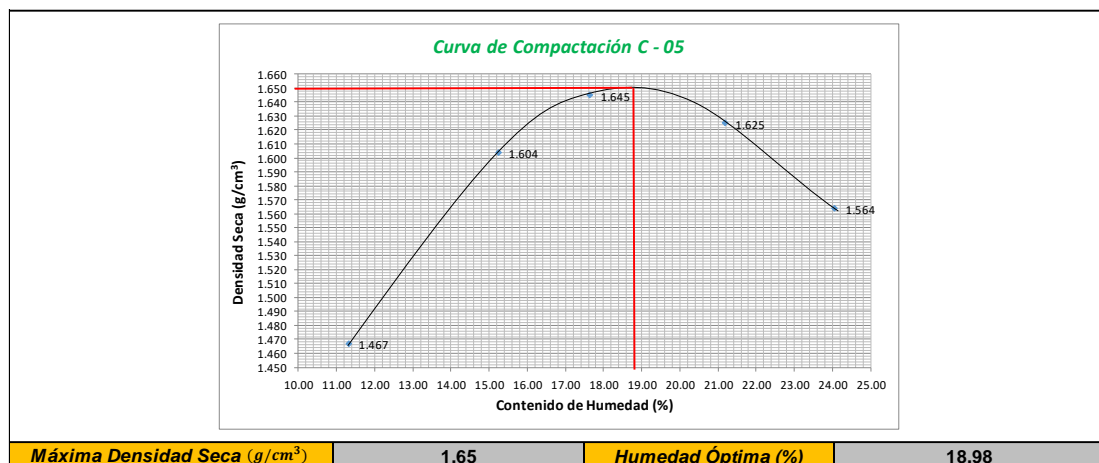
**Tabla N° 76: Proctor modificado muestra patrón C – 05**

Ensayo		Norma	
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	21/07/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.	<b>Hora</b>
<b>N° de Muestra</b>	C - 5	<b>Progresiva</b>	2 + 500 km

CLASIFICACIÓN			
<b>Método Utilizado</b>	"A"		
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
3/4"	19	20.90	1.05
3/8"	9.5	115.26	5.76
N°04	4.75	338.19	16.91
<b>FONDO</b>	-	1,525.65	76.28
<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de Agua (g)	200.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,190.50	4,189.50	4,129.00	4,190.90	4,129.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,715.00	5,914.00	5,935.50	6,028.50	5,939.50
P. del suelo compactado (g)	1,524.50	1,724.50	1,806.50	1,837.60	1,810.50
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.633	1.848	1.935	1.969	1.940
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.467</b>	<b>1.604</b>	<b>1.645</b>	<b>1.625</b>	<b>1.564</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11			14		17		20
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso de la tara (g)	26.41	27.46	26.91	27.69	10.82	12.33	9.44	12.48	10.70	11.75
P. tara + suelo húmedo (g)	129.26	128.38	131.69	131.95	112.85	113.13	132.28	133.43	112.54	114.25
Peso del suelo húmedo (g)	102.85	100.92	104.78	104.26	102.03	100.80	122.84	120.95	101.84	102.50
P. tara + suelo seco (g)	118.70	118.23	117.84	118.16	97.47	98.09	110.87	112.24	92.96	94.20
Peso del suelo seco (g)	92.29	90.77	90.93	90.47	86.65	85.76	101.43	99.76	82.26	82.45
Peso del agua (g)	10.56	10.15	13.85	13.79	15.38	15.04	21.41	21.19	19.58	20.05
Contenido de Humedad (%)	11.44	11.18	15.23	15.24	17.75	17.54	21.11	21.24	23.80	24.32
<b>W promedio (%)</b>	<b>11.31</b>		<b>15.24</b>			<b>17.64</b>		<b>21.17</b>		<b>24.06</b>



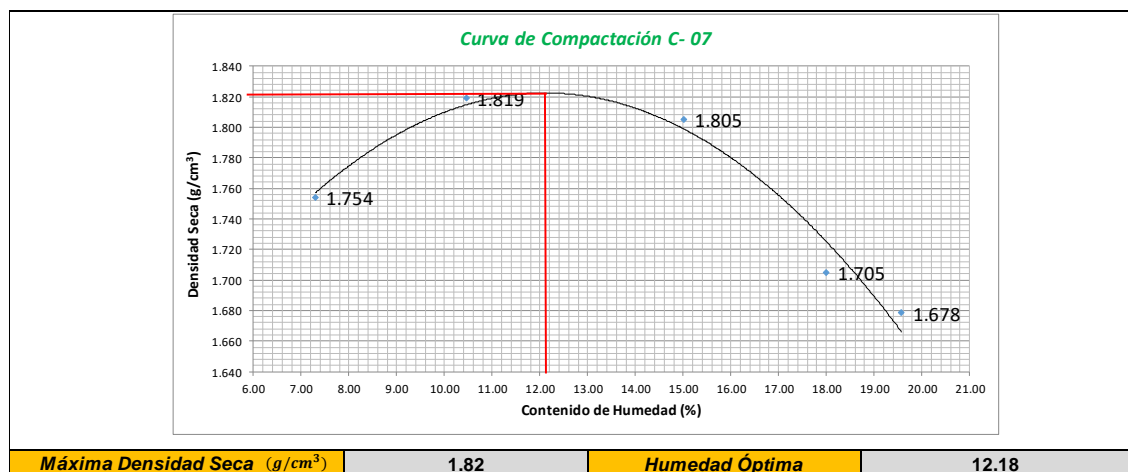
**Tabla N° 77: Proctor modificado muestra patrón C – 07**

Ensayo		Norma	
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	Fecha	05/08/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>
	Hora	9:00 a. m.	Fecha
			Hora
<b>Nº de Muestra</b>	<b>C - 07</b>	<b>Progresiva</b>	<b>3 + 500 km</b>

CLASIFICACIÓN			
<b>Método Utilizado</b>	<b>"A"</b>		
<b>Nº de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
3/4"	19	16.64	0.83
3/8"	9.5	12.35	0.62
Nº04	4.75	48.51	2.43
<b>FONDO</b>	-	1922.5	96.13
<b>TOTAL</b>		2000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
<b>% de Agua</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
<b>Cantidad de agua (g)</b>	184	253	322	391	460
<b>Cantidad de suelo (g)</b>	110.00	176.00	242.00	308.00	374.00
<b>Nº de capas</b>	5	5	5	5	5
<b>Nº de golpes por capa</b>	25	25	25	25	25
<b>Peso del molde (g)</b>	4,138.00	4,137.50	4,191.50	4,138.00	4,191.50
<b>P. del molde + suelo comp. (g)</b>	5,895.00	6,012.50	6,129.50	6,015.50	6,064.50
<b>Peso del suelo compactado (g)</b>	1757.0	1875	1938	1877.5	1873
<b>Volúmen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.882	2.009	2.076	2.012	2.007
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.754</b>	<b>1.819</b>	<b>1.805</b>	<b>1.705</b>	<b>1.678</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD											
<b>% de Agua</b>	<b>8</b>		<b>11</b>			<b>14</b>			<b>17</b>		<b>20</b>
<b>Nº de Tara</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<b>Peso tara (g)</b>	11.33	11.76	20.70	19.26	25.93	11.13	12.15	10.60	10.93	9.64	
<b>P. tara + suelo húmedo (g)</b>	114.53	115.75	124.39	125.07	125.38	122.30	116.75	114.62	127.87	125.73	
<b>Peso del suelo húmedo(g)</b>	103.20	103.99	103.69	105.81	99.45	111.17	104.60	104.02	116.94	116.09	
<b>P. tara + suelo seco (g)</b>	107.54	108.66	114.59	115.04	112.42	107.77	100.68	98.86	108.42	107.03	
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	96.21	96.90	93.89	95.78	86.49	96.64	88.53	88.26	97.49	97.39	
<b>Peso del agua (g)</b>	6.99	7.09	9.80	10.03	12.96	14.53	16.07	15.76	19.45	18.70	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	7.27	7.32	10.44	10.47	14.98	15.04	18.15	17.86	19.95	19.20	
<b>W promedio (%)</b>	<b>7.29</b>		<b>10.45</b>			<b>15.01</b>			<b>18.00</b>		<b>19.58</b>



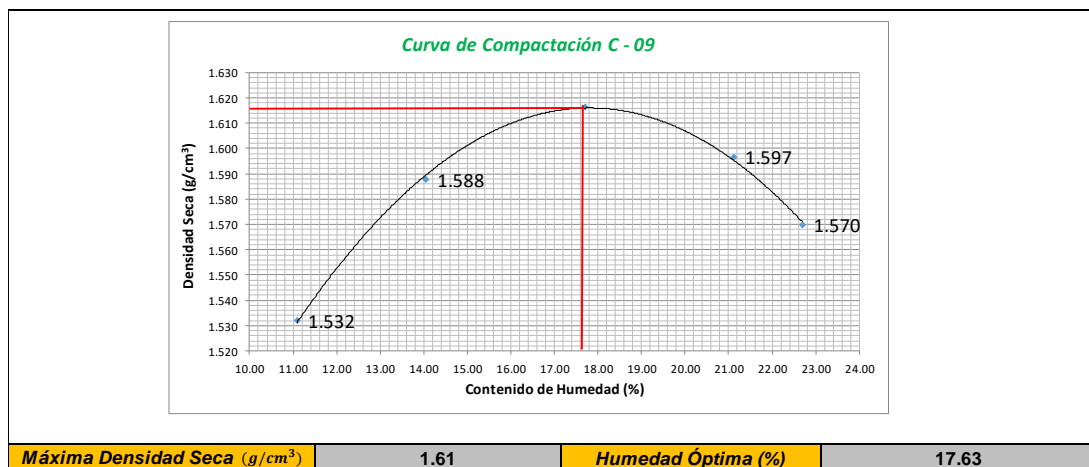
**Tabla N° 78: Proctor modificado muestra patrón C – 09**

Ensayo		Norma	
PROCTOR MODIFICADO		ASTM D - 1557 / NTP 339.141	
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	01/08/2019	Retiro de Muestra del Horno
	Hora	9:00 a. m.	Fecha
			02/08/2019
			Hora
			9:00 a. m.
N° de Muestra	C - 09	Progresiva	4 + 500 km

CLASIFICACIÓN			
Método Utilizado	"A"		
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido
3/4"	19	51.53	2.58
3/8"	9.5	6.15	0.31
N°04	4.75	34.05	1.70
FONDO	-	1908.27	95.41
TOTAL		2000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	176.00	242.00	308.00	374.00	440.00
Cantidad de suelo (g)	2300.00	2300.00	2300.00	2300.00	2300.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4191	4137.5	4191.5	4138.5	4191.5
P. del molde + suelo comp.(g)	5780	5827.5	5967.5	5944.0	5989.5
P. del suelo compactado (g)	1589.0	1690	1776	1805.5	1798
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.702	1.811	1.903	1.934	1.926
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.532	1.588	1.617	1.597	1.570

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8	11	14	17	20					
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	12.67	10.66	27.80	27.20	27.33	26.27	27.99	29.61	28.02	26.94
P. tara + suelo húmedo (g)	120.77	124.76	129.24	129.12	128.10	129.99	133.47	136.31	124.59	125.52
Peso del suelo húmedo(g)	108.10	114.10	101.44	101.92	100.77	103.72	105.48	106.70	96.57	98.58
P.tara + suelo seco (g)	110.13	113.21	116.51	116.79	112.59	114.75	115.2	117.59	106.90	107.12
Peso del suelo seco (g)	97.46	102.55	88.71	89.59	85.26	88.48	87.21	87.98	78.88	80.18
Peso del agua (g)	10.64	11.55	12.73	12.33	15.51	15.24	18.27	18.72	17.69	18.40
Contenido de Humedad (%)	10.92	11.26	14.35	13.76	18.19	17.22	20.95	21.28	22.43	22.95
W promedio (%)	11.09		14.06		17.71		21.11		22.69	



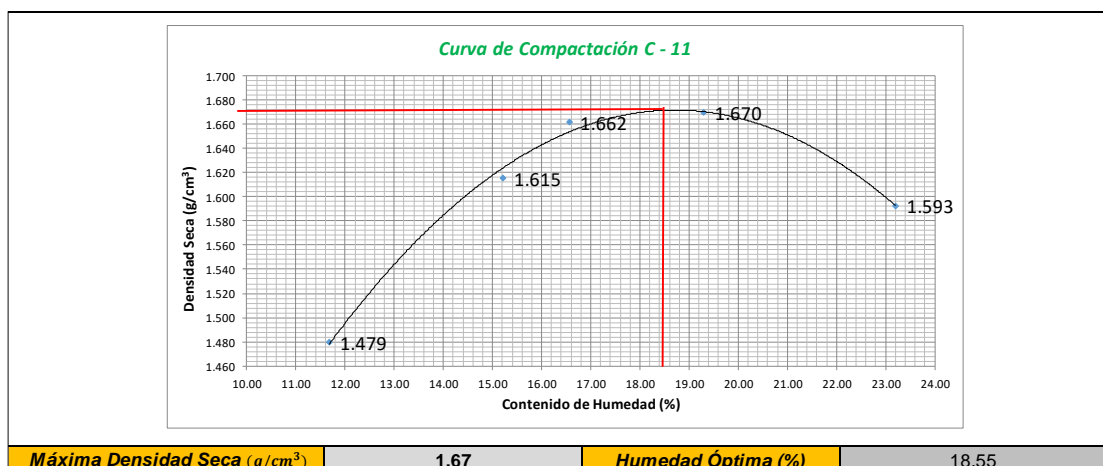
**Tabla N° 79: Proctor modificado muestra patrón C – 11**

Ensayo		Norma	
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones e Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>		<b>Retiro de Muestra del Horno</b>
	<b>Hora</b>		<b>Hora</b>
<b>N° de Muestra</b>	<b>C - 11</b>		<b>Progresiva</b> 5 + 500 km

CLASIFICACIÓN			
Método Utilizado	"A"		
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido
3/4"	19	0.00	0.00
3/8"	9.5	3.85	0.19
N°04	4.75	43.06	2.15
FONDO	-	1,953.09	97.65
<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	176.00	242.00	308.00	374.00	440.00
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4,191.50	4,138.50	4,192.00	4,138.50	4,138.50
P. de molde + suelo comp. (g)	5,733.50	5,875.50	6,000.00	5,998.00	5,970.00
P. del suelo compactado (g)	1,542.00	1,737.00	1,808.00	1,859.50	1,831.50
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.652	1.861	1.937	1.992	1.962
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.479</b>	<b>1.615</b>	<b>1.662</b>	<b>1.670</b>	<b>1.593</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.80	27.18	11.03	11.58	9.67	11.29	26.28	27.39	10.70	12.75
P. tara + suelo húmedo (g)	139.67	138.49	116.64	120.71	121.22	122.83	132.66	129.73	114.92	118.88
Peso del suelo húmedo (g)	111.87	111.31	105.61	109.13	111.55	111.54	106.38	102.34	104.22	106.13
P. tara + suelo seco (g)	127.87	126.96	102.35	106.66	104.15	108.24	115.42	113.21	95.46	98.73
Peso del suelo seco (g)	100.07	99.78	91.32	95.08	94.48	96.95	89.14	85.82	84.76	85.98
Peso del agua (g)	11.80	11.53	14.29	14.05	17.07	14.59	17.24	16.52	19.46	20.15
Contenido de humedad (%)	11.79	11.56	15.65	14.78	18.07	15.05	19.34	19.25	22.96	23.44
<b>W promedio (%)</b>	<b>11.67</b>		<b>15.21</b>		<b>16.56</b>		<b>19.29</b>		<b>23.20</b>	



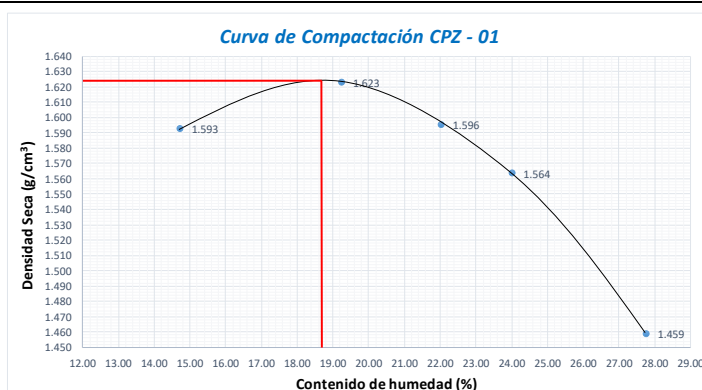
**Tabla N° 80: Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 01**

Ensayo		Norma			
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	23/07/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	24/07/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
N° de Muestra	CPZ - 01		Progresiva	0 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
Método Utilizado	"A"			
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido	
3/4"	19	53.00	2.65	
3/8"	9.5	21.00	1.05	
N°04	4.75	13.00	0.65	
FONDO	-	1,913.00	95.65	
TOTAL		2,000.00	-	

COMPACTACIÓN DEL SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,145.00	4,145.00	4,145.00	4,145.00	4,145.00
P. del molde+ suelo comp. (g)	5,850.50	5,951.00	5,962.50	5,955.00	5,885.00
P. del suelo compactado (g)	1,705.50	1,806.00	1,817.50	1,810.00	1,740.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.827	1.935	1.947	1.939	1.864
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.593	1.623	1.596	1.564	1.459

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.47	26.03	9.83	13.35	26.26	27.42	25.79	9.78	13.40	18.97
P. tara + suelo húmedo (g)	128.48	129.76	115.56	117.44	136.80	137.99	131.42	115.67	119.28	128.64
Peso del suelo húmedo(g)	101.01	103.73	105.73	104.09	110.54	110.57	105.63	105.89	105.88	109.67
P.tara + suelo seco (g)	115.39	116.58	99.09	100.08	116.96	117.92	111.25	94.90	96.11	104.99
Peso del suelo seco (g)	87.92	90.55	89.26	86.73	90.70	90.50	85.46	85.12	82.71	86.02
Peso del agua (g)	13.09	13.18	16.47	17.36	19.84	20.07	20.17	20.77	23.17	23.65
Contenido de Humedad (%)	14.89	14.56	18.45	20.02	21.87	22.18	23.60	24.40	28.01	27.49
W promedio (%)	14.72		19.23		22.03		24.00		27.75	



Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.63	Humedad Óptima (%)	18.68
---	------	--------------------	-------

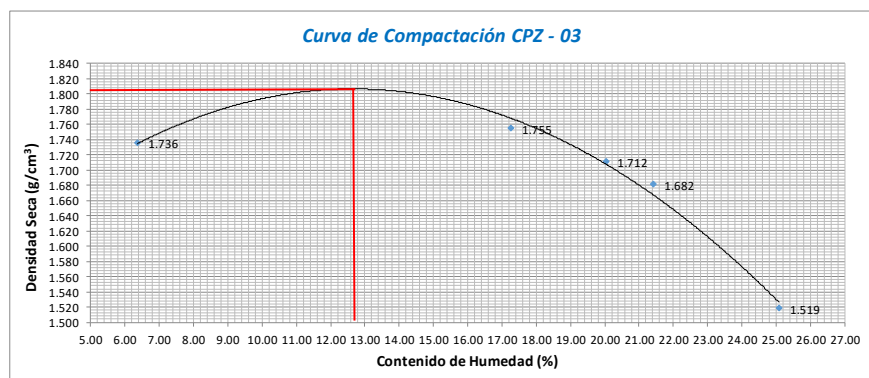
**Tabla N° 81: Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 03**

Ensayo			Norma		
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)			ASTM D - 1557 / NTP 339.141		
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN		Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.			
INVESTIGADORES		- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO		Laboratorio de la Universidad Privada del Norte			
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	31/07/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	01/07/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
N° de Muestra		CPZ - 03		Progresiva 1 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
Método Utilizado	"A"			
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido	
3/4"	19	0.00	0.00	
3/8"	9.5	10.66	0.53	
N°04	4.75	10.63	0.53	
FONDO	-	1,978.71	98.94	
TOTAL		2,000.00	-	

COMPACTACIÓN DE SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	3	5	8	11	14
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,192.00	4,193.00	4,193.00	4,193.00	4,194.00
P. del molde+ suelo comp. (g)	5,916.00	6,114.00	6,111.00	6,099.00	5,967.00
P. del suelo compactado (g)	1,724.00	1,921.00	1,918.00	1,906.00	1,773.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.847	2.058	2.055	2.042	1.900
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.736</b>	<b>1.755</b>	<b>1.712</b>	<b>1.682</b>	<b>1.519</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	3		5		8		11		14	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	74.63	11.07	28.07	28.09	27.39	29.22	74.12	76.59	28.45	27.83
P. tara + suelo húmedo (g)	179.34	111.28	130.66	131.41	137.25	135.45	180.27	180.14	138.24	134.91
Peso del suelo húmedo(g)	104.71	100.21	102.59	103.32	109.86	106.23	106.15	103.55	109.79	107.08
P.tara + suelo seco (g)	172.92	105.42	115.59	116.16	118.65	117.95	160.10	163.33	116.28	113.38
Peso del suelo seco (g)	98.29	94.35	87.52	88.07	91.26	88.73	85.98	86.74	87.83	85.55
Peso del agua (g)	6.42	5.86	15.07	15.25	18.60	17.50	20.17	16.81	21.96	21.53
Contenido de Humedad (%)	6.53	6.21	17.22	17.32	20.38	19.72	23.46	19.38	25.00	25.17
W promedio (%)	<b>6.37</b>		<b>17.27</b>		<b>20.05</b>		<b>21.42</b>		<b>25.08</b>	



<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.81</b>	<b>Humedad Óptima (%)</b>	<b>12.75</b>
--	-------------	---------------------------	--------------



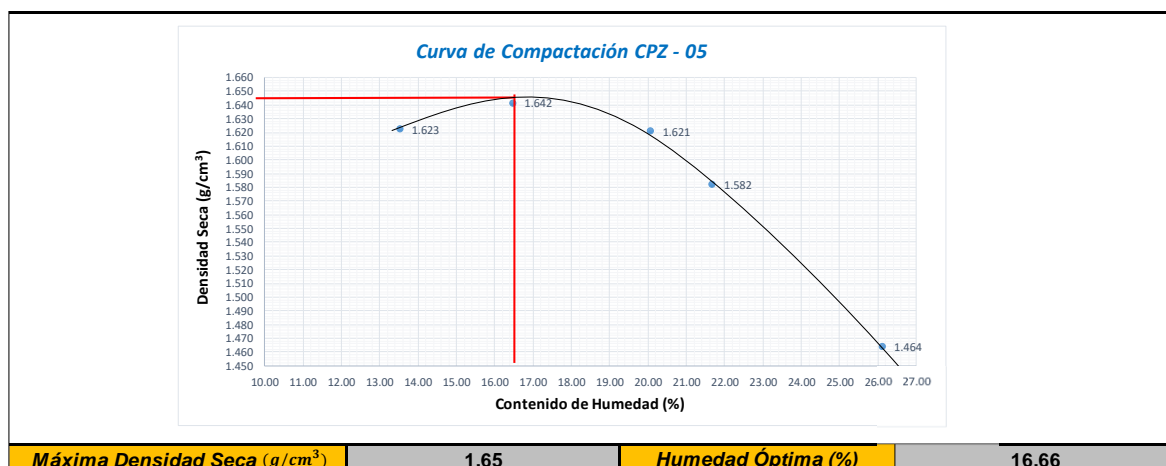
**Tabla N° 82: Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 05**

Ensayo		Norma			
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	27/09/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	28/09/2019
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.		<b>Hora</b>	9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	CPZ - 05		<b>Progresiva</b>	2 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	"A"			
	<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
	3/4"	19	53.00	2.65
	3/8"	9.5	21.00	1.05
	N°04	4.75	13.00	0.65
	FONDO	-	1,913.00	95.65
	<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.11	0.10	0.10		0.11
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,143.00	4,143.00	4,143.00	4,144.00	4,144.00
P. del molde+ suelo comp. (g)	5,862.00	5,928.00	5,959.00	5,941.00	5,867.00
P. del suelo compactado (g)	1,719.00	1,785.00	1,816.00	1,797.00	1,723.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.842	1.912	1.946	1.925	1.846
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.623</b>	<b>1.642</b>	<b>1.621</b>	<b>1.582</b>	<b>1.464</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	11.49	11.33	74.15	73.13	27.40	18.89	76.83	73.50	27.42	27.46
P. tara + suelo húmedo (g)	131.18	116.97	178.07	175.24	128.37	128.90	187.97	180.46	129.10	130.23
Peso del suelo húmedo(g)	119.69	105.64	103.92	102.11	100.97	110.01	111.14	106.96	101.68	102.77
P.tara + suelo seco (g)	117.35	104.01	163.29	160.89	111.71	110.28	168.27	161.32	108.29	108.72
Peso del suelo seco (g)	105.86	92.68	89.14	87.76	84.31	91.39	91.44	87.82	80.87	81.26
Peso del agua (g)	13.83	12.96	14.78	14.35	16.66	18.62	19.70	19.14	20.81	21.51
Contenido de Humedad (%)	13.06	13.98	16.58	16.35	19.76	20.37	21.54	21.79	25.73	26.47
<b>W promedio (%)</b>	<b>13.52</b>		<b>16.47</b>		<b>20.07</b>		<b>21.67</b>		<b>26.10</b>	



