

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTABILIZACION CON BISCHOFITA Y SAL EN EL  
MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL NO  
PAVIMENTADA MO-107 TRAMO “EMP.MO-107 PROGRESIVA  
21+560 - 52+381 EMP. TA-105 – MOQUEGUA, 2018”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA**

**TACNA – PERÚ**

**2019**

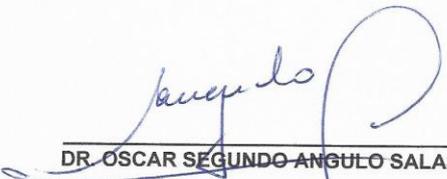
**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis**

**“ESTABILIZACION CON BISCHOFITA Y SAL EN EL  
MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA  
DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA MO-107  
TRAMO “EMP.MO-107 PROGRESIVA 21+560 -  
52+381 EMP. TA-105 – MOQUEGUA, 2018”**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de junio de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

  
DR. OSCAR SEGUNDO ANGULO SALAS

SECRETARIO:

  
MAG. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

VOCAL:

  
ING. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ

ASESOR:

  
MBA. MARTIN PAUCARA ROJAS

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo COARITA ESPINOZA MARYORI EVELYN en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 47145316. Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada: **ESTABILIZACION CON BISCHOFITA Y SAL EN EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL NO PAVIMENTADA MO-107 TRAMO "EMP.MO-107 PROGRESIVA 21+560 - 52+381 EMP. TA-105 – MOQUEGUA, 2018**, la misma que presento para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada.

En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



Tacna, 27 de junio de 2019  
MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA  
47145316

MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA  
47145316

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo y comprensión durante toda mi etapa universitaria, etapa laboral.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por guiarme a lo largo de mi existencia, por brindarme salud, capacidad y fortaleza.

Agradezco a mi familia, que a pesar de sus problemas económicos, jamás dejaron de apoyarme en mi etapa universitaria.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	19
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.1 Descripción del problema.....	21
1.2 Formulación del problema.....	24
1.2.1 Problema principal.....	24
1.2.2 Problemas secundarios.....	24
1.3 Justificación e importancia.....	24
1.3.1 Justificación técnica.....	24
1.3.2 Justificación económica.....	24
1.3.3 Justificación social.....	24
1.4 Objetivos.....	25
1.4.1 Objetivo general.....	25
1.4.2 Objetivos específicos.....	25
1.5 Hipótesis.....	25
1.5.1 Hipótesis general.....	25
1.5.2 Hipótesis específicas.....	25
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Antecedentes del estudio.....	27
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	28
2.1.3 Antecedentes locales.....	29
2.2 Bases teóricas.....	31
2.2.1 Cloruro de magnesio y/o bischofita.....	31
2.2.1 Cloruro de sodio y/o sal.....	32
2.2.3 Mantenimiento carretera no pavimentada.....	33
2.2.4 Riego con cloruro de magnesio y/o bischofita.....	34
2.2.5 Riego con cloruro de sodio y/o sal.....	35
2.2.6 Estudio de suelos.....	35
2.2.7 Sistema de drenajes.....	36
2.2.8 Carretera no pavimentada.....	36
2.2.9 Diseño geométrico de vías.....	36
2.2.10 Velocidad de diseño.....	37
2.3 Definición de términos.....	37

2.3.1	Estabilización de suelos.....	37
2.3.2	Mantenimiento de carretera.....	37
2.3.3	MO.....	37
2.3.4	PE.....	38
2.3.5	TA.....	38
2.3.6	Estabilizadores químicos.....	38
2.3.7	Cloruro de magnesio.....	38
2.3.8	Cloruro de sodio.....	38
2.3.9	Análisis granulométrico por tamizado.....	39
2.3.10	Límites de consistencia.....	39
2.3.11	Proctor modificado.....	39
2.3.12	CBR.....	39
2.3.13	Abrasión.....	39
2.3.14	Escarificado.....	39
2.3.15	Derrumbe.....	40
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		41
3.1	Tipo y Nivel de la investigación.....	41
3.1.1	Tipo de investigación.....	41
3.1.2	Nivel de investigación.....	41
3.2	Población y/o muestra de estudio.....	41
3.2.1	Población de estudio.....	41
3.2.1.1	Ubicación.....	41
3.2.1.2	Altitud.....	41
3.2.1.3	Clima.....	41
3.2.1.4	Características.....	42
3.2.2	Muestra de estudio.....	43
3.3	Operacionalización de variables.....	43
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	44
3.4.1	Observación.....	45
3.4.2	Trabajos en campo.....	45
3.4.3	Trabajos en laboratorio.....	46
3.4.4	Trabajos en gabinete.....	47
3.4.5	Aforo vehicular.....	48
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	48
3.5.1	Según la demanda y/o tipo de trafico.....	49
3.5.2	Según la orografía.....	52
3.5.3	Según la velocidad de diseño.....	53

3.5.4	Según la meteorología.....	54
3.5.5	Según geotecnia.....	54
3.5.5.1	Análisis granulométrico por tamizado.....	55
3.5.5.2	Limites de consistencia.....	56
3.5.5.3	Proctor modificado.....	57
3.5.5.4	California bearing ratio (CBR).....	58
3.5.5.5	Abrasión.....	60
3.5.6	Según tecnica.....	60
3.5.7	Según economía.....	60
3.5.8	Según social.....	60
CAPITULO IV: RESULTADOS.....		61
4.1	Según la demanda y/o tipo de trafico.....	61
4.2	Según la orografía.....	64
4.3	Según la velocidad de diseño.....	65
4.4	Según la meteorología.....	66
4.5	Según geotecnia.....	68
4.5.1	Patrón.....	68
4.5.1.1	Análisis granulométrico por tamizado.....	68
4.5.1.2	Límites de consistencia (limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad).....	69
4.5.1.3	Proctor modificado.....	70
4.5.1.4	California bearing ratio (CBR).....	71
4.5.2	Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (1%).....	73
4.5.2.1	Proctor modificado.....	73
4.5.2.2	California bearing ratio (CBR).....	74
4.5.3	Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (3%).....	76
4.5.3.1	Proctor modificado.....	76
4.5.3.2	California bearing ratio (CBR).....	77
4.5.4	Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (5%).....	79
4.5.4.1	Proctor modificado.....	79
4.5.4.2	California bearing ratio (CBR).....	80
4.5.5	Con Cloruro de sodio y/o sal (1%).....	82
4.5.5.1	Proctor modificado.....	82
4.5.5.2	California bearing ratio (CBR).....	83
4.5.6	Con Cloruro de sodio y/o sal (3%).....	85
4.5.6.1	Proctor modificado.....	85
4.5.6.2	California bearing ratio (CBR).....	86

4.5.7	Con Cloruro de sodio y/o sal (5%).....	88
4.5.7.1	Proctor modificado.....	88
4.5.7.2	California bearing ratio (CBR).....	89
4.5.8	Abrasión.....	91
4.6	Según técnica.....	91
4.7	Según económica.....	91
4.8	Según social.....	94
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....		95
5.1	Por evaluación de la demanda y/o tipo de tráfico .....	95
5.2	Por evaluación orográfica .....	95
5.3	Por evaluación de la velocidad de diseño .....	95
5.4	Por evaluación meteorológica .....	95
5.5	Por evaluación geotécnica .....	95
5.6	Por evaluación técnica .....	96
5.7	Por evaluación económica .....	98
5.8	Por evaluación social .....	99
CONCLUSIONES.....		101
RECOMENDACIONES.....		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		104
ANEXOS.....		108
Anexo 01: Matriz de consistencia.		
Anexo 02: Ficha técnica.		
Anexo 03: Panel fotográfico.		
Anexo 04: Plano de ubicación.		
Anexo 05: Plano clave.		

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 01: Carretera no pavimentada.....	23
Figura N° 02: Cloruro de magnesio y/o bischofita.....	32
Figura N° 03: Cloruro de sodio y/o sal.....	33
Figura N° 04: Mantenimiento del kilómetro 45+300 de la carretera afirmada Tacna-Moquegua (antes y después).....	34
Figura N° 05: Riego con cloruro de magnesio y/o bischofita.....	35
Figura N° 06: Riego con cloruro de sodio y/o sal.....	35
Figura N° 07: Carretera no pavimentada.....	43
Figura N° 08: Evaluaciones iniciales del terreno.....	45
Figura N° 09: Extracción de muestras.....	46
Figura N° 10: Ensayos de laboratorio.....	47
Figura N° 11: Laboratorio de suelos.....	48
Figura N° 12: Estudio de tráfico vehicular.....	48
Figura N° 13: Clasificación vehicular.....	62
Figura N° 14: Análisis granulométrico por tamizado/Patrón.....	68
Figura N° 15: Limites de consistencia/Patrón.....	69
Figura N° 16: Proctor modificado/Patrón.....	70
Figura N° 17: California bearing ratio (CBR)/Patrón.....	71
Figura N° 18: California bearing ratio (CBR)/Patrón.....	72
Figura N° 19: Proctor modificado/cloruro de magnesio 1%.....	73
Figura N° 20: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 1%.....	74
Figura N° 21: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 1%.....	75
Figura N° 22: Proctor modificado/cloruro de magnesio 3%.....	76
Figura N° 23: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 3%.....	77
Figura N° 24: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 3%.....	78
Figura N° 25: Proctor modificado/cloruro de magnesio 5%.....	79
Figura N° 26: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 5%.....	80
Figura N° 27: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 5%.....	81
Figura N° 28: Proctor modificado/cloruro de sodio 1%.....	82
Figura N° 29: California bearing ratio (CBR) /cloruro de sodio 1%.....	83
Figura N° 30: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 1%.....	84
Figura N° 31: Proctor modificado/cloruro de sodio 3%.....	85
Figura N° 32: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 3%.....	86

Figura N° 33: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 3%.....	87
Figura N° 34: Proctor modificado/cloruro de sodio 5%.....	88
Figura N° 35: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 5%.....	89
Figura N° 36: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 5%.....	90

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla N° 01: Punto de referencia/coordenadas UTM.....	42
Tabla N° 02: Características de la vía actual.....	42
Tabla N° 03: Operacionalización de variables.....	44
Tabla N° 04: Técnicas, instrumentos y fuentes de información para la recolección de datos.....	45
Tabla N° 05: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito.....	51
Tabla N° 06: Tabla de clasificación de caminos según su índice medio diario anual.	52
Tabla N° 07: Tabla de clasificación por orografía.....	53
Tabla N° 08: Tabla de rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	53
Tabla N° 09: Tráfico vehicular.....	61
Tabla N° 10: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito.....	63
Tabla N° 11: Tabla de clasificación de caminos según su índice medio diario anual.	64
Tabla N° 12: Tabla de clasificación por orografía.....	65
Tabla N° 13: Tabla de rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	66
Tabla N° 14: Parámetros meteorológicos de la zona de estudio.....	67
Tabla N° 15: Presupuesto para reparación (mantenimiento) de la vía.....	93
Tabla N° 16: Presupuesto de cloruro de magnesio.....	94
Tabla N° 17: Presupuesto de cloruro de sodio.....	94
Tabla N° 18: Granulometría.....	95
Tabla N° 19: Descripción del suelo.....	95
Tabla N° 20: Proctor modificado de cloruro de magnesio.....	96
Tabla N° 21: CBR de cloruro de magnesio.....	96
Tabla N° 22: Proctor modificado de cloruro de sodio.....	96
Tabla N° 23: CBR de cloruro de sodio.....	96
Tabla N° 24: Resumen de presupuesto para reparación (mantenimiento) de la vía.....	99
Tabla N° 25: Presupuesto para estabilización de afirmado con cloruro de magnesio.....	99
Tabla N° 26: Presupuesto para estabilización de afirmado con cloruro de sodio.....	99

**FORMATOS**

	<b>Pág.</b>
Formato N° 01: Formato de conteo o clasificación vehicular.....	49
Formato N° 02: Formato de resumen del día.....	50
Formato N° 03: Análisis granulométrico por tamizado.....	55
Formato N° 04: Límites de consistencia.....	56
Formato N° 05: Proctor modificado.....	57
Formato N° 06: Relación de soporte de california (CBR).....	58
Formato N° 07: Relación de soporte de california (CBR).....	59

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia.

Anexo 02: Ficha Técnica.

Anexo 03: Plano de ubicación.

Anexo 04: Plano clave.

## RESUMEN

En la siguiente tesis, se propone la estabilización química de un suelo en el mantenimiento de la carretera departamental MO-107, en el tramo II, Toquepala-Moquegua, para una vida útil de tres años y mejorar la calidad de vida de los pobladores ubicado en la zona de influencia directa del proyecto, a través de mejoras sociales y económicas.

Se desarrolló un estudio comparativo técnico y económico, haciendo uso de dos estabilizadores químicos, el primero comprende el cloruro de magnesio o más conocido como bischofita y segundo el cloruro de sodio o más conocido como sal.

En la parte técnica, se desarrolló trabajos en campo, laboratorio y gabinete de ambos estabilizadores químicos para la obtención de ambos resultados. La táctica de trabajo se desarrolló de la siguiente manera, el cual consistió en dos puntos: El primer punto consistió en hallar los datos para determinar las características principales del terreno en evaluación, este primer punto fue subdividido en tres puntos: El trabajo en campo, se realizó la excavación de una calicata de 1.50 mtrs. de profundidad, se extrajo 400 kg de muestra, como también evaluación de las condiciones iniciales del terreno. El trabajo en laboratorio, se realizó las pruebas de laboratorio para obtener las características principales del terreno en evaluación, dentro de los cuales son: Análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, proctor modificado, CBR. El trabajo en gabinete, se introdujo los datos en Excel. El segundo punto consistió en aplicar al terreno en evaluación los dos estabilizadores químicos ya mencionados líneas arriba, para determinar la ventaja mayor de ambos, este segundo punto fue subdividido en dos partes: El trabajo en laboratorio para obtener las características del terreno en evaluación una vez aplicado ambos estabilizadores químicos. El trabajo en gabinete, se introdujo los datos en Excel, para obtener los resultados finales y realizar la comparación técnica.

En la parte económica, se realizó la comparación de costos de ambos estabilizadores químicos.

Se concluyó en la parte técnica, que el cloruro de magnesio mejora favorablemente el suelo a comparación del cloruro de sodio y en la parte económica el cloruro de sodio es más rentable que el cloruro de magnesio.

**Palabras Claves:** Estabilización de suelos, Mantenimiento de carretera, MO, PE, TA, Estabilizadores Químicos, Cloruro de Magnesio, Cloruro de Sodio, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR.

## ABSTRACT

In the following thesis, It proposes the chemical stabilization of a soil in the maintenance of the departmental road MO-107, in the section II, Toquepala-Moquegua, for a three-year lifespan, and improve the quality of life of the people situated in the area of direct influence of the project, through of upgrades social and economic.

It developed a technical and economic compared study, using two chemical stabilizers, the first comprises magnesium chloride or better known as bischofite and second sodium chloride or better known as salt.

In the technical part, work was developed in the field, laboratory and cabinet of both chemical stabilizers to obtain both results. The work tactic was developed in the following way, which consisted of two points: The first point was to find the data to determine the main characteristics of the terrain under evaluation, this first point was subdivided into three points: Field work, excavation of a test pit of 1.50 meters was carried out. Depth, 400 kg of sample was extracted, as well as assessment of the initial terrain conditions. Laboratory work, laboratory tests were performed to obtain the main characteristics of the terrain under evaluation, within which are: Granulometric analysis by sieving, consistency limits, modified Proctor, CBR. Work in cabinet, data was introduced in Excel. The second point was to apply to the ground in evaluation the two chemical stabilizers already mentioned above, to determine the greater advantage of both, this second point was subdivided into two parts: Work in the laboratory to obtain the characteristics of the terrain in evaluation once both chemical stabilizers have been applied. Work in cabinet, data was introduced in Excel, to get the final results and perform the technical comparison.

In the economic part, the cost comparison of both chemical stabilizers was carried out.

It was concluded in the technical part, that magnesium chloride favourably improves the soil compared to sodium chloride and in the economic part sodium chloride is more profitable than magnesium chloride.

**Key words:** soil stabilization, road maintenance, MO, PE, TA, chemical stabilizers, magnesium chloride, sodium chloride, granulometric analysis by sieving, consistency limits, modified Proctor, CBR.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la minería se ha convertido en una actividad primordial alrededor del mundo, según los boletines mineros el precio y demanda de los minerales se ha aumentado en gran medida.

Como sabemos en el Perú, contamos con yacimientos minerales en distintos puntos del país, por ende, hemos sido vistos como una buena fuente de inversión de empresas extranjeras, según la revista de negocios AMERICA ECONOMIA, hasta el 2011, tenemos en el Perú 100 compañías mineras realizando exploración y 398 unidades mineras en producción.

De las cuales mencionaremos en la zona sur del país, algunas empresas mineras tales como Southern Perú Copper Corporation (SPCC) y Anglo American Quellaveco (AAQ), debido a que su ingreso hacia el campamento minero es mediante una vía no pavimentada.

La vía no pavimentada evaluada para su estabilización química es denominada como la carretera MO-107, que comprende el tramo Emp. PE 36 A (Moquegua) pasando por CC Poblados: Virgen del Carmen, Pampas de San Antonio, Siglo XXI, Asociación las Lechuzas, Los Pinos, Dos Quebradas Chen Chen, Pampas Chen Chen Sur, pasa por el Emp. MO-107 con la carretera MO 596 (Acceso a Quellaveco), luego continúa pasando por la zona arqueológica Pinturas Rupestres de Toquepala, llegando hasta la vía asfaltada Carretera Toquepala estando hacia la izquierda el centro minero Toquepala (a 5 km de la garita Cimarrona – SPCC) y hacia la derecha empalma con la carretera en el L.D. Tacna (TA-100 a Quebrada Honda).

Actualmente la empresa Conalvias viene trabajando la carretera a Quellaveco y desde el desvío a Quellaveco hasta el empalme con la carretera asfaltada Toquepala, se encuentra la vía estudiada, que consta de una longitud de 30.821 km desde la progresiva 21+560 hasta la progresiva 52+381, la carretera se encontró en pésimas condiciones debido a la falta de mantenimiento rutinario.

El objetivo trazado fue determinar los beneficios estructurales que brinda el cloruro de magnesio y cloruro de sodio como estabilizador químico en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada.

Como justificación técnica, económica y social, fue obtener el aditivo estabilizador químico de suelo óptimo que favorezca las propiedades físico-mecánicas del suelo en estudio, como también contribuir en la reducción de costos para su operación y mejorar el estado de conservación de la vía, debido a que es puente de conexión entre el pueblo y una zona económica.

La hipótesis demostrada fue el uso de cloruro de magnesio y cloruro de sodio como estabilizador químico en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada genera beneficios estructurales.

La metodología utilizada se basó en realizar las observaciones de estudio en la zona vial, para ello se apoyó con formatos para el levantamiento de información en campo y análisis de laboratorio.

La presente tesis de investigación aplicada presenta los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se trata del planteamiento del problema el cual comprende la descripción del problema, formulación del problema, justificación e importancia, como también los objetivos generales y específicos y la hipótesis.

Capítulo II: Se trata del marco teórico que compone los antecedentes del estudio, bases teóricas y definición de términos.

Capítulo III: Se trata del marco metodológico que compone el tipo y nivel de investigación, población y/o muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV: Se trata de los resultados.

Capítulo V: Se trata de las discusiones, conclusiones, recomendaciones.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### 1.1 Descripción del problema

La construcción de vías mejora las condiciones de vida de la población en general.

Se ha visto que existen vías deterioradas, debido a la falta de mantenimiento o métodos de estabilización de suelos.

La carretera Toquepala-Moquegua se encuentra a nivel afirmado y el tramo intervenido corresponde al tramo II de la carretera MO-107, que tiene una longitud de 30.821 km. y un ancho de 6.60 mtrs. y pertenece a la red departamental de Moquegua.

