

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



MEJORAMIENTO CON CLORURO DE CALCIO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE
CAPAS GRANULARES EN EL MALECÓN HUAYCOLORO - DISTRITO DE
LURIGANCHO - LIMA - PERU

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

BACH. FIGUEROA MERINO, ROSARIO ALMENDRA

BACH. REYNAGA TEJADA, ROSSY ESTHEFANY

ASESOR: M.Sc. ING. HUAMÁN GUERRERO, NÉSTOR W.

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por su cariño y apoyo incondicional, a mis hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar; asimismo, agradezco a nuestros asesores de tesis por sus consejos, correcciones y sus conocimientos impartidos.

Rossy Esthefany Reynaga Tejada

Dedico a mis padres Oswaldo y Mery quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mi hermana Milagros por su cariño y apoyo incondicional, a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y mis metas.

Rosario Almendra Figueroa Merino

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, la Universidad Ricardo Palma, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a la empresa Petramás S.A.C. por abrirnos sus puertas, en el especial al Dr. Jorge Zegarra Reátegui quien nos brindó su apoyo durante el desarrollo de la tesis, al M.Sc. Ing. Néstor Huamán Guerrero y al Dr. Andrés Avelino Valencia Gutiérrez, nuestros asesores por formar parte de nuestro desarrollo profesional.

Rossy Reynaga y Rosario Figueroa

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad de la problemática	2
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema principal	3
1.2.2 Problemas secundarios	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo principal	3
1.3.2 Objetivos secundarios	3
1.4 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.4.1 Conveniencia.....	4
1.4.2 Relevancia social.....	4
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
1.6 Viabilidad.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.1.1 En el ámbito Internacional	7
2.1.2 En el ámbito Nacional.....	8
2.2 Bases teóricas	10
2.2.1 Paquete estructural	10
2.2.2 Trafico Vial	35
2.2.3 Metodología de diseño con el método AASHTO 93	40
2.3 Definiciones conceptuales.....	45
2.4 Estructura teórica y científica que sustenta la investigación.....	46
2.5 Formulación de hipótesis	47
2.5.1 Hipótesis general.....	47
2.5.2 Hipótesis específicas	47
2.5.3 Variables	48
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	52
3.1 Datos generales	52
3.1.1 Ubicación	52
3.2 Tipo y nivel	53
3.2.1 Tipo de la investigación	53
3.2.2 Método de la investigación	53
3.3 Diseño de la investigación	53
3.4 Población y muestra	53
3.4.1 Población.....	53
3.4.2 Muestra.....	54
3.5 Técnicas de recolección de datos	54
3.5.1 Tipos de técnicas e instrumentos	54

3.5.2	Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	55
3.5.3	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	56
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		57
4.1	Desarrollo del estudio de tráfico vial	59
4.2	Desarrollo del estudio de sub-rasante	61
4.2.1	Antecedentes de la sub-rasante	61
4.2.2	Estudios previos realizados	63
a)	Estratigrafía.....	63
b)	Fundación de Estructuras	65
4.2.3	Ejecución del proyecto.....	65
4.3	Desarrollo del estudio de base	68
4.3.1	Base sin estabilizar.....	69
4.3.2	Análisis de canteras.....	70
4.3.3	Base estabilizada	71
4.4	Desarrollo del método AASHTO 93.....	71
4.4.1	Número Estructural	71
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		72
5.1	Presentación de resultados para el tráfico vial	72
5.1.1	Vida Útil del Pavimento.....	72
5.1.2	Volumen de Tránsito Proyectado.....	72
5.1.3	Cálculo del Índice Medio Diario.....	74
5.1.4	Cálculo del Tráfico Medio Semanal	74
5.1.5	Factores de Corrección.....	75
5.1.6	Cálculo del Tráfico Medio Diario Anual (IMDA).....	75
5.1.7	Tránsito Proyectado en el Horizonte del Proyecto.....	76
5.2	Presentación de resultados para la sub-rasante	77
5.2.1	Ensayos realizados a la sub-rasante	77
5.2.2	California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132	78
5.2.3	Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107	78
5.2.4	Humedad natural MTC E 108.....	79
5.2.5	Determinación de Atterberg.....	79
5.2.6	Relación humedad-densidad compactada - Proctor Modificado MTC E 115	80
5.2.7	Módulo Resiliente MTC E 128.....	80
5.3	Presentación de resultados para la base	80
5.3.1	Análisis de Canteras.....	80
5.3.2	Base sin estabilizar.....	89
5.3.3	Base Estabilizada con cloruro de calcio.....	92
5.3.4	Descripción de trabajos realizados.....	95
5.3.5	Definición de parámetros para la base	106
5.4	Presentación de resultados para el diseño por método AASHTO	109
5.4.1	Ejecución del Método AASHTO con Excel.	109
5.4.2	Ejecución del programa para el diseño	112
5.4.3	Resultado de los cálculos realizados con el método AASHTO.....	114
5.5	Contrastación de hipótesis	115

5.5.1 Hipótesis general.....	115
5.5.2 Hipótesis específicas.....	115
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Número de calicatas de exploración de suelos	16
Tabla N° 2: Guía complementaria para la selección del tipo de estabilizador.....	20
Tabla N° 3: Ensayos de estabilización con cloruro de calcio	24
Tabla N° 4: Tamices de malla para el Análisis Granulométrico por Tamizado	27
Tabla N° 5: Clasificación según Índice de Plasticidad	29
Tabla N° 6: Número en ensayos Mr. y CBR.....	31
Tabla N° 7: Categoría de Sub-rasante	32
Tabla N° 8: Clasificación de los suelos según Equivalente de Arena.....	33
Tabla N° 9: Métodos alternativos	33
Tabla N° 10: Clasificación por demanda - Autopistas.....	35
Tabla N° 11: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño	37
Tabla N° 12: Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de número de repeticiones de EE	38
Tabla N° 13: Relación de carga por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	38
Tabla N° 14: Número de Repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, en el carril de diseño para Caminos No Pavimentados	39
Tabla N° 15: Número de Repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos	40
Tabla N° 16: Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR	41
Tabla N° 17: Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño 10 o 20 años según rango de tráfico	42
Tabla N° 18: Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Zr) para una etapa de diseño (10 a 20 años) (Continúa)	42
Tabla N° 19: Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi).....	44
Tabla N° 20: Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)	44
Tabla N° 21: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)	45
Tabla N° 22: Operacionalización de las variables	49
Tabla N° 23: Matriz de consistencia	50
Tabla N° 24: Coordenadas del tramo en estudio.....	52
Tabla N° 25: Proyección de tráfico vehículos pesados-Horizonte 10 años	73
Tabla N° 26: Proyección de tráfico vehículos ligeros – Horizonte 20 años	74
Tabla N° 27: Cálculos del IMDS	75
Tabla N° 28: Cálculos del IMDA.....	76
Tabla N° 29: Tráfico e IMDA Proyectado- Horizonte 20 años	76
Tabla N° 30: Resultados del ensayo de CBR.....	78
Tabla N° 31: Resultados del ensayo de CBR al 95%.....	78
Tabla N° 32: Resultados del ensayo Análisis granulométrico por tamizado	79
Tabla N° 33: Resultados del ensayo de Humedad Natural	79
Tabla N° 34: Resultados del ensayo Atterberg	79
Tabla N° 35: Resultados del ensayo de Proctor Modificado	80
Tabla N° 36: Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular	82
Tabla N° 37: Coordenadas de las canteras	84
Tabla N° 38: Tabla comparativa granulométrica	85
Tabla N° 39: Resultados de ensayos para agregado grueso según requerimiento	85
Tabla N° 40: Resultados de ensayos para agregado fino	86

