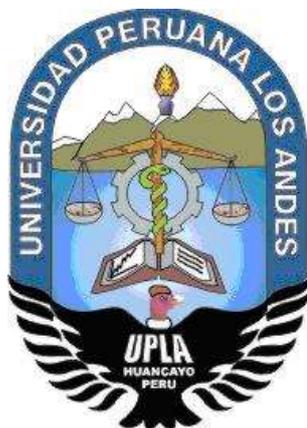


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA – PACAYBAMBA, DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN.

PRESENTADO POR:

BACH. LUJAN MARTINEZ, MAX JAIRO

Línea de investigación institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2 022

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**Dr. RUBÉN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE**

**ING. JAVIER AMADOR NAVARRO VELIZ
MIEMBRO**

**ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
MIEMBRO**

**ING. MANUEL IVAN MAITA PEREZ
MIEMBRO**

**ING. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE**

ASESOR:
ING. ERNESTO WILLY GARCIA POMA

Dedicatoria

A nuestro señor que desde el cielo me ilumina y me da fuerzas para seguir adelante.

A mi Papá Maximo, quien desde el cielo guía mi camino y bendice a mi familia para afrontar este difícil dolor que fue su fallecimiento. A mi Madre Zelmira quien ante tantas dificultades viene saliendo adelante y guía mi camino para lograr mi objetivo.

A mis hermanos Ada, Johan, Amparo y Keyla, que siempre estuvieron al pendiente de mis pasos, mostrando su apoyo y cariño.

A los ingenieros asesores quienes con su conocimiento supieron ilustrarme y enseñarme, lo necesario para realizar el presente proyecto de tesis.

Max Jairo.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.	12
ABSTRACT.	13
INTRODUCCIÓN.	14
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION:	16
1.1. Planteamiento del problema:	16
1.2. Formulación del problema:	17
1.2.1. Problema general:	17
1.2.2. Problemas específicos:	17
1.3. Justificación:	17
1.3.1. Justificación practica o social:	17
1.3.2. Justificación científica o teórica:	18
1.3.3. Justificación metodológica:	18
1.4. Delimitaciones:	19
1.4.1. Delimitación espacial:	19
1.4.2. Delimitación temporal:	21
1.4.3. Delimitación económica:	21
1.5. Limitaciones:	21
1.6. Objetivos:	21
1.6.1. Objetivo general:	21
1.6.2. Objetivos específicos:	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes (Nacionales e internacionales):	23
2.1.1. Antecedentes Nacionales:	23
2.1.2. Antecedentes internacionales:	27
2.2. Marco conceptual:	28
2.2.1. Definición de suelos:	28
2.2.2. Características de los suelos:	34

2.2.3. Carreteras componentes básicas:	36
2.2.4. Estabilización de suelos:	39
2.2.5. Norma técnica de control de vías a nivel nacional:	50
2.2.6. Fuente De Materiales – Canteras:	53
2.2.7. Conceptos básico del cloruro de sodio:	57
2.2.8. Estabilización de suelos arenosos:	63
2.3. Definición de términos:	67
2.4. Hipótesis:	69
2.4.1. Hipótesis general:	69
2.4.2. Hipótesis específicas:	69
2.5. Variables:	69
CAPÍTULO III: METODOLOGIA:	74
3.1. Método de investigación:	74
3.2. Tipo de investigación:	74
3.3. Nivel de Investigación:	74
3.4. Diseño de la investigación:	74
3.5. Población, muestra y tamaño:	75
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	76
3.7. Procesamiento de la información:	77
3.8. Técnicas y análisis de datos:	77
CAPÍTULO IV: RESULTADO:	79
4.1. Descripción de resultados:	79
4.2. Situación actual:	79
4.3. Toma de muestras:	79
4.4. Descripción e identificación de suelos:	80
4.5. Proceso para la identificación de suelos de grano fino:	82
4.6. Obtención en laboratorio de muestras representativas:	83
4.7. Método de ensayo para el análisis granulométrico:	84
4.8. Método de ensayo para determinar el LL, LP, IP.:	85
4.9. Método de clasificación de los suelos SUCS:	87

4.10. Método para clasificación de suelos para uso en vías:	88
4.11. Método de ensayo de compactación PROCTOR:	88
4.12. Método de ensayo CBR en laboratorio:	94
4.13. Contrastación de hipótesis:	102
CAPÍTULO V: DISCUSION DE RESULTADO:	113
5.1. Ensayos de laboratorio del suelo aplicando NaCl:	113
5.2. Interpretación de resultados:	115
5.3. Ensayo de C.B.R.:	117
5.4. Interpretación de resultados:	119
5.5. Resultado final de aplicar NaCl en suelos arenosos:	125
5.6. Discusión de resultados:	129
5.7. Costo de estabilización de suelo mediante NaCl:	129
CONCLUSIONES:	135
RECOMENDACIONES:	136
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	137
ANEXOS.....	139

FIGURAS

FIGURA 1: Mapa del Perú.	19
FIGURA 2: Mapa del departamento de Junín.	20
FIGURA 3: Mapa de la Provincia de Concepción.	20
FIGURA 4: Mapa del Distrito de Mariscal Castilla.	21
FIGURA 5: Clasificación composicional de los suelos.	30
FIGURA 6: Origen de la cohesión en suelos arcillosos.	33
FIGURA 7: Cargas eléctricas en la arcilla.	36
FIGURA 8: Sección transversal de una vía.	37
FIGURA 9: Cantera Cerro Escute.	54
FIGURA 10: Cantera Cerro Escute.	54
FIGURA 11: Estructura del cloruro de sodio en grano.	58
FIGURA 12: Aplicación del NaCl al suelo.	61
FIGURA 13: Aplicación directa de cal al suelo.	61
FIGURA 14: Salmuera.	62
FIGURA 15: Aplicación de salmuera en laboratorio.	62
FIGURA 16: Aplicación de salmuera en campo.	63
FIGURA 17: Suelo arenoso.	64
FIGURA 18: Suelo arenoso.	65
FIGURA 19: Perfil estratigráfico de un suelo.	81
FIGURA 20: Toma de muestra extraído de campo.	83
FIGURA 21: Instrumentos para realizar ensayo de proctor.	89
FIGURA 22: Molde cilíndrico de 4,0 pulg.	92
FIGURA 23: Molde cilíndrico de 6,0 pulg.	92
FIGURA 24: Ejemplo de curva de compactación.	93
FIGURA 25: Maquina de carga.	95
FIGURA 26: Molde cilíndrico.	95
FIGURA 27: Dial y Trípode.	97
FIGURA 28: Materiales para ensayo CBR.	99
FIGURA 29: CBR en estado natural vs calicatas.	101
FIGURA 30: Curva de Simétrica de Gauss.	103
FIGURA 31: Curva de Simétrica de Gauss final.	104
FIGURA 32: Curva Simétrica Gauss.	105
FIGURA 33: Curva Simétrica Gauss.	107

FIGURA 34: Curva Simétrica Gauss.	109
FIGURA 35: Curva Simétrica Gauss.	111
FIGURA 36: Comparación de % de NaCl para proctor.	115
FIGURA 37: Comportamiento de la densidad seca máxima	116
FIGURA 38: Comportamiento de H. Optima – D.S.M.	117
FIGURA 39: Incidencia de NaCl en la compactación.	120
FIGURA 40: Incidencia del NaCl en el % de CBR.	121
FIGURA 41: Incidencia del NaCl en la resistencia al corte (56 G).	122
FIGURA 42: Incidencia del NaCl en la resistencia al corte (25 G).	123
FIGURA 43: Incidencia del NaCl en la resistencia al corte (10 G).	125
FIGURA 44: CBR en suelo natural vs CBR con NaCl	127
FIGURA 45: Curva de Compactación	128
FIGURA 46: Grado de Compactación	128
FIGURA 47: Comparación de costos	133
FIGURA 48: Tiempo de Ejecución	134

TABLAS

TABLA 1: Principales tipos de suelos.	46
TABLA 2: Porcentaje que pasa por los tamices.	55
TABLA 3: Ensayos y Frecuencias.	56
TABLA 4: Pérdida de peso de la mezcla compactada.	57
TABLA 5: Características del cloruro de sodio (NaCl).	60
TABLA 6: Operacionalización de las variables.	70
TABLA 7: Relación de ensayos de laboratorio.	75
TABLA 8: Ubicación de las calicatas obtenidas.	76
TABLA 9: Ubicación geográfica de las calicatas.	80
TABLA 10: Relación de ensayos de laboratorio.	80
TABLA 11: Valores mínimos de peso de granulometría.	84
TABLA 12: Análisis granulométrico por tamizado NTP.	85
TABLA 13: Resumen de las fracciones granulométricas.	85
TABLA 14: Limite de consistencia.	86
TABLA 15: Clasificación de suelos SUCS Y AASHTO.	88
TABLA 16: Procedimiento para determinar CBR.	90
TABLA 17: Resumen del ensayo de proctor modificado.	100
TABLA 18: Resultados del CBR en estado natural.	101
TABLA 19: Clasificación de los suelos en estado natural.	102
TABLA 20: Proctor 2.5 Kg de NaCl.	113
TABLA 21: Proctor 05 Kg de NaCl.	114
TABLA 22: Proctor 7.5 Kg de NaCl.	114
TABLA 23: Densidad seca máxima y la humedad optima con NaCl...115	
TABLA 24: Densidad seca máxima.	116
TABLA 25: Humedad optima – Densidad Seca máximo.	117
TABLA 26: Porcentaje de compactación vs cantidad de NaCl.	119
TABLA 27: Porcentaje de CBR – porcentaje de NaCl.	121
TABLA 28: Resistencia corte (lb) – porcentaje (%).	122
TABLA 29: Resistencia corte (lb) – % NaCl (25 golpes).	123
TABLA 29: Resistencia corte (lb) – % NaCl (10 golpes).	124
TABLA 30: Resistencia corte (lb) – % NaCl (25 golpes).	123
TABLA 31: Resultado final combinación suelo natural – NaCl.	126
TABLA 32: Presupuesto de estabilización de suelos con NaCl.	131

TABLA 33: Presupuesto mediante método general	132
TABLA 34: Numero de Calicatas por tipo de carretera.	144
TABLA 35: Criterios para determinar la angulosidad.	145
TABLA 36: Criterios de determinación de forma de las gravas.	145
TABLA 36: Criterios de determinación de forma de las gravas.	145
TABLA 37: Criterios de determinación de humedad del suelo.	146
TABLA 38: Criterios para determinar la reacción al HCl.	146
TABLA 39: Criterios para determinar su consistencia.	146
TABLA 40: Criterios para la descripción de la estructura.	147
TABLA 41: Criterios para describir la resistencia en seco.	148
TABLA 42: Criterios de descripción a la dilatación.	148
TABLA 43: Criterios de descripción de la tenacidad.	149
TABLA 44: Criterios para describir la plasticidad.	149
TABLA 45: Criterios para identificar los suelos inorgánicos.	150
TABLA 46: Carta de diagrama de flujo partículas finas.	151
TABLA 47: Carta de diagrama de flujo grano grueso.	152
TABLA 48: Carta de plasticidad de Casagrande.	153
TABLA 49: Clasificación de los suelos agregado – suelo.	154

RESUMEN

La investigación en mención tuvo el siguiente problema general ¿Cómo determinar la máxima resistencia del suelo arenoso estabilizado con cloruro de sodio en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción?, cuyo objetivo general fue: Determinar la máxima resistencia del suelo arenoso estabilizado con cloruro de sodio en la carretera; y la hipótesis general fue: La aplicación del cloruro de sodio influye significativamente en la estabilización de suelos arenosos proporcionando una máxima.

El método general empleado es: el científico, tipo aplicada, nivel descriptivo explicativo, diseño cuasi experimental, la población conformada por la carretera Curibamba- Pacaybamba; progresivas 0+000 al 5+540; y la muestra no probabilística conformada por el tramo entre las progresivas 0+000 al 1+000.

Se concluye que: La aplicación del cloruro de sodio influye en un 85% en la estabilización de suelos arenosos proporcionando una máxima resistencia en la carretera, asimismo, el cloruro de sodio contribuye a mejorar en un 54% las propiedades mecánicas del suelo arenoso.

Palabra clave: Cloruro de sodio, estabilización de suelos, propiedades mecánicas

ABSTRACT

The investigation in mention had the following general problem: How to determine the maximum resistance of the stabilized sandy soil with sodium chloride on the Curibamba - Pacaybamba road, district of Mariscal Castilla - Concepción, whose general objective was: To determine the maximum resistance of the stabilized sandy soil with sodium chloride on the road; and the general hypothesis was: The application of sodium chloride significantly influences the stabilization of sandy soils providing maximum.

The general method used is: the scientist, applied type, explanatory descriptive level, quasi-experimental design, population formed by the Curibamba-Pacaybamba road; progressive 0 + 000 to 5 + 540; and the non-probabilistic sample formed by the stretch between the progressive 0 + 000 to 1 + 000.

It is concluded that: The application of sodium chloride influences 85% in the stabilization of sandy soils providing maximum resistance on the road, likewise, sodium chloride contributes to improve the mechanical properties of sandy soil by 54%.

Keyword: Sodium chloride, soil stabilization, mechanical properties

INTRODUCCIÓN

En la tesis se tratará de demostrar si la relación suelo arenoso y cloruro de sodio cumpla con las especificaciones técnicas adecuadas de estabilización.

La inestabilidad del suelo viene a ser uno de los principales problemas que tienen las carreteras no pavimentadas, y para corregir este problema se usan técnicas variadas de estabilización de suelos, una de las formas de estabilización de suelos, es someterlos a la manipulación o tratamiento de tal manera que podamos utilizar sus mejores cualidades, obteniendo así un suelo estable, capaz de soportar los diferentes efectos del tránsito vehicular y las condiciones de clima más severas.

Para la presente investigación se ha tomado como población la Carretera Curibamba – Pacaybamba, que tiene una longitud de 5,540 m comprendida entre las progresivas 0+000 hasta 5+540 km, y las muestras de estudio están conformadas por 05 tramos que se encuentran dentro del tramo km 0+000 hacia el km 01+000, dentro de dichas tramos se han tomados muestras mediante calicatas, los cuales fueron transportados al laboratorio de suelos, para lo cual se le añadió ciertos porcentajes de cloruro de sodio extraídas de la cantera situada en la zona de estudio, por lo que al realizar dicho procedimiento se obtuvo como resultado general el porcentaje óptimo de suelo arenoso – cloruro de sodio, el mismo que mejorara las propiedades físicas - mecánicas del suelo arenoso y por consecuencia propia se tendrá una carretera en óptimas condiciones.

Parte de la investigación es también una evaluación económica comparativa entre las soluciones comunes (afirmado, caliche), y las soluciones con los diversos productos encontrados en la zona, los mismos que nos permitan tener una visión más clara del adecuado uso de los recursos naturales, el cual reducirá el costo de solución y una mejora capacidad de soporte.

Para una mejor comprensión y entendimiento de los contenidos de la presente tesis de investigación, se ha disgregados en diferentes capítulos, los cuales se muestran a continuación:

En la primera parte muestra la descripción del planteamiento de investigación,

el problema, objetivos, justificación y también se describe los aspectos metodológicos.

En la siguiente sección se muestra el sustento teórico relacionado con los procedimientos seguidos para la elaboración de la presente tesis, además se complementa con antecedentes realizados de temas que siguen la misma tendencia de investigación y de, esta forma se plantea la hipótesis y sistema de variables.

En siguiente sección presenta la metodología científica el cual se empleará para el desarrollo de la presente tesis, el mismo que acompañado del estudio de suelos, determinaran el procedimiento adecuado con la finalidad de dar respuesta a los problemas planteados.

En la siguiente sección mostrará el resultado de la investigación para cada uno de los ensayos realizados, de la misma forma se muestra una contrastación de los resultados con las normas y finalmente se realizará un tratamiento de datos y diseño estadístico.

Se concluye que el resultado producto de la investigación fueron los esperados, el mismo que demuestra de manera adecuada siendo este un aporte de trabajo de investigación.

Bach. MAX JAIRO LUJAN MARTINEZ

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La carretera mencionada se encuentra ubicada al noreste del distrito de Mariscal Castilla cerca al distrito de Monobamba, la presente vía tiene un ancho de 4.50 mts, una topografía muy accidentada, número de carril 01, pendientes máximas de 12%, talud variable, no contiene alcantarillas ni cunetas, la población beneficiara emplea la presente vía para poder trasladar sus productos agrícolas hacia los mercados locales y nacionales.

El problema principal de la zona de estudio es el inadecuado nivel de transitabilidad del camino vecinal entre los centros poblados de Curibamba y Pacaybamba, situación que causa el incremento en los costos de producción, tiempo de traslado para llegar a los mercados de consumo, todo esto genera acciones negativas por el mal estado de la vía, además dificulta en el embarque y desembarque de los productos agrícolas, de esta manera se genera un bajo nivel de desarrollo socioeconómico de los centros poblados en estudio.

Se han planteado el mejoramiento de 05 tramos, en la Carretera Curibamba y Pacaybamba que comprende desde el Km 00+000 – Km

01+000, los mismos que tienen alto contenido de suelo arenoso, y por consecuencia propia de encuentran destapados y generalmente intransitables, más aun en tiempo de invierno, ya que la zona en estudio tiene alto contenido de aguas fluviales, esto se ve acompañado también a la inexistencias de obras de arte y componentes (calzada, berma, bombeo, peralte y sobre ancho) inadecuados de la vía de comunicación.

Así mismo debido a esta problemática en dicha zona y viendo los recursos con el que cuenta la zona de estudio (Cantera de Cloruro de sodio), se realizó un estudio de investigación donde se demostró que dicho recurso resultara muy beneficioso para la estabilización de los suelos arenosos que se encuentran en la presente carretera.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la aplicación del cloruro de sodio en suelos arenosos para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el porcentaje de dosificación del cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso?
- b) ¿Cómo influye el cloruro de sodio en la capacidad de soporte del suelo arenoso?
- c) ¿Cómo influye el cloruro de sodio en la impermeabilidad del suelo arenoso?
- d) ¿Cuál es el costo de la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social:

La presente investigación se realiza por que existe la necesidad

de demostrar la influencia del cloruro de sodio en las propiedades física – mecánicas de los suelos arenosos, por consiguiente se realizara la zonificación y ubicación del tramo en estudio en la carretera Curibamba – Pacaybamba, así también se hará uso del Manual de Carreteras ya que este es más completo y específico frente al manual técnico de mantenimiento rutinario, seguido a esto se realizaran los diferentes ensayos en el laboratorio como son: Clasificación de suelos, para determinar el porcentaje de grava, arena y finos que contiene cada muestra, lo cual nos permitirá saber con qué porcentaje de material fino reacciona mejor el cloruro de sodio. Luego se realizarán los ensayos de Proctor Modificado (NTP 339.141) Y C.B.R. (NTP 339.145) lo cual nos permitirá hacer una comparación entre la resistencia (CBR) de un suelo natural con un suelo estabilizado con cloruro de sodio, y de esta manera podemos evaluar la influencia de la aplicación del cloruro de sodio en los suelos arenosos.

1.3.2. Científica o teórica:

La presente investigación se realizara con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el mejoramiento de las vías vecinales con cloruro de sodio, esto como instrumento de logro de competencia de indagación científica, de donde los resultados podrán sistematizarse en una propuesta, para luego ser añadidos como aporte en la Ingeniería Civil, ya que se demostraría el uso adecuado del cloruro de sodio existente en la zona de estudio, como un estabilizante natural, esto servirá como antecedente para mejorar el nivel de investigación de los profesionales en el ámbito.

1.3.3. Metodológica:

La presente investigación es del método científico, ya que para la elaboración y aplicación se seguirán procedimientos ordenados con la finalidad de resolver la inestabilidad del suelo arenoso aplicando cloruro de sodio, para lo cual dichos análisis fueron

investigados por la ciencia, demostrando así su validez y confiabilidad para ser utilizados como estabilizante, así mismo esto servirá en otros trabajos de investigación y en otras estabilizaciones de suelos que se requiera realizar.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación espacial

El proyecto de investigación está delimitado para:

- Región : Junín
- Provincia : Concepción
- Distrito : Mariscal Castilla
- Centro poblado : Curibamba
- Carretera : Curibamba – Pacaybamba

Figura 1. Mapa del Perú



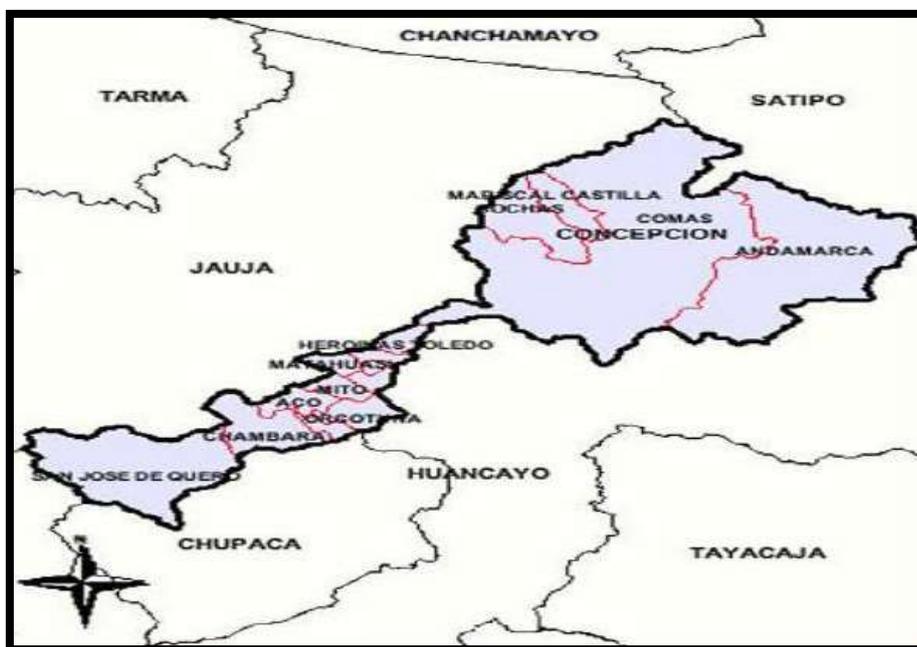
Fuente: Municipalidad Distrital de Mariscal Castilla

Figura 2. Mapa del Departamento de Junín



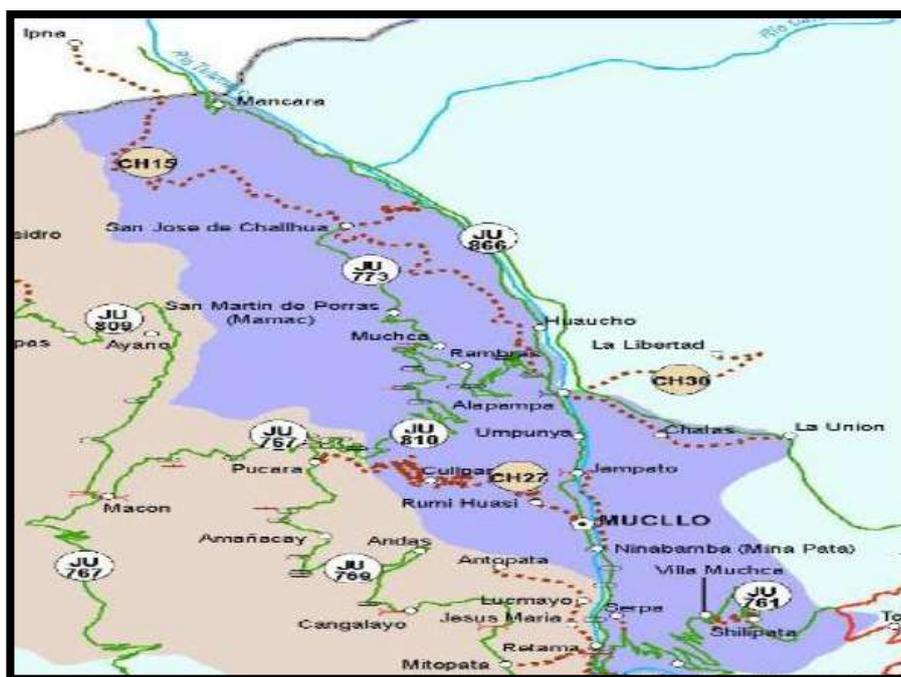
Fuente: Municipalidad Distrital de Mariscal Castilla

Figura 3. Mapa de la provincia de Concepción



Fuente: Municipalidad Distrital de Mariscal Castilla

Figura 4. Mapa del distrito de Mariscal Castilla



Fuente: Municipalidad Distrital de Mariscal Castilla

1.4.2. Delimitación temporal

El proyecto está delimitado para los meses de enero – diciembre del 2019.

1.4.3. Delimitación económica

Los costos de análisis para la investigación están generados por el presupuesto establecidos en el proyecto.

1.5. Limitaciones

No se cuenta con el apoyo económico de la inversión pública ni tampoco de la inversión privada.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el resultado de la aplicación del cloruro de sodio en el suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Calcular el porcentaje de dosificación del cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso
- b) Evaluar la influencia del cloruro de sodio en la capacidad de soporte del suelo arenoso.
- c) Medir la influencia del cloruro de sodio en la impermeabilidad del suelo arenoso
- d) Cuantificar el costo de la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (Nacionales e Internacionales)

2.1.1. Antecedentes nacionales

A. BONIFACIO VERGARA, Werner. (2015). Tesis: “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (BISCHOFITA) frente al cloruro de calcio”. Facultad Ingeniería, Escuela profesional Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma.

El investigador hace una comparación de estabilización mediante el Cloruro de Magnesio y el Cloruro de Calcio, es ello en relación a la inestabilidad de los suelos como problema principal que se presenta en carreteras no pavimentadas. Menciona que una forma de estabilizar un suelo es aquella que se puede utilizar un producto químico no tóxico que dote al mismo un mejor comportamiento; por tal motivo existe en el mercado un grupo variado de empresas dedicadas a la

creación de productos químicos estabilizadores, con precios relevantes que van desde el más caro al más barato.

Cuando una empresa produce y sucesivamente vende productos químicos que sirven como estabilizante en las carreteras, da como resultado las ventajas de utilizar ciertos productos con relación a otros y este es el caso del cloruro de sodio (sal) frente a cloruro de calcio o al cloruro de magnesio (Bischofita), entre ellos suele destacar las ventajas del cloruro de magnesio, pero por lo general comparándola con el cloruro de sodio y con menos repercusión frente al cloruro de calcio. Para lo cual la presente tesis tiene como finalidad determinar las ventajas técnicas, económicas y ambientales del cloruro de magnesio en relación al cloruro de calcio y por consiguiente ante los demás aditivos con los que normalmente se comparan.

B. DE LA CRUZ GUTIERREZ, Lizeth. (2016). Tesis: “Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos para pavimentación en Palián – Huancayo. Junín. 2016”. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Peruana Los Andes (UPLA).

La autora hace un estudio sobre el problema general que acarrea la construcción de pavimentos, por lo que se propone nuevas e innovadoras alternativas ayudados del avance tecnológico con la que se cuenta actualmente, por lo mismo que se vienen fabricando productos que simplifican la construcción de pavimentos. Así mismo se puede observar que dentro del mercado comercial existe una gran variedad de productos que ayudan a mejorar el comportamiento de los suelos, los cuales contemplan especificaciones técnicas que van acorde con lo solicitado en campo. Ante la diversidad de empresas fabricantes de estabilizadores, se optó por escoger la empresa Eco Road el mismo que viene ingresando al

mercado local, dicha empresa produce el aditivo denominado Eco Road 2000 que resulta ser un estabilizante de suelo. Con el paso del tiempo en la zona urbana de la ciudad de Huancayo se ha venido incrementando el transporte vehicular y esto viene dando como resultado la obligación de mejorar las vías adyacentes en los diferentes niveles de transporte (nacionales, departamental, provincial y vecinal), tanto en pavimentos rígidos y flexibles, dicha consecuencia ha generado el uso excesivo de materiales estabilizantes para conformar el pavimento, de tal manera se hacen fuertes movimientos de tierra, estos en aras de reemplazar con materiales de mejor capacidad de soporte, generando un mayor gasto en el uso de maquinarias livianas y pesadas, en la obtención de material seleccionado y eliminación de material excedente, en conclusión algunas empresas relacionados a la construcción vienen creando diversos tipos de aditivos el mismo que buscan obtener una mejora en las propiedades físicas – mecánicas, los mismos mediante reacciones químicas. Así mismo se pudo conocer que los aditivos planteados no cumplen con su totalidad como menciona en sus especificaciones técnicas. Por lo expuesto, la finalidad de la presente tesis es verificar la veracidad de las especificaciones técnicas propuestas de este producto (1 litro por 15m³), corroborar el porcentaje de incremento de la resistencia del suelo, ya sea en condiciones óptimas y críticas.

Sus principales conclusiones son:

- a) Se corroboró mediante ensayos que la proporción planteada (1 litro por 15m³) propuesta en las especificaciones técnicas del producto fue superado por la proporción 1 lt/19m³ con un porcentaje de 57%.
- b) Las calicatas C-4, C.5, C-7, C-8, y C-10, reaccionaron mejor al aditivo, debido al porcentaje de finos que contiene cada uno.

- c) De las 07 calicatas que se obtuvieron se pudo obtener que estos llegaron a obtener más del 40% de CBR cumpliendo, así como un material adecuado para sub base.
- d) El colocar el aditivo propuesto mejora el costo en comparación al método tradicional, reduciendo así hasta en un S/. 58.63 con lo que respecta en la estabilización de pavimentos flexibles.

C. CHOQUE SÁNCHEZ, Héctor Martín. (2012). Tesis: “Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas”. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

El autor hace referencia a las carreras no pavimentadas que se averían rápidamente con respecto a vías en buenas condiciones. Las partículas finas al juntarse con los agregados gruesos exhibidos al medio ambiente pierden humedad, y con la acción física extrema del tránsito vehicular ocasiona disgregamiento superficial, transformándose así en polvo particulado y consecuentemente aparecen fallas superficiales como baches, ondulaciones, ahuellamientos, etc.

Para mantener las superficies y que no experimenten un daño acelerado en el tiempo, se propuso la aplicación de 02 aditivos químicos, el primero cloruro de calcio y el segundo un insumo en base a enzimas, ellos como parte de una solución a la problemática que se tiene. Dichos aditivos se aplicarán de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, los mismos que estarán en relación a los índices de plasticidad y a los porcentajes que pasan la malla N°200.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- A. REYES ORTÍZ, Oscar. (2006). Journal. Vol.16-N°1-63. "Uso de cloruro de sodio en bases granulares". Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada. España.**

El creador hace una investigación de caso en base a las resistencias del pavimento que se encuentran constituidas por varias capas horizontales de distintas propiedades mecánicas, iniciando por las capas granulares continuamente de la carpeta de rodadura, y terminando en el terreno natural. La principal función de esta capa es de absorber esfuerzos producidos por el tránsito vehicular, los cuales son transmitidos al terreno natural, cumpliendo estos ciertos requerimientos como las condiciones de compactación en estado natural y mezclados, para lo cual de estos se han podido observar que en muchos de los casos no cumplen, por consiguiente se ve con la necesidad de agregar algún elemento industrial o también realizar cierta proceso mecánico que ayude a satisfacer los requerimientos mínimos establecidos por la normatividad general, por lo que se menciona diferentes tipos de productos químicos entre ellos se tienen los productos químicos industrializados como aceites sulfonados, cemento y cal, de ellos se puede describir que los aceites sulfoneados generan enlaces entre sus partículas haciendo que se incrementen las resistencias mecánicas, así mismo se disminuyan las deformaciones en el suelo y se establezca para evitar posibles expansiones y por consecuencia daños prematuros en las vías. El cloruro de sodio está compuesto por cristales, de fácil disolución en agua, el cual tiene la participación de atraer y mantener el agua líquida y por consecuencia se puede observar en el mercado tamaños desde pequeños hasta grandes cristales o polvo fino y distintos tamaños de pureza,

esta peculiaridad hace que el cloruro de sodio pueda trabajar como un enlace entre las partículas que constituyen la sub base o base granular.

B. ROLDAN DE LA PAZ, Jairon. (2010). Tesis: “Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases”. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala

El autor menciona que el Cloruro de Sodio es un mineral que ayuda a mejorar significativamente el suelo ayudando así a reducir la humedad del mismo. Así mismo es una sustancia que crea una capa blanquecina en la parte posterior del mineral que puede funcionar como un muro para poder evitar que la humedad absorbida se evapore muy rápidamente.

El tratamiento adecuado del suelo para incrementar sus propias propiedades físicas - mecánicas es de vital importancia, ya que se ha podido observar que en algunas partes del país existe suelos que no son adecuados para construir, por lo que se necesita recurrir a la estabilización de suelos con otros métodos necesarios que necesariamente demandaran un costo adicional. En otros casos el mejoramiento de las bases y sub - bases para carreteras están expuestas a climas cálidos, lo cual hará que necesariamente la humedad se evapore.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Definición de suelos

Según Garnica, P. (2002) lo define como un tipo de material terroso, conformado por una capa delgada sobre la corteza terrestre, el cual se encuentra conformado desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas completamente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidos del concepto las rocas sanas, ígneas o

metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se desintegren rápidamente por exposición a la intemperie. El suelo es el primer y último soporte de todas las infraestructuras, por lo que es muy importante estudiar su comportamiento ante la alteración ante cualquier asentamiento. Se ha podido verificar que el suelo se comporta como una estructura más, siendo su característica física propia, densidad, porosidad, módulo de balasto, talud natural, cohesión y ángulo de fricción interna, las más esenciales, que le confieren algunas propiedades resistentes ante diversos comportamientos como: compresión, cizalla, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asentos máximos.