Este tramo presenta:

- 1.-Superficies en calaminadas en tramos con material afirmado y otros con material propio.
- 2.-Superficies en tramos con escaso material afirmado.
- 3.-Superficies en tramos con material granular segregado y carente de finos.
- 4.-Superficies en tramos con material arenoso y material granular donde predomina la bolonería.
- 5.-Superficies en tramos que han sido erosionadas o cortadas longitudinalmente por el escurrimiento de aguas pluviales.
- 6.-Superficies en tramos que cruzan quebradas la cual han sido arrasadas en su totalidad debido a las avenidas de las aguas pluviales y drenajes obstruidos.
- 7.-Existen derrumbes en algunos taludes inestables que tapan las cunetas y reducen el ancho de la vía.
- 8.-Las cunetas se encuentran colmatadas con sedimentos y con presencia de vegetación.
- 9.-Las alcantarillas están prácticamente enterradas por lo que no cumple la función de drenaje. En todas estas áreas deberá realizarse la limpieza para devolverle las condiciones iniciales.

10.-La señalización en esta vía es muy poca, lo que no permite a los usuarios un desplazamiento adecuado, ni tomar las medidas de seguridad necesarias ante curvas peligrosas, desvíos, etc. La vía existente actualmente conecta Moquegua con la mina Toquepala.

Esto sucede debido a la ausencia de mantenimiento de la vía desde el inicio de su puesta en servicio.

Con la finalidad de solucionar este problema se pretende realizar la estabilización química en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada.

Para lo cual, se realizó un estudio comparativo técnico y económico haciendo uso del cloruro de magnesio y cloruro de sodio con el fin de mejorar la vida útil de la vía como también generar menos gastos de mantenimiento.



Figura N° 01: Carretera no pavimentada.

Fuente: Propia.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema principal

- ¿Qué beneficios estructurales brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”?

### 1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Qué beneficios funcionales brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”?

- ¿Qué ventajas y desventajas brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”?

- ¿Qué porcentaje de cloruro de magnesio y cloruro de sodio es el más adecuado en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”?

## 1.3 Justificación e importancia

### 1.3.1 Justificación técnica

Como justificación técnica, será obtener el aditivo estabilizador químico de suelo óptimo que favorezca las propiedades mecánicas del suelo en estudio.

### 1.3.2 Justificación económica

Como justificación económica, se realizará una estabilización química a la capa afirmada con un aditivo óptimo, el cual mejore la base de rodadura y sea buen agente para la reducción de costos de su producción en el mantenimiento rutinario.

### 1.3.3 Justificación social

Como justificación social, el mal estado de conservación de las vías afirmadas, no permite una buena integración entre los pueblos y zonas dinámicas económicas, a causa de esto se desea optar un

aditivo que cumpla las condiciones técnicas y económicas para así poder aplicarlo en zonas de vías afirmadas, con la finalidad de garantizar un sistema de transporte vial seguro, eficiente y menos vulnerable a peligros y por ende generar confianza a los usuarios circundantes al proyecto, así mismo fortaleciendo el crecimiento económico de la región.

#### 1.4 Objetivos

##### 1.4.1 Objetivo general

- Determinar los beneficios estructurales que brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”

##### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los beneficios funcionales que brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”

- Determinar las ventajas y desventajas que brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”

- Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio y cloruro de sodio es el más adecuado en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”

#### 1.5 Hipótesis

##### 1.5.1 Hipótesis general

- El uso de cloruro de magnesio y cloruro de sodio como estabilizador químico en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”, genera beneficios estructurales.

##### 1.5.2 Hipótesis específicas

- El uso de cloruro de magnesio y cloruro de sodio como estabilizador químico en el mantenimiento de la carretera departamental no

pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”, genera beneficios funcionales.

- Las ventajas y desventajas que brinda la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105”.

- El porcentaje de cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 tramo “Emp. MO-107 progresiva 21+560 – 52+381 Emp. TA-105” es de 3%.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1 Antecedentes del estudio

Se realizó una búsqueda de tesis que se basan en estudios relacionados con el Análisis, Evaluación, Estabilización, y Mantenimiento con el uso de Cloruro de Magnesio y Cloruro de Sodio, los cuales se señalan a continuación:

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

-La tesis “Análisis Comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos soiltac” desarrollado por María Loreto Araya Díaz en el año 2010, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Austral de Chile.

En la presente tesis, se realizó la investigación de un producto económico para su uso en zonas de menor tráfico, su nombre es soiltac, el cual fue producido en Estados Unidos, y cuenta con beneficios tanto técnicos como económicos en obras viales como estabilizador de suelos y mantenimiento de caminos.

También se hizo un estudio comparativo en cuanto a las ventajas cuantitativas y cualitativas del soiltac con los productos convencionales, como también un análisis de costos.

Esto se llevara a cabo en el acceso a “Villa El Palqui”, ubicado en la comuna de Monte Patria, ciudad El Palqui, Cuarta Región. (Araya, 2010)

-La tesis “Análisis Comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma” desarrollado por Juan Carlos Pico Núñez en el año 2016, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica de Ambato.

En la presente tesis se realizó la estabilización de la subrasante y diseño de una vía con el propósito de mejorarla, ya que esta vía generará ingresos debido al transporte de productos agrícolas y ganaderos de la zona.

Se analizó el comportamiento físico y mecánico del suelo haciendo uso de dos estabilizadores químicos convencionales, como el cloruro de sodio y la cal, para su estabilización y diseño de la vía. (Pico, 2016)

-El libro "Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischoffita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares" desarrollado por Guillermo Thenoux y Sergio Vera en el año 2002.

Este libro explica la efectividad del cloruro de magnesio como aditivo estabilizador químico de vías no pavimentadas, se muestra pruebas de ensayos de laboratorio y pruebas reales en campo en Chile.

Como también indica las propiedades que brinda el cloruro de magnesio como estabilizador químico en bases granulares, los cuales destaca, la capacidad de absorber y retener la humedad del ambiente, incremento de la tensión superficial del agua y reducción de la presión del vapor del agua. (Thenoux & Vera, 2002)

#### 2.1.2 Antecedentes nacionales

-La tesis "Estabilización química con Cloruro de magnesio en el diseño del camino Villa Las Orquídeas-Puente Piedra en el 2016" desarrollado por Jefferson Erick Zambrano Cabello en el año 2017, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo.

Esta tesis propone la estabilización de un suelo haciendo uso de un estabilizador químico como es el caso del cloruro de magnesio.

Como primer punto se llevo a cabo el estudio de las condiciones iniciales del terreno.

Como segundo punto se efectuó la adición del cloruro de magnesio a una muestra representativa del suelo, para mejorar las propiedades del suelo. (Zambrano, 2017)

-La tesis "Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque" desarrollado por Werner Mainel Bonifacio Vergara y Junior Arquímedes Sánchez Bernilla en el año 2015, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán.

Se realizó un estudio comparativo técnico y económico de tres aditivos estabilizadores como lo son el cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento para mejorar el comportamiento del suelo en la región Lambayeque. (Bonifacio & Sánchez, 2015)

-La tesis "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio" desarrollado por Carlos Alberto Gutiérrez Montes en el año 2010, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma.

Esta tesis expone las ventajas técnicas, económicas y ambientales de aditivos químicos estabilizadores, destacando al cloruro de magnesio frente al cloruro de calcio y demás aditivos convencionales. (Gutierrez, 2010)

### 2.1.3 Antecedentes locales

-La tesis "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos" desarrollado por Rocio del Carmen Pérez Collantes en el año 2012, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Está presente investigación, permite conocer los efectos que produce la adición de cenizas volantes de carbón en suelos arcillosos en obras de pavimentación.

Al realizar las pruebas de laboratorio, se concluye un mejor comportamiento del suelo, por ende existe una favorabilidad técnica y económica para la construcción de pavimentos haciendo uso de cenizas volantes de carbón como material estabilizador de suelos. (Perez, 2012).

-La tesis “Evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método PCI, en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo calle 22 – Av. Pinto – Tacna” desarrollado por Oscar Raúl Apaza Chambilla en el año 2018, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada de Tacna.

Esta tesis nos explica el estado de conservación de un tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann, para ello se aplicara una metodología llamada “Índice de condición del pavimento” conocido como PCI, que nos permite conocer las condiciones del pavimento. (Apaza, 2018).

-La tesis “Evaluación Superficial y de Rugosidad del Pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, Tramo Ovalo Transportes – Ovalo Cuzco, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna” desarrollado por Richard Medina Chahuares y Diego Farro Velarde en el año 2017, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada de Tacna.

Esta tesis expone la evaluación del pavimento en un tramo de la Av. Circunvalación Oeste, para calcular la rugosidad del pavimento aplicando el rugosímetro de Merlín y la evaluación superficial haciendo uso del método del PCI.

Una vez realizadas las evaluaciones de la vía pavimentada de ambos carriles, dio como resultado un estado “malo”, lo que conlleva a un mantenimiento de la vía. (Medina & Farro, 2017)

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio hexahidratado, o llamado también bischofita, es una sal que tiene gran presencia en la naturaleza y en el agua de mar.

El cloruro de magnesio cuenta con variedad de usos, la cual destaca su uso como estabilizador químico de capas de rodadura granular.

El cloruro de magnesio es utilizado en zonas desérticas.

#### Beneficios del cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio brinda variedad de beneficios, lo más destacables son:

- Menor pérdida de material y menor emisión de polvo lo que genera un camino con mayor vida útil.
- Reducción de costos lo que genera la menor cantidad de camiones de agua destinados para riego.
- Debido a su propiedad como anticongelante lo que genera menor tasa de accidentes por hielo en caminos.

#### Propiedades del cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio cuenta con diferentes propiedades, lo más importantes son:

- Absorbe humedad: Al ser altamente higroscópico, absorbe humedad del ambiente cuando este es superior al 32%.
- Se disuelve en la humedad absorbida: La propiedad delicuescente de la sal permite que pueda disolverse con el agua absorbida, generando la sensación de que los caminos son regados en forma permanente evitando que se levante polvo.
- Resistente a la evaporación y congelamiento: La salmuera producida con Bischofita tiene una baja tasa de evaporación (3 veces menor a la del agua) y su temperatura de congelamiento puede llegar a los  $-32,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Altamente soluble en agua: Se puede disolver hasta 1,5 toneladas en sólo 1 metro cúbico de agua. (Solutions for human progress, 2018)



Figura N° 02: Cloruro de magnesio y/o bischofita.

Fuente: <https://www.dyeq.co/fichas/cloruro-de-magnesio/>.

### 2.2.2 Cloruro de sodio

El cloruro de sodio o más conocido como sal (sal industrial), es un mineral con gran abundancia en la tierra ya sea en el agua de mar o formación rocosa subterránea.

El cloruro de sodio a diferencia de sus otras aplicaciones es utilizado mayormente como un estabilizador químico de suelos.

El cloruro de sodio es utilizado en zona de heladas.

#### Beneficios del cloruro de sodio

El cloruro de sodio cuenta con grandes beneficios, lo cuales destacan:

- Debido a su fácil aplicación lo que genera un ahorro de costo.
- Tiende a mejorar la resistencia y cohesión del suelo.
- Tiende a mejorar la resistencia a la tracción y compresión del suelo.

### Propiedades del cloruro de sodio

El cloruro de sodio cuenta con infinidad de propiedades, entre ellas destacan:

- El peso volumétrico seco y la resistencia a la compresión se incrementan al adicionar cloruro de sodio hasta en un 3%. El límite líquido y el índice plástico se reducen al adicionar cloruro de sodio.
- La cohesión y el ángulo de fricción interna parecen disminuir al adicionar cloruro de sodio y en especímenes en los que no se permita la pérdida de humedad. Parece que si se permite el secado antes de ensayar los especímenes tanto la cohesión como el ángulo de fricción aumentan de manera importante.
- La capacidad de retención de humedad aumenta en los suelos tratados con cloruro de sodio. (Sanchez, Quimbayo, & Sterling, 2018)



Figura N° 03: Cloruro de sodio y/o sal.

Fuente: <https://www.cosmos.com.mx/producto/cloruro-de-sodio-sal-fj11.html>.

### 2.2.3 Mantenimiento carretera no pavimentada

Una vía no pavimentada es aquella construida por el mismo terreno de fundación y no cuenta con un revestimiento o tratamiento superficial.

El mantenimiento de una vía no pavimentada es la conservación de este para evitar su degradación.

Comprende cuatro tipos de mantenimiento: periódico, rutinario, preventivo y de emergencia.

Por lo general, este tipo de vía, no presenta un diseño geométrico, son parte de la topografía natural del terreno.(Apolinario, 2012)



Figura N° 04: Mantenimiento del kilómetro 45+300 de la carretera afirmada Tacna-Moquegua (antes y después).

Fuente: Propia.

#### 2.2.4 Riego con cloruro de magnesio y/o bischofita

Es la combinación de agua con cloruro de magnesio y/o bischofita, una vez culminada la carretera al nivel rasante, se procede al regado de toda la vía con bischofita haciendo uso de camiones cisterna. (Coarita, 2018)



Figura N° 05: Riego con cloruro de magnesio y/o bischofita.

Fuente: Propia.

#### 2.2.5 Riego con cloruro de sodio y/o sal

Es la combinación de agua con sal de mar, una vez culminada la carretera al nivel rasante, se procede al regado de toda la vía con sal de mar haciendo uso de camiones cisterna. (Coarita, 2018)



Figura N° 06: Riego con cloruro de sodio y/o sal.

Fuente: Propia.

#### 2.2.6 Estudio de suelos

La elaboración de un estudio de suelos nos permite saber las características físicas y mecánicas del terreno.

Para obtener los datos geotécnicos del tipo de suelo debe realizarse estudios de campo y laboratorio para determinar sus propiedades físicas. (Pico, 2016)

Un estudio de suelos es de uso habitual en obras de construcción para conocer el tipo de cimentación a construir.(Wikipedia, 2018)

- Análisis granulométrico por tamizado.
- Límites de consistencia.
- Proctor modificado.
- CBR.
- Abrasión.
- Etc.

#### 2.2.7 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje es un método utilizado para la captación, canalización y evacuación de agua en una vía, camino o carretera. (Wikipedia, 2018)

La presencia del agua en una zona llana, se debe a ciertas causas como lo son: escorrentía, incremento del nivel freático (presencia de río, trabajos de riego).

Existen dos tipos de drenaje: drenaje natural y drenaje artificial.

Drenaje natural, cuando el suelo es permeable elimina los sobrantes de agua.

Drenaje artificial, cuando se construye canales naturales o artificiales para la evacuación del agua. (Villón, 2007)

#### 2.2.8 Carretera no pavimentada

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2018)

#### 2.2.9 Diseño geométrico de vías

Comprende la elaboración del cálculo y análisis para adaptar la carretera a la topografía de la zona con el único fin de darle

funcionalidad, seguridad, comodidad, estética, económica y compatible. (Garcia, Perez, & Camacho, 2005)

#### 2.2.10 Velocidad de diseño

Llamada también velocidad directriz, es la máxima velocidad y el factor primordial para el diseño geométrico de una vía.

La carretera debe diseñarse para velocidades que sean acorde con los factores deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia. (Transportes 1 UJCV, 2011)

### 2.3 Definición de términos

#### 2.3.1 Estabilización de suelos

Se llama estabilización de suelos cuando el suelo natural es sometido a algún tratamiento para convertirlo en una plataforma firme y estable con el fin de sobrellevar los impactos del tránsito y condiciones del clima.

Se dice que un suelo es estable cuando es resistente a la deformación y tolerante al agua.

La estabilización del suelo, respecto a la característica de dar resistencia a la deformación, consiste en añadir al suelo aquello de lo que carece. Si hay un suelo arcilloso hay que añadir material granular. Si es un suelo granular hay que añadir un ligante (material arcilloso). (La Última Resistencia, 2018)

#### 2.3.2 Mantenimiento de carretera

Consiste en prevenir y darle solución a los problemas que se puede suscitar a causa de su uso y conservar el nivel de servicio de la carretera para la cual fue diseñada. (Mantenimiento de Carreteras y Vías, 2007)

#### 2.3.3 MO

Según el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), "MO" es el prefijo que identifica a Moquegua, el cual consta de 09 rutas según la

actualización del clasificador de rutas del SINAC. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2016)

#### 2.3.4 PE

Según el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), "PE" es la sigla que designa a las carreteras de carácter nacional. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2016)

#### 2.3.5 TA

Según el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), "TA" es el prefijo que identifica a Tacna, el cual consta de 09 rutas según la actualización del clasificador de rutas del SINAC. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2016)

#### 2.3.6 Estabilizadores químicos

Un estabilizador químico es una sustancia química (aditivo) y es usado para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo como una carretera. (Zuluaga, 2005)

#### 2.3.7 Cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio hexahidratado o llamado también bischofita, es una sal que contiene diferentes propiedades, el cual destaca su uso como estabilizador químico de capas de rodadura granular, debido a que al entrar en contacto con el suelo, tiene la capacidad de absorber y retener la humedad del ambiente circundante, incrementa la tensión superficial del agua y reduce la presión de vapor del agua. (Thenoux & Vera, 2002)

#### 2.3.8 Cloruro de sodio

El cloruro de sodio o llamado también sal (sal industrial), es una sal que se destaca también como estabilizador químico, ya que mejora las propiedades físicas del suelo, mejorando la resistencia al esfuerzo de tracción y compresión, absorbe la humedad del aire, mejora la cohesión del suelo. (Araya, 2010)

### 2.3.9 Análisis granulométrico por tamizado

Este ensayo determina el tamaño de partículas de una muestra de suelo para su clasificación, esto permite conocer el rango de tamaño de partículas, los cuales comprenden grava, arena, limo, arcilla.

El análisis granulométrico puede expresarse de manera analítica o gráfica. (Wikipedia, 2018)

### 2.3.10 Límites de consistencia

Este ensayo permite identificar el tipo y propiedades del suelo, debido a que el suelo presente en la naturaleza se encuentra en diferentes estados como sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. (Wikipedia, 2018).

### 2.3.11 Proctor modificado

Este ensayo determina la densidad seca máxima de un terreno en relación con su porcentaje de humedad aplicando una energía de compactación al suelo. (Wikipedia, 2018).

### 2.3.12 CBR

Este ensayo permite conocer la capacidad portante del suelo y/o terreno compactado para evaluar la calidad del suelo en subrasante, subbase y base de pavimentos. (Wikipedia, 2018).

### 2.3.13 Abrasión

Este ensayo muestra el comportamiento de algún material debido al deterioro que pueda producir algún agente externo. (Construaprende, 2018).

### 2.3.14 Escarificado

Es la remoción del material de la zona del terreno para su compactación con el objetivo de homogeneizar las partículas de la superficie del terreno. (Carreteros, 2018)

### 2.3.15 Derrumbe

Se define como derrumbe a cualquier movimiento masivo de tierra o roca que puede ser causada por fuerzas de la naturaleza o por acciones humanas, el trabajo consiste en remover los que se encuentran sobre la plataforma del camino reiterándolo a zonas autorizadas. (Desastre Natural Pedia, 2018)

### **CAPITULO III**

#### **MARCO METODOLÓGICO**

#### 3.1 Tipo y Nivel de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La presente es tipo de Investigación Aplicada.

##### 3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de Investigación Aplicada, se basa en el Nivel Descriptivo y Explicativo.

#### 3.2 Población y/o muestra de estudio

##### 3.2.1 Población de estudio

La población de estudio está ubicado en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Moquegua, la ruta de intervención es el “Empalme con la carretera MO 107 desde la progresiva 21+560 (empalme con la carretera MO 596 – Derivación a Quellaveco) – Pinturas Rupestres Toquepala – empalme con la carretera Asfaltada Toquepala progresiva 52+381 Emp. TA 105”.

##### 3.2.1.1 Ubicación

Distrito: Moquegua.

Provincia: Mariscal Nieto.

Departamento: Moquegua.

Región: Moquegua.

##### 3.2.1.2 Altitud

La vía se desarrolla sobre una superficie de terreno que fluctúa desde 2160 hasta los 2500 msnm.

##### 3.2.1.3 Clima

Hasta los 2000 msnm es cálido, templados y fríos con una mínima presencia de lluvias; entre los 2000 a 3500 msnm hay temporadas frías a muy frías con presencia de lluvias.

Tabla N° 01: Punto de referencia/coordenadas UTM.

Puntos de Referencia		Coordenadas UTM/WGS 84/18-Sur		
		Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)
Provincia Mariscal Nieto	Inicio:Cruce con la carretera a Quellaveco	306454.909	8096524.567	2345.16
Distrito Moquegua	Final:Carretera a asfaltada a Toquepala	317956.012	8085812.004	2319.76

Fuente: Google maps.