Tabla N° 41: Características físico-químicas de la muestra.....	87
Tabla N° 42: Resultados del ensayo para agregados finos	88
Tabla N° 43: Resultados del ensayo de Valor Relativo, CBR	88
Tabla N° 44: Resultados de ensayos físico-químicos de la Cantera Capala.....	89
Tabla N° 45: Resultados del ensayo de CBR.....	92
Tabla N° 46: Constantes físicas de la muestra	94
Tabla N° 47: Número de ensayos CBR al 95% de la MDS sin estabilización	106
Tabla N° 48: Número de ensayos CBR al 95% de la MDS estabilizada	106
Tabla N° 49: Comparación entre base sin estabilizar y estabilizada con cloruro de calcio.....	107
Tabla N° 50: Comparación de espesores	114
Tabla N° 51: Dimensionamiento final de espesores	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Estructura típica de pavimentos asfálticas	11
Figura N° 2: Secciones de pavimento flexible para diferentes clases de sub-rasante.....	12
Figura N° 3: Secciones de pavimento flexible para diferentes clases de sub-rasante.....	12
Figura N° 4: Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo.....	13
Figura N° 5: Proceso de identificación del tipo de suelo	18
Figura N° 6: Proceso de selección del tipo de estabilización.....	19
Figura N° 7: Estructura teórica y científica que sustenta la investigación.....	46
Figura N° 8: Zona de estudio.	52
Figura N° 9: Desarrollo del planteamiento.	58
Figura N° 10: Procesos de análisis del tráfico vial.	59
Figura N° 11: Conteo de vehículos que transitan por la vía en estudio-Vehículos Pesados	60
Figura N° 12: Conteo de vehículos que transitan por la vía en estudio-Vehículos Ligeros	60
Figura N° 13: Procesos de análisis de la sub-rasante.....	61
Figura N° 14: Delimitación de franja marginal.....	62
Figura N° 15: Formación de la sub-rasante.....	62
Figura N° 16: Estratigrafía del suelo.....	63
Figura N° 17: Zona colindante del proyecto.	64
Figura N° 18: Vista panorámica del trazo.....	67
Figura N° 19: Vista de la exploración realizada en la C-1.....	67
Figura N° 20: Vista de la exploración realizada en la C-5.....	68
Figura N° 21: Desarrollo del planteamiento.	69
Figura N° 22: Desarrollo del planteamiento-Falla superficial	70
Figura N° 23: Desarrollo del planteamiento-Vía estabilizada.	71
Figura N° 24: Ubicación de las cuatro (04) calicatas por ETXCON.	77
Figura N° 25: Ensayo de CBR-Cantera Comagsa.....	82
Figura N° 26: Ensayo de CBR-Cantera Doris.....	83
Figura N° 27: Ensayo de CBR-Cantera Las Torres.	83
Figura N° 28: Ubicación de las cuatro (04) calicatas por ETXCON- en kmz.	84
Figura N° 29: Ensayo de granulometría.	90
Figura N° 30: Ensayo de Abrasión de Los Ángeles.....	90
Figura N° 31: Ensayo de Equivalentes de Arena.	91
Figura N° 32: Ensayo de caras fracturadas.	91
Figura N° 33: Ensayo de partículas chatas y alargadas.....	92
Figura N° 34: Ensayo de partículas chatas y alargadas.....	95
Figura N° 35: Vía de estudio – Ahuellamiento.....	96
Figura N° 36: vía de estudio-Detalle de ahuellamiento.	96
Figura N° 37: Vía de estudio- Detalle de ahuellamiento y vehículos pesados.	97
Figura N° 38: Vía de estudio – Vista de falla por corrugación o calaminado.	97
Figura N° 39: Vía de estudio- Detalle de falla por corrugación o calaminado.	98
Figura N° 40: Vía de estudio – Vista de falla por infiltración.	98
Figura N° 41: Vía de estudio- Detalle de falla por infiltración.....	99
Figura N° 42: Vía de estudio- Vista de falla por baches.....	99
Figura N° 43: Vía de estudio- Detalle de falla por baches.....	100
Figura N° 44: Vista de Cantera Comagsa.	100
Figura N° 45: Zaranda.....	101

Figura N° 46: Acumulación de agregado en la Cantera Comagsa.....	101
Figura N° 47: Acceso a la Cantera Comagsa	102
Figura N° 48: Pozos para humedecer material.....	102
Figura N° 49: Material fisurado	103
Figura N° 50: Vía de estudio-Base estabilizada.....	103
Figura N° 51: Vía de estudio- extracción de la muestra	104
Figura N° 52: Vía de estudio- extracción de la muestra alterada de la base	104
Figura N° 53: Vía de estudio- Consistencia de base	105
Figura N° 54: Vía de estudio- Acabado final.....	105
Figura N° 55: Ejecución del ensayo CBR por MNS Geotécnica E.I.R.L.	107
Figura N° 56: Ensayo Proctor Modificado por ORION LABORATORIOS E.I.R.L...	108
Figura N° 57: Ensayo Proctor Modificado por MNS Geotécnica E.I.R.L.....	108
Figura N° 58: Ejecución del ensayo Proctor Modificado por MNS Geotécnica E.I.R.L.	108
Figura N° 59: Dimensionamiento de espesores con base sin estabilizar.	112
Figura N° 60: Dimensionamiento de espesores con base estabilizada.	113
Figura N° 61: Dimensionamiento según ecuación AASHTO 93.....	114

RESUMEN

La presente tesis realiza el análisis y evaluación del desempeño del estabilizante químico denominado “cloruro del calcio” en la base granular de la vía metropolitana Malecón de Huaycoloro, mediante la aplicación de ensayos in situ y de laboratorio, así como también el cálculo del diseño por el método AASHTO 93; asimismo, hacemos énfasis en la necesidad que tiene esta vía no pavimentada, el uso de cloruro de calcio con el cual se alcanzaron los objetivos planteados y la propuesta de una solución factible para la transitabilidad de la zona.

La zona de estudio denominada “Malecón de Huaycoloro” era una vía inexistente, la cual fue creada a partir de los años 2000 en adelante gracias a la labor de la empresa Petramás S.A.C., esta empezó a ser constituida y mejorada continuamente durante aproximadamente las últimas dos décadas, afectada principalmente por las avenidas continuas del río Huaycoloro, por el clima húmedo y seco por temporadas, junto a una gran labor social de concientización continua para la mejora de centros poblados, así como también el desarrollo de empresas e industrias como es el ejemplo de la ciudad industrial Bryson Hills S.A.C., que al tener una vía directa significa un gran progreso. Otro problema que se presenta es el tráfico en la Av. Cajamarquilla, pues esta vía era la única salida que se tenía a toda la zona industrial.

Entonces, al haber definido la importancia social y económica en el planteamiento de nuestra problemática, se propuso como solución el mejoramiento de la vía a través del cloruro de calcio al ser económicamente más rentable y de mayor beneficio social. El uso del cloruro de calcio no tiene una guía de procedimiento estándar, por lo que la presente tesis solidifica las bases para obtención de mayor conocimiento en el uso, las propiedades, los beneficios y las desventajas existentes.

Palabras clave: Vía metropolitana, Cloruro de Calcio, Malecón Huaycoloro.

ABSTRACT

This thesis carries out the analysis and evaluation of the performance of the chemical stabilizer called “calcium chloride” in the granular base of the Malecon de Huaycoloro metropolitan highway, through the application of in situ and laboratory tests, as well as the calculation of the design by the AASHTO 93 method; Likewise, we emphasize the need of this unpaved road, the use of calcium chloride with which the stated objectives were achieved and the proposal of a feasible solution for the passability of the area.

The study area called “Malecón de Huaycoloro” was a non-existent route, which was created from the 2000s onwards thanks to the work of the company Petramás SAC, it began to be constituted and continuously improved during approximately the last two decades, mainly affected by the continuous avenues of the Huaycoloro river, by the wet and dry weather by seasons, together with a great social work of continuous awareness for the improvement of populated centers, as well as the development of companies and industries as is the example from the industrial city Bryson Hills SAC, which by having a direct route means great progress. Another problem that arises is the traffic on Av. Cajamarquilla, as this route was the only way out of the entire industrial zone.

Then, having defined the social and economic importance in the approach of our problem, the improvement of the route through calcium chloride was proposed as a solution, being economically more profitable and of greater social benefit. The use of calcium chloride does not have a standard procedure guide, so this thesis solidifies the basis for obtaining more knowledge on the use, properties, benefits and disadvantages.