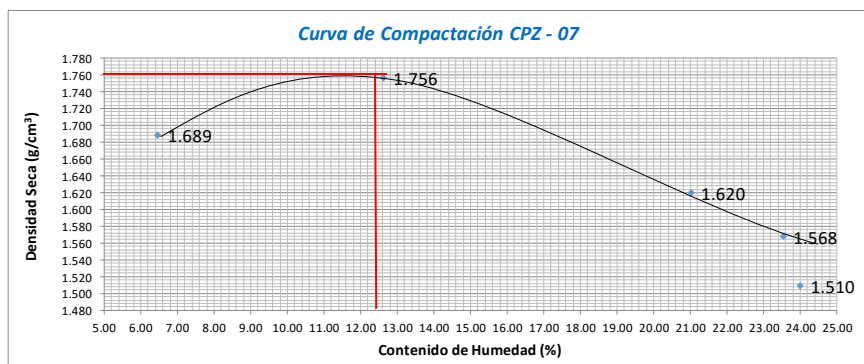
**Tabla N° 83:** Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 07

Ensayo		Norma			
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.				
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	05/08/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	06/08/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
N° de Muestra	CPZ - 07		Progresiva	3 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
Método Utilizado	"A"			
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)		% de Peso Retenido
3/4"	19	16.64		0.83
3/8"	9.5	12.35		0.62
N°04	4.75	48.51		2.43
FONDO	-	1922.5		96.13
TOTAL		2000.00		-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	2	5	8	11	14
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10
Cantidad de suelo (g)	110.00	176.00	242.00	308.00	374.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4,193.00	4,193.00	4,193.00	4,193.00	4,193.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,871.00	6,039.00	6,022.00	6,001.00	5,940.00
P. del suelo compactado (g)	1678.0	1846	1829	1808	1747
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.798	1.978	1.96	1.937	1.872
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.689</b>	<b>1.756</b>	<b>1.620</b>	<b>1.568</b>	<b>1.510</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	3		5		8		11		14	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.94	27.62	27.14	43.22	37.41	10.66	26.32	12.89	27.94	28.87
P. tara + suelo húmedo (g)	135.73	137.43	132.96	149.52	131.10	111.68	142.54	114.08	130.57	130.10
Peso del suelo húmedo(g)	107.79	109.81	105.82	106.30	93.69	101.02	116.22	101.19	102.63	101.23
P.tara + suelo seco (g)	129.26	130.67	120.99	137.7	114.36	94.64	120.56	94.66	110.7	110.5
Peso del suelo seco (g)	101.32	103.05	93.85	94.48	76.95	83.98	94.24	81.77	82.76	81.63
Peso del agua (g)	6.47	6.76	11.97	11.82	16.74	17.04	21.98	19.42	19.87	19.60
Contenido de Humedad (%)	6.39	6.56	12.75	12.51	21.75	20.29	23.32	23.75	24.01	24.01
W promedio (%)	<b>6.47</b>		<b>12.63</b>		<b>21.02</b>		<b>23.54</b>		<b>24.01</b>	



Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.76	Humedad Óptima (%)	12.74
---	------	--------------------	-------

**Tabla N° 84: Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 09**

Ensayo		Norma			
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	01/08/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	02/08/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
Nº de Muestra	CPZ - 09		Progresiva	4 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
Método Utilizado	"A"			
	Nº de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido
	3/4"	19	51.53	2.58
	3/8"	9.5	6.15	0.31
	Nº04	4.75	34.05	1.70
	FONDO	-	1908.27	95.41
	TOTAL		2000.00	-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	242.00	280.00	340.00	400.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
Cantidad de suelo (g)	2300.00	2200.00	2000.00	2000.00	2000.00
Nº de capas	5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4192	4200	4200.0	4200	4198.0
P. del molde + suelo comp. (g)	5572	5702.0	5770	5831	5836
P. del suelo compactado (g)	1380.0	1502	1570	1631	1638
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.478	1.609	1.682	1.747	1.755
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.313</b>	<b>1.395</b>	<b>1.423</b>	<b>1.417</b>	<b>1.389</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
Nº de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.77	27.23	27.40	18.86	27.98	26.34	37.51	43.35	11.40	30.96
P. tara + suelo húmedo (g)	130.56	130.13	131.01	120.25	130.76	138.56	139.29	149.65	116.64	134.17
Peso del suelo húmedo(g)	102.79	102.90	103.61	101.39	102.78	112.22	101.78	106.30	105.24	103.21
P.tara + suelo seco (g)	119.00	118.71	117.28	106.73	115.11	121.15	120.05	129.64	94.20	113.09
Peso del suelo seco (g)	91.23	91.48	89.88	87.87	87.13	94.81	82.54	86.29	82.80	82.13
Peso del agua (g)	11.56	11.42	13.73	13.52	15.65	17.41	19.24	20.01	22.44	21.08
Contenido de Humedad (%)	12.67	12.48	15.28	15.39	17.96	18.36	23.31	23.19	27.10	25.67
W promedio (%)	<b>12.58</b>		<b>15.33</b>		<b>18.16</b>		<b>23.25</b>		<b>26.38</b>	

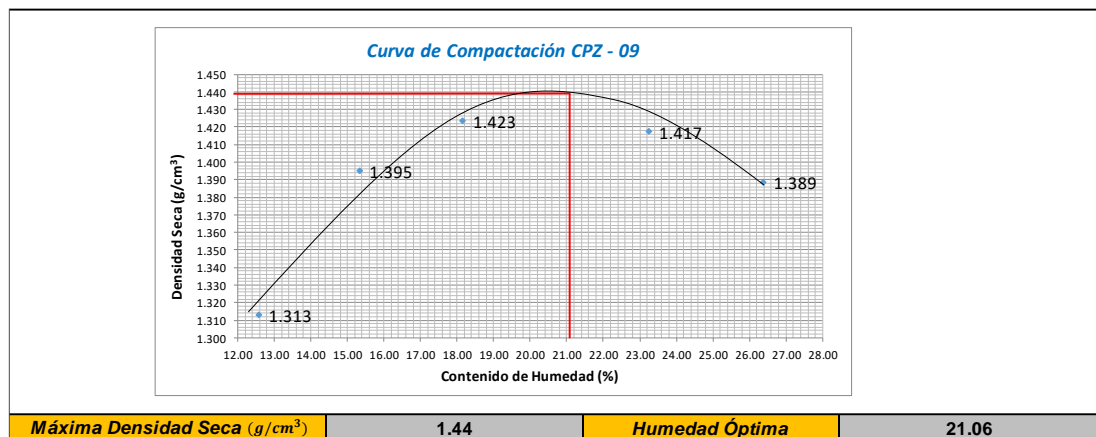


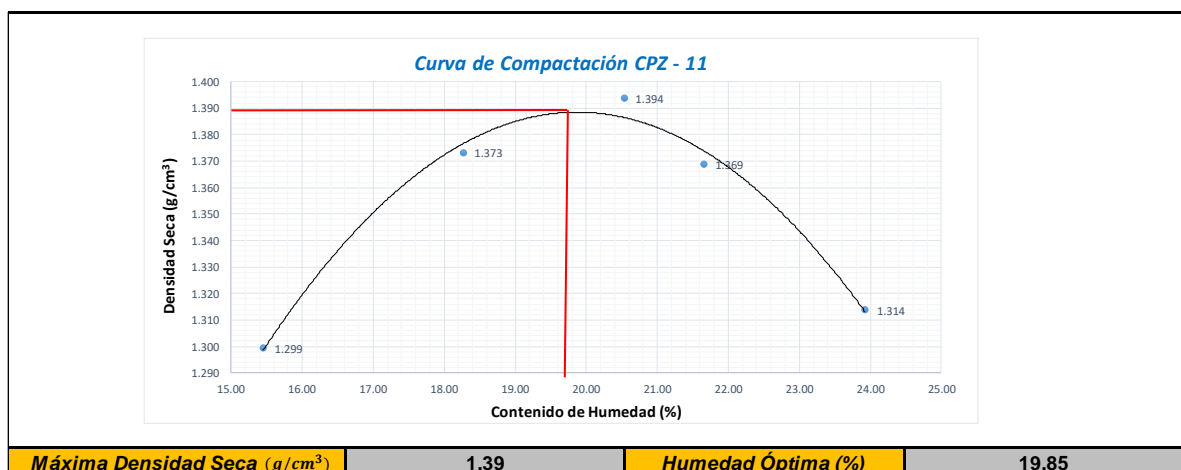
Tabla N° 85: Proctor modificado de muestra + Perma Zyme CPZ – 11

Ensayo		Norma			
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Perma Zyme)</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	27/09/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	27/09/2019
	<b>Hora</b>	3:00 p. m.		<b>Hora</b>	3:00 p. m.
<b>N° de Muestra</b>	<b>CPZ - 11</b>		<b>Progresiva</b>	<b>5 + 500 km</b>	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	"A"			
	<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
	¾"	19	53.00	2.65
	3/8"	9.5	21.00	1.05
	N°04	4.75	13.00	0.65
	FONDO	-	1,913.00	95.65
	<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + PERMA ZYME					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	231.00	294.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
Cantidad de suelo(g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,192.00	4,134.00	4,134.00	4,134.00	4,134.00
P. del molde+ suelo comp. (g)	5,592.00	5,650.00	5,702.00	5,688.00	5,654.00
P. del suelo compactado (g)	1,400.00	1,516.00	1,568.00	1,554.00	1,520.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.500	1.624	1.680	1.665	1.628
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.299</b>	<b>1.373</b>	<b>1.394</b>	<b>1.369</b>	<b>1.314</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	28.82	27.36	27.55	27.93	26.99	27.44	11.30	10.64	13.40	77.08
P. tara + suelo húmedo (g)	130.67	130.83	130.47	130.32	130.66	130.29	122.96	119.21	126.08	188.64
Peso del suelo húmedo(g)	101.85	103.47	102.92	102.39	103.67	102.85	111.66	108.57	112.68	111.56
P.tara + suelo seco (g)	117.11	116.91	114.42	114.67	113.55	112.24	101.78	101.20	104.03	167.40
Peso del suelo seco (g)	88.29	89.55	86.87	86.74	86.56	84.80	90.48	90.56	90.63	90.32
Peso del agua (g)	13.56	13.92	16.05	15.65	17.11	18.05	21.18	18.01	22.05	21.24
Contenido de humedad (%)	15.36	15.54	18.48	18.04	19.77	21.29	23.41	19.89	24.33	23.52
<b>W promedio (%)</b>	<b>15.45</b>		<b>18.26</b>		<b>20.53</b>		<b>21.65</b>		<b>23.92</b>	



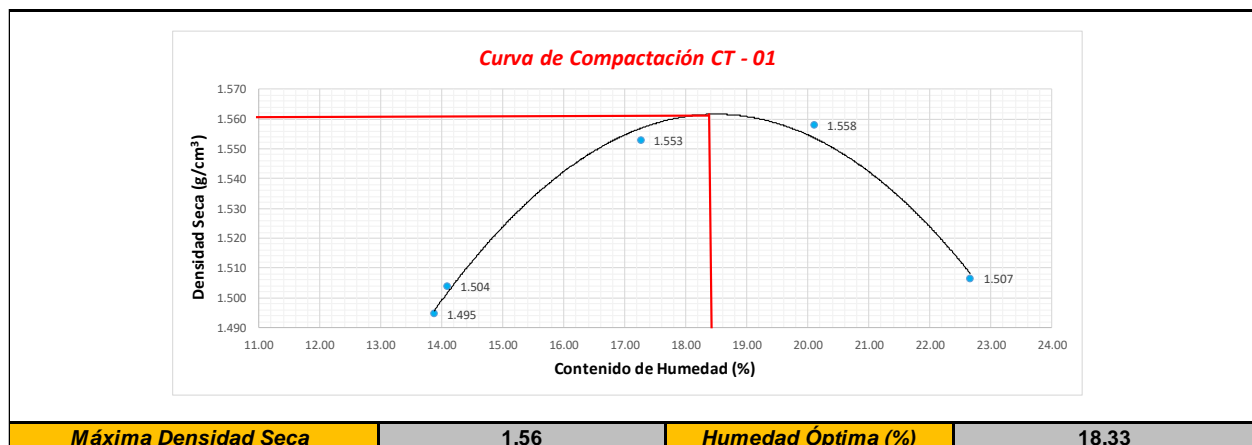
**Tabla N° 86: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT - 01**

Ensayo		Norma			
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	17/10/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	18/10/2019
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.		<b>Hora</b>	9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	<b>CT - 01</b>		<b>Progresiva</b>	<b>0 + 500 km</b>	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	<b>"A"</b>			
	<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
	3/4"	19	53.00	2.65
	3/8"	9.5	21.00	1.05
	N°04	4.75	13.00	0.65
	<b>FONDO</b>	-	1,913.00	95.65
	<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + TERRASIL					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	2.07	2.01	1.96	1.97	2.03
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,788.60	5,801.50	5,900.00	5,946.00	5,925.00
P. del suelo compactado (g)	1,588.60	1,601.50	1,700.00	1,746.00	1,725.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.702	1.716	1.821	1.871	1.848
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.495</b>	<b>1.504</b>	<b>1.553</b>	<b>1.558</b>	<b>1.507</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso tara (g)	28.76	27.34	27.50	27.70	27.42	12.30	11.98	11.26	20.85	27.53
P. tara + suelo húmedo (g)	132.33	140.74	131.40	133.08	129.36	118.28	113.01	114.96	123.14	139.02
Peso del suelo húmedo (g)	103.57	113.40	103.90	105.38	101.94	105.98	101.03	103.70	102.29	111.49
P. tara + suelo seco (g)	124.68	122.02	118.32	120.31	114.53	102.50	96.27	97.43	104.34	118.31
Peso del suelo seco (g)	95.92	94.68	90.82	92.61	87.11	90.20	84.29	86.17	83.49	90.78
Peso del agua (g)	7.65	18.72	13.08	12.77	14.83	15.78	16.74	17.53	18.80	20.71
Contenido de humedad (%)	7.98	19.77	14.40	13.79	17.02	17.49	19.86	20.34	22.52	22.81
<b>W promedio (%)</b>	<b>13.87</b>		<b>14.10</b>		<b>17.26</b>		<b>20.10</b>		<b>22.67</b>	



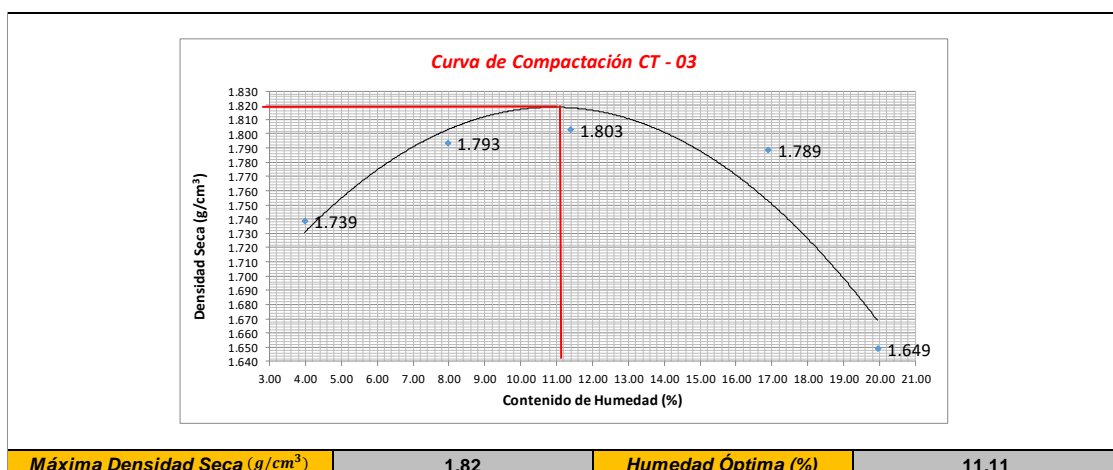
**Tabla N° 87: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT - 03**

Ensayo		Norma			
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)		ASTM D - 1557 / NTP 339.141			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.				
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	17/10/2019	Retiro de Muestra del Horno	Fecha	18/10/2019
	Hora	9:00 a. m.		Hora	9:00 a. m.
N° de Muestra	CT - 03		Progresiva	1 + 500 km	

CLASIFICACIÓN			
Método Utilizado	"A"		
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido
3/4"	19	0.00	0.00
3/8"	9.5	10.66	0.53
N°04	4.75	10.63	0.53
FONDO	-	1,978.71	98.94
TOTAL		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO + TERRASIL					
% de Agua	5	8	11	14	17
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	1.82	1.74	1.74	1.76	1.83
Cantidad de muestra (g)	110.00	176.00	242.00	308.00	374.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4,196.00	4,194.00	4,190.00	4,196.00	4,196.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,884.00	6,001.00	6,064.00	6,148.00	6,042.00
P. del suelo compactado (g)	1688.0	1807.0	1874.0	1952.0	1846.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.936	2.008	2.091	1.978
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.739</b>	<b>1.793</b>	<b>1.803</b>	<b>1.789</b>	<b>1.649</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	5		8		11		14		17	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	25.93	26.38	27.98	18.82	27.14	27.54	28.07	27.68	27.59	27.64
P. tara + suelo húmedo (g)	132.74	131.98	130.12	121.69	130.40	133.71	130.41	130.33	131.62	131.93
Peso del suelo húmedo (g)	106.81	105.60	102.14	102.87	103.26	106.17	102.34	102.65	104.03	104.29
P. tara + suelo seco (g)	128.02	128.59	122.46	114.25	119.82	122.9	116.57	114.56	114.355	114.56
Peso del suelo seco (g)	102.09	102.21	94.48	95.43	92.68	95.36	88.50	86.88	86.77	86.92
Peso del agua (g)	4.72	3.39	7.66	7.44	10.58	10.81	13.84	15.77	17.27	17.37
Contenido de Humedad (%)	4.62	3.32	8.11	7.80	11.42	11.34	15.64	18.15	19.90	19.98
W promedio (%)	<b>3.97</b>		<b>7.95</b>		<b>11.38</b>		<b>16.89</b>		<b>19.94</b>	



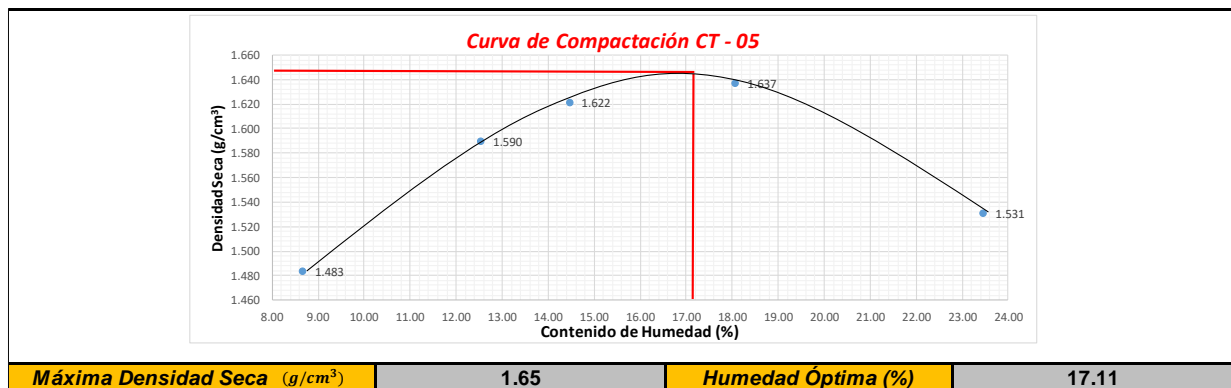
**Tabla N° 88: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 05**

Ensayo			Norma		
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)</b>			<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>		
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	20/10/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	21/10/2019
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.		<b>Hora</b>	9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	CT - 05		<b>Progresiva</b>	2 + 500 km	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	"A"			
	<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
	3/4"	19	53.00	2.65
	3/8"	9.5	21.00	1.05
	N°04	4.75	13.00	0.65
	<b>FONDO</b>	-	1,913.00	95.65
	<b>TOTAL</b>		2,000.00	

COMPACTACIÓN DEL SUELO + TERRASIL					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	2.13	1.95	1.90	1.92	1.99
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,196.00	4,196.00	4,196.00	4,196.00	4,196.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,700.50	5,866.00	5,928.00	6,000.00	5,960.00
P. del suelo compactado (g)	1,504.50	1,670.00	1,732.00	1,804.00	1,764.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.612	1.789	1.856	1.933	1.890
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.483</b>	<b>1.590</b>	<b>1.622</b>	<b>1.637</b>	<b>1.531</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	10.57	10.68	11.65	28.48	27.67	28.26	28.03	27.71	27.49	27.49
P. tara + suelo húmedo (g)	112.12	117.51	116.17	137.58	136.76	134.66	130.48	132.92	131.38	136.19
Peso del suelo húmedo(g)	101.55	106.83	104.52	109.10	109.09	106.40	102.45	105.21	103.89	108.70
P.tara + suelo seco (g)	104.08	108.92	104.90	125.03	122.65	121.54	115.08	116.54	111.39	115.81
Peso del suelo seco (g)	93.51	98.24	93.25	96.55	94.98	93.28	87.05	88.83	83.90	88.32
Peso del agua (g)	8.04	8.59	11.27	12.55	14.11	13.12	15.40	16.38	19.99	20.38
Contenido de humedad (%)	8.60	8.74	12.09	13.00	14.86	14.07	17.69	18.44	23.83	23.08
<b>W promedio (%)</b>	<b>8.67</b>		<b>12.54</b>		<b>14.46</b>		<b>18.07</b>		<b>23.45</b>	



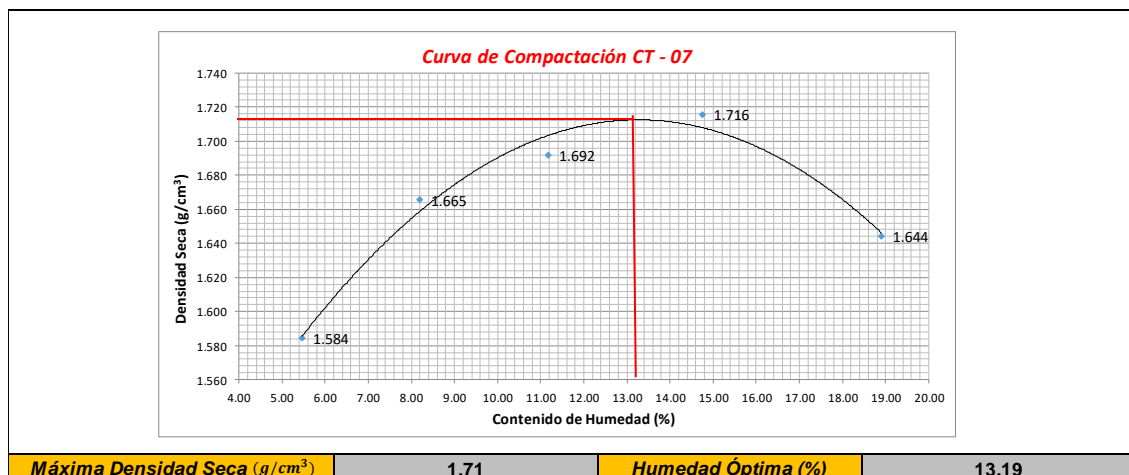
**Tabla N° 89: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT - 07**

Ensayo		Norma	
PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)		ASTM D - 1557 / NTP 339.141	
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	20/10/2019	Retiro de Muestra del Horno
	Hora	9:00 a. m.	Fecha
			Hora
			21/10/2019
N° de Muestra	CT - 07	Progresiva	3 + 500 km

CLASIFICACIÓN			
Método Utilizado	"A"		
N° de Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% de Peso Retenido
3/4"	19	16.64	0.83
3/8"	9.5	12.35	0.62
N°04	4.75	48.51	2.43
FONDO	-	1922.5	96.13
TOTAL		2000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO + TERRASIL					
% de Agua	5	8	11	14	17
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	1.78	1.72	1.73	1.83	1.86
Cantidad de muestra (g)	110.00	176.00	242.00	308.00	374.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00
P. del molde+ suelo comp. (g)	5,760.00	5,882.00	5,956.00	6,038.00	6,025.00
P. del suelo compactado (g)	1560.00	1682.00	1756.00	1838.00	1825.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.671	1.802	1.881	1.969	1.955
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.584</b>	<b>1.665</b>	<b>1.692</b>	<b>1.716</b>	<b>1.644</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	5		8		11		14		17	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.64	27.67	26.29	18.81	27.59	26.14	28.25	27.63	27.88	9.74
P. tara + suelo húmedo (g)	134.67	133.14	130.67	127.18	131.31	130.88	131.18	131.75	132.80	113.20
Peso del suelo húmedo(g)	107.03	105.47	104.38	108.37	103.72	104.74	102.93	104.12	104.92	103.46
P.tara + suelo seco (g)	129.07	127.72	122.34	119.41	120.69	120.56	117.88	118.43	116.02	96.85
Peso del suelo seco (g)	101.43	100.05	96.05	100.60	93.10	94.42	89.63	90.80	88.14	87.11
Peso del agua (g)	5.60	5.42	8.33	7.77	10.62	10.32	13.30	13.32	16.78	16.35
Contenido de Humedad (%)	5.52	5.42	8.67	7.72	11.41	10.93	14.84	14.67	19.04	18.77
W promedio (%)	<b>5.47</b>		<b>8.20</b>		<b>11.17</b>		<b>14.75</b>		<b>18.90</b>	