## 3.2.1.4 Características

Tabla N° 02: Características de la vía.

<b>Ruta</b>	MO 107
<b>Trayectoria</b>	"Inicia en la progresiva 21+560 (derivacion de la carretera MO 596 que va a Quellaveco) - Pinturas Rupestres Toquepala - empalme con la carretera asfaltada Toquepala progresiva 52+381".
<b>Clasificacion</b>	Sistema Departamental
<b>Longitud</b>	30.821 km.
<b>Ancho de calzada</b>	6.60 mtrs.
<b>Superficie de rodadura</b>	Afirmada
<b>Peralte</b>	Si presenta
<b>Pendiente maxima</b>	8.00%
<b>Pendiente minima</b>	0.50%
<b>Cunetas</b>	Sin revestimiento
<b>Bombeo</b>	2%
<b>Alcantarillas</b>	T.M.C. (Tuberia Metalica Corrugada)
<b>Bermas</b>	No presenta

Fuente: Propia.

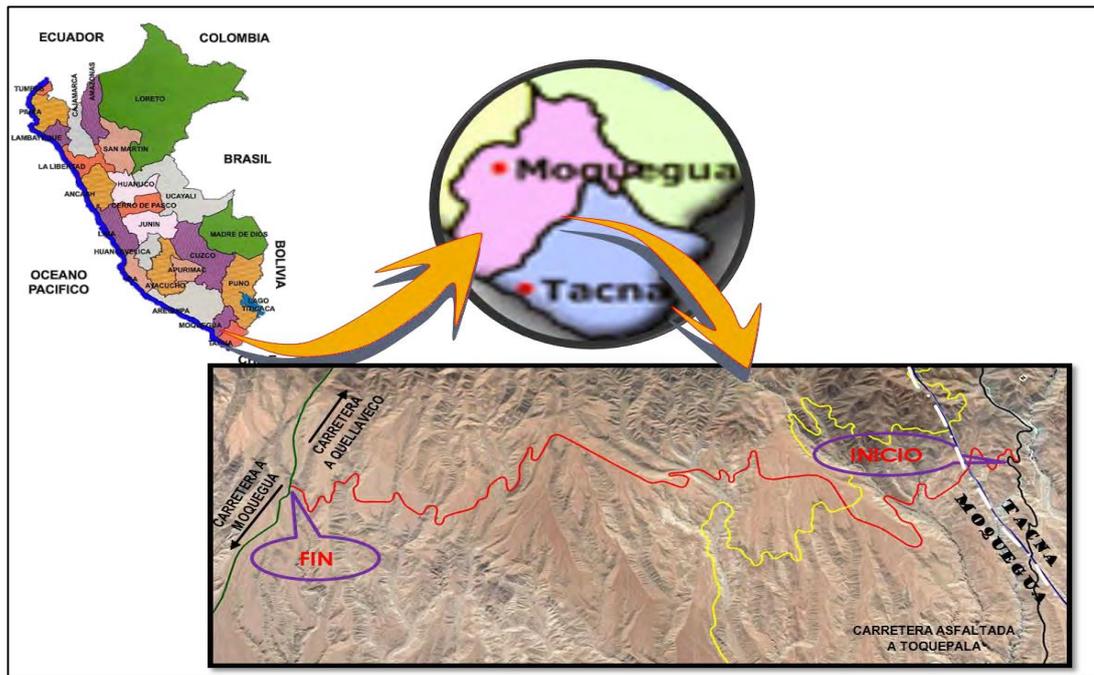


Figura N° 07: Carretera no pavimentada.

Fuente: Propia.

### 3.2.2 Muestra de estudio

La muestra de estudio es el siguiente tramo de la carretera:  
Tramo del km 52+381 – 51+631.

Se realizó una calicata de 1.50 metros. de profundidad, del cual se extrajo 400 kg. de muestra.

También se realizó la evaluación de las condiciones iniciales del terreno.

### 3.3 Operacionalización de variables

Tabla N° 03: Operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>Estabilización química con cloruro de magnesio</b>	El cloruro de magnesio o mas conocido como bischofita, esta compuesto por 10.5% de cloruro de magnesio, 33.5% de cloro, 52% de agua y 4% de impurezas, es un estabilizador quimico utilizado en vías no pavimentadas para suprimir el polvo y retener la humedad con el unico fin de reducir el deterioro de la base afirmada.	Densidad maxima seca (gr/cm3)	Proctor modificado
		Humedad optima (%)	
<b>Estabilización química con cloruro de sodio</b>	El cloruro de sodio o mas conocido como sal, esta compuesto por 98% de cloruro de sodio y 2% de arcillas y limos, es un estabilizador quimico utilizado en vías no pavimentadas para suprimir el polvo y retener la humedad con el unico fin de reducir el deterioro de la base afirmada.	Resistencia al esfuerzo cortante (%)	Relación de soporte de california C.B.R
		Resistencia a la abrasion	Antecedentes pasados de obras estabilizadas quimicamente con cloruro de magnesio y cloruro de sodio
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>Mantenimiento de carretera departamental no pavimentada</b>	Consiste en prevenir y darle solucion a los problemas que se pueda suscitar en una vía conformada por una capa granular o afirmado, suelo estabilizado o terreno natural y consenar su nivel de servicio.	Demanda y/o tipo de trafico	Conteo vehicular
			Clasificacion vehicular
		Orografia	Tipo de orografía
			Rango de pendientes
		Velocidad de diseño	Clasificacion de vía
			Orografia
		Meteorologia	Infor. de precipitaciones de senamhi
			Infor. de temperaturas de senamhi
			Infor. de humedad de senamhi
		Geotecnia	Analisis granulometrico por tamizado
Limites de consistencia			
Contenido de humedad			
Proctor modificado			
			Relación de soporte de california C.B.R

Fuente: Propia.

### 3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Son las actividades de trabajo realizadas para la obtención de información en el presente estudio de investigación.

Tabla N° 04: Técnicas, instrumentos y fuentes de información para la recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Fuente de Información
Observación	Imágenes fotograficas , videos , apuntes	Zona de estudio y/o investigación
Trabajos de campo	Herramientas de campo	Zona de estudio y/o investigación
Trabajos de laboratorio	Ensayos de laboratorio: Proctor modificado, CBR.	Zona de estudio y/o investigación
Trabajos en Gabinete	Formatos de Excel: Protocolos en ensayo, informes fotograficos.	Informacion recolectada en zona de estudio y/o investigación
Aforo vehicular	Guías de observación	Zona de estudio y/o investigación

Fuente: Propia.

### 3.4.1 Observación

Se realizó las evaluaciones iniciales del terreno.



Figura N° 08: Evaluaciones iniciales del terreno.

Fuente: Propia.

### 3.4.2 Trabajos en campo

Se realizó la toma de muestra, en el tramo del km 52+381 – 51+631, se excavó una calicata de 1.50 metros de profundidad y se extrajo 400 kg. de muestra para su estudio.



Figura N° 09: Extracción de muestras.

Fuente: Propia.

### 3.4.3 Trabajos en laboratorio

Se realizó los ensayos iniciales con la muestra patrón los cuales comprenden: Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR.



Figura N° 10: Ensayos de laboratorio.

Fuente: Propia.

#### 3.4.4 Trabajos en gabinete

Se realizó el proceso de datos de los resultados obtenidos de las muestras ensayadas.



Figura N° 11: Laboratorio de suelos.

Fuente: Propia.

#### 3.4.5 Aforo vehicular

Se realizó un estudio de tráfico vehicular, para la clasificación del tipo de carretera.



Figura N° 12: Estudio de tráfico vehicular.

Fuente: Propia.

#### 3.5 Procesamiento y análisis de datos

En el presente estudio de investigación, usaremos los siguientes formatos para el levantamiento de información de campo y análisis de laboratorio.



TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							TOTAL	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>	%
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	SEMANA				
MOTOS												
AUTO												
STATION WAGON												
PICK UP												
PANEL												
RURALCombi												
MICRO												
BUS 2E												
BUS 3E												
CAMION 2E												
CAMION 3E												
CAMION 4E												
SEMI TRAYLER 2S1/2S2												
SEMI TRAYLER 2S3												
SEMI TRAYLER 3S1/3S2												
SEMI TRAYLER >= 3S3												
TRAYLER 2T2												
TRAYLER 2T3												
TRAYLER 3T2												
TRAYLER 3T3												
<b>TOTAL</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00%

Formato N° 02: Formato de resumen del día.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones.

Ahora procederemos a realizar el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA), aplicando la siguiente formula.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

- IMDS es el Índice Medio Diario Semanal
- FC es el Factor de Corrección Estacional.
- \*FC para vehículos ligeros=1.059142.
- \*FC para vehículos pesados=1.017059.

-El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum Vi / 7$$

Dónde:

- Vi: Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

Después de haber obtenido el IMDA, procederemos a obtener el tipo de carretera de bajo volumen de tránsito en la siguiente tabla, según lo

especifica el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Tabla N° 05: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito.

<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>			
<b>CARRETERA DE BVT</b>	<b>IMD PROYECTADO</b>	<b>ANCHO DE CALZADA (M)</b>	<b>ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)</b>
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(\*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(\*\*) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2008).

Tabla N° 06: Tabla de clasificación de caminos según su índice medio diario anual.

Clasificación	Rango de IMDA	Ancho de Calzada	Calidad de vía
<b>Autopista de Primera Clase</b>	Mayor a 6000 vehículos/día	Separador mayor o igual 6 m. 3,60 m de ancho mínimo de carril. 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Autopista de Segunda Clase</b>	Entre 6000 y 4001 vehículos/día	Separador menor a 6 m. 3.6 m de ancho mínimo de carril 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Primera Clase</b>	Entre 4000 y 2001 vehículos/día	3,6 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Segunda Clase</b>	Entre 2000 y 400 vehículos/día	3,3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Tercera Clase</b>	Menor a 400 vehículos/día	3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada o Afirmada
<b>Trocha Carrozable</b>	Menor a 200 vehículos/día	4m de ancho mínimo de carril plazoletas de cruce a cada 500m como mínimo	Vía afirmada o no afirmada

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

### 3.5.2 Según la orografía

Se realizará el estudio orográfico predominante del terreno por donde discurre su trazado, para ello se deberá tener conocimiento de las características de la vía (pendiente máxima y pendiente mínima).

Tabla N° 07: Tabla de clasificación por orografía.

Tipo De Orografía	Rango De Pendientes
Terreno Plano	Menores o iguales a 10%
Terreno Ondulado	Mayores a 10% y menores o iguales a 50%
Terreno Accidentado	Mayores a 50% y menores o iguales a 100%
Terreno Escarpado	Mayores a 100%

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

### 3.5.3 Según la velocidad de diseño

Una vez evaluada las características de la vía y haber obtenido su clasificación según la demanda y orografía, se realizará la elección de la velocidad de diseño en la siguiente tabla.

Tabla N° 08: Tabla de rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

#### 3.5.4 Según la meteorología

Se requiere contar con información suficiente para la conservación vial con la eficiencia necesaria según su funcionalidad y economía.

Por lo cual se viene trabajando con información climática nacional producida por el SENAMHI, con lo que respecta a temperatura, precipitación y humedad.

#### 3.5.5 Según geotecnia

Se realizará el estudio de una muestra representativa de material afirmado en la zona de proyecto.

Practicándose para ello, los siguientes ensayos: Análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia (límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad), Clasificación de suelos por los métodos SUCS y AASHTO, Proctor modificado, California bearing ratio (CBR).

3.5.5.1 Análisis granulométrico por tamizado

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS											
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 204)											
PROYECTO:											
TRAMO:											
MUESTRA:											
FECHA:											
SOLICITANTE:											
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL	=			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=			
2"	50.800						PESO FINO	=			
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO	=			
1"	25.400						LIMITE PLASTICO	=			
3/4"	19.100						I. DE PLASTICIDAD	=			
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO	=		( )	
3/8"	9.520						CLASF. SUCS	=			
1/4"	6.350										
# 4	4.760										
# 8	2.360										
# 10	2.000										
# 16	1.190										
# 20	0.840										
# 30	0.600										
# 40	0.420										
# 60	0.250										
# 80	0.180										
# 100	0.149										
# 200	0.074										
< # 200	FONDO										

CURVA GRANULOMETRICA							
2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	
							100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
100.000      10.000      1.000      0.100      0.010							Abertura (mm)

OBSERVACIONES:
----------------

Formato N° 03: Análisis granulométrico por tamizado.

Fuente: Propia.

## 3.5.5.2 Limites de consistencia

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b>				
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (NORMA MTC E - 110, MTC E - 111)				
<b>PROYECTO:</b>				
<b>TRAMO:</b>				
<b>MUESTRA:</b>				
<b>FECHA:</b>				
<b>SOLICITANTE:</b>				
LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				
LIMITE PLASTICO				
N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
<b>% DE HUMEDAD A 25 GOLPES</b>				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA				
LIMITE LIQUIDO				
LIMITE PLASTICO				
INDICE DE PLASTICIDAD				
<b>OBSERVACIONES:</b>				

Formato N° 04: Limites de consistencia.

Fuente: Propia.

## 3.5.5.3 Proctor modificado

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b>					
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>					
<b>(NORMA MTC E - 115)</b>					
<b>PROYECTO:</b>					
<b>TRAMO:</b>					
<b>MUESTRA:</b>					
<b>FECHA:</b>					
<b>SOLICITANTE:</b>					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)		PESO DEL MOLDE (gr.) :		METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE Nro.					
PESO SUELO HUMEDO + TARA					
PESO SUELOS SECO + TARA					
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA					
PESO DE SUELO SECO					
CONTENIDO DE AGUA					
PESO VOLUMETRICO SECO					
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>		gr/cm <sup>3</sup>	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>		%
<b>GRAFICO DEL PROCTOR</b>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					

Formato N° 05: Proctor modificado.

Fuente: Propia.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS											
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)											
PROYECTO:											
TRAMO:											
MUESTRA:											
FECHA:											
SOLICITANTE:											
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1":</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">0.2":</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1":</td> <td style="text-align: right;">0.2":</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #ffff00;">DATOS DEL PROCTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 70%;">Densidad Seca</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">gr/cc</td> </tr> <tr> <td>Optimo Humedad</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> </tbody> </table>	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1":	0.2":	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1":	0.2":	DATOS DEL PROCTOR		Densidad Seca	gr/cc	Optimo Humedad	%
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1":	0.2":										
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1":	0.2":										
DATOS DEL PROCTOR											
Densidad Seca	gr/cc										
Optimo Humedad	%										
EC = 56 GOLPES	EC = 25 GOLPES	EC = 12 GOLPES									

Formato N° 07: Relación de soporte de californi (CBR).

Fuente: Propia.

#### 3.5.5.5 Abrasión

En cuanto a la resistencia a la abrasión en caminos sometidos a aditivos para su estabilización química, es necesario saber la reacción entre el suelo y el aditivo utilizado, así como su continuidad y los efectos que ocasionaría en la estructura de la vía.

#### 3.5.6 Según técnica

En la parte técnica se debe obtener las bondades y/o beneficios del cloruro de magnesio y cloruro de sodio al ser adicionado a nuestro tipo de suelo.

#### 3.5.7 Según economía

En la parte económica se debe de realizar un presupuesto el cual comprenda la descripción de trabajos y/o partidas las cuales van a estar acompañadas con las cantidades a ejecutar e incluye la unidad de medida.

Con el único fin de elegir un presupuesto modesto y aceptable.

#### 3.5.8 Según social

En la parte social, se debe conocer los beneficios que resultaría al aplicar estos aditivos en el tramo de la carretera en estudio

## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1 Según la demanda y/o tipo de tráfico

Se realizó el estudio y/o análisis de volumen vehicular o volumen de tránsito diario durante los 7 días dentro de las 24 horas, que comienza desde la progresiva 21+560 (empalme con MO 596 – Derivación a Quellaveco) – hasta la progresiva 52+381 (empalme con la carretera asfaltada Toquepala TA 105), el cual comprende una longitud de 30,821 ml. de carretera.

Tabla N° 09: Tráfico vehicular.

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							TOTAL	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>	%
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	SEMANA				
MOTOS	3.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00	2.00	19.00	19.00	1.000	19.00	1.44%
AUTO	39.00	15.00	12.00	13.00	15.00	14.00	30.00	138.00	138.00	1.000	138.00	10.45%
STATION WAGON	15.00	13.00	17.00	16.00	12.00	12.00	25.00	110.00	110.00	1.000	110.00	8.33%
PICK UP	60.00	62.00	58.00	73.00	70.00	60.00	65.00	448.00	448.00	1.000	448.00	33.91%
PANEL	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	4.00	4.00	1.000	4.00	0.30%
RURAL COMBI	20.00	18.00	18.00	19.00	20.00	15.00	22.00	132.00	132.00	1.000	132.00	9.99%
MICRO	12.00	12.00	10.00	15.00	15.00	12.00	15.00	91.00	91.00	1.000	91.00	6.89%
BUS 2E	1.00	2.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00	7.00	1.000	7.00	0.53%
BUS 3E	30.00	25.00	28.00	32.00	30.00	30.00	32.00	207.00	207.00	1.000	207.00	15.67%
CAMION 2E	5.00	4.00	2.00	0.00	0.00	3.00	4.00	18.00	18.00	1.000	18.00	1.36%
CAMION 3E	10.00	10.00	12.00	10.00	11.00	13.00	10.00	76.00	76.00	1.000	76.00	5.75%
CAMION 4E	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	15.00	15.00	1.000	15.00	1.14%
SEMI TRAYLER 2S1/2S2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.00%
SEMI TRAYLER 2S3	0.00	2.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1.000	4.00	0.30%
SEMI TRAYLER 3S1/3S2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	2.00	1.000	2.00	0.15%
SEMI TRAYLER >= 3S3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.00%
TRAYLER 2T2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.00%
TRAYLER 2T3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.00%
TRAYLER 3T2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.00%
TRAYLER 3T3	8.00	6.00	8.00	6.00	7.00	6.00	9.00	50.00	50.00	1.000	50.00	3.79%
<b>TOTAL</b>	<b>206.00</b>	<b>172.00</b>	<b>172.00</b>	<b>190.00</b>	<b>186.00</b>	<b>175.00</b>	<b>220.00</b>		<b>1,321.00</b>		<b>1,321.00</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Propia.

Ahora procederemos a realizar el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA), aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

IMDS representa el Índice Medio Diario Semanal.

FC representa el Factor de Corrección Estacional.

- FC para vehículos ligeros=1.000.
- FC para vehículos pesados=1.000.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Dónde:

$V_i$ : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

$$\text{IMDS} = 1321 / 7$$

$$\text{IMDS} = 188.7143$$

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} * \text{FC}$$

$$\text{IMDA} = 188.7143 * 1.000$$

$$\text{IMDA} = 188.7143$$

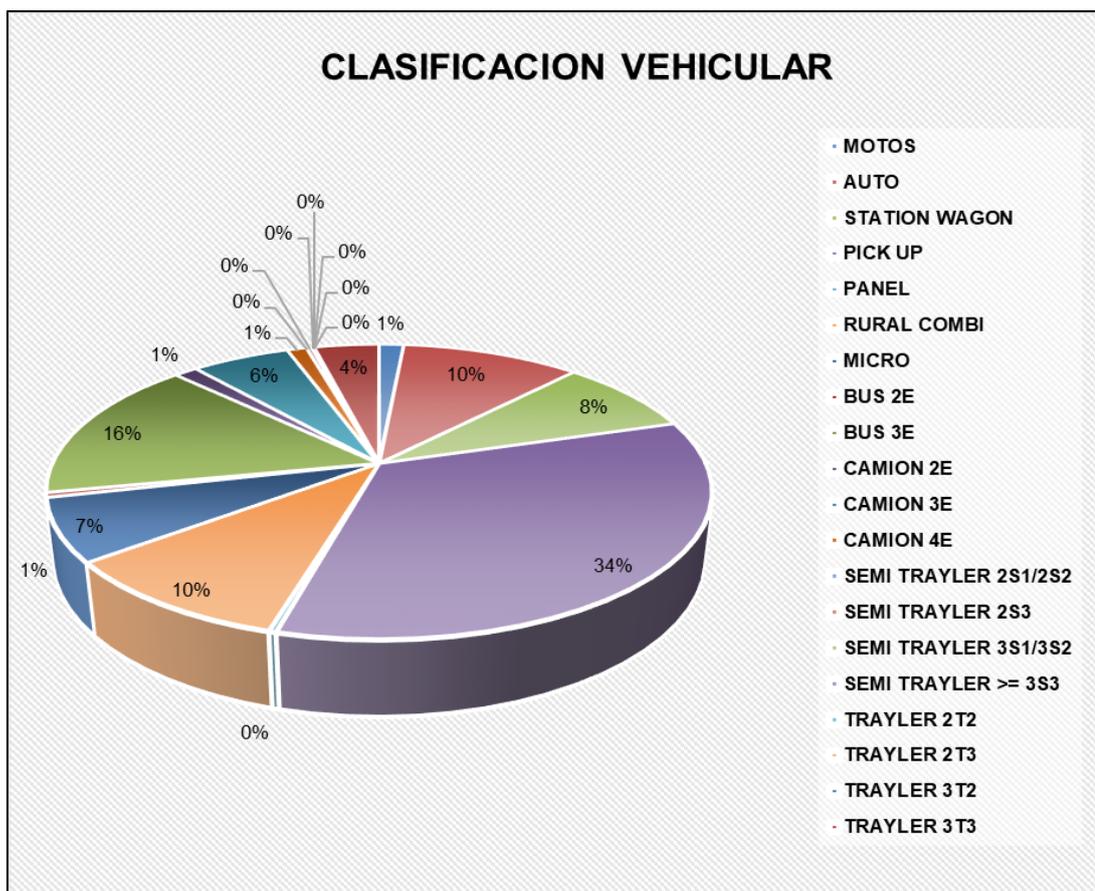


Figura N° 13: Clasificación vehicular.