Keywords: Metropolitan route, Chloride of Calcium, Malecon Huaycoloro

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como principal objetivo el identificar, plantear, analizar y evaluar a través del método AASHTO 93, diferentes ensayos de laboratorio, estudio de campo, etc. El mejoramiento de la vía Malecón Huaycoloro es la propuesta final respecto de lo socioeconómico en función a otras posibles soluciones como el pavimento asfáltico.

La importancia de estudiar este tema en particular, radica en aumentar el conocimiento del uso del cloruro de calcio, la respuesta a una posible solución para nuestra necesidad, esto potenciaría un mayor desarrollo productivo ya que es una vía en su mayor parte para tránsito pesado.

En el Capítulo I, se describe la realidad problemática, se determina el objetivo principal, así como los secundarios, la justificación, conveniencia, relevancia social, implicación práctica, limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico de la investigación realizada sobre la estabilización del suelo con cloruro de calcio, detallándose así otros métodos, proceso constructivo, el método de diseño y la formulación de la hipótesis general y las específicas que se utilizó.

En el Capítulo III se detalla el diseño de la investigación, tipo de investigación, la población y su muestra y técnicas de recolección de datos e instrumentos para el procesamiento y análisis de los datos.

En el Capítulo IV se describe el desarrollo de la investigación, los materiales investigados, ensayos in-situ y laboratorio realizados a las capas granulares; asimismo, se efectuó el estudio del tráfico vial.

En el Capítulo V se presentan los resultados obtenidos de los ensayos, diseño mediante el método AASHTO 93 que se planteó con información recabada del estudio de tráfico; asimismo, se realizó la contrastación de la hipótesis general y específica. Finalmente, presentamos las conclusiones a la cuales se llegó de la presente investigación y se anuncian las recomendaciones del caso.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad de la problemática

En la actualidad, en el Perú, emplear vías de comunicación constituyen uno de los factores más importantes para la movilización y la comunicación permanente lo que genera gran impacto en la vida diaria de la población y diversos sectores; es por tal motivo, que es imprescindible contar con nuevas tecnologías que permitan elevar la vida útil del pavimento, logrando mejorar sus propiedades y su desempeño frente a problemas que puedan suscitarse a corto plazo.

La zona de estudio se ubica en el Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro, posee un área donde en los márgenes de la franja marginal del río Huaycoloro, en las cuales se asientan poblaciones que se ven afectadas principalmente por el desprendimiento masivo del polvo, el cual es causa de enfermedades respiratorias, gastrointestinales, entre otras; así como por las intensas precipitaciones pluviales que suceden entre los meses de enero a marzo que incrementan el caudal del río Huaycoloro, generando desbordes que afectan su composición estratigráfica, ocasionando fenómenos naturales como inundaciones y deslizamientos, creando condiciones de emergencia y muchas veces pérdidas materiales y en algunos sectores del distrito hasta pérdidas humanas, éstas se consideran condiciones desfavorables para el óptimo desarrollo del área urbana, a ello se suma que es una zona húmeda con constantes neblinas. En tal sentido, las capas granulares se encuentran en estado vulnerable, por lo cual su estructura se debilita.

La empresa Petramás S.A.C., impulsa el mecanismo de desarrollo limpio, la reducción de accidentes y reduce las demoras a lugares de destino, su contribución de mejorar vías de acceso genera un impacto positivo en la calidad de vida de los pobladores, pues llegarían en menor tiempo a sus hogares. Cada año Petramás nivela cientos de metros de calles y avenidas principales para un fácil acceso de los pobladores hacia estas zonas; es por ello, que esta empresa, en función a las características de la zona y lo importante que es socioeconómicamente para la población, industrias aledañas y para sí mismo, efectuó estudios de campo de las características que posee el suelo; en tal sentido, propone la mejora de la base granular mediante el uso del estabilizante químico “cloruro de calcio”, el cual elevará la capacidad portante, logrando incrementar su CBR; sin embargo, se debe

considerar que en el Perú el uso de estabilizantes químicos en áreas urbanas es limitado frente a los tratamientos tradicionales como son el compactado mecánico o la sustitución del material de baja calidad por un material que proporcione mayor CBR y mejores características al suelo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

¿De qué manera el estabilizante puede mejorar el suelo del Malecón Huaycoloro, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima a fin optimizar su desempeño?

1.2.2 Problemas secundarios

- a) ¿Cuáles son las características que posee la base granular del Malecón Huaycoloro, ubicada en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. que definirán su estabilización?
- b) ¿Cómo mejora la base granular del Malecón Huaycoloro, ubicada en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. habiéndola estabilizado con cloruro de calcio?
- c) ¿Cómo se determinarán los espesores de las capas estructurales del pavimento que se ubicarán en el Malecón Huaycoloro según las características que posean las capas granulares?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo principal

Mejorar las características del suelo del Malecón Huaycoloro a fin de optimizar el desempeño del pavimento, ubicado en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima, mediante el empleo del estabilizante químico cloruro de calcio.

1.3.2 Objetivos secundarios

- a) Definir las características de las capas granulares del Malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar la relación de soporte California - CBR que posee el suelo natural a través de ensayos realizadas in situ y en laboratorio.

- b) Evaluar y comparar las características que poseen la base sin estabilizar y la base estabilizada con cloruro de calcio del malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar su comportamiento en función al estudio de tráfico a través de estadísticas.
- c) Diseñar los espesores de las capas del pavimento del malecón Huaycoloro según la característica que poseen las capas granulares a través del Método AASHTO 93.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Conveniencia

En el Perú, debido a la falta de mantenimiento de las superficies de rodadura, la estructura tiende a deteriorarse con facilidad, generando que se produzcan diversas fallas como el levantamiento del polvo, el cual perjudica a la población y su desplazamiento; por tal motivo, la realización del proyecto beneficiará a los alrededores a la zona de investigación, impulsando el desarrollo a su sector, permitiendo la movilización peatonal y vehicular con mayor confort; asimismo, generará trabajo y crecimiento de las industrias, zonas comerciales, entre otras.

A través del empleo del estabilizante químico denominado “cloruro de calcio” se analizará la mejora de las propiedades intrínsecas de las capas granulares, el cual según las condiciones propias del lugar se prolongará su vida útil.

1.4.2 Relevancia social

El incremento de la demanda vehicular, derivado del crecimiento poblacional y de los avances tecnológicos han impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, con lo cual, la construcción y operación de un camino alteran en mayor o menor medida las condiciones prevalecientes.

Se ha identificado que la vía del trayecto de los vehículos a Bryson Hills S.A.C. tiene una alta densidad de carga pesada, así como otros factores que continuación se detallan:

a) Justificación medioambiental

La capacidad que posee el suelo de soportar las variaciones por fenómenos naturales (cambios estacionales); asimismo, el polvo que se desprende permanentemente produce problemas respiratorios a la población aledaña a la zona de estudio.

b) Justificación socioeconómica

Durante las visitas realizadas e información proporcionada por Petramás S.A.C. se identificó que la población y su entorno afrontan los siguientes problemas socioeconómicos:

- Desempleo y subempleo.
- Ausencia de una política sectorial para los pequeños negocios.
- Deficiencias en infraestructura y equipamiento en salud
- Deficiencia en la Educación y la Cultura.
- Falta de políticas en Seguridad Ciudadana.
- Problemas de Pandillajes, drogadicción y alcoholismo.
- Problema del medio ambiente y ecología.
- Desarrollo de proyecto de impacto socio económico.
- Falta de integridad territorial.

El crecimiento desordenado de la zona ha afectado las áreas verdes y las vías públicas, lo que ha dado lugar a las autoconstrucciones y en algunas zonas la falta de saneamiento físico-legal; asimismo, se evidencia insuficiencia de infraestructura vial, también existe una deficiencia alarmante en el servicio de saneamiento básico (agua y desagüe) y en el recojo de la basura por parte del municipio.

c) Justificación técnica

El empleo del estabilizante químico “cloruro de calcio”, mejorará requerimientos que posee el suelo tales como la deformabilidad, entre otros que posee a consecuencia de sus características y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan en él; asimismo, se conoce que es supresor de polvo.