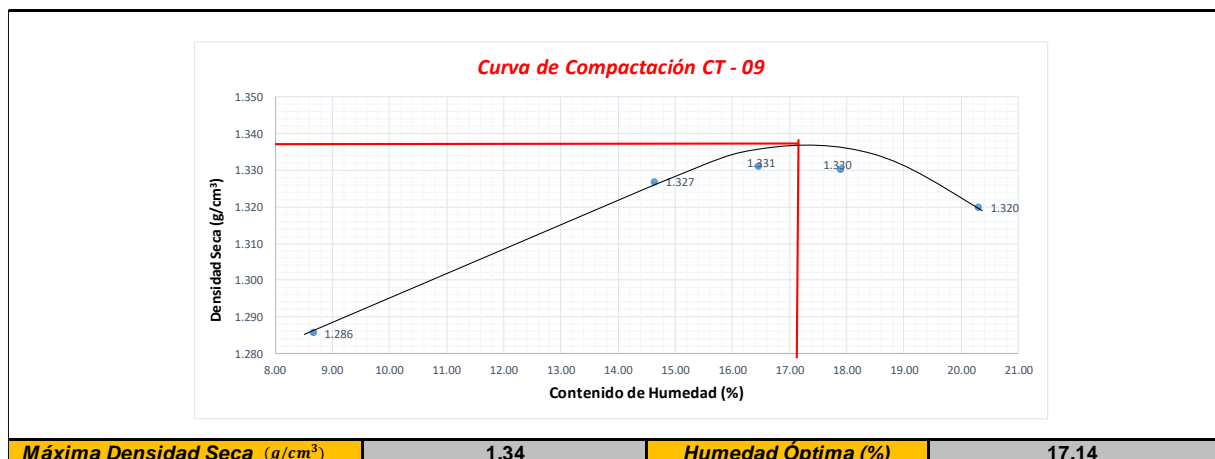
**Tabla N° 90: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT – 09**

Ensayo		Norma	
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>	
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.		
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	21/10/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.	<b>Fecha</b>
			22/10/2019
			<b>Hora</b>
			9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	<b>CT - 09</b>		<b>Progresiva</b>
			<b>4 + 500 km</b>

CLASIFICACIÓN			
<b>Método Utilizado</b>	"A"		
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
3/4"	19	53.00	2.65
3/8"	9.5	21.00	1.05
N°04	4.75	13.00	0.65
<b>FONDO</b>	-	1,913.00	95.65
<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DEL SUELO + TERRASIL					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	322.00	253.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	2.04	1.93	1.96	1.93	1.99
Cantidad de suelo (g)	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00
N° de capas	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
N° de golpes por capa	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso del molde (g)	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,504.00	5,620.00	5,647.00	5,664.00	5,682.00
P. del suelo compactado (g)	1,304.00	1,420.00	1,447.00	1,464.00	1,482.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.397	1.521	1.550	1.568	1.588
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.286</b>	<b>1.327</b>	<b>1.331</b>	<b>1.330</b>	<b>1.320</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
N° de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso tara (g)	27.71	27.91	27.63	9.72	27.18	27.61	28.25	27.58	26.25	18.70
P. tara + suelo húmedo (g)	131.22	133.48	131.12	114.30	134.40	132.51	133.08	131.82	133.04	119.79
Peso del suelo húmedo (g)	103.51	105.57	103.49	104.58	107.22	104.90	104.83	104.24	106.79	101.09
P. tara + suelo seco (g)	123.07	124.96	117.91	100.96	119.45	117.51	117.15	116.04	114.92	102.82
Peso del suelo seco (g)	95.36	97.05	90.28	91.24	92.27	89.90	88.90	88.46	88.67	84.12
Peso del agua (g)	8.15	8.52	13.21	13.34	14.95	15.00	15.93	15.78	18.12	16.97
Contenido de Humedad (%)	8.55	8.78	14.63	14.62	16.20	16.69	17.92	17.84	20.44	20.17
<b>W promedio (%)</b>	<b>8.66</b>		<b>14.63</b>		<b>16.44</b>		<b>17.88</b>		<b>20.30</b>	



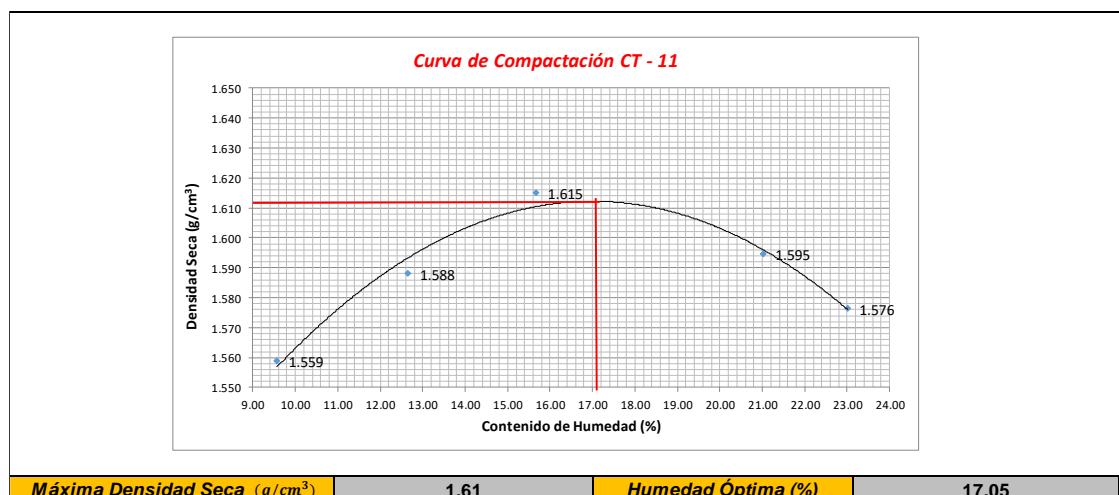
**Tabla N° 91: Proctor modificado de la muestra + Terrasil CT - 11**

Ensayo		Norma			
<b>PROCTOR MODIFICADO (Suelo + Terrasil)</b>		<b>ASTM D - 1557 / NTP 339.141</b>			
<b>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.				
<b>INVESTIGADORES</b>	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette		
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte				
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>	<b>Fecha</b>	16/10/2019	<b>Retiro de Muestra del Horno</b>	<b>Fecha</b>	17/10/2019
	<b>Hora</b>	9:00 a. m.		<b>Hora</b>	9:00 a. m.
<b>N° de Muestra</b>	<b>CT - 11</b>		<b>Progresiva</b>	<b>5 + 500 km</b>	

CLASIFICACIÓN				
<b>Método Utilizado</b>	<b>"A"</b>			
	<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% de Peso Retenido</b>
	3/4"	19	0.00	0.00
	3/8"	9.5	3.85	0.19
	N°04	4.75	43.06	2.15
	FONDO	-	1,953.09	97.65
	<b>TOTAL</b>		2,000.00	-

COMPACTACIÓN DE SUELO + TERRASIL					
% de Agua	8	11	14	17	20
Cantidad de agua (g)	184.00	253.00	322.00	391.00	460.00
Cantidad de Aditivo (g)	2.11	1.93	1.88	1.87	1.96
Cantidad de muestra (g)	110.00	176.00	242.00	308.00	374.00
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	25	25	25	25	25
Peso del molde (g)	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00
P. del molde + suelo comp. (g)	5,794.00	5,870.00	5,944.00	6,001.00	6,010.00
P. del suelo compactado (g)	1594.0	1670.0	1744.0	1801.0	1810.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933.38	933.38	933.38	933.38	933.38
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.708	1.789	1.868	1.93	1.939
<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.559</b>	<b>1.588</b>	<b>1.615</b>	<b>1.595</b>	<b>1.576</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD										
% de Agua	8		11		14		17		20	
<b>N° de Tara</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso tara (g)	27.10	27.77	12.26	27.49	27.60	27.56	27.89	18.73	25.73	26.21
P. tara + suelo húmedo (g)	130.96	135.04	120.77	131.40	131.17	133.08	132.53	128.72	129.24	138.61
Peso del suelo húmedo(g)	103.86	107.27	108.51	103.91	103.57	105.52	104.64	109.99	103.51	112.40
P. tara + suelo seco (g)	121.83	125.73	108.78	119.53	117.90	118.02	114.08	109.90	109.87	117.60
Peso del suelo seco (g)	94.73	97.96	96.52	92.04	90.30	90.46	86.19	91.17	84.14	91.39
Peso del agua (g)	9.13	9.31	11.99	11.87	13.27	15.06	18.45	18.82	19.37	21.01
Contenido de humedad (%)	9.64	9.50	12.42	12.90	14.70	16.65	21.41	20.64	23.02	22.99
<b>W promedio (%)</b>	<b>9.57</b>		<b>12.66</b>		<b>15.67</b>		<b>21.02</b>		<b>23.01</b>	

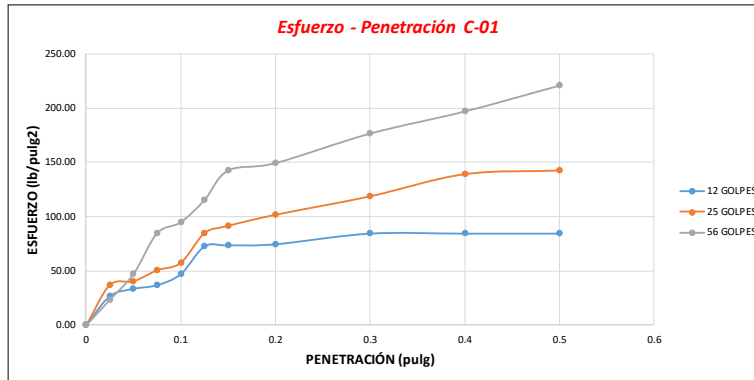


Anexo N° 13: Resultados del ensayo de CBR

Tabla N° 92: CBR de la muestra patrón C – 01

Ensayo				Norma										
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.143										
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN		Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.												
INVESTIGADORES		- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette										
LUGAR DE TRABAJO		Laboratorio de la Universidad Privada del Norte												
Colocación de Muestra al Horno		Fecha		26/08/2019										
		Hora		9:00 a.m.										
N° de Muestra		C-01		Progresiva		0+500 km								
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>														
Altura de Molde (cm)	17.7	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11									
Contenido de Humedad (%) Proctor	17.19	Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81	Dens.Máx. Seca - Proctor	1.54									
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN</b>														
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES					
Condiciones de Muestra	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado			
Número de Molde	1				2				9					
Cantidad de Material (g)	4,000.00				3,850.00				3,800.00					
Cantidad de Agua (g)	687.60				661.82				653.22					
Peso de Molde (g)	7,251.00				7,197.50				7,205.00					
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,836.00		11,061.00		11,098.50		11,915.00		12,601.50		12,801.00			
P. de Muestra Humeda (g)	3,585.00		3,810.00		3,901.00		4,717.50		5,396.50		5,596.00			
Densidad Humeda	1.71		1.82		1.86		2.25		2.58		2.67			
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Peso de Tara (g)	27.94	27.97	27.28	26.10	25.56	9.52	9.8	10.39	27.46	27.36	9.49	10.51		
Peso de Tara + Muestra Humeda (g)	138.5	136.7	134.40	139.32	127.4	113.5	111	111.43	135.74	132.2	122.3	111.68		
P. de Muestra Humeda (g)	110.5	108.70	107.1	113.22	101.9	103.9	102	101.04	108.28	104.8	112.8	101.17		
Peso de la Tara + Muestra Seca (g)	117.8	119	111.6	115.8	105.9	96.1	91.7	91.5	118.2	114.4	102.4	93.7		
Peso de Muestra Seca (g)	89.81	91	84.32	89.7	80.33	86.58	81.9	81.11	90.74	87.07	92.91	83.19		
Peso del Agua (g)	20.73	17.7	22.8	23.52	21.53	17.35	19.7	19.93	17.54	17.77	19.92	17.98		
Contenido de Humedad (%)	23.08	19.45	27.04	26.22	26.8	20.04	24	24.57	19.33	20.41	21.44	21.61		
CONT. HUM.PROM (%)	21.27		26.63		23.42		24.28		19.87		21.53			
MÁX. DENS.SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.41		1.44		1.51		1.81		2.15		2.20			
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN</b>														
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO				
(Hrs)	(Días)	N°	(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)				
0	0	1	0.85	0.48		0.44	0.25		0.97	0.55				
24	1	2	0.755	0.43		0.08	0.05		0.025	0.01				
48	2	3	0.748	0.42		0.265	0.15		0.21	0.12				
72	3	4	0.82	0.46		0.353	0.20		0.32	0.18				
96	4	5	0.82	0.46		0.43	0.24		0.448	0.25				
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN</b>														
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES					
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( Lb/pulg <sup>2</sup> )			
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00			
2	0.64	0.025	36.537	1.89	26.85	50.44	2.61	37.06	31.903	1.65	23.44			
3	1.27	0.05	45.8	2.37	33.66	55.07	2.85	40.47	64.332	3.32	47.28			
4	1.91	0.075	50.44	2.61	37.06	68.96	3.56	50.68	115.26	5.96	84.70			
5	2.54	0.1	64.33	3.32	47.28	78.23	4.04	57.49	129.15	6.67	94.91			
6	3.17	0.125	99.06	5.12	72.80	115.3	5.96	84.70	156.91	8.11	115.31			
7	3.81	0.15	100.4	5.19	73.82	124.5	6.44	91.50	193.91	10.02	142.50			
8	5.08	0.2	101.8	5.26	74.84	138.4	7.15	101.71	203.15	10.50	149.29			
9	7.62	0.3	115.3	5.96	84.70	161.5	8.35	118.71	240.13	12.41	176.46			
10	10.16	0.4	115.3	5.96	84.70	189.3	9.78	139.10	267.85	13.84	196.83			
11	12.7	0.5	115.3	5.96	84.70	193.9	10.02	142.50	300.17	15.51	220.59			

**GRÁFICO**



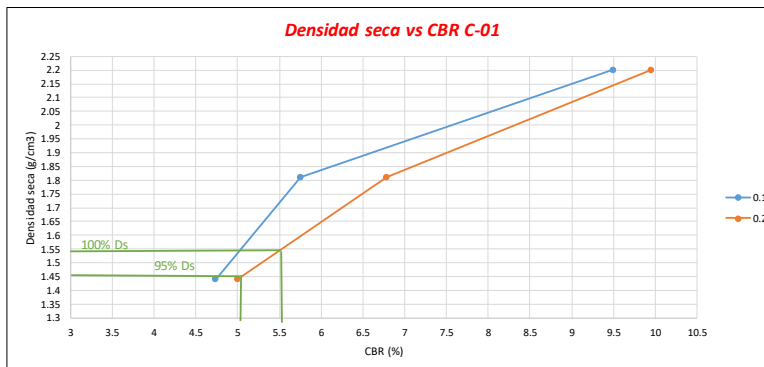
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLFES		25 GOLFES		56 GOLFES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno ( lb/pulg²)	47.28	74.84	57.49	101.71	94.91	149.29
Esfuerzo Patrón ( lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	4.73	4.99	5.75	6.78	9.49	9.95

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLFES		25 GOLFES		56 GOLFES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	4.73	4.99	5.75	6.78	9.49	9.95
DENSIDAD SECA ( g/cm³ )	1.44		1.81		2.2	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRÓN**

Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.54	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.46	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	4.74	5.51
95% DS	4.19	5.00

**Tabla N° 93: CBR de la muestra patrón C – 03**

Ensayo		Norma	
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D -1883 / NTP 339.143	
Nombre de la Investigación	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	16/09/2019	
	Hora	03:15 p.m.	
N° de Muestra	C - 03	Progresiva	1+500 km

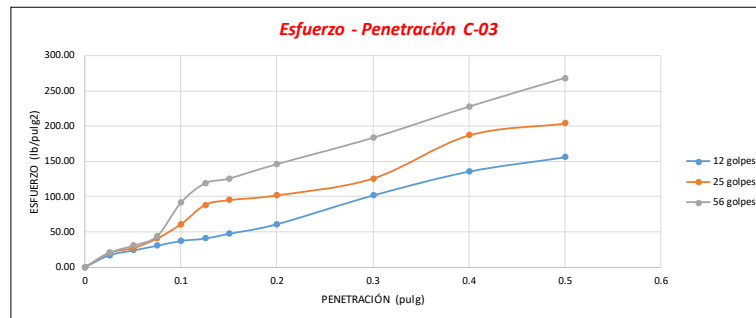
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN					
Altura de Molde (cm)	17.70	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11
Contenido de Humedad (%) Proctor	12.15	Volúmen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81	Densidad Máxima Seca - Proctor	1.80

COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	8				9				2			
Cantidad de Muestra (g)	3,800.00				3,800.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	461.70				461.70				486.00			
Peso de Molde (g)	7,218.00				7,198.00				7,202.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	11,252.00	11,354.00	11,410.00	11,658.00	11,407.00	11,805.00	11,407.00	11,805.00	11,407.00	11,805.00	11,407.00	11,805.00
P. de Muestra Humeda (g)	4,034.00	4,136.00	4,212.00	4,460.00	4,205.00	4,603.00	4,205.00	4,603.00	4,205.00	4,603.00	4,205.00	4,603.00
Densidad Humeda	1.93	1.97	2.01	2.13	2.01	2.20	2.01	2.20	2.01	2.20	2.01	2.20
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	20.45	26.32	11.26	9.78	27.81	26.23	11.45	11.67	12.12	11.14	11.92	11.15
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	130.78	132.15	115.73	117.11	132.6	137.1	122.2	122.68	121.2	125.5	125.4	127.51
P. de Muestra Humeda (g)	110.33	105.83	104.5	107.33	104.8	110.9	110.8	111.01	109	114.3	113.5	116.36
Peso de la Tara + Muestra Seca (g)	112.39	115.13	99.28	100.66	118.1	122.2	104.7	104.91	105.5	109.2	108.1	109.5
Peso de Muestra Seca (g)	91.94	88.81	88.02	90.88	90.24	95.97	93.23	93.24	93.33	98.08	96.21	98.35
Peso del Agua (g)	18.39	17.02	16.45	16.45	14.52	14.94	17.53	17.77	15.7	16.23	17.26	18.01
Contenido de Humedad (%)	20	19.16	18.69	18.1	16.09	15.57	18.8	19.06	16.82	16.55	17.94	18.31
CONT. HUM.PROM (%)	19.58		18.4		15.83		18.93		16.69		18.13	
MÁX. DEN. SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.61		1.66		1.74		1.79		1.72		1.86	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN								
TIEMPO ACUMULADO (Hrs)	DÍAS	DEFORM. N°	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0	1	0.95	0.54	0.4	0.23	0.23	0.13
24	1	2	0.17	0.10	0.57	0.32	0.41	0.23
48	2	3	0.17	0.10	0.58	0.33	0.4	0.23
72	3	4	0.14	0.08	0.62	0.35	0.677	0.38
96	4	5	0.27	0.15	0.58	0.33	0.4	0.23

ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN											
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2	0.64	0.025	22.640	1.17	16.64	27.27	1.41	20.04	27.27	1.41	20.04
3	1.27	0.05	31.9	1.65	23.44	36.54	1.89	26.85	41.17	2.13	30.25
4	1.91	0.075	41.17	2.13	30.25	55.07	2.85	40.47	59.7	3.09	43.87
5	2.54	0.1	50.44	2.61	37.07	82.86	4.28	60.89	124.5	6.44	91.51
6	3.17	0.125	55.07	2.85	40.47	119.9	6.20	88.10	161.5	8.35	118.70
7	3.81	0.15	64.33	3.32	47.27	129.2	6.67	94.91	170.8	8.83	125.50
8	5.08	0.2	82.86	4.28	60.89	138.4	7.15	101.71	198.5	10.26	145.89
9	7.62	0.3	138.4	7.15	101.71	170.8	8.83	125.50	249.4	12.89	183.26
10	10.16	0.4	184.66	9.54	135.70	254	13.13	186.65	309.4	15.99	227.38
11	12.7	0.5	212.4	10.98	156.09	277.1	14.32	203.62	364.8	18.85	268.07

**GRÁFICO**



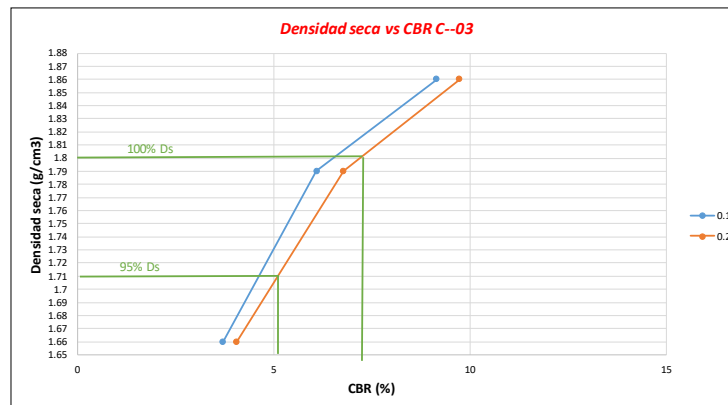
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	37.07	60.89	60.89	101.71	91.51	145.89
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	3.71	4.06	6.09	6.78	9.15	9.73

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	3.71	4.06	6.09	6.78	9.15	9.73
DENSIDAD SECA ( g/cm³ )	1.66		1.79		1.86	

**GRÁFICO**



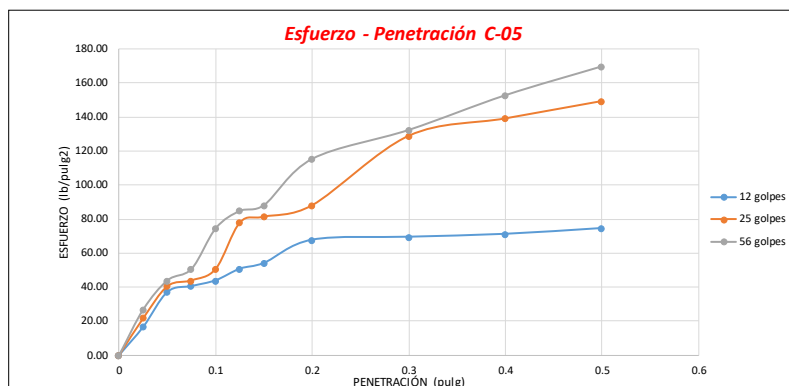
**CBR DE LA MUESTRA PATRON**

Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.80	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.71	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	7.15	7.71
95% DS	4.65	5.15

**Tabla N° 94: CBR de la muestra patrón C – 05**

Ensayo				Norma								
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</b>				<b>ASTM D -1883 / NTP 339.143</b>								
Nombre de la Investigación		Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.										
INVESTIGADORES		- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette								
LUGAR DE TRABAJO		Laboratorio de la Universidad Privada del Norte										
Colocación de Muestra al Horno		Fecha		04/09/2019								
		Hora		08:00 a.m.								
N° de Muestra		C - 05		Progresiva		2+500 km						
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>												
Altura de Molde (cm)	17.70		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11					
Contenido de Humedad (%) Proctor	18.98		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.65					
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN</b>												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	3				8				1			
Cantidad de Muestra (g)	3,754.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	712.51				759.20				759.20			
Peso de Molde (g)	7,228.00				7,228.00				7,244.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	11,002.00		11,340.00		11,230.00		11,825.00		11,224.00		12,024.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,774.00		4,112.00		4,002.00		4,597.00		3,980.00		4,780.00	
Densidad Humeda	1.80		1.96		1.91		2.19		1.90		2.28	
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	27.78	27.21	27.91	27.62	18.85	28	27.92	11.35	27.7	27.25	27.55	27.6
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	130.5	131.4	135.24	131.81	128.7	133	135.6	116.75	132.4	133.5	130.2	133.76
Peso de Muestra Humeda (g)	102.7	104.23	107.3	104.19	109.9	105	107.7	105.4	104.7	106.2	102.6	106.16
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	108.4	107.2	108.5	103.3	105.7	110	110.1	90.4	113.5	115.5	112.3	112.2
Peso de Muestra Seca (g)	80.62	79.99	80.59	75.68	86.84	82.4	82.18	79.05	85.77	88.2	84.75	84.6
Peso del Agua (g)	22.05	24.24	26.74	28.51	23.01	22.5	25.52	26.35	18.93	18	17.87	21.56
Contenido de Humedad (%)	27.35	30.3	33.18	37.67	26.5	27.3	31.05	33.33	22.07	20.41	21.09	25.48
CONT. HUM.PROM (%)	28.83		35.43		26.9		32.19		21.24		23.29	
MÁX. DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.4		1.45		1.51		1.66		1.57		1.85	
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN</b>												
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES	
(Hrs)	(Días)		N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)			
0	0	1	0.8	0.45	0.96	0.54	0.98	0.55				
24	1	2	0.54	0.31	0.2	0.11	0.51	0.29				
48	2	3	0.59	0.33	0.55	0.31	0.75	0.42				
72	3	4	0.848	0.48	0.68	0.38	0.853	0.48				
96	4	5	0.03	0.02	0.08	0.05	0.01	0.01				
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN</b>												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	22.640	1.17	16.64	29.59	1.53	21.74	36.54	1.89	26.85	
3	1.27	0.05	50.44	2.61	37.07	55.07	2.85	40.47	59.7	3.09	43.87	
4	1.91	0.075	55.07	2.85	40.47	59.7	3.09	43.87	68.96	3.56	50.68	
5	2.54	0.1	59.7	3.09	43.87	68.96	3.56	50.68	101.4	5.24	74.50	
6	3.17	0.125	68.96	3.56	50.68	106	5.48	77.90	115.3	5.96	84.70	
7	3.81	0.15	73.59	3.80	54.08	110.6	5.72	81.30	119.9	6.20	88.10	
8	5.08	0.2	92.12	4.76	67.70	119.9	6.20	88.10	156.9	8.11	115.31	
9	7.62	0.3	94.43	4.88	69.39	175.4	9.07	128.90	180	9.30	132.30	
10	10.16	0.4	96.75	5.00	71.10	189.3	9.78	139.10	207.8	10.74	152.68	
11	12.7	0.5	101.4	5.24	74.50	203.2	10.50	149.29	230.9	11.93	169.67	