Fuente: Propia.

Después de haber obtenido el IMDA, procedemos a obtener el tipo de carretera de bajo volumen de tránsito en la siguiente tabla, según lo especificado en el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Tabla N° 10: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito.

<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>			
<b>CARRETERA DE BVT</b>	<b>IMD PROYECTADO</b>	<b>ANCHO DE CALZADA (M)</b>	<b>ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)</b>
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros: perfilado y compactado.
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorado con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(\*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(\*\*) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2008).

Por tener un IMD < a 200 Veh/día, se encuentra clasificada como una carretera de 3ra clase (T3).

Debemos indicar que su clasificación corresponde a una red vial secundaria y su denominación en el Perú es de Sistema Departamental.

Tabla N° 11: Tabla de clasificación de caminos según su índice medio diario anual.

Clasificación	Rango de IMDA	Ancho de Calzada	Calidad de vía
<b>Autopista de Primera Clase</b>	Mayor a 6000 vehículos/día	Separador mayor o igual 6 m. 3,60 m de ancho mínimo de carril. 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Autopista de Segunda Clase</b>	Entre 6000 y 4001 vehículos/día	Separador menor a 6 m. 3.6 m de ancho mínimo de carril 2 o más carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Primera Clase</b>	Entre 4000 y 2001 vehículos/día	3,6 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Segunda Clase</b>	Entre 2000 y 400 vehículos/día	3,3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada
<b>Carretera de Tercera Clase</b>	Menor a 400 vehículos/día	3 m de ancho mínimo de carril 2 carriles por calzada	Vía pavimentada o Afirmada
<b>Trocha Carrozable</b>	Menor a 200 vehículos/día	4m de ancho mínimo de carril plazoletas de cruce a cada 500m como mínimo	Vía afirmada o no afirmada

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

#### 4.2 Según la orografía

Se realizó el estudio orográfico predominante del terreno por donde discurre su trazado, que comienza desde la progresiva 21+560 (empalme con MO 596 – Derivación a Quellaveco) – hasta la progresiva 52+381 (empalme con la carretera asfaltada Toquepala TA 105), el cual comprende una longitud de 30,821 ml. de carretera.

Para lo cual se tuvo en cuenta las características de la vía (pendiente máxima 8.0 %, pendiente mínima 0.5%).

Después de conocer las características de la vía, procedemos a obtener el tipo de orografía, de acuerdo al rango de pendientes en la siguiente

tabla, según lo especificado en el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Tabla N° 12: Tabla de clasificación por orografía.

Tipo De Orografía	Rango De Pendientes
<b>Terreno Plano</b>	Menores o iguales a 10%
<b>Terreno Ondulado</b>	Mayores a 10% y menores o iguales a 50%
<b>Terreno Accidentado</b>	Mayores a 50% y menores o iguales a 100%
<b>Terreno Escarpado</b>	Mayores a 100%

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

Según la tabla, sabemos que el tipo de orografía, para el tramo estudiado es un terreno plano.

#### 4.3 Según la velocidad de diseño

Una vez evaluada las características de la vía y haber obtenido su clasificación según la demanda y orografía, se realizará la elección de la velocidad de diseño en la siguiente tabla, según lo especificado en el manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

Tabla N° 13: Tabla de rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

Según la tabla, sabemos que la velocidad de diseño para el tramo estudiado se encuentra comprendida entre el rango de 40 km/h a 90 km/h.

#### 4.4 Según la meteorología

Se viene trabajando con información climática nacional producida por el SENAMHI, con lo que respecta a temperatura, precipitación y humedad.

El clima del departamento de Moquegua es variado según los pisos de altitud. En la zona estudiada se presenta templado – frío, con fuerte insolación y cielo despejado durante el invierno y abundante nubosidad como también lluvias irregulares durante el verano.

Tabla N° 14: Parámetros meteorológicos de la zona de estudio.

<b>TEMPERATURA DEL AIRE</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Máxima	°C	24
Media	°C	12
Mínima	°C	-4
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>		
Máxima	%	100
Media	%	44
Mínima	%	14
<b>PRECIPITACIONES</b>		
Promedio anual (Mar – Dic)	mm	89
Máxima en 24 horas	mm	120.7
Máxima mensual (10 años)	mm	105

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014).

## 4.5 Según geotecnia

## 4.5.1 Patrón

## 4.5.1.1 Análisis granulométrico por tamizado

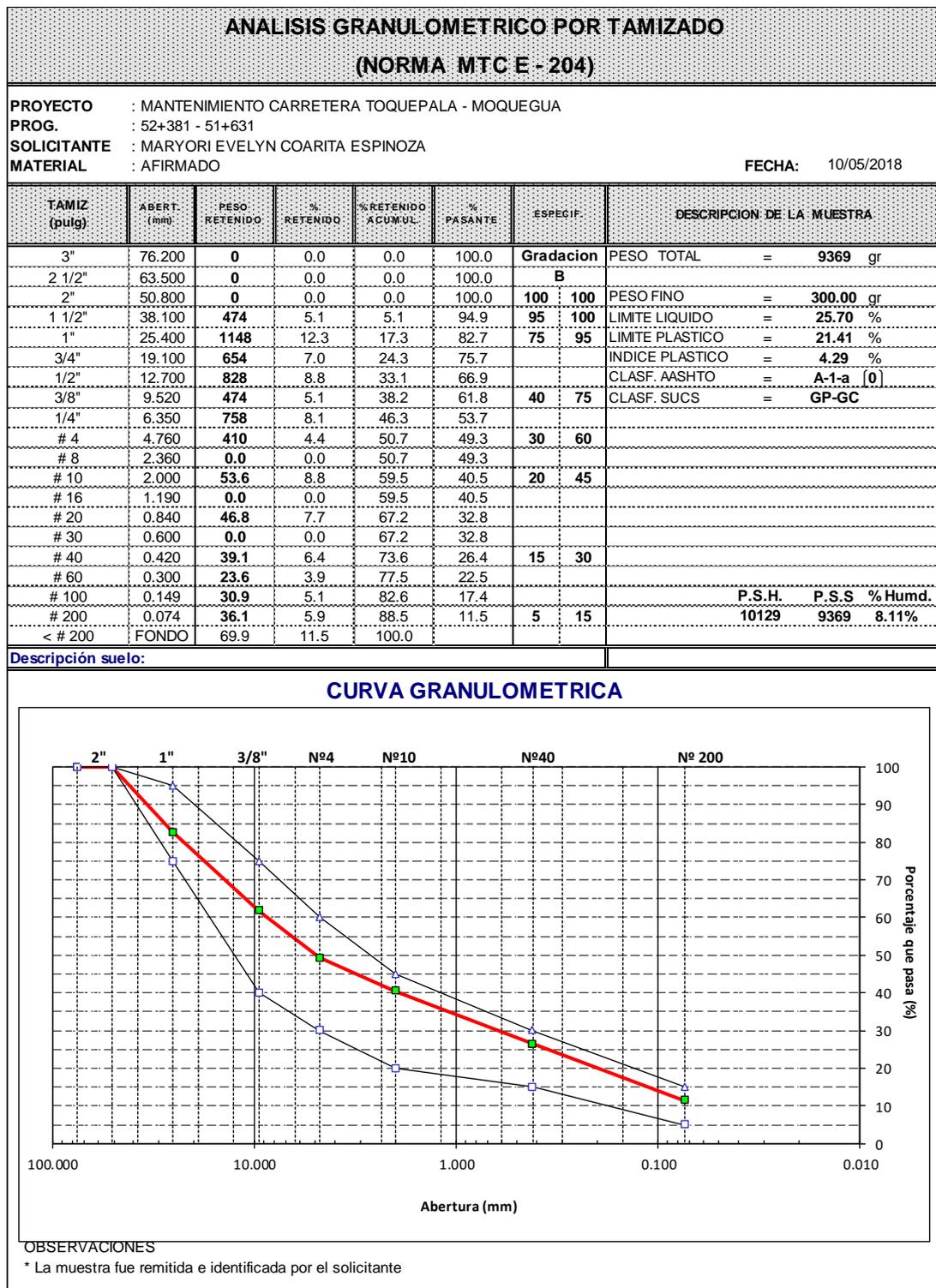


Figura N° 14: Análisis granulométrico por tamizado/Patrón.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

4.5.1.2 Límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad)

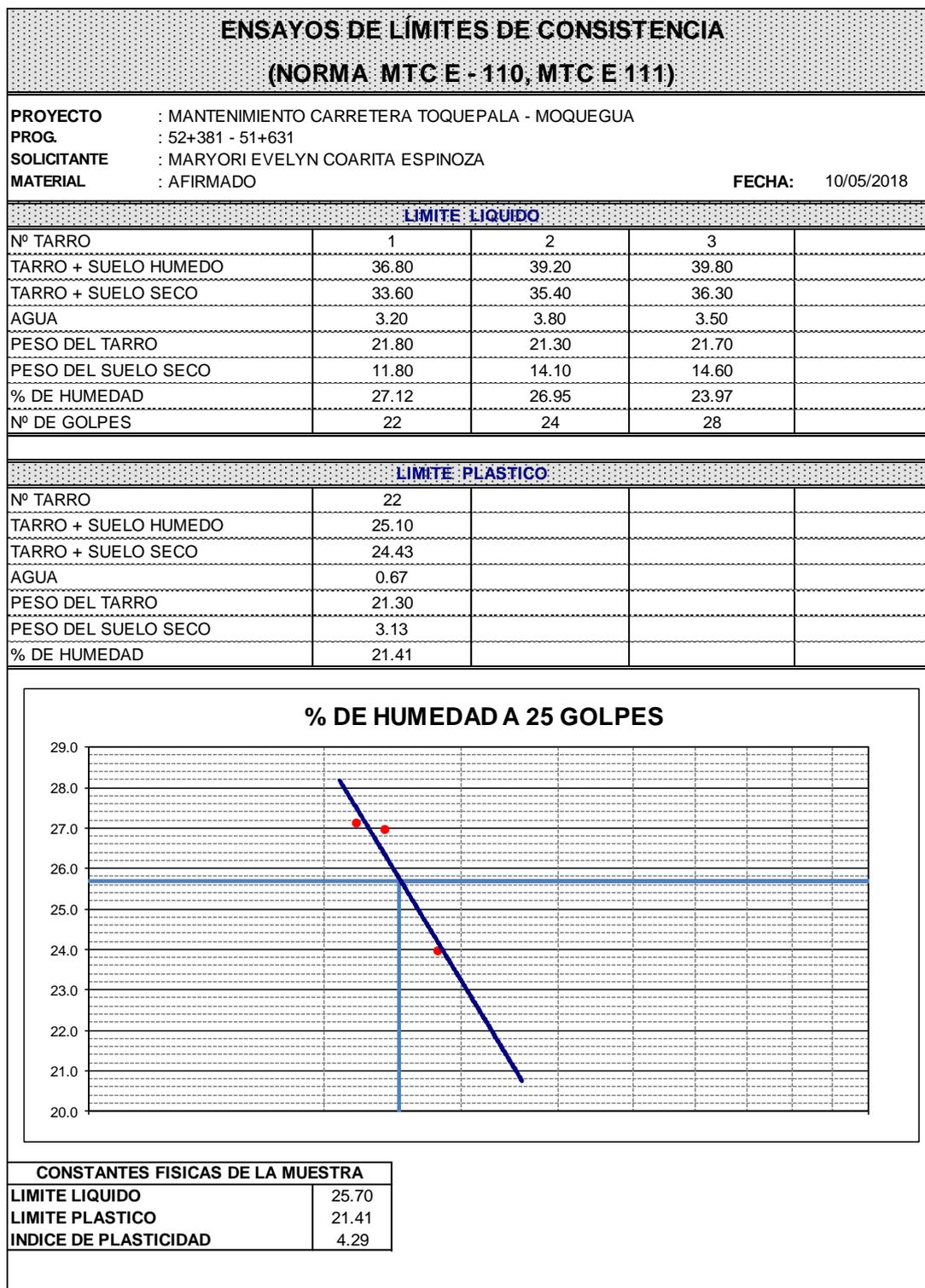


Figura N° 15: Límites de consistencia/Patrón.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.1.3 Proctor modificado

<b>PROCTOR MODIFICADO</b> <b>(NORMA MTC E - 115)</b>																	
<b>PROYECTO</b>	: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA																
<b>PROG.</b>	: 52+381 - 51+631																
<b>SOLICITANTE</b>	: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA																
<b>MATERIAL</b>	: AFIRMADO				<b>FECHA:</b> 10/05/2018												
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	<b>2105</b>	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6732	METODO: "C"												
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4												
PESO SUELO + MOLDE		11138	11274	11436	11358												
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4406	4542	4704	4626												
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.093	2.158	2.235	2.198												
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4												
PESO SUELO HUMEDO + TARA		469.3	549.8	529.8	558.0												
PESO SUELOS SECO + TARA		444.6	513.8	485.2	504.8												
PESO DE LA TARA		75.8	78.9	77.1	76.1												
PESO DE AGUA		24.7	36.0	44.6	53.2												
PESO DE SUELO SECO		368.8	434.9	408.1	428.7												
CONTENIDO DE AGUA		<b>6.70</b>	<b>8.28</b>	<b>10.93</b>	<b>12.41</b>												
PESO VOLUMETRICO SECO		<b>1.962</b>	<b>1.993</b>	<b>2.015</b>	<b>1.955</b>												
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>2.020</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>		<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>10.30 %</b>												
GRAFICO DEL PROCTOR																	
<table border="1" style="display: none;"> <caption>Datos del Gráfico del Proctor</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Densidad Seca (gr/cc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.70</td> <td>1.962</td> </tr> <tr> <td>8.28</td> <td>1.993</td> </tr> <tr> <td>10.30</td> <td>2.020</td> </tr> <tr> <td>10.93</td> <td>2.015</td> </tr> <tr> <td>12.41</td> <td>1.955</td> </tr> </tbody> </table>						Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cc)	6.70	1.962	8.28	1.993	10.30	2.020	10.93	2.015	12.41	1.955
Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cc)																
6.70	1.962																
8.28	1.993																
10.30	2.020																
10.93	2.015																
12.41	1.955																
OBSERVACIONES																	
* La muestra fue remitida e identificada por el solicitante																	

Figura N° 16: Proctor modificado/Patrón.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.1.4 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
PROYECTO		: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA											
PROG.		: 52+381 - 51+631											
SOLICITANTE		: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA											
MATERIAL		: AFIRMADO											
											FECHA: 10/05/2018		
Molde N°	7				8				9				
N° Capa	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO			
Peso molde + Suelo húmedo	19830		19670		19600								
Peso de molde (gr)	15124		15124		15124								
Peso del suelo húmedo (gr)	4706		4546		4476								
Volumen del molde (cc)	2175		2175		2175								
Densidad húmeda (gr/cc)	2.164		2.090		2.058								
% de humedad	7.16		8.88		9.41								
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.019</b>		<b>1.920</b>		<b>1.881</b>								
Tarro N°	-		-		-								
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1077.0		1059.4		1012.0								
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1005.0		973.0		925.0								
Peso del Agua ( gr. )	72.0		86.4		87.0								
Peso del tarro ( gr. )	0.0		0.0		0.0								
Peso del suelo seco ( gr. )	1005.0		973.0		925.0								
% de humedad	7.16		8.88		9.41								
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>7.16</b>		<b>8.88</b>		<b>9.41</b>								
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION (pulg)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		12	3			8	2			3	1		
0.050		37	8			28	6			13	3		
0.075		63	14			55	12			30	7		
0.100	70.3	100	22	47.7	67.8	90	20	29.1	41.5	47	11	15.2	21.7
0.125		157	35			122	27			64	14		
0.150		215	48			150	33			81	18		
0.200	105.5	330	73	102.0	96.6	213	47	58.5	55.4	112	25	30.4	28.8
0.300		576	127			332	74			167	37		
0.400													
0.500													

Figura N° 17: California bearing ratio (CBR)/Patrón.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

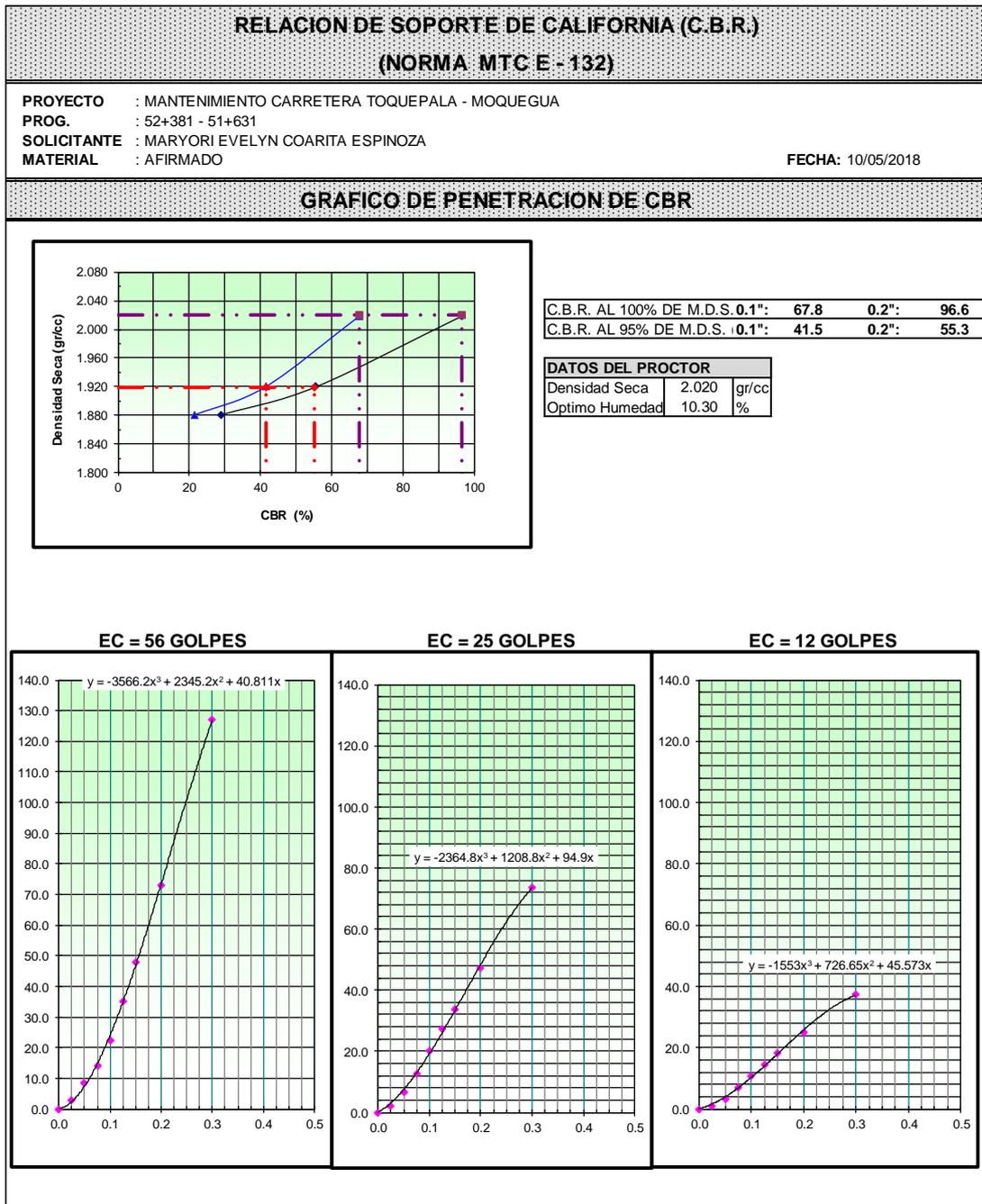


Figura N° 18: California bearing ratio (CBR)/Patrón.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.2 Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (1%)