A. Origen de los suelos

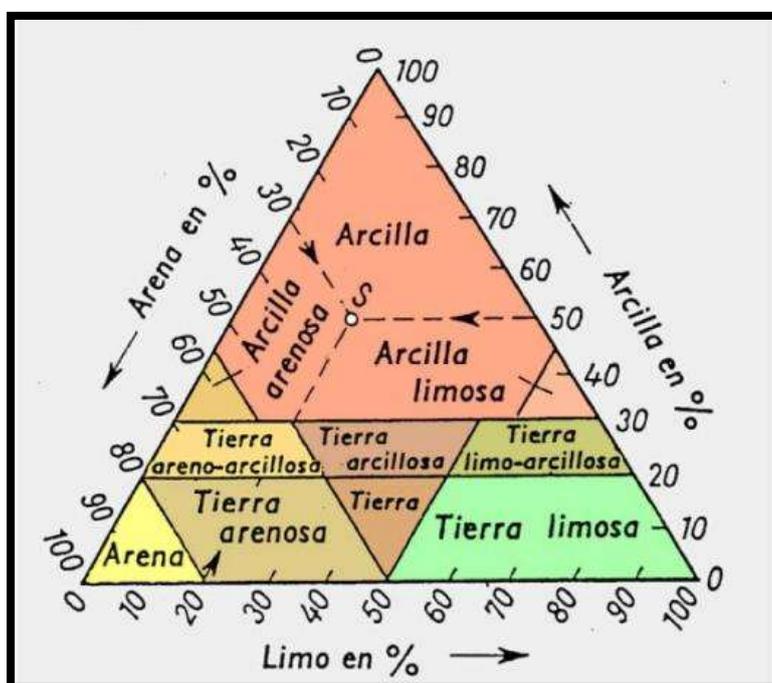
Berry, L. (2012) menciona que el planeta tierra está conformada por roca la cual su formación geológica ha tomado muchos millones de años. Asimismo, durante el mismo ciclo la superficie rocosa ha sufrido cierta desintegración y descomposición continuamente mediante un proceso de meteorización. Esto debido a la permanente exposición de los agentes atmosféricos como las inundaciones, fuertes vientos y actividad glacial, una gran parte de los residuos de roca fragmentada por la meteorización han sido arrastradas, sometidas a abrasión, fragmentación y eventualmente depositada. En consecuencia, de los cambios climáticos producidos a lo largo de la historia el mismo acompañado de las fluctuaciones de los medios niveles de mar, de la superficie terrestre y formación de las concentraciones de materiales producidos por la meteorización estos se han visto interrumpidos innumerables veces durante los miles de años que han pasado a lo largo de nuestra historia. Como consecuencia de lo mencionado anteriormente se ha podido observar que la superficie actual de nuestra tierra se ha visto alterado esto debido a los propios estragos de la naturaleza el mismo que a lo

largo de los años se ira transformando, esto de manera indefinida, ya que nuestro planeta tierra está en un proceso de translación con relación al sol.

B. Tipos de suelos

Los distintos tipos de suelos que existen dentro de nuestra naturaleza son muy fundamentales, razón por la cual estos se clasifican según su naturaleza y según su tamaño de partícula. La siguiente gráfica muestra una clasificación composicional de un suelo.

Figura 5. Clasificación composicional de los suelos.



Fuente: Manual de Carreteras. Sección 15, página 2.

El tamaño de partículas del suelo va en relación a las rocas y ocasionalmente tiene materia orgánica el cual influye de manera oportuna en las propiedades y comportamientos del mismo, siendo las partículas su eje fundamental el mismo que se describen de acuerdo a su función siendo los factores fundamentales las gravas, arenas, limos y arcillas. En cambio, para estos términos generales se desconoce una definición clara

y concisa sobre las partículas que sean reconocidas de manera universal. Los materiales como la arena, la grava y otras partículas de mayor tamaño son producidas por la meteorización física y a menudo tienen la misma composición mineralógica que la roca madre. Mediante el origen de los elementos, los suelos se sub dividen en dos grupos muy amplios cuyos orígenes se deben a la descomposición química y/o física de los suelos y las rocas, cuyo origen es orgánico.

a) Suelos granulares.

Los suelos granulares son relativamente permeables y están conformados por partículas agregadas y sin cohesión, los mismos que son producidas por comportamientos erosivos, el origen está basado a procedimientos de meteorización física como el lajamiento, termoclastia, hialoclastita o fenómenos de hidratación física. Dado su composición se utiliza básicamente como un material de cimentación en construcciones. Una característica básica es que este tipo de suelos tienen buena capacidad de soporte y le acompaña una elevada permeabilidad, esto hace que el agua pueda evacuar rápidamente en presencia de las cargas externas. Dicha capacidad de drenaje es directamente proporcional al tamaño de las partículas. Es por ello que el grado de humedad de las partículas más finas presente cohesión aparentemente para desaparecer el contenido de agua que se almacena.

La clase de suelos se dividen dos grandes grupos: Gravas y Arenas.

- **Gravas.**

Las gravas están formadas por clastos sueltos tienen más de 2 mm de diámetro, según **AASHTO** y de 4.7 mm de diámetro según **SUCS**. Según su origen puede ser producido por el hombre, al cual se le asigna diferentes nombres uno de ellos es piedra pequeña partida, ya que

tienen características que han sufrido desgaste en sus aristas y por ello son redondeadas.

- **Arena.**

La arena son fragmentos pequeños producto de las rocas y de la trituración de las mismas y de los minerales, cuyo dimensionamiento varían entre los 2 mm y 0.05mm según las normas AASHTO y 4.75 mm y 0.075 mm según SUCS. El principal origen de estos materiales es las costas marinas a lo largo y ancho de la corteza terrestre ello en su gran mayoría, aunque también se puede ubicar a las orillas de los ríos en proporciones menores a los señalados, teniendo una característica muy similar a los lagos ya que en ambos lugares dicho material se encuentra limpio de impurezas, así mismo su uso no siempre es el mismo debido a su alto contenido de insolubles que poseen cada uno, ello hace que en la construcción se tenga el cuidado necesario en su utilización ya que no siempre resulta ser muy útil.

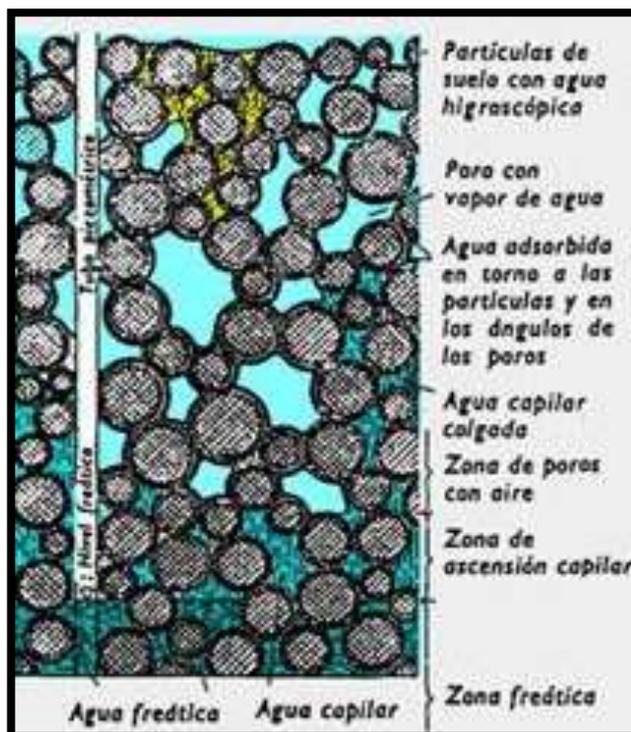
b) Suelos cohesivos

Según Garnica, P. (2013) refiere que los suelos cohesivos en comparación de los suelos granulares, se caracterizan por un tamaño más fino entre sus partículas constituyentes (menores a 0.08 mm, según SUCS). Esto en función a su superficie específica de dichas partículas el cual es considerable. El presente suelo resulta ser menos cohesivo siendo esta la principal propiedad del suelo cohesivo, al mismo se caracteriza por su fuerza inter particular generada por el agua.

Así mismo dichos suelos se caracterizan por ser muy pequeños en la cual predominan los efectos electroquímicos. Las partículas que constituyen dicho suelo tienden a unirse (interacción agua/partícula) y conformar un suelo plástico como las arcillas. El suelo en estudio contiene características

plásticas, pudiendo ser arcillas o limos orgánicos, para ello dentro de las normas técnicas existe una gran variedad de clasificación los mismos que ayuden a la fácil identificación del mismo, y así determinar el uso adecuado para evitar daños colaterales cuando se ponga en contacto con estructuras.

Figura 6. Origen de la cohesión en suelos arcillosos.



Fuente: Banon, L. et alii (2000)

Principalmente al estudiar el suelo cohesivo es hablar necesariamente de su baja permeabilidad que tiene, el mismo que dificulta el paso del agua reduciendo así el tamaño de los poros, esto debido a la atracción de las pequeñas partículas de arcilla todo ello en presencia de la humedad y su elevada compresibilidad tanto es así que el suelo arcilloso – limoso pueden comprimirse en forma brusca, aumentando así su grado de humedad hasta un 85% para arcillas y 40% - 60% para arenas y limos. Esta propiedad se emplea de manera directa en la compactación de suelos.

- **Limos**

El limo es un suelo de granos fino sedimentado clásticamente con poca o ninguna plasticidad, pueden ser orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, este tiene características plásticas o limo inorgánico como el producido en canteras. El diámetro de sus partículas está comprendido entre 0.05 mm y 0.002 mm de acuerdo con las normas AASHTO y menores a 0.075 mm según la norma SUCS. Generalmente los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para resistir cargas por medio de zapatas y los demás componentes de la estructura. Su color es normalmente gris claro y/o oscuro. Su permeabilidad es muy baja y su compresibilidad muy alta. Y de no encontrarse en un estado denso son considerados como suelos pobres para cimentación.

- **Arcillas**

Son rocas sedimentarias descompuestas y oscilan entre su diámetro de 0.002 mm según AASHTO y cuya masa tiene la capacidad de volverse plástica al ser juntada con el agua. Según su composición química es un silicato de alúmina hidratado, aunque por ocasiones contiene silicatos de hierro.

2.2.2. Características de los suelos

A. Resistencia

Para Reyes, O. (2004) menciona que la escasez de resistencia ocurre con mayor proporción en los suelos orgánicos. El utilizar la materia orgánica como un agente estabilizante puede en algunos casos utilizarse de forma equivocada ya que no necesariamente este puede ser un eje fundamental en la estabilización mecánica. Pero en muchos casos pueden obtenerse resultados favorables mediante ciertos grados de compactación solo por un corto tiempo, ya que el efecto de

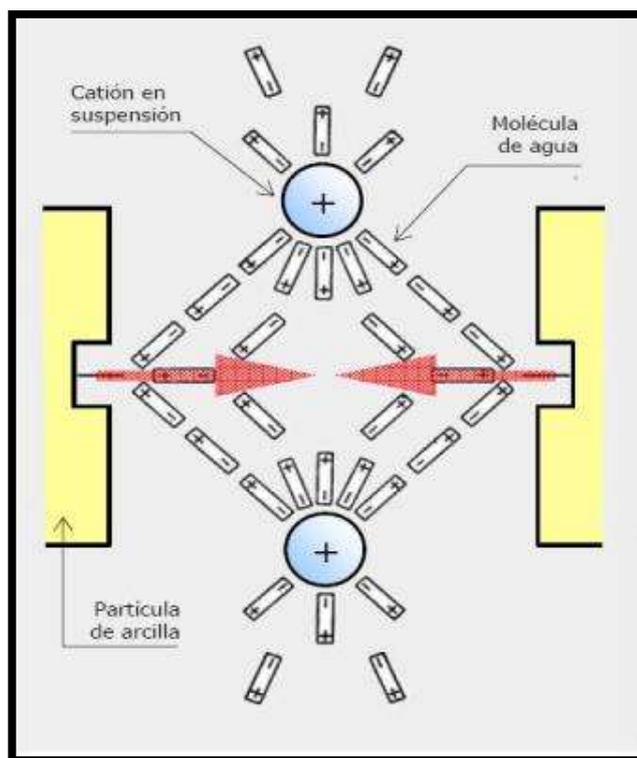
degradación de la materia orgánica puede provocar disminución de la resistencia del suelo. Mediante el presente se mencionan procedimientos más usuales que hacen mejorar la resistencia del suelo:

- La precarga.
- La compactación.
- La vibro flotación.
- Estabilización mecánica con mezcla de otros suelos.
- Estabilización química con cemento, cal, o aditivos líquidos que funcionan como cementantes.

a. Cargas eléctricas en los suelos

Montejo, A. (2005) se menciona que cuando existe partículas del mismo signo se repelen, sin embargo, parte de las partículas tienen carga opuesta entonces se desarrollan fuerzas de atracción. Se ha podido ver que, si el Ph del suelo es muy bajo, los bordes de las partículas se tienden a cargar de una forma positiva. Respecto a las caras estas permanecen con carga negativa, ahora los Ph que tienen alta carga tienden a quedar con carga negativa y puede quedar de manera dispersa. En el caso particular de los suelos arcillosos el intercambio se da por tipo catión, esto quiere decir que los intercambios de los iones son positivos, esto es debido a que las superficies de las partículas están cargadas por iones negativos.

Figura 7. Cargas eléctricas en la arcilla.



Fuente: Manual de carreteras. Sección 15, página 4.

b. Propiedades de los suelos y su determinación

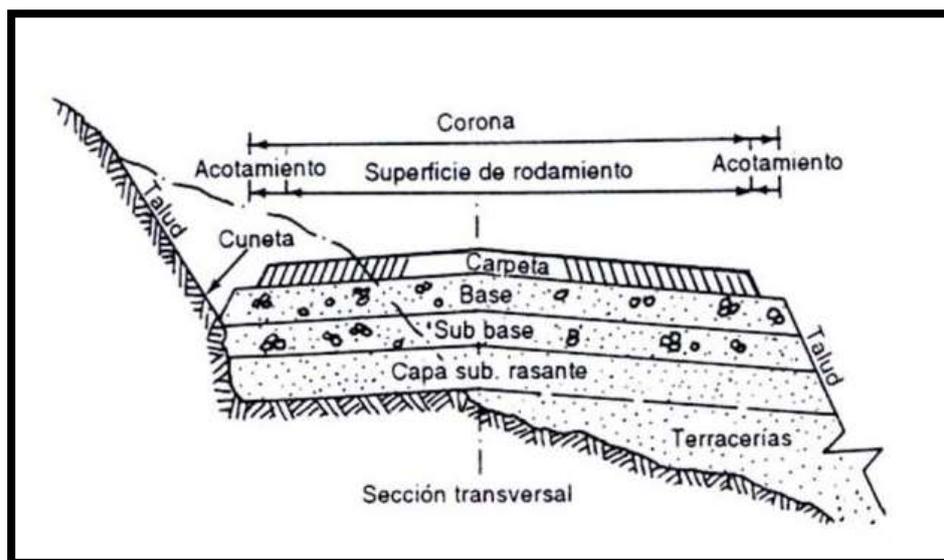
Debido a que se ha conocido los principales tipos de suelos, continuamente a ello se realizará un procedimiento adecuado que permitirá caracterizar los suelos en función de sus propiedades física – mecánicas. Siendo los principales ensayos en carreteras tal y como se mencionó a continuación: equivalente de arena, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado, Proctor estándar y determinación de la capacidad portante mediante el índice de CBR.

2.2.3. Carreteras componentes básicos

Según Pérez, A. (2002) se caracteriza a una carretera por sus componentes que la conforman sobre la superficie terrestre el mismo que está sujeto a sus componentes como son el ancho, alineamiento y pendiente, los cuales sirven de rodamiento adecuados de los

vehículos automotores, el mismo que se cumple dicha finalidad de servir como transitabilidad. La carpeta de rodadura o carretera está sobre dos capas llamadas sub-base y base. Las mismas que fueron constituidas con suelo de características adecuadas para cumplir con el objetivo general el cual es brindar un mejor servicio de tránsito vehicular a lo largo y ancho de las vías nacionales.

Figura 8. Sección transversal de una vía



Fuente: Capítulo 10. Geología aplicada a las carreteras

A. Sub base

La sub-base de un suelo está conformado básicamente por dar un respaldo a la base y este al pavimento de rodadura. Este componente es muy elemental al momento de actuar como soporte estructural y que mayormente se coloca y mejora en suelos con baja capacidad de soporte. Las principales acciones de esta capa son:

- **Resistencia mecánica:** Soporta y reparte adecuadamente las cargas de tráfico sobre la explanada, de forma que ésta pueda tolerar las presiones recibidas sin deformarse excesivamente. Además, dada la profundidad a la que se halla situada en el firme, está sometida a una alta presión de confinamiento lateral.

- Economía: si bien en cierto se puede minimizar costos al colocar esta capa ya que pasara a un segundo plano cuando se conforme la base y por último la capa de rodadura, razón por la cual se puede tratar de minimizar ciertos costos para la estabilización de dicha capa.
- Drenaje: dicho componente resulta ser muy fundamental ya que cumple un rol importante como es el de drenar las aguas procedentes del pavimento, ya que este afectara de gran manera el comportamiento y la durabilidad de la carretera, ya que, al acumularse sobre la carpeta de rodadura, provocara desgaste superficial el cual con medida del tiempo este se verá afectada de forma mecánica - física.

a) Materiales en sub-bases

Juárez, E. (2012) menciona que las características y funciones específicas de la sub base, se deben utilizar una granulometría muy bien graduada, con estricta cantidad de finos y con gravas altamente resistentes para así evitar la degradación que se pueda dar con el paso del tiempo. Las gravas de origen natural son sin duda un material friccionante, aunque en su mayoría de veces no presenta una buena capacidad de soporte. Pero son estas la que representan un bajo nivel económico en comparación de las gravas artificiales los cuales se obtienen de rocas trituradas mediante todo un proceso de aplastamiento, estas mismas pueden emplearse en casos de que se requiera una mayor resistencia mecánica. Casi en la mayoría de casos se han utilizado como sub bases, esto de acuerdo a diferentes factores como son el tráfico, clima, calidad del material, habiendo sido estabilizados con ligantes o conglomerantes.

B. Base

Gutiérrez, C. (2010) menciona que la presente capa en estudio se encuentra ubicada entre la sub base y la capa de pavimento o rodadura, siendo la principal función de ser la más

resistente, por lo que deberá de presentar un grado aceptable de compacidad relativa. Este mismo debe ser durable, e insensible al agua y su durabilidad debe abordar mucho más tiempo que las demás capas. En la actualidad se tiene dos tipos de materiales granulares para la conformación de la base:

- **Bases de grava artificial**

A consecuencia de las características superficiales y granulométricas, las gravas artificiales tienen una alta capacidad de soporte, siendo este un material idóneo el cual se puede emplear como una buena capa de base.

Propiedades requeridas:

- ✚ Granulometría: Garantizará una buena compacidad de la capa conformada.
- ✚ Rugosidad superficial: Porcentaje alto de caras fracturadas mediante el conglomerado, aumentará el rozamiento interno entre las partículas.
- ✚ Ausencia de materiales plásticos: La arcilla y limo actúan como lubricante entre los materiales gruesos, disminuyendo su capacidad portante y mejorando la aparición de deformaciones remanentes.
- ✚ Calidad del material: Dependerá de la dosificación adecuada que se le brinda, el cual mejorará su dureza evitando el redondeo de las partículas gruesas (causa una pérdida progresiva de capacidad portante) y reduce la producción de las partículas finas.

2.2.4. Estabilización de suelos

Según la N.T.P. (2014) el mejoramiento y estabilidad de un suelo que no cumple inicialmente las condiciones básicas de uso, dependerá de la estabilización física – mecánica que se le brinda. La estabilización de suelo con material químico genera poco impacto ambiental, debido a que se ahorra en transportar grandes volúmenes de material excavado y extraído de canteras. La estabilización mecánica es una forma práctica de mejorar la plataforma de una vía

de comunicación ya que estas se interactúan entre sí y aseguran que las condiciones de humedad con la que cuenta varíen dentro de rangos mínimos para luego conseguir una adecuada estabilidad a las cargas y una escasa variación volumétrica. Así mismo se produce un aumento en la durabilidad de la capa de rodadura. El procedimiento más factible que se aplicaba a los suelos y a los materiales de poca capacidad de soporte se ha visto en la necesidad de expandirse ahora a superficies granulares formadas por gravas y/o materiales de baja calidad, este tipo de materiales se realizan en plantas concentradoras el cual se someten a constantes controles de calidad para posteriormente ser trasladados a obra. Actualmente los aditivos más conocidos en el mercado son el cemento y la cal, por consiguiente, la estabilización de suelos mediante estos aditivos se ha visto mejorado ya sea en los costos de construcción y en la no pérdida de la humedad, los mismos que son factibles en las capas de base y sub base. Razón por la cual el cloruro de sodio (NaCl), se aproxima como uno de los mejores aditivos químicos con los que se puede contar para tratar de mejorar las condiciones físicas - mecánicas de los suelos y este pueda cumplir con las especificaciones técnicas planteadas en el mundo de la construcción.

A. Tipos de estabilizaciones de suelos

a) Estabilización mecánica

N.T.P. (2012): la estabilización de tipo mecánica es la técnica común que se utiliza a lo largo de los años y está basada en la mezcla de algunos materiales que contienen propiedades complementarias, con el objetivo de formar un nuevo material de mejor calidad y que cumpla las especificaciones técnicas adecuadas para la estabilización del suelo. Las propiedades formadas por la estabilización mecánica incidirán básicamente en la plasticidad, humedad y granulometría, siendo la plasticidad el que afectará la susceptibilidad del material al agua, siendo este un drenante,

la humedad proporciona la durabilidad cuando esté sometido a los diferentes factores climáticos y por último la granulometría incidirá en su resistencia, trabajabilidad y compacidad final de toda la carpeta de rodadura.

b) Estabilización volumétrica

Para mejorar el suelo con el propósito de evitar su expansión volumétrica, es debido a que algunos suelos tienden a variar su volumen esto debido a los cambios de humedad esto es mayormente en los suelos arcillosos. La modificación de un suelo implica básicamente en la transformación de la masa granulada, para lograr que resista la presión interna de expansión. En otros estudios anteriores se ha visto demostrado que los tratamientos químicos son los que mejor actúan como estabilizante este en las arcillas superficiales, a diferencia de los procedimientos térmicos que estos modifican la estructura molecular de las arcillas, siendo recomendables para arcillas con profundidad expansiva.

B. Métodos de estabilización de suelos

a) Estabilización con cloruro de calcio (CaCl_2).

El cloruro de calcio es un compuesto químico que se obtiene de la salmuera, siendo estos insolubles el mismo que también se obtiene de algunos arroyos y pozos naturales, por lo que este producto está muy presente en nuestra vida diaria. La solubilidad que contiene el cloruro de calcio es aprox. 60g por cada 100 c.c. de agua destilada a una temperatura de 0 °C, o de 159 g aprox. por cada 100 c.c. de agua destilada a 100 °C. Se ha demostrado que con la adición de cloruro de calcio disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas; algunos investigadores aseguran que el agua que rodea las partículas se ven eléctricamente reforzadas con la adicción

del cloruro de calcio, de tal manera que se incrementa de gran manera la cohesión aparente.

Se ha visto un claro incremento en los pesos volumétricos de los suelos desde un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de suelo. En cambio, existen datos que reportan disminución del peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga cloruro de calcio. Igualmente se ha podido observar que el cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo, pero de manera infortunada este material es fácil de disolución en agua, reduciendo así la evaporación y es capaz de absorber diez veces su propio peso, esto cuando las condiciones de humedad son altas todo ello dentro del medio ambiente al que está sometido, así mismo dicha humedad puede mantener en buen estado durante un día con clima de calor seco, lo cual hace de este material un producto muy capaz cuando se pretende evitar la formación de polvo. Por consecuencia de lo propuesto existen limitaciones para el empleo del cloruro de calcio, entre las más importantes están:

- El material a utilizar dentro del medio ambiente se tenga una humedad relativa superior a 3%.
- Los minerales que contienen pasen por la malla 200 y que estos reaccionen favorablemente con la sal.

El insumo que se menciona trabaja de forma parecida a la sal común, siendo su costo mucho mayor, pero se prefiere debido a su efecto oxidante del cloruro de sodio. En tan sentido el cloruro de calcio interviene en el proceso de compactación y ayuda con la resistencia física - mecánica del suelo, previniendo así el desmoronamiento de la superficie y reduce el polvo.

b) Estabilización con silicato de sodio Na_2SiO_3 (vidrio líquido)

El silicato de sodio también se le conoce como cristal líquido, pertenece al grupo de compuestos químicos que contienen un amplio intervalo entre sus propiedades físicas y químicas, encontrándose así en las soluciones acuosas y en forma sólida. El presente insumo químico también es utilizado como cementante, adhesivo, detergente, defloculante, catalizador, etc., en solución es incoloro e inodoro y también actúa como un jabón fuerte por lo que se debería de tener el cuidado necesario al manipular porque esto podría causar serios daños a los ojos si se llega a introducir en ellos. El estabilizar los suelos en las carreteras es ya muy común ya que esto se viene realizando desde 1945, y los mejores resultados se han obtenido en los suelos arenosos y climas moderados. También se podría manifestar que desde 1945 se viene investigado la efectividad del silicato de sodio como un estabilizador de suelo que en muchos casos se empleó conjuntamente con otros químicos y en otros casos solo, teniendo así éxito mayormente en los suelos arenosos y en climas cálidos y en climas moderados.

c) Estabilización o mejoramiento con productos asfálticos

El asfalto que se emplea para estabilizar un suelo no pavimentado puede ser el de cemento asfáltico o emulsión asfáltica, el cemento asfáltico es el residuo de la destilación del petróleo, el mismo que para eliminar las sustancias solventes volátiles y aceites y ser combinados con insumos pétreos deberán de calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160 °C, resultando un producto de fácil trabajabilidad, uno de ellos que más se conoce en el mercado es el AC-20, siendo su gran desventaja su costo de adquisición y el mismo no puede mezclarse con materiales pétreos húmedos. Este tipo de producto tiene la desventaja de que resulta un poco más costoso y que no puede mezclarse con pétreos húmedos.

Con respecto a las emulsiones estos tienen un fraguado lento, medio y rápido, esto en función a su porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. La emulsión asfáltica es una dispersión del asfalto en agua en forma pequeña que oscila entre 3 y 9 micras. Estos aglutinantes se usan con cualquier otro material, aunque por tratar de minimizar costos se recomienda el empleo de suelos gruesos o materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad.

El proceso constructivo se desarrolla de la siguiente manera: La capa a mejorar debe estar culminada, siendo un grave riesgo que se estabilicé cuando hay mucho viento y temperatura menor al 5 °C. También se podría decir que se puede estabilizar con ácido fosfórico y fosfatos; fosfato de calcio (yeso), resinas y polímeros. La cantidad utilizada para la proporción varía de acuerdo a la granulometría del suelo, los suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un bajo costo esto es debido a la gran dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido.

d) Estabilización con métodos químicos

A lo largo de los años se han venido utilizando cierta cantidad de productos químicos con el único propósito de estabilizar carreteras no pavimentadas, en su mayoría de estos productos han resultado ser favorables, mas no siendo así su empleo muy constante ya que están no son conocidas de manera directa y es por ello que las entidades públicas y privadas no optan x dicho fin. De los distintos productos químicos experimentados se ha conocido que muchos de ellos tienen un elevado costo de aplicación, así como también existen productos de costo aplicación, pero estos no contienen la asesoría necesaria para su aplicación, desde la etapa de preparación, colocación y post trabajo, por lo que se requiere una asesoría especializada para dar un mayor alce a ciertos conocimientos de carácter muy fundamental.

Crespo, C. (2012), menciona que la estabilización mediante compuestos químicos no resulta nada fácil ya que todo reactivo químico tiende a reaccionar de distinta manera, pero es así donde se tendrá que analizar los distintos suelos y estabilizantes a emplearse para dar un mejor resultado.

Las características principales de las sustancias químicas usadas como agentes estabilizadores son:

- a)** Cemento Portland: mejora la resistencia física - mecánica de los suelos y se usado principalmente para arenas o gravas finas (Gutiérrez, 2010).
- b)** Productos Asfálticos: usado netamente para material triturado sin cohesión” (Gutiérrez, 201, p.39).
- c)** Cloruro de Sodio: impermeabiliza y minora los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos (Gutiérrez, 2010, p.39).
- d)** Cloruro de Calcio: impermeabiliza y reduce los polvos en el suelo (Gutiérrez, 2010).
- e)** Escorias de Fundición: se utiliza frecuentemente en carpetas asfálticas para una mejor resistencia, impermeabilizándola y prolongando su vida útil (Gutiérrez, 2010).
- f)** Polímeros: es utilizado siempre en carpetas asfálticas para lograr una mejor resistencia, impermeabilizándola y prolongar su vida de diseño (Gutiérrez, 2010).
- g)** Hule de Neumáticos: comúnmente utilizado en carpetas asfálticas para una mejor resistencia, impermeabilizándola y prolongar su vida útil (Gutiérrez, 2010).

En la Tabla 1, presenta la respuesta de los tipos de suelos a la estabilización con la variedad de aditivos (Gutiérrez, 2010, p.40). “Los aditivos y/o compuestos químicos, se usan en el proceso de estabilización de las carreteras no

pavimentadas, clasificados tal como se menciona en el cuadro siguiente” (Gutiérrez, 2010, p.39).

Tabla 1: Tipos de suelos expuestos a la estabilización con diversos aditivos.

Componente Dominante	Estabilizante Recomendado	Objetivos
Arenas	<ul style="list-style-type: none"> • Arcilla de poca plasticidad. • Cemento Portland • asfaltos 	<ul style="list-style-type: none"> • Para la estabilización mecánica • Incrementar su peso volumétrico de cohesión • Incrementar la cohesión
Limos	Depende del tipo de minerales que cuenta	
Alófonos	Cal	Acción puzolanica e incremento en el peso volumétrico
Caolín	<ul style="list-style-type: none"> • Arena • Cemento • Cal 	<ul style="list-style-type: none"> • Para la estabilización mecánica • Para las resistencias tempranas. • Trabajabilidad y resistencia tardía.
Llita (mineral de arcilla)	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento • Cal 	<ul style="list-style-type: none"> • Igual que el caolín • Igual que el caolín
Motmorilonita	<ul style="list-style-type: none"> • cal 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajabilidad, resistencia, reducción de expansiones y contracciones

Fuente: Manual de carreteras DG-2018-MTC

e) Estabilización con cloruro de sodio (NaCl)

El cloruro de sodio o mayormente conocido como sal común, tiene la forma de cristales fácilmente solubles en agua, son agentes higroscópicos y se consiguen de distintas maneras. La sal es un compuesto químico usada mayormente como condimento y conservante de alimentos, el cual está formado por un catión sodio y un anión cloruro, y es producido en masa debido a la evaporación de las aguas del mar como también en salmueras como en los lagos y en las rocas de sal que comúnmente se le denomina halita.

Los efectos que produce la sal en el agua son determinantes tanto en el punto de congelación como también en el punto de la tensión de vapor, estos dependerán

básicamente de la solubilidad de la sal. Al agregar pequeños porcentajes de sal al agua están se disuelven rápidamente, pero a medida que el porcentaje de adición sea más alto se disuelve, pero esto de manera más lenta y con cierta dificultad y llegara hasta un punto que esta ya no pueda disolverse.

Se ha podido comprobar que la sal es un estabilizante natural el cual está compuesto por un aproximado de 98% de cloruro de sodio y un 2% de arcillas y limos, siendo la propiedad fundamental al ser higroscópico de absorber la humedad del aire y de los materiales que están alrededor de ella, el cual utilizan para tratar de reducir el punto de evaporación y mejorar de esta manera la cohesión del suelo.

Al proporcionar cloruro de sodio a los suelos se considera que se está reduciendo el punto de evaporación del agua, esto se da debido al incremento en la tensión superficial. Por lo que cuando la superficie de rodadura está expuesta esta tiende a ser menor que la evaporación del suelo, por lo que se secar y el cloruro de sodio empieza a cristalizar, lo que esto provocaría una barrera de ayuda el cual impedirá unas posteriores evaporaciones.

Según rico, A. (2012) manifiesta que el principal objetivo del cloruro de sodio es matar el polvo en las bases y en la carpeta de rodadura. Es posible que se utilice también en zonas muy secas el cual evitara la evaporación del agua cuando este se compacte. Menciona también que la sal común viene a ser un producto higroscópico, el cual quiere decir que dicho producto es capaz de absorber toda la humedad del aire y de otros materiales los cuales puedan estar rodeado.

- **Comportamiento de los suelos estabilizados con cloruro de sodio**

N.T.P. (2014): Según las últimas investigaciones relacionadas a la estabilización de los suelos con cloruro

de sodio se pudo conocer que los detalles del comportamiento de los suelos en relación con el esfuerzo-deformación son escasas. También se pudo conocer que existen autores que han estudiado el efecto del cloruro de sodio en las propiedades de los suelos, principalmente en las propiedades físicas – mecánicas, por lo que entre las principales observaciones se pueden citar a los siguientes:

- La resistencia a la compresión y el peso volumétrico seco del suelo se incrementan al proporcionar cloruro de sodio hasta un 3%.
- Al adicionar cloruro de sodio a un suelo, el límite líquido y el índice de plasticidad se reduce.
- Es posible que cuando se desea realizar los ensayos correspondientes del suelo en laboratorio dicho suelo tenga temperaturas bajas o secas ya que de esta manera se podrá detallar de manera clara y concisa que el Angulo de fricción y la cohesión del suelo no varíen al proporcionar cloruro de sodio en especímenes y estos por su parte tampoco puedan perder la humedad con la que se desea obtener un suelo compacto.
- Mediante los análisis previos se pudo conocer que las partículas de roca caliza parecen solubles a soluciones de cloruro de sodio.
- Es posible que la capacidad de retención de humedad del suelo aumentara cuando los suelos sean tratados con cloruro de sodio.
- Se ha podido observar que aumenta significativamente la tensión superficial inmediatamente después del endurecimiento, esto puede ser responsable del aumento de la densidad del suelo hasta llegar a un 15% sobre el suelo que se encuentra sin tratamiento alguno.