1.5 Limitaciones de la investigación

- a) El acceso de la zona de estudio se encuentra en una zona aislada y lejana de la urbanización.
- b) Escasez bibliográfica sobre estudios realizados en Lima Metropolitana.
- c) Socialmente, un porcentaje de la población no está a favor de la ejecución del proyecto.

1.6 Viabilidad

La presente tesis consolida características del suelo en cumplimiento de los objetivos; asimismo, reúne información de antecedentes de investigaciones técnico-científicas sobre el desarrollo y ejecución de proyectos en los cuales se estabilizó la base con cloruro de calcio.

Su realización no requiere el empleo exhaustivo de recursos financieros al ser de tipo descriptivo-explicativo y a su vez correlacional; se realizarán ensayos con la finalidad de confirmar la mejora de las capas granulares.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Mediante las investigaciones previas realizadas en relación al estabilizante químico “cloruro de calcio”, se estimará el comportamiento que tendrá el suelo. A continuación, se describen los estudios realizados en función al estabilizante en mención:

2.1.1 En el ámbito Internacional

Gavilanes, E. (2015), en su tesis define que las técnicas de estabilización de suelos han experimentado un gran desarrollo en el mundo durante los últimos años en Europa, es la técnica más empleada para el mejoramiento de suelos, esto se ha debido a varios factores tales como la necesidad de reutilización de los materiales del pavimento, por motivos de elevación de la capacidad de resistencia ante los tráficos que cada vez son mayores y al desarrollo del equipo y maquinaria disponibles para la ejecución de obras civiles, lo que implica que la utilización de técnicas de estabilización y mejoramiento de suelos en obras civiles como pavimentos sean apropiadas para el tratamiento de suelo de subrasante mediante el uso de algún estabilizante que pueda transformar químicamente el material inestable en utilizables; por ello, es importante realizar los estudios necesarios que permitan la correcta elección del estabilizante adecuado pues de ello dependerá la obtención de los resultados esperados. (Pág. 01)

Instituto Mexicano de Transporte (2002), en la investigación realizada y publicada manifestó que el cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, aunque también se puede obtener de algunos arroyos y pozos naturales siendo la fuente más común el obtenido en la elaboración de carbonato de sodio mediante procedimientos químicos. Se ha demostrado que con la adición de cloruro de calcio disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas, pero hay autores que inclusive aseguran que la película de agua que rodea a las partículas se ve eléctricamente reforzada con la adición del cloruro de calcio, a tal grado que se incrementa notablemente la cohesión aparente. Se ha encontrado un incremento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo

de suelo; sin embargo, existen datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga el cloruro de calcio, así también se tiene que el cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo, pero desafortunadamente esta sal es muy fácilmente lavable. Se reduce la evaporación y es capaz de absorber hasta diez (10) veces su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente, pudiéndose mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco, lo que hace de esta sal un producto muy eficaz cuando se trata de evitar la formación de polvo. (Pág. 11)

Orobio A.; Portocarrero, L. y Serna, L. (2007), en función a la investigación realizada señalan que el polvo que generan los vehículos al circular por vías en afirmado produce impactos negativos a las poblaciones cercanas, estas vías se deterioran con facilidad y requieren de periódicas intervenciones para mantenerlas en condiciones aceptables. El proyecto que realizaron tuvo como propósito evaluar la efectividad del cloruro de calcio como agente estabilizador de afirmados para carretera, el estudio se centró en el sector agroindustrial colombiano. Se construyó un tramo de prueba y un tramo control, el primero estabilizado con cloruro de calcio y el segundo sin estabilizar, a los cuales se les realizó un seguimiento durante seis (06) meses, con mediciones de las emisiones de polvo producido por un tren cañero al circular; en tal sentido, se compararon los resultados de ambos tramos encontrando una alta eficiencia como mitigador de la emisión de polvo en vías en afirmado. (Pág. 32)

Salamanca, M. y Zuluaga, S. (2014), en su tesis publicada, indican que el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo (Mr), tránsito total (W18) de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales. (Pág. 20)

2.1.2 En el ámbito Nacional

Ponce, D. (2018), planteó en su tesis que el empleo del cloruro de calcio no influye significativamente en la estabilización de suelos arcillosos por el bajo nivel de incremento de CBR obtenido en los ensayos de laboratorio; sin embargo, en

suelos granulares, se observa que el uso del cloruro de calcio si influye en la estabilización de suelos, habiéndose incrementado el CBR de 22.89% a 43.01%; es decir, se visualiza un mejor comportamiento en suelos granulares; en suelos orgánicos, se verifica que el uso del cloruro de calcio no influye significativamente en la estabilización de suelos, ya que no hay una variación significativa de los CBR, pasando de 6.12% a 6.11%, se redujo su capacidad en 0.01%.

El estabilizante químico posee una presión de vapor más baja que el agua pura, por lo que sus moléculas, en la solución se evaporan más lentamente que las moléculas del agua pura, esto debido a estas propiedades usaron el cloruro como paliativo del polvo. La humedad que imparte la adición de cloruro a la superficie de un camino de tierra mantiene los áridos más estables que en uno sin tratar. Al perderse menos áridos se realiza una economía importante en la conservación de los caminos. La propiedad del cloruro cálcico de retener el agua de la solución es beneficiosa durante el proceso de compactación. Al evaporarse el agua con más dificultad, se requieren menos pasadas con el tanque regador para mantener la humedad cercana a la óptima para el esfuerzo de compactación usado. Esto es beneficioso en regiones áridas, donde escasea el agua.

Una solución de la sal cloruro cálcico se congela a una temperatura menor que el agua pura. La temperatura de congelación de la solución depende de la concentración de la sal; por consiguiente, los suelos tratados con cloruro cálcico sufren menos los efectos del hielo y deshielo, debido a que están helados por un tiempo total menor. Los suelos tratados con cloruro de calcio experimentan una densificación o encalque, debido exclusivamente al cloruro.

A esta densificación se la identifica como el “curado” porque tiene lugar después de la compactación. El aumento de densidad durante el curado parece estar relacionado con la disminución del espesor de las partículas de agua que rodean las partículas del suelo debido a la pérdida de la humedad de la capa estabilizada. La pérdida de humedad durante el curado favorece también la concentración de la solución de cloruro, aumentando la tensión superficial de la concentración, lo que también puede contribuir al incremento en la densidad durante el periodo de curado que contribuye según esta investigación con un 90% en la estabilidad de los suelos tratados con cloruro. (Pág. 123)

Bonifacio W. y Sánchez, J. (2015), en su tesis señalan que el agregado pétreo proveniente de las canteras son materiales GP, con índice de plasticidad elevada y por ende es factible la estabilización ya que para materiales granulares son aplicables.

Gutiérrez, C. (2010), en su tesis, menciona que cumple con las expectativas de economía y duración en zonas de la costa peruana; es decir, mejora los suelos pues ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo - deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil. En los terrenos arcillosos, particularmente en climas áridos o semiáridos, es altamente probable encontrar problemas relacionados con las inestabilidades volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua; asimismo, resalta que en el caso de las carreteras estabilizadas con cal; se ha encontrado un incremento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de suelo; sin embargo, existen datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga cal. El cloruro de calcio mantiene la humedad y trata de evitar la formación de polvo, lo cual es aceptable para carreteras con tránsito muy ligero. (Pág. 07)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Paquete estructural

Ministerio de Transporte y Carreteras- Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimento. (2014) lo define como una estructura de varias capas construida sobre la sub-rasante de la vía, la cual resiste y distribuye esfuerzos originados por los vehículos; además, mejora las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (Pág. 21)

En la Figura N° 1 se visualizan las diferentes capas que posee un paquete estructural convencional el cual consta de una carpeta de rodadura, base y sub-base.