## 4.5.2.1 Proctor modificado

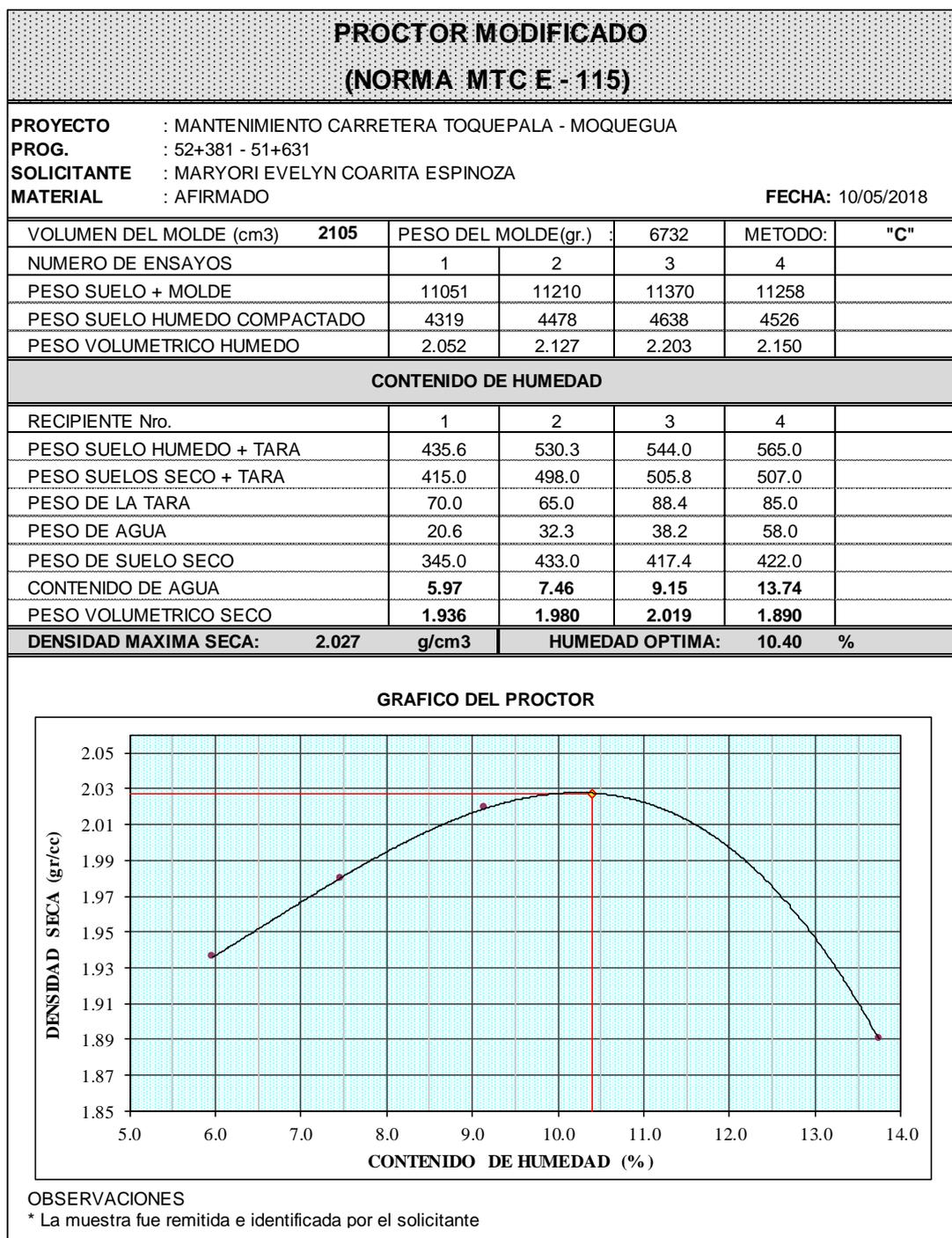


Figura N° 19: Proctor modificado/cloruro de magnesio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.2.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
<b>PROYECTO</b> : MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA <b>PROG.</b> : 52+381 - 51+631 <b>SOLICITANTE</b> : MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA <b>MATERIAL</b> : AFIRMADO <span style="float: right;"><b>FECHA:</b> 10/05/2018</span>													
Molde Nº	7			8			9						
Nº Capa	5			5			5						
Golpes por capa Nº	56			25			12						
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso molde + Suelo húmedo	19890			19680			19680						
Peso de molde (gr)	15124			15124			15124						
Peso del suelo húmedo (gr)	4766			4556			4556						
Volumen del molde (cc)	2175			2175			2175						
Densidad húmeda (gr/cc)	2.191			2.095			2.095						
% de humedad	8.12			8.80			10.64						
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.026</b>			<b>1.926</b>			<b>1.894</b>						
Tarro Nº	-			-			-						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1092.0			1076.0			1040.0						
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1010.0			989.0			940.0						
Peso del Agua ( gr. )	82.0			87.0			100.0						
Peso del tarro ( gr. )	0.0			0.0			0.0						
Peso del suelo seco ( gr. )	1010.0			989.0			940.0						
% de humedad	8.12			8.80			10.64						
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>8.12</b>			<b>8.80</b>			<b>10.64</b>						
<b>EXPANSION</b>													
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>			
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
<b>PENETRACION</b> (pu/g)	<b>CARGA</b> STAND. kg/cm2	<b>MOLDE Nº 7</b>				<b>MOLDE Nº 8</b>				<b>MOLDE Nº 9</b>			
		<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>		
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		27	6			17	4			10	3		
0.050		49	11			35	8			20	5		
0.075		75	17			62	14			38	9		
0.100	70.3	108	24	49.7	70.7	98	24	30.2	43.0	58	13	14.8	21.1
0.125		171	38			130	29			69	16		
0.150		232	52			158	35			90	20		
0.200	105.5	360	80	104.8	99.4	220	52	60.0	56.9	119	27	29.4	27.9
0.300		598	132			343	76			173	39		
0.400													
0.500													

Figura Nº 20: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

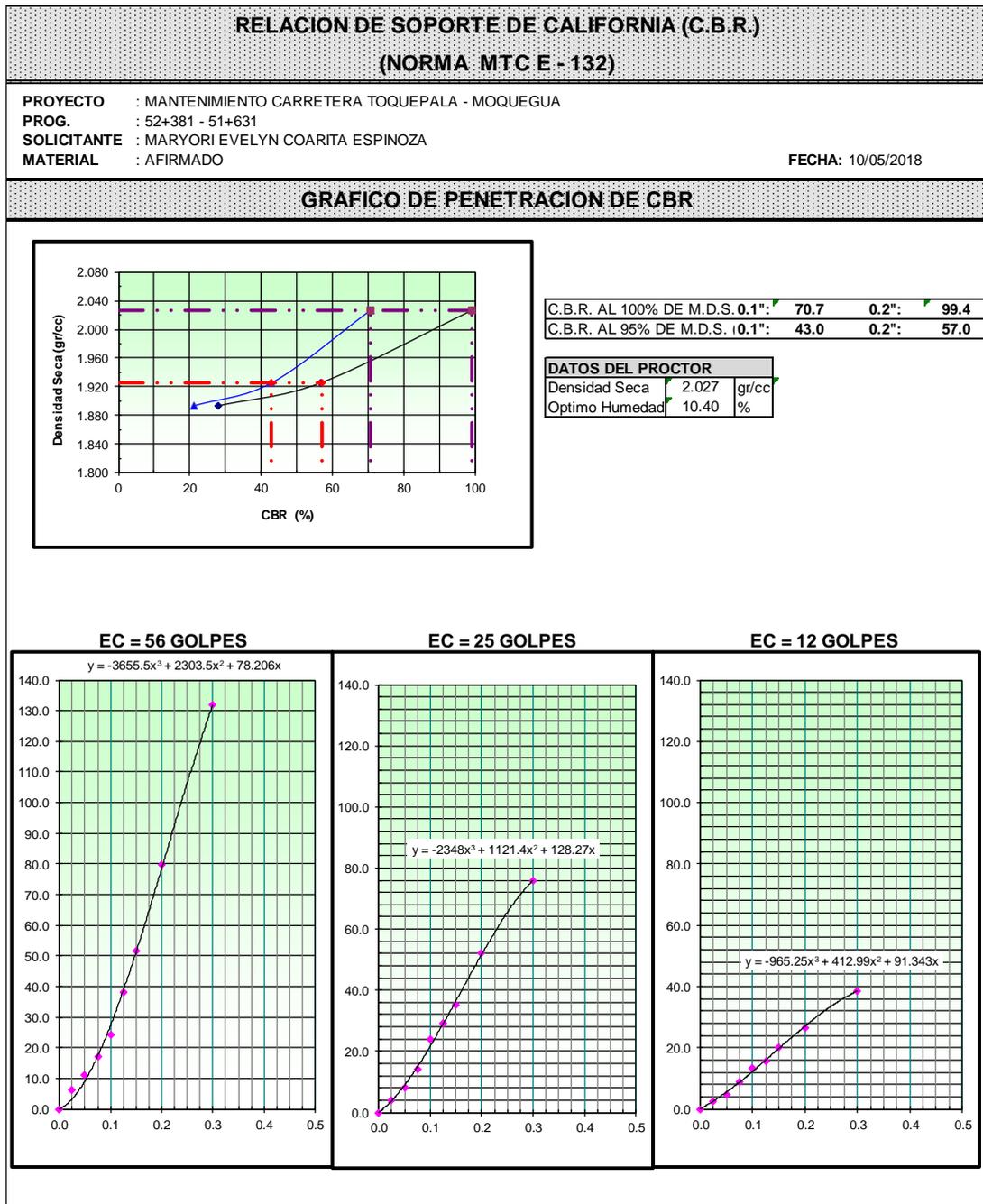


Figura N° 21: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.3 Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (3%)

## 4.5.3.1 Proctor modificado

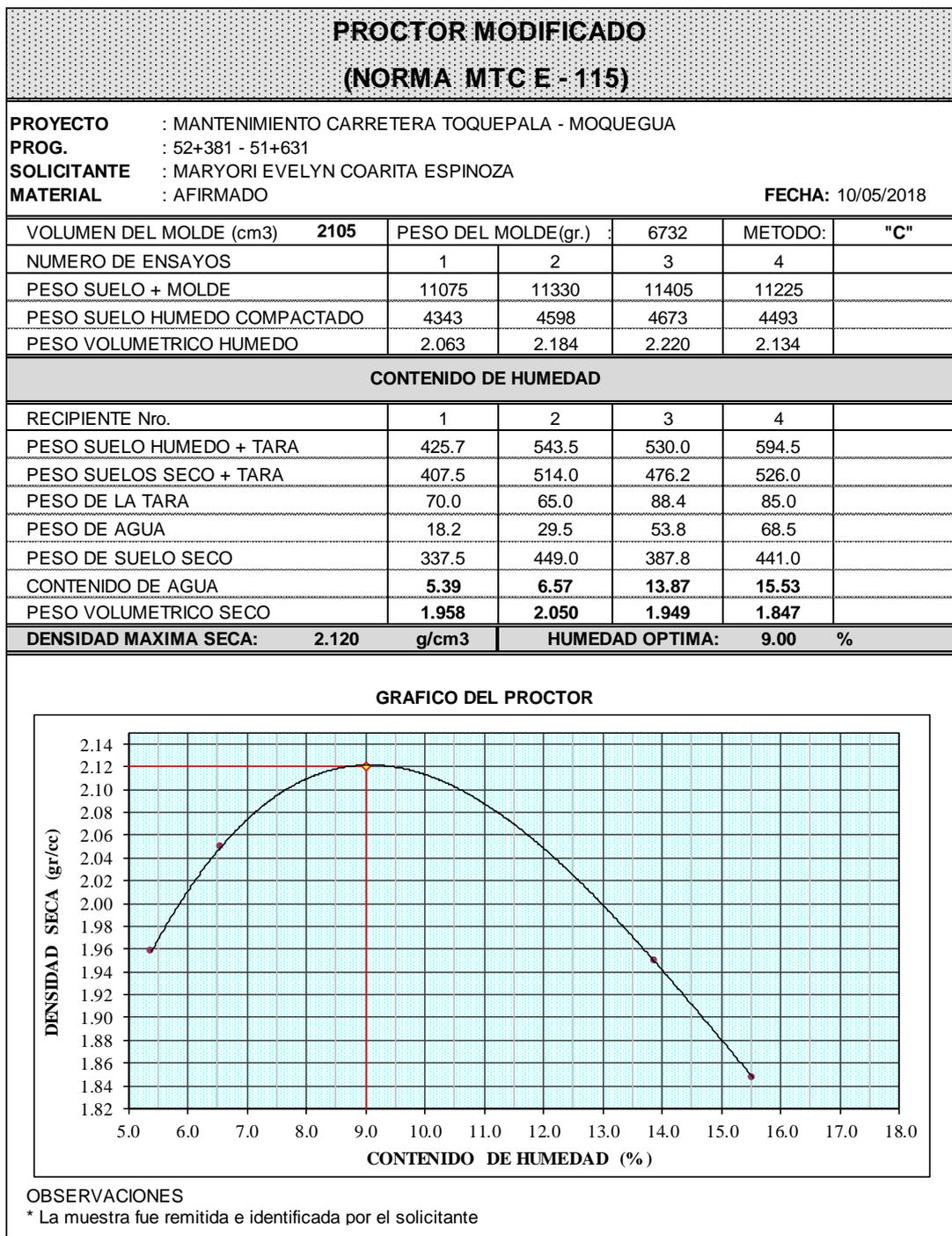


Figura N° 22: Proctor modificado/cloruro de magnesio 3%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.3.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
PROYECTO		: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA											
PROG.		: 52+381 - 51+631											
SOLICITANTE		: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA											
MATERIAL		: AFIRMADO											
												FECHA: 10/05/2018	
Molde N°	7				8				9				
N° Capa	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		
Peso molde + Suelo húmedo	20205			19800			19850						
Peso de molde (gr)	15124			15124			15124						
Peso del suelo húmedo (gr)	5081			4676			4726						
Volumen del molde (cc)	2175			2175			2175						
Densidad húmeda (gr/cc)	2.336			2.150			2.173						
% de humedad	10.18			7.42			9.00						
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.120</b>			<b>2.001</b>			<b>1.994</b>						
Tarro N°	-			-			-						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1115.0			1071.0			1090.0						
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1012.0			997.0			1000.0						
Peso del Agua ( gr. )	103.0			74.0			90.0						
Peso del tarro ( gr. )	0.0			0.0			0.0						
Peso del suelo seco ( gr. )	1012.0			997.0			1000.0						
% de humedad	10.18			7.42			9.00						
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>10.18</b>			<b>7.42</b>			<b>9.00</b>						
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION (pulg)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		22	5			17	4			13	3		
0.050		42	10			38	9			21	5		
0.075		65	15			63	14			38	9		
0.100	70.3	112	25	52.3	74.4	100	22	27.4	39.0	58	13	14.6	20.8
0.125		168	37			128	29			71	16		
0.150		220	49			161	36			89	20		
0.200	105.5	370	82	108.3	102.6	215	48	55.7	52.8	120	27	29.2	27.7
0.300		590	130			348	77			178	40		
0.400													
0.500													

Figura N° 23: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 3%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

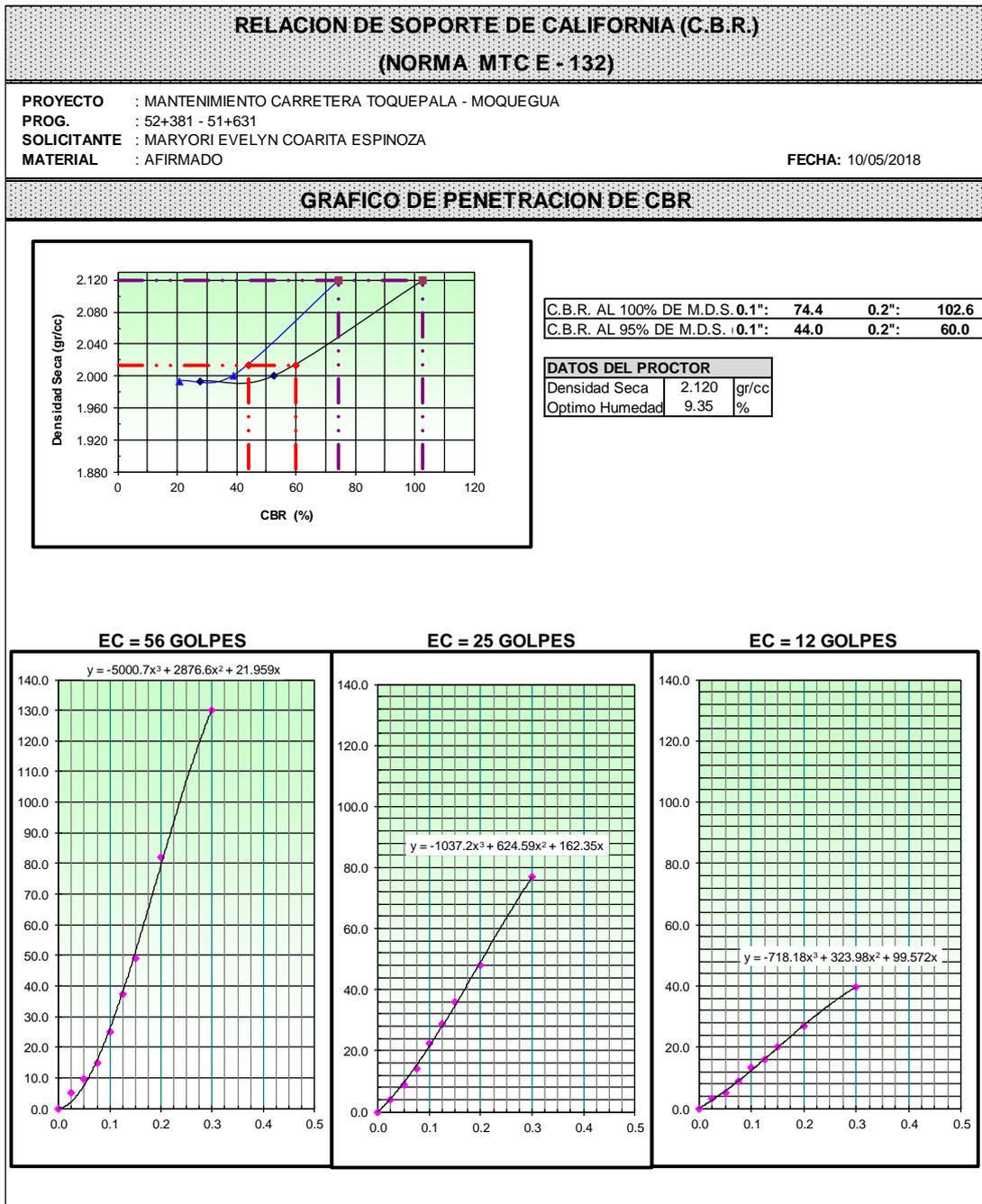


Figura N° 24: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 3%.  
 Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.4 Con Cloruro de magnesio y/o bischofita (5%)