Finalmente, al analizar los diferentes puntos de vista dado por los especialistas, se puede llegar a la conclusión de que no todos los suelos responden de manera significativamente al proporcionar cloruro de sodio, por lo que se deberá de analizar el tipo de suelo y sus características para así establecer la proporción, y la ventaja y desventaja en sus propiedades físicas – mecánicas antes durante y después de añadir la sal.

- **Parámetros de la estabilización con cloruro de sodio**

Es posible sugerir que, para realizar este tipo de tratamiento para estabilizar un suelo, se realice bajo precipitaciones pluviales hasta un 150mm/año y altitudes de hasta 500 m.s.n.m. Debiendo estar el contenido de humedad del cloruro de sodio en un lapso de 2 – 3.6%, así mismo si se proporciona la cantidad adecuada del cloruro de sodio y agua, el pH del suelo reducirá significativamente. Para poder estabilizar un suelo se puede aplicar cualquier tipo de cloruro de sodio, siendo su aplicación de manera refinada esto quiere decir que deberá ser en grano y/o salmuera, para proporcionar sal en forma granular existen dos formas; una de ellas es que esta pueda ser aplicado mezclando la sal con el suelo y otra es diluirlo con agua, lo que se ha visto y se utiliza frecuentemente es mezclando la sal con el suelo, conformando la plataforma hasta compactar de manera graduada.

- **Ventajas y desventajas de la estabilización con cloruro de sodio**

Se evaluarán las ventajas y desventajas de la aplicación del cloruro de sodio (NaCl) en vías.

Ventajas:

- Resulta ser un estabilizante natural, existiendo una gran demanda en todo el mundo, siendo su bajo costo y facilidad de aplicación las ventajas más confiables.
- Se requiere de 15 días de curado y si se encuentra bajo constantes lluvias se deberá de imprimir con una proporción de 0,5g cada m² después de cada lluvia.
- Se reapertura de manera rápida su tránsito vehicular, esto una vez culminada su tratamiento, este mismo no se ve interrumpido durante el proceso de aplicación ni cuando se realice el curado.
- Mediante el tratamiento se trata de disminuir el polvo y material suelto en la vía.

Desventajas:

- Sufre variaciones cuando la humedad del ambiente en donde se encuentre sea alta ya que esto produce una superficie resbaladiza.
- El no realizar una buena homogeneización provocara que el desgaste de la capa superficial en la cual se encuentra.
- El tránsito no se restringe al momento de curar, pero si se requiere una disminución del mismo ya que la reacción del esfuerzo aún no se encuentra en un 100%.
- La proporción dada para la aplicación deberá de ser la correcta, si esta sobrepasa lo calculado producirá impactos ambientales negativos y por ende causará daños a la vegetación.

2.2.5. Norma técnica de control de vías a nivel nacional

A. Ministerio De Transportes Y Comunicaciones (M.T.C.)

N.T:P. (2008): De acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su Manual de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, menciona que el tratamiento

realizado para estabilizar un suelo se basa en dos procesos, los cuales se mencionan a continuación; uno de ellos es y el que mejor se acompaña a todas las estabilizaciones, consiste en aumentar la densidad del suelo compactando de manera mecánica y el segundo proceso en el que consiste juntar un material de buena granulometría con otro que no tiene esa característica. Dentro del manual menciona que la estabilización del suelo es un concepto muy amplio que se realizara de distintas formas el cual ira de acuerdo a muchos factores que deberán de tener en consideración para su uso.

El estabilizar un suelo se aplica generalmente en vías terrestres, esto ha sido ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento del esfuerzo de deformación de un suelo, el mejoramiento de un suelo está basado en mejorar la resistencia, deformación o compresión, siendo la estabilidad volumétrica muy significativamente cuando existe agua.

a) Estabilización de carreteras no pavimentadas (M.T.C.)

M.T.C. (2013), Según el manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC, menciona que existen muchos métodos de estabilización de un suelo, los cuales se darán a conocer de la siguiente manera: Las imprimaciones, la cal, el cloruro de sodio, el cemento, los asfaltos, la Bischofita y distintas combinación de diferentes productos estabilizadores, así como la combinación de suelos con el fin de dar soluciones adecuadas a problemas particulares. (MTC-EG- 2013).

De acuerdo al Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas, menciona que la capacidad portante o CBR (California Bearing Ratio) de los materiales de las capas de subrasante y del afirmado, deberá estar en concordancia con

los valores de diseño óptimo; lo que no se admitirán valores de diseño inferiores.

Los resultados de los materiales a utilizarse en la carretera no cumplieren con las especificaciones previamente descritas la estabilización que se le aplique no será lo más factible. Por lo que no se aplicará la estabilización del suelo con características marginales como sub rasante o en capas muy inferiores tanto en la carpeta de rodadura como en los suelos granulares. Para estabilizar un suelo se deberá de tener en consideración las características granulométricas y/o mecánicas, los cuales estarán conformadas por dos o más suelos de diferentes características, de tal forma que se obtenga un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, etc. (Gutiérrez, 2010).

b) Conceptos básicos de estabilización del suelo (M.T.C.).

- **Granulometría (Agregados)**

El tipo de granulometría del material a utilizar para estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7” (MTC-Manual de carreteras, secc. Suelos y pavimentos, 2014). “Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2”) o 1/3 del espesor de la capa compactada” (MTC- Suelos y Pav., 2014).

- **Plasticidad**

La fracción inferior del tamiz de 425 mm (N.º40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico menor de 18%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111” (MTC- Suelos y Pav. 2014).

- **Composición Química**

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO no podrá exceder de 0,2% en peso (MTC- Suelos y Pav., 2014).

- **Abrasión**

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50% (MTC- Suelos y Pav., 2014).

- **Solidez**

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud =3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15% (MTC- Suelos y Pav., 2014).

- **Agua**

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y un contenido de sulfato que es expresado como SO y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. (MTC- Suelos y Pav., 2014).

2.2.6. Las fuentes De Materiales o Canteras

Galabru, P. (2004), menciona que “es difícil encontrar depósitos naturales de material que tengan una gradación ideal, donde el material sin procesar se pueda utilizar directamente por lo que generalmente será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada”. “En total, los materiales empleados serán agregados naturales que proceden de materiales excedentes de excavaciones o de canteras que podrán proceder de la trituración de rocas y gravas o podrán estar conformados por una combinación de productos de ambas procedencias. MTC - Suelos y Pav., 2014, “Para la construcción de afirmados, con o sin estabilizadores, se

utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, establecidas en el Expediente Técnico; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias”.

Figura 9: Cantera Cerro Escute



Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Cantera Cerro Escute



Fuente: Elaboración Propia

Las condiciones de excelencia que deben cumplir los materiales, estarán sujetas a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo estipulado en la siguiente tabla:

Tabla 2: Porcentaje que Pasa por los Tamices.

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSION NOMINAL DEL TAMIZ				
	203.2 mm Diam.	254 mm Diam.	304.8 mm Diam.	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	AREA DE TAMIZADO m2				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	C	C	C	C	67.4
100	C	C	C	30.6	53.9
90	C	C	15.1	27.6	48.5
75	C	8.6	12.6	23.0	40.5
63	C	7.2	10.6	19.3	34.0
50	3.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25.0	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19.0	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

Fuente: Manual de carreteras MTC- Secc. Suelos y Pav. 2014

También, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Prueba de desgaste por medio de la maquina los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)" (MTC, 2013).
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)" (MTC, 2013).
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)" (MTC, 2013).
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)" (MTC, 2013).
- Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1" (2,5 mm).

A. Calidad de los materiales

De cada origen de los materiales a emplearse y para cualquier tipo de volumen previsto se tomarán, 04 muestras para los ensayos y 04 para las frecuencias que se indican en la siguiente tabla proporcionada por el MTC.

Tabla 3: Ensayos y Frecuencias.

Material	Propiedades y características	Método de ensayo	ASTM	AASHTO	Frecuencia	Toma de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 C/ 750 m2	Cantera (2) y pista
	Límite consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 C/ 750 m2	Pista
	Abrasión los ángeles	MTC E 207	C131	T96	1 C/ 2000 m2	Cantera (2)
	C.B.R.	MTC E 132	D 1883	T193	1 C/ 2000 m2	Cantera (2)
	Densidad Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 C/ 750 m2	Pista
	Densidad Humedad	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 C/250 m2	Pista

Fuente: Manual de carreteras DG-2018-MTC

B. Compactación

Para determinar la densidad de la capa compactada se empleará mediante lo indicado en la Tabla descrita párrafos arriba y los tramos se definirán en base a las determinaciones de la densidad proporcionada.

C. Diseño de la mezcla

N.T.P. (2015): “La mezcla se debe diseñar mediante los parámetros establecidos (PCA). Se tomarán los ensayos de resistencia a compresión simple, y humedecimiento-secado (normas MTC E1103 y MTC E 1104)”. En primer lugar se deberá garantizar la resistencia mínima el cual es de 1,8 MPa, luego de 7 días de curado húmedo, mientras que en segundo

lugar el contenido deberá ser tal, que al perder peso la mezcla compactada sea la adecuada, esta misma estará sometida al ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado), el cual no superara los siguientes límites de acuerdo con la clasificación que presente el suelo por estabilizar:

Tabla 4: Pérdida de peso de la mezcla compactada.

Suelo por estabilizar	Perdida Máxima (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A3	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A5	10
A-6; A-7	7

Fuente: Manual de carreteras DG-2018-MTC

El mejoramiento de suelos estabilizados no se podrá realizar hasta que la combinación se encuentre diseñada de manera adecuada y este cuente con la aprobación de los profesionales a cargo (MTC, 2008).

2.2.7. Conceptos básicos del cloruro de sodio (NaCl)

Desde el punto de vista químico el cloruro de sodio tiene la siguiente fórmula NaCl . El cual se encuentra caracterizado por poseer enlaces iónicos, el mismo que dará lugar a puntos de fusión relativamente altos, así también como su conductividad eléctrica y estructura cristalina el cual se encuentra en estado sólido.

Seguidamente de lo mencionado se puede mencionar que el cloruro de sodio resulta ser un sólido incoloro, soluble en agua fría o caliente, siendo esta ligeramente soluble en alcohol e insoluble en ácido clorhídrico concentrado. Su forma cristalina es nítida, teniendo un brillo parecido al hielo. Por lo general contiene impurezas de bromuro de magnesio (MgBr_2), cloruro de magnesio (MgCl_2), sulfato de magnesio (MgSO_4), sulfato de calcio (CaSO_4) y cloruro de potasio (KCl).

Figura 11: Estructura del cloruro de sodio.



Fuente: <http://ichn.iec.cat/bages/geologia>.

La ubicación de la sal es amplia ya que se puede encontrar en diferentes partes de nuestro territorio. Siendo uno de las principales fuentes el océano en la cual se encuentran concentraciones que alcanzan los 30g/l de agua y un 3% de la masa de los océanos. La sal también podemos encontrar en los ríos, lagos y mares interiores en concentraciones que varían entre el 0.002% y 30%. Existe también en diferentes capas de pantanos y en el fondo de lagos secos. La sal de piedra es más conocido como mineral halita, el cual aparece mayormente en ríos y lagos, los cuales se encuentran depositados por la deshidratación de antiguas masas de agua salada. La sal se forma casi siempre por las acciones de los ríos y de las corrientes sobre las rocas de los que siempre contienen cloruros y compuestos de sodio.

La forma más fácil de obtener la sal es por intermedio de las zonas cercanas a los mares y ello es producto de la evaporación del agua salda, dicho método tiene una dificultad ya que resulta ser muy costoso. En su mayoría de los casos la obtención de la sal es por intermedio de depósitos subterráneos el mismo que es una técnica

de minería o así también a través de pozos excavados en dichos depósitos.

A. Conformación física

a) Cloruro de sodio

Nombre comercial	: Cloruro de sodio.
Sinónimos	: sal común, halita, sal de mesa.
Peso molecular	: 58.44
Familia química	: haluros, sal inorgánica.
Fórmula	: NaCl.

b) Identificadores

Número CAS	: 7647-14-5.
Número RTECS	: VZ4725000.

c) Propiedades físicas

Estado de agregación	: sólido.
Apariencia	: incoloro, apariencia blanquecina
Olor	: Inodoro.
Densidad	: 2200 kg/m ³ o 2.2 gr/cm ³ .
Masa	: 58.4 uma.
Punto de Fusión	: 1074K o 801 °C
Punto de ebullición	: 1738 K o 1465 °C
Descomposición	: -273.16 °C
Temperatura crítica	: -273.16°C
Presión de vapor	: 1 atm a 463 °C.
Densidad relativa	: 1.165
Solubilidad en agua	: muy soluble.
Reactividad en agua	: ninguna.

d) Componentes

Contiene el 99% cloruro de sodio.

e) Riesgo

Salud	: muy ligero.
Inflamabilidad	: no tiene
Reactividad	: no tiene

Tabla 5. Características del cloruro de sodio (NaCl).

Características	Límites
Cloruro de sodio, en %	98.00 – 99.70
Humedad, en %	2.00 – 3.60
Materia insoluble, en %	0.007 – 0.175
Ion calcio, en %	0.035 – 0.910
Ion magnesio, en %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, en %	0.125 – 0.355
Tamiz 4.75 mm (N°4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (N°16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz N°16	13% max

Fuente: www.itson.mx/laboratorios/.

B. Las formas de aplicar cloruro de sodio al suelo

Juárez, E. (2005) opina que para estabilizar un suelo mediante el cloruro de sodio mejoría significativamente algunas propiedades de los suelos, especialmente en bases y sub bases. De esta misma manera se puede estabilizar un suelo con otros métodos, siendo el cloruro de sodio un elemento fundamental y especial al momento de aplicarlo ya que requiere de un método especial, ello con el fin de garantizar la salubridad del personal técnico que aplica dicho insumo.

Las formas de aplicar cloruro de sodio son los siguientes:

a) En grano

El grano es un método en la cual consiste en proporcionar un porcentaje adecuado de cloruro de sodio sobre el suelo, el mismo que tendrá q ser homogenizado de manera uniforme, siendo este método no tan eficaz ya que al mezclar el suelo con el cloruro de sodio quedan porciones de suelo en la cual tienen altos contenidos de cloruro de sodio y otros que tendrán en menor cantidad, por lo que es necesario realizar dichos ensayos previamente en el laboratorio para así obtener

las proporciones adecuadas y estas puedan ser empleadas de manera adecuada a lo largo de la vía.

Figura 12. Aplicación de cloruro de sodio al suelo.



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, CII-USAC

Figura 13. Aplicación directa de cal al suelo



Fuente: <http://picasaweb.google.com/lh/photo/>

b) En salmuera

La principal propiedad del cloruro de sodio (NaCl) es que se disuelve con mucha facilidad en el agua siendo esta una ventaja al aplicar dicho insumo a la vía. Así mismo al diluir la sal con el agua es fácil de homogenizar lo que este provocaría que en el agua se crea salmuera, la cual es de mucha

facilidad aplicarla al suelo controladamente, siendo la salmuera un insumo en la cual llena los espacios de las partículas que deja el suelo y constituye una forma eficiente de mejorar el suelo a través de una humedad óptima del suelo.

Figura 14. Salmuera.



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, CII-USAC.

Figura 15. Aplicación de salmuera en laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, CII-USAC.

Figura 16. Aplicación de salmuera en campo.



Fuente: <http://picasaweb.google.com/lh/photo2>

2.2.8. Estabilización de Suelos arenosos

La estabilización del suelo, tiene como objetivo aumentar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua y otros aspectos relacionados para cumplir tal fin, uno de las características más comunes que tienen las carreteras es su alto contenido de arena. Los suelos arenosos están conformados básicamente por arenas que a diferencia de los suelos arcillosos cuando esta se encuentra en estado húmedo y/o mojada no se engancha, siendo los suelos arenosos que no retienen agua y que provocara su rápido hundimiento a capas más profundas, por lo que su característica fundamental es que son secos en donde existe poca humedad.

A. Características físicas del suelo arenoso

a) Textura

La textura del suelo arenoso se encuentra compuesto por partículas de piedra de 0.05 a 2 mm de diámetro el mismo que tiene una textura rasposa. Siendo este el tipo de suelo más ligero, siendo este más propenso a la erosión por el agua y el viento.

b) Porosidad

La porosidad del suelo arenoso es mayor en comparación a otros suelos razón por la cual se le denomina «suelo hambriento» esto debido a su frecuente necesidad de agua y por la rapidez con la que se seca. Su alta porosidad hace que el suelo arenoso sea no apto para plantas el mismo que requiere para dar fruto un suelo con condiciones de humedad. Su ventaja en comparación de otros tipos de suelos es su rápido calentamiento durante la primavera.

c) Nutrientes

La nutrición de un suelo arenoso es de tipo ácido, careciendo de nutrientes que lo hacen un suelo no adecuado para ser fértil, siendo un tipo de suelo en la cual se puede mejorar a través de materia orgánica o estiércol estos harán que el suelo recupere algo de nutrientes, provocando así alguna intención de cultivar ciertos tipos de plantas para la zona en donde se encuentra. Es preciso mencionar que a raíz de lo mencionado existe plantas muy escasas que producen cierto tipo de vegetación.

Figura 17. Suelo arenoso



Fuente: <http://picasaweb.google.com/lh/photo3>

B. Características ambientales del suelo arenoso

La característica fundamental de un suelo arenoso es que dichos suelos presentan un contenido de más de 70% de arena en los 100 centímetros de profundidad, siendo el contenido de arcillas de estos suelos menor que al 15%

Se conocen como arenosos y sus características varían entre zonas secas, templadas y húmedas. En general son suelos con poca estructura. Tienen un bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de intercambio catiónico. Presentan un excelente drenaje, buena aireación y una baja retención de humedad.

Figura 18. Suelo arenoso



Fuente: <http://picasaweb.google.com/lh/photo4>

C. Características de suelos arenosos

a) Material parental

Dichos suelos se pueden formar por arenas con diferentes orígenes. Esto depende del tipo de material parental que se encuentra, siendo las propiedades físicas y químicas del suelo pueden ser distintos. Mediante el presente se pueden conocer tres tipos de fuentes de arena:

✚ Arenas residuales

Es el resultado de un desgaste alargado de rocas ricas

en cuarzo. Pueden ser de granito, arenisca o cuarzita. Todos presentan una capa profunda de arena, siendo muy pobres en contenido de arcilla y muy drenados.

Arenas eólicas

Las mismas se depositan por acción del viento, tanto en dunas o láminas extendidas de arena. El material parental puede ser rico en cuarzo o carbonatos. Los suelos provenientes de estas arenas, son comunes en regiones calientes y secas (desiertos).

Arenas aluviales

El medio de transporte del material parental es el agua. Tienden a estar menos erosionadas que otros tipos de arenas. En algunos casos provienen de los sedimentos depositados por los ríos.

D. Formación

Los suelos arenosos se clasifican en tres tipos según su material parental y las condiciones ambientales. Estos son:

a) Suelos de zonas secas

Se forman a partir de arenas eólicas (dunas). La formación de suelo es mínima hasta que se establece algún tipo de vegetación. Hay muy poco contenido de materia orgánica y pueden presentar una cubierta de arcillas, carbonatos o yeso.

Tienen una alta permeabilidad y muy baja capacidad de retener agua. Hay una baja actividad biológica.

b) Suelos de zonas templadas

Se forman principalmente a partir de arenas aluviales provenientes de depósitos fluviales de origen glacial. También se pueden formar a partir de arenas lacustrinas o marinas, así como de arenas eólicas ricas en cuarzo.

E. Suelos de zonas húmedas

Pueden ser muy jóvenes originados a partir de arenas lacustrinas aluviales o arenas eólicas. Otros son suelos más viejos se originan por el desgaste de rocas (arenas residuales).

a) Morfología

Se refiere a los atributos del suelo que se observan en el campo. En los suelos arenosos varía según el tipo.

Los suelos de zonas secas están muy poco desarrollados. La capa más superficial (horizonte A) tiene partículas de arena son muy pequeñas y casi ningún contenido de materia orgánica. Inmediatamente por debajo de este se presenta un horizonte C (material rocoso).

Para las zonas templadas, el horizonte más superficial es bastante delgado. Se puede presentar una delgada capa de humus. Otros componentes como hierro y arcillas son muy escasos.

Los suelos jóvenes tropicales son similares a los de las zonas templadas. En el caso de los suelos tropicales viejos, hay un horizonte de materia orgánica más desarrollado. Por debajo de este, hay una capa mineral poco desarrollada y luego un horizonte profundo de arena gruesa.

2.3. Definición de términos

- **Angulosidad:** se describe la angulosidad de la arena, grava, guijarros y fragmentos, como angulosos, sub angulosos, sub redondeados, y redondeados de acuerdo al Cuadro N°30 (Criterios para determinar la angulosidad). Así mismo se pueden establecer un intervalo de angulosidad, y se pueden subdividir en: sub redondeados a redondeados.
- **Forma:** se puede describir la forma de los guijarros, gravas y fragmentos como plana alargada y si cumple con los criterios de la Tabla N°36. De otra forma no debe mencionarse la forma. Se deberá

de indicar las fracciones de las partículas que se tiene determinada cierta forma.

- **Color:** Se determinará el color siendo esta una propiedad importante para la identificación de los suelos orgánicos, así mismo se identificará los materiales de orígenes geológicos similares.
- **Olor:** Describirá el olor si es orgánico. El suelo que contenga una cierta cantidad significativa de material orgánica, teniendo esto cierto olor característico de vegetación.
- **Condición de humedad:** Se describirá la humedad de característica seca, húmeda, esto de acuerdo a los criterios técnicos de la Tabla N°37 (Criterios para determinar la condición de humedad).
- **Reacción con HCl:** Se describirá la reacción con HCl como vacía, débil o fuerte, mediante los criterios de la Tabla N°38 (Criterios para determinar la reacción al HCl). Siendo el carbonato de calcio un agente cementante, deberá de informarse de su presencia si la reacción con ácido clorhídrico diluido fuere importante.
- **Consistencia:** Para los tipos de suelos intactos de grano muy fino, se describe que la consistencia es muy blanda, dura o muy dura y firme, todo ello será de acuerdo a los criterios que se mencionan en la Tabla N°39 (Criterios para describir la consistencia). La presente observación no es la más apropiada para los suelos con cantidades muy significativas de grava.
- **Estructura:** Se describe como la estructura de un suelo intacto esto será de acuerdo con los criterios técnicos que se muestran en la Tabla N°40 (Criterios para describir la estructura).
- **Dureza:** Se describe como la dureza de la arena gruesa y de las partículas más grandes y duras, se establecen lo que sucede cuando estas partículas son apisonadas con un martillo, por ejemplo, las partículas de grava se fracturan con considerable número de golpes de martillo, algunas partículas se desmoronan con un golpe de martillo.

2.4. Hipótesis

2.1. Hipótesis General

La aplicación del cloruro de sodio mejora las propiedades mecánicas del suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, Distrito de Mariscal Castilla, Concepción.

2.2. Hipótesis específicas

- La dosificación del cloruro de sodio es importante para lograr la estabilización del suelo arenoso
- El cloruro de sodio tiene incidencia directa en la mejora de la capacidad de soporte del suelo arenoso.
- Con la aplicación del cloruro de sodio se logra una mayor impermeabilización del suelo arenoso
- La aplicación de cloruro de sodio reduce los costos para la estabilización del suelo arenoso.

2.5. Variables:

Tabla N°6. Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	ESCALA
CLORURO DE SODIO (Variable independiente)	Al proporcionar cloruro de sodio es una forma para mejorar la evaporación de los suelos ya que retiene la humedad con la cual está rodeada, y este crea una capa superior el cual es compactada con sal, este impide que la humedad se evapore rápidamente y ayuda a obtener un mejoramiento	El cloruro de sodio, como ente estabilizador de suelos arenosos, es muy práctico económico y de fácil adherencia en climas cálidos, razón por la cual se desea aplicar ante dicho problema presentado en el tramo de carretera	1. Condiciones de regeneración. 2. Conformación física	1. Se informa sobre la aplicación del cloruro de sodio en el suelo. 2. Se considera el volumen aplicado en todo el terreno.	¿El alto porcentaje de cloruro de sodio favorece el suelo? ¿Es importante evitar la contaminación en el suelo? ¿El volumen aplicado debe tener cálculo por cada m3 de suelo? ¿Es importante obtener una mezcla óptima del cloruro de sodio en el terreno?	O R D I N A L

	dosificación Roldán de Paz (2010)					
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS (Variable dependiente)	El mejoramiento y/o estabilización de un suelo, es un procedimiento que tiene por finalidad mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua y otros aspectos relacionados con el objetivo general Gutiérrez Montes (2008)	La estabilización de suelos arenosos, dependerá básicamente en encontrar el método necesario y óptimo para reducir la humedad y aumentar su resistencia a un menor precio y en el menor tiempo posible.	3. Condiciones físicas - mecánica	3.1 Se manifiesta desplazamiento de la parte superior de la corteza terrestre bajo un peso sometido. 3.2 Hay muestra de deslizamiento del terreno por causas naturales. 3.3 Se presenta desequilibrio el suelo por el alto grado de humedad. 3.4 Se exterioriza Inconsistencia	¿El desplazamiento de la plataforma, se puede prevenir mediante la concientización? ¿Se debe restringir el peso ejercido en el terreno? ¿El deslizamiento por causas naturales se puede evitar mediante la consolidación de la plataforma? ¿Es importante estabilizar adecuadamente el terreno? ¿El desequilibrio por humedad genera baches en el terreno? ¿El mantenimiento rutinario evita huecos en la vía? ¿La inconsistencia por la	

				de la superficie por la cobertura vegetal	vegetación es mínima y controlada? ¿Es importante deforestar a 10 mts del eje de la vía?
			4. EROSIÓN	<p>4.1. Se manifiesta desgaste del estrato superficial debido al mantenimiento inoportuno en toda la zona.</p> <p>4.2. Se presenta degradación del terreno por la ubicación geográfica.</p> <p>4.3. Se percibe deterioro superficial por la transitividad continua.</p>	<p>¿El desgaste se podrá evitar con el mantenimiento oportuno de la vía?</p> <p>¿Es importante dar charlas sobre cuidado y protección de la vía?</p> <p>¿La degradación es mayor en temporada de invierno?</p> <p>¿Es importante que la vía tenga una pendiente mínima?</p> <p>¿El deterioro por la transitabilidad reducirá mediante el pase restringido?</p> <p>¿Es importante restringir el pase y peso de vehículos?</p>

			<p>5. ONDULAMIENTO</p>	<p>5.1. Se manifiesta desnivel del terreno por la humedad en toda la zona.</p> <p>5.2. Se muestra inclinación abrupta del suelo producto del peso sometido.</p> <p>5.3. Se exterioriza declive constante del terreno por el grado de saturación</p>	<p>¿El desnivel producido por la humedad demuestra una plasticidad discontinua?</p> <p>¿De deberá encauzar ojos y puntos de agua?</p> <p>¿La inclinación por el peso sometido se evitará mediante el peso restringido?</p> <p>¿Se deberá concientizar mediante señales informativas?</p> <p>¿El declive producido por la saturación reducirá encauzando aguas cercanas al sector?</p> <p>¿Considero oportuno la colocación de botaderos a lo largo de la vía?</p>	
--	--	--	----------------------------	---	---	--

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de la investigación

El método de investigación fue el científico, ya que para el desarrollo se siguieron procedimientos ordenados, métodos y técnicas especiales con la finalidad de dar respuesta a los problemas planteados.

3.2. Tipo de investigación

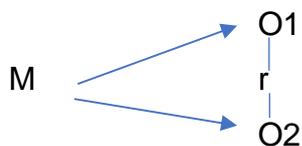
El tipo de investigación con el cual se desarrolló este trabajo fue la INVESTIGACION APLICADA, cuya finalidad es dar solución a problemas de la inestabilidad de suelos con la aplicación del cloruro de sodio. Se utilizaron conocimientos adquiridos y se aplicó a problemas concretos en circunstancias y características concretas. La investigación aplicada se centra en la solución de teoría y obtener resultados inmediatos.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación del presente proyecto es de carácter Descriptivo – Correlacional, ya que en primera instancia se realiza una descripción del problema para posteriormente buscar la relación que existe entre las variables.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación empleado fue NO experimental transaccional correlacional.



Donde:

O1: Variable independiente

O2: variable dependiente

M: Muestra

r: Correlación entre variables

3.5. Población, muestra y tamaño

A. Población

La población está conformada por la Carretera Curibamba – Pacaybamba, que tiene una longitud de 5,540 m comprendida entre las progresivas 0+000 hasta 5+540 km, ubicada en el distrito de Mariscal Castilla, Provincia de Concepción, Junín.

B. Muestra de estudio

La muestra de estudio está conformada por los tramos que comprende el suelo arenoso y por consiguientes son los que están ubicados en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Relación de ensayos de laboratorio

Ítem	Tramo	Ubicación
1	T-1	Km 00+000 – Km 00+125
2	T-2	Km 00+305 – Km 00+400
3	T-3	Km 00+550 – Km 00+630
4	T-4	Km 00+700 – Km 00+800

5	T-5	Km 00+920 - Km 01+000
----------	------------	------------------------------

Fuente: Elaboración propia

C. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra corresponde a la extracción de materiales, los cuales fueron extraídos mediante 05 calicatas (1.50 x 1.50 x 1.50) de manera alterna en todas las muestras de estudio, los mismos que se detallan en la presente tabla:

Tabla 8. Ubicación de las calicatas obtenidas

Ítem	Tramo	Ubicación
1	T-1	Km 00+000
2	T-2	Km 00+360
3	T-3	Km 00+600
4	T-4	Km 00+760
5	T-5	Km 01+000

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de la información primero se realizó la recolección de información de los materiales y tecnologías usados en la etapa de exploración de los suelos, los mismos que se identificaron el método a utilizar de la estabilización del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba.

Los datos obtenidos en el campo fueron determinantes para realizar los estudios necesarios en el laboratorio el cual podrá determinar el perfil estratigráfico del suelo y a su vez realizar la clasificación de los mismos, así como también se realizará otros

ensayos el cual podrá determinar las características técnica para lograr una estructura sólida.

Así mismo una vez concluida los estudios necesarios el cual determinen sus características físicas - mecánicas de los suelos, se puede realizar un análisis de los datos obtenidos cumpliendo así los objetivos, el cual será de emplear el cloruro de sodio con el suelo arenoso y encontrar la dosificación idónea el cual podrá cumplir con el objetivo trazado de buscar una estructura sólida y compacta.

Uno de las técnicas de recolección de información fue el de tomar información de algunos tesis a nivel nacional como internacional, los cuales se obtuvieron datos importantes que fueron de gran utilidad para la realización de la presente tesis.

Así mismo se obtuvieron informaciones de los manuales de carreteras del M.T.C. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), y como de otras fuentes de información que rigen las normas del estado, el mismo que se pretende establecer dentro de la presente tesis.

B. Instrumentos

- Los instrumentos que permitieron la extracción de muestras a partir de la población existente fueron la ficha de observaciones, lista de cotejos, formatos de análisis granulométricos por tamizado.
- Los instrumentos son considerados como herramientas específicas que se emplean en la recolección de datos y se seleccionan a partir de la técnica elegida.

3.7. Procesamiento de la información

Los datos que se obtuvieron de acuerdo a la toma de muestras fueron procesados en el laboratorio INGENIEROS CONSULTEC HR. SAC (ver anexo 03) con la finalidad de tener en lo posible mezclas completas más confiables y uniformes que favorezcan ampliamente a la estabilización del suelo.

3.8. Técnicas y análisis de datos

A. Técnicas de procesamiento

De acuerdo a la toma de muestras extraídas mediante 05 calicatas, estas serán analizadas de manera adecuada en el laboratorio de suelos, en la cual se determinará la cantidad del cloruro de sodio añadida a los suelos arenosos para determinar su máxima capacidad portante.

La información proporcionada en la carretera nos ayudara a perfeccionar los estudios correspondientes para así determinar su estratigrafía del suelo arenoso y así mismo realizar la clasificación de suelos y otros ensayos necesarios como la información respecto al cloruro de sodio y formas de aplicación el mismo que se desea demostrar la eficiencia para estabilizar el suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba.

B. Análisis de datos

Mediante los ensayos a realizarse en laboratorio estos fueron analizados usando la inducción, deducción y parámetros establecidos en las normas técnicas nacionales e internaciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

El objetivo principal del presente estudio es realizar la toma de muestras mediante calicatas ubicadas de manera aleatoria en toda la zona del muestreo, los cuales serán transportados a un laboratorio de mecánica de suelos para realizar los ensayos correspondientes que determinen su consistencia y reacción al mezclarse con cloruro de sodio y esta pueda ser factible para una buena estabilización de la carretera Curibamba – Pacaybamba.

4.2. Situación actual

La situación actual de la presente carretera en estudio comprende un ancho de 4.00 mts a 4.50 mts, variables en algunas zonas, los cuales tienen un estado deteriorado, con huecos, ondulaciones, desgaste de la calzada. En todo el tramo del proyecto en estudio se puede constatar que no tiene servicios de alcantarillado pluvial existiendo una pendiente favorable, donde la escorrentía de aguas pluviales descarga en considerable volumen ocasionando de esta manera acumulación de agua en toda la calzada.

4.3. Toma de muestras

Se realizó un reconocimiento in-situ con el fin de establecer todos los detalles existentes que se deberá de tomar en cuenta.