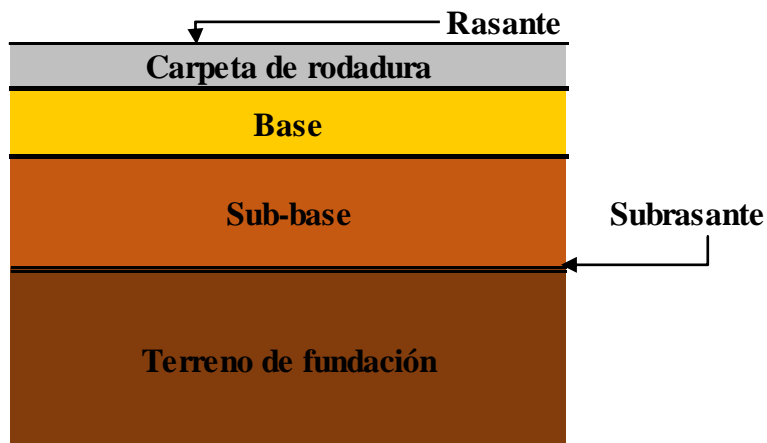


Figura N° 1: Estructura típica de pavimentos asfálticos

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimento”.

Sin embargo, Valle R. (1963) menciona “no siempre el paquete estructural se compone de las capas mencionadas debido a que depende de la capacidad de soporte, clase material a usarse, intensidad de tránsito, entre otros” (Pág. 120); en tal sentido, en las Figuras N° 2 y 3 se presentan los diferentes tipos de secciones:

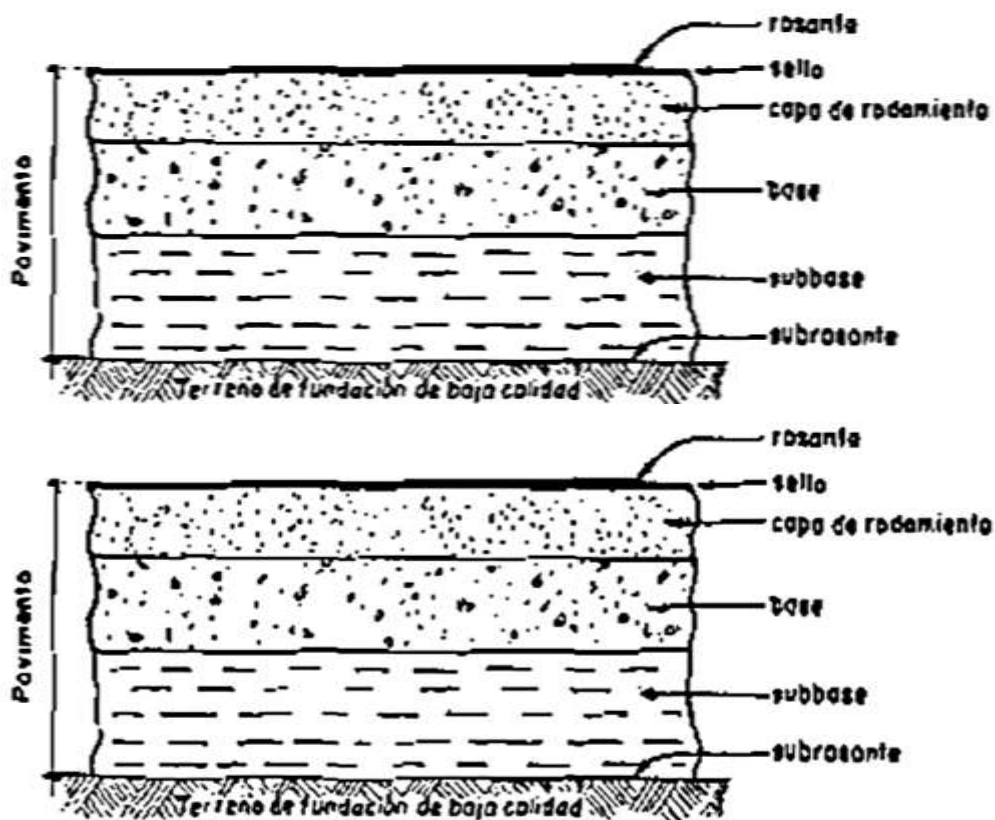


Figura N° 2: Secciones de pavimento flexible para diferentes clases de sub-rasante.

Fuente: Libro "Carreteras, Calles y Aeropistas" de Raúl Valle Rodas (Continúa).

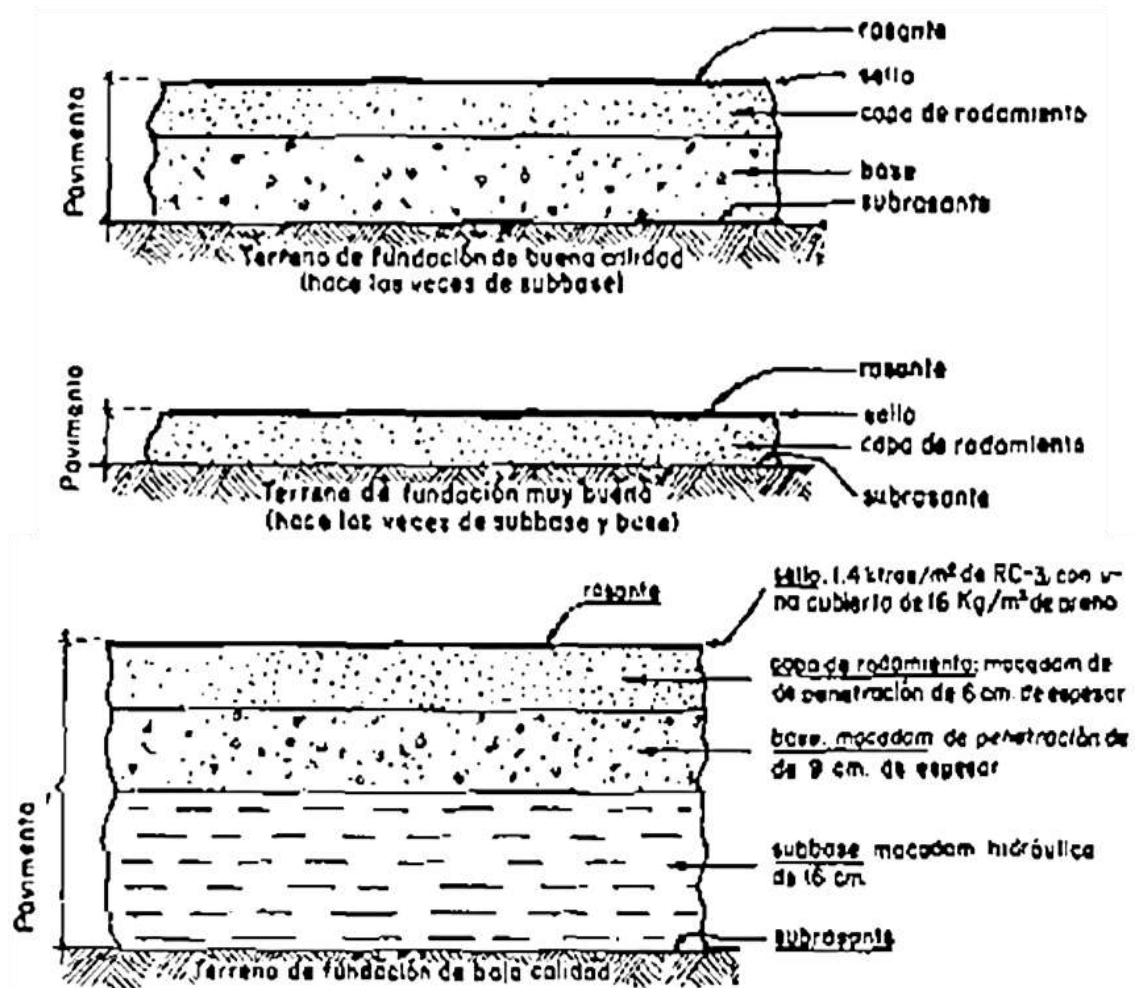


Figura N° 3: Secciones de pavimento flexible para diferentes clases de sub-rasante.

Fuente: Libro "Carreteras, Calles y Aeropistas" de Raúl Valle Rodas.