## 4.5.4.1 Proctor modificado

<b>PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E - 115)</b>					
<b>PROYECTO</b>	: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA				
<b>PROG.</b>	: 52+381 - 51+631				
<b>SOLICITANTE</b>	: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA				
<b>MATERIAL</b>	: AFIRMADO				<b>FECHA:</b> 10/05/2018
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	<b>2105</b>	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6732	METODO: "C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11045	11288	11417	11235	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4313	4556	4685	4503	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.049	2.164	2.226	2.139	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	440.2	560.0	549.0	584.3	
PESO SUELOS SECO + TARA	417.1	525.7	501.1	522.3	
PESO DE LA TARA	71.0	65.5	88.4	85.0	
PESO DE AGUA	23.0	34.3	47.9	61.0	
PESO DE SUELO SECO	346.1	460.2	412.7	437.3	
CONTENIDO DE AGUA	<b>6.65</b>	<b>7.45</b>	<b>11.61</b>	<b>13.95</b>	
PESO VOLUMETRICO SECO	<b>1.921</b>	<b>2.014</b>	<b>1.994</b>	<b>1.877</b>	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>2.080</b>	<b>g/cm3</b>	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>8.80</b>	<b>%</b>
GRAFICO DEL PROCTOR					
<p>El gráfico muestra una curva parábola invertida que relaciona la densidad seca (eje Y, de 1.82 a 2.14 gr/cc) con el contenido de humedad (eje X, de 5.0 a 18.0 %). Se han trazado los puntos de ensayo y se ha conectado con una línea curva. Una línea horizontal roja indica la densidad máxima seca de 2.080 gr/cc, y una línea vertical roja indica la humedad óptima de 8.80%.</p>					
OBSERVACIONES					
* La muestra fue remitida e identificada por el solicitante					

Figura N° 25: Proctor modificado/cloruro de magnesio 5%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.4.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
<b>PROYECTO</b>		: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA											
<b>PROG.</b>		: 52+381 - 51+631											
<b>SOLICITANTE</b>		: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA											
<b>MATERIAL</b>		: AFIRMADO											
											<b>FECHA:</b> 10/05/2018		
Molde N°	7				8				9				
N° Capa	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO			
Peso molde + Suelo húmedo	19992				19820				19890				
Peso de molde (gr)	15124				15124				15124				
Peso del suelo húmedo (gr)	4868				4696				4766				
Volumen del molde (cc)	2175				2175				2175				
Densidad húmeda (gr/cc)	2.238				2.159				2.191				
% de humedad	7.21				9.87				12.38				
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.087</b>				<b>1.965</b>				<b>1.950</b>				
Tarro N°	-				-				-				
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1190.0				1080.0				1180.0				
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1110.0				983.0				1050.0				
Peso del Agua ( gr. )	80.0				97.0				130.0				
Peso del tarro ( gr. )	0.0				0.0				0.0				
Peso del suelo seco ( gr. )	1110.0				983.0				1050.0				
% de humedad	7.21				9.87				12.38				
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>7.21</b>				<b>9.87</b>				<b>12.38</b>				
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION (pulg)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
0.000		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.025		0	0			0	0			0	0		
0.050		18	4			15	4			10	3		
0.075		37	8			34	8			18	4		
0.100	70.3	62	14			60	14			34	8		
0.125		115	26	51.3	73.0	89	20	27.4	38.9	56	13	14.3	20.3
0.150		162	36			122	27			68	15		
0.200	105.5	214	48			152	34			78	18		
0.300		360	80	106.0	100.5	210	47	55.7	52.8	117	26	28.7	27.2
0.400		575	127			338	75			171	38		
0.500													

Figura N° 26: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 5%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

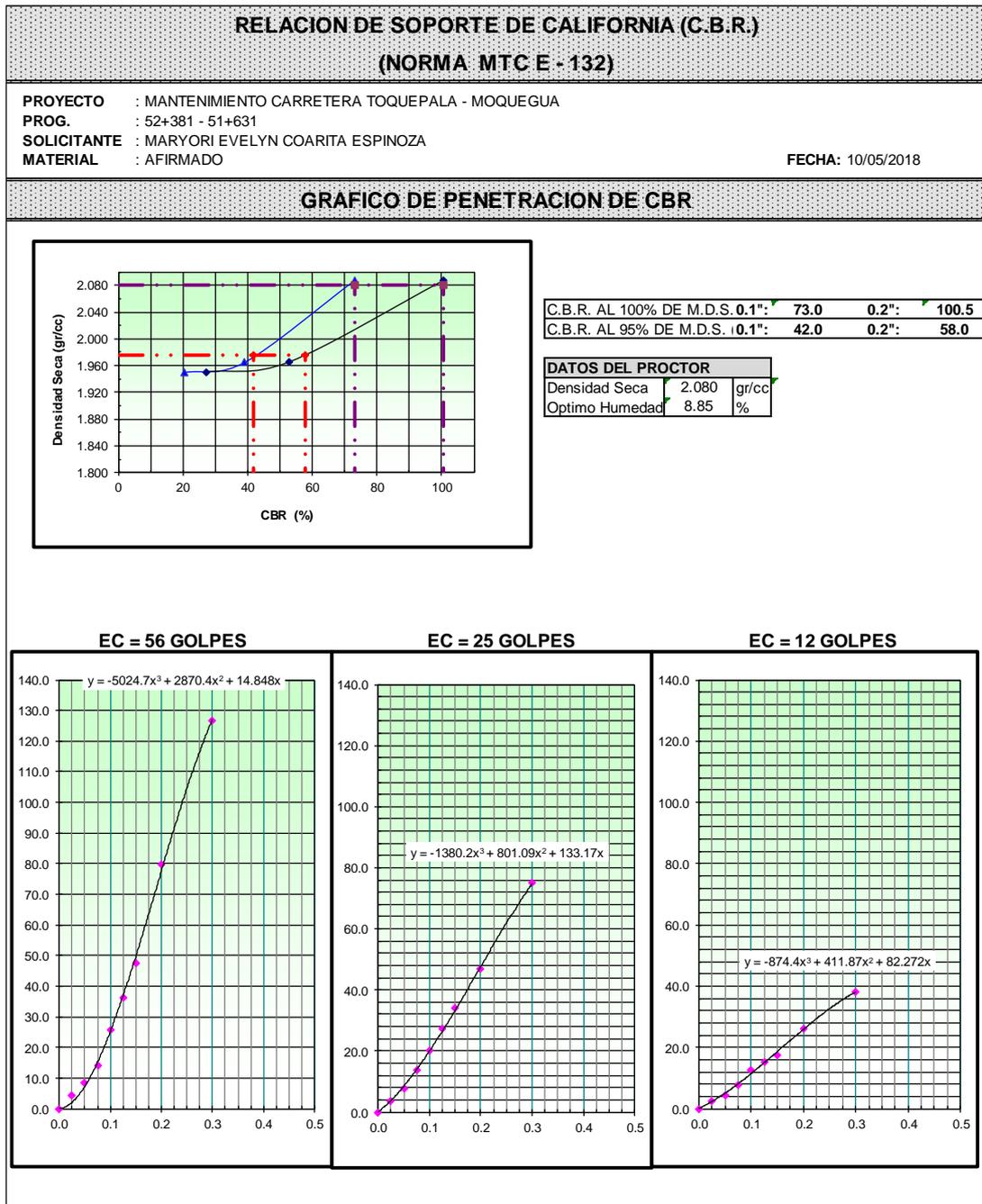


Figura N° 27: California bearing ratio (CBR)/cloruro de magnesio 5%.  
 Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.5 Con Cloruro de sodio y/o sal (1%)

## 4.5.5.1 Proctor modificado

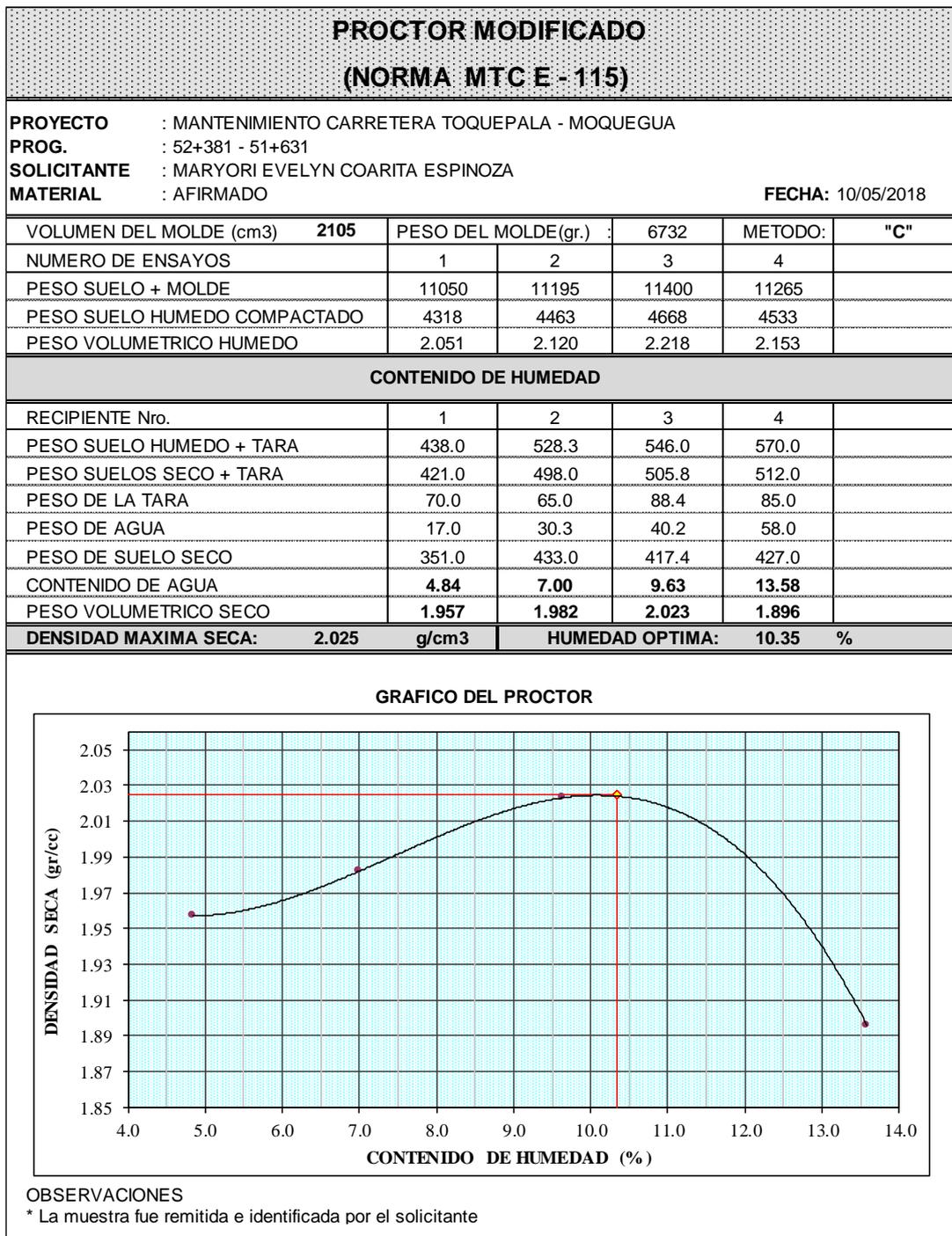


Figura N° 28: Proctor modificado/cloruro de sodio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.5.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
<b>PROYECTO</b> : MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA <b>PROG.</b> : 52+381 - 51+631 <b>SOLICITANTE</b> : MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA <b>MATERIAL</b> : AFIRMADO <span style="float: right;"><b>FECHA:</b> 10/05/2018</span>													
Molde N°	7				8				9				
N° Capa	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso molde + Suelo húmedo	19860				19675				19620				
Peso de molde (gr)	15124				15124				15124				
Peso del suelo húmedo (gr)	4736				4551				4496				
Volumen del molde (cc)	2175				2175				2175				
Densidad húmeda (gr/cc)	2.177				2.092				2.067				
% de humedad	7.46				8.80				9.67				
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.026</b>				<b>1.923</b>				<b>1.885</b>				
Tarro N°	-				-				-				
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1080.0				1076.0				1032.0				
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1005.0				989.0				941.0				
Peso del Agua ( gr. )	75.0				87.0				91.0				
Peso del tarro ( gr. )	0.0				0.0				0.0				
Peso del suelo seco ( gr. )	1005.0				989.0				941.0				
% de humedad	7.46				8.80				9.67				
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>7.46</b>				<b>8.80</b>				<b>9.67</b>				
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
PENETRACION													
PENETRACION (pu/g)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
0.000		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.025		0	0			0	0			0	0		
0.050		16	4			10	3			5	1		
0.075		42	10			30	7			15	4		
0.100	70.3	68	15	48.1	68.4	58	13	28.9	41.1	33	8	14.9	21.2
0.125		162	36			125	28			65	15		
0.150		220	49			153	34			83	19		
0.200	105.5	340	75	102.1	96.8	215	48	58.1	55.1	115	26	31.1	29.5
0.300		580	128			335	74			170	38		
0.400													
0.500													

Figura N° 29: California bearing ratio (CBR) /cloruro de sodio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

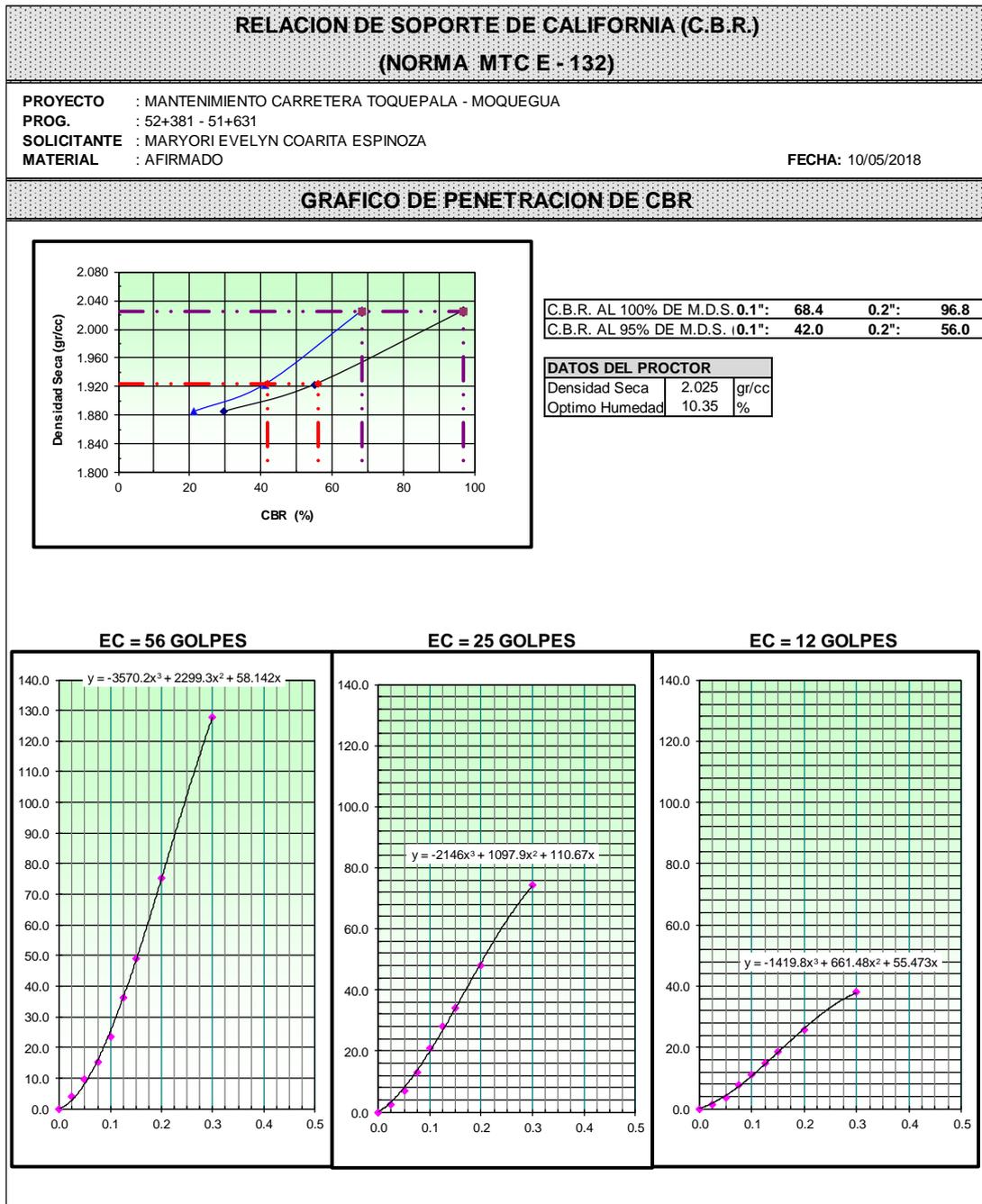


Figura N° 30: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 1%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.6 Con Cloruro de sodio y/o sal (3%)

## 4.5.6.1 Proctor modificado

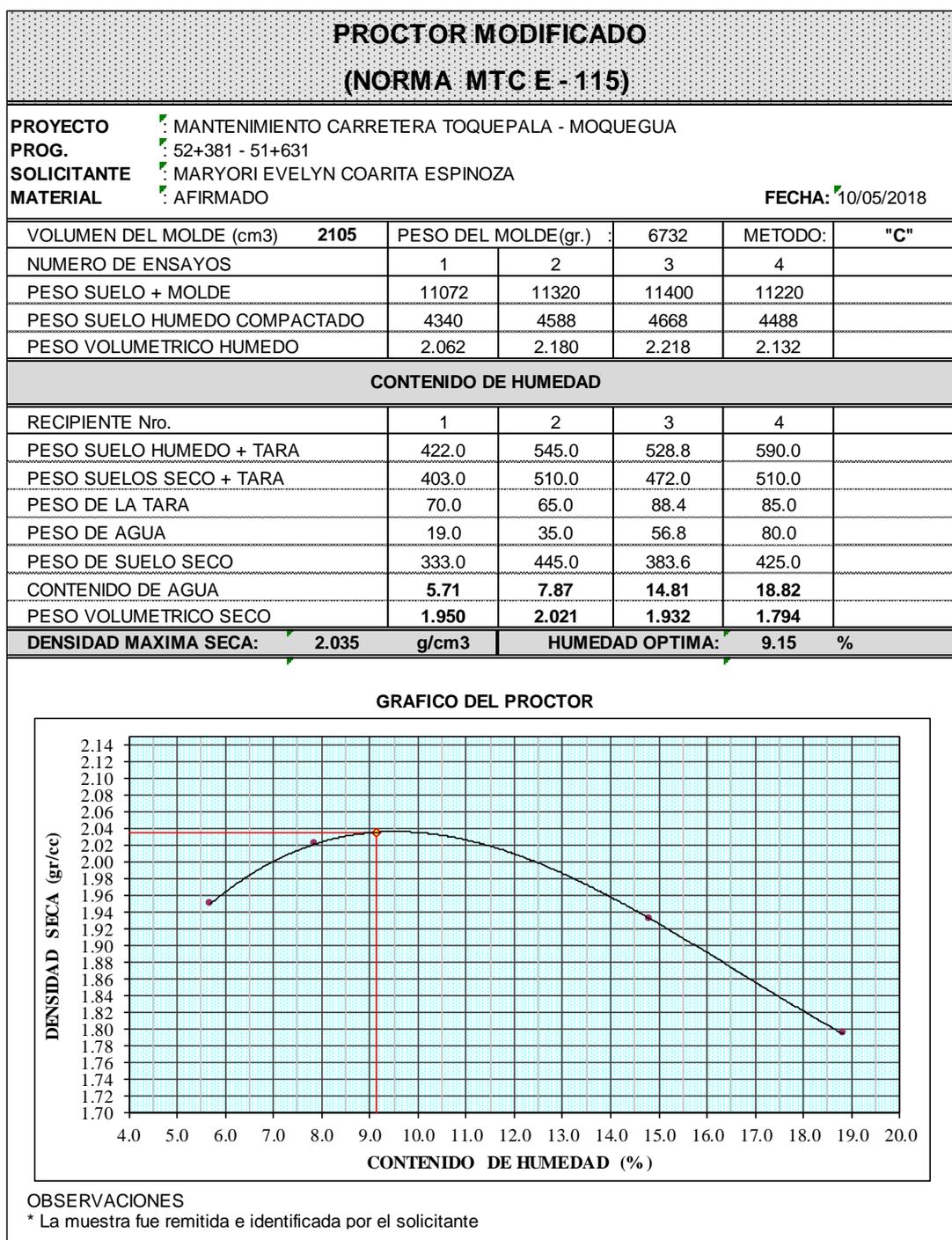


Figura N° 31: Proctor modificado/cloruro de sodio 3%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.6.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
<b>PROYECTO</b>		: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA											
<b>PROG.</b>		: 52+381 - 51+631											
<b>SOLICITANTE</b>		: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA											
<b>MATERIAL</b>		: AFIRMADO											
											<b>FECHA:</b> 10/05/2018		
Molde Nº	7			8			9						
Nº Capa	5			5			5						
Golpes por capa Nº	56			25			12						
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso molde + Suelo húmedo	19890			19690			19640						
Peso de molde (gr)	15124			15124			15124						
Peso del suelo húmedo (gr)	4766			4566			4516						
Volumen del molde (cc)	2175			2175			2175						
Densidad húmeda (gr/cc)	2.191			2.099			2.076						
% de humedad	7.92			9.38			10.26						
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.030</b>			<b>1.919</b>			<b>1.883</b>						
Tarro Nº	-			-			-						
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1090.0			1085.0			1042.0						
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1010.0			992.0			945.0						
Peso del Agua ( gr. )	80.0			93.0			97.0						
Peso del tarro ( gr. )	0.0			0.0			0.0						
Peso del suelo seco ( gr. )	1010.0			992.0			945.0						
% de humedad	7.92			9.38			10.26						
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>7.92</b>			<b>9.38</b>			<b>10.26</b>						
<b>EXPANSION</b>													
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>			
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
<b>PENETRACION (pulg)</b>	<b>CARGA STAND.</b>	<b>MOLDE Nº 7</b>				<b>MOLDE Nº 8</b>				<b>MOLDE Nº 9</b>			
		<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>		
	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		18	4			14	3			12	3		
0.050		38	9			36	8			20	5		
0.075		64	14			62	14			36	8		
0.100	70.3	100	22	50.9	72.4	94	21	27.7	39.3	55	12	14.0	20.0
0.125		160	36			125	28			68	15		
0.150		204	45			160	36			85	19		
0.200	105.5	358	79	105.4	99.9	212	47	56.0	53.1	117	26	29.0	27.4
0.300		568	125			340	75			174	42		
0.400													
0.500													