Consecuentemente a lo mencionado se inició con la toma de muestras mediante calicatas los cuales tienen las siguientes características:

Tabla 9. Ubicación geográfica de las calicatas

CALICATAS	COORDENADAS UTM			PROFUNDIDAD (mts)
	NORTE	ESTE	ALTURA (m.s.n.m.)	
C-1	8734133.331	482249.143	2223.50	1.50
C-2	8734258.136	481961.918	2208.10	1.50
C-3	8734379.223	481773.495	2194.30	1.50
C-4	8734404.054	481627.743	2086.30	1.50
C-5	8734405.808	481497.389	2078.00	1.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Relación de ensayos de laboratorio

Ítem	Muestra	Calicata	Prof. (m)	Tipo	Kg	SUCS	Ubicación
1	M-1	C-1	1.50	Bolsa	50.0	SC - ML	Km 00+000
2	M-1	C-2	1.50	Bolsa	50.0	SC - ML	Km 00+360
3	M-1	C-3	1.50	Bolsa	50.0	SC - ML	Km 00+600
4	M-1	C-4	1.50	Bolsa	50.0	SC - ML	Km 00+760
5	M-1	C-5	1.50	Bolsa	50.0	SC - ML	Km 01+000

Fuente: Elaboración propia

4.4. Descripción e identificación de suelos

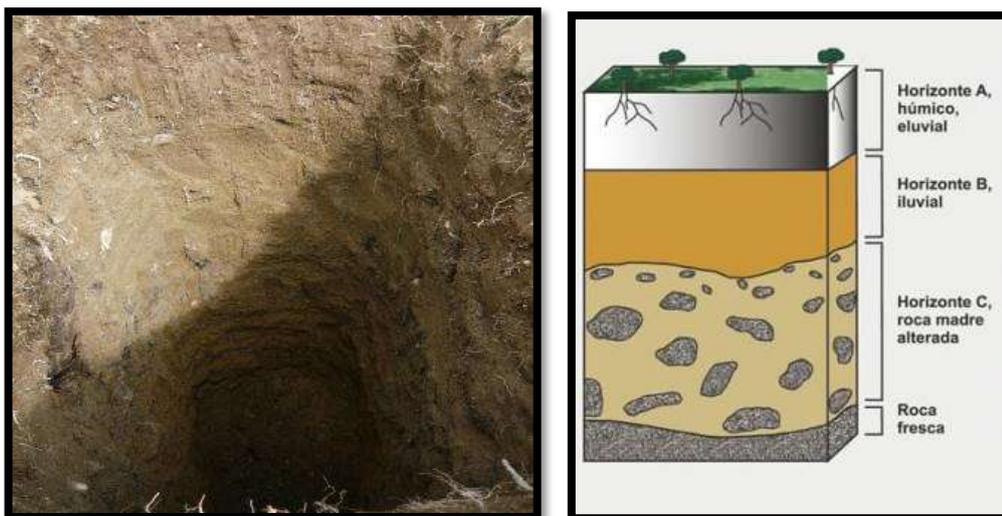
Mediante la presente practica se menciona el procedimiento para la

identificación del suelo el cual está basada en un sistema de clasificación convencional, la presente identificación hace un examen visual el cual se realiza mediante ensayos manuales el cual debe indicarse de manera concisa en el informe correspondiente.

- Cuando se necesita identificar de manera clara el uso de los suelos con fines ingenieriles, el mismo que se deberá utilizar los procedimientos descriptivos en los sistemas corrientes de clasificación.
- En la presente práctica, la identificación del suelo mediante el símbolo y nombre del grupo se limitará a las menores partículas de 3" (75mm).
- El tamaño de suelo identificable en la norma se limitará a los que son de forma natural, pero estos pueden usarse como un sistema descriptivo de materiales como las arcillolitas, conchas, roca triturada, etc.
- Continuamente a la norma mencionada también se puede incluir materiales, operaciones y equipos que ofrecen algún riesgo ante durante y después de los trabajos, siendo netamente la responsabilidad a quienes dirijan el presente procedimiento de identificación de un suelo.

Al suelo identificado se le asignará un símbolo de grupo y un nombre, esto de acuerdo a las normas AASHTO Y SUCS, ello en función de las calicatas realizadas en las zonas de estudio, tal y como muestra la siguiente figura que muestra lo encontrado en la zona de estudio.

Figura 19. Perfil estratigráfico del suelo.



Fuente: Vista fotográfica tesista.

4.5. Proceso para la identificación de suelos de grano fino.

Para realizar el presente proceso se escogerá una parte del material seleccionado, mezclándose las partículas mayores que pasan el tamiz N°40 (arena mediana y gruesa), ello hasta obtener una muestra del tamaño de una mano llena de material para lo cual se realizara las siguientes pruebas correspondientes:

Resistencia seca: El procedimiento para realizar el moldeo y secado de material se tomará muestras físicamente secas, tratando de ensayar la resistencia mediante bolitas o de una forma de terrón apretándolo entre dedos. Las resistencias obtenidas iran desde nula, baja, mediana, alta, o muy alta de acuerdo a la Tabla N°41 (Criterios para describir la resistencia en seco).

Dilatancia: Se deberá de escoger un material suficientemente grande el cual será para moldear una esfera de aprox. ½” o 12.5 mm de diámetro, a esta se le moldeara y añadirá agua, si este fuese necesario, hasta lograr obtener un suelo con consistencia blanda pero no muy pegajosa.

Inmediatamente después con una navaja y una espátula se aplanará dicha esfera formada por la palma de la mano, este se agitará varias veces en la mano hasta notar que se aparezca el agua en la superficie del material, el mismo que mostrará una consistencia gelatinosa y de aspecto muy brillante. Y por último dicha muestra será exprimida apretándola fuertemente el suelo por varias veces con los dedos y se anotará esta reacción de manera nula, lenta o rápida ello será de acuerdo a los criterios técnicos establecidos en la Tabla N°42 (Criterios para describir la dilatación).

Tenacidad: Se describirá como tenacidad de los terrores y rollitos como alta y baja, ello será en función de lo estipulado en la Tabla N°43 (Criterios de tenacidad)

Plasticidad: La plasticidad de un suelo se realizará en función de la tenacidad obtenida en los ensayos anteriores y este se describirá en base a las especificaciones técnicas mencionadas en la Tabla N°44 (Criterios para describir la plasticidad).

4.6. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)

La toma de muestras del suelo obtenidas de las calicatas de campo fueron trasladados al laboratorio de suelos para lo cual se fue extendida sobre una superficie plana, el mismo que es secada al aire libre, inmediatamente después se procede a desmenuzar dicho material, en la cual se deshace algunos terrones que se encuentran ello mediante combas de goma y/o morteros, sucesivamente se mezcla dicho material hasta tomar la forma de una pila de cono, dicha sección se repite por 4 a 5 veces, tomando cada palada obtenida y colocándolo en la parte superior del cono esto de modo que el material pueda ser uniforme por todos los lados.

Teniendo el cuidado necesario el material obtenido se aplana y extiende el material que tienen la forma de pila cónica ello hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, ello presionando hacia la parte de abajo con la misma cuchara de la pala, ello de tal manera que cada cuarteo contenga material original. Se debe tener en cuenta que el diámetro debe ser aprox. De 4 a 8 veces su mismo espesor.

Finalmente se divide el material en 04 partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonales opuestos, y se limpian con cepillo los espacios libres. Los otros dos cuartos se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad requerida.

Figura 20. Toma de muestra extraído de campo



Fuente: Fotografía tesista

4.7. Método de ensayo para el análisis granulométrico

Las normas establecen los métodos del análisis granulométrico de acuerdo al tamizado, ya que esto consiste en determinar una muestra del suelo tal y como se extrae de las calicatas y esta se deberá de secar al aire o también mediante un horno temperado hasta lograr su secado general. Se puede determinar también que los terrones formados se desmenuzaran mediante martillo de goma, estas muestras constituyen la cantidad necesaria para utilizar los ensayos correspondientes y este se obtendrá por un cuarteo mecánico y/o manual, esto de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC.

Para determinar el análisis granulométrico la cantidad de muestra, dependerá de la relación entre finos y gruesos que pasará por el tamiz N°10 y de acuerdo al tamaño máximo del material con el único propósito de que el material sea el suficiente. En el presente cuadro muestra valores representativos mínimos a considerar:

Tabla 11. Valores mínimos de peso para granulometría.

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz (N°10) 2,00 mm
Nominales	Redondeados	
9,5 mm (3/8")	10 mm	500 g
19,0 mm (3/4")	20 mm	1000 g
25,4 mm (1")	25 mm	2000 g
38,0 mm (1.1/2")	40 mm	3000 g
50,8 mm (2")	50 mm	4000 g
76,2 mm (3")	80 mm	5000 g

Fuente: Manual para ensayo de materiales

4.7.1. Granulometría del suelo en estado natural

El material a utilizar para realizar la estabilización de un suelo deberá estar de acuerdo a las normas AASHTO T-127 y AASHTO T-11, requeridos para este tipo de trabajos, para el cual mediante ello se determina la densidad de la proporción solida de un número de partículas agregadas y proporcionadas con un valor promedio representativo.

Tabla 12: Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128

N° de calicata	% Retenido de la malla N°200	% Pasa de la malla N°200	Sistema de clasificación
C-1	28.7	71.30	SC-ML
C-2	25.2	74.80	SC-ML
C-3	44.1	55.90	SC-ML
C-4	62.60	37.40	SC-ML
C-5	43.60	56.40	SC-ML

Fuente: Elaboración propio

Tabla 13. Resumen de las fracciones granulométricas

N° de calicata	% de Grava	% de Arena	% de finos
C-1	11.9 %	24.7 %	63.9 %
C-2	7.5 %	23.8 %	68.7 %
C-3	9.3 %	36.5 %	54.2 %
C-4	12.40 %	51.15 %	36.45 %
C-5	9.6 %	48.9 %	39.0 %

Fuente: Elaboración propia

4.8. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.

4.8.1. Límite líquido de los suelos

El límite líquido de un suelo resulta ser el contenido de humedad el cual se da en porcentaje, el mismo que viene a ser el resultado del estado del líquido y plástico del suelo, para obtener los resultados de dicho ensayo se realiza la separación mediante un surco separador que divide la pasta de la muestra en dos partes iguales y este se cierra al fondo en una distancia de $\frac{1}{2}$ " y/o 13 mm esto cuando

se deja caer la copa 25 veces durante una altura de 1 cm esto en dos caídas por segundo.

El presente método de ensayo es muy utilizado en varios sistemas de clasificación ingenieril, los cuales están de acuerdo a las normas de clasificación SUCS Y AASHTO.

4.8.2. Limite plástico e índice de plasticidad

Se determinará el limite plástico (L.P.) a la más baja humedad con la que se puedan formar barras de suelo en un aproximado de 3,2 mm (1/8") de diámetro, dichas barras deberán estar rodando sobre la palma de la mano y una superficie de vidrio de aspecto lisa. Los ensayos como límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de suelos, son muy usados de manera individual como grupal, los mismos que buscan como objetivo general obtener la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción e expansión y resistencia al corte.

En la tabla 14, refleja el resumen del límite de consistencia que es necesarios para realizar su clasificación de acuerdo a las normas SUCS y AASHTO, todo ello en un estado natural del suelo en estudio.

Tabla 14. Límite de consistencia

N° de calicata	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C-1	24.8	18.0	6.5
C-2	25.4	18.8	6.9
C-3	26.6	20.1	6.5
C-4	25.6	19.1	6.5
C-5	25.9	19.6	6.3

Fuente: Elaboración propio

4.9. Método de clasificación de los suelos con propósitos de ingeniería sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

El presente método que se muestra a continuación muestra la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con objetivos de ingeniería los cuales están basados en determinar mediante el laboratorio e mecánica de suelos, los resultados de granulometría, límite plástico e índice de plasticidad, los cuales deberán ser utilizados cuando se requiera una clasificación adecuada.

Las determinaciones de los nombres y grupos a los cuales pertenecen los diferentes tipos de suelos están basados a la norma ASTM, para lo cual puede ser utilizada para tratar de describir un suelo, el mismo que ayuda en la evaluación de las propiedades más significativas de los suelos para usos netamente ingenieriles.

El determinar la agrupación de un suelo mediante el sistema SUCS, fue para correlacionar de una forma muy general los diversos suelos según su comportamiento dentro de la ingeniería. Ya que es el campo donde desarrollara mayor influencia por lo que los métodos que se proporcionan en el mismo serán el primer paso para cualquier tipo de investigación, siempre y cuando esté relacionado a la ingeniería geotécnica.

Para realizar la clasificación de un suelo, se tendrá que recurrir a las tablas NTP 339.134, ellos según los anexos adjuntados al presente proyecto, para lo cual se menciona a continuación:

- TABLA 46. La carta de flujo para poder clasificar un suelo de grano fino que pasa la malla N° 200 (ver anexos).
- TABLA 47. La carta de flujo para poder clasificar un suelo de grano grueso (ver anexos).
- TABLA 48. Carta de plasticidad (ver anexos).

En la Tabla N°49. Se muestra el tipo de proceso que se usó para realizar la clasificación SUCS y AASHTO ya que estos mismos se realizaron mediante las normas NTP 339.134 y NTP 339.135, para lo cual se hizo uso de las tablas para la clasificación SUCS (Carta de plasticidad límites líquidos e índices de plasticidad).

Dichos suelos son el resultado del suelo ensayo realizado en laboratorio,

después de haber extraído las muestras suficientes que conllevaron a dicha conclusión, mediante dicha descripción se analizó las alternativas de estabilización, teniendo en consideración el lugar tiempo y economía necesaria para dichos trabajos.

Tabla 15. Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

N° de calicata	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO
	Símbolo	Nombre	
C-1	SC-SM	Arcilla limosa – Arcilla arenoso	A-2
C-2	SC-SM	Arcilla limosa – Arcilla arenoso	A-2
C-3	SC-SM	Arcilla limosa – Arcilla arenoso	A-2
C-4	SC-SM	Arcilla limosa – Arcilla arenoso	A-2
C-5	SC-SM	Arcilla limosa – Arcilla arenoso	A-2

Fuente: Elaboración propia

4.10. Método de clasificación de suelos para vías de transporte.

Según las normas técnicas el método de clasificación del suelo es un procedimiento técnico basado en la determinación de un material mediante el tamaño de partículas, el límite líquido y el índice plástico. El cual podría ser utilizado de aspecto técnico con propósitos netamente viales.

Para poder clasificar un suelo se hizo uso de la tabla NTP 339.135 (Anexo) el cual describe lo siguiente:

- TABLA 49: Clasificación de un Suelo y Mezcla de Suelo-Agregado (ver anexos).

4.11. Método de ensayo de compactación Proctor modificado (ASTM D1557).

En la actualidad existen muchos métodos de compactación mediante laboratorios de mecánica de suelos, el mismo que desde tiempos muy

remotos fue uno de los primeros métodos ello con relación a los R.R. Proctor Modificado, en el mismo que se aplica la mayor cantidad de energía de compactación que el método estándar, siendo este el que más está de acuerdo con lo solicitado de las estructuras modernas que se impone un suelo. También existe algunas condiciones que se utiliza dentro del ensayo de Proctor Modificado como es los golpes al que puede estar sometido.

Sucesivamente se puede definir que el ensayo de Proctor Modificado es uno de los procedimientos más importantes del estudio y control de calidad de compactación de terreno. Siendo este una de las formas de obtener la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.

Figura 21. Instrumentos para realizar ensayo de Proctor.



Fuente: <http://civilfree.blogspot.pe/>

➤ **Objetivo**

El objetivo principal es lograr la compacidad máxima de un suelo mediante una energía de compactación determinada, ello con el fin de evitar asentamientos cuando se inicie la obra.

También se podría mencionar que una de los objetivos principales del presente ensayo es determinar la relación entre la densidad seca y la humedad para una energía determinada de compactación teniendo

como mínimo 2700 KN-m³/m³, y definir así su densidad seca máxima y su humedad necesaria siendo esta la más óptima, que se puede obtener en el laboratorio

➤ **Fundamentos teóricos**

El fundamento teórico para determinar la compactación de un suelo mediante el ensayo de proctor modificado está basado en la determinación de la densidad seca mediante varias probetas compactadas en las mismas condiciones, pero teniendo como diferencia los contenidos de humedad. Por lo que debido a este contenido de humedad se alcanza determinar su densidad óptima de forma que este par de valores, son representados en coordenadas cartesianas, definiendo así la relación buscada.

Existen tres formas o procedimientos aplicables para lograr el objetivo, por lo que se aplicó el procedimiento método "A" según lo indicado en el siguiente cuadro:

Tabla 16. Procedimiento para determinar CBR.

% RETENIDO ACUMULADO	PROCEDIMIENTO "A"	PROCEDIMIENTO "B"	PROCEDIMIENTO "C"
TAMIZ ¾"	-----	-----	≤ 20%
TAMIZ 3/8"	-----	≤20%	>20%
TAMIZ N°4	≤20%	>20%	-----
MOLDE ø	4"	4"	6"
N° DE CAPAS	5	5	5
N° GOLPES POR CAPA	25	25	56
PESO DEL MARTILLO	10 LB	10 LB	10 LB

ALTURA DE CAIDA N° PULG	18"	18"	18"
CANT. DE MATERIAL KG	4	4	6
MATERIAL QUE PASA	N°4	3/8"	3/4"

Fuente: Elaboración propia basado en las normas de la MTC E 115 y NTP 339.141.

➤ **Resumen del ensayo**

Este método de prueba generalmente producirá un peso unitario seco máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definen bien el peso unitario seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el método de prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

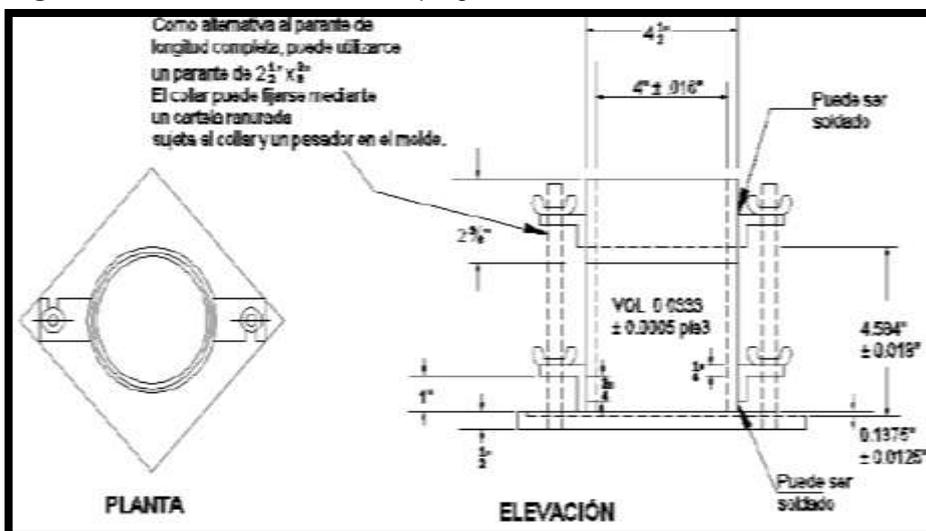
Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenido de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Este procedimiento se representa mediante una relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores óptimos permisibles entre el contenido de agua y el máximo peso unitario seco modificado se determinan en base a la curva antes mencionada.

Cuando los suelos tienen características y/o propiedades no adecuadas para la construcción, como pueden ser: alta permeabilidad, baja capacidad de soporte y otros, se puede recurrir a algunos medios para mejorar dichas propiedades y características tales casos son denominados como estabilización.

El presente ensayo consiste en aumentar una energía de compactación (2,700 Kn -m/m³), el número de golpes por capa se elevó a 56 y el número de capas a 5, aumentando el peso del martillo (pisón metálico) a 4.54 kg y la altura de caída del mismo a 18" (45.57 cm),

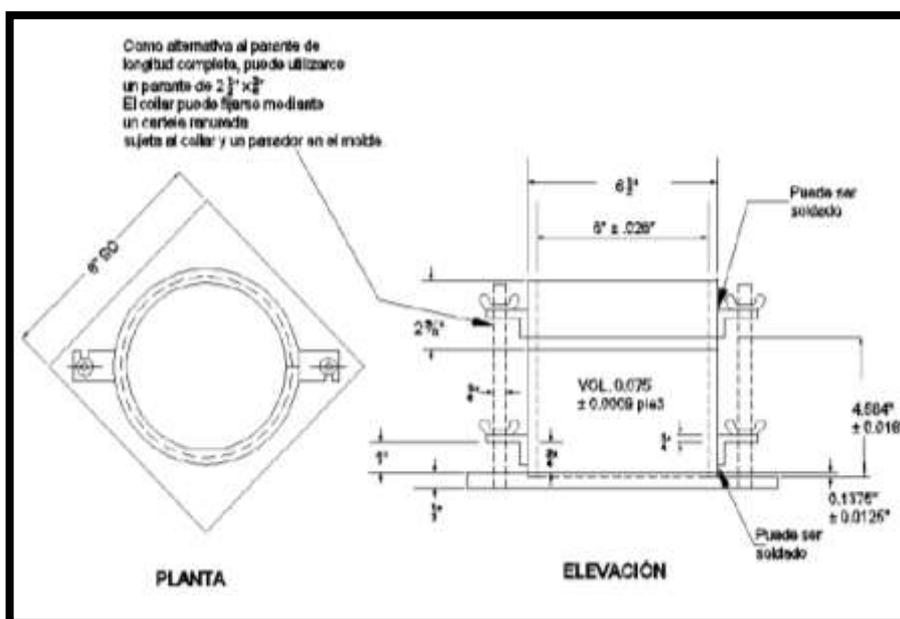
siendo la energía de compactación d 27,2 kg.cm/cm³, resultando la densidad seca máxima obtenida.

Figura 22. Molde cilíndrico de 4,0 pulg



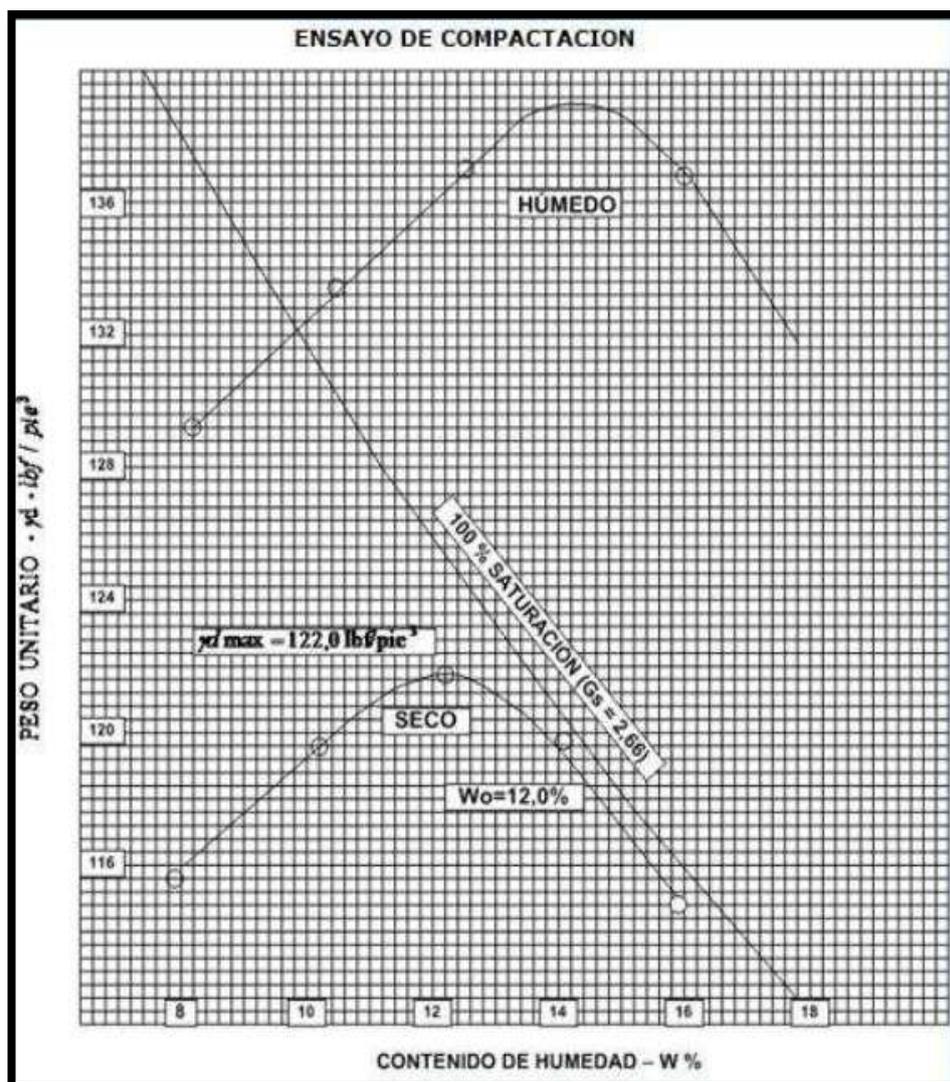
Fuente: Manual de ensayo de materiales

Figura 23. Molde cilíndrico de 6,0 pulg



Fuente: Manual de ensayo de materiales

Figura 24. Ejemplo curva de compactación



Fuente: Manual de ensayo de materiales

➤ Trascendencia del presente ensayo

Los suelos utilizados como relleno en la aplicación de la Ingeniería se conforman y compacta para obtener buenas propiedades ingenieriles como son: compresibilidad o permeabilidad, resistencia al corte. También estos suelos de cimentaciones son constantemente compactados logrando así mejorar sus propiedades de Ingeniería. La compactación en laboratorio proporcionara las bases para determinar así el porcentaje de compactación y de contenido de agua que se requiere para obtener las propiedades adecuadas.

4.12. Método de ensayo relación soporte california (CBR) suelos compactados en laboratorio:

4.12.1. Procedimientos y equipos de ensayo

Mediante los conceptos mencionados párrafos arriba y continuando con la presente tesis de investigación se da a conocer el procedimiento básico para determinar la importancia de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio). Dicho ensayo se realiza de forma normal sobre un suelo preparado en el laboratorio de mecánica de suelos en condiciones determinadas de humedad y densidad; también se puede determinar de forma análoga sobre las muestras inalteradas tomadas en el terreno.

La prueba CBR en suelos consistió básicamente en compactar una muestra de suelo en unos moldes normalizados, sumergiéndolos en agua y aplicando un punzonamiento sobre el mismo suelo mediante un pistón normalizado.

El presente ensayo se describe también, para el uso de resistencia potencial de la calzada de la carretera en estudio, en la cual se obtuvieron valores de CBR, los mismos que fueron analizados mediante los equipos de laboratorio que se requieren para sus objetivos, los mismos que se mencionan a continuación:

Equipos de ensayo

Máquina de carga: Es un maquina tipo prensa usada en ensayos de compresión, utilizada también en forzar la penetración de un pistón se aloja sobre el cabezal en la cual corre a cierta velocidad constante de 1.27 mm (0.05") por minuto. La determinación de la capacidad de prensa y su sistema de carga debe ser de 44.5 Kn (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida deberá ser de 44 N (10 lbf) o menos.

Figura 25. Máquina de carga



Fuente: <http://civilgeeks.com/>

Molde: Molde de tipo cilindro de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026$ ") de diámetro inferior y $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018$ ") altura, provisto de un collar de metal suplementario de $50,8\text{ mm}$ ($2,0$ ") de altura y una placa de base perforada de $9,53\text{ mm}$ ($3/8$ ") de espesor. La perforación de la base no excede de $1,6\text{ mm}$ ($28\ 1/16$ ") el mismo que será de forma uniforme de espacios de forma circular interior de diámetro.

Figura 26. Molde cilíndrico



Fuente: Laboratorio de suelos

Disco espaciador: Disco de metal de forma de un círculo con 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y 61.37 ± 1.127 mm (2.416 ± 0.005 ") de espesor.

Apisonador: Es un aparato netamente de fuerza el cual cumple la función de compactar la muestra de suelo mediante capas establecidas.

Aparato de medida expansiva compuesto por: Una pequeña placa de metal perforado en cada molde de 149.2 mm de diámetro, cuyo diámetro de perforación no excede a 1.6 mm de diámetro. Dicho aparato esta provista de un vástago en el centro con un sistema de tipo tornillo que permita regular su altura. **También un trípode** cuya forma de sostener puede apoyarse al borde del molde, el mismo que lleva montado y bien sujetado al centro del dial. Cuyo vástago mencionado deberá de coincidir con el de la placa, este de forma que permita vigilar la posición de este y medir su expansión, con aproximación de 0.025 mm.

Presas: Este refiere básicamente a las pesas anulares de tipo metal que tengan una masa de 4.54 ± 0.02 kg y también pesas en forma de ranuradas teniendo cada una un peso de masa de 2.27 ± 0.02 kg. Dichas pesas deberán tener de 149.23 mm a 150.81 mm en diámetro y además tener la pesa, anular un agujero central de 53.98 mm de diámetro.

Pisón de penetración: Pisón metálico de forma transversal circular, de 49.63 ± 0.13 mm de diámetro, área de 19.35 cm² y con una longitud necesaria para realizar un ensayo de penetración con las sobrecargas menores de 101.6 mm.

Los dos diales que conforman deberán tener un recorrido mínimo de 25 mm o 1" y de divisiones en 0.025 mm o 0.001" uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento

en dicha prensa para medir la penetración del pistón en la muestra de suelo.

Figura 27. Dial y Trípode



Fuente: Laboratorio de suelos

✚ Procedimiento de ensayo

El proceso de elaboración del presente ensayo se da de acuerdo a los valores de la relación de soporte el mismo que se obtienen a partir de especímenes de ensayo que tengan el mismo peso unitario y el mismo contenido de agua que se espera ver en el terreno. Por lo general las condiciones de humedad más desfavorables se tienen cuando el material está muy saturado.

El procedimiento se indicará de acuerdo a las normas estipuladas siendo las relaciones de peso unitario – humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado. Siempre que este sea mayor del 75% en peso de la muestra pasando por el tamiz de $\frac{3}{4}$ ", cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de $\frac{3}{4}$ ", sea mayor a un 25% en peso, se dispersa el material retenido en dicho tamiz y se cambia por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de $\frac{3}{4}$ " y N°4, obtenida tamizado.

- De la muestra preparada se tomará la cantidad óptima para el ensayo de apisonado, mas unos 5 kg por cada molde de CBR.
- La determinación de la humedad óptima y la densidad máxima por intermedio del ensayo de compactación adecuado. Se compactará un número adecuado de especímenes con variaciones en el contenido de agua, con el propósito de establecer adecuadamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se logran obtener con diferentes energías de compactación. Comúnmente se utiliza la energía del proctor estándar, proctor modificado y la energía inferior al proctor estándar. De esta manera se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los más principales. Dichos resultados se grafican en un diagrama de acuerdo al contenido de agua con el peso unitario.
- Se determinará la humedad óptima natural del suelo mediante secado en estufa, según norma MTC E-108.
- Conociendo la humedad natural del suelo, se le proporciona la cantidad de agua que falta para alcanzar la humedad adecuada para el ensayo, generalmente la humedad óptima se determina según el ensayo de compactación elegido y se mezcla con la muestra obtenida.

Para los suelos cohesivos se interesa mostrar su comportamiento sobre los diferentes intervalos de humedad. Siendo las curvas de desarrollo entre los 55, 26 y 12 golpes por cada capa, con distintas humedades, esto con el propósito de obtener una familia de curvas que mostraran su relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte. Dichos resultados del esfuerzo contra la profundidad de penetración ello se plasmará en un gráfico para determinar

así el CBR de cada espécimen. La capacidad de soporte o CBR de la densidad específica se determina mediante un gráfico de CBR contra el peso unitario seco.

Figura 28. Materiales para ensayo CBR



Fuente: Laboratorio mecánica de suelos UNI.

4.12.2. Ensayo de proctor modificado del suelo en estado normal

Dicho ensayo se empleó básicamente con la finalidad de determinar su relación densidad seca y humedad óptima de compactación de suelo natural, el mismo que se tomara como referencia para el control de la calidad de la compactación de suelo.

Asimismo, el presente ensayo abarco los procedimientos de compactación usados mediante el laboratorio de suelos, en el cual se determinó la relación del contenido de agua y peso unitario seco de los suelos a esto se le conoce como la curva de compactación, esto son compactados en un molde con características antes mencionadas. Dichos ensayos se realizaron para las muestras de suelos extraídos mediante las 05 calicatas realizadas en la zona de estudio, para las cuales se verificará el comportamiento de la arena limo – arcillosa sin cloruro de sodio.

Tabla 17: Resumen del ensayo de proctor modificado

N° de calicatas	UBICACIÓN	CALICATA	DATOS	
			MDS	OCH
C-1	KM 0+000	01	1.785 GR/CM3	14.25 %
C-2	KM 0+360	02	1.862 GR/CM3	13.30 %
C-3	KM 0+600	03	1.790 GR/CM3	14.10 %
C-4	KM 0+760	04	1.746 GR/CM3	14.40 %
C-5	KM 1+000	05	1.808 GR/CM3	13.55 %

Fuente: Elaboración propia

4.12.3. Ensayo C.B.R. del suelo en estado natural

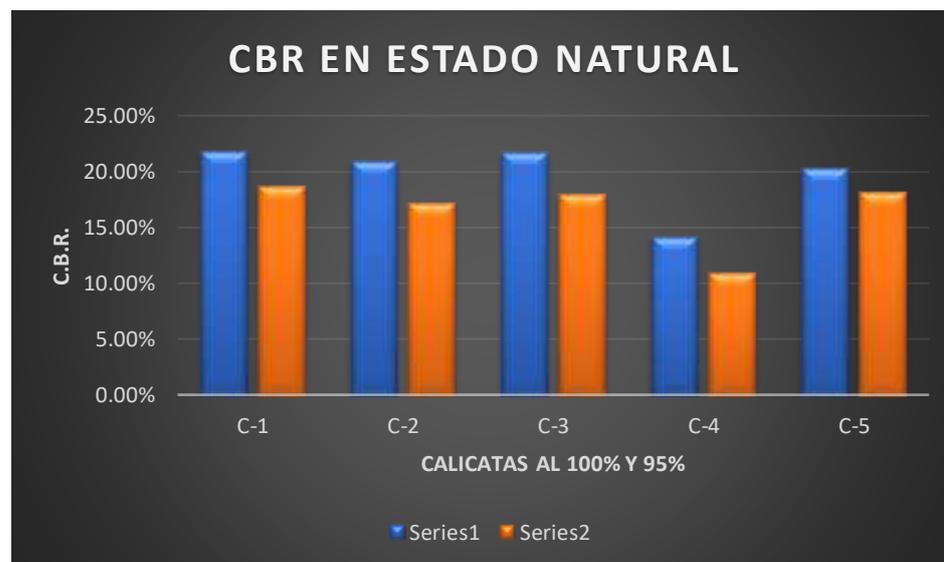
El ensayo de soporte California se realiza, para comprobar el comportamiento de la arena limo – arcillosa en estado natural, bajo los criterios técnico normativo que establece el manual de MTC sobre carreteras, suelos, geotecnia, geología y pavimentos - 2019. Dichos resultados se encuentran estipuladas dentro del Cuadro N°13, para lo cual se puede notar los resultados obtenidos de haber resultado de la prueba C.B.R. (NTP 339.145), y de la toma de 5 calicatas en estudio, del cual podemos observar que la C - 4 tiene un C.B.R. distintos al resto ello debido a que en dicho tramo se pudo encontrar un suelo arcilloso.