En relación al deterioro, un pavimento, a lo largo del tiempo se encuentra sometido a diversas cargas y esfuerzos que actúan sobre él, tales como la carga vehicular, la presencia de agua, falta de mantenimiento, influencia del clima, entre otros. Estos factores poseen una acción permanente que afectan su estructura considerablemente, generando que la vía se convierta en intransitable en corto, mediano o largo plazo dependiendo de su magnitud; implica que es imprescindible el estudio de la respuesta funcional de un tramo o sección de la vía. (Ver Figura N° 4).



Figura N° 4: Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo.

Fuente: Schliessler B. (1994) - Caminos: un nuevo enfoque para la gestión de redes viales.

El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro (04) fases, las cuales a continuación se precisan:

- Fase A: Construcción

Al culminar el proceso constructivo de una vía, el pavimento se encuentra en óptimas condiciones, las cuales satisfacen las necesidades de los usuarios. (Ver en el punto A de la Figura N° 4)

- Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante el trascurso de los meses y años, el pavimento sufre por un proceso de debilitamiento lento y posteriormente un desgaste, la cual será visible en la superficie de rodadura en su estructura en menos grado. (Ver en el punto B de la Figura N° 4)

Se genera debido a la cantidad y carga de vehículos livianos y pesados en él, entre otros; sin embargo, en esta fase se mantiene un significativo buen estado, permitiendo que los usuarios no puedan visibilizar el aumento gradual de las fallas que posee la estructura, aún poseen confort al transcurrir por la vía.

Para reducir el riesgo de deterioro prematuro de la estructura, es necesario el empleo de medidas de conservación además de realizar operaciones de mantenimiento rutinario.

- Fase C: Deterioro acelerado y quiebre

Debido a que la composición estructural del pavimento y diferentes componentes del mismo se encuentran cada vez más “agotados”, la vía entra en una fase de deterioro acelerado, generando que no sea resistente al tránsito (Ver en el punto C de la Figura N° 4). Se comprende entre el periodo de dos (02) a cinco (05) años. La estructura cada vez posee, visiblemente, mayores daños, lo que significa que son fallas graves.

La afectación comienza localizándose en un área específica, luego se ve generalizada en gran parte de la vía, el deterioro es acelerado. La solución más óptima para esta fase es el reforzamiento de la estructura (Ver el sector C1 de la Figura N° 4) con la finalidad de prevenir el deterioro acelerado de la vía, conservar intacta su estructura, asegurar la capacidad de resistencia del camino frente a la carga vehicular, entre otros.

- Fase D: Descomposición total

Se puede apreciar, Según Schliessler B. (1994), la pérdida masiva de elementos de la carpeta de rodadura, lo que conlleva que la vía sea un camino de grava y a la larga sea un afirmado (Ver en el punto D de la Figura N° 4). Es la última fase de su existencia, la cual produce dificultad en la circulación de los vehículos, el confort se ve afectado y los costos de operación se elevan considerablemente, lo que genera el aumento de accidentes; asimismo, implica la necesidad de reconstrucción de la vía. (Pág. 32).

2.2.1.1 Capas granulares

a) Conformación

- Capa granular Sub-rasante

MTC (2014) señala que es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre el cual se coloca el pavimento o afirmado. Está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de

los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30 m de suelo debajo del nivel superior de la Sub-rasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor Modificado. (Pág. 20)

Es necesario determinar las características de soporte de carga de los suelos de sub-rasante como a continuación se clasifican:

- Excelente a muy bueno: Los suelos de sub-rasante “Excelente” no se ven afectados por la humedad o por el congelamiento, incluyen arenas o gravas limpias angulosas, particularmente aquellas que son bien graduadas, y como propiedad típica se considera el $\text{CBR} \geq 20\%$. Los suelos de sub-rasante “Buenos”, retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando están húmedos, incluye las arenas limpias, arenas con gravas y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos, como propiedad típica se considera el $6 < \text{CBR} < 20\%$.
- Regular: Son moderadamente estables bajo condiciones adversas de humedad, incluye a suelos como arenas eólicas, arenas limosas y arenas gravosas que contienen cantidades moderadas de arcillas y limos, y como propiedad típica se considera el $3\% < \text{CBR} < 6\%$.
- Pobre: Suelos blandos y plásticos cuando están húmedos, incluyen suelos con cantidades apreciables de arcillas y limos. Los limos gruesos y arenas eólicas arenosas también pueden mostrar pobres capacidades portantes en áreas donde la penetración por helada dentro de la sub-rasante es un factor y como propiedad típica se considera el $\text{CBR} \leq 3\%$.

Para determinar las características de los materiales se llevarán a cabo estudios mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas según tipo de carretera. A través de la Tabla N° 1 se determina la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios u otros, con las calicatas realizadas las cuales deben ser más profundas, delimitando los sectores con sub-rasante pobre o inadecuada para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la sub-rasante.

Tabla N° 1: Número de calicatas de exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas
Autopistas: Carreteras de IMDA mayor 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	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.
Carreteras Duales o Multicarril de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	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 4 calicatas x km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	4 calicatas x km.
Carreteras de Segunda Clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	3 calicatas x km.
Carreteras de Tercera Clase: Carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	2 calicatas x km.
Carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de sub-rasante del proyecto.	1 calicata x km.

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales.

- Capa granular Sub-base

Valle, R. (1963) lo define como un material con un espesor de diseño que soporta a la base y a la carpeta de rodadura el cual debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que la sub-rasante; el material de la sub-base puede ser: arena, grava, residuos de material de cantera, entre otros. Además, dentro de sus funciones se determinaron las siguientes:

- 1) Función económica: En efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la sub-rasante sea igual o menor que su propia resistencia puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y

colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad, la cual es frecuentemente la más barata.

- 2) Capa de transición: La sub-base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la sub-rasante y también actúa como filtro de la base, impidiendo que los finos de la sub-rasante la contaminen y menoscaben su calidad.
- 3) Disminución de las deformaciones: Algunos cambios volumétricos de la capa sub-rasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones o contracciones) o a cambios extremos de temperatura (bajas temperatura, friaje y heladas), pueden absorberse con la capa sub-base e impedir que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- 4) Resistencia: Debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores.
- 5) Drenaje: En muchos casos debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar (Pág. 123).

- Capa granular Base

Valle R. (1963) menciona “Es la capa inferior a la capa de rodadura que será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento” (Pág. 50); asimismo, MTC, (2014), es la capa que tiene por finalidad el absorber los esfuerzos transmitidos de los vehículos y de repartir uniformemente los esfuerzos a la sub-base. (Pág. 25)

Dentro de los requisitos que debe presentar se mencionan los siguientes:

- Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.

Además, dentro de sus funciones se determinaron las siguientes:

- Resistencia: Proporciona un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito, en una intensidad apropiada.

- Función económica: Respecto a la carpeta asfáltica, tiene una función económica análoga a la que tiene a la sub-base respecto a la base.
- Carpeta: Valle, R. (1963), Proporciona una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente, resistir los efectos abrasivos del tránsito e impedir el paso del agua al interior del pavimento; su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento. (Pág. 123).

Cuando la base no posee condiciones óptimas trabajables; es decir, no posea una capacidad portante necesaria, se estabiliza la capa con la finalidad de obtener un material de calidad, la cual se denomina “base tratada” que genera mejoras en las propiedades físicas del suelo debido a los procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos naturales o sintéticos.