Figura Nº 32: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 3%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

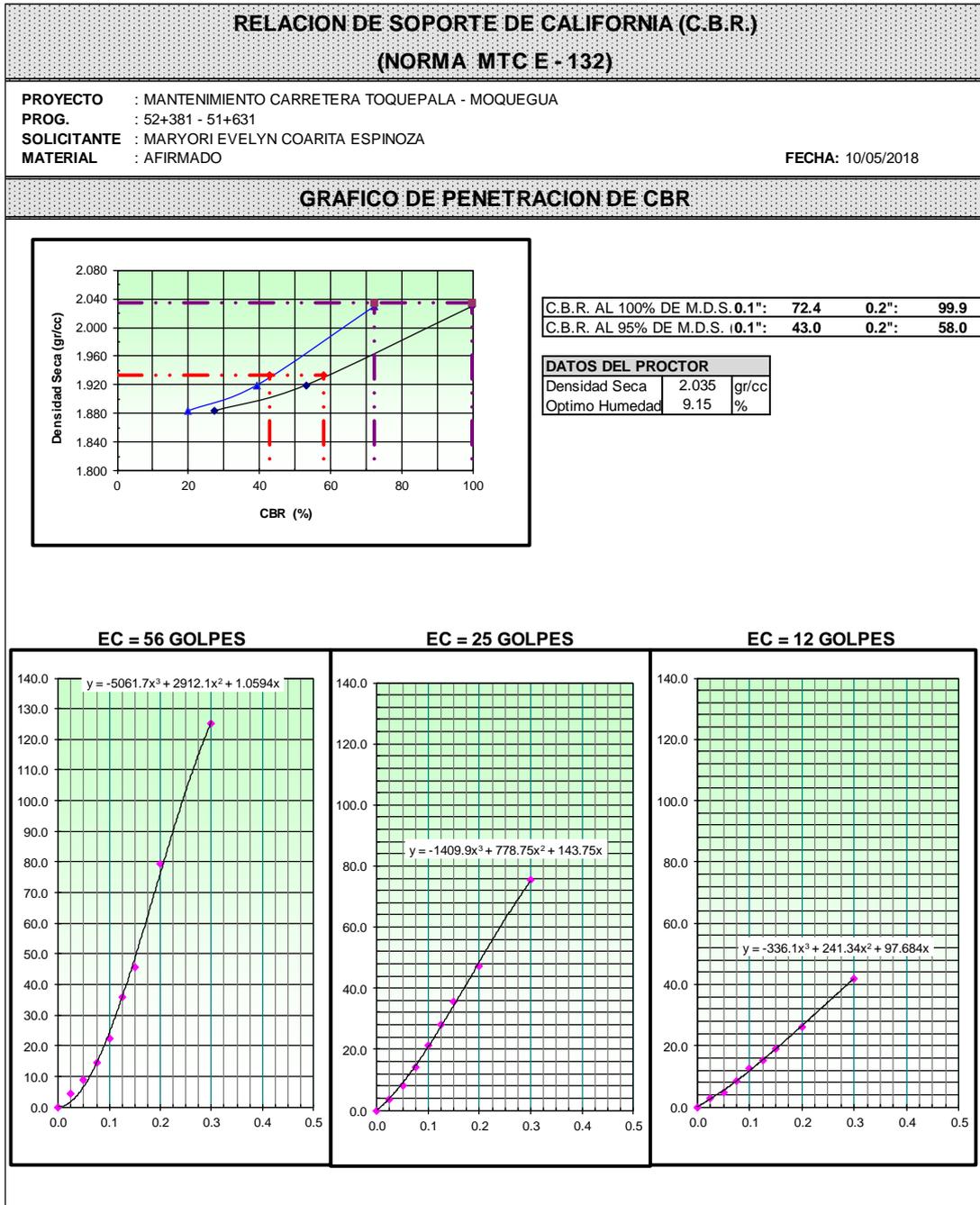


Figura N° 33: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 3%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.7 Con Cloruro de sodio y/o sal (5%)

## 4.5.7.1 Proctor modificado

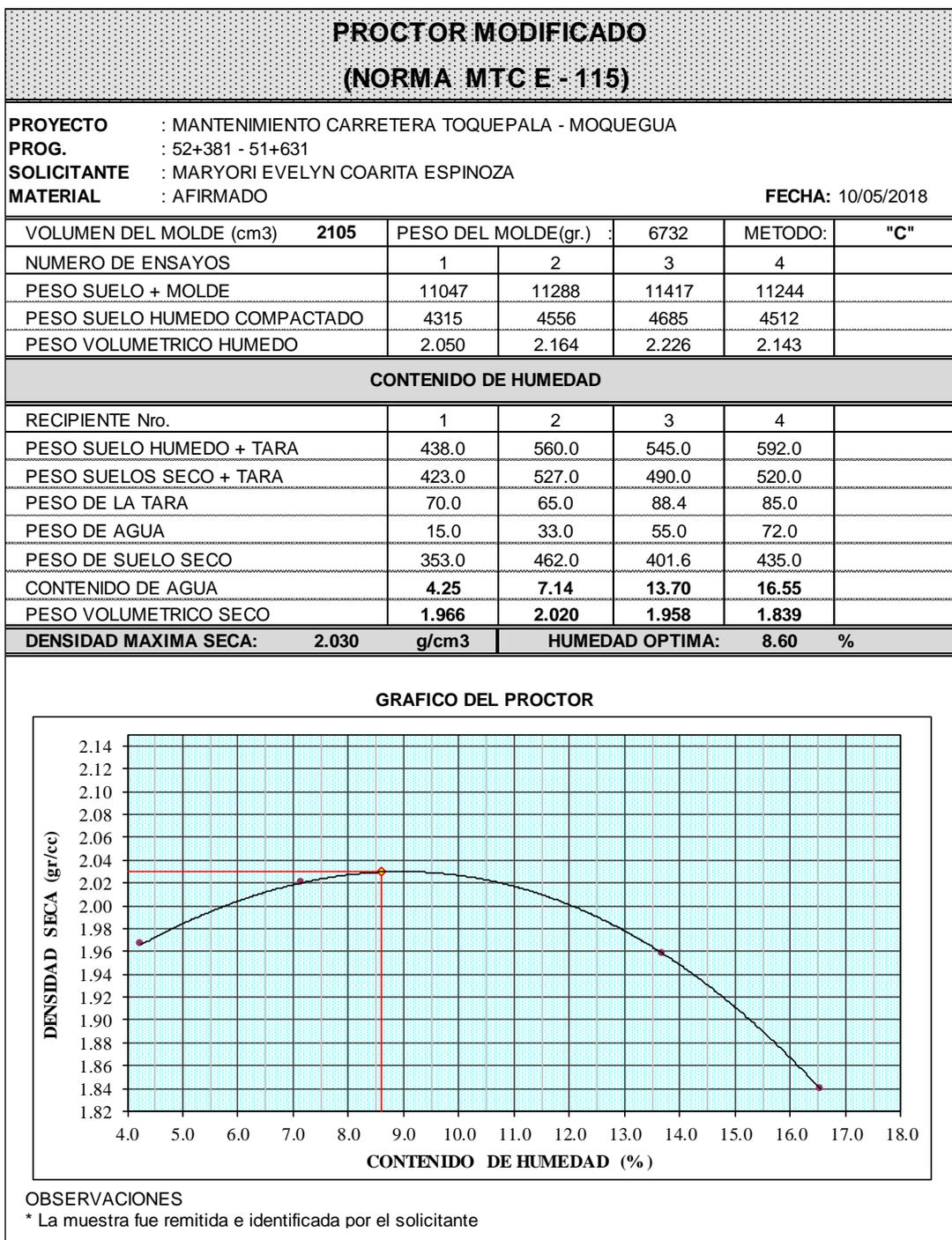


Figura N° 34: Proctor modificado/cloruro de sodio 5%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

## 4.5.7.2 California bearing ratio (CBR)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E - 132)													
<b>PROYECTO</b>		: MANTENIMIENTO CARRETERA TOQUEPALA - MOQUEGUA											
<b>PROG.</b>		: 52+381 - 51+631											
<b>SOLICITANTE</b>		: MARYORI EVELYN COARITA ESPINOZA											
<b>MATERIAL</b>		: AFIRMADO											
											<b>FECHA:</b> 10/05/2018		
Molde Nº	7				8				9				
Nº Capa	5				5				5				
Golpes por capa Nº	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso molde + Suelo húmedo	19900				19700				19680				
Peso de molde (gr)	15124				15124				15124				
Peso del suelo húmedo (gr)	4776				4576				4556				
Volumen del molde (cc)	2175				2175				2175				
Densidad húmeda (gr/cc)	2.196				2.104				2.095				
% de humedad	8.26				9.42				8.81				
<b>Densidad seca (gr/cc)</b>	<b>2.028</b>				<b>1.923</b>				<b>1.925</b>				
Tarro Nº	-				-				-				
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )	1088.0				1092.0				1050.0				
Tarro + Suelo seco ( gr. )	1005.0				998.0				965.0				
Peso del Agua ( gr. )	83.0				94.0				85.0				
Peso del tarro ( gr. )	0.0				0.0				0.0				
Peso del suelo seco ( gr. )	1005.0				998.0				965.0				
% de humedad	8.26				9.42				8.81				
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>8.26</b>				<b>9.42</b>				<b>8.81</b>				
<b>EXPANSION</b>													
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSION</b>			
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%		
<b><u>NO SATURADO</u></b>													
<b>PENETRACION</b>													
<b>PENETRACION</b> (pulg)	<b>CARGA</b> STAND.	<b>MOLDE Nº 7</b>				<b>MOLDE Nº 8</b>				<b>MOLDE Nº 9</b>			
		<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>	<b>CARGA</b>	<b>CORRECCION</b>				
	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		27	6			17	4			10	3		
0.050		49	11			35	8			20	5		
0.075		73	16			62	14			38	9		
0.100	70.3	97	22	48.9	69.5	98	22	28.5	40.5	58	13	14.8	21.1
0.125		171	38			130	29			69	16		
0.150		230	51			158	35			90	20		
0.200	105.5	351	78	104.1	98.6	220	49	57.4	54.4	119	27	29.4	27.9
0.300		598	132			343	76			173	39		
0.400													
0.500													

Figura Nº 35: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 5%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

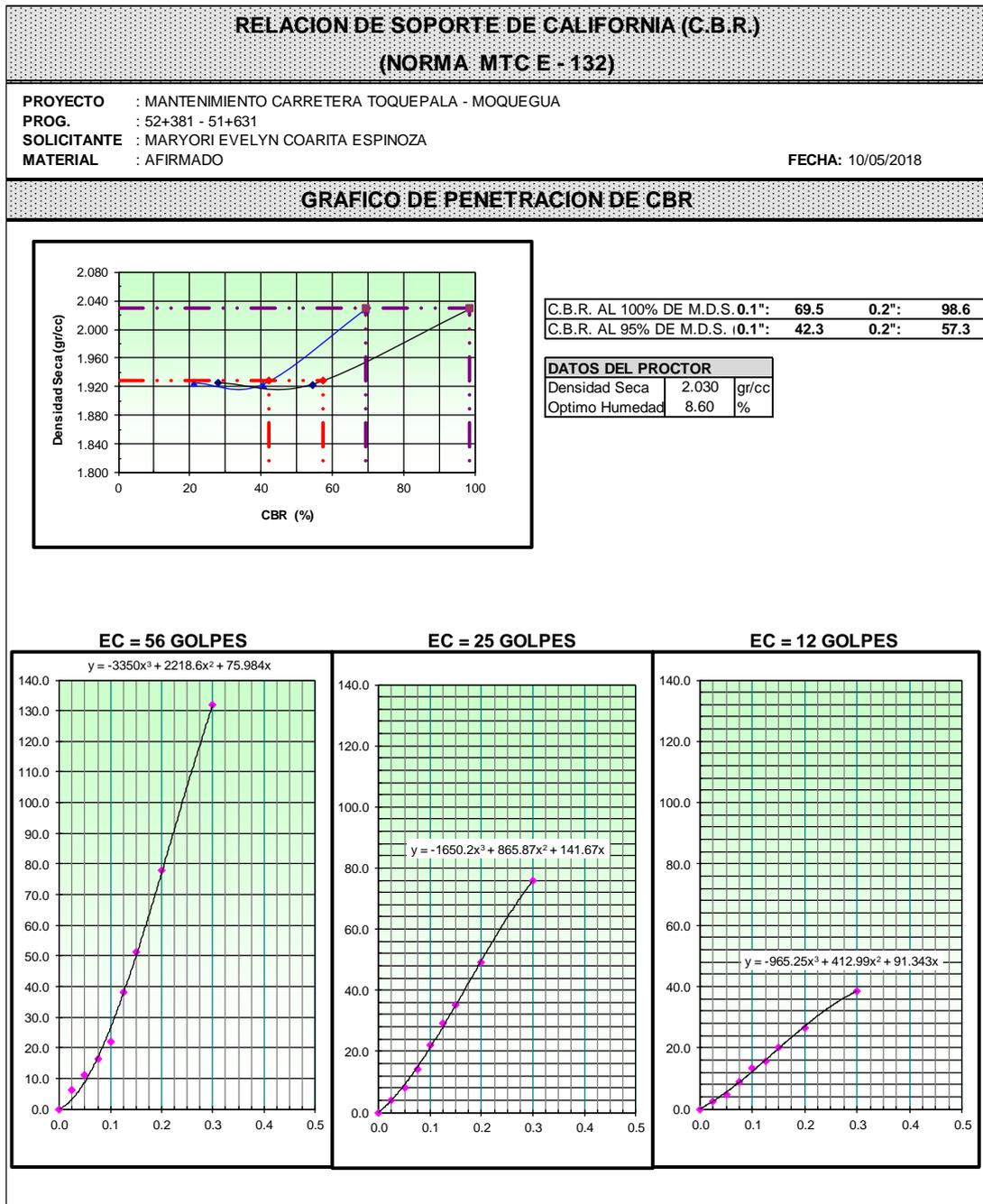


Figura N° 36: California bearing ratio (CBR)/cloruro de sodio 5%.

Fuente: Laboratorio de suelos (Ecop Sac Ingeniería y Construcción).

#### 4.5.8 Abrasión

En el caso del cloruro de magnesio, uno de los efectos que tiene la vía al ser estabilizado, es que mejora el estándar de rodadura de la carpeta: La superficie de rodadura de los caminos tratados con cloruro de magnesio permanece internamente húmeda y cristalizada en la superficie, debido a lo cual el tránsito habitual producirá una acción de compactación adicional, provocando una superficie de rodado suave, lo que mejora la resistencia a la acción abrasiva del tránsito y aumenta la vida útil de los neumáticos, de acuerdo a la ficha técnica de LIPLATA PERÚ S.A. (Ver Anexo 02).

En el caso del cloruro de sodio, se ha tenido en México aplicaciones exitosas, como en las terracerías de las salinas de Guerrero Negro, California, en donde éstas están constituidas por arenas de mar compactadas con agua de mar y cuya condición salina se mantiene siempre constante, pero existen otras experiencias como las de las aeropistas de Loreto e Islas Marías, cuyas bases fueron compactadas con agua de mar y los tratamientos superficiales posteriormente colocados, se han desprendido formando ámpulas que se destruyen fácilmente por los efectos abrasivos de las llantas. (Garnica, Perez, Gomez, & Obil, 2002).

#### 4.6 Según técnica

De acuerdo a los ensayos de suelos realizados, se pudo conocer un notable cambio al adicionar estos dos aditivos químicos en nuestro tipo de suelo.

#### 4.7 Según económica

Según la parte económica antes de realizar la estabilización de la vía, ya sea con el estabilizador químico que favorezca tanto las justificaciones técnicas, económicas y sociales, se debe realizar una reparación en algunos tramos evaluados, según lo expuesto en el capítulo I, de esta presente tesis.

Como se presenta en la descripción del problema, existen tramos que necesitan trabajos de perfilado, reconformación y reposición, también para la evacuación del agua a causa de las lluvias, se debe realizar construcción de cunetas, y reparación de alcantarillas, etc.

Debido a esto, se ha realizado un presupuesto, el cual indica el costo total de la reparación de la vía que comprende los 30.821 km.