**GRÁFICO**



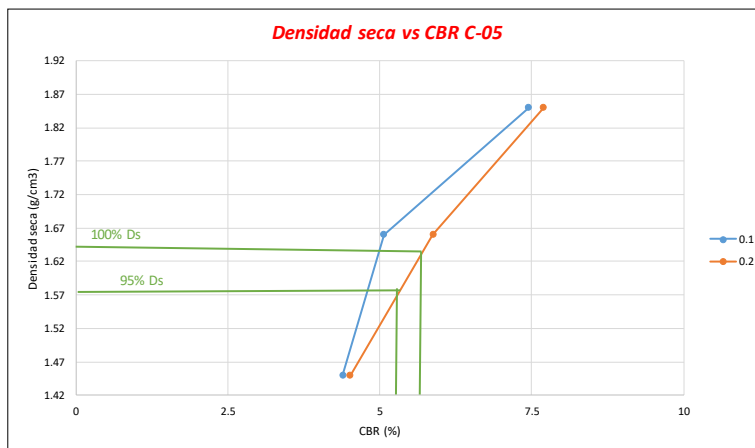
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	43.87	67.70	50.68	88.10	74.50	115.31
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	4.39	4.51	5.07	5.87	7.45	7.69

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	4.39	4.51	5.07	5.87	7.45	7.69
DENSIDAD SECA ( g/cm³)	1.45		1.66		1.85	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRON**

Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.65	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.57	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	5.6	5.95
95% DS	4.93	5.35



**Tabla N° 95: CBR de la muestra patrón C – 07**

Ensayo		Norma	
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D -1883 / NTP 339.143	
Nombre de la Investigación	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	23/09/2019	
	Hora	08:00 a.m.	
Nº de Muestra	C - 07	Progresiva	3+500 km

INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN					
Altura de Molde (cm)	17.7	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11
Contenido de Humedad (%) Proctor	12.18	Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81	Densidad Máxima Seca - Proctor	1.82

COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				9				4			
Cantidad de Muestra (g)	4,000.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	487.20				487.20				487.20			
Peso de Molde (g)	7,117.00				7,208.00				7,183.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	11,102.00	11,345.00			11,228.00	11,580.00			11,473.00	11,720.00		
Peso de Muestra Humeda (g)	3,985.00	4,228.00			4,020.00	4,372.00			4,290.00	4,537.00		
Densidad Humeda	1.90	2.02			1.92	2.09			2.05	2.17		
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	10.8	11.38	27.36	26.22	27.51	27.8	27.94	27.97	27.68	28.71	76.79	73.53
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	120.3	121.5	141.89	141.25	132.41	134	137.3	135.18	132.6	135.45	186.6	183.18
Peso de Muestra Humeda (g)	109.5	110.07	114.5	115.03	104.9	106	109.4	107.21	104.9	106.74	109.8	109.65
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	100.4	101.7	118.4	117.07	115.4	115	115.1	115.25	118.1	120.14	169.2	164.76
Peso de Muestra Seca (g)	89.6	90.3	91.06	90.85	87.89	87.4	87.12	87.28	90.37	91.43	92.45	91.23
Peso del Agua (g)	19.9	19.77	23.47	24.18	17.01	18.5	22.24	19.93	14.55	15.31	17.37	18.42
Contenido de Humedad (%)	22.21	21.89	25.77	26.62	19.35	21.1	25.53	22.83	16.1	16.75	18.79	20.19
CONT. HUM.PROM (%)	22.05		26.2		20.23		24.18		16.43		19.49	
MÁX.DEN. SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.56		1.6		1.6		1.68		1.76		1.82	

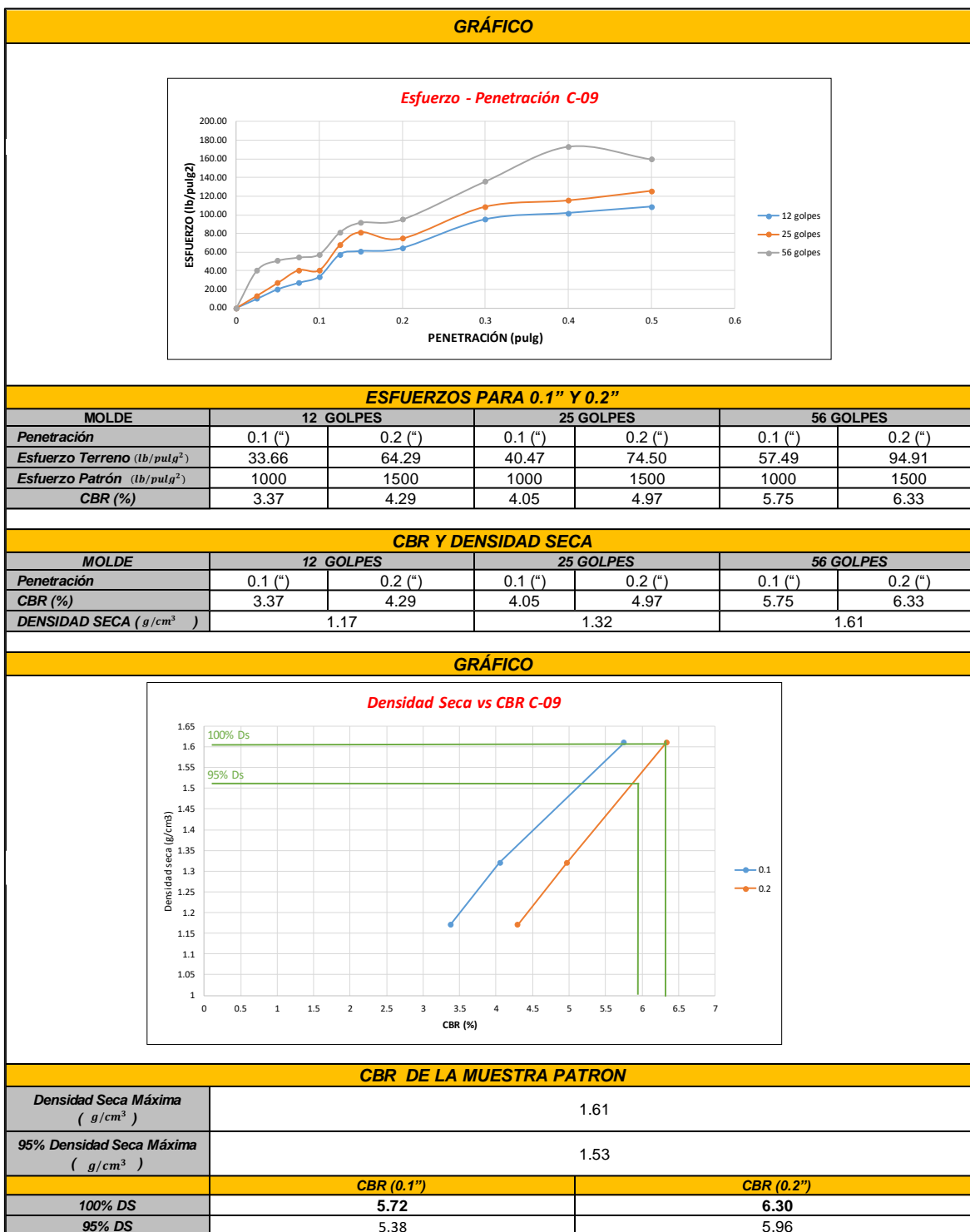
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN								
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
(Hrs)	(Días)		LECTURA	HINCHAMIENTO	LECTURA	HINCHAMIENTO	LECTURA	HINCHAMIENTO
		N°	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	1	0.39	0.22	0.16	0.09	0.75	0.42
24	1	2	0.397	0.22	0.12	0.07	0.888	0.5
48	2	3	0.42	0.24	0.03	0.02	0.89	0.5
72	3	4	0.42	0.24	0.73	0.41	0.89	0.5
96	4	5	0.42	0.24	0.75	0.42	0.89	0.5

ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN											
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2	0.64	0.025	31.900	1.65	23.44	50.44	2.61	37.07	55.07	2.85	40.47
3	1.27	0.05	41.17	2.13	30.25	55.07	2.85	40.47	78.23	4.04	57.49
4	1.91	0.075	45.8	2.37	33.66	73.59	3.80	54.08	92.12	4.76	67.70
5	2.54	0.1	59.7	3.09	43.87	78.23	4.04	57.49	133.8	6.91	98.30
6	3.17	0.125	78.23	4.04	57.49	156.91	8.11	115.31	175.4	9.07	128.90
7	3.81	0.15	101.4	5.24	74.50	193.9	10.02	142.49	212.4	10.98	156.09
8	5.08	0.2	133.8	6.91	98.30	207.77	10.74	152.68	369.4	19.09	271.46
9	7.62	0.3	198.5	10.26	145.89	341.72	17.66	251.12	387.9	20.04	285.02
10	10.16	0.4	263.2	13.60	193.44	387.85	20.04	285.02	461.6	23.86	339.22
11	12.7	0.5	314	16.23	230.76	447.78	23.14	329.06	526.1	27.19	386.59



**Tabla N° 96: CBR de la muestra patrón C – 09**

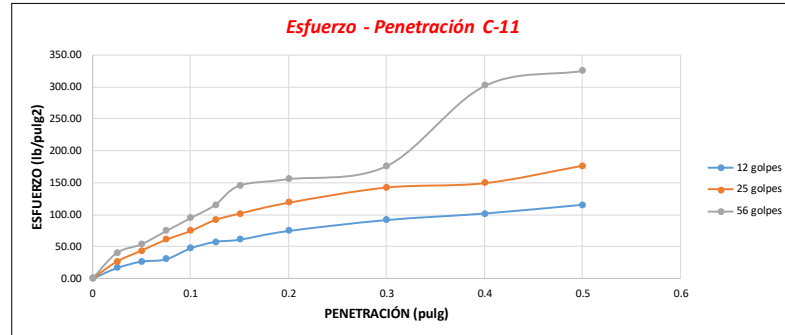
Ensayo				Norma									
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</b>				<b>ASTM D -1883 / NTP 339.143</b>									
Nombre de la Investigación				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.									
INVESTIGADORES				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette							
LUGAR DE TRABAJO				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte									
Colocación de Muestra al Horno				Fecha		26/08/2019							
				Hora		08:30 a.m.							
N° de Muestra				C - 09		Progresiva 4+500 km							
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>													
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11						
Contenido de Humedad (%) Proctor	17.63		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.61						
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN</b>													
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES				
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		
Número de Molde	7				8				3				
Cantidad de Muestra (g)	6,000.00				3,828.00				4,000.00				
Cantidad de Agua (g)	1,057.80				674.88				705.20				
Peso de Molde (g)	7,074.00				7,223.00				7,228.00				
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,109.00		10,507.00		10,538.00		10,938.00		10,919.50		11,705.00		
Peso de Muestra Humeda (g)	3,035.00		3,433.00		3,315.00		3,715.00		3,691.50		4,477.00		
Densidad Humeda	1.45		1.64		1.58		1.77		1.76		2.14		
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Peso de la Tara (g)	27.96	28.85	10.79	10.92	27.1	27.4	25.92	20.46	10.65	27.43	27.09	27.71	
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	132.3	134.3	129.09	127.78	134.8	134	138.9	145.45	158.4	160.21	161.3	152.13	
Peso de Muestra Humeda (g)	104.4	105.41	118.3	116.86	107.7	107	113	124.99	147.8	132.78	134.2	124.42	
P.de la Tara + Muestra Seca (g)	105.3	107.30	95.4	94.5	108.2	109	109.7	114.6	127.3	133.2	127.2	122.7	
Peso de Muestra Seca (g)	77.38	78.45	84.61	83.58	81.1	81.9	83.78	94.14	116.7	105.77	100.1	94.99	
Peso del Agua (g)	26.98	26.96	33.69	33.28	26.6	24.8	29.21	30.85	31.11	27.01	34.12	29.43	
Contenido de Humedad (%)	34.87	34.37	39.82	39.82	32.8	30.2	34.87	32.77	26.67	25.54	34.08	30.98	
CONT. HUM.PROM (%)	34.62		39.82		31.51		33.82		26.11		32.53		
MÁX.DEN.SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.08		1.17		1.2		1.32		1.40		1.61		
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN</b>													
TIEMPO ACUMULADO		DEFOR M.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES		
(Hrs)	(Días)	N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)		LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)		LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)			
0	0	1	0.77	0.44		0.63	0.36		0.93	0.53			
24	1	2	0.07	0.04		0.94	0.53		0.09	0.05			
48	2	3	0.11	0.06		0.95	0.54		0.1	0.06			
72	3	4	0.12	0.07		0.98	0.55		0.11	0.06			
96	4	5	0.13	0.07		0.05	0.03		0.12	0.07			
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN</b>													
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES				
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )		
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00		
2	0.64	0.025	13.370	0.69	9.83	18	0.93	13.23	55.07	2.85	40.47		
3	1.27	0.05	27.27	1.41	20.04	36.54	1.89	26.85	68.96	3.56	50.68		
4	1.91	0.075	36.54	1.89	26.85	55.07	2.85	40.47	73.59	3.80	54.08		
5	2.54	0.1	45.8	2.37	33.66	55.07	2.85	40.47	78.23	4.04	57.49		
6	3.17	0.125	78.23	4.04	57.49	92.12	4.76	67.70	110.6	5.72	81.30		
7	3.81	0.15	82.86	4.28	60.89	110.6	5.72	81.30	124.5	6.44	91.51		
8	5.08	0.2	87.49	4.52	64.29	101.4	5.24	74.50	129.2	6.67	94.91		
9	7.62	0.3	129.2	6.67	94.91	147.7	7.63	108.50	184.7	9.54	135.70		
10	10.16	0.4	138.4	7.15	101.71	156.9	8.11	115.31	235.5	12.17	173.07		
11	12.7	0.5	147.7	7.63	108.50	170.8	8.83	125.50	217	11.22	159.48		



**Tabla N° 97: CBR de la muestra patrón C – 11**

Ensayo				Norma													
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D -1883 / NTP 339.143													
Nombre de la Investigación																	
Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.																	
INVESTIGADORES				- Flores Quñones Edel Rocío													
				- Flores Sánchez Angie Lisette													
LUGAR DE TRABAJO																	
Laboratorio de la Universidad Privada del Norte																	
Colocación de Muestra al Horno				Fecha													
				23/09/2019													
				Hora													
				8:30 a. m.													
N° de Muestra		C-11		Progresiva		5+500 km											
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>																	
Altura de Molde (cm)		17.7		Diámetro de Molde (cm)		15.17											
				Altura del Disco Espaciador (cm)		6.11											
Contenido de Humedad (%) Proctor		18.55		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )		2,094.81											
				Densidad Máxima Seca - Proctor		1.67											
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN</b>																	
MOLDE		12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES									
CONDICIONES DE MUESTRA		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado					
Número de Molde		8			2			6									
Cantidad de Muestra (g)		4,000.00			4,000.00			3,800.00									
Cantidad de Agua (g)		742.00			742.00			704.90									
Peso de Molde (g)		7,222.00			7,201.00			7,180.00									
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)		10,321.00		10,750.00		10,591.00		11,560.00		10,989.00		11,850.00					
P. de Muestra Humeda (g)		3,099.00		3,528.00		3,390.00		4,359.00		3,809.00		4,670.00					
Densidad Humeda		1.48		1.68		1.62		2.08		1.82		2.23					
NÚMERO DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Peso de la Tara (g)		27.93	27.62	12.9	18.80	25.93	26.6	25.56	9.51	26.13	12.87	27.46	27.37				
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)		145.9	136.4	118.22	124.53	145.2	135	127	112.02	125.5	132.45	135.7	133.58				
P. de Muestra Humeda (g)		117.9	108.79	105.3	105.73	119.3	109	101.4	102.51	99.36	119.58	108.3	106.21				
Peso de la Tara + Muestra Seca (g)		114.5	107.2	88.23	94.02	117.4	109	100.4	85.04	103	106.2	109.9	108.24				
Peso de Muestra Seca (g)		86.59	79.6	75.33	75.22	91.43	82.9	74.84	75.53	76.82	93.33	82.4	80.87				
Peso del Agua (g)		31.35	29.19	29.99	30.51	27.84	25.7	26.56	26.98	22.54	26.25	25.88	25.34				
Contenido de Humedad (%)		36.21	36.67	39.81	40.56	30.45	31	35.49	35.72	29.34	28.13	31.41	31.33				
CONT. HUM.PROM (%)		36.44			40.19			30.72			35.61			28.74		31.37	
MÁX.DEN.SECA ( g/cm <sup>3</sup> )		1.08			1.2			1.24			1.53			1.41		1.70	
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN</b>																	
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.		12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES							
				LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO			
(Hrs)		(Días)		(mm)		(%)		(mm)		(%)		(mm)		(%)			
0		0		1		0.68		0.38		0.24		0.14		0.63		0.36	
24		1		2		0.96		0.54		0.66		0.37		0.7		0.4	
48		2		3		0.99		0.56		0.69		0.39		0.71		0.4	
72		3		4		0.1		0.06		0.71		0.40		0.71		0.4	
96		4		5		0.4		0.23		0.03		0.02		0.71		0.4	
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN</b>																	
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES								
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( lb/pulg <sup>2</sup> )						
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00						
2	0.64	0.025	22.640	1.17	16.64	36.54	1.89	26.85	55.07	2.85	40.47						
3	1.27	0.05	36.54	1.89	26.85	59.7	3.09	43.87	73.59	3.80	54.08						
4	1.91	0.075	41.17	2.13	30.25	82.86	4.28	60.89	101.4	5.24	74.50						
5	2.54	0.1	64.33	3.32	47.27	101.4	5.24	74.50	129.2	6.67	94.91						
6	3.17	0.125	78.23	4.04	57.49	124.5	6.44	91.51	156.9	8.11	115.31						
7	3.81	0.15	82.86	4.28	60.89	138.4	7.15	101.71	198.5	10.26	145.89						
8	5.08	0.2	101.4	5.24	74.50	161.5	8.35	118.70	212.4	10.98	156.09						
9	7.62	0.3	124.5	6.44	91.51	193.9	10.02	142.49	240.1	12.41	176.47						
10	10.16	0.4	138.4	7.15	101.71	203.2	10.50	149.29	410.9	21.24	301.96						
11	12.7	0.5	156.9	8.11	115.31	240.1	12.41	176.47	443.2	22.90	325.67						

**GRÁFICO**



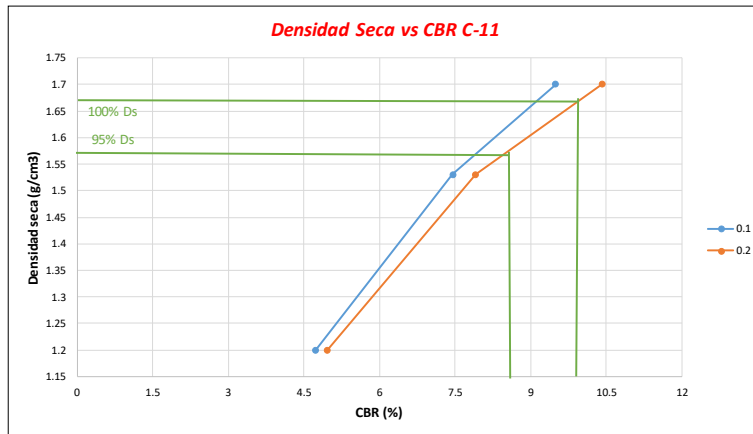
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	47.27	74.50	74.50	118.70	94.91	156.09
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	4.73	4.97	7.45	7.91	9.49	10.41

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	4.73	4.97	7.45	7.91	9.49	10.41
DENSIDAD SECA ( g/cm³)	1.2		1.53		1.7	

**GRÁFICO**



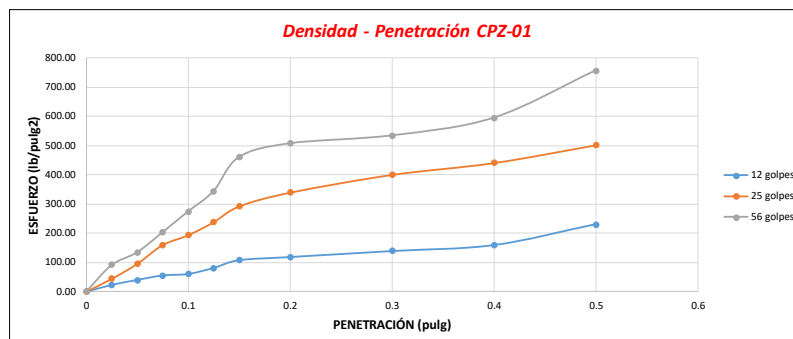
**CBR DE LA MUESTRA PATRON**

Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.67	
95% Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.59	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	<b>8.77</b>	<b>9.52</b>
95% DS	8.01	8.66

**Tabla N° 98: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 01**

Ensayo				Norma									
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D -1883 / NTP 339.143									
Nombre de la Investigación				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.									
INVESTIGADORES				- Flores Quiñones Edel Rocío - Flores Sánchez Angie Lisette									
LUGAR DE TRABAJO				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte									
Colocación de Muestra al Horno		Fecha		04/10/2019									
		Hora		08:30 a.m.									
N° de Muestra		CPZ - 01		Progresiva		0+500 km							
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>													
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11						
Contenido de Humedad (%) Proctor	18.68		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.63						
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME</b>													
MOLDE	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES						
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		
Número de Molde	4			5			6						
Cantidad de Muestra (g)	3,850.00			3,600.00			3,800.00						
Cantidad de Agua (g)	719.18			672.48			709.84						
Cantidad de Aditivo (g)	0.20			0.20			0.20						
Peso de Molde (g)	7,074.00			7,262.00			7,176.00						
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,814.00		11,014.00		11,148.00		11,306.00		11,124.00		11,234.00		
P. de Muestra Humeda (g)	3,740.00		3,940.00		3,886.00		4,044.00		3,948.00		4,058.00		
Densidad Humeda	1.79		1.88		1.86		1.93		1.88		1.94		
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Peso de la Tara (g)	25.62	9.59	27.08	27.31	18.8	26.2	28.82	12.78	11.39	27.06	12.48	27.69	
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	154.74	118	131.18	129.11	132	148	128.3	119.58	115.4	131.05	118.8	132.65	
P. de Muestra Humeda (g)	129.12	108.41	104.1	101.8	113.2	121	99.45	106.8	97.83	103.5	106.3	105.32	
Peso de la Tara + Muestra Seca (g)	131.01	95.3	108.6	107.35	112.9	127	109.6	100.25	103	106.2	107.6	110.25	
Peso de Muestra Seca (g)	105.39	85.71	81.53	80.04	94.11	101	80.74	87.47	91.56	79.14	95.08	82.56	
Peso del Agua (g)	23.73	22.7	22.57	21.76	19.1	20.5	18.71	19.33	6.27	24.36	11.24	22.76	
Contenido de Humedad (%)	22.52	26.48	27.68	27.19	20.3	20.3	23.17	22.1	6.85	30.78	11.82	27.57	
CONT. HUM.PROM (%)	24.5		27.44		20.28		22.64		18.82		19.7		
MÁX.DEN.SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.44		1.48		1.55		1.57		1.58		1.62		
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME</b>													
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM .	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES		
(Hrs)	(Días)		N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)		LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)		LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)		
0	0	1	0.59	0.33		0.39	0.22		0.6	0.34			
24	1	2	0.59	0.33		0.64	0.36		0.59	0.33			
48	2	3	0.4	0.23		0.79	0.45		0.6	0.34			
72	3	4	0.55	0.31		0.8	0.45		0.615	0.35			
96	4	5	0.168	0.09		0.94	0.53		0.62	0.35			
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACION DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA -ZYME</b>													
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES				
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga ( kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga ( kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( lb/pulg <sup>2</sup> )		
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00		
2	0.64	0.025	31.900	1.65	23.44	59.7	3.09	43.87	124.5	6.44	91.51		
3	1.27	0.05	55.07	2.85	40.47	129.2	6.67	94.91	183.7	9.50	135.02		
4	1.91	0.075	75.91	3.92	55.78	217	11.22	159.48	277.1	14.32	203.62		
5	2.54	0.1	82.86	4.28	60.89	263.2	13.60	193.44	374	19.33	274.85		
6	3.17	0.125	110.63	5.72	81.30	323.3	16.71	237.56	468.5	24.21	344.30		
7	3.81	0.15	146.73	7.58	107.83	397.1	20.52	291.80	627.3	32.42	460.96		
8	5.08	0.2	161.53	8.35	118.70	461.6	23.86	339.22	691.6	35.74	508.24		
9	7.62	0.3	189.28	9.78	139.10	544.5	28.14	400.12	728.3	37.64	535.24		
10	10.16	0.4	217.02	11.22	159.48	599.7	30.99	440.70	810.9	41.91	595.92		
11	12.7	0.5	314.02	16.23	230.76	682.4	35.27	501.49	1031	53.27	757.43		