En la tabla 18 podemos observar los porcentajes de C.B.R. del suelo en un estado natural, los mismos que se obtuvieron mediante el análisis de suelo realizado.

Tabla 18: Resultados del CBR en estado natural

N° de calicatas	UBICACIÓN	CALICATA	DATOS	
			C.B.R. AL 100%	C.B.R. AL 95%
C-1	KM 0+000	01	21.80 %	18.60 %
C-2	KM 0+360	02	20.95 %	17.10 %
C-3	KM 0+600	03	21.65 %	17.95 %
C-4	KM 0+760	04	14.10 %	10.90 %
C-5	KM 1+000	05	20.25 %	18.10 %

Fuente: Elaboración propio

Figura 29. C.B.R. en estado natural vs calicatas

Fuente: Elaboración propio

Mediante la tabla 19, Se presenta la muestra en un resumen Clasificación de suelos, proctor modificado y CBR respectivamente en su estado natural.

Tabla 19. Clasificación de los suelos en estado natural

N° de calicatas	Clasificación de suelos		Índice de plasticidad	Proctor modificado		C.B.R.	
	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO		MDS	OCH	CBR 95%	CBR 100%
C-1	SC-ML	A - 2	6.5	1.785	14.25 %	18.60	21.80
C-2	SC-ML	A - 2	6.9	1.862	13.30 %	17.10	20.95
C-3	SC-ML	A - 2	6.5	1.790	14.10 %	17.95	21.65
C-4	SC-ML	A - 2	6.5	1.746	14.40 %	10.90	14.10
C-5	SC-ML	A - 2	6.3	1.808	13.55 %	18.10	20.25

Fuente: Elaboración propio

4.13. Contratación de hipótesis

4.13.1. Prueba de hipótesis: Hipótesis general

La aplicación del cloruro de sodio mejora las propiedades físico - mecánicas del suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción.

Cálculo de Estimado Puntual:

La prueba de hipótesis:

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.954 \leq \mu \leq 2.426$$

Cálculo de Z_0 : $Z_0 = 1.96$

Reemplazando : $\mu = 1.9$

Prueba de Hipótesis concerniente

$$H_0 : \mu = 1.9$$

$$H_1 : \mu > 1.9$$

A la Media Poblacional:

H_0 = Nunca, la aplicación del cloruro de sodio mejora las propiedades del suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

H_1 = Siempre, la aplicación del cloruro de sodio mejora las propiedades del suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Regla de Decisión:

Se rechaza H_0 si:

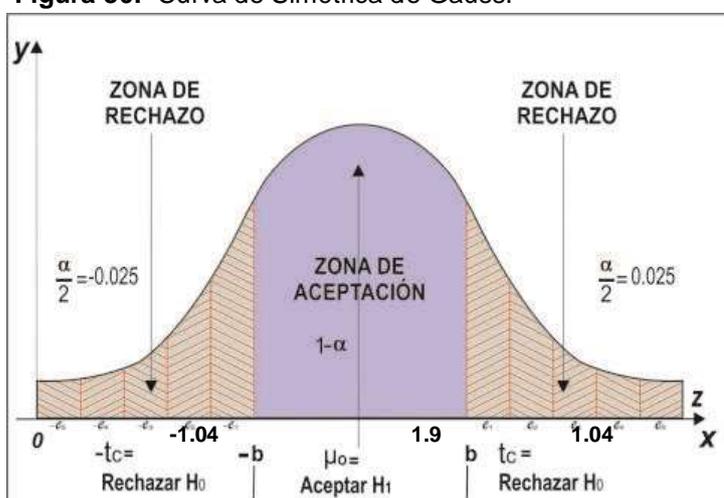
$$1.91 > 1.65$$

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 2.4$$

Figura 30. Curva de Simétrica de Gauss.



Cálculo de t_c :

Fuente: Elaboración propia

$$t_{1-\alpha} (gl)$$

$$t_c = +/- 1.04$$

Decisión:

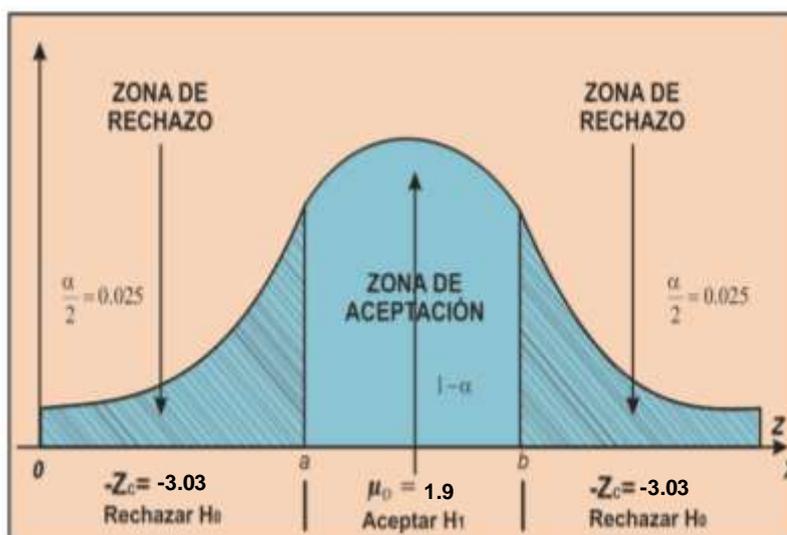
$$t > -t_{1-\alpha} (gl)$$

$$2.4 > -1.04$$

Interpretación:

Se acepta la H_1 : “Siempre, la aplicación del cloruro mejorara las propiedades del suelo arenoso para la estabilización del suelo arenoso en la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción” y se rechaza la H_0 : debido a que el valor de $t_c = +/- 1.04$ se encuadra en la zona de rechazo derecha e izquierda del Coeficiente de Pearson (Curva Simétrica de Gauss).

Figura 31. Curva de Simétrica de Gauss final



Fuente: Elaboración propia

4.13.2. Hipótesis específicas – Hipótesis alternativa “A”

La dosificación del cloruro de sodio es importante para lograr la estabilización del suelo arenoso ya que este mejorará significativamente la plataforma de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Cálculo del Estimado Puntual o Centrado:

Prueba de hipótesis

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.821 \leq \mu \leq 2.399$$

Cálculo de Z_0 :

$$Z_0 = 1.96$$

Reemplazando:

$$\mu = 1.8$$

Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

H_0 = Nunca, la dosificación del cloruro de sodio será importante para lograr la estabilización del suelo arenoso el mismo que no mejorará la plataforma de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

H_1 = Siempre, la dosificación del cloruro de sodio será muy importante para lograr la estabilización del suelo arenoso el mismo que mejorará significativamente la plataforma de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Regla de Decisión:

Se rechaza H_0 si:

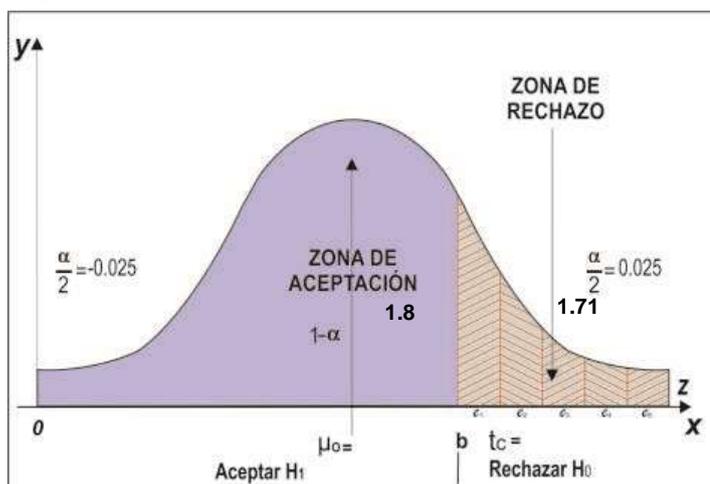
$$t > -t_{1-\alpha}(gl)$$

Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 2.06$$

Figura 32. Curva Simétrica de Gauss.



Fuente: Elaboración propia

Cálculo de t_c :

$$t_{1-\alpha}(gl)$$

$$t_c = 1.71$$

Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha}(gl)$$

$$2.06 > 1.71$$

Interpretación:

Se acepta la H_1 : “Siempre, la dosificación del cloruro de sodio será muy importante para lograr la estabilización del suelo arenoso el mismo que mejorará significativamente la plataforma de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción” y se rechaza la H_0 ; debido a que el valor de $t_c = 1.71$, se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

4.13.3. Hipótesis específicas – Hipótesis alternativa “B”

El cloruro de sodio tiene incidencia directa en la mejora de la capacidad de compactación del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Cálculo del Estimado Puntual o Centrado:**Prueba de hipótesis.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.1467 \leq \mu \leq 1.3136$$

Cálculo de Z_0 :

$$Z_0 = 1.96$$

Reemplazando:

$$\mu = 1.8$$

Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

H_0 = Nunca, la aplicación de cloruro de sodio tendrá incidencia directa en mejorar la capacidad de compactación del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

H_1 = Siempre, la aplicación de cloruro de sodio tendrá incidencia directa en mejorar la capacidad de compactación del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Regla de Decisión:

Se rechaza H_0 si:

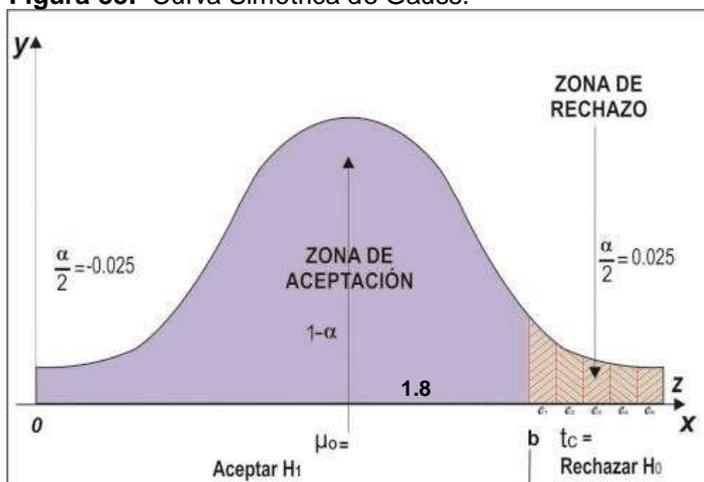
$$t > -t_{1-\alpha} (gl)$$

Cálculo de "t":

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 2.9$$

Figura 33. Curva Simétrica de Gauss.



Fuente: Elaboracion propia

Cálculo de t_c :

$$t_{1-\alpha} (gl)$$

$$t_c = 1.71$$

Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha} (gl)$$

$$2.9 > 1.71$$

Interpretación:

Se acepta la H1: siempre, la aplicación de cloruro de sodio tendrá incidencia directa en mejorar la capacidad de soporte en hasta 100% de la Carretera Curibamba – Pacaybamba, Distrito de Mariscal Castilla, Concepción, y se rechaza la H0; debido a que el valor de Tc_ 1.71, se encuadra en la zona de rechazo derecha de la curva simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

4.13.4. Hipótesis específicas –hipótesis alternativa “C”

Con la aplicación del cloruro de sodio se logra una mayor impermeabilización del suelo arenoso logrando reducir la vulnerabilidad de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Cálculo del Estimado Puntual o Centrado:**Prueba de hipótesis.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.1467 \leq \mu \leq 1.3136$$

Cálculo de Z₀:

$$Z_0 = 1.96$$

Reemplazando:

$$\mu = 1.8$$

Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

Ho=Nunca, la aplicación de cloruro de sodio logrará la impermeabilización del suelo arenoso y por ello no logrará reducir la vulnerabilidad de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

H1=Siempre, la aplicación de cloruro de sodio logrará la impermeabilización del suelo arenoso y por consecuencia reducirá la vulnerabilidad de la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Regla de Decisión:

Se rechaza Ho si:

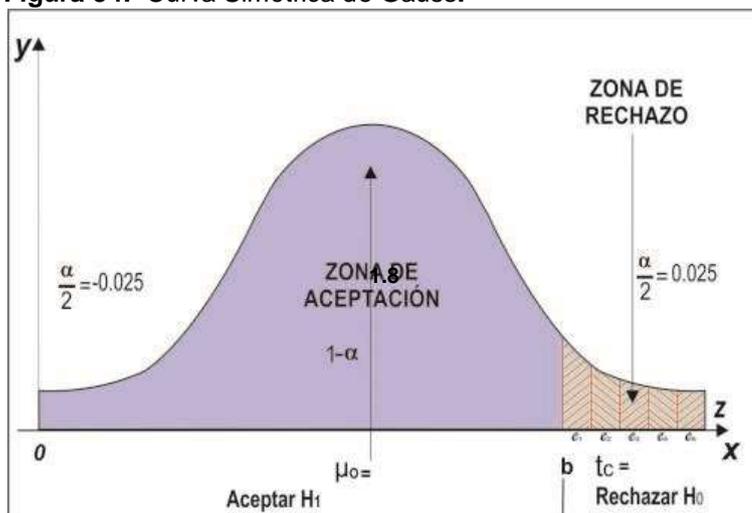
$$t > -t_{1-\alpha} (gl)$$

Cálculo de “t”

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 2.9$$

Figura 34. Curva Simétrica de Gauss.



Cálculo de tc:

Fuente: Elaboración propia

$$t_{1-\alpha} (gl)$$

$$t_c = 1.71$$

Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha} (gl)$$

$$2.9 > 1.71$$

Interpretación:

Se acepta la H_1 : “Siempre, la aplicación de cloruro de sodio logrará la impermeabilización del suelo arenoso y con ello reducirá la vulnerabilidad en un 60% en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción” y se rechaza la H_0 ; debido a que el valor de $t_c = 1.71$, se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

4.13.5. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS –HIPOTESIS ALTERNATIVA “D”

La aplicación de cloruro de sodio reduce significativamente los costos para la estabilización del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Cálculo del Estimado Puntual o Centrado:**Prueba de hipótesis.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.1467 \leq \mu \leq 1.3136$$

Cálculo de Z_0 :

$$Z_0 = 1.96$$

Reemplazando:

$$\mu = 1.8$$

Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

H_0 = Nunca, la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización de suelos arenosos reduce significativamente los costos de ejecución en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

H_1 = Siempre, la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización de suelos arenosos reduce significativamente los costos de ejecución en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción.

Regla de Decisión:

Se rechaza H_0 si:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

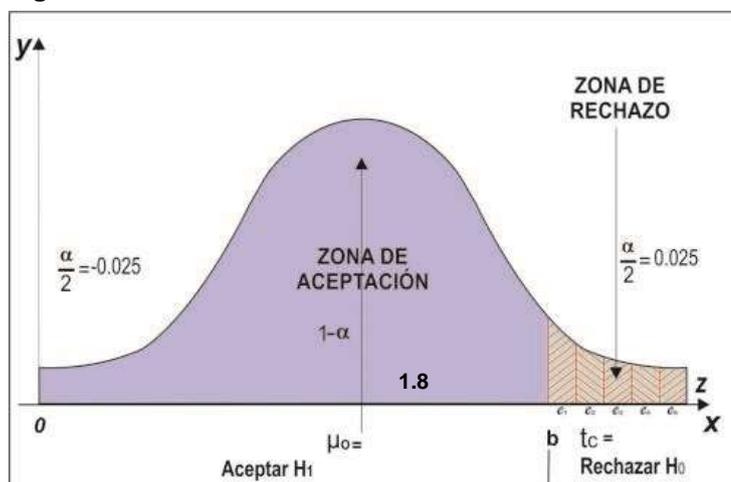
Cálculo de "t":

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 2.9$$

Cálculo de t_c :

Figura 35. Curva Simétrica de Gauss.



Fuente: Elaboración propia

$$t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$t_c = 1.71$$

Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$2.9 > 1.71$$

Interpretación:

Se acepta la H_1 : “Siempre, la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización de suelos arenosos reduce significativamente en un 30% los costos de ejecución en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción” y se rechaza la H_0 ; debido a que el valor de $t_c = 1.71$, se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Ensayos de laboratorio del suelo aplicando cloruro de sodio

A través del presente capítulo se dará a conocer la discusión de resultados del suelo natural y del suelo añadiendo cloruro de sodio.

Por lo mismo que debido a la toma de muestras realizadas con la cantera de cloruro de sodio encontrado en la zona de estudio, el mismo que se empleara como un estabilizante ante la problemática de la inestabilidad de la plataforma en los tramos descritos anteriormente, el mismo que se buscó la dosificación adecuada el mismo que se describe a continuación:

5.1.1. Ensayo proctor añadiendo proporciones de NaCl

A. Proctor con 2.5 kg de NaCl en 0.15 m³

Ensayo Proctor realizado, al suelo arenoso extraído de campo, añadiendo 2.5 kg de cloruro de sodio, ello en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC.

Tabla 20. Proctor 2.5 kg de NaCl

Proctor con 2.5 kg de NaCl en 0.15 m ³				
%H. Prom.	16.30	16.15	15.83	15.55
M.D.S. (g/cm³)	1.741	1.758	1.766	1.775

Fuente: Laboratorio de suelos.

Datos obtenidos:

- Humedad optima: **15.96 %**
- Densidad seca máxima: **1.760**

B. Proctor con 5 kg de NaCl en 0.15 m³

Ensayo Proctor realizado, al suelo arenoso extraído de campo, añadiendo 05 kg de cloruro de sodio, en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC.

Tabla 21. Proctor 5 kg de NaCl

Proctor con 5 kg de NaCl en 0.15 m ³				
%H. Prom.	17.41	17.49	17.55	17.37
M.D.S. (g/cm³)	1.751	1.738	1.729	1.760

Fuente: Laboratorio de suelos.

Datos obtenidos:

- Humedad optima: 17.46 %
- Densidad seca máxima: 1.745

C. Proctor con 7.5 kg de nacl en 0.15 m³

Ensayo Proctor realizado, al suelo arenoso extraído de campo, añadiendo 7.5 kg de cloruro de sodio, en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC.

Tabla 22. Proctor 7.5 kg de NaCl

Proctor con 7.5 kg de NaCl en 0.15 m ³				
%H. Prom.	15.55	15.72	15.15	15.18
D.S.M. (g/cm³)	1.768	1.785	1.748	1.760

Fuente: Laboratorio de suelos.

Datos obtenidos:

- Humedad optima: 15.40 %
- Densidad seca máxima: 1.765

5.2. Interpretación de resultados

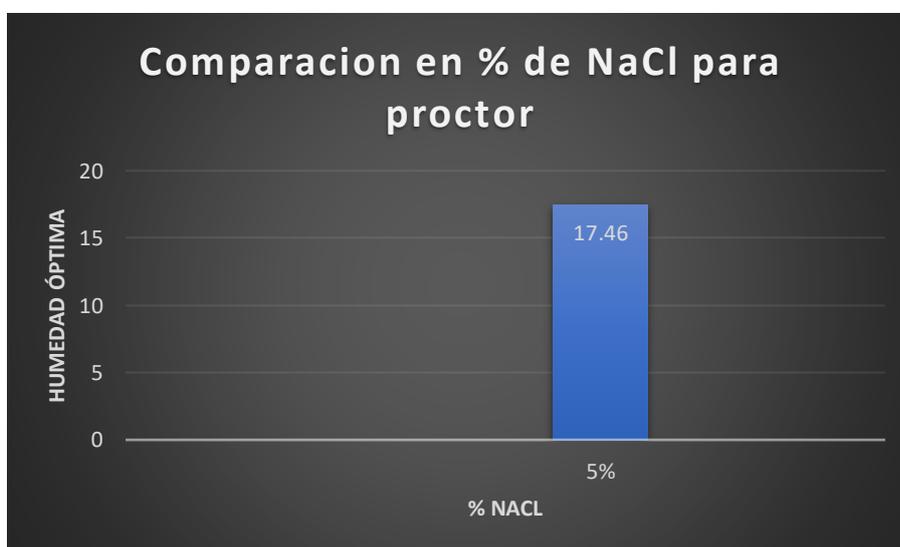
Tabla 23. Densidad seca máxima y la humedad optima con adición de NaCl

Cloruro de sodio (kg)	Humedad Óptima (%)	Densidad seca máximo Lb/pie3
0	14.25 %	1.785
2.5	15.96 %	1.760
5	17.46 %	1.745
7.5	15.40 %	1.765

Fuente: Laboratorio de suelos.

La tabla 23. Se muestra la variación entre humedad óptima y la densidad seca máxima con distintos porcentajes de cloruro de sodio (NaCl). En la figura 36. Muestra la comparación en porcentaje para Proctor modificado según la dosificación de cloruro de sodio y la humedad óptima obtenida en el laboratorio de suelos.

Figura 36. Comparación de % de NaCl para Proctor



Fuente: Laboratorio de suelos.

El realizar el aumento del porcentaje de cloruro de sodio (NaCl), su comportamiento del material cambia, así mismo cuando se aumenta el contenido de NaCl en la muestra de suelo, este también aumenta la Humedad Óptimo, reduciendo así la máxima densidad seca, generando

poca capacidad de soporte.

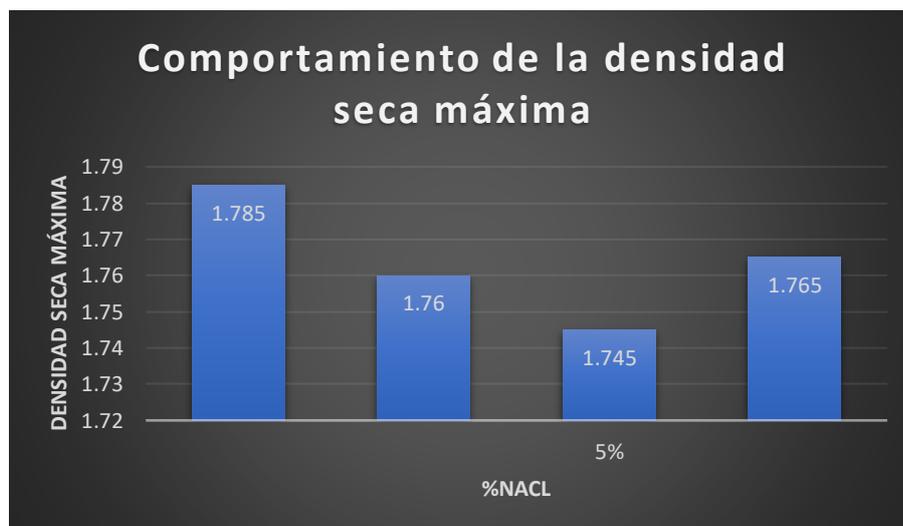
Tabla 24. Densidad Seca Máxima

Cloruro de sodio (kg)	Densidad Seca Máxima (Lb/pie3)
0	1.785
2.5	1.760
5	1.745
7.5	1.765

Fuente: Laboratorio de suelos.

Tabla 24. Se muestra un resumen de variación entre la densidad seca máxima que tiene el suelo compactado con el aumento del cloruro de sodio (NaCl).

Figura 37. Comportamiento de la densidad seca máxima



Fuente: Laboratorio de suelos.

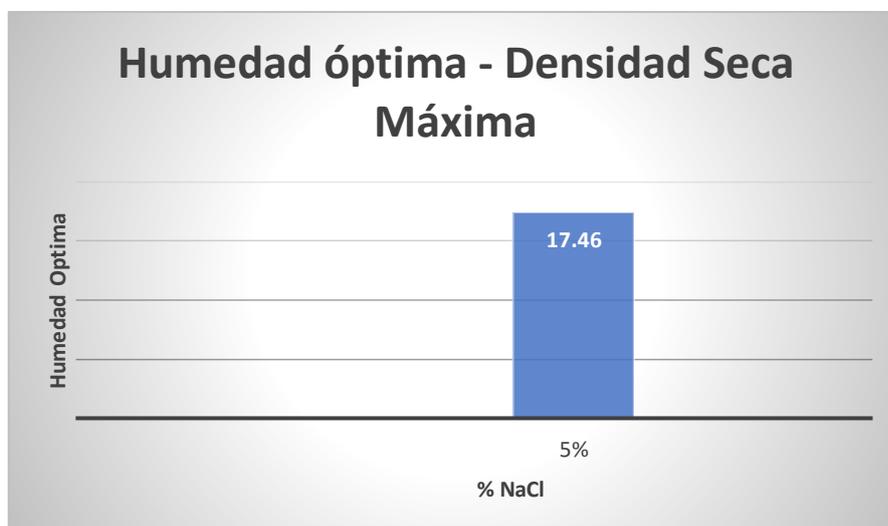
En la figura 37. Se muestra un aumento del porcentaje de NaCl en el suelo, reduciendo así su densidad seca máxima en el ensayo de proctor modificado, siendo la reducción de porcentajes mínimos, lo cual generará una estabilidad en función a la humedad óptima.

Tabla 25. Humedad óptima – Densidad seca máximo

Cloruro de sodio (kg)	Humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima
2.5	17.46	1.745

Fuente: Laboratorio de suelos.

De la tabla 25, muestra su humedad óptima permisible de la toma de muestra del suelo compactado, con ello también la densidad seca máxima permisible a utilizar para obtener un suelo casi compactado en su totalidad, y con ello reducir los baches o fallas en la presente carretera.

Figura 38. Comportamiento de humedad óptima - Densidad Seca Máxima

Fuente: Laboratorio de suelos.

En la figura 38. Indica la barra de Humedad Óptima calculado en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC y la Máxima Densidad Seca permisible en la que se debe encontrar el suelo para así determinar su resistencia ante el peso permisible aplicado por las diferentes fuerzas.

5.3. Ensayo de valor soporte california (C.B.R.)

5.3.1. CBR con 2.5 kg de NACL en 0.15 m3

Ensayo de valor soporte california realizado, al suelo arenoso extraído en campo, añadiendo 05 kg de cloruro de sodio ello realizado en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC.

Humedad óptima: 15.96 %

Datos obtenidos % CBR:

- % CBR

10 golpes:	48.14
25 golpes:	72.46
56 golpes:	86.00

- % CBR

10 golpes:	28.48
25 golpes:	53.49
56 golpes:	73.05

5.3.2. CBR con 5 kg de NaCl en 0.15 m³

Ensayo de valor soporte california realizado, al suelo arenoso extraído en campo, añadiendo 7.5 kg de cloruro de sodio ello realizado en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC

Humedad óptima: 17.46 %

Datos obtenidos % CBR

- % CBR

10 golpes:	69.05
25 golpes:	80.37
56 golpes:	88.60

- % CBR

10 golpes:	53.42
25 golpes:	67.88
56 golpes:	80.74

5.3.3. CBR con 7.5 kg de NaCl en 0.15 m³

Ensayo de valor soporte california realizado, al suelo arenoso extraído en campo, añadiendo 10 kg de cloruro de sodio ello

realizado en el laboratorio Ingenieros Consultec HR SAC.

Humedad óptima: 15.40 %

Datos obtenidos % CBR:

- % CBR
 - 10 golpes: 43.83
 - 25 golpes: 67.97
 - 56 golpes: 80.00

- % CBR
 - 10 golpes: 46.21
 - 25 golpes: 55.43
 - 56 golpes: 65.21

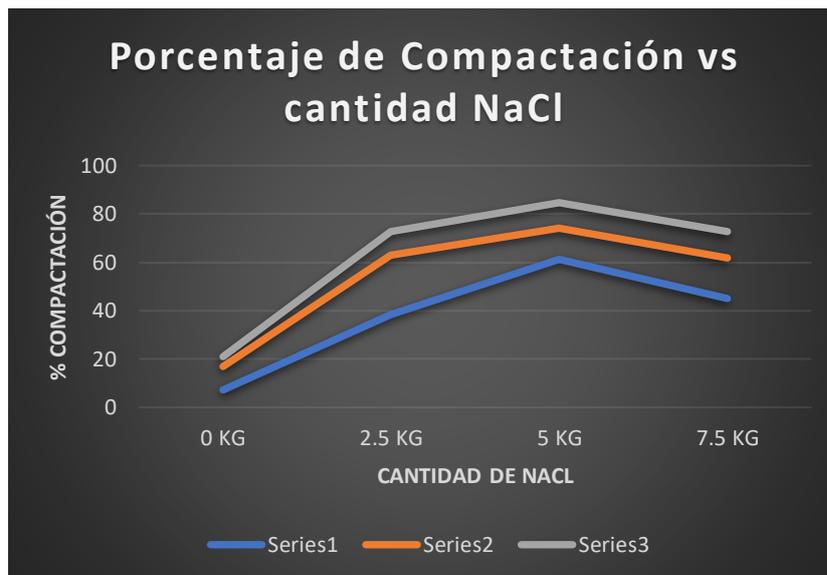
5.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 26. El porcentaje de Compactación vs cantidad cloruro de sodio

Kg NaCl	10 golpes	25 golpes	56 golpes
0	7.22	16.91	20.98
2.5	38.31	62.98	72.76
5	61.23	74.13	84.67
7.5	45.02	61.70	72.61

Fuente: Laboratorio de suelos.

De la tabla 26, se muestra el resumen de variación en la compactación del suelo con el CBR del cloruro de sodio desde el suelo natural hasta la proporción con cloruro de sodio con 2.5 kg, 5.0 kg y 7.5 kg, siendo la proporción adecuada de 5.0 kg.

Figura 39. Incidencia de NaCl en la compactación

Fuente: Laboratorio de suelos.

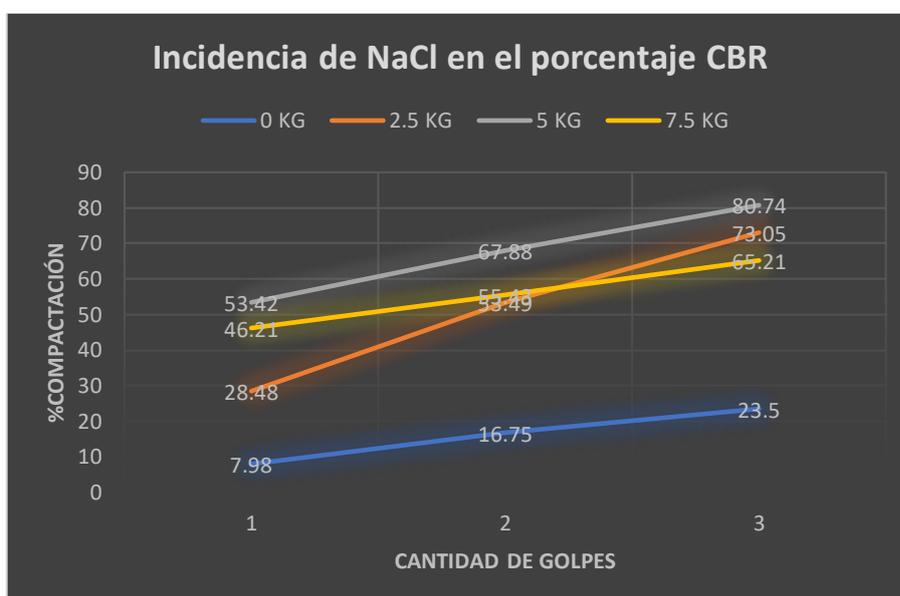
El % de compactación varía de acuerdo a la cantidad de cloruro de sodio (NaCl) al suelo, observándose claramente que la resistencia a la compresión aumenta cuando se le proporciona cloruro de sodio desde 0 a 2.5 kg, así mismo al agregar mayor cloruro de sodio al suelo la resistencia a la compresión menora, sin embargo al proporcionar una cantidad mayor que 5 kg, la resistencia a la compresión mejora significativamente y así estabiliza cuando se le proporciona 7.5 kg de cloruro de sodio, dando un mejor comportamiento no uniforme en todo el suelo en las primeras aplicaciones de cloruro de sodio.

Al realizar el ensayo compactado a 10 golpes presenta una alta variación de porcentaje de compactación, así mismo el ensayo compactado a 25 golpes menora el grado de compactación, siendo el ensayo compactado a 56 golpes comportándose de una forma similar al de 10 golpes, sin embargo, después de aplicar 5 kg de NaCl se va notando una estabilización adecuada siendo este el porcentaje más idóneo al momento de realizar la compactación.

Tabla 27. Porcentaje (%) de CBR – porcentaje (%) de NaCl

NaCl (kg)	10 golpes	25 golpes	56 golpes
0	7.98	16.75	23.50
2.5	28.48	53.49	73.05
5	53.42	67.88	80.74
7.5	46.21	55.43	65.21

Fuente: Laboratorio de suelos.

Figura 40. Incidencia del cloruro de sodio en el porcentaje de CBR

Fuente: Laboratorio de suelos.