Tabla N° 15: Presupuesto para reparación (mantenimiento) de la vía.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD
			<b>A</b>
<b>1.0</b>	<b>PARTIDAS GENERALES</b>		
1.1	Movilización y desmovilización	Glb	1.00
1.2	Trazo y Replanteo Topográfico	km	30.00
1.3	Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial	mes	2.00
1.4	Acceso a Canteras, Depósitos de Material Excedente, Plantas y Fuentes de Agua	km	0.06
<b>2.0</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>2.1</b>	<b>PERFILADO (Trabajos que NO incluyen Relleno)</b>		
2.1.1	Conformación de Plataforma	m2	30,030.70
2.1.2	Remoción de Derrumbes en Talud	m3	4,202.50
2.1.3	Limpieza	Glb	0.30
<b>2.2</b>	<b>RECONFORMACIÓN DE PLATAFORMA</b>		
2.2.1	Escarificado	m2	84,578.81
2.2.2	Conformación de Plataforma con Material Propio de Afirmado	m2	84,578.81
2.2.3	Limpieza	Glb	0.30
<b>2.3</b>	<b>REPOSICIÓN DE AFIRMADO</b>		
2.3.1	Escarificado	m2	54,478.33
2.3.2	Conformación de Plataforma con Material Granular de Préstamo	m2	54,478.33
2.3.3	Compactación de Plataforma	m2	54,478.33
2.3.4	Perfilado de Cunetas	m	14,400.00
<b>2.4</b>	<b>REPARACIÓN DE SITIO INESTABLE (CAUCES DE QUEBRADA)</b>		
2.4.1	Remoción/Retiro de la Capa Granular Deformada	m3	766.30
2.4.2	Colocación de Pedraplenes	m3	-
2.4.3	Reposición de Material Granular Transportado	m3	3,149.69
2.4.4	Colocación de Afirmado	m2	1,495.20
2.4.5	Limpieza	Glb	0.40
<b>3.0</b>	<b>TRANSPORTES</b>		
3.1	Transporte de Material Granular hasta 1 km	m3k	8,171.75
3.2	Transporte de Material Granular y ligante a distancias mayores a 1 km.	m3k	27,586.41
3.3	Transporte de Material Excedente hasta 1 km	m3k	4,202.50
3.4	Transporte de Material Excedente a distancias mayores a 1 km.	m3k	7,465.25
<b>4.0</b>	<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>		
4.1	Señales Informativas	und	2.00
4.2	Señales Regulatorias y Preventivas	und	30.00
<b>5.0</b>	<b>PROGRAMA AMBIENTAL</b>		
<b>5.1</b>	<b>PROGRAMA DE ABANDONO</b>		
5.1.1	Conformación Final de DME	m2	-
5.1.2	Readecuación de Canteras Coluviales	m2	1,000.00
5.1.3	Readecuación de Campamento y Patio de Máquinas	m2	120.00
<b>5.2</b>	<b>PROGRAMA DE MONITOREO</b>		
5.2.1	Monitoreo de Calidad del Aire	pto	1.00
5.2.2	Monitoreo de Calidad del Agua	pto	1.00
5.2.3	Monitoreo de Ruido Ambiental	pto	1.00
5.2.4	Movilización para Monitoreo	mes	1.00
<b>6.0</b>	<b>ARQUEOLOGÍA</b>		
6.1	Protección de Restos Arqueológicos	Glb	1.00
<b>7.0</b>	<b>TRABAJOS ADICIONALES</b>		
<b>7.1</b>	<b>VARIOS</b>		
7.1.1	Instalación, mantenimiento y retiro de facilidades de obra	Glb	1.00
7.1.2	Elaboración de Documentación Técnica	Glb	1.00
7.1.3	Elaboración de Planos As Built	Glb	1.00
7.1.4	Encauzamiento de Lecho de río con Equipo	m3	2,500.00
7.1.5	POLIZA CAR	Glb	1.00
<b>7.2</b>	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>		
7.2.1	Excavación No Clasificada para Estructuras	m3	156.34
7.2.2	Limpieza Manual en Alcantarillas Existentes (Zonas de Ingreso y Salida)	und	13.00
7.2.3	Relleno de Fundaciones	m3	386.03
7.2.4	Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> para Obras de Arte	m3	67.27
7.2.5	Encofrado y Desencofrado	m2	319.77
7.2.6	Acero Corrugado fy = 4,200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	-
7.2.7	Const. Losa con Piedra Emboquillada f'c = 140 kg/cm <sup>2</sup> , e = 0.30 m.	m2	286.48
7.2.8	Suministro e Instalación de Alcantarilla TMC D = 36", E = 2 mm	m	106.00
7.2.9	Suministro e Instalación de Alcantarilla TMC D = 48", E = 2.5 mm	m	121.72
7.2.10	Solado f'c = 100 kg/cm <sup>2</sup> , e = 5 cm.	m2	-
7.2.11	Suministro y colocación de cama de arena	m3	22.45
	<b>SUB TOTAL</b>	US\$	<b>1,748,578.48</b>
	<b>I.G.V.</b>	18%	<b>314,744.13</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>US\$</b>	<b>2,063,322.61</b>

Fuente: Propia.

Ahora bien, de acuerdo a las cotizaciones realizadas a empresas que brindan servicios de trabajos de estabilización tanto para cloruro de magnesio como para cloruro de sodio, se obtuvo la siguiente comparación de precios.

- Riego con cloruro de magnesio

Tabla N° 16: Presupuesto de cloruro de magnesio.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			A	B	C=A x B
<b>2.5</b>	<b>ESTABILIZACIÓN DE AFIRMADO</b>				
2.5.1	Riego con bischofita	m2	202,719.00	1.08	218,936.52
	SUB TOTAL		US\$ 218,936.52		
	I.G.V.		18%		39,408.57
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>US\$ 258,345.09</b>		

Fuente: Propia.

- Riego con cloruro de sodio

Tabla N° 17: Presupuesto de cloruro de sodio.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			A	B	C=A x B
<b>2.5</b>	<b>ESTABILIZACIÓN DE AFIRMADO</b>				
2.5.1	Riego con sal	m2	202,719.00	0.28	56,761.32
	SUB TOTAL		US\$ 56,761.32		
	I.G.V.		18%		10,217.04
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>US\$ 66,978.36</b>		

Fuente: Propia.

#### 4.8 Según social

Se pretende realizar un sistema de transporte vial, debido a que siendo una ruta corta para el ingreso de las minas de SPCC y AAQ, es de uso necesario para el mejoramiento de las actividades económicas a lo largo de la carretera, favoreciendo directamente a las pequeñas poblaciones.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Por evaluación de la demanda y/o tipo de tráfico

Según el manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC. El tipo de tráfico resultante es adecuado para el uso de aditivos químicos convencionales tal es el caso del cloruro de magnesio y cloruro de sodio.

#### 5.2 Por evaluación orográfica

Según el manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014) del MTC, se considera un terreno plano, debido a su pendiente menor al 10%.

#### 5.3 Por evaluación de la velocidad de diseño

Según el manual de carreteras (Diseño geométrico DG-2014) del MTC, la velocidad de diseño para el tramo evaluado se encuentra en el rango de 40 km/h a 90 km/h.

#### 5.4 Por evaluación meteorológica

Según el SENAMHI, la zona evaluada es templado – frío, con fuerte insolación y cielo despejado durante el invierno y abundante nubosidad como también lluvias irregulares durante el verano.

#### 5.5 Por evaluación geotécnica

Tabla N° 18: Granulometría.

GRANULOMETRIA							
GRAVA			ARENA				FINOS
Gruesa	Fina	%Total	Gruesa	Media	Fina	%Total	%Total
3" - 3/4"	3/4" - #4	Grava	#4 - #10	#10 - #40	#40 - #200	Arena	< #200
24.29	26.37	50.66	8.82	14.13	14.90	37.84	11.50

Fuente: Propia.

Tabla N° 19: Descripción del suelo.

LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICO (%)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO
			SUCS	AASHTO	
25.70	21.41	4.29	GP-GC	A-1-a (0)	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)

Fuente: Propia.

Tabla N° 20: Proctor modificado de cloruro de magnesio.

PROCTOR SIN CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO	
MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
2.020	10.300	2.027	10.400	2.120	9.000	2.080	8.800

Fuente: Propia.

Tabla N° 21: CBR de cloruro de magnesio

	CBR SIN CLORURO DE MAGNESIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 1% CLORURO DE MAGNESIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 3% CLORURO DE MAGNESIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 5% CLORURO DE MAGNESIO (2.5 mm - 0.1 pulg)	
0.1"	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
	67.800	41.500	70.700	43.000	74.400	44.000	73.000	42.000
0.2"	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
	96.600	55.300	99.400	57.000	102.600	60.000	100.500	58.000

Fuente: Propia.

Tabla N° 22: Proctor modificado de cloruro de sodio.

PROCTOR SIN CLORURO DE SODIO		PROCTOR CON 1% DE CLORURO DE SODIO		PROCTOR CON 3% DE CLORURO DE SODIO		PROCTOR CON 5% DE CLORURO DE SODIO	
MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
2.020	10.300	2.025	10.350	2.035	9.150	2.030	8.600

Fuente: Propia.

Tabla N° 23: CBR de cloruro de sodio.

	CBR SIN CLORURO DE SODIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 1% CLORURO DE SODIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 3% CLORURO DE SODIO (2.5 mm - 0.1 pulg)		CBR CON 5% CLORURO DE SODIO (2.5 mm - 0.1 pulg)	
0.1"	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
	67.800	41.500	68.400	42.000	72.400	43.000	69.500	42.300
0.2"	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
	96.600	55.300	96.800	56.000	99.900	58.000	98.600	57.300

Fuente: Propia.

## 5.6 Por evaluación técnica

Según evaluación técnica, las siguientes cifras:

- 1.- El ensayo con el 1% tanto para el cloruro de magnesio y cloruro de sodio, presenta solo una mínima variación en concordancia con el ensayo inicial, encabzando al cloruro de magnesio como el resultado mayor.

En el caso del ensayo de proctor, con una máxima densidad seca de 2.027 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 10.400% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una máxima densidad seca de 2.025 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 10.350%.

Para el caso del ensayo de CBR, con una máxima densidad seca de 70.700 al 100% y 43.000 al 95% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una máxima densidad seca de 68.400 al 100% y 42.000 al 95%.

2.- El ensayo con el 3% tanto como para el cloruro de magnesio y cloruro de sodio, presenta una mayor mejora en los resultados en concordancia con el ensayo inicial, encabezando al cloruro de magnesio como el resultado mayor.

En el caso del ensayo de proctor, con una máxima densidad seca de 2.120 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.000% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una máxima densidad seca de 2.035 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 9.150%.

Para el caso del ensayo de CBR, se obtuvo un máximo contenido de humedad de 74.400 al 100% y 44.000 al 95% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una máxima densidad seca de 72.400 al 100% y 43.000 al 95%.

3.- El ensayo con el 5% tanto como para el cloruro de magnesio y cloruro de sodio, presenta una considerable mejora en concordancia con el ensayo inicial, aunque a comparación del ensayo con el 3%, este no supera al segundo punto, encabezando al cloruro de magnesio como el resultado mayor.

En el caso del ensayo de proctor, se obtuvo un máximo contenido de humedad de 2.080 gr/cm<sup>3</sup> y óptimo contenido de humedad de 8.850% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una

máxima densidad seca de 2.030 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 8.600%.

Para el caso del ensayo de CBR, se obtuvo un máximo contenido de humedad de 73.000 al 100% y 42.000 al 95% a comparación del cloruro de sodio que se obtuvo un resultado menor con una máxima densidad seca de 69.500 al 100% y 42.300 al 95%.

De acuerdo a los resultados, se concluye que el cloruro de magnesio mejora notablemente el terreno en estudio.

#### 5.7 Por evaluación económica

Según la evaluación económica, y lo indicado en el capítulo IV de resultados, según la vía evaluada y motivo de esta tesis, se ha visto que la vía necesita un mantenimiento y/o reparación en ciertos tramos que comprende los 30.821 km, así como también los trabajos de mejoramiento del sistema de drenajes superficiales, señalización vial, etc., adicionalmente se considera trabajos para la mitigación del impacto ambiental por las acciones generadas durante el mantenimiento que consiste en la protección del medio ambiente mediante labores de prevención, restauración de canteras y restauración de las áreas utilizadas para patio de máquinas, además se considera el monitoreo arqueológico a fin de preservar nuestro patrimonio cultural.

Debido a esto, se ha realizado un presupuesto, el cual indica el costo total del mantenimiento y/o reparación vial que comprende los 30.821 km.

Tabla N° 24: Resumen de presupuesto para reparación (mantenimiento) de la vía.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD
			A
1.0	<b>PARTIDAS GENERALES</b>		
2.0	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
2.1	PERFILADO (Trabajos que NO incluyen Relleno)		
2.2	RECONFORMACIÓN DE PLATAFORMA		
2.3	REPOSICIÓN DE AFIRMADO		
2.4	REPARACIÓN DE SITIO INESTABLE (CAUCES DE QUEBRADA)		
3.0	<b>TRANSPORTES</b>		
4.0	<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>		
5.0	<b>PROGRAMA AMBIENTAL</b>		
5.1	PROGRAMA DE ABANDONO		
5.2	PROGRAMA DE MONITOREO		
6.0	<b>ARQUEOLOGÍA</b>		
7.0	<b>TRABAJOS ADICIONALES</b>		
7.1	VARIOS		
7.2	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
	SUB TOTAL	US\$	1,748,578.48
	I.G.V.	18%	314,744.13
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>US\$</b>	<b>2,063,322.61</b>

Fuente: Propia.

Luego se realizó cotizaciones realizadas a empresas que brindan servicios de trabajos de estabilización tanto para cloruro de magnesio como para cloruro de sodio, se obtuvo la siguiente comparación de precios.

- Riego con cloruro de magnesio

Tabla N° 25: Presupuesto para estabilización de afirmado con cloruro de magnesio.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			A	B	C=A x B
2.5	<b>ESTABILIZACIÓN DE AFIRMADO</b>				
2.5.1	Riego con bischofita	m2	202,719.00	1.08	218,936.52
	SUB TOTAL	US\$	218,936.52		
	I.G.V.	18%	39,408.57		
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>US\$</b>	<b>258,345.09</b>		

Fuente: Propia.

- Riego con cloruro de sodio

Tabla N° 26: Presupuesto para estabilización de afirmado con cloruro de sodio.

ITEM	PARTIDA	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
			A	B	C=A x B
2.5	<b>ESTABILIZACIÓN DE AFIRMADO</b>				
2.5.1	Riego con sal	m2	202,719.00	0.28	56,761.32
	SUB TOTAL	US\$	56,761.32		
	I.G.V.	18%	10,217.04		
	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>US\$</b>	<b>66,978.36</b>		

Fuente: Propia.

## 5.8 Según evaluación social

Se pretende realizar un sistema de transporte vial, debido a que siendo una ruta corta para el ingreso de las minas de SPCC y AAQ, es de uso necesario para el mejoramiento de las actividades económicas a lo largo de la carretera, favoreciendo directamente a las pequeñas poblaciones.

## CONCLUSIONES

1.- En carreteras de tercer orden, donde no se utiliza pavimento flexible o rígido, el uso de elementos químicos como el cloruro de sodio (NaCl) o cloruro de magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) más agua, en porcentajes adecuados, produce salobridad que mezclada con arcilla, tema de la presente investigación, para el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 Tramo "Emp.MO-107 progresiva 21+560 - 52+381 EMP.TA-105 – Moquegua, es favorable debido a que estabiliza el camino, controla el polvo, no es contaminante, menor uso del agua al momento del riego y por tanto es más económica.

2.- La carretera departamental no pavimentada MO-107 Tramo "Emp.MO-107 progresiva 21+560 - 52+381 EMP.TA-105, ubicado en la provincia de mariscal nieto del departamento de Moquegua a lo largo de los 31 km, está constituido generalmente por arcillas y de clima semiárido, y para efectos de una mejor estabilización y mantenimiento se experimentó con el cloruro de sodio y cloruro de magnesio, eligiendo el cloruro de sodio por ser un mineral más abundante y más económico y que además reúne las mismas condiciones y características que el cloruro de magnesio hexahidratado que se encuentran en los salares donde abunda el litio.

3.- En la determinación de la capacidad de resistencia de la carretera se ejecutó un ensayo de compactación proctor , determinándose la máxima densidad seca relacionado al óptimo contenido de humedad, determinándose que al adicionar 1%, 3% y 5% de ambos aditivos aumenta la densidad disminuyendo el contenido de humedad (ver tabla N° 20, N° 22), se optó por el 3%, porque mejora la calidad del suelo y por lo tanto tributa una estructura más favorable a la calidad del suelo.

4.- En el presente tema de investigación al adicionar el cloruro de sodio y cloruro de magnesio al 1%, 3% y 5% de ambos aditivos, referidos al 100%, presenta los resultados favorables (ver tabla N° 21, N° 23), tomándose en consideración el 3%, porque mejora la calidad del suelo y su estructura misma.

5.- Por lo considerando arriba descrito y de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio a pesar, que el cloruro de magnesio demuestra mejores características y condiciones para la estabilización de una carretera, se tomó al cloruro de sodio como

la sal más conveniente para este tipo de carreteras debido a las bondades que se presentan y a la facilidad de obtener dicho producto.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda realizar una buena construcción, respetando la calidad de los materiales, para un correcto acabado de la vía, para que la carretera no pavimentada sea durable.
- 2.- El cloruro de magnesio y cloruro de sodio sería una solución para muchos caminos no pavimentados, se sugiere una comparación técnica con otros aditivos con propiedades higroscópicas que eviten la polución y por ende la pérdida de finos que le restan consistencia al afirmado.
3. Por la inestabilidad de los taludes las cunetas se colmatan por lo que deberán mantenerse limpias por los menos antes de que empiecen las lluvias a fin de que las aguas pluvias escurran y se mitigue el daño a la infraestructura vial.
- 4.- Se recomienda programar mantenimiento rutinario para conservar la transitabilidad de la carretera Toquepala – Moquegua.
- 5.- Se recomienda implementar la señalización vial a lo largo de la carretera que permita brindar información y seguridad a los usuarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, O. (2018). Evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método PCI, en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo calle 22 – Av. Pinto – Tacna. Tacna-Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Apolinario, E. (2012). Innovación del método vizir en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Araya, M. (2010). Análisis Comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos soiltac. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Bonifacio, W., & Sánchez, J. (2015). Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la Región Lambayeque. Lambayeque-Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Carreteros. (2018). Carreteros>>Artículo. Obtenido de [http://www.carreteros.org/normativa/pg3/ordenes/circulares/326\\_2000/302.pdf](http://www.carreteros.org/normativa/pg3/ordenes/circulares/326_2000/302.pdf)
- Coarita, M. (2018). Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 Tramo "EMP.MO-107 Progresiva 21+560 - 52+381 EMP. TA-105 – Moquegua, 2018. Tacna-Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Construaprende. (2018). Construaprende>>Home. Obtenido de <http://www.construaprende.com/docs/lab/330-practica-resistencia-abrasion-agregados>
- Desastre Natural Pedia. (2018). Desastre Natural Pedia>>Artículo. Obtenido de <http://www.desastrenaturalpedia.com/deslizamientos-de-tierras/>
- García, A., Pérez, A., & Camacho, J. (2005). Introducción al diseño geométrico de carreteras. España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Garnica, P., Perez, A., Gomez, J., & Obil, E. (2002). Estabilizacion de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vias terrestres. Mexico: Sanfandila.
- Gutierrez, 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-Perú: Universidad Ricardo Palma.
- La Ultima Resistencia. (2018). La Ultima Resistencia>>Home. Obtenido de <http://laultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos>
- Mantenimiento de Carreteras y Vias. (2007). Mantenimiento de Carreteras y Vias>>Home. Obtenido de <http://mantenimientocarreterasylvias.blogspot.com/2007/06/concepto-de-mantenimiento-vial.html>
- Medina, R., & Farro, D. (2017). Evaluación Superficial y de Rugosidad del Pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, Tramo Ovalo Transportes – Ovalo Cuzco, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna. Tacna-Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2016). Actualización del clasificador de rutas del sistema nacional de carreteras - SINAC. Lima-Perú: El peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2018). "Glosario de Terminos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima-Perú: El Peruano.
- Nota de pavimentos. (2018). Nota de pavimentos>>Home. Obtenido de <http://notasdepavimentos.blogspot.com/2011/04/estabilizacion-de-suelos-con-cloruro-de.html>
- Notas de pavimentos. (2018). <http://notasdepavimentos.blogspot.com/2011/04/estabilizacion-de-suelos-con-cloruro-de.html>.

Perez, R. (2012). Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Pico, J. (2016). Análisis Comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Sanchez, M., Quimbayo, M., & Sterling, A. (2018). Slideplayer. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/10355962/>

Solutions for human progress. (2018). SQM. Obtenido de <https://www.sqm.com/producto/bischofita/>

Thenoux, G., & Vera, S. (2002). Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares. Chile: Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Transportes 1 UJCV. (2011). Transportes 1 UJCV>>Home. Obtenido de <http://transpote1ujcv.blogspot.com/2011/02/la-velocidad-de-diseno-o-velocidad.html>

Villón, M. (2007). Drenaje. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio\\_de\\_suelos](https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_suelos)

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_drenaje](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_drenaje)

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n\\_granulom%C3%A9trica](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_granulom%C3%A9trica)

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/California\\_Bearing\\_Ratio](https://es.wikipedia.org/wiki/California_Bearing_Ratio)

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_compactaci%C3%B3n\\_Proctor](https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactaci%C3%B3n_Proctor)

Wikipedia. (2018). Wikipedia>>Articulo. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites\\_de\\_Atterberg](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg)

Zambrano, J. (2017). Estabilizacion quimica con cloruro de magnesio en el diseño del camino villa las orquideas - puente piedra en el año 2016. Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Zuluaga, D. (2005). El uso de la cal en la estabilización de suelos derivados de cenizas volcanicas (andosoles,un caso particular. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

**ANEXOS**