**GRÁFICO**



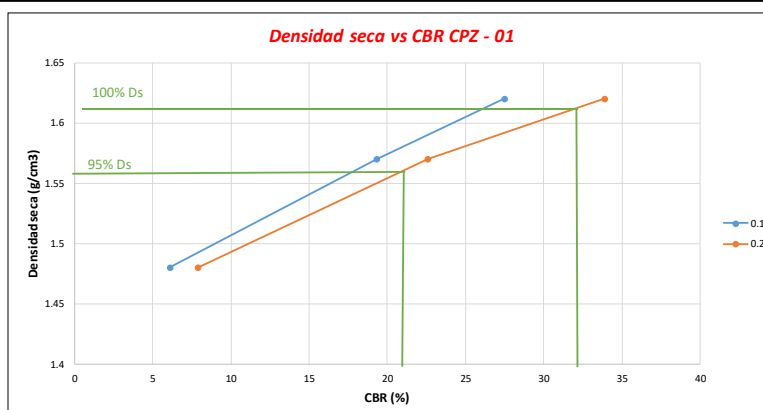
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	60.89	118.70	193.44	339.22	274.85	508.24
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	6.09	7.91	19.34	22.61	27.48	33.88

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	6.09	7.91	19.34	22.61	27.48	33.88
DENSIDAD SECA ( g/cm³ )	1.48		1.57		1.62	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRO + PERMA-ZYME**

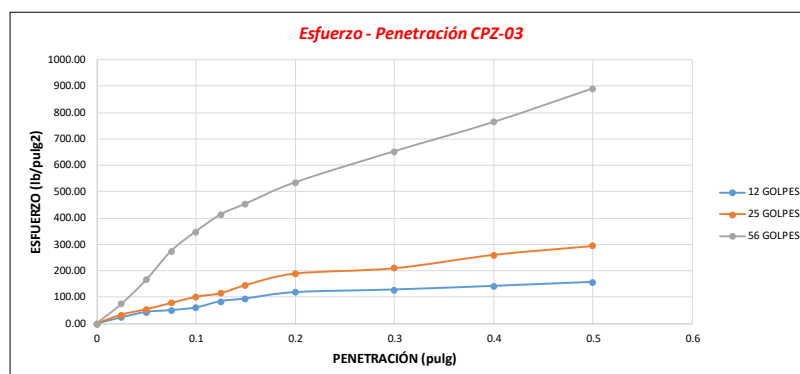
Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.63	
95% Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.56	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	28.67	35.15
95% DS	16.55	20.33



**Tabla N° 99: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 03**

Ensayo				Norma										
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</b>				<b>ASTM D - 1883 / NTP 339.143</b>										
<b>Nombre de la Investigación</b>				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.										
<b>INVESTIGADORES</b>				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette								
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte										
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>		<b>Fecha</b>		16/10/2019										
		<b>Hora</b>		9:00 a. m.										
<b>N° de Muestra</b>		CPZ - 03		<b>Progresiva</b>		1+500 km								
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>														
<b>Altura de Molde (cm)</b>	17.7		<b>Diámetro de Molde (cm)</b>	15.17		<b>Altura del Disco Espaciador (cm)</b>	6.11							
<b>Contenido de Humedad (%) Proctor</b>	12.75		<b>Volúmen de Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2,094.81		<b>Densidad Máxima Seca - Proctor</b>	1.81							
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME</b>														
<b>MOLDE</b>	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES					
<b>CONDICIONES DE MUESTRA</b>	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado			
<b>Número de Molde</b>	2				3				8					
<b>Cantidad de Muestra (g)</b>	4,000.00				4,000.00				4,000.00					
<b>Cantidad de Agua (g)</b>	510.00				510.00				510.00					
<b>Cantidad de Aditivo (g)</b>	0.17				0.17				0.17					
<b>Peso de Molde (g)</b>	7,202.00				7,234.00				7,212.00					
<b>Peso de Molde + Muestra Humeda (g)</b>	10,608.00		11,092.00		10,846.00		11,236.00		11,244.00		11,526.00			
<b>Peso de Muestra Humeda (g)</b>	3,406.00		3,890.00		3,612.00		4,002.00		4,032.00		4,314.00			
<b>Densidad Humeda</b>	1.63		1.86		1.72		1.91		1.92		2.06			
<b>Número de Tara</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>Peso de Tara (g)</b>	27.5	28.28	30.36	25.73	27.53	28.24	12.22	11.92	10.73	11.12	11.3	20.86		
<b>Peso de Tara + Muestra Humeda (g)</b>	137.96	139.00	133.90	131.18	131.22	129.1	114.4	112.39	127.6	118.91	125	137.54		
<b>Peso de Muestra Humeda (g)</b>	110.46	110.72	103.5	105.45	103.69	100.82	102.2	100.47	116.9	107.79	114	116.68		
<b>P. de Tara + Muestra Seca (g)</b>	124.50	125.30	109.9	108.22	118.84	116.90	92.95	91.21	113.8	106.03	106	118.17		
<b>Peso de Muestra Seca (g)</b>	97.00	97.02	79.56	82.49	91.31	88.66	80.73	79.29	103.1	94.91	94.9	97.31		
<b>Peso de Agua (g)</b>	13.46	13.70	23.98	22.96	12.38	12.16	21.45	21.18	13.85	12.88	19.4	19.37		
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	13.88	14.12	30.14	27.83	13.56	13.72	26.57	26.71	13.44	13.57	20.4	19.91		
<b>CONT.HUM. PROM. (%)</b>	14		28.99		13.64		26.64		13.51		20.16			
<b>MÁX.DEN. SECA ( g/cm<sup>3</sup> )</b>	1.43		1.44		1.51		1.51		1.69		1.71			
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME</b>														
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>DEFORM.</b>	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			<b>LECTURA</b>		<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>		<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>		<b>HINCHAMIENTO</b>	
<b>(Hrs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>N°</b>	<b>(mm)</b>		<b>(%)</b>		<b>(mm)</b>		<b>(%)</b>		<b>(mm)</b>		<b>(%)</b>	
0	0	1	0.97		0.55		0.145		0.08		0.75		0.42	
24	1	2	0.235		0.13		0.36		0.2		0.4		0.23	
48	2	3	0.25		0.14		0.27		0.15		0.45		0.25	
72	3	4	0.26		0.15		0.46		0.26		0.56		0.32	
96	4	5	0.27		0.15		0.36		0.2		0.47		0.27	
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME</b>														
<b>PENETRACIÓN</b>			12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
<b>Medida</b>	<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>Carga (kg.f)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (Lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (kg.f)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (Lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (kg.f)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (Lb/pulg<sup>2</sup>)</b>			
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00			
2	0.64	0.025	31.903	1.65	23.44	45.803	2.37	33.66	101.4	5.24	74.50			
3	1.27	0.05	59.7	3.09	43.87	73.594	3.80	54.08	226.3	11.69	166.27			
4	1.91	0.075	68.963	3.56	50.68	106	5.48	77.90	374	19.33	274.85			
5	2.54	0.1	82.856	4.28	60.89	138.4	7.15	101.71	475.4	24.57	349.37			
6	3.17	0.125	115.26	5.96	84.70	156.91	8.11	115.31	562.9	29.09	413.65			
7	3.81	0.15	129.15	6.67	94.91	198.53	10.26	145.89	618.1	31.94	454.21			
8	5.08	0.2	161.53	8.35	118.71	258.61	13.36	190.04	728.3	37.64	535.23			
9	7.62	0.3	175.41	9.07	128.90	286.32	14.80	210.41	888.8	45.93	653.18			
10	10.16	0.4	193.91	10.02	142.50	355.56	18.38	261.29	1040	53.74	764.16			
11	12.7	0.5	214.71	11.10	157.78	401.68	20.76	295.18	1213	62.71	891.66			

**GRÁFICO**



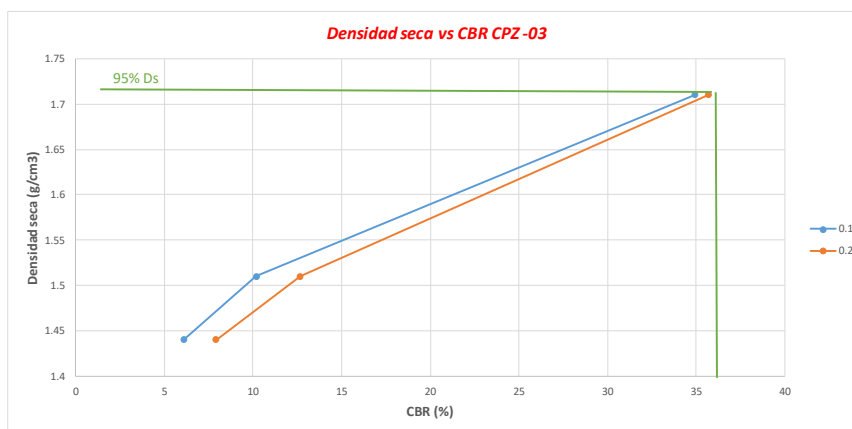
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg <sup>2</sup> )	60.89	118.71	101.71	190.04	349.37	535.23
Esfuerzo Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	6.09	7.91	10.17	12.67	34.94	35.68

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	6.09	7.91	10.17	12.67	34.94	35.68
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.44		1.51		1.71	

**GRÁFICO**



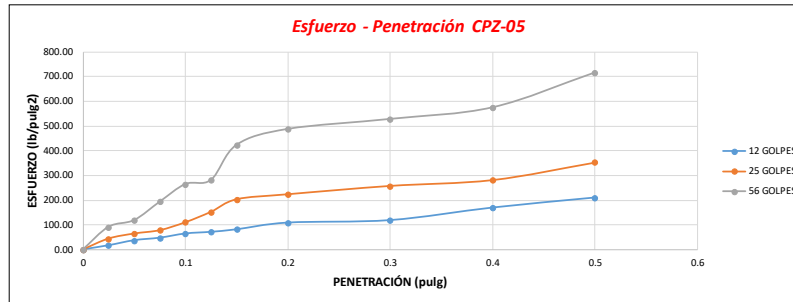
**CBR DE LA MUESTRA PATRO + PERMA-ZYME**

Densidad Máxima Seca ( g/cm <sup>3</sup> )	1.8	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.71	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	44.79	44.99
95% DS	34.69	35.41

Tabla N° 100: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 05

Ensayo				Norma															
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.143															
Nombre de la Investigación				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.															
INVESTIGADORES				- Flores Quiñones Edel Rocío				- Flores Sánchez Angie Lisette											
LUGAR DE TRABAJO				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte															
Colocación de Muestra al Horno				Fecha				26/08/2019											
				Hora				09:00 a.m.											
N° de Muestra				CPZ-05		Progresiva		2+500 km											
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN																			
Altura de Molde (cm)		17.7		Diámetro de Molde (cm)		15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)		6.11									
Contenido de Humedad (%) Proctor		16.66		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )		2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor		1.65									
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMAZYME																			
MOLDE		12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES									
CONDICIONES DE MUESTRA		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado							
Número de Molde		4				5				6									
Cantidad de Muestra (g)		3,800.00				3,800.00				3,800.00									
Cantidad de Agua (g)		633.08				633.08				633.08									
Cantidad de Aditivo (g)		0.20				0.20				0.20									
Peso de Molde (g)		7,074.00				7,230.00				7,208.00									
Peso de Molde + Muestra Humeda (g)		10,832.00		11,158.00		11,144.00		11,404.00		11,298.00		11,486.00							
Peso de Muestra Humeda (g)		3,758.00		4,084.00		3,914.00		4,174.00		4,090.00		4,278.00							
Densidad Humeda		1.79		1.95		1.87		1.99		1.95		2.04							
Número de Tara		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Peso de Tara (g)		28.54	27.72	10.74	11.73	28.45	28.20	11.18	10.64	9.74	11.46	28.28	11.45						
Peso de Tara + Muestra Humeda (g)		134.04	137.96	131.20	115.65	136.18	130.59	127.84	126.25	112.80	118.88	134.87	120.98						
Peso de Muestra Humeda (g)		105.50	110.24	120.46	103.92	107.73	102.39	116.66	115.61	103.06	107.42	106.59	109.53						
P.de Tara + Muestra Seca (g)		120.68	125.02	106.03	93.77	122.41	118.83	106.14	104.35	99.65	104.79	114.25	99.35						
Peso de Muestra Seca (g)		92.14	97.30	95.29	82.04	93.96	90.63	94.96	93.71	89.91	93.33	85.97	87.90						
Peso de Agua (g)		13.36	12.94	25.17	21.88	13.77	11.76	21.70	21.90	13.15	14.09	20.62	21.63						
Contenido de Humedad (%)		14.50	13.30	26.41	26.67	14.66	12.98	22.85	23.37	14.63	15.10	23.99	24.61						
CONT.HUM. PROM. (%)		13.9			26.54			13.82			23.11			14.87			24.3		
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )		1.57			1.54			1.64			1.62			1.70			1.64		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME																			
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES								
			LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO						
(Hrs)	(Días)	N°	(mm)		(%)		(mm)		(%)		(mm)		(%)						
0	0	1	0.69		0.39		0.155		0.09		0.84		0.47						
24	1	2	0.66		0.37		0.699		0.39		0.055		0.03						
48	2	3	0.88		0.50		0.48		0.27		0.53		0.3						
72	3	4	0.83		0.47		0.7		0.40		0.755		0.43						
96	4	5	0.85		0.48		0.815		0.46		0.285		0.16						
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME																			
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES										
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )								
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00								
2	0.64	0.025	22.636	1.17	16.63	59.7	3.09	43.87	124.5	6.44	91.50								
3	1.27	0.05	50.44	2.61	37.06	87.486	4.52	64.29	161.5	8.35	118.71								
4	1.91	0.075	64.33	3.32	47.28	106.004	5.48	77.90	263.2	13.60	193.44								
5	2.54	0.1	87.49	4.52	64.29	149.967	7.75	110.21	360.2	18.61	264.68								
6	3.17	0.125	96.75	5.00	71.10	207.774	10.74	152.69	383.2	19.81	281.63								
7	3.81	0.15	110.6	5.72	81.30	277.084	14.32	203.62	576.7	29.80	423.79								
8	5.08	0.2	147.7	7.63	108.51	304.79	15.75	223.98	664	34.32	487.98								
9	7.62	0.3	161.5	8.35	118.71	350.944	18.14	257.90	719.2	37.17	528.49								
10	10.16	0.4	230.9	11.93	169.67	383.235	19.81	281.63	783.4	40.49	575.70								
11	12.7	0.5	286.3	14.80	210.41	480.025	24.81	352.76	975.8	50.43	717.10								

**GRÁFICO**



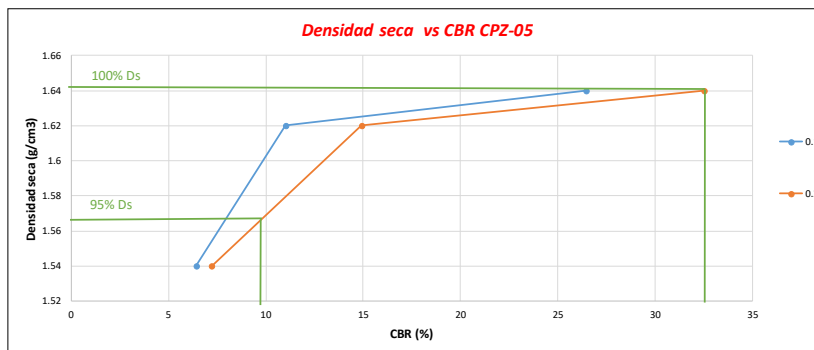
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg <sup>2</sup> )	64.29	108.51	110.21	223.98	264.68	487.98
Esfuerzo Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	6.43	7.23	11.02	14.93	26.47	32.53

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	6.43	7.23	11.02	14.93	26.47	32.53
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.54		1.62		1.64	

**GRÁFICO**

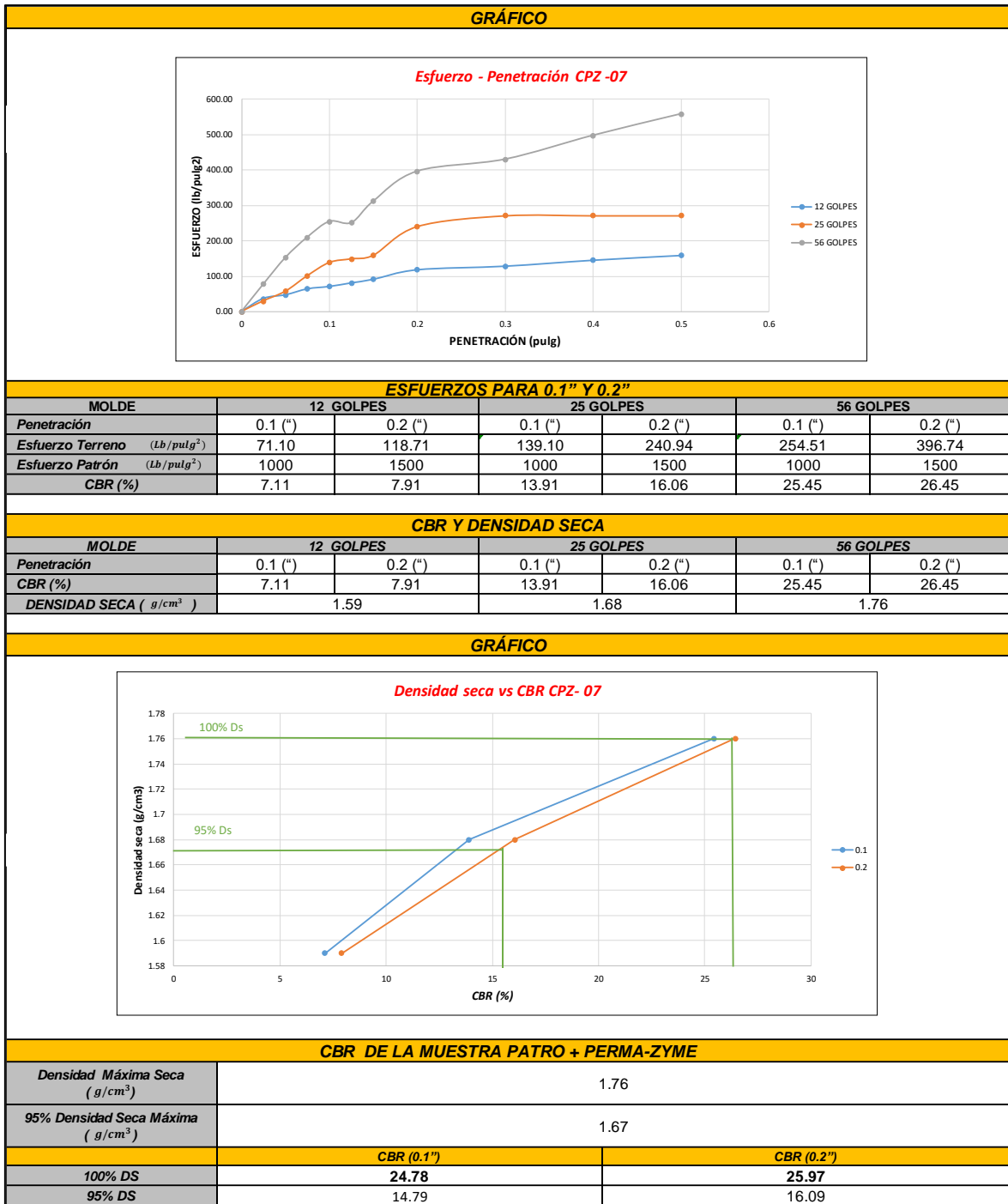


**CBR DE LA MUESTRA PATRO + PERMA-ZYME**

Densidad Máxima Seca ( g/cm <sup>3</sup> )	1.65	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.57	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	26.43	32.34
95% DS	7.38	9.49

**Tabla N° 101: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 07**

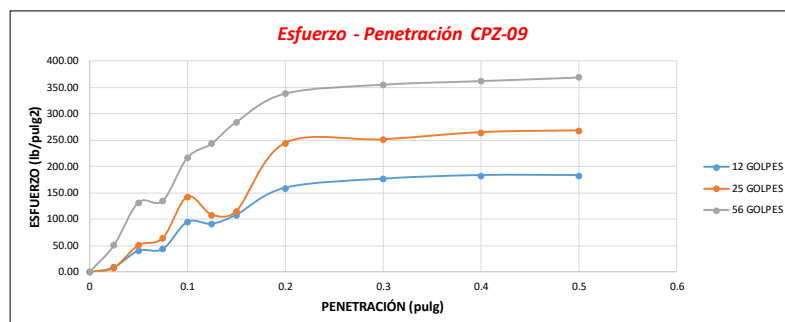
Ensayo				Norma								
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.143								
Nombre de la Investigación		Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.										
INVESTIGADORES		- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette								
LUGAR DE TRABAJO		Laboratorio de la Universidad Privada del Norte										
Colocación de Muestra al Horno		Fecha		15/10/2019								
		Hora		03:15 p.m.								
N° de Muestra		CPZ-07		Progresiva		3+500 km						
INFORMACION DE LA INVESTIGACION												
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11					
Contenido de Humedad (%) Proctor	12.74		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.76					
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMAZYME												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				7				9			
Cantidad de Muestra (g)	4,200.00				4,200.00				3,800.00			
Cantidad de Agua (g)	535.08				535.08				484.12			
Cantidad de Aditivo (g)	0.18				0.18				0.18			
Peso de Molde (g)	7,122.00				7,182.00				7,202.00			
Peso de Molde + Muestra Humeda (g)	10,728.00		11,094.00		11,280.00		11,452.00		11,372.00		11,472.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,606.00		3,972.00		4,098.00		4,270.00		4,170.00		4,270.00	
Densidad Humeda	1.72		1.90		1.96		2.04		1.99		2.04	
Número de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de Tara (g)	12.15	11.38	9.75	11.50	20.69	27.69	27.64	28.38	27.53	50.20	28.82	27.63
Peso de Tara + Muestra Humeda (g)	113.58	117.11	119.96	115.39	133.71	130.70	132.05	131.40	94.80	165.00	132.86	131.71
Peso de Muestra Humeda (g)	101.43	105.73	110.21	103.89	113.02	103.01	104.41	103.02	67.27	114.80	104.04	104.08
Peso de Tara + Muestra Seca (g)	100.49	105.26	101.97	98.20	118.09	113.10	114.01	113.20	85.00	151.27	117.02	119.30
Peso de Muestra Seca (g)	88.34	93.88	92.22	86.70	97.40	85.41	86.37	84.82	57.47	101.07	88.20	91.67
Peso de Agua (g)	13.09	11.85	17.99	17.19	15.62	17.60	18.04	18.20	9.80	13.73	15.84	12.41
Contenido de Humedad (%)	14.82	12.62	19.51	19.83	16.04	20.61	20.89	21.46	17.05	13.58	17.96	13.54
CONT.HUM. PROM. (%)	13.72		19.67		18.33		21.18		15.32		15.75	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.51		1.59		1.66		1.68		1.73		1.76	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME												
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
(Hrs)	(Días)		N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)			
0	0	1	0.27	0.15	0.46	0.26	0.36	0.2				
24	1	2	0.53	0.30	0.63	0.36	0.43	0.24				
48	2	3	0.54	0.31	0.64	0.36	0.44	0.25				
72	3	4	0.65	0.37	0.75	0.42	0.45	0.25				
96	4	5	0.55	0.31	0.56	0.32	0.66	0.37				
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	50.435	2.61	37.06	41.17	2.13	30.25	106	5.48	77.90	
3	1.27	0.05	64.33	3.32	47.28	78.225	4.04	57.49	207.77	10.74	152.69	
4	1.91	0.075	87.49	4.52	64.29	138.401	7.15	101.71	286.32	14.80	210.41	
5	2.54	0.1	96.75	5.00	71.10	189.281	9.78	139.10	346.33	17.90	254.51	
6	3.17	0.125	110.6	5.72	81.30	203.152	10.50	149.29	341.72	17.66	251.12	
7	3.81	0.15	124.5	6.44	91.50	217.019	11.22	159.48	424.73	21.95	312.12	
8	5.08	0.2	161.5	8.35	118.71	327.871	16.94	240.94	539.88	27.90	396.74	
9	7.62	0.3	175.4	9.07	128.90	369.398	19.09	271.46	585.89	30.28	430.55	
10	10.16	0.4	198.5	10.26	145.89	369.398	19.09	271.46	677.82	35.03	498.11	
11	12.7	0.5	217	11.22	159.48	369.398	19.09	271.46	760.46	39.30	558.84	