Para la construcción de la base con o sin estabilizantes se empleará la Figura N° 5, como síntesis de las acciones a realizar en función a los materiales granulares provenientes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, también provienen de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias. A continuación, se identifica criterios geotécnicos para establecer los tipos de suelo:

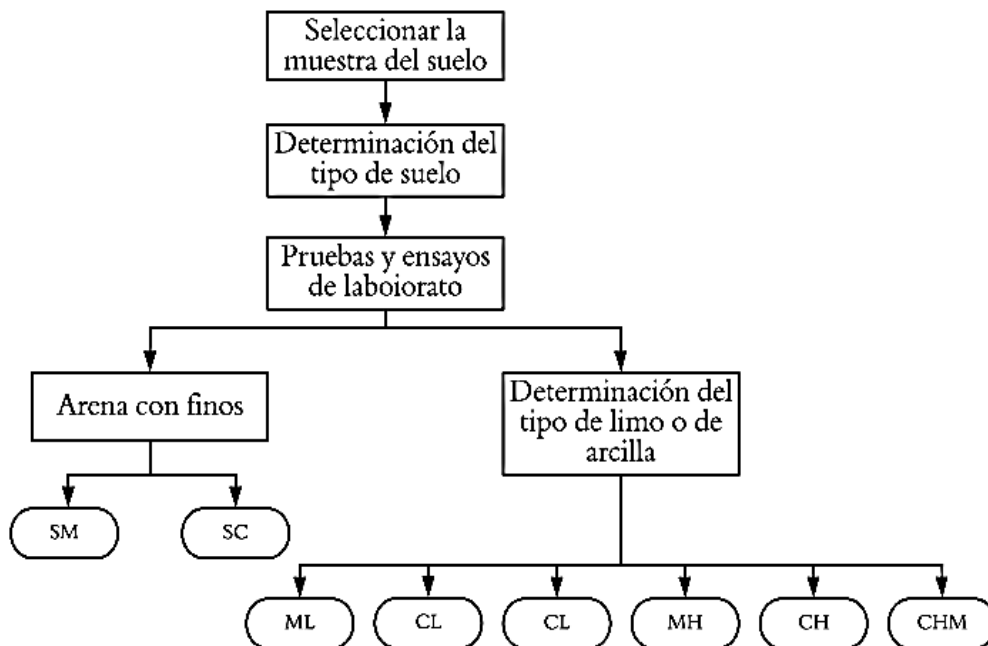


Figura N° 5: Proceso de identificación del tipo de suelo

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimento”.

Asimismo, se consideran factores para la selección del método más conveniente de estabilización que son el tipo de suelo a estabilizar, el uso propuesto del suelo estabilizado, el tipo de aditivo estabilizador de suelos, la experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará, la disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador, la disponibilidad del equipo adecuado y la comparación de costos; es por ello, que el sector Transportes sintetiza en la Figura N° 6 un procedimiento mediante el cual se puede determinar el tipo de estabilizante de suelos apropiado.

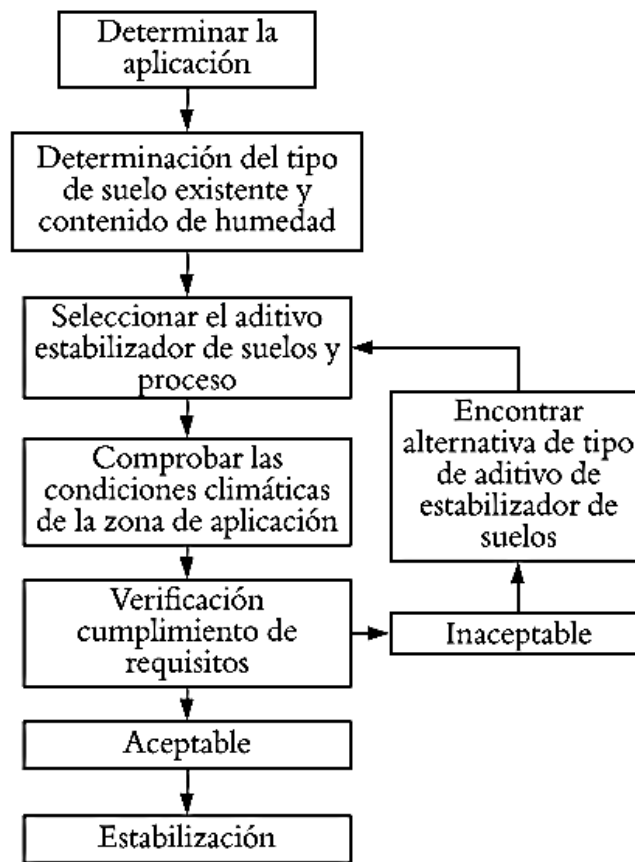


Figura N° 6: Proceso de selección del tipo de estabilización

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimento”.

También se muestra la selección del tipo de estabilizador, la cual se visualiza en la Tabla N° 2 que comprende la Guía complementaria para la selección estabilizador en función al tipo de suelo que posee; asimismo, precisa la dosificación que tiene y el tiempo de apertura de tráfico.

Tabla N° 2: Guía complementaria para la selección del tipo de estabilizador

Tipo de estab.	Normas Técnicas	Suelo	Dosif.	Cuadro (Apertura de tráfico)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL < 40% IP ≤ 18% CMO < 1.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A-3 Pasante malla N° 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois.
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 ASTM M216 AASHTO C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO < 3.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla
Cloruro de calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	-
Cloruro de sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E1109	A-2-6, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	7 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba.
Cloruro de magnesio	MTC E1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba.
Aceites sulfatados	-	Aplicable en suelos con partículas frías limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO < 1.0% Abrasión < 50%	-	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	-

Fuente: Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción".

“El grado de estabilización depende del tipo de suelo que posee y en especial de la ejecución. La técnica de estabilización de suelos se aplicará utilizando materiales granulares locales y el material estabilizador”, Ministerio de Transporte y Carreteras- Manual de Especificaciones técnicas generales para construcción (2013). A continuación, se presentan los métodos de estabilización:

- Estabilización mecánica

Márquez, S. (2005), en su investigación señala que consiste en ganar capacidad portante en el material recurriendo a ciertas modificaciones en él sin necesidad de incorporar agentes externos que modifiquen sus orígenes o su naturaleza, pero la capacidad portante significa conferir al suelo la capacidad de resistir las cargas exteriores que se aplican sin que se produzcan fallas como rotura o deformaciones excesivas. (Pág. 44)

Busca el mejoramiento del material del suelo existente sin cambiar la estructura y composición básica del mismo, se emplea la compactación, la cual reduce el volumen de vacíos presentes.

- Estabilización por combinación de suelos

Se considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo.

- Estabilización por sustitución de los suelos

Está prevista la construcción de la sub-rasante mejorada solamente con material adicionado. Puede presentarse como dos (02) situaciones, que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o sea excavado previamente y reemplazarlo por material de adición.

- Estabilización Química

MTC (2014), Es la modificación de las propiedades que posee un suelo, se logra mediante la adición componentes orgánicos, inorgánicos o sustancias químicas especiales, la cual se basa en la aplicación de un producto químico, denominado “estabilizador químico” que se mezcla con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto. Esta transfiere al suelo

tratado, algunas propiedades que mejoran su comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio. (Pág. 98).

Puede ser considerado en función a los siguientes tipos de estabilización química:

a) Suelos estabilizados con cemento portland

Consiste en la construcción de una o más capas de suelo estabilizado con cemento Portland, de acuerdo a las especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el proyecto.

b) Suelos estabilizados con cal hidratada

Consiste en la construcción de una o más capas de suelo estabilizado con cal, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el proyecto.

c) Suelos estabilizados con sales

MTC (2013), Consiste en la construcción de una o más capas de suelo estabilizado con sales entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Suelos estabilizados con cloruro de sodio: Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- Suelos estabilizados con cloruro de magnesio: Reduce el deterioro superficial de las carpetas granulares de rodado, como también controla la emisión de polvo.
- Suelos estabilizados con cloruro de calcio: Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo. (Pág. 233)

A continuación, se realiza un mayor detalle del estabilizante químico “cloruro de calcio”:

Según MT (2013), el cloruro de calcio se produce por la reacción entre la caliza (carbonato de calcio) y ácido clorhídrico. Es higroscópico, delicuescente y no inflamable. El cloruro de calcio que se usa para construcción de carreteras, debe satisfacer los requerimientos establecidos en las especificaciones ASTM D 98; asimismo, señala en el mismo que el contenido de cloruro de calcio en la mezcla, generalmente varía entre 1% a 3% en peso del suelo seco a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de cloruro de

calcio se definirá en función a las características propias de los materiales y a los ensayos de CBR, realizado mediante la norma ASTM D 1883 y en función a los resultados que se obtengan del tramo de prueba.(Pág. 299).