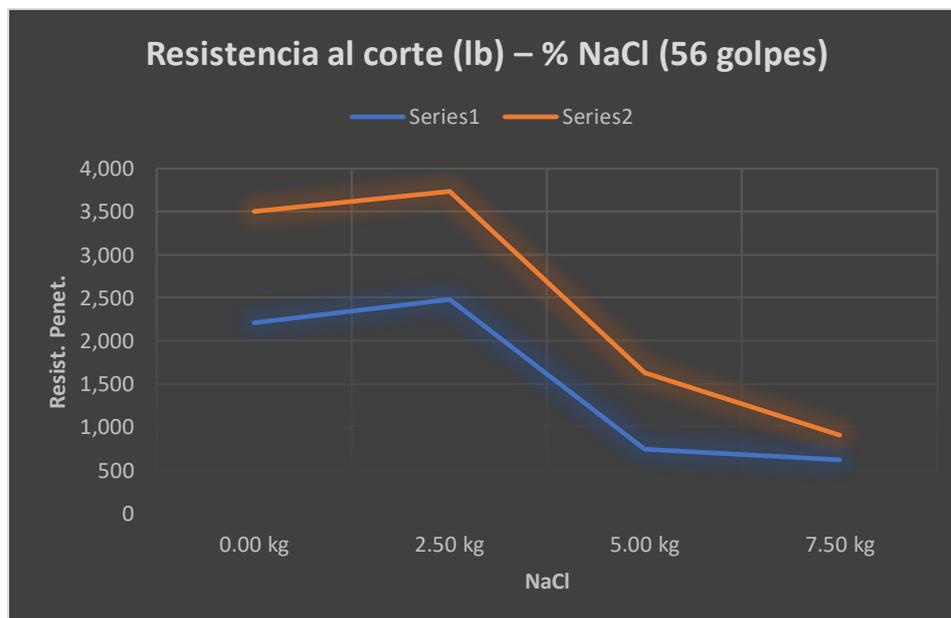
En la figura 40, se muestra la variación en porcentaje de CBR cuando se le adiciona cloruro de sodio (NaCl), se observa el comportamiento que se da al agregar ciertos porcentajes, sin embargo, con una cantidad de 2.5 a 5 kg de cloruro de sodio (NaCl) el porcentaje de CBR aumenta. Al agregar más de 5 kg de cloruro de sodio (NaCl), el porcentaje de CBR continúa disminuyendo, lo que indica que el contenido de cloruro de sodio (NaCl) afecta de forma negativa el porcentaje de CBR en la muestra, pese a tener un leve aumento con porcentajes entre 2.5 a 5 kg de cloruro de sodio (NaCl).

Tabla 28. Resistencia corte (lb) - porcentaje (%)

Cloruro de sodio NaCl (kg)	Resistencia (lb) Penetración 0.1”	Resistencia (lb) Penetración 0.2”
0	2,212	3,502
2.5	2,480	3,734
5	741	1,631
7.5	619	905

Fuente: Laboratorio de suelos.

De la tabla 28, se muestra la variación de la resistencia al corte en lb aumentando el porcentaje de cloruro de sodio (NaCl) en el ensayo de CBR a 56 golpes.

Figura 41. Incidencia del cloruro de sodio (NaCl) en la resistencia al corte (56 golpes)

Fuente: Laboratorio de suelos.

La resistencia al corte mediante el ensayo de penetración a 0.1” y 0.2” en una probeta compactada a 65 golpes se ve afectada de manera negativa con la adición de NaCl, esta resistencia menora cuando el suelo es sumergido durante cuatro días en agua, con

cada aumento de porcentaje de NaCl la resistencia al corte mejora considerablemente.

Cuando se proporciona cloruro de sodio mayor a 7.5 kg por 0.15 m³, su resistencia al corte disminuye a una razón mayor que con porcentajes iguales o menores que 7.5 kg de cloruro de sodio.

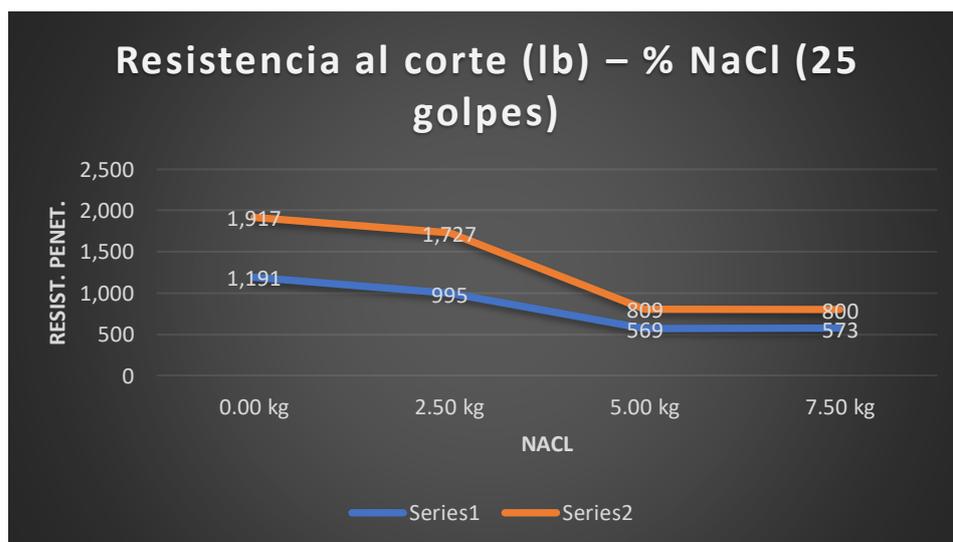
Tabla 29. Resistencia al corte (lb) – % NaCl (25 Golpes).

NaCl (kg)	Resistencia (lb) Penetración 0.1"	Resistencia (lb) Penetración 0.2"
0	1,191	1,917
2.5	995	1,727
5	569	809
7.5	573	800

Fuente: Laboratorio de suelos.

De la tabla 29. Se muestra la variación significativamente en la resistencia al corte en lb cuando se aumenta ciertos porcentajes de cloruro de sodio en el ensayo de CBR a 25 golpes.

Figura 42. Incidencia del cloruro de sodio (NaCl) en la resistencia al corte (25 golpes).



Fuente: Laboratorio de suelos

Al adicionar cloruro de sodio (NaCl) a una probeta compactada a 25 golpes, el ensayo de penetración se ve muy afectada.

Al sumergir un suelo en agua durante 04 días seguidos el porcentaje de cloruro de sodio, puestos a la prueba de resistencia de corte disminuye considerablemente.

Al proporcionar cloruro de sodio menor a 2.5 kg, su resistencia al corte en una penetración de 0.2" cae a una razón relativamente baja, sin embargo, teniendo sus pesos iguales o mayores a 5 kg de cloruro de sodio (NaCl), la resistencia a la penetración disminuye en gran manera.

Para el ensayo de penetración de 0.1" la resistencia al corte se comporta de distinta manera, al adicionar cloruro de sodio (NaCl) al suelo hasta por 2.5 kg la resistencia disminuye en una forma considerable, sin embargo, cuando se le adiciona cantidades mayores a los 2.5 kg y menores de 5 kg la resistencia del suelo tiende a aumentar en cierto porcentaje, ahora al aumentar más de 5 kg de cloruro de sodio (NaCl), la resistencia vuelve a decrecer.

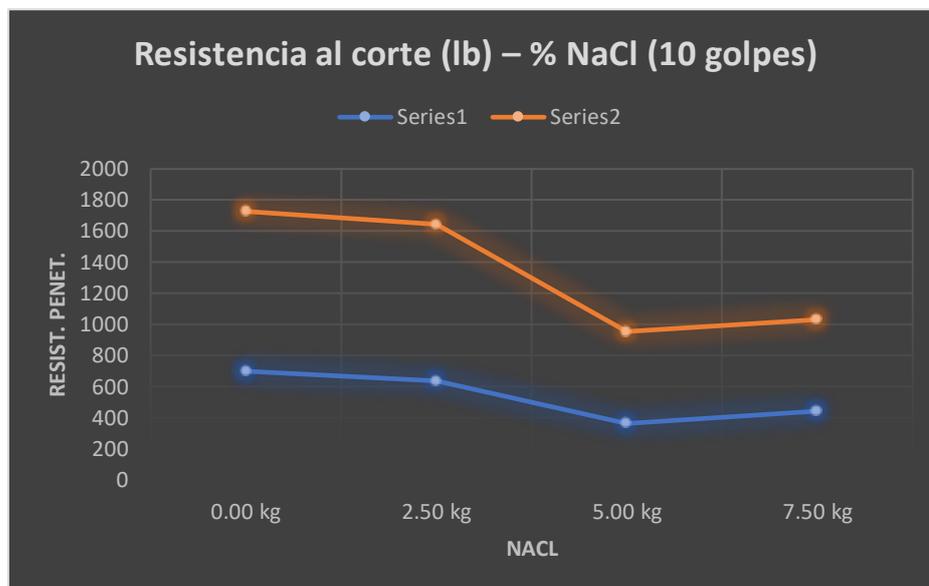
Tabla 30. Resistencia al corte (lb) – % NaCl (10 golpes)

NaCl (kg)	Resistencia (lb) Penetración 0.1"	Resistencia (lb) Penetración 0.2"
0	700	1,027
2.5	637	1,009
5	364	591
7.5	446	587

Fuente: Laboratorio de suelos.

De la tabla 30, se muestra la variación en la prueba de resistencia al corte en lb con el aumento de cloruro de sodio en el ensayo de CBR a 10 golpes.

Figura 43. Incidencia de cloruro de sodio (NaCl) en la resistencia al corte (10 golpes)



Fuente: Laboratorio de suelos

La resistencia del suelo al corte en el ensayo de penetración realizada en el laboratorio de mecánica de suelos Ingenieros Consultec H.R. SAC. Sobre una muestra de suelos (0.15 m³), muestra que el ensayo de penetración realizada de 10 golpes se ve muy afectada negativamente con la adición de cloruro de sodio.

Su resistencia menor cuando un suelo ha sido sumergido durante cuatro días en agua, con cada mejora en el porcentaje de cloruro de sodio (NaCl) la resistencia al corte disminuye considerablemente.

5.5. Resultado final de aplicar del NaCl en suelos arenoso.

El adición de cloruro de sodio en la estabilización de suelos arenosos, logra reducir la evaporación del suelo, ya que se pudo determinar que la humedad es atrapada generando una consistencia adecuada.

Habiendo realizado los ensayos correspondientes del suelo arenoso en un estado natural y agregando varias proporciones de cloruro de sodio, se pudo determinar que el cloruro de sodio (NaCl) deberá ser dosificado en función a la cantidad de material que se utilizara, los porcentajes de cloruro

de sodio (NaCl) deben estar calculados con el único fin de obtener resultados esperados en la estabilización de suelos. Así mismo si se dosifica en función de la cantidad de agua, este puede ocurrir en variaciones de los resultados.

El proyecto de tesis se pudo realizar un análisis respectivo de suelos arenosos con una proporción de 0.15 m³ de material extraído en campo, en el cual se le pudo analizar incrementando cloruro de sodio en cantidad de 2.5 kg, 5 kg y 7.5 kg respectivamente, para lo cual se pudo determinar una proporción adecuada de la colocación del cloruro de sodio y esta es proporcionalmente que dentro de 1 m³ de suelo arena limo – arcilloso deber utilizarse 33.3 kg de cloruro de sodio, para lo cual mediante dicha proporción se alcanzó la estabilidad adecuada.

En la tabla 31 se muestra el resumen del resultado final obtenido de una prueba de ensayo de CBR de las muestras de calicata en estudio, adicionadas y combinadas mediante cloruro de sodio, pudiendo así demostrar que la combinación óptima vendría a alcanzar la resistencia y consistencia adecuada que se desea lograr.

Tabla 31: Resultado final de la combinación suelo natural - NaCl

N° de calicatas	Clasificación de suelos		C.B.R.	
	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	CBR AL 95%	CBR AL 100%
C-1	SC-ML	A – 2	75.90	86.40
C-2	SC-ML	A – 2	72.45	80.90
C-3	SC-ML	A – 2	74.25	83.20
C-4	SC-ML	A – 2	33.60	44.80
C-5	SC-ML	A – 2	68.60	79.85

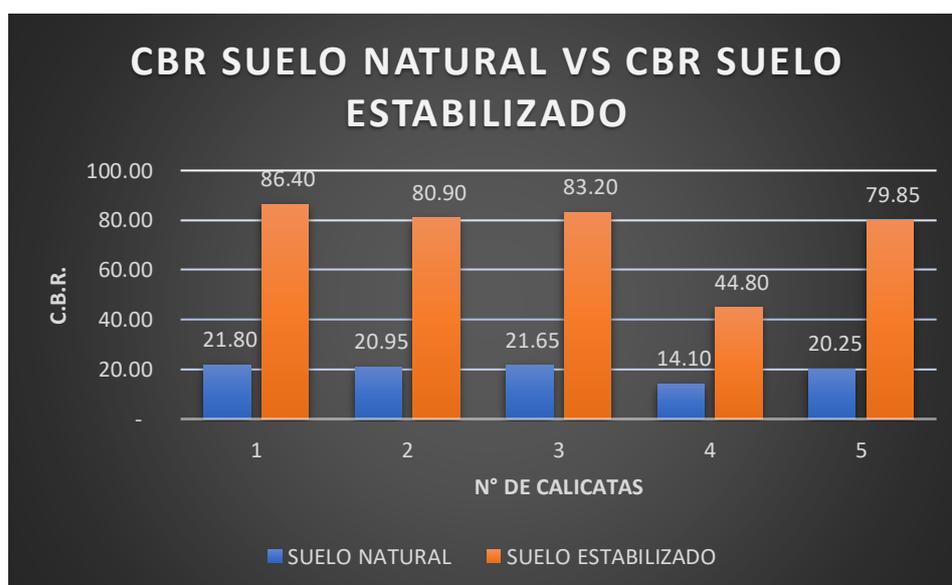
Fuente: Elaboración propio

5.5.1. Relación e incidencia del suelo arena limo – arcilloso en estado natural y mediante la aplicación del cloruro de sodio.

Mediante los diferentes ensayos realizados tal y como lo indica páginas arriba se pudo demostrar la incidencia que tiene cloruro de sodio (NaCl) en la estabilización del suelo arenoso pudiendo demostrar que la combinación establecida tuvo incidencia promedio de más del 50% con respecto a las 05 calicatas extraídas, pudiendo alcanzar el % de CBR mínimo que indica la norma.

En la figura 44 muestra una comparación de los CBRs de los suelos en su estado natural vs los CBRs una vez añadido cloruro de sodio en la cual se puede demostrar que los porcentajes de compactación son favorables.

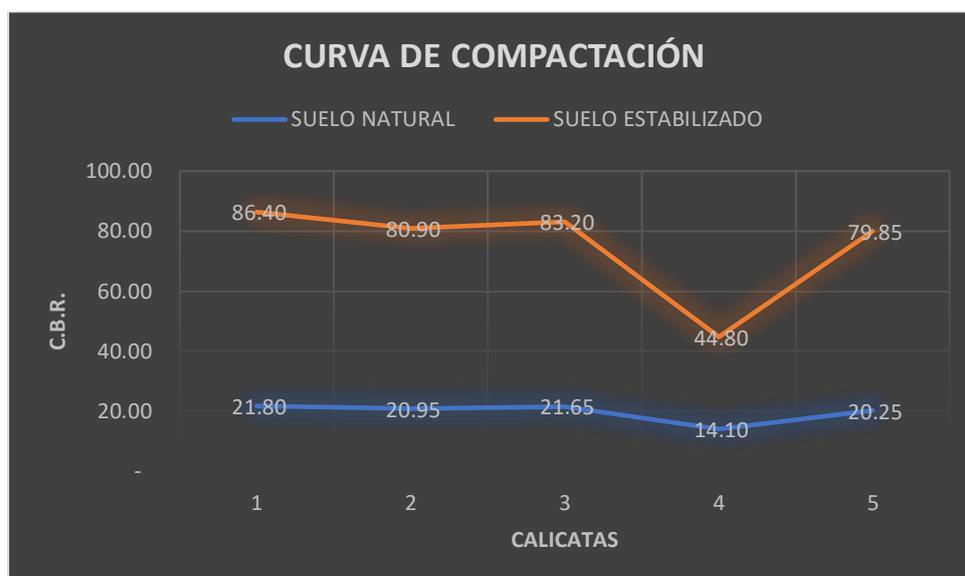
Figura 44. CBR en suelo natural vs CBR con NaCl (100%)



Fuente: Elaboración propia

Mediante la figura 45, se muestra los porcentajes de compactación de un suelo natural vs un suelo estabilizado añadiendo cloruro de sodio (NaCl), el cual muestra la diferencia de compactación utilizando dicho químico, el cual resulta ser favorable.

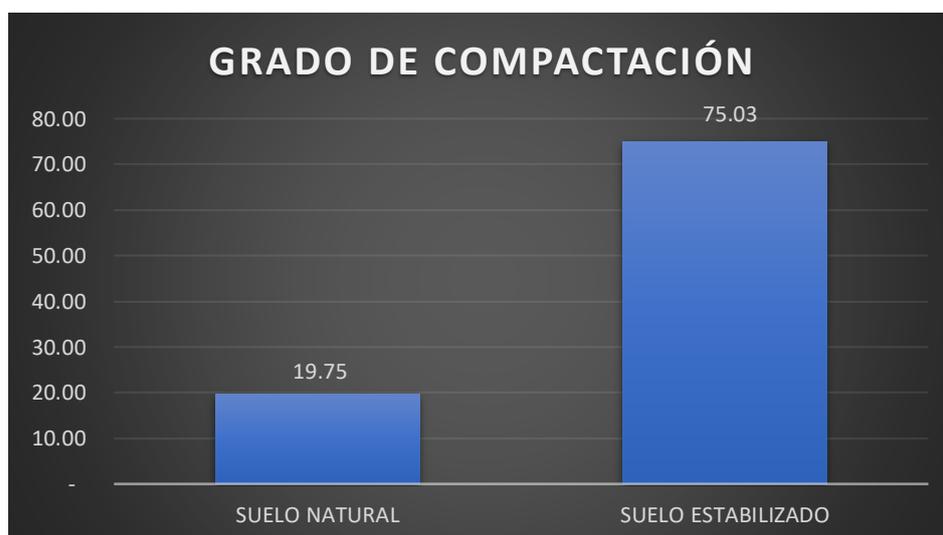
Figura 45. Curva de compactación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 46, se muestra el cuadro comparativo de los resultados del grado de compactación obtenidos del suelo natural y el suelo estabilizado mediante cloruro de sodio, observando así la diferencia del suelo estabilizado mediante dicha técnica.

Figura 46. Grado de compactación



Fuente: Elaboración propia

5.6. Discusión de resultados

5.6.1. Presentación de resultados

- Con frecuencia las vías afirmadas tienden a sufrir las consecuencias del desgaste por diferentes factores, motivo por el cual nos conlleva a buscar alternativas estabilizar la presente vía razón por la cual mediante la aplicación del cloruro de sodio a los suelos arenoso logramos obtener porcentajes de compactación de hasta 85%, lo que nos conlleva a deducir que mediante este método podremos obtener la mayor capacidad de soporte de un suelo arenoso.
- Por otra parte se pudo demostrar el porcentaje óptimo de aplicación del cloruro de sodio con el suelo arenoso, este se dio mediante las pruebas obtenidas en campo, y trasladándose hacia el laboratorio donde se pudo analizar las diferentes reacciones por porcentajes distintos de cloruro de sodio, en la cual se determinó un porcentaje estándar que mejora la capacidad de soporte del suelo, obteniendo así una carretera adecuada y de mayor duración.

5.7. Costo de estabilización de suelos mediante NaCl

5.7.1. Presupuesto del suelo arenoso estabilizado mediante cloruro de sodio

La carretera Curibamba – Pacaybamba, se ubica en la zona central del país, en la Región Junín, Provincia de Concepción, distrito de Mariscal Castilla, el cual tiene una longitud total de 5+540 kilómetros, y conecta al distrito de Mariscal Castilla con la provincia de Satipo, y por ello el presente proyecto de tesis plantea realizar una alternativa idónea que mejore la estabilidad del suelo a lo largo de la vía, y por ello se optó por aplicar cloruro de sodio y combinarla con el suelo arenoso.

Dicho método se pretende utilizar debido a que dentro de la zona en estudio se encontró una cantera el cual contiene cloruro de sodio, el mismo que actualmente utiliza la población con fines de alimentación de su ganado vacuno, los cuales se utiliza en pocas cantidades ya que no se cuenta con los materiales adecuados para la explotación de dicho material.

Parte de la solución de aplicar cloruro de sodio a lo largo de la vía fue el tema económico, y motivo por el cual se realizó un presupuesto actual de los precios que demandaría la estabilidad de la carretera mediante el cloruro de sodio en relación con el método tradicional (explotación de cantera mediante ripio), los mismos que mediante el presente se realizó el presupuesto de general de ambos métodos, para lo cual se puede observar el costo total al utilizar ambos métodos.

En la tabla 32 muestra las partidas a considerar, así como su respectivo metrado y su presupuesto total si se emplearía cloruro de sodio como estabilizante del suelo arenoso en la carretera Curibamba – Pacaybamba, en el distrito de Mariscal Castilla, Provincia de Concepción, Departamento de Junín.

Tabla 32: Presupuesto de estabilización de suelos con NaCl

Presupuesto				
1001001 APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA				
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO			Costo al	12/10/2019
Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
TRABAJOS PRELIMINARES				7,581.60
LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,160.00	0.55	1,188.00
TRAZO Y REPLANTEO PRELIMAR	m2	2,160.00	1.03	2,224.80
TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	2,160.00	1.93	4,168.80
EXPLANACIONES				5,866.16
CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	45.00	16.32	734.40
EXTRACCION DE CLORURO DE SODIO DE CANTERA	m3	32.00	15.58	498.56
SELECCION DE CLORURO DE SODIO	kg	3,240.00	1.43	4,633.20
ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO				29,248.56
ESCARIFICADO DE MATERIAL SUELTO	m3	216.00	9.41	2,032.56
CARGUIO DE MATERIAL SELECCIONADO	kg	3,240.00	1.06	3,434.40
TRANSPORTE DE MATERIAL SELCCIONADO CLORURO DE SODIO	kg	3,240.00	0.85	2,754.00
EXTENDIDO, MEZCLADO, CONFORMADO Y COMPACTADO	kg	3,240.00	6.49	21,027.60
CURADO Y LIMPIEZA FINAL				4,110.40
CURADO DEL SUELO ESTABILIZADO	m2	2,160.00	1.44	3,110.40
LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00
PRUEBAS DE CALIDAD				2,700.00
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	pto	5.00	500.00	2,500.00
ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR	und	5.00	40.00	200.00
COSTO DIRECTO				49,506.72

Fuente: Elaboración propia mediante el programa S10.

5.7.2. Presupuesto del suelo arenoso estabilizado mediante métodos tradicionales

A lo largo del tiempo el estado peruano viene mejorando las carreteras en nuestro territorio patrio, para el cual en el afán de buscar nuevas técnicas de mejoramiento, los ingenieros demostraron mediante un proceso de construcción varias técnicas de mejoramiento de las vías, la cual una de ella es la que se viene utilizando en un mayor porcentaje, la cual resulta ser la colocación de afirmado

mediante canteras que contengan características indispensables que generen una resistencia sólida y adecuada para la estabilización del suelo.

En la tabla 33: Muestra el presupuesto general que demandaría el mejoramiento de la presente vía mediante el método tradicional, los cuales muestran las partidas y montos correspondientes que demandarían el mejoramiento de la presente vía.

Tabla 33: Presupuesto general mediante método tradicional.

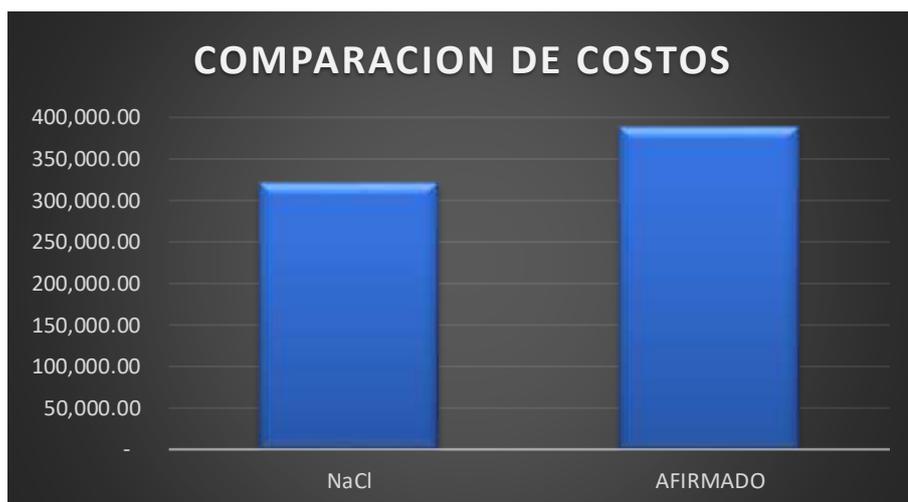
Presupuesto				
1001002 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, METODO TRADICIONAL			Costo al	12/10/2019
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				
JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO				
Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
TRABAJOS PRELIMINARES				7,581.60
LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,160.00	0.55	1,188.00
TRAZO Y REPLANTEO PRELIMAR	m2	2,160.00	1.03	2,224.80
TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	2,160.00	1.93	4,168.80
EXPLANACIONES				14,648.04
CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	324.00	16.32	5,287.68
EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO	m3	324.00	23.37	7,571.88
SELECCION DE MATERIAL PARA AFIRMADO	m3	324.00	5.52	1,788.48
ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENOSO				39,734.04
PERFILADO DE RASANTE	m	480.00	17.59	8,443.20
CARGUIO DE MATERIAL SELECCIONADO AFIRMADO	m3	324.00	5.00	1,620.00
TRANSPORTE DE MATERIAL SELECC. PARA AFIRMADO	m3	324.00	6.31	2,044.44
EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTADO DE MAT. AFIRMADO	m2	2,160.00	12.79	27,626.40
CURADO Y LIMPIEZA FINAL				4,110.40
CURADO DEL SUELO COMPACTADO CON AFIRMADO	m2	2,160.00	1.44	3,110.40
LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00
PRUEBAS DE CALIDAD				2,700.00
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	pto	5.00	500.00	2,500.00
ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR	und	5.00	40.00	200.00
COSTO DIRECTO				68,774.08

Fuente: Elaboración propia mediante el programa S10.

Mediante la tabla 32 y tabla 33, muestra el presupuesto que equivale el mejoramiento de la carretera Curibamba –

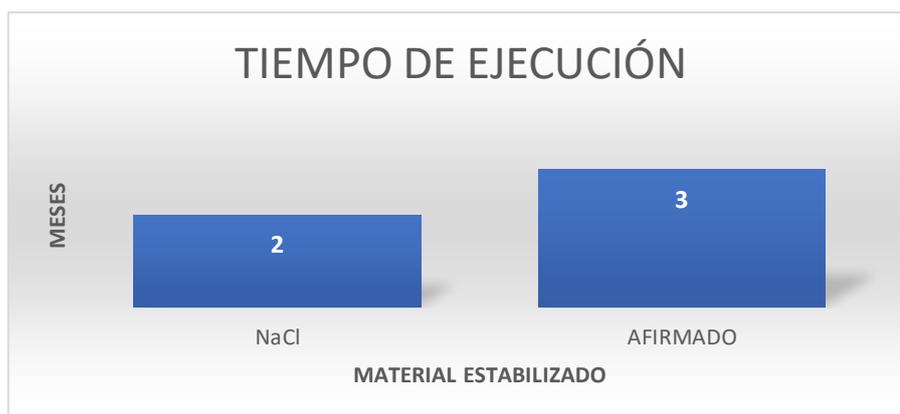
Pacaybamba en el distrito de Mariscal Castilla, en la cual podemos observar los montos correspondientes que podría generar cuando aplicamos estas técnicas de estabilización, una de ellas mediante lo que se plantea en el presente proyecto de tesis que es la estabilización mediante cloruro de sodio, y la otra por un método tradicional más conocido como la colocación de afirmado, mediante dichos presupuestos podemos observar la variación económica que conlleva la ejecución de dichas técnicas de estabilización, resultando así que la aplicación del cloruro en suelos arenosos es mucho más económico en comparación del método tradicional, así también el tiempo de ejecución, el impacto ambiental y otros que se señalaron en la presente tesis de investigación.

Figura 47. Comparación de costos



Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, Se muestra el tiempo en ejecución que conllevara la estabilización mediante cloruro de sodio y la estabilización por método tradicional (afirmado).

Figura 48. Tiempo de ejecución

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se evaluó como resultado de la aplicación del cloruro de sodio en el suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, mejoró el grado de resistencia mecánica de hasta un 95% a primera instancia hasta lograr en el menor tiempo posible el 100% modificando así la textura del suelo arenoso y obteniendo un mayor grado de compactación.
2. Se calculó la dosificación del cloruro de sodio resultando importante para lograr la estabilización del suelo arenoso ya que la proporción óptima adecuada a emplearse para obtener un suelo compactado es de 150 gr/m², por cada centímetro de espesor de la capa estabilizada contando con un máximo de espesor de 10 cm.
3. Se evaluó la influencia del cloruro de sodio en la capacidad de soporte del suelo arenoso produciendo una incidencia directa ya que presenta un mejor comportamiento que el suelo natural en donde la capacidad de soporte se ve incrementada hasta un 60% con la cantidad de cloruro de sodio añadido.
4. Se determinó la influencia del cloruro de sodio en la impermeabilidad del suelo arenoso generando un resultado óptimo ya que presenta una consistencia sólida impidiendo así la fácil filtración del agua.
5. Se cuantificó el costo de la aplicación del cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso obteniéndose reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales de S/. 20,267.36, así mismo el periodo de ejecución se ve reducido de 03 meses a 02 meses.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al personal técnico calificado, que requiera mejorar una vía de comunicación, realizar una inspección de campo en la cual se pueda verificar si existe en la zona de estudio, canteras adecuadas que puedan emplearse en la estabilización de la plataforma y/o utilizar como una carpeta de sub base y/o base para futuros proyectos.
2. En el presente proyecto de tesis se recomienda la aplicación del cloruro de sodio en suelos arenosos de climas tropicales, teniendo en consideración la dosificación correcta dependiendo del tipo de suelo y características del mismo.
3. El cloruro de sodio encontrado no es recomendable para fines de cimentación ya que este contiene alto contenido de corrosión el mismo que puede vulnerar el concreto.
4. Se recomienda realizar otras investigaciones de distintas sales y/o compuestos químicos que se producen en el Perú y estas puedan conformar nuevas e innovadoras técnicas de estabilización de carreteras no pavimentadas, como también de capas de sub base y base respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **BORJA SUAREZ (2012)**. Metodologías de la investigación científica para proyectos de ingeniería. Chiclayo Perú.
2. **CRESPO VILLALAZ (2004)** Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Limusa Noriega Editores México.
3. **DÍAZ RODRÍGUEZ (2014)** Mecánica de suelos naturaleza y propiedades. Trillas Editores México.
4. **DOMINGUEZ, ENRIQUE Y GABRIEL SANCHEZ (2009)** Guía para elaborar una tesis. McGraw-Hill Interamericana Editores México.
5. **HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2010)** Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana Editores México.
6. **JUÁREZ BADILLO (1967)** Mecánica de Suelos Tomo I,II Y II, fundamentos de la mecánica de suelos. Limusa Noriega Editores México.
7. **MTC (2013)** Manual de carreteras (suelos, geología, geotecnia, y pavimentos) Resolución Directoral N°05-2013-MTC/14.
8. **MTC (2008)** Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (EG-CBT 2008), Aprobado por Resolución Ministerial N° 304-2008-mtc/02
9. **MTC (2008)** Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, Aprobado por Resolución Directoral N° 084/2008-MTC/14.
10. **MTC (2006)** Manual técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima.

11. **MUÑOZ RAZO (2008)** Como elaborar y asesorar una investigación de tesis. PEARSON Editorial España.
12. **PAYA BERNABEU (2008)** Ingeniería de la Construcción y de proyectos de Ingeniería civil. Valencia España.
13. **SANCHEZ C., Hugo y REYES M. Carlos (1984)** Metodología y diseño de la investigación científica. 1ra Edición. Lima - Perú.
14. **SCIPIÓN PIÑELLA (2011)** Diseño de carreteras UNI Normas DG. Editorial UNI, Lima.
15. **Normas Técnicas Peruanas (NTP)**. “Comisión de Normalización de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias”.
16. **Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) (1999-04-29)** “Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos” NTP 339.129.
17. **Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) (1999-04-29)** “Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)” – NTP 339.134.
18. **Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) (1999-04-29)** “Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte” – NTP 339.
19. **Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) (1999-04-28)** “Métodos de ensayos para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 KN-m/m³, 56000 pie – lbf/pie³) – NTP 339.141.
20. **Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) (1999-04-28)** “Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California, California Bearing Ratio) de suelos compactados en el laboratorio” – NTP 339.145.