**Tabla N° 102: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 09**

Ensayo				Norma								
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D -1883 / NTP 339.143								
<b>Nombre de la Investigación</b>				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.								
<b>INVESTIGADORES</b>				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette						
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte								
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>				<b>Fecha</b>		04/10/2019						
				<b>Hora</b>		03:15 p.m.						
<b>N° de Muestra</b>				CPZ - 09		Progresiva 4+500 km						
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN												
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11					
Contenido de Humedad (%) Proctor	21.06		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.44					
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMAZYME												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	8				3				2			
Cantidad de Muestra (g)	4,200.00				4,200.00				3,800.00			
Cantidad de Agua (g)	884.52				884.52				800.28			
Cantidad de Aditivo (g)	0.23				0.23				0.23			
Peso de Molde (g)	7,232.00				7,178.00				7,236.00			
Peso de Molde + Muestra Humeda (g)	10,790.00		10,831.00		10,850.00		11,443.00		11,146.00		11,780.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,558.00		3,599.00		3,672.00		4,265.00		3,910.00		4,544.00	
Densidad Humeda	1.70		1.72		1.75		2.04		1.87		2.17	
Número de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de Tara (g)	27.92	27.60	27.69	30.50	27.55	27.60	27.83	27.50	27.91	27.62	11.34	10.79
Peso de Tara + Muestra Humeda (g)	120.16	129.45	137.30	135.13	130.17	133.76	138.95	138.48	135.24	131.81	116.89	113.34
Peso de Muestra Humeda (g)	92.24	101.85	109.61	104.63	102.62	106.16	111.12	110.98	107.33	104.19	105.55	102.55
P.de Tara + Muestra Seca (g)	100.60	107.23	115.06	114.07	116.20	108.45	112.28	112.35	119.45	117.27	93.05	91.40
Peso de Muestra Seca (g)	72.68	79.63	87.37	83.57	88.65	80.85	84.45	84.85	91.54	89.65	81.71	80.61
Peso de Agua (g)	19.56	22.22	22.24	21.06	13.97	25.31	26.67	26.13	15.79	14.54	23.84	21.94
Contenido de Humedad (%)	26.91	27.90	25.45	25.20	15.76	31.30	31.58	30.80	17.25	16.22	29.18	27.22
CONT.HUM. PROM. (%)	27.41		25.33		23.53		31.19		16.74		28.20	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.33		1.37		1.42		1.55		1.60		1.69	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME												
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES	
(Hrs)	(Días)		N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)			
0	0	1	0.98	0.55	0	0	0.96	0.54				
24	1	2	0.23	0.13	0.32	0.18	0.11	0.06				
48	2	3	0.36	0.20	0.32	0.18	0.12	0.07				
72	3	4	0.95	0.54	0.85	0.48	0.12	0.07				
96	4	5	0.25	0.14	0.07	0.04	0.13	0.07				
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	12.440	0.64	9.14	11.049	0.57	8.12	68.96	3.56	50.68	
3	1.27	0.05	55.07	2.85	40.47	68.963	3.56	50.68	180	9.30	132.30	
4	1.91	0.075	59.7	3.09	43.87	87.486	4.52	64.29	184.7	9.54	135.70	
5	2.54	0.1	129.1	6.67	94.91	193.905	10.02	142.50	295.6	15.27	217.20	
6	3.17	0.125	124.5	6.44	91.50	147.654	7.63	108.51	332.5	17.18	244.34	
7	3.81	0.15	147.7	7.63	108.51	156.907	8.11	115.31	387.8	20.04	285.02	
8	5.08	0.2	217	11.22	159.48	332.486	17.18	244.34	461.6	23.86	339.22	
9	7.62	0.3	240.1	12.41	176.46	341.716	17.66	251.12	484.6	25.05	356.14	
10	10.16	0.4	249.4	12.89	183.25	360.172	18.61	264.68	493.8	25.52	362.91	
11	12.7	0.5	249.4	12.89	183.25	364.785	18.85	268.07	503.1	26.00	369.68	

**GRÁFICO**



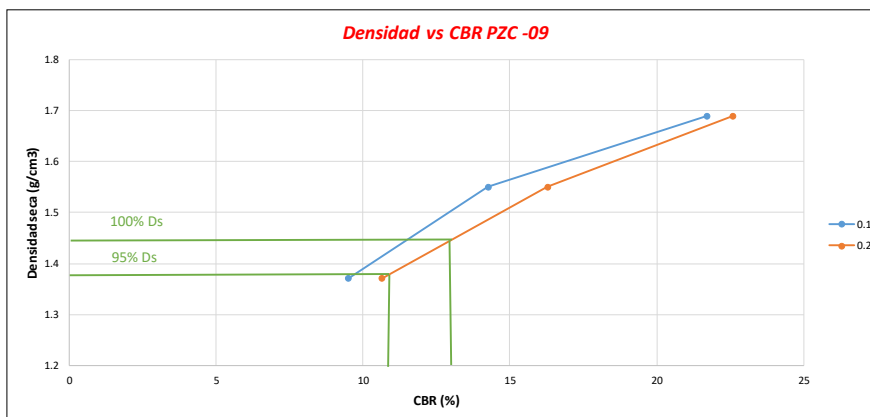
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg <sup>2</sup> )	94.91	159.48	142.50	244.34	217.20	339.22
Esfuerzo Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	9.49	10.63	14.25	16.29	21.72	22.61

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	9.49	10.63	14.25	16.29	21.72	22.61
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.37		1.55		1.69	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRO + PERMA-ZYME**

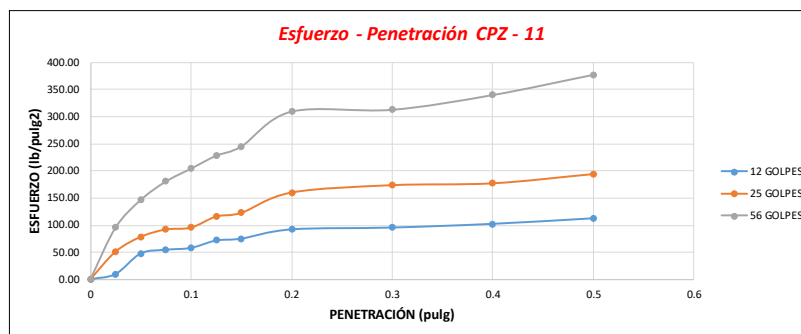
Densidad Máxima Seca ( g/cm <sup>3</sup> )	1.44	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.37	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	11.36	12.89
95% DS	8.62	10.25



**Tabla N° 103: CBR de la muestra + Perma Zyme CPZ – 11**

Ensayo				Norma									
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.43									
<b>Nombre de la Investigación</b>				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.									
<b>INVESTIGADORES</b>				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette							
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte									
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>				<b>Fecha</b>		19/10/2019							
				<b>Hora</b>		8:00 a. m.							
<b>N° de Muestra</b>				CPZ - 11		Progresiva							
				5+500 km									
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN													
<b>Altura de Molde (cm)</b>		17.7			<b>Diámetro de Molde (cm)</b>		15.17			<b>Altura del Disco Espaciador (cm)</b>		6.11	
<b>Contenido de Humedad (%) Proctor</b>		19.85			<b>Volúmen de Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>		2,094.81			<b>Densidad Máxima Seca - Proctor</b>		1.39	
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMAZYME													
MOLDE		12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
<b>Número de Molde</b>		7				9				1			
<b>Cantidad de Muestra (g)</b>		4,000.00				4,000.00				4,000.00			
<b>Cantidad de Agua (g)</b>		794.00				794.00				794.00			
<b>Cantidad de Aditivo (g)</b>		0.24				0.24				0.24			
<b>Peso de Molde (g)</b>		7,240.00				7,084.00				7,182.00			
<b>Peso de Molde + Muestra Humeda (g)</b>		10,890.00		11,176.00		11,066.00		11,262.00		11,404.00		11,506.00	
<b>Peso de Muestra Humeda (g)</b>		3,650.00		3,936.00		3,982.00		4,178.00		4,222.00		4,324.00	
<b>Densidad Humeda</b>		1.74		1.88		1.90		1.99		2.02		2.06	
<b>Número de Tara</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Peso de Tara (g)</b>		27.66	27.60	28.73	27.62	27.54	27.43	27.50	27.60	27.67	28.89	27.33	27.51
<b>Peso de Tara + Muestra Humeda (g)</b>		135.42	132.53	133.55	134.40	133.12	133.72	132.61	129.76	131.15	130.88	130.66	130.27
<b>Peso de Muestra Humeda (g)</b>		107.76	104.93	104.82	106.78	105.58	106.29	105.11	102.16	103.48	101.99	103.33	102.76
<b>P. de Tara + Muestra Seca (g)</b>		114.26	114.20	112.45	113.17	116.25	115.67	113.17	110.57	118.16	116.09	112.61	112.34
<b>Peso de Muestra Seca (g)</b>		86.60	86.60	83.72	85.55	88.71	88.24	85.67	82.97	90.49	87.20	85.28	84.83
<b>Peso de Agua (g)</b>		21.16	18.33	21.10	21.23	16.87	18.05	19.44	19.19	12.99	14.79	18.05	17.93
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		24.43	21.17	25.20	24.82	19.02	20.46	22.69	23.13	14.36	16.96	21.17	21.14
<b>CONT.HUM. PROM. (%)</b>		22.80		25.01		19.74		22.91		15.66		21.16	
<b>MÁX.DEN. SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>		1.42		1.50		1.59		1.62		1.75		1.70	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME													
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM .	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES				
(Hrs)		(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO			
		N°	(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)			
0		0	1	0.83		0.47		0.7	0.4		0.6	0.34	
24		1	2	0.34		0.19		0.77	0.44		0.8	0.45	
48		2	3	0.83		0.47		0.36	0.2		0.83	0.47	
72		3	4	0.1		0.06		0.47	0.27		0.84	0.47	
96		4	5	0.34		0.19		0.57	0.32		0.85	0.48	
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + PERMA - ZYME													
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES				
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Lb/pulg <sup>2</sup> )		
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00		
2	0.64	0.025	12.903	0.67	9.48	68.963	3.56	50.68	129.1	6.67	94.91		
3	1.27	0.05	64.33	3.32	47.28	106	5.48	77.90	198.5	10.26	145.89		
4	1.91	0.075	73.59	3.80	54.08	124.52	6.44	91.50	244.7	12.65	179.86		
5	2.54	0.1	78.23	4.04	57.49	129.15	6.67	94.91	277.1	14.32	203.62		
6	3.17	0.125	96.75	5.00	71.10	156.91	8.11	115.31	309.4	15.99	227.37		
7	3.81	0.15	101.4	5.24	74.50	166.16	8.59	122.11	332.5	17.18	244.34		
8	5.08	0.2	124.5	6.44	91.50	217.02	11.22	159.48	420.1	21.71	308.74		
9	7.62	0.3	129.1	6.67	94.91	235.51	12.17	173.07	424.7	21.95	312.12		
10	10.16	0.4	138.4	7.15	101.71	240.13	12.41	176.46	461.6	23.86	339.22		
11	12.7	0.5	152.3	7.87	111.91	263.23	13.60	193.44	512.3	26.47	376.45		

**GRÁFICO**



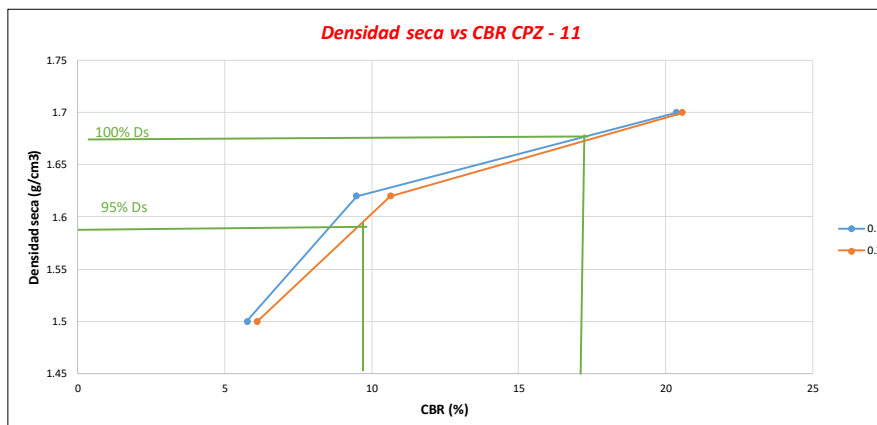
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 ("	0.2 ("	0.1 ("	0.2 ("	0.1 ("	0.2 ("
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg²)	57.49	91.50	94.91	159.48	203.62	308.74
Esfuerzo Patrón Lb/pulg²	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	5.75	6.1	9.49	10.63	20.36	20.58

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 ("	0.2 ("	0.1 ("	0.2 ("	0.1 ("	0.2 ("
CBR (%)	5.75	6.1	9.49	10.63	20.36	20.58
DENSIDAD SECA ( g/cm³)	1.5		1.62		1.7	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRO + PERMA-ZYME**

Densidad Máxima Seca ( g/cm³ )	1.39	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.32	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	16.98	17.32
95% DS	10.48	11.12

**Tabla N° 104: CBR de la muestra + Terrasil CT – 01**

Ensayo		Norma	
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D - 1883 / NTP 339.143	
Nombre de la Investigación	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.		
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío	- Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte		
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	23/01/2020	
	Hora	8:30 a. m.	
N° de Muestra	CT - 01	Progresiva	0+500 km

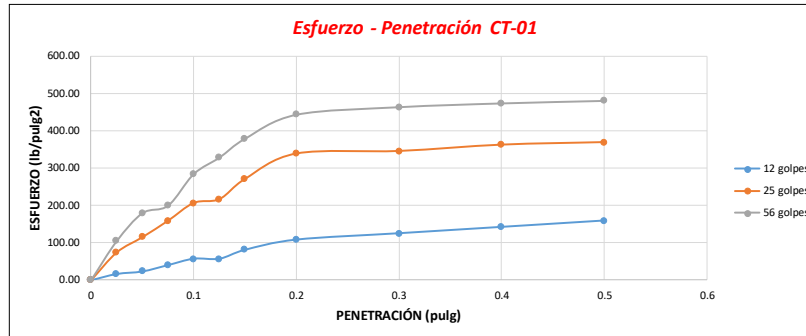
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN					
Altura de Molde (cm)	17.7	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11
Contenido de Humedad (%) Proctor	18.4	Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2094.81	Densidad Máxima Seca - Proctor	1.56

COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				3				7			
Cantidad de Muestra (g)	3,800.00				3,800.00				3,800.00			
Cantidad de Agua (g)	699.20				699.20				699.20			
Cantidad de Aditivo (g)	4.03				4.03				4.03			
Peso de Molde (g)	7,250.00				7,108.00				7,178.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,640.00	11,032.00			10,838.00	11,082.00			11,162.00	11,260.00		
Peso de Muestra Humeda (g)	3,390.00	3,782.00			3,730.00	3,974.00			3,984.00	4,082.00		
Densidad Humeda	1.62	1.81			1.78	1.90			1.90	1.95		
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	27.63	27.62	27.53	28.22	27.54	27.54	28.28	27.56	27.36	27.65	27.55	27.92
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	136.52	141.89	145.40	148.55	134.11	131.47	131.46	132.19	133.02	130.71	137.99	146.25
Peso de Muestra Humeda (g)	108.89	114.27	117.87	120.33	106.57	103.93	103.18	104.63	105.66	103.06	110.44	118.33
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	118.97	123.07	118.90	120.43	117.09	115.43	111.19	111.72	115.73	113.93	119.12	125.02
Peso de Muestra Seca (g)	91.34	95.45	91.37	92.21	89.55	87.89	82.91	84.16	88.37	86.28	91.57	97.10
Peso del Agua (g)	17.55	18.82	26.50	28.12	17.02	16.04	20.27	20.47	17.29	16.78	18.87	21.23
Contenido de Humedad (%)	19.21	19.72	29.00	30.50	19.01	18.25	24.45	24.32	19.57	19.45	20.61	21.86
CONT. HUM.PROM (%)	19.47		29.75		18.63		24.39		19.51		21.24	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.36		1.39		1.5		1.53		1.59		1.61	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL								
TIEMPO ACUMULADO (Hrs)	DEFORM. (Días)	N°	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0	1	0.08	0.05	0.1	0.06	0.49	0.28
24	1	2	0.47	0.27	0.31	0.18	0.59	0.33
48	2	3	0.55	0.31	0.44	0.25	0.68	0.38
72	3	4	0.64	0.36	0.5	0.28	0.74	0.42
96	4	5	0.68	0.38	0.54	0.31	0.79	0.45

ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL											
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2	0.64	0.025	22.640	1.17	16.64	101.38	5.24	74.50	143	7.39	105.11
3	1.27	0.05	31.9	1.65	23.44	156.91	8.11	115.31	244.8	12.65	179.86
4	1.91	0.075	55.07	2.85	40.47	217.02	11.22	159.48	272.5	14.08	200.23
5	2.54	0.1	78.23	4.04	57.49	281.7	14.56	207.01	387.9	20.04	285.02
6	3.17	0.125	78.23	4.04	57.49	295.56	15.27	217.20	447.8	23.14	329.06
7	3.81	0.15	110.6	5.72	81.30	369.4	19.09	271.46	516.9	26.71	379.83
8	5.08	0.2	147.7	7.63	108.50	461.6	23.86	339.22	604.3	31.23	444.07
9	7.62	0.3	170.8	8.83	125.50	470.81	24.33	345.99	631.9	32.65	464.34
10	10.16	0.4	193.9	10.02	142.49	493.84	25.52	362.91	645.7	33.37	474.48
11	12.7	0.5	217	11.22	159.48	503.05	26.00	369.68	654.9	33.84	481.23

**GRÁFICO**



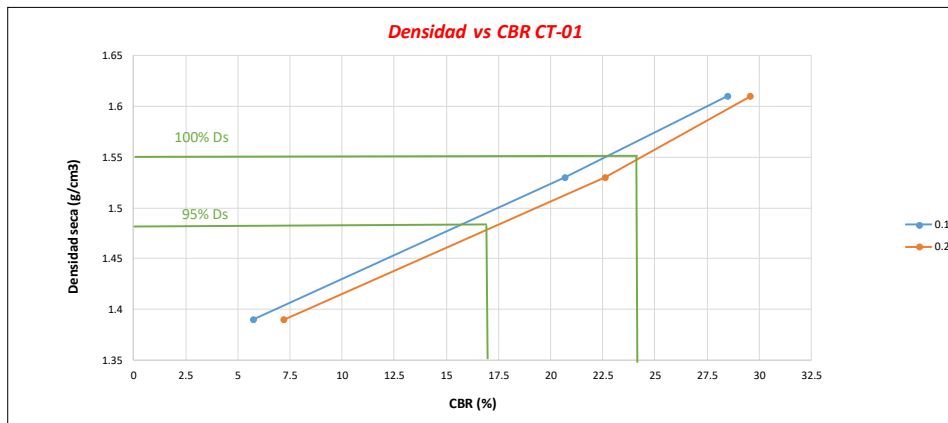
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg <sup>2</sup> )	57.49	108.50	207.01	339.22	285.02	444.07
Esfuerzo Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	5.75	7.23	20.7	22.61	28.5	29.6

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	5.75	7.23	20.7	22.61	28.5	29.6
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.39		1.53		1.61	

**GRÁFICO**



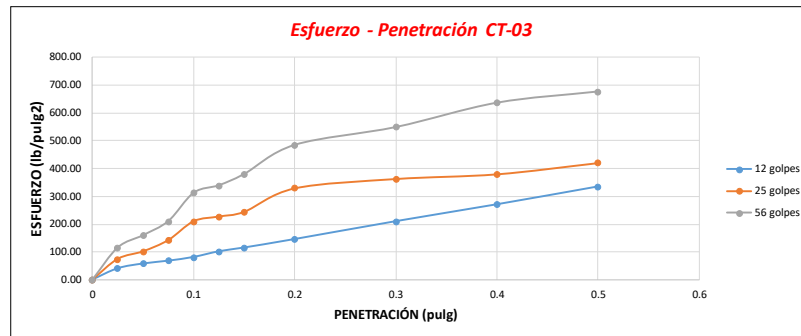
**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.56	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.48	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	22.54	23.97
95% DS	14.20	15.72

**Tabla N° 105: CBR de la muestra + Terrasil CT – 03**

Ensayo			Norma									
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D - 1883 / NTP 339.143									
Nombre de la Investigación			Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Pema Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.									
INVESTIGADORES			- Flores Quiñones Edel Rocío   - Flores Sánchez Angie Lisette									
LUGAR DE TRABAJO			Laboratorio de la Universidad Privada del Norte									
Colocación de Muestra al Horno			10/01/2020									
			8:30 a. m.									
N° de Muestra			CT - 03									
			Progresiva									
			1+500 km									
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>												
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17								
Contenido de Humedad (%) Proctor	11.11		Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81								
			Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11								
			Densidad Máxima Seca - Proctor	1.82								
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				5				7			
Cantidad de Muestra (g)	4,000.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	444.40				444.40				444.40			
Cantidad de Aditivo (g)	3.47				3.47				3.47			
Peso de Molde (g)	7,218.00				7,262.00				7,176.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,584.00		11,058.00		11,018.00		11,370.00		11,372.00		11,684.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,366.00		3,840.00		3,756.00		4,108.00		4,196.00		4,508.00	
Densidad Humeda	1.61		1.83		1.79		1.96		2.00		2.15	
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	27.62	27.53	27.74	27.98	27.38	27.55	27.60	11.95	27.58	27.53	27.35	27.53
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	133.23	133.47	132.65	131.85	132.03	130.52	128.30	113.40	130.10	128.16	130.30	127.86
Peso de Muestra Humeda (g)	105.61	105.94	104.91	103.87	104.65	102.97	100.70	101.45	102.52	100.63	102.95	100.33
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	120.62	121.01	109.84	94.89	119.42	117.02	114.18	99.94	117.20	115.54	112.88	115.11
Peso de Muestra Seca (g)	93.00	93.48	82.10	66.91	92.04	89.47	86.58	87.99	89.62	88.01	85.53	87.58
Peso del Agua (g)	12.61	12.46	22.81	36.96	12.61	13.50	14.12	13.46	12.90	12.62	17.42	12.75
Contenido de Humedad (%)	13.56	13.33	27.78	55.24	13.70	15.09	16.31	15.30	14.39	14.34	20.37	14.56
CONT. HUM.PROM (%)	13.45		41.51		14.4		15.81		14.37		17.47	
MÁX. DEN. SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.42		1.29		1.56		1.69		1.75		1.83	
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
TIEMPO ACUMULADO	DEFORM.	N°	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
			LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		
(Hrs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		
0	0	1	0.1	0.06		0.25	0.14		0.15	0.08		
24	1	2	0.2	0.11		0.49	0.28		0.41	0.23		
48	2	3	0.35	0.20		0.72	0.41		0.46	0.26		
72	3	4	0.36	0.20		0.75	0.42		0.47	0.27		
96	4	5	0.48	0.27		0.76	0.43		0.49	0.28		
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo ( kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	55.070	2.85	40.47	101.38	5.24	74.50	156.9	8.11	115.31	
3	1.27	0.05	78.23	4.04	57.49	138.4	7.15	101.71	217	11.22	159.48	
4	1.91	0.075	92.12	4.76	67.70	193.9	10.02	142.49	286.3	14.80	210.41	
5	2.54	0.1	110.6	5.72	81.30	286.32	14.80	210.41	424.7	21.95	312.12	
6	3.17	0.125	138.4	7.15	101.71	309.41	15.99	227.38	461.6	23.86	339.22	
7	3.81	0.15	156.9	8.11	115.31	332.49	17.18	244.34	516.9	26.71	379.83	
8	5.08	0.2	198.5	10.26	145.89	447.78	23.14	329.06	659.4	34.08	484.60	
9	7.62	0.3	286.3	14.80	210.41	493.84	25.52	362.91	746.7	38.59	548.73	
10	10.16	0.4	369.4	19.09	271.46	516.86	26.71	379.83	865.9	44.75	636.35	
11	12.7	0.5	457	23.62	335.83	572.09	29.57	420.41	920.9	47.59	676.74	

**GRÁFICO**



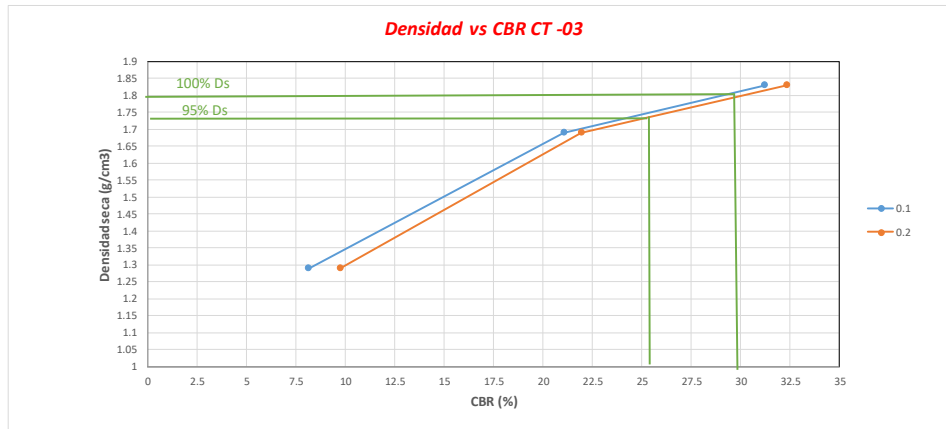
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg <sup>2</sup> )	81.30	145.89	210.41	329.06	312.12	484.60
Esfuerzo Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	8.13	9.73	21.04	21.94	31.21	32.31

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	8.13	9.73	21.04	21.94	31.21	32.31
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.29		1.69		1.83	

**GRÁFICO**



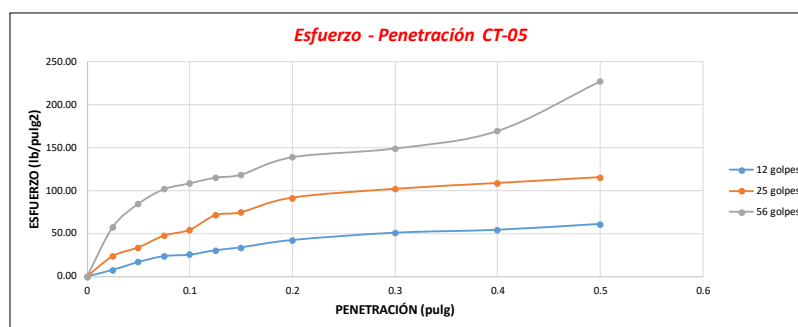
**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.82	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.73	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	28.45	29.43
95% DS	24.65	25.71

**Tabla N° 106: CBR de la muestra + Terrasil CT – 05**

Ensayo				Norma								
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.143								
<b>Nombre de la Investigación</b>				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Maché, Otuzco, La Libertad 2019.								
<b>INVESTIGADORES</b>				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette						
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte								
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>				<b>Fecha</b>		10/01/2020						
				<b>Hora</b>		03:15 p.m.						
<b>Nº de Muestra</b>				CT - 05		Progresiva						
				2+500 km								
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN												
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11					
Contenido de Humedad (%) Proctor	17.11		Volúmen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.65					
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
CONDICIONES DE MUESTRA	12 GOLPES			25 GOLPES				56 GOLPES				
	Antes de Saturar	Saturado		Antes de Saturar	Saturado			Antes de Saturar	Saturado			
Número de Molde	5			6				9				
Cantidad de Muestra (g)	3,800.00			3,800.00				3,800.00				
Cantidad de Agua (g)	650.18			650.18				650.18				
Cantidad de Aditivo (g)	3.78			3.78				3.78				
Peso de Molde (g)	7,262.00			7,080.00				7,192.00				
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,962.00	11,247.00		11,022.00	11,175.00			11,256.00	11,349.00			
Peso de Muestra Humeda (g)	3,700.00	3,985.00		3,942.00	4,095.00			4,064.00	4,157.00			
Densidad Humeda	1.77	1.90		1.88	1.95			1.94	1.98			
NÚMERO DE TARA												
Peso de la Tara (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	112.40	113.03	123.31	119.95	112.34	112.95	118.56	113.43	112.42	113.75	112.21	118.20
Peso de Muestra Humeda (g)	101.39	100.59	112.35	107.46	100.87	101.36	107.36	102.02	102.04	102.07	101.83	106.47
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	92.38	97.32	99.58	92.90	96.61	96.82	97.98	94.21	96.96	97.42	93.40	99.55
Peso de Muestra Seca (g)	81.37	84.88	88.62	80.41	85.14	85.23	86.78	82.80	86.58	85.74	83.02	87.82
Peso del Agua (g)	20.02	15.71	23.73	27.05	15.73	16.13	20.58	19.22	15.46	16.33	18.81	18.65
Contenido de Humedad (%)	24.60	18.51	26.78	33.64	18.48	18.93	23.72	23.21	17.86	19.05	22.66	21.24
CONT. HUM.PROM (%)	21.56		30.21		18.71		23.47		18.46		21.95	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.46		1.46		1.58		1.58		1.64		1.62	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM.	12 GOLPES			25 GOLPES		56 GOLPES				
(Hrs)	(Días)		N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)			
0	0	1	0.6	0.34	0.3	0.17	0.05	0.03				
24	1	2	0.22	0.12	0.66	0.37	0.3	0.17				
48	2	3	0.83	0.47	0.35	0.2	0.4	0.23				
72	3	4	0.39	0.22	0.93	0.53	0.45	0.25				
96	4	5	0.42	0.24	0.05	0.03	0.5	0.28				
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	10.120	0.52	7.44	31.9	1.65	23.44	78.23	4.04	57.49	
3	1.27	0.05	22.64	1.17	16.64	45.8	2.37	33.66	115.26	5.96	84.70	
4	1.91	0.075	31.9	1.65	23.44	64.33	3.32	47.27	138.4	7.15	101.71	
5	2.54	0.1	34.22	1.77	25.15	73.59	3.80	54.08	147.65	7.63	108.50	
6	3.17	0.125	41.17	2.13	30.25	96.75	5.00	71.10	156.91	8.11	115.31	
7	3.81	0.15	45.8	2.37	33.66	101.38	5.24	74.50	161.53	8.35	118.70	
8	5.08	0.2	57.38	2.97	42.17	124.52	6.44	91.51	189.28	9.78	139.10	
9	7.62	0.3	68.96	3.56	50.68	138.4	7.15	101.71	203.15	10.50	149.29	
10	10.16	0.4	73.59	3.80	54.08	147.65	7.63	108.50	230.88	11.93	169.67	
11	12.7	0.5	82.86	4.28	60.89	156.91	8.11	115.31	309.41	15.99	227.38	

**GRÁFICO**



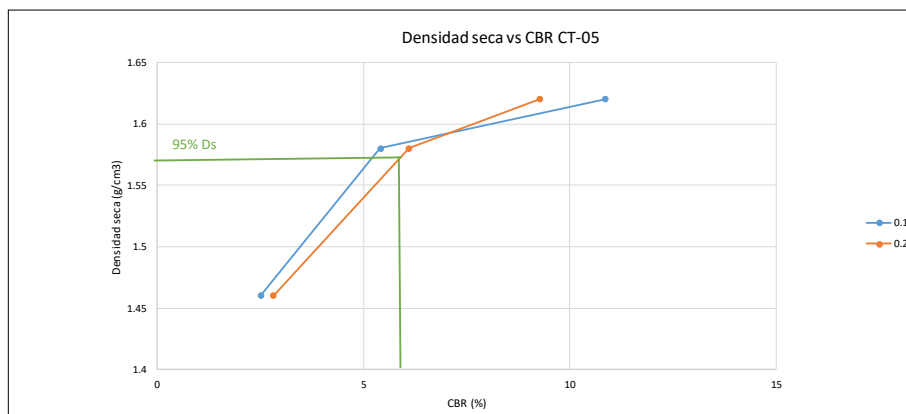
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	25.15	42.17	54.08	91.51	108.50	139.10
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	2.51	2.81	5.41	6.1	10.85	9.27

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	2.51	2.81	5.41	6.1	10.85	9.27
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.46		1.58		1.62	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

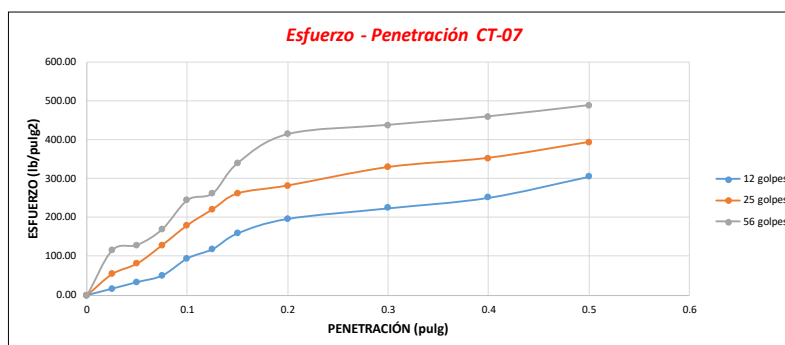
Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.65	
95% Densidad Seca Máxima (g/cm³)	1.57	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	11.71	9.97
95% DS	7.19	6.74



**Tabla N° 107: CBR de la muestra + Terrasil CT – 07**

Ensayo				Norma								
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				ASTM D - 1883 / NTP 339.143								
<b>Nombre de la Investigación</b>				Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Macho, Otuzco, La Libertad 2019.								
<b>INVESTIGADORES</b>				- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette						
<b>LUGAR DE TRABAJO</b>				Laboratorio de la Universidad Privada del Norte								
<b>Colocación de Muestra al Horno</b>				Fecha		09/12/2020						
				Hora		09:00 a.m.						
<b>N° de Muestra</b>				CT - 07		Progresiva						
						3+500 km						
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN												
Altura de Molde (cm)	17.7		Diámetro de Molde (cm)	15.17		Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11					
Contenido de Humedad (%) Proctor	13.19		Volúmen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81		Densidad Máxima Seca - Proctor	1.71					
COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	9				6				3			
Cantidad de Muestra (g)	4,000.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	527.60				527.60				527.60			
Cantidad de Aditivo (g)	3.65				3.65				3.65			
Peso de Molde (g)	7,222.00				7,204.00				7,124.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,674.00		11,064.00		10,930.00		11,272.00		11,318.00		11,524.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,452.00		3,842.00		3,726.00		4,068.00		4,194.00		4,400.00	
Densidad Humeda	1.65		1.83		1.78		1.94		2.00		2.10	
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	27.60	27.21	27.85	27.46	28.17	27.59	28.22	27.67	27.94	27.72	27.51	27.60
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	134.48	134.10	130.08	133.70	130.28	133.92	132.09	131.06	131.14	131.00	128.90	132.24
Peso de Muestra Humeda (g)	106.88	106.89	102.23	106.24	102.11	106.33	103.87	103.39	103.20	103.28	101.39	104.64
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	119.16	119.01	112.29	111.54	117.14	120.99	112.07	111.13	121.00	120.20	109.43	111.75
Peso de Muestra Seca (g)	91.56	91.80	84.44	84.08	88.97	93.40	83.85	83.46	93.06	92.48	81.92	84.15
Peso del Agua (g)	15.32	15.09	17.79	22.16	13.14	12.93	20.02	19.93	10.14	10.80	19.47	20.49
Contenido de Humedad (%)	16.73	16.44	21.07	26.36	14.77	13.84	23.88	23.88	10.90	11.68	23.77	24.35
CONT. HUM.PROM (%)	16.59		23.72		14.31		23.88		11.29		24.06	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.42		1.48		1.56		1.57		1.80		1.69	
ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
TIEMPO ACUMULADO		DEFOR M.	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
(Hrs)	(Días)	N°	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)				
0	0	1	0.59	0.33	0.32	0.18	0.81	0.46				
24	1	2	0.67	0.38	0.67	0.38	0.88	0.5				
48	2	3	0.685	0.39	0.61	0.34	0.9	0.51				
72	3	4	0.39	0.22	0.93	0.53	0.8	0.45				
96	4	5	0.705	0.40	0.66	0.37	0.91	0.51				
ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	22.640	1.17	16.64	73.59	3.80	54.08	156.9	8.11	115.31	
3	1.27	0.05	45.8	2.37	33.66	110.6	5.72	81.30	175.4	9.07	128.90	
4	1.91	0.075	68.96	3.56	50.68	175.4	9.07	128.90	230.9	11.93	169.67	
5	2.54	0.1	129.2	6.67	94.91	244.8	12.65	179.86	332.5	17.18	244.34	
6	3.17	0.125	161.5	8.35	118.70	300.2	15.51	220.59	355.6	18.38	261.29	
7	3.81	0.15	217	11.22	159.48	355.6	18.38	261.29	461.6	23.86	339.22	
8	5.08	0.2	267.9	13.84	196.84	383.2	19.81	281.63	562.9	29.09	413.65	
9	7.62	0.3	304.8	15.75	223.98	447.8	23.14	329.06	595.1	30.75	437.32	
10	10.16	0.4	341.7	17.66	251.12	480	24.81	352.75	625	32.30	459.27	
11	12.7	0.5	415.5	21.47	305.35	535.3	27.66	393.36	664	34.32	487.99	

**GRÁFICO**



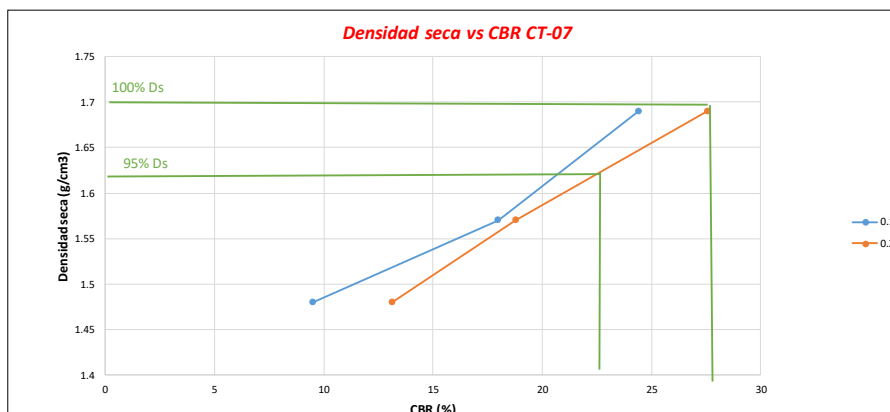
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg <sup>2</sup> )	94.91	196.84	179.86	281.63	244.34	413.65
Esfuerzo Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	9.49	13.12	17.99	18.78	24.43	27.58

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	9.49	13.12	17.99	18.78	24.43	27.58
DENSIDAD SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.48		1.57		1.69	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.71	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm <sup>3</sup> )	1.62	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	25.47	27.29
95% DS	19.47	21.77

**Tabla N° 108: CBR de la muestra + Terrasil CT – 09**

Ensayo		Norma	
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D - 1883 / NTP 339.143	
Nombre de la Investigación			
Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.			
INVESTIGADORES		- Flores Quiñones Edel Rocío - Flores Sánchez Angie Lisette	
LUGAR DE TRABAJO			
Laboratorio de la Universidad Privada del Norte			
Colocación de Muestra al Horno		Fecha	
		30/01/2020	
		Hora	
		09:30 a.m.	
N° de Muestra		CT - 09	Progresiva
		4+500 km	

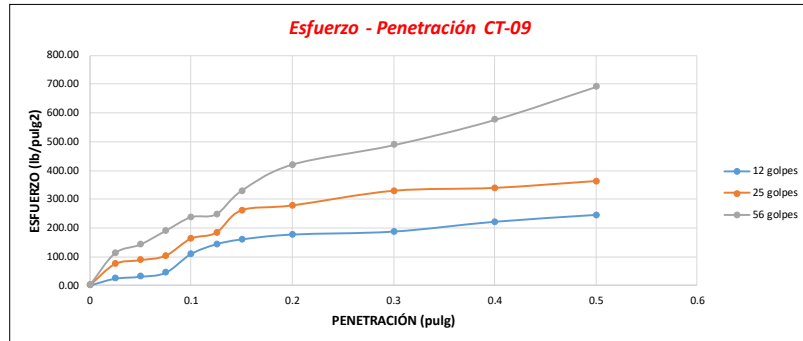
INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN					
Altura de Molde (cm)	17.7	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11
Contenido de Humedad (%) Proctor	17.14	Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81	Densidad Máxima Seca - Proctor	1.34

COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL												
CONDICIONES DE MUESTRA	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				2				10			
Cantidad de Muestra (g)	4,000.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	685.60				685.60				685.60			
Cantidad de Aditivo (g)	4.08				4.08				4.08			
Peso de Molde (g)	7,238.00				7,087.00				7,226.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,152.00	10,948.00	10,247.00	11,754.00	10,768.00	11,851.00						
Peso de Muestra Humeda (g)	2,914.00	3,710.00	3,160.00	4,667.00	3,542.00	4,625.00						
Densidad Humeda	1.39	1.77	1.51	2.23	1.69	2.21						
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	11.09	9.79	10.37	18.94	11.49	10.58	27.50	11.94	11.76	12.52	27.55	11.65
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	115.72	111.95	113.63	138.02	119.78	121.74	130.73	113.03	114.61	116.30	130.58	118.25
Peso de Muestra Humeda (g)	104.63	102.16	103.26	119.08	108.29	111.16	103.23	101.09	102.85	103.78	103.03	106.60
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	94.71	91.48	81.92	100.15	98.74	100.87	101.74	84.23	94.65	96.31	105.26	92.62
Peso de Muestra Seca (g)	83.62	81.69	71.55	81.21	87.25	90.29	74.24	72.29	82.89	83.79	77.71	80.97
Peso del Agua (g)	21.01	20.47	31.71	37.87	21.04	20.87	28.99	28.80	19.96	19.99	25.32	25.63
Contenido de Humedad (%)	25.13	25.06	44.32	46.63	24.11	23.11	39.05	39.84	24.08	23.86	32.58	31.65
CONT. HUM.PROM (%)	25.1		45.48		23.61		39.45		23.97		32.12	
MÁX.DEN. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.11		1.22		1.22		1.6		1.36		1.67	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL								
TIEMPO ACUMULADO		DEFORM. N°	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
(Hrs)	(Días)		LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0	1	0.77	0.44	0.96	0.54	0.01	0.01
24	1	2	0.99	0.56	0.81	0.46	0.12	0.07
48	2	3	0.685	0.39	0.61	0.34	0.9	0.51
72	3	4	0.75	0.42	0.15	0.08	0.8	0.45
96	4	5	0.81	0.46	0.05	0.03	0.04	0.02

ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL											
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2	0.64	0.025	31.900	1.65	23.44	101.38	5.24	74.50	152.28	7.87	111.91
3	1.27	0.05	41.17	2.13	30.25	119.89	6.20	88.10	193.9	10.02	142.49
4	1.91	0.075	59.7	3.09	43.87	140.71	7.27	103.40	258.61	13.36	190.05
5	2.54	0.1	147.7	7.63	108.50	221.64	11.45	162.88	323.26	16.71	237.56
6	3.17	0.125	193.9	10.02	142.49	249.37	12.89	183.26	337.1	17.42	247.73
7	3.81	0.15	217	11.22	159.48	355.56	18.38	261.29	447.78	23.14	329.06
8	5.08	0.2	240.1	12.41	176.47	378.62	19.57	278.24	572.09	29.57	420.41
9	7.62	0.3	254	13.13	186.65	447.78	23.14	329.06	664.04	34.32	487.99
10	10.16	0.4	300.2	15.51	220.59	461.6	23.86	339.22	783.4	40.49	575.70
11	12.7	0.5	332.5	17.18	244.34	493.84	25.52	362.91	939.21	48.54	690.20

**GRÁFICO**



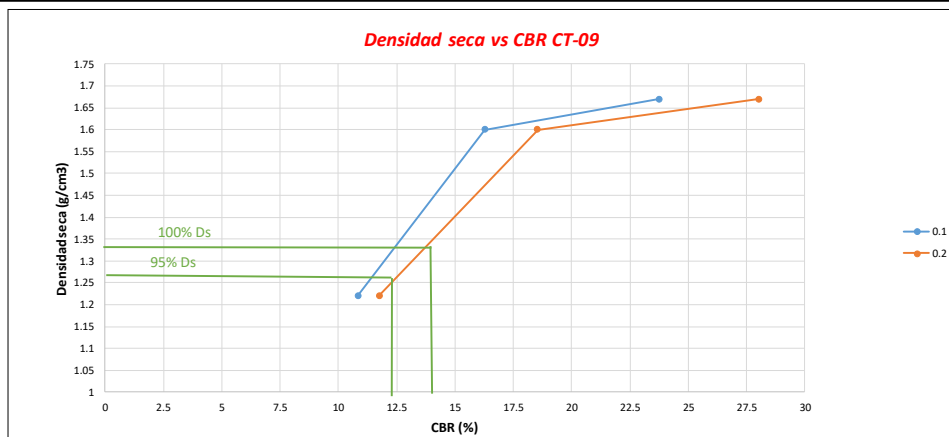
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	108.50	176.47	162.88	278.24	237.56	420.41
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	10.85	11.76	16.29	18.55	23.76	28.03

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	10.85	11.76	16.29	18.55	23.76	28.03
DENSIDAD SECA ( g/cm³ )	1.22		1.6		1.67	

**GRÁFICO**



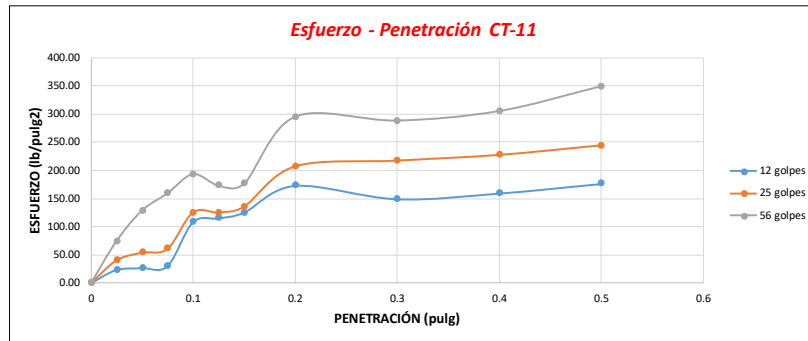
**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.34	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.27	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	12.26	13.49
95% DS	10.17	10.83

**Tabla N° 109: CBR de la muestra + Terrasil CT – 11**

Ensayo			Norma									
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D - 1883 / NTP 339.143									
Nombre de la Investigación	Influencia de los Aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la Estabilización de la Subrasante de una Carretera No Pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019.											
INVESTIGADORES	- Flores Quiñones Edel Rocío		- Flores Sánchez Angie Lisette									
LUGAR DE TRABAJO	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte											
Colocación de Muestra al Horno	Fecha	23/01/2020										
	Hora	8:30 a. m.										
N° de Muestra	CT - 11	Progresiva	5+500 km									
<b>INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>												
Altura de Molde (cm)	17.7	Diámetro de Molde (cm)	15.17	Altura del Disco Espaciador (cm)	6.11							
Contenido de Humedad (%) Proctor	17.05	Volumen de Muestra (cm <sup>3</sup> )	2,094.81	Densidad Máxima Seca - Proctor	1.61							
<b>COMPACTACIÓN CBR DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
MOLDE	12 GOLPES				25 GOLPES		56 GOLPES					
CONDICIONES DE MUESTRA	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Número de Molde	1				5				7			
Cantidad de Muestra (g)	4,000.00				4,000.00				4,000.00			
Cantidad de Agua (g)	682.00				682.00				682.00			
Cantidad de Aditivo (g)	3.85				3.85				3.85			
Peso de Molde (g)	7,201.00				7,227.00				7,183.00			
Peso del Molde + Muestra Humeda (g)	10,986.00		11,198.00		11,147.00		11,290.00		11,251.00		11,322.00	
Peso de Muestra Humeda (g)	3,785.00		3,997.00		3,920.00		4,063.00		4,068.00		4,139.00	
Densidad Humeda	1.81		1.91		1.87		1.94		1.94		1.98	
NÚMERO DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de la Tara (g)	28.24	27.55	28.17	28.18	28.25	27.23	27.56	27.22	27.59	27.59	27.60	27.71
Peso de la Tara + Muestra Humeda (g)	133.10	137.68	135.94	134.23	138.05	138.80	135.04	136.48	139.40	137.43	136.74	139.66
Peso de Muestra Humeda (g)	104.86	110.13	107.77	106.05	109.80	111.57	107.48	109.26	111.81	109.84	109.14	111.95
P. de la Tara + Muestra Seca (g)	114.83	118.04	114.59	112.68	119.26	118.60	114.68	115.61	119.84	118.58	117.45	119.50
Peso de Muestra Seca (g)	86.59	90.49	86.42	84.50	91.01	91.37	87.12	88.39	92.25	90.99	89.85	91.79
Peso del Agua (g)	18.27	19.64	21.35	21.55	18.79	20.20	20.36	20.87	19.56	18.85	19.29	20.16
Contenido de Humedad (%)	21.10	21.70	24.70	25.50	20.65	22.11	23.37	23.61	21.20	20.72	21.47	21.96
CONT. HUM.PROM (%)	21.40		25.10		21.38		23.49		20.96		21.72	
MÁX.DEN. SECA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.49		1.53		1.54		1.57		1.60		1.63	
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
TIEMPO ACUMULADO (Hrs)	DEFORM. (Días)	N°	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES					
			LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)				
0	0	1	0.87	0.49	0	0	0.05	0.03				
24	1	2	0.12	0.07	0.07	0.04	0.1	0.06				
48	2	3	0.13	0.07	0.08	0.05	0.12	0.07				
72	3	4	0.138	0.08	0.085	0.05	0.13	0.07				
96	4	5	0.14	0.08	0.009	0.01	0.14	0.08				
<b>ENSAYO CARGA – PENETRACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN + TERRASIL</b>												
PENETRACIÓN			12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			
Medida	(mm)	(pulg)	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	
1	0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
2	0.64	0.025	31.900	1.65	23.44	55.07	2.85	40.47	101.4	5.24	74.50	
3	1.27	0.05	36.54	1.89	26.85	73.59	3.80	54.08	175.4	9.07	128.90	
4	1.91	0.075	41.17	2.13	30.25	82.86	4.28	60.89	217	11.22	159.48	
5	2.54	0.1	147.7	7.63	108.50	170.78	8.83	125.50	263.2	13.60	193.44	
6	3.17	0.125	156.9	8.11	115.31	170.78	8.83	125.50	235.5	12.17	173.07	
7	3.81	0.15	170.8	8.83	125.50	184.66	9.54	135.70	240.1	12.41	176.47	
8	5.08	0.2	235.5	12.17	173.07	281.7	14.56	207.01	401.7	20.76	295.18	
9	7.62	0.3	203.2	10.50	149.29	295.56	15.27	217.20	392.5	20.28	288.41	
10	10.16	0.4	217	11.22	159.48	309.41	15.99	227.38	415.5	21.47	305.35	
11	12.7	0.5	240.1	12.41	176.47	332.49	17.18	244.34	475.4	24.57	349.37	

**GRÁFICO**



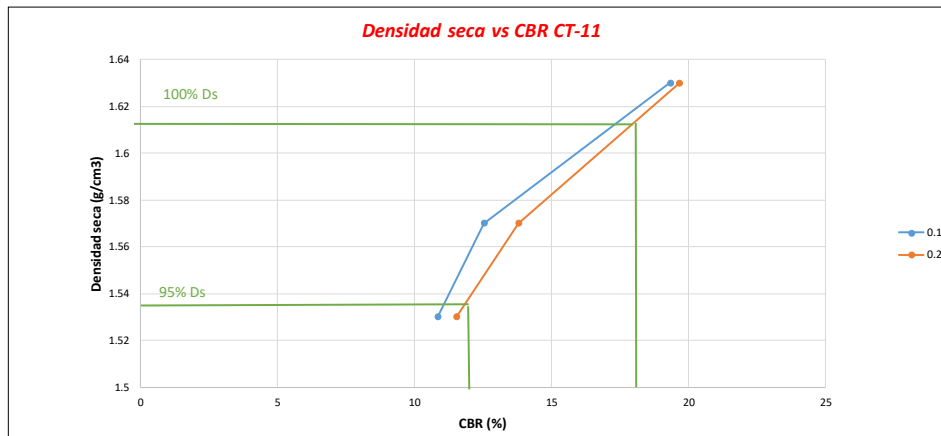
**ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2"**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	108.50	173.07	125.50	207.01	193.44	295.18
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	10.85	11.54	12.55	13.8	19.34	19.68