ANEXOS

- 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

- 02. TABLAS DE DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE
SUELOS**

- 03. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS (EMS)**

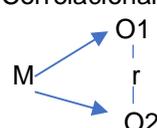
- 04. PLANOS**

- 05. FOTOGRAFIAS.**

01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS

TITULO: “APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA – PACAYBAMBA, DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN”

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV. VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL.</p> <p>¿Cuál es el resultado de la aplicación del cloruro de sodio en suelos arenosos para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</p> <p>A. ¿Cuál es el porcentaje de dosificación del cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso?</p> <p>B. ¿Cómo influye el cloruro de sodio en la capacidad de soporte del suelo arenoso?</p> <p>C. ¿Cómo influye el cloruro de sodio en la</p>	<p>OBJETIVO GENERAL.</p> <p>Evaluar el resultado de la aplicación del cloruro de sodio en el suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</p> <p>A. Calcular el porcentaje de dosificación del cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso</p> <p>B. Evaluar la influencia del cloruro de sodio en la capacidad de soporte del suelo arenoso.</p> <p>C. Medir la influencia del cloruro de sodio en la</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL.</p> <p>La aplicación del cloruro de sodio mejora las propiedades mecánicas del suelo arenoso para la estabilización de la plataforma en la carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla, Concepción.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.</p> <p>A. La dosificación del cloruro de sodio es importante para lograr la estabilización del suelo arenoso.</p> <p>B. El cloruro de sodio tiene incidencia directa en la mejora de la capacidad de soporte del suelo arenoso.</p> <p>C. Con la aplicación del cloruro de sodio se logra una mayor</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de Sodio. <p>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de Suelos Arenosos. <p>DIMENSIONES:</p> <p>-Cloruro de Sodio: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Condiciones de regeneración ▪ Conformación física </p> <p>Estabilización de Suelos Arenosos:</p>	<p>METODO DE INVESTIGACION</p> <ul style="list-style-type: none"> • Científico <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada. <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo – Correlacional <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correlacional.  <pre> graph TD M --> O1 M --> O2 O1 --- r --- O2 </pre> <p>Donde:</p> <p>O1: Variable independiente</p> <p>O2: variable dependiente</p> <p>M: Muestra</p> <p>r: Correlación entre</p>

<p>impermeabilidad del suelo arenoso?</p> <p>D. ¿Cuál es el costo de la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso?</p>	<p>impermeabilidad del suelo arenoso.</p> <p>D. Cuantificar el costo de la aplicación de cloruro de sodio para la estabilización del suelo arenoso.</p>	<p>impermeabilización del suelo arenoso.</p> <p>D. La aplicación de cloruro de sodio reduce los costos para la estabilización del suelo arenoso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condiciones ambientales ▪ Condiciones físicas 	<p>variables</p> <p>POBLACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carretera Curibamba - Pacaybamba (5,540.00 mts) <p>MUESTRA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Km 0+000 – km 0+125 • Km 0+350 – km 0+400 • Km 0+550 – km 0+630 • Km 0+700 – km 0+800 • Km 0+920 – km 1+000
---	--	---	--	--

**02. CUADROS Y TABLAS DE DESCRIPCIÓN E
IDENTIFICACIÓN DE SUELOS**

Tabla 34. Número de calicatas por tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD	NUMERO DE CALICATAS
Autopistas de primera clase: Con IMDA mayor a 6000 veh/día.	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	Calzada 2 carriles por sentido (4 calicatas x km x sentido). Calzada 3 carriles por sentido (4 calicatas x km x sentido). Calzada 4 carriles por sentido (6 calicatas x km x sentido).
Autopistas de segunda clase: Con IMDA entre 6000 a 4001 veh/día.	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	Calzada 2 carriles por sentido (4 calicatas x km x sentido). Calzada 3 carriles por sentido (4 calicatas x km x sentido). Calzada 2 carriles por sentido (6 calicatas x km x sentido).
Carreteras de primera clase: Con IMDA entre 4000 y 2001 veh/día.	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	04 calicatas x kilometro
Carreteras de segunda clase: Con IMDA entre 2000 y 400 veh/día.	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	03 calicatas x kilometro
Carreteras de tercera clase: Con IMDA menores a 400 veh/día.	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	02 calicatas x kilometro
Carreteras de bajo volumen de tránsito: Con IMDA menor o igual a 200 veh/día	Altura de profundidad 1.50 desde la sub rasante.	01 calicatas x kilometro

Fuente: Manual de Carreteras, MTC.

Tabla 35. Criterios para determinar la angulosidad.

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
ANGULOSA	Son las partículas que tienen características de bordes afilados con superficies relativamente no pulidas.
SUBANGULOSA	Son las partículas similares a las angulosas pero tienen bordes redondeados.
SUBREDONDEADO	Son las partículas que tienen los lados casi planos pero tienen las esquinas y bordes bien redondeados.
REDONDEADO	Son las partículas que tienen lados suaves y en forma casi circular y sin bordes.

Fuente: Manual de Carreteras, MTC.

Tabla 36: Criterios de determinación de forma de las gravas.

LA FORMA DE PARTICULA SERA DESCRITA COMO SIGUE, DONDE LA LONGITUD, ANCHO Y ESPESOR EN LAS DIMENSIONES SEA MAYOR, INTERMEDIA Y MENOR QUE UNA PARTICULA, RESPECTIVAMENTE.	
PLANAS	Son las partículas en donde el ancho y espesor es menor a 3
ALARGADA	Son las partículas donde la longitud/ancho mayor a 3
PLANAS Y ALARGADAS	Son las partículas que reúnen criterios para ser clasificados como chatas y/o alargadas.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 37. Criterios de determinación de humedad del suelo

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
SECA	La escases la humedad, polvorosa, seca al tacto.
HUMEDA	Humedad pero sin agua de fácil visibilidad.
SATURADA	En lo general cuando el suelo está por debajo del nivel freático – agua visible.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 38. Criterios para determinar la reacción al HCl

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
NINGUNA	Sin ninguna reacción visible
DEBIL	Sin Reacción ligera, forma burbuja lentamente.
FUERTE	De Reacción violenta, forma burbujas de inmediato.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 39. Criterios para determinar su consistencia

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
MUY BLANDA	El introducir el dedo pulgar penetra al suelo más de 25 mm.
BLANDA	El introducir el dedo pulgar penetra en el suelo aproximadamente en 25 mm.
FIRME	El dedo pulgar hace una mella de 6 mm.

DURA	El dedo pulgar no hace mella en el suelo, penetra rápidamente la humedad.
MUY DURA	La uña del pulgar no hace mella en el suelo.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 40. Criterios para la descripción de la estructura

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
ESTATIGRAFICADA	Las capas alternas variables de cada material o color, con espesor de 6 mm, los cuales deben anotarse
LAMINADA	Las capas alternas variables de cada material o color, con espesor de 6 mm, los cuales deben anotarse
FISURADA	Se rompen de acuerdo a los planos definidos de fractura con poca resistencia.
LISA	Los planos son de fractura liso o lustroso; algunas veces son estriados.
EN BLOQUES	Suelos cohesivos que pueden romperse en pequeños terrones de forma angulosa y muy resistente a un rompimiento adicional.
EN LENTES	Inclusión de pequeñas bolsas en diferentes suelos; tales como pequeños cristales de arena esparcidos en una masa de arcilla.
HOMOGENEA	De apariencia y de color muy uniforme

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 41. Criterios para describir la resistencia en seco

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
NINGUNA	La toma de muestra seca se desmorona a la simple manipulación
BAJA	La toma de muestra seca se desmorona hasta pulverizarla con ligera presión de los dedos
MEDIANA	La muestra seca se rompe en fragmentos o se desmorona con presión considerable de los dedos.
ALTA	No se romperá la muestra seca con la presión que hace los dedos, pero si se romperá en fragmentos al presionarlo con el pulgar sobre una superficie de forma dura.
MUY ALTA	No se podrá romper la muestra seca al presionarlo con el pulgar sobre una superficie dura.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 42. Criterios de descripción a la dilatación

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
NULA	No hay ningún cambio visible de la muestra
LENTA	Aparece agua sobre la superficie de muestra mientras se le sacude y no desaparece lentamente al aplastarlo.
RAPIDA	Aparece agua sobre la superficie de muestra mientras se le sacude y no desaparece lentamente al aplastarlo.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 43. Criterios de descripción de la tenacidad

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
BAJA	Solo se necesita una ligera presión para formar rollitos cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones son débiles y muy blandos.
MEDIANA	Se necesita una presión mediana para formar “rollitos” cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones tienen mediana tenacidad.
ALTA	Se requiere una presión para formar “rollitos” cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones tienen una muy alta tenacidad.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 44. Criterios para describir la plasticidad

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
NO PLASTICO	No se pueden formar rollitos de 3 mm con ningún contenido de humedad
BAJA	Difícilmente puede formar rollitos y terrones cuando estos se encuentran más secos que el límite plástico.
MEDIA	Es fácil de formar un rollito y pronto alcanza el límite plástico. No puede volverse a enrollar la misma muestra de suelo después de alcanzar su límite plástico. Así los terrones se desmoronan cuando se secan por debajo del límite plástico.
ALTA	Se toma considerablemente el tiempo de formar rollos y remodelarlos para así alcanzar el límite líquido plástico.

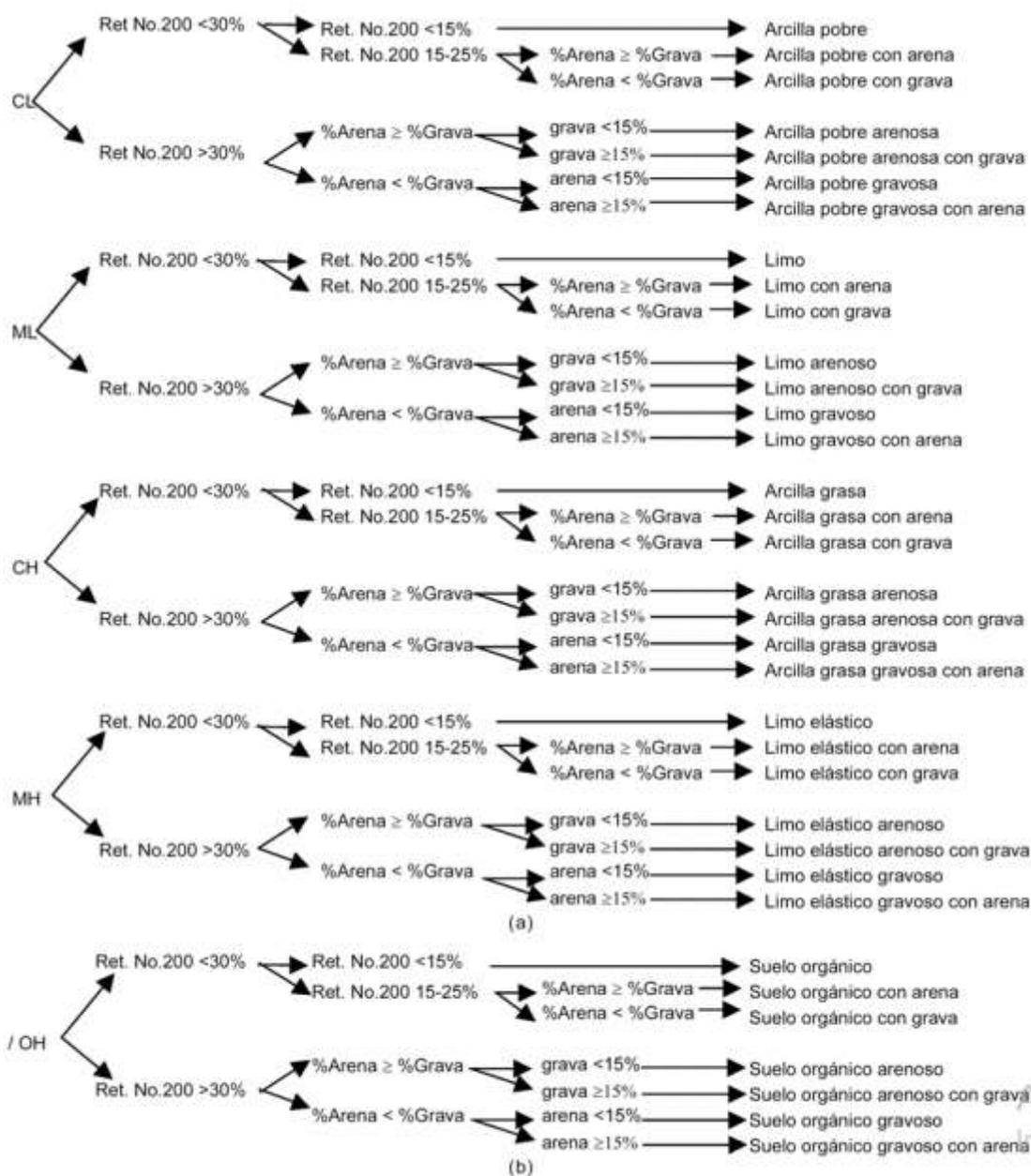
Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

Tabla 45. Criterios para identificar los suelos inorgánicos

SÍMBOLO DE SUELO	RESISTENCIA SECA	DILATACIÓN	TENACIDAD
ML	Nula a baja	Lenta a rápida	No pueden formarse rollitos
CL	Media a alta	Nula a lenta	Media
MH	Baja a media	Nula a lenta	Baja a media
CH	Elevada a muy elevada	Nula	Alta

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.150

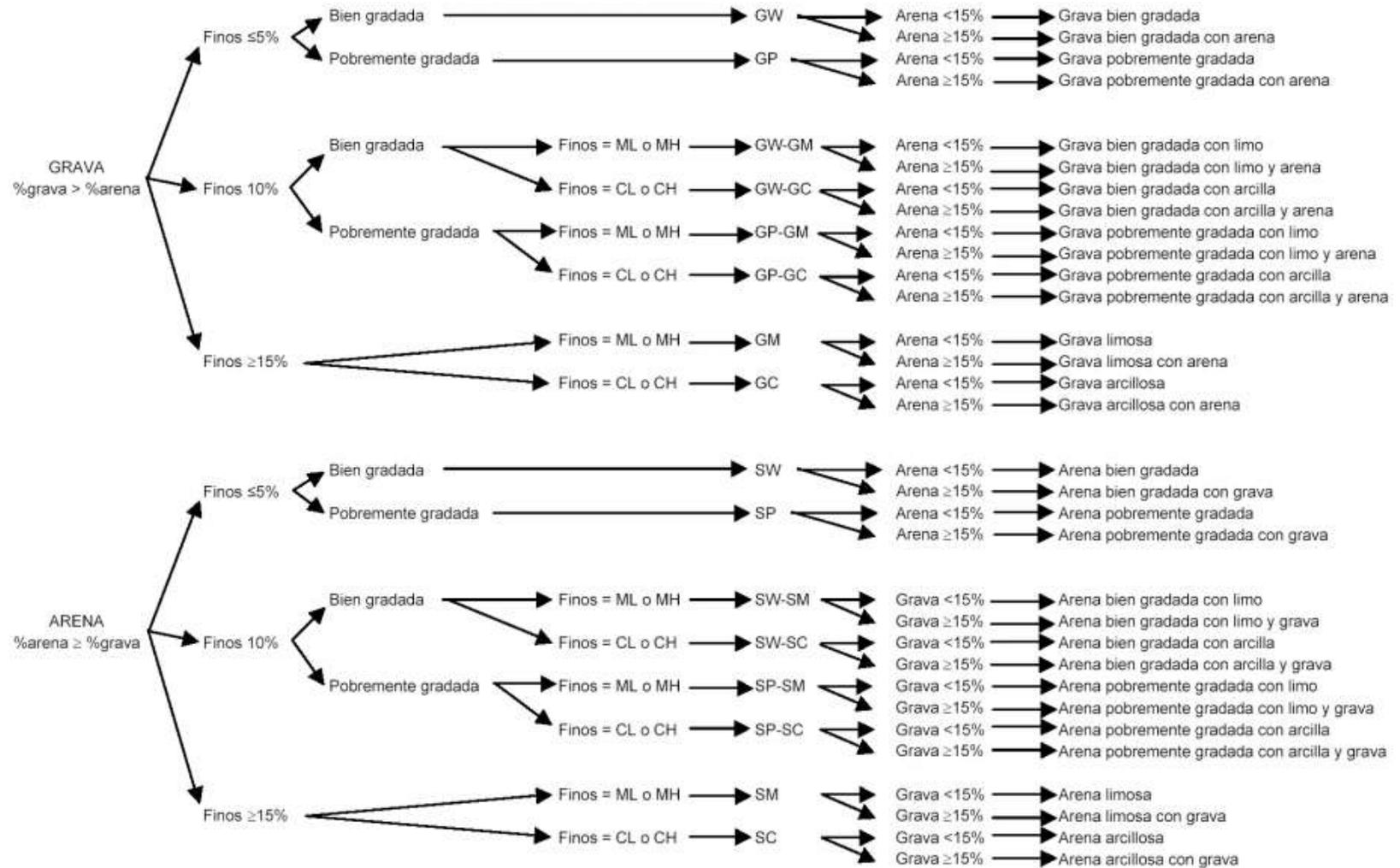
Tabla 46. Carta de diagrama de flujo para clasificación de suelos de partículas finas (SUCS ASTM D 2487)



NOTA: Los porcentajes son basados en cantidades estimadas de finos, arena y grava, al 5% más cercano

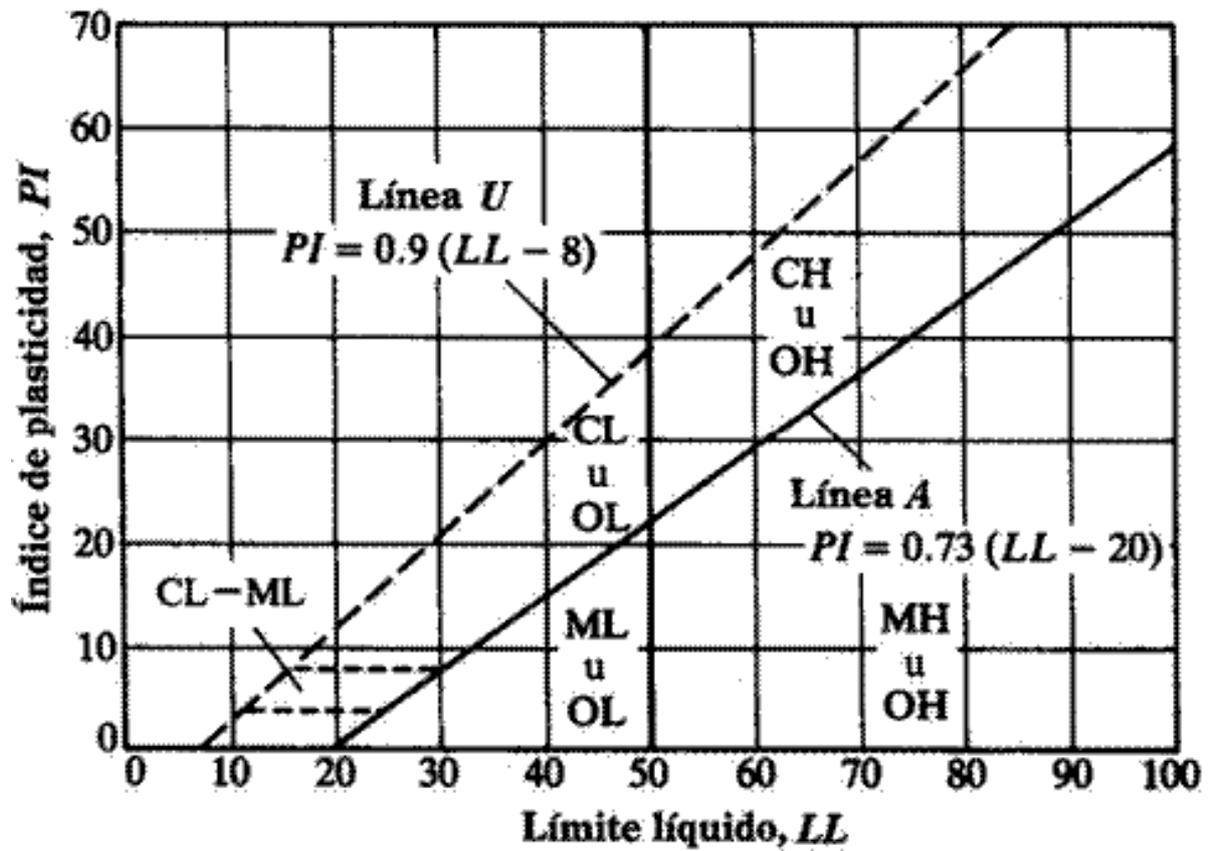
Fuente: Ing. Ivan Matus Lazo y Ing. Marvin Blanco Rodríguez

Tabla 47. Carta de flujo para clasificación del suelo de grano grueso (SUCS ASTM D2487)



Fuente: Ing. Iván Matus L. y el Ing. Marvin Blanco Rodríguez

Tabla 48. Carta de plasticidad de Casagrande.



Fuente: Ing. Arthur Casagrande

Tabla 49. Clasificación de los suelos mezclando agregado-suelo (Método AASHTO)

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla n° 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla n° 200)				
Grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A-7-5/A-7-6
% que pasa tamiz :											
N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo N° 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30)
El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30)

Fuente: Manual de carreteras, diseño geométrico DG-2018

**03. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
(EMS)**


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**
INFORME

PETICIONARIO	: BACHILLER LUDAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESTS	: APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 14 DE NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA Nº	C-01
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1,50m

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	
Maxima Densidad Seca	1.785 g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	14.25 %

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	21.60	1.789	0.214	0.1	100.0	21.8
2	25	17.80	1.665	0.558	0.1	95.0	18.6
3	10	12.40	1.553	0.806			

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylan Martinez Cuencho
INGENIERO CONSULTEC HR SAC.
T.E.C. CONCRETO MEC. GULON Y ASFALTO



Huber Arriaga Cuencho
INGENIERO CIVIL
CIP 110673

LEM: Nº 011791



Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**

PETICIONARIO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAYA JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACION DEL CUORNO DE SCORIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PUCAYAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
UBICACION	: CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2015

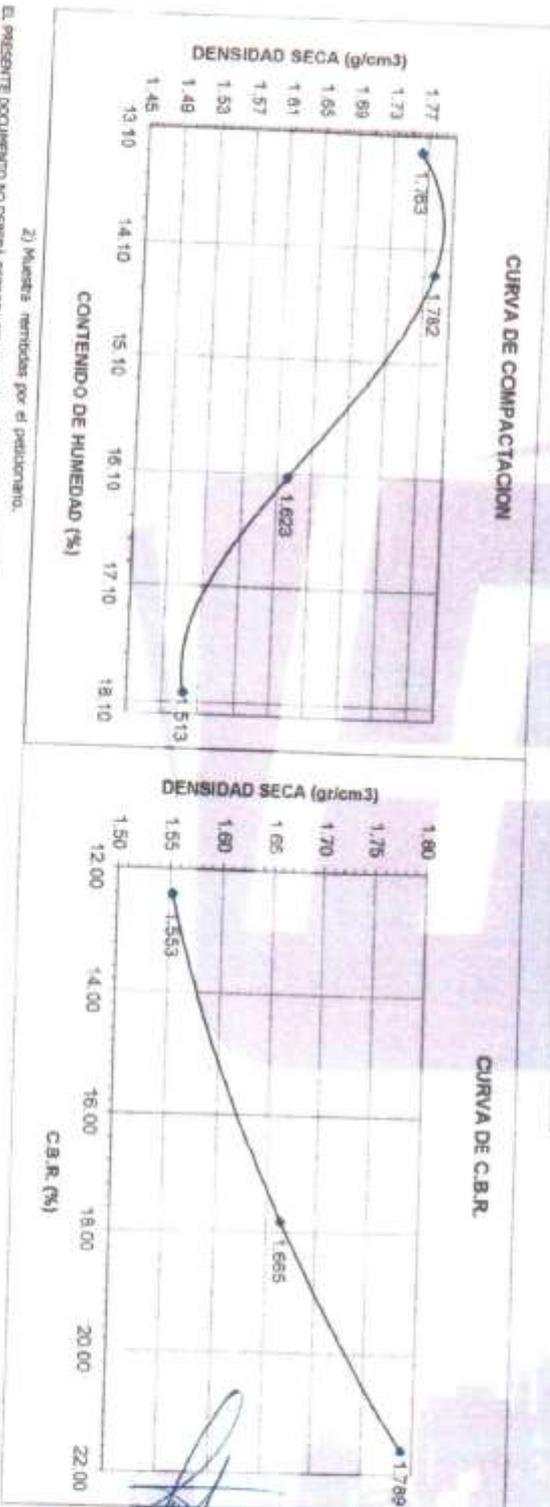
Huancayo
INGENIERO CIVIL
 CIP 11000

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 02 de 02

CAUCOTA	C-01
PROFUNDIDAD	1.50m



2) Muestra remolada por el peticionario.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERIA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (CALLE PERUANA DICCION: 07-004-1997)

HR
Dylian Martinez Cevallos
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 T.C. CONCRETO, T.C. SUELOS Y ASFALTO

LEM: N° 011792


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**
INFORME

PETICIONARIO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 14 DE NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA Nº	C-02
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1,50m

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.862 g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	13.30 %

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	20.90	1.870	0.185	0.1	100.0	21.0
2	25	15.40	1.765	0.269	0.1	95.0	17.1
3	10	11.10	1.645	0.471			

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPE: GP:004: 1993)



Dylan Martinez Ceneho
 TEC. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEC. CONCRETO, REC. SUELOS Y ASFALTO



Humberto Quiroz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110474

LEM: Nº 011793



Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**

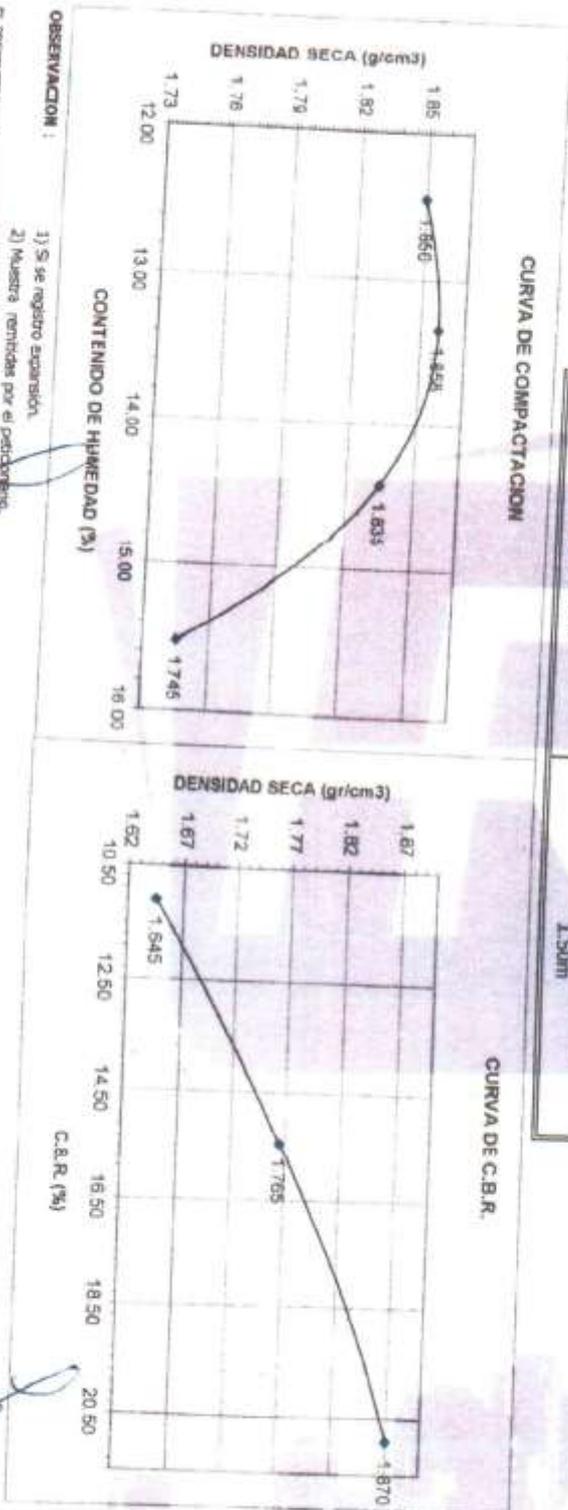
PETICIONARIO	: BACHILLER LUANI MARTINEZ MAY JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESSIS	: APLICACION DEL CLOURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURBAMBÁ - PUCAYBAMBÁ DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
UBICACION	: CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 02 de 02

CALECITA	C-02
PROFUNDIDAD	1.50m



OBSERVACION :

- 1) Si se registro separación.
- 2) Muestra remolida por el petricionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBEJA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (CÓPIA PERUANA INECCOPI: 01-004-1993)



LEM: N° 011794


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**
INFORME

PETICIONARIO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 14 DE NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883**
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA Nº C-03
MUESTRA M-01
PROF. (m) 1,50m

Pag. 01 de 02

Maxima Densidad Seca	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	1.790 g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad		14.10 %

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	21.90	1.799	0.185	0.1	100.0	21.7
2	25	16.40	1.699	0.289	0.1	95.0	18.0
3	10	11.30	1.575	0.471			

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)


Dylan Martinez Ccencho
T.C. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
T.C. CONCRETO, MEC. SUELOS Y ASFALTO


Huber Gerardo Duran Estrella
INGENIERO CIVIL
CIP 110678

LEM: Nº 011795



Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0810-0015/LEM

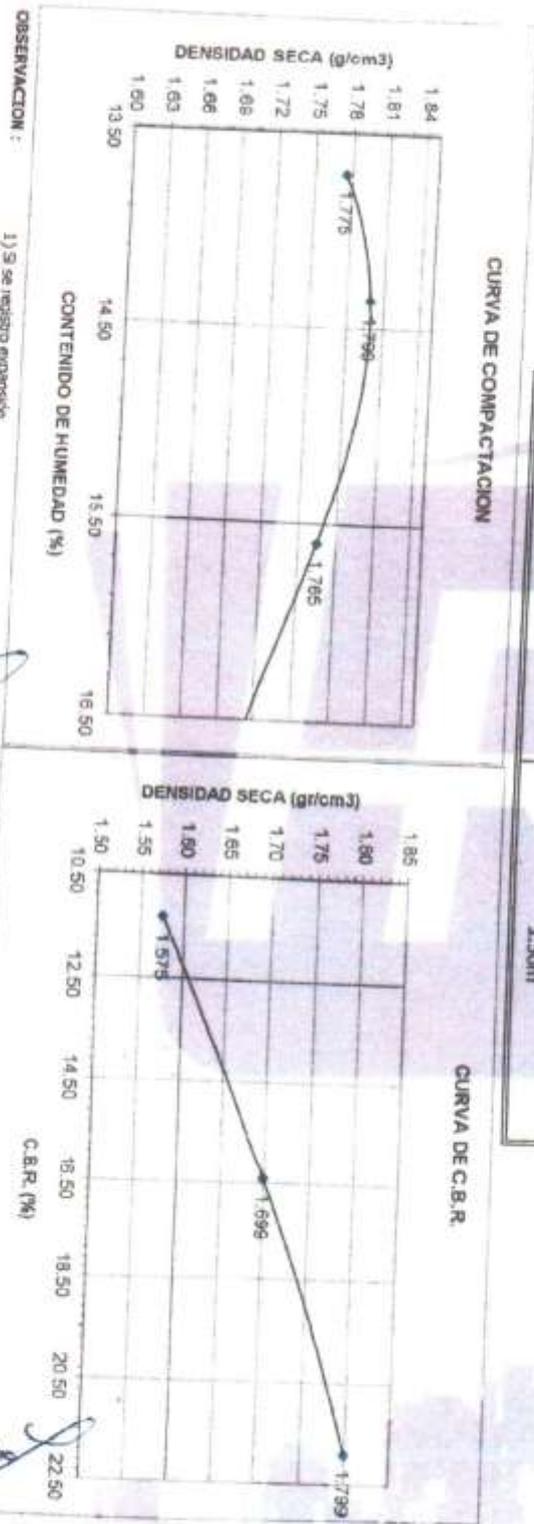
PROYECTO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TEMA	: APLICACIÓN DEL CLASIFICADOR DE SOEDO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS
UBICACIÓN	: ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN : EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE: CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 02 de 02

CALCATA	C-03
PROFUNDIDAD	1.50m



OBSERVACION :

- 1) Si se registra expansión.
- 2) Muestras remidas por el laboratorio.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO OPERA REPRODUCCION SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO.

Dr. Martin Cerchio
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEL: 098713 1883

Huancayo
 Ingeniero Civil
 CIP 158478

LEM: N° 011796


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

PETICIONARIO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 14 DE NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 01 de 02

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA Nº	C-04
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1,50m

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.746 g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	14.40 %

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	14.90	1.890	0.649	0.1	100.0	14.1
2	25	8.30	1.750	1.349	0.1	95.0	10.9
3	10	4.90	1.690	2.164			

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylann Martinez Ccencho
 TEC. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEC. CONCRETO, HEC. SUELOS Y ASFALTO




Huber Amón Quispe Acobun
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110678

LEM: Nº 011797



Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES.
LABORATORIO DE SUELOS**

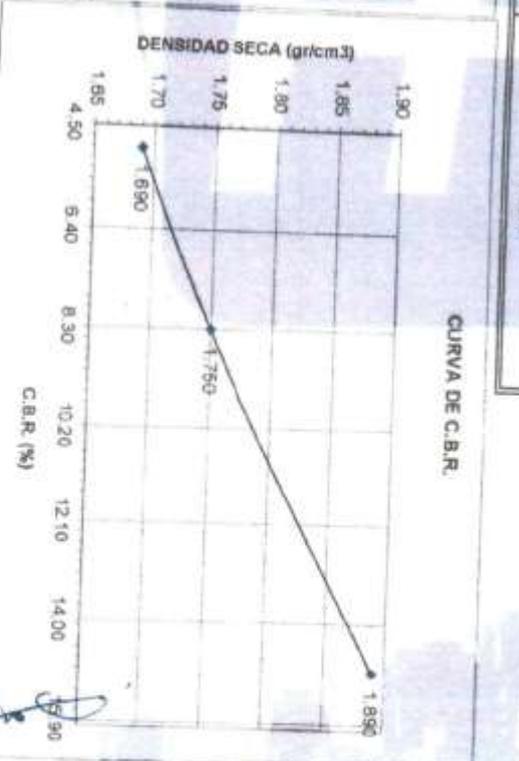
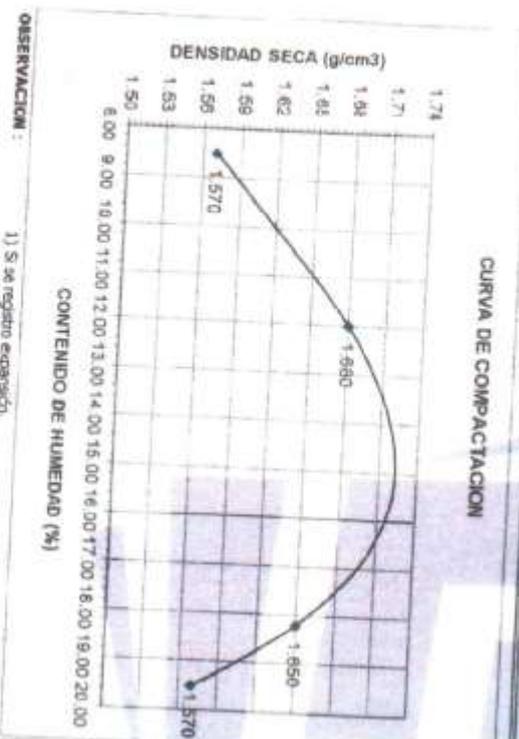
PETICIONARIO	: BACHILLER LUIS MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACIÓN DEL CLOSURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS CARRETERA CURIBAMBA - BACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCION - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 02 de 02

CALCUTA	C-04
PROFUNDIDAD	1.50m



OBSERVACION :

- 1) Se registró expansión.
- 2) Muestra remediada por el peticionario.

E. PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL INGENIERO RESPONSABLE QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (SOLÁ PERUANA INGENIEROS) (IP-004-1993)

[Handwritten signature]
Hugo Rodríguez Córdova
CIP 111678

LEM: Nº 011798


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**
INFORME

PETICIONARIO	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
TESIS	: APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYBAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
UBICACIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 14 DE NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA Nº	C-05
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	1,50m

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.808 g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	13.55 %

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	20.10	1.812	0.185	0.1	100.0	20.3
2	25	16.55	1.678	0.289	0.1	95.0	18.1
3	10	11.45	1.562	0.471			

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



Dylan Martinez Ceacho
 T.C. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 T.C. CONSULTA MEC. SUELOS Y ASFALTO



Humberto Simón Quispe Asteban
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110078

LEM: Nº 011799



Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS**

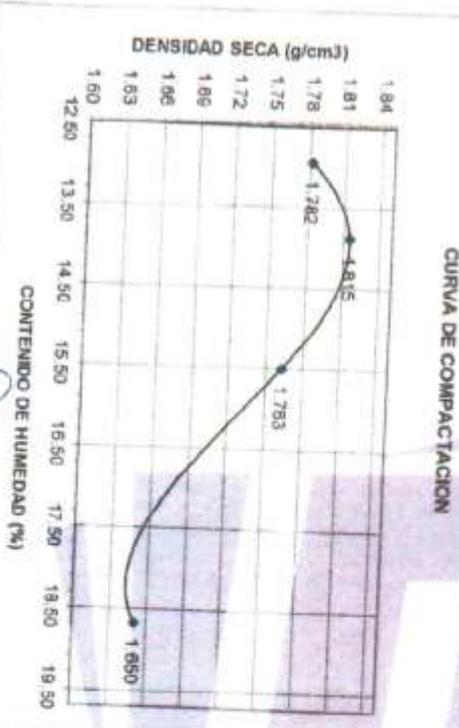
PERSONAL ATENCIÓN	: BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAY JAIRO
TESES	: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
UBICACIÓN	: APLICACIÓN DEL CÍRCULO DE SCOTIO EN LA ESTABILIDAD DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA - PACAYAMBA DISTRITO DE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: CONCEPCIÓN - HUANCAYO - JUNIN : EL TAMBO, 03 DE OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Pag. 02 de 02

CALCATA	C-05
PROFUNDIDAD	1.50m

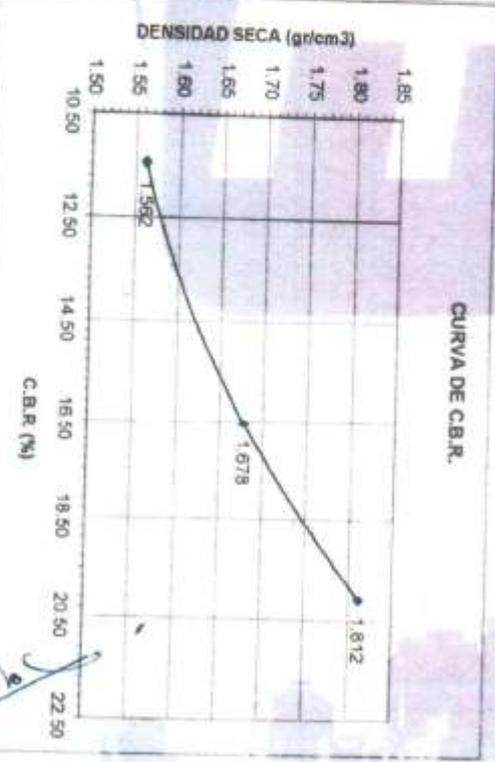


OBSERVACION :

- 1) Si se requiere explicar.
- 2) Muestra remanida por el propietario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERIA REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (CALLE PERUANA INDECOP: 97-004-1993)

Dylandy Aquilino Ceracho
 INGENIERO CIVIL
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC
 IIC, CINCENTO MEC. NUESTRO - ARELITO



Simón José Urquiza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110674

LEM: Nº 011801


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0055/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

PROGRESIVA	1+000
CALICATA	C-1
PROFUNDIDAD	1.50m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
1/2"	90.5
3/8"	84.6
1/4"	74.8
Nº4	70.0
Nº10	55.3
Nº20	44.0
Nº40	38.1
Nº60	35.4
Nº140	33.2
Nº200	28.7

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	24.8
% LIMITE PLASTICO	18.0
% INDICE PLASTICO	6.8

CLASIFICACION DE SUELOS

CLASIF. SUCS	SM-MI
CLASIF. AASHTO	A-4 (3)

OBSERVACION : Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylann Martinez Cuencho
 TITULAR LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TAC. CHICHOPE. AVE. SUREN Y ARAUJO


LEM: N° 011806



Obras Civiles

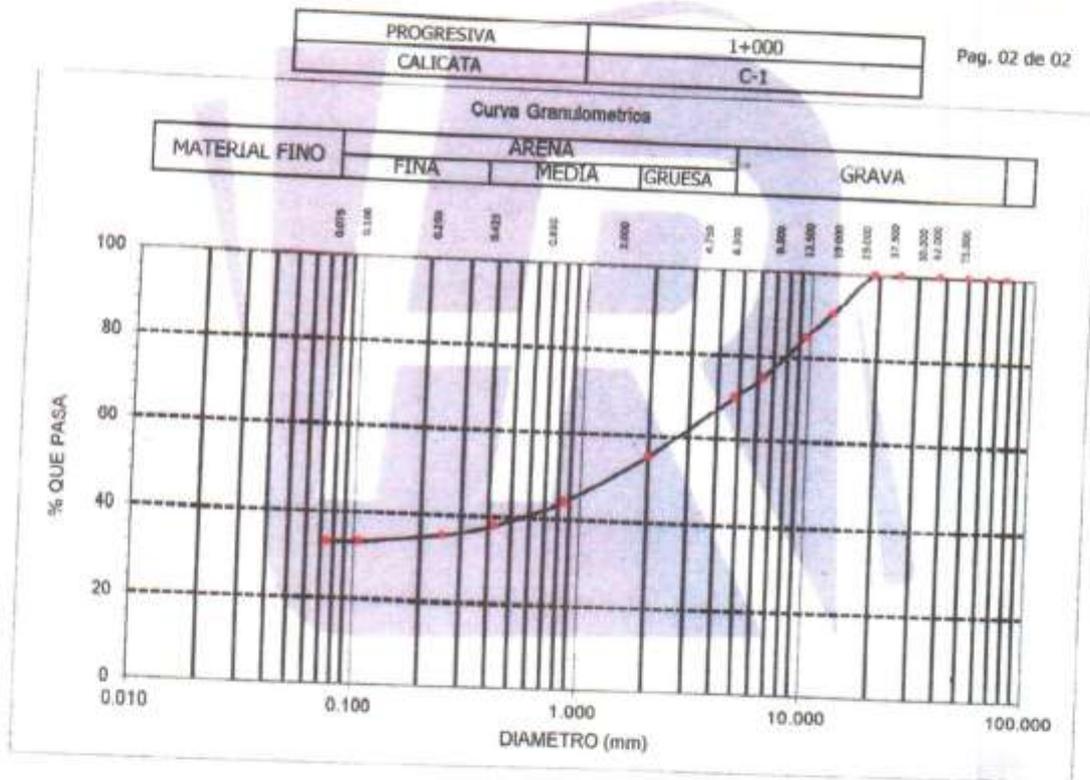
- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0055/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - KMO+000-2016
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

PROGRESIVA	1+000
CALICATA	C-1

Pag. 02 de 02



OBSERVACION : Muestra provista e identificada por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993)

HR
 Dylina Martínez Cerezo
 TIT. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 T.C. CALLETA AND. ALLELU Y AGUILO

HR
 Walter Simon Cerezo
 INGENIERO CIVIL
 C.P. 11024

LEM: N° 011803


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0810-0015/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURTBAMBA-PACAYBAMBA
UBICACIÓN	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN - KM0+000-2016
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422	
CALICATA	2+000
MUESTRA	C-02
PROFUNDIDAD	1.50 m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	97.0
1/2"	92.3
3/8"	80.3
N°4	72.5
N°10	67.0
N°20	56.9
N°40	46.5
N°60	33.1
N°140	27.2
N°200	21.8
	25.2

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-318	
% LIMITE LIQUIDO	25.4
% LIMITE PLASTICO	18.8
% INUIJE PLASTICO	6.9

CLASIFICACION DE SUELOS	
CLASIF. SUCS	SM-ML
CLASIF. AASHTO	A-4 (3)

OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



Dylan Martínez Ceñcho
LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
REG. PROFESIONAL: INGE. SUELOS Y ASISTENTE



Dylan Martínez Ceñcho
INGENIERO CIVIL
REG. PROFESIONAL: INGE. CIVIL

LEM: N° 011805



Obras Civiles

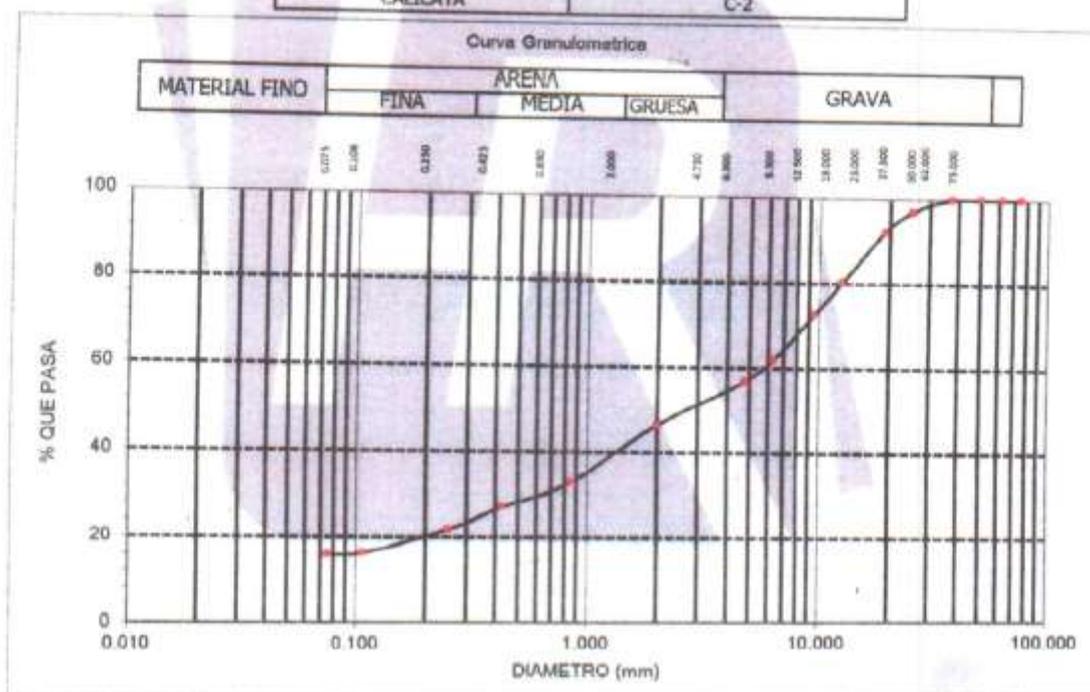
- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0810-0015/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA
UBICACIÓN	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

PROGRESIVA	2+000
CALICATA	C-2

Pag. 02 de 02



OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

Dylan Martinez Cuencho
 T.E.C. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTA HR SAC.
 T.E.C. CONSULTA DE SUELOS Y AGRI-CULTO

[Signature]
 T.E.C. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTA HR SAC.
 T.E.C. CONSULTA DE SUELOS Y AGRI-CULTO
 CIP 110078

LEM: N° 011807


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0055/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA
FECHA DE RECEPCION	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE EMISION	lunes, 03 de octubre de 2019
	lunes, 14 de noviembre de 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

PROGRESIVA	3+000
CALICATA	C-03
PROFUNDIDAD	1.50m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	98.0
3/4"	96.2
1/2"	88.7
3/8"	82.8
1/4"	73.3
N°4	68.7
N°10	54.5
N°20	45.2
N°40	38.6
N°60	34.4
N°140	30.9
N°200	44.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	26.6
% LIMITE PLASTICO	20.1
% INDICE PLASTICO	6.5

CLASIFICACION DE SUELOS

CLASIF. SUCS	SM-ML
CLASIF. AASHTO	A-4 (3)

OBSERVACION : Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylany Martínez Crecucho
C. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEL. (01) 988 008215 / 965 028369



Huber Juan Quiroz Esteban
INGENIERO CIVIL
CIP 110630

LEM: N° 011809



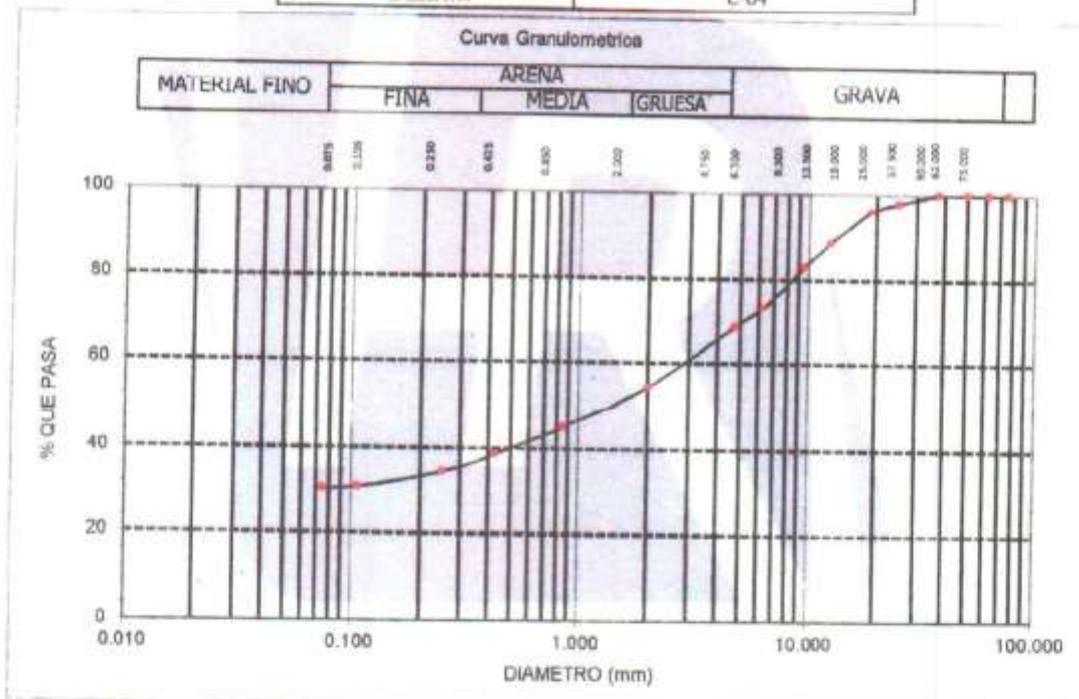
Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0055/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

PROGRESIVA	3+000	Pag. 02 de 02
CALICATA	C-04	



OBSERVACION : Muestra provista e identificada por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

Dylann Martinez Cuencho

 TECN. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEC. CONCRETO, H.D.C. SUELOS Y ASFALTO

Huber Simón Quijpe

 INGENIERO CIVIL

LEM: N° 011808


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0016/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA
UBICACIÓN	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
COMITÉ	
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

Pag. 01 de 02

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

PROGRESIVA	4+000
CALICATA	C-04
PROFUNDIDAD	1.50 m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
1/2"	100.0
3/8"	97.6
1/4"	95.9
N°4	95.0
N°10	92.7
N°20	90.1
N°40	87.0
N°60	83.4
N°140	77.6
N°200	62.6

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	25.6
% LIMITE PLASTICO	19.1
% INDICE PLASTICO	6.5

CLASIFICACION DE SUELOS

CLASIF. SUCS	SM-ML
CLASIF. AASHTO	A-4(3)

OBSERVACION : Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylann Martinez Cuencho
T.E.C. LABORATO-1102
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
T.E.C. CONTROL DE SUELOS Y ASFALTO



Humberto Simeón Quiroz Córdova
INGENIERO CIVIL
CIP 111176

LEM: N° 011810

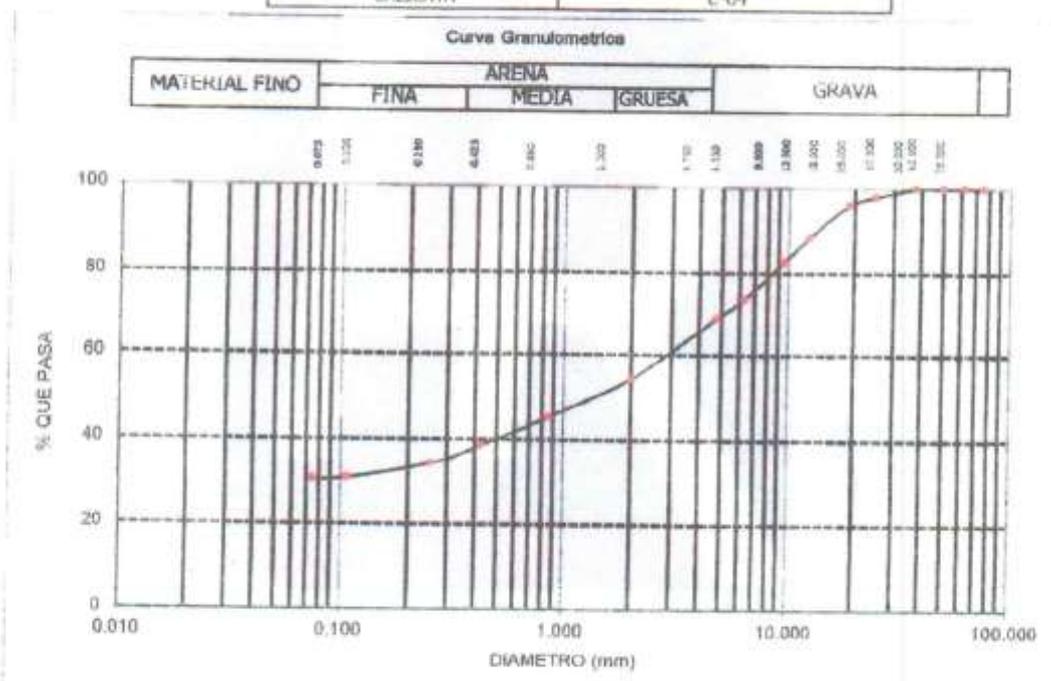

Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0712-0055/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

PROGRESIVA	3+000	Pag. 02 de 02
CALICATA	C-01	



OBSERVACION : Muestra provista e identificada por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Dylann Martinez Ceecho
INGENIERO CONSULTEC HR SAC.
CALLE LOS ROSALES N° 225 - EL TAMBO - HUANCAYO



Humberto Martinez Ceecho
INGENIERO CONSULTEC HR SAC.
CALLE LOS ROSALES N° 225 - EL TAMBO - HUANCAYO

LEM: N° 011808


Obras Civiles

- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME N° 0810-0015/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA
UBICACIÓN	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

Pag. 01 de 02

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

PROGRESIVA	5+000
CALICATA	C-05
PROFUNDIDAD	1.50 m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	86.1
3/4"	77.9
1/2"	61.5
3/8"	51.2
N°4	42.6
N°10	38.4
N°20	28.9
N°40	22.0
N°60	17.8
N°140	16.0
N°200	43.6
LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	25.9
% LIMITE PLASTICO	19.6
% INDICE PLASTICO	6.3
CLASIFICACION DE SUELOS	
CLASIF. SUCS	SM-ML

OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



Dylanio Martínez Ceencho
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEC. CONCRETO, TEC. SUELOS Y ASFALTO



Pineda-Salmon Quiroga
INGENIERO CIVIL
CIP 118016

LEM: N° 011812



Obras Civiles

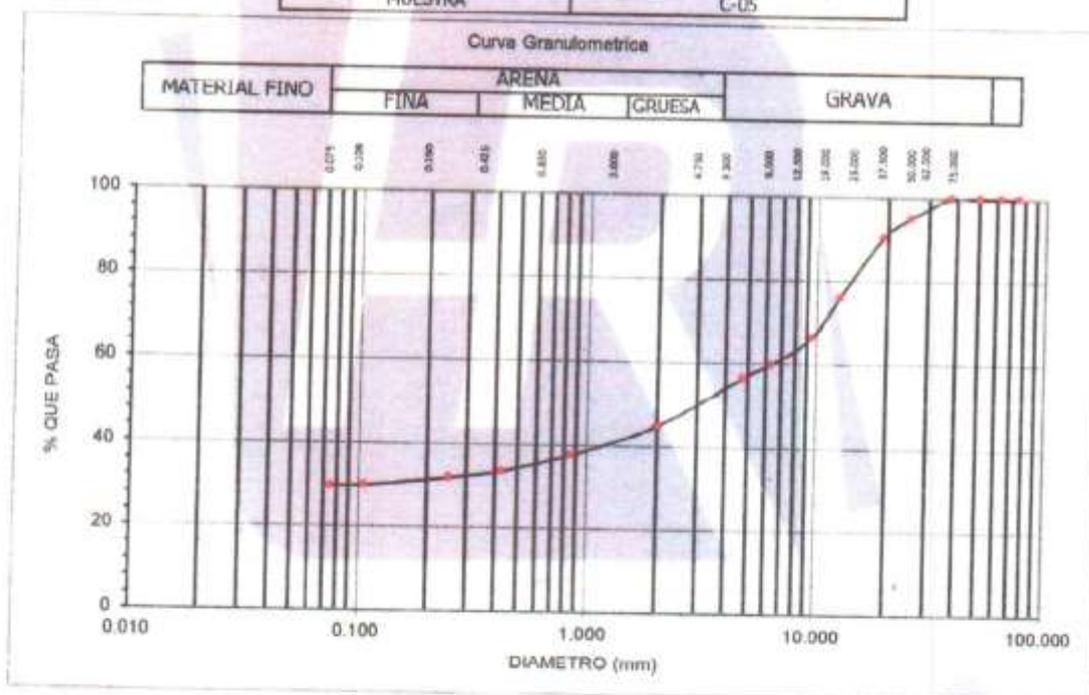
- Elaboración de Proyectos
- Ejecución y supervisión de obras
- Estudio de mecánica de suelo
- Alquiler de equipos de construcción

INFORME Nº 0810-0015/LEM

PETICIONARIO	BACHILLER LUJAN MARTINEZ MAX JAIRO
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO / OBRA	APLICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, CARRETERA CURIBAMBA-PACAYBAMBA
UBICACIÓN	DISTRITO DDE MARISCAL CASTILLA - CONCEPCIÓN
FECHA DE RECEPCION	lunes, 03 de octubre de 2019
FECHA DE EMISION	lunes, 14 de noviembre de 2019

CALICATA	5+000
MUESTRA	C-05

Pag. 02 de 02



OBSERVACION :

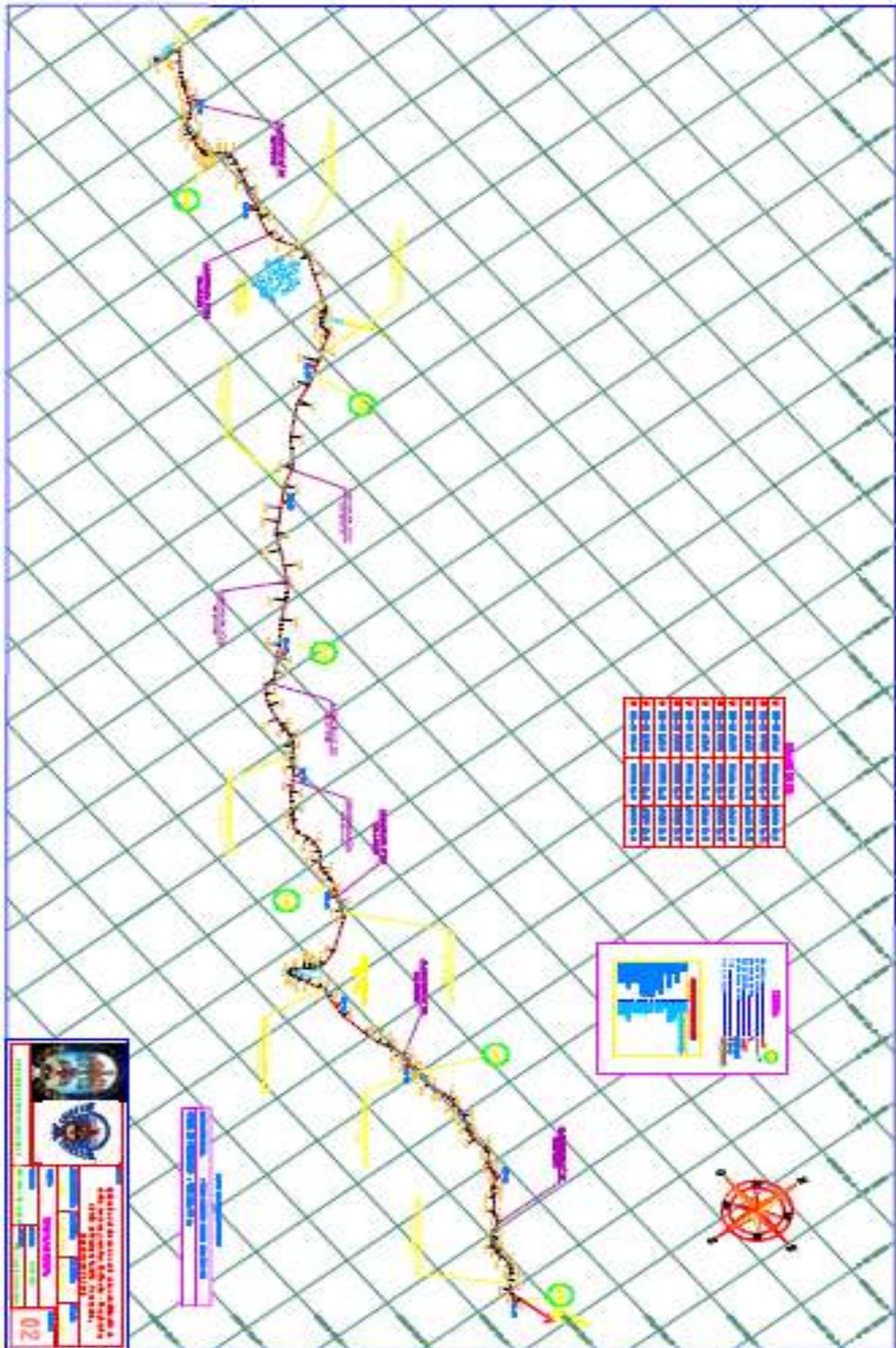
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

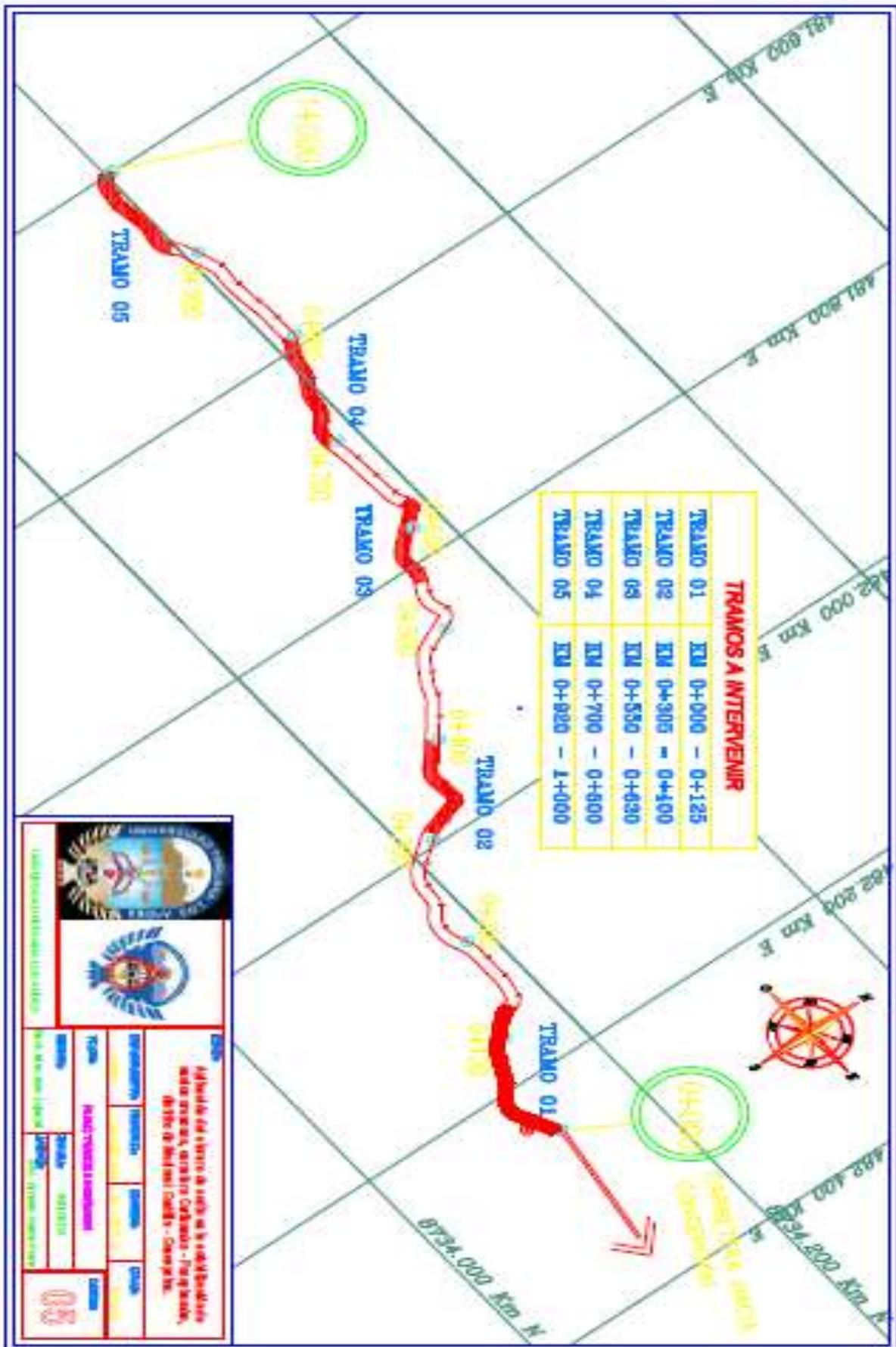
HR
Dyiana Martinez Ccocheo
TES. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEL. CONCRETO MEC. SUELOS Y MACTO

HR
Huber Simon Quijano Escobar
INGENIERO CIVIL
RIP 110679

LEM: Nº 011813

04. PLANOS





05. FOTOGRAFIAS



En la presente muestra una vista panorámica del ingreso hacia el distrito de Mariscal Castilla, Provincia de Concepción, Junín.



En la presente muestra el inicio de la carretera el cual inicia en el anexo de Curibamba.



En la presente muestra parte de la carretera en la cual se ven afectados en tiempos de fuertes lluvias.



En la presente muestra el segundo tramo a mejorar, el mismo que se puede observar que requiere su intervención para estabilizar la superficie de rodadura.



En la presente muestra los ahuellamientos que se producen esto debido al paso de vehículos pesados, acompañados de la pobre estabilización de la vía.



En la presente muestra algunas pendientes dentro de la carretera, los mismos que a través de ello se vienen generando acumulación de agua en la parte más baja.



En la presente muestra el acumulamiento de las aguas fluviales, ello producto que la presente vía carece de obras de arte.



En la presente muestra algunas deformaciones y/o encalaminados que se producen en la presente vía.



En la presente muestra partes de la vía en estudio el cual se encuentra en condiciones aceptables, necesitando solo algunas mejoras.



En la presente muestra parte el inicio de uno de los tramos a mejorar el cual contiene alto contenido de arena.



En la presente muestra la cantera de NaCl, el cual se pretende utilizar para estabilizar los tramos de suelo arenoso que existen en la carretera.



En la presente muestra las partes de sal, el cual se encuentra dentro de la cantera.



En la presente muestra la sal que esta ubicado en la cantera de estudio el mismo que servirá para la estabilización del suelo arenoso.



En la presente muestra la extracción de sal, el cual en la actualidad es utilizada por los pobladores como alimento de animales.



En la presente muestra el tramo 03, en la cual muestra parte de la carretera que contiene gran contenido de arena, el mismo que se desea estabilizar.



En la presente muestra el deslizamiento de taludes que se presentan a lo largo ello debido a la inestabilidad de los mismo.



En la presente muestra parte del tramo 04, el cual se encuentra en un estado crítico ya que no tiene drenaje fluvial.



En la presente se muestra parte de la vía en estudio el cual tiene ciertas deficiencias, ello debido a la inestabilidad de la carretera.



En la presente muestra parte de la población que transporta diariamente por dicha zona, para lo cual viene siendo dificultoso, por el estado de vía



En la presente muestra el ahuellamiento que produce los vehículos pesados, los mismos que acompañados con el suelo arenoso ocasiona un tránsito restringido.



En la presente muestra el suelo arenoso que se encuentra en dicha zona, por lo que se requiere su estabilización mediante NaCl



En la presente muestra el final del tramo en estudio el cual culmina en el anexo de Pacaybamba, el mismo que tiene otra conexión con pueblos vecinos del distrito de Mariscal Castilla.