**CBR Y DENSIDAD SECA**

MOLDE	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
Penetración	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")	0.1 (")	0.2 (")
CBR (%)	10.85	11.54	12.55	13.8	19.34	19.68
DENSIDAD SECA ( g/cm³ )	1.53		1.57		1.63	

**GRÁFICO**



**CBR DE LA MUESTRA PATRON + TERRASIL**

Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.61	
95% Densidad Seca Máxima ( g/cm³ )	1.53	
	<b>CBR (0.1")</b>	<b>CBR (0.2")</b>
100% DS	19.19	19.45
95% DS	11.85	12.72

**Anexo N° 14: Resultados del ensayo de pH**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARE**



**INFORME DE ENSAYO**  
**1911007**

<b>Cliente</b>	Rocio Flores Quiñones/Angie Flores Sanchez	<b>Fecha de Muestreo</b>	: --
<b>Dirección</b>		<b>Fecha de Ingreso</b>	: 19/11/2019
<b>Procedencia muestra</b>	La Libertad/Otuzco/Mache	<b>Fecha de Informe</b>	: 25/11/2019
<b>Matriz</b>	Suelo		

ID		pH (1:1)
Lab	Campo	
1911007.1	M1/ 0 + 500	6.3
1911007.2	M2/ 1 + 000	6.2
1911007.3	M3/ 1 + 500	6.6
1911007.4	M4/ 2 + 000	5.8
1911007.5	M5/ 2 + 500	6.2
1911007.6	M6/ 3 + 000	5.8
1911007.7	M7/ 3 + 500	6.0
1911007.8	M08/ 4 + 500	6.4
1911007.9	M9/ 4 + 500	6.2
1911007.10	M10	5.9
1911007.11	M11 / 5 + 500	5.8

Ing. Julio Zavaleta Armas  
Jefe de Laboratorio

**Anexo N° 13: Presupuesto de la estabilización de la Carretera**

**Presupuesto**

Presupuesto 0201001 CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO  
 Subpresupuesto 001 CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO  
 Cliente CONTRATISTAS SAC Costo al 02/08/2020  
 Lugar LA LIBERTAD - OTUZCO - MACHE

Item	Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
		MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO				67,716.00
	010706010003-0201001-01	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE (0.30 l/M3 DE ADITIVO PERMAZYME)	m3	1,100.00	28.17	30,987.00
	010706010002-0201001-01	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE (0.33 l/M3 DE ADITIVO TERRASIL)	m3	1,100.00	33.39	36,729.00
		Costo Directo				67,716.00

SON: SESENTISIETE MIL SETECIENTOS DIECISEIS Y 00/100 NUEVOS SOLES



## Anexo N° 16: Precios Unitarios

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	<b>0201001</b>	<b>CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO</b>		Fecha presupuesto	<b>02/08/2020</b>	
Subpresupuesto	<b>001</b>	<b>CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO</b>				
Partida	<b>MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE (0.33 l/M3 DE ADITIVO TERRASIL)</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>MO. 500.0000</b>	<b>EQ. 500.0000</b>	Costo unitario directo por :	<b>m3</b>	
					<b>33.39</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	25.22	0.04
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	16.39	0.79
						<b>0.83</b>
	<b>Materiales</b>					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.3000	8.02	2.41
0222170003	ADITIVO ESTABILIZADOR TERRASIL	l		0.0330	674.88	22.27
						<b>24.68</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.83	0.02
0301100007	RODILLO LSO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10	hm		1.0000	0.0160	156.84
	-12 ton					
03012000010001						
205.77	3.29					
03012200050001						
0.0160	128.96					
						<b>7.88</b>

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001 CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO**  
Subpresupuesto **001 CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO**

Fecha presupuesto **02/08/2020**

Partida		MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE (0.30 l/M3 DE ADITIVO PERMAZYME)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3		28.17	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	25.22	0.04	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	16.39	0.79	
<b>0.83</b>							
<b>Materiales</b>							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.3000	8.02	2.41	
0222170002	ADITIVO ESTABILIZADOR PERMAZYME	l		0.0300	568.32	17.05	
<b>19.46</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.83	0.02	
0301100007	RODILLO LSO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO -12 ton	101-135 HP 10	hm	1.0000	0.0160	156.84	
03012000010001				MOTONIVELADORA 130 - 135 HPhm	1.0000	0.0160	
205.77	3.29						
03012200050001				CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)	hm	1.0000	
0.0160	128.96			2.06			
<b>7.88</b>							

**Anexo N° 17: Ficha técnica del aditivo Perma Zyme**



**FICHA TÉCNICA DEL ESTABILIZADOR DE SUELOS**

**NOMBRE TÉCNICO: PERMA ZYME**  
**VERSIÓN: 30X**

**DESCRIPCIÓN.-** Un estabilizador de suelos es un producto que tiene una acción cementante o aglutinante de las partículas presentes en el suelo (material tratado) para lo cual, y en empleo óptimo del producto se deben cumplir algunas condiciones físicas.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES.-** El Perma Zyme 30x, se obtiene por degradación enzimática (fermentación) de productos orgánicos acogándose a los procesos de la norma ISO 16000.

Es un producto orgánico, ecológico, biodegradable, barato, de fácil manipulación, no corrosivo, no combustible o inflamable.

**CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS BÁSICAS PARA SU APLICACIÓN:**

1. Granulometría. El suelo debe pasar la malla Nro. 200 en 18 a 30%.
2. Índice Plástico. Intervalo 5 a 15.
3. pH. Intervalo 4.5 a 8.5

**VERSIÓN 30X.-** Los estabilizadores pueden ser de origen inorgánico como el ConAid u **orgánicos**, como: GT 24X, Terra Zyme y Perma Zyme versiones: 11x, 22x, Zymplex y la nuestra, **versión 30x**.

**La versión 30x del Perma Zyme,** se da por tres aspectos adicionales que la empresa Biotika S.AC. otorga a sus clientes:

1. Soporte técnico in situ,
2. Precio más competitivo y
3. Análisis de laboratorio post obra.

**RENDIMIENTO.-** El Perma Zyme 30x tiene igual rendimiento y su criterio de aplicación es el mismo como los demás estabilizadores orgánicos.

- 01 litro sirve para tratar 30 m3 de material removido.
- La concentración de Perma Zyme en un suelo tratado es de: alrededor de 17,3 mg/kg.
- La tasa de dilución es de 1:1,750 (v/v) pero puede variar de acuerdo a la humedad del suelo.
- Rango de compactación: 100%.
- Garantía de la vía: 05 años (mínimo). Casos excepcionales evidencian la permanencia del producto hasta 14 años después de haberse aplicado el producto.

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029



**SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA**

**CONSERVACIÓN.-** Debajo de los 48,9°C. El congelamiento no lo daña.

**REQUERIMIENTOS FISICOS PARA SU APLICACIÓN.-** Una vez rociado, el estabilizador necesita de una fuerza de presión que lo comprima la cual, va a permitir el efecto deseado en la estabilización de los materiales granulares del suelo.

**RESULTADOS LOGRADOS CON SU APLICACIÓN.-** Mejora la compactación, homogenización, impermeabilización, la resistencia al esfuerzo de carga (CBR) y el corte del suelo.

La base creada, será densa y estable, resistiendo a la penetración del agua, a aspectos vinculados con el clima y erosión permitiendo un uso constante en caminos teniendo otros usos en: ladrillos y losetas estabilizados, taludes, terraplenes, matapolvo, lagunas de oxidación, represas, lagunas, rellenos sanitarios, pozos de relaves químicos, etc. **Es decir, impermeabiliza y endurece todo material que contenga un porcentaje de arcilla.**

**VIDEO EN INTERNET:** [www.youtube.com/watch?v=ugxhLIR\\_6Dw](http://www.youtube.com/watch?v=ugxhLIR_6Dw)

**ANÁLISIS QUÍMICO.-** Se adjuntan dos resultados de laboratorios validados:

Cuadro Nro. 01

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA - LABORATORIO N° 14 QUÍMICA ORGÁNICA**

ANÁLISIS	RESULTADO
Contenido de nitrógeno %:	0,193
Densidad 22°C g/ml:	1,08
Viscosidad 25°C cPo:	114,4
pH:	4,3
Solubilidad:	total
Espectroscopia UV.-	
Longitud de Máx. Absorción:	278,5
Absorvancia 0,5 ml/100ml:	2,21
Color	marrón oscuro

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/user/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029



Cuadro Nro. 02

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS - FACULTAD  
DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA - UNIDAD DE SERVICIOS  
DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO
Contenido de nitrógeno %:	0,190
Densidad g/ml:	1,09 (21°C)
Viscosidad cPo:	142,6 (21°C)
pH:	5,82
Solubilidad:	total
Espectroscopia UV-VIS.-	
Longitud de Máx. Absorción:	276,9
Absorvancia 0,5 ml/100ml:	2,53
Color	marrón oscuro

**Leyenda:**

- **Contenido de Nitrógeno.-** Es un método de evaluación del contenido de proteínas incluye enzimas).
- **Densidad.-** Cantidad de concentración de la materia o masa en una unidad de volumen (d = masa/volumen).
- **PH.-** Es una medida de la propiedad ácida o básica. Se mide la concentración de los iones (H) va de 0 a 14.
  - 0 - 7 es ácida (menor valor es más ácida).
  - 7 - 14 es básica (mayor valor es más básica).
- **Viscosidad.-** Es la resistencia al rozamiento que tienen los líquidos (gases también), a fluir. Se calcula tomando como referencia el valor de la viscosidad del agua, líquidos muy viscosos fluyen lentamente. Ejm. Miel de abeja.
- **Espectroscopia UV-VIS.-** Método instrumental para caracterización de sustancias, aprovechando la propiedad de absorción de energía en el rango ultravioleta y visible de la muestra. El valor de la radiación ultravioleta (de cuarzo),

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/user/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029



**SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA**

emplea radiación del espectro electromagnético entre 200-400 nanómetros (longitud de onda nm). Las sustancias absorben a longitud de onda definida (a ello se llama espectro). Sustancias distintas tienen espectros distintos.

- **Solubilidad.-** Medida del grado de disolución de la muestra en agua.

**ANÁLISIS FÍSICO.-** La apariencia del Perma Zyme 30x es similar a una melaza muy parecido a la algarrobina.

Cuadro Nro. 03

**CIVIL ENGINEER RESEARCH FOUNDATION / INTERNATIONAL INSTITUTE OF ENERGY CONSERVATION, WASHINGTON D.C. U.S.A. DIC 9, 2002.**

ANÁLISIS	RESULTADO
Color	Marrón oscuro
Olor	Ligero olor dulce
Inflamable	No
Corrosivo	No corrosivo
Gravedad específica	14,146

Fuente: Tri State Laboratories Inc. Youngstown, Ohio, EEUU

**COMPOSICIÓN AMBIENTAL.-** De acuerdo con la información del fabricante, Perma Zyme 30x está compuesto de materiales orgánicos. El análisis de composición ambiental consiste de un análisis de contenido orgánico y un análisis de químicos tóxicos.

Los ítems analíticos de contenidos orgánicos son: demanda de oxígeno biológico (BOD) y demanda de oxígeno químico (COD). Los análisis de químicos tóxicos incluyen los metales, herbicidas/pesticidas, hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH), compuestos orgánicos semi-volátiles (SVOC) y compuestos orgánicos volátiles (VOC).

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029



**SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA**

**RESULTADO.** LA UTILIZACIÓN DE PERMA ZYME ES SEGURA EN CUANTO A SU IMPACTO AMBIENTAL NO RESULTANDO TÓXICO EN PRACTICAMENTE NINGUNO DE LOS CASOS.

**MANUAL DE FUNCIONAMIENTO**

**RECOMENDACIONES A SEGUIR PARA UNA CORRECTA MANIPULACION DEL PRODUCTO.-**

- A. La fórmula de dilución depende de dos factores. Primero, el suelo a utilizar debe ensayarse en laboratorio para determinar el contenido de humedad. Segundo, el contenido de humedad del suelo debe determinarse en el sitio.
- B. La temperatura en su aplicación, deberá ser de 10°C.
- C. No se debe aplicar el producto cuando esté lloviendo ya que, precipitaría las partículas sólidas quedando encima los finos granulares.
- D. El producto no contiene químicos o alérgenos que contribuyan a reacciones respiratorias o cutáneas adversas.
- E. En áreas donde prevalezca un subsuelo de agua, la vía debe construirse con agregados pesados (sistema francés de drenaje) antes de colocar el estabilizador.
- F. Antes de cubrir la carretera con asfalto o concreto, se debe esperar 2-3 días.

**EQUIPOS REQUERIDOS.-**

- a) Operarios de equipo calificados y con la supervisión del ingeniero constructor de carreteras.
  - b) Motoniveladora como CAT 140G o similar con escarificadores.
  - c) Un disco o arado puede ser necesario para la mezcla y pulverización del suelo a tratar.
  - d) Un rodillo compactador de 8-10 TN mínimo con vibrador si lo hay disponible.
- Opciones:

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)

Teléfono: 084-253667

Celular: 951637966 RPM: \*601372

RPC: #965729029



### SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA

- Compactadora de tambor sencillo o doble.
  - Aplanadora tipo pata de cabra para suelos con arcilla pesada.
  - Aplanadora neumática de 15 TN o más.
- e) Carro tanque con flauta de gravedad o presión (2000 gls./8000 lts.)

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

**A. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE.-** Antes de aplicar el estabilizador, al suelo por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado material desde los sitios de origen aprobados, se pulverizará utilizando métodos mecánicos con arado de rastra o de disco, en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos.

El proceso de pulverización continuará hasta desmenuzar el suelo y se logren los requerimientos granulométricos.

En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, parcial o total, **deberá comprobarse que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente las condiciones de resistencia indicadas en el expediente técnico.** La superficie debajo de la profundidad de tratamiento o la sub-base debe revisarse.

En caso de que la estabilización se vaya a realizar únicamente con el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos.

Si se contempla la adición de un suelo de préstamo para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar el riego de distribución de PERMA ZYME.

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si es necesario construir combinando varios materiales, se mezclarán formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se unirán para lograr su mezclado. Si fuere necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación se empleará el equipo adecuado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

Después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)

Teléfono: 084-253667

Celular: 951637966 RPM: \*601372

RPC: #965729029



  
**SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA**

Para la distribución del material se emplearán moto-niveladoras ó máquinas distribuidoras.

**Nota:** En caso de que por alguna razón hubiera necesidad de dejar aplicado el producto sin tender ni compactar más de 72 hrs., el proceso catalizador se llevará a cabo ocasionando que el material se endurezca, por lo cual no podrá ser manejado fácilmente y en algunos casos, según el tipo de terreno, podrá parecer como imposible. En esta situación se debe preparar una mezcla de un litro de PERMA ZYME entre 8 a 10,000 litros de agua para aplicarse sobre el material endurecido, logrando de esta manera que las enzimas que se encuentran mezcladas en el suelo se reactiven nuevamente, pudiéndose de esta manera volver acondicionarlo para ser tendido y compactado.

**B. MEZCLADO.-** Una vez preparada la superficie existente, es necesario que el agua tratada con PERMA ZYME se aplique al material. Instruir a los motoristas de los camiones de agua para que mantengan una velocidad constante y apliquen la solución en forma pareja. Debe dejarse que pase suficiente tiempo entre los pasos del carro tanque para que así el suelo de la superficie no se sature y que por lo tanto dificulte el trabajo.

La moto-niveladora deberá hacer las pasadas necesarias hasta obtener una **mezcla homogénea**, para luego apilar la mezcla en cordones ya sea en la berma ó en la mitad de la vía. Este material humedecido debe dejarse en reposo por lo menos dos horas para que así haya una hidratación apropiada. El material tratado puede dejarse en un arrume durante la noche sin que pierda su efectividad.

Después de que se haya amontonado el material, la superficie debajo de la profundidad de tratamiento o la sub-base deben revisarse. **Normalmente esta superficie se rompe, humedece y mezcla ligeramente luego se compacta para asegurar la estabilidad de la estructura base.** Recordar...un buen cimiento empieza en el fondo. Los rellenos y sub-bases preparadas y compactadas in apropiadamente no se pueden corregir simplemente colocando una capa de suelo tratado con PERMA ZYME sobre ellos.

A medida que la moto-niveladora retire los cordones de material tratado y lo distribuya en forma homogénea, puede ser necesario humedecer de nuevo éste material, para obtener los óptimos resultados de compactación. Se debe usar agua limpia, si se ha agregado todo el PERMA ZYME.

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/user/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029



**SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA**

Aunque se deberá siempre mantener la humedad óptima, es importante que el material no esté ni muy húmedo ni muy seco. ***El aditivo trabaja mejor con un nivel de humedad un poco menor que el óptimo.***

**C. COMPACTACIÓN.-** A medida que la moto-niveladora esparce el material tratado en alzadas de 3 a 6 pulgadas la compactadora presionará el material. La compactadora debe efectuar suficientes pasadas para asegurarse de obtener un máximo de compresión (se debe usar vibrador si hay disponible).

Cuando se emplea el vibro-compactador normalmente podemos constatar que no es necesario más de 2 o 3 pasadas (ida y vuelta) para obtener compactaciones arriba del 95%, por lo que se recomienda, realizar un compactograma en las primeras aplicaciones para determinar el número ideal de pasadas, según el tramo de que se trate y acorde con las especificaciones de construcción.

En el paso final ya no se usará vibrador lo cual, evitará agrietamiento en la superficie causado por el rápido secado de la vía. La superficie se aplanará hasta lograr la apariencia uniforme y sellada más estética. En climas cálidos puede necesitarse humedecer un poco más la superficie.

**D. APERTURA AL TRÁNSITO.-** Normalmente, se proporcionará a la vía un tiempo de curado de 24 a 72 horas. En condiciones de clima seco la vía puede abrirse inmediatamente al tránsito liviano.

Con presencia de lluvia / elevada humedad, debe aumentarse el tiempo de curado manteniendo cerrada la vía.

Si se va a cubrir la carretera con asfalto ó concreto, el trabajo debe continuar después de 2 ó 3 días.

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: [www.biotika.pe](http://www.biotika.pe)  
Teléfono: 084-253667

E.Mail: [gerencia@biotika.pe](mailto:gerencia@biotika.pe)  
Celular: 951637966 RPM: \*601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)  
RPC: #965729029

**Anexo N° 18: Ficha Técnica del Aditivo Terrasil**



**BREM S. A. C.**  
Environmental Solutions



**Terrasil™**  
BREATHABLE - SOIL WATERPROOFING

**ADITIVO**  
ESTABILIZADOR QUÍMICO

---

## FICHA TÉCNICA

### Definición

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

### Características físicas

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

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

### Dosificación Mezclada

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m3

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

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

### Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m2

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m<sup>2</sup> de la disolución en dos fases

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

### Aplicación del sistema



### Pasos a seguir:

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

---



**BREM S. A. C.**  
Environmental Solutions

Av. Parque de las leyendas N° 210 Ofi. 802 Urb. Pando-San Miguel (51-1) 320 3767  
(51) 971354248 E. achavez@brem.com.pe www.brem.com.pe

2015-FTP-02-TER-v03

## Beneficios

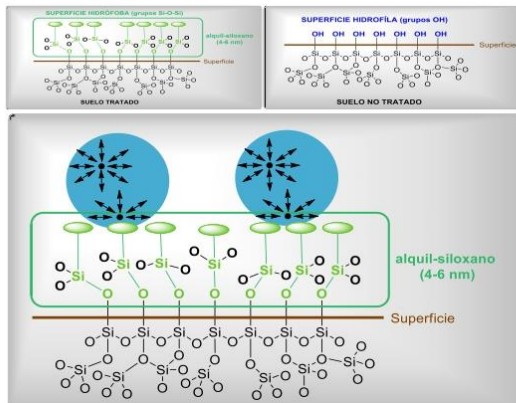
1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7.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

## Modo de Acción

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

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

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



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

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



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

## Presentación

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

## Exposición a la humedad

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

## Almacenamiento

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

## Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.

## Comprobación del agua y del Terrasil.

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

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



## Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

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

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

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

## Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con Terrasil.

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

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

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

## Comprobación de la impermeabilización

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

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

### Test de Rilem

Limpie la superficie

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

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

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

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

## Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

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

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

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

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

**Anexo N° 19: Certificado de calibración de los equipos**

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 162 - 2019**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

<p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo</p> <p>    Capacidad</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    Identificación</p> <p>    Procedencia</p> <p>    Ubicación</p> <p>5. Indicador</p> <p>    Marca</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    División de Escala / Resolución</p> <p>6. Fecha de Calibración</p>	<p>190124</p> <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</p> <p>Mza. G Lote 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo, San isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p>PRENSA MULTIENSAYO</p> <p>10000 lbf</p> <p>FORNEY</p> <p>7691F</p> <p>2636</p> <p>1-013541 (*)</p> <p>U.S.A.</p> <p>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p> <p>ANALÓGICO</p> <p>SPI</p> <p>P9102</p> <p>0,0001 pulg.</p> <p>2019-04-11</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	--	---

Fecha de Emisión

2019-04-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
calidad@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 162 - 2019**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**8. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
Mza. G Lote 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo, San isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	25,0 °C	25,6 °C
Humedad Relativa	64 % HR	65 % HR

**10. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

**11. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
calidad@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 162 - 2019**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10000 lbf

Marca : FORNEY

Modelo : ###

Nº de Serie : 380

%	Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
	Divisiones	F <sub>i</sub> (kgf)	F <sub>1</sub> (kgf)	F <sub>2</sub> (kgf)	F <sub>3</sub> (kgf)		
10	90	425	424,2	424,4	424,5	0,1	0,35
20	180	838	838,3	838,5	838,6	0,0	0,35
30	270	1250	1251,2	1251,5	1251,3	-0,1	0,35
40	360	1659	1658,1	1658,4	1658,5	0,0	0,35
50	450	2066	2063,3	2063,7	2064,0	0,1	0,35
60	540	2470	2471,8	2471,9	2472,0	-0,1	0,35
70	630	2872	2869,7	2870,1	2870,2	0,1	0,35
80	720	3272	3271,6	3271,7	3271,4	0,0	0,35
90	810	3670	3673,8	3673,9	3674,2	-0,1	0,35
100	900	4065	4062,5	4062,3	4062,7	0,1	0,35

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,000142 x^2 + 4,635 x + 8,732$$

13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**Anexo N° 20: Panel Fotográfico**



**Fotografía N° 01:** Ubicación de la calicata C – 6.



**Fotografía N° 02:** Ubicación de la calicata C – 04.



*Fotografía N° 03:* Excavación de la calicata.



*Fotografía N° 04:* Medición de la altura de la calicata.



*Fotografía N° 05:* Inventario de cada muestra de las calicatas.



*Fotografía N° 06:* Muestras de las 5 primeras calicatas.



*Fotografía N° 07:* Lavado de muestra por el Tamiz N° 200.



*Fotografía N° 08:* Granulometría de la muestra.



*Fotografía N° 09:* Tamices con partículas según el tamaño.



*Fotografía N° 10:* Muestras para el ensayo de contenido de humedad.



*Fotografía N° 11:* Ensayo del Límite de Plasticidad.



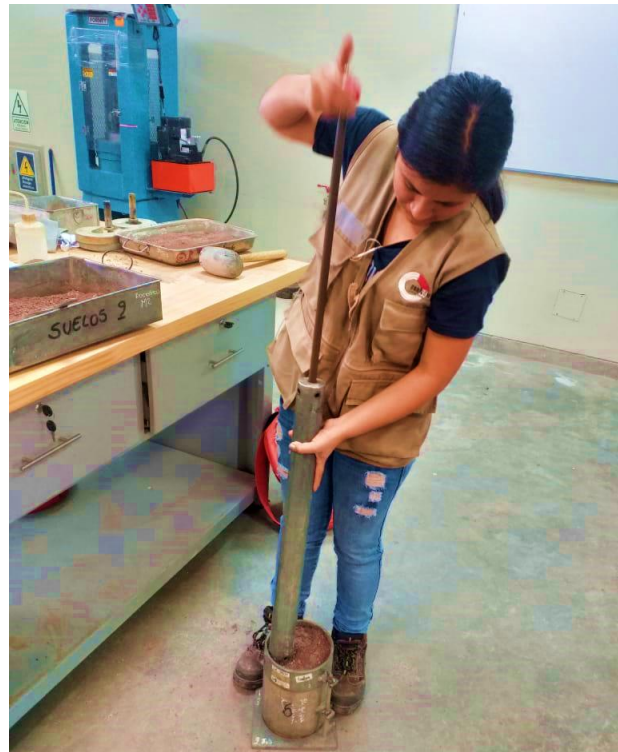
*Fotografía N° 12:* Ensayo del Límite Líquido



*Fotografía N° 13:* Muestras secas del ensayo de Límites de Atterberg.



*Fotografía N° 14:* Ensayo de Peso Específico.



*Fotografía N° 15:* Ensayo de Proctor Modificado.



*Fotografía N° 16:* Muestras secas del núcleo del Proctor Modificado.





*Fotografía N° 17:* Ensayo de CBR usando molde “A”



*Fotografía N° 18:* Saturación de las muestras de CBR.



*Fotografía N° 19:* Peso de una muestra de CBR después de estar saturada.



*Fotografía N° 20:* Secado de las muestras de la parte central del espécimen de CBR.