Mateos de V. (1998), manifiesta que el cloruro de calcio puede disolverse con absorber humedad de la atmósfera así como la humedad relativa del aire está por encima de algunos valores (Pág. 46); asimismo, MTC (2013), señalan que según sus propiedades físicas se deberá considerar lo siguiente:

- Retiene el agua de la solución por lo cual se hace beneficioso durante el proceso de compactación.
- Disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas.
- Una solución de cloruro tiene una presión de vapor más baja que el agua pura, por lo que las moléculas de agua en la solución se evaporan más lentamente que las moléculas del agua pura.
- Es usado como producto para el tratamiento antideslizante en invierno.

Se deben satisfacer los siguientes requisitos mínimos La mezcla suelo-cloruro de calcio debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

- La humedad de la mezcla debe ser la humedad óptima de compactación con una tolerancia de $\pm 1,5\%$.
- El contenido de cloruro de calcio de la mezcla no debe variar en más de $\pm 0,5\%$, establecida en el proyecto.
- En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia sólo se podrá emplear el material previa verificación en laboratorio de la no pérdida de sus propiedades.
- Se deberán ejecutar a modo de verificar el diseño del proyecto, ensayos CBR MTC (2013), (Pág. 302).

Tabla N° 3: Ensayos de estabilización con cloruro de calcio

Material o producto	Propiedad y características	Método de ensayo	Frecuencia (m3)	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado con cloruro de calcio	Granulometría	MTC E107	750	Pista
	Índice plástico	MTC E111	750	Pista
	Relación Humedad - Densidad	MTC E1102	750	Pista
	CBR	MTC E132	750	Pista
	Compactación	MTC E117 MTC E124	Cada 250	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E207	2000	Pista
	PH	NTP 339.176 2002	2000	Pista
Cloruro de calcio	Densidad de concentración de cloruro de calcio PH color aspecto	ASTM E448	230	Acopio

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para construcción del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La Tabla N° 3 detalla los ensayos a realizarse cuando se emplea el estabilizante químico cloruro de calcio dependiendo del lugar de muestreo; asimismo, al suelo.

Las estabilizaciones con cloruro de calcio no se podrán llevar a cabo cuando se produzca lo siguiente durante la ejecución:

- Cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea menor o igual a 6°C.
- Durante precipitaciones pluviales.
- Cuando el medio ambiente tenga una humedad relativa mayor de 30%.
- Cuando el nivel freático se encuentre a distancias que no faciliten la migración del cloruro de calcio.
- Cuando los minerales contenidos en el pasante de la malla N° 200 reaccionen desfavorablemente con el cloruro de calcio.

Para la calidad de los materiales se describe lo siguiente:

- Calidad del Cloruro de Calcio: Se efectuarán ensayos de control que permitan verificar la calidad del cloruro de calcio, debiendo ser, por lo menos a la llegada a obra de un lote y después, cada 50 bolsas o 2000 kg. De un apilamiento.
- Calidad del agua: Siempre que se considere necesario, verificar el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

- Calidad de los suelos: De cada procedencia de los suelos de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras.

En relación a los efectos beneficiosos de emplear el cloruro de calcio se indica lo siguiente:

- Vías con presentación similar al asfalto.
- Eliminación de contaminación ambiental.
- Estándares de humedad equilibrados durante el proceso de compactación.
- Durante el “curado”, aumenta la densidad.
- Seguridad de carga de transportes de carga y pasajeros. Incremento de capacidad de soporte del suelo (CBR) en el tiempo.
- Se reduce la cantidad de polvo a consecuencia de tránsito y retenidos de los agregados en la carretera debido a que mantiene la superficie del pavimento húmedo.
- Reducción del mantenimiento de las vías. MTC (2013), (Pág. 297).

La dosificación es de 1% - 3% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca.

Para el proceso de aplicación considera que la capa inferior a la que se va a estabilizar, deberá estar totalmente terminada, el mezclado puede realizarse en una planta adecuada o en campo, obteniéndose mejores resultados en el primer caso, la cual puede agregarse en forma de lechada, a granel o en sacada. Si se agrega en forma de lechada, ésta se disuelve en el agua de compactación, la que se incrementa en un 5%. Cuando se efectúa el mezclado en el campo, el material que se va a mejorar deberá estar disgregado y acamellonado, se abre una parte y se le agrega el estabilizador distribuyéndolo en el suelo para después hacer un mezclado en seco, se recomienda agregar una ligera cantidad de agua para evitar los polvos. Después de esto se agrega el agua necesaria y se tiende la mezcla debiendo darle un curado de hasta 48 horas de acuerdo con el tipo de arcilla de que se trate; además, se tiende la mezcla y se compacta a lo que marca el proyecto para después aplicarle un curado final, el cual consiste en mantener la superficie húmeda por medio de un ligero rocío. Se recomienda no estabilizar cuando amenace lluvia o cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 ° C, además se recomienda que la superficie

mejorada se abra al tránsito vehicular en un tiempo de 24 a 48 horas. MTC (2013), (Pág. 233)

Las propiedades que poseerá una base estabilizada serán las siguientes:

- Estabilidad volumétrica

Los problemas relacionados con los suelos expansivos por cambio de humedad, relacionado con variaciones estacionales o con la actividad del ingeniero. La estabilización suele ofrecer una alternativa de tratamiento para estos suelos, diferente del uso de cargas, capas permeables, introducción de agua, etc., que forman la gama de líneas de acción más usual y que han sido comentadas en otras partes de este libro. Se trata de transformar la masa de arcilla expansiva bien sea en una masa rígida o en una granulada, con sus partículas unidas por lazos suficientemente fuertes como para resistir las presiones internas de expansión. Esto se logra por tratamientos químicos o térmicos, la experiencia muy orientada por factores económicos, ha demostrado que los tratamientos químicos son útiles sobre todo para arcillas ubicadas cerca de la superficie del terreno, en tanto que los tratamientos térmicos se han aplicado más bien en arcillas más profundas.

- Resistencia

Existen varios métodos de estabilización que se ha revelado útiles para mejorar la resistencia de muchos suelos. La compactación es de hecho una forma de estabilización mecánica a la que se recurre para incrementar la resistencia de los suelos, como uno de sus objetivos más comunes; sin embargo, el empleo de mayores intensidades de compactación no siempre conduce a valores más altos de resistencia, muy especialmente si se considera la necesidad de mantener dicho parámetro en valores razonables durante tiempo largos.

- Permeabilidad

La permeabilidad depende de varios factores: viscosidad del fluido, distribución del tamaño de los poros, distribución granulométrica, relación de vacíos, rugosidad de las partículas minerales y grado de saturación del suelo. En los suelos arcillosos, la estructura juega un papel importante en la permeabilidad (Bradaja M., 2007).

- Durabilidad

La durabilidad suele involucrar aquellos factores que se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías terrestres suelen estar muy asociados a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento. En rigor, estos problemas pueden afectar tanto a los suelos naturales como a los estabilizados, si bien en estos últimos los peores comportamientos suelen ser consecuencias de diseños inadecuados, tales como una mala elección del agente estabilizador o un serio error en su uso, tal como podría ser el caso cuando se ignora la bien conocida susceptibilidad de los suelos arcillosos estabilizados con cemento a la presencia de sulfatos. Rico A. (2003) (Pág. 76).

2.2.1.2 Ensayos realizados a las capas granulares

Brinda las indicaciones técnico-legales de los ensayos a realizar para el correcto funcionamiento de las capas granulares de un pavimento y determine las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras y según las Especificaciones Técnicas Generales; en tal sentido, se describen a continuación:

a) Ensayos Estándar

- Material de Sub-rasante y Base granular
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107

Determina los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la como por ejemplo de la Tabla N° 4 y la serie empleada en el ensayo hasta la malla N° 200.

Tabla N° 4: Tamices de malla para el Análisis Granulométrico por Tamizado

Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	75	N° 4	4.76
2"	50.8	N° 10	2
1 1/2"	38.1	N° 20	0.84
1"	25.4	N° 40	0.425
3/4"	19	N° 60	0.26
3/8"	9.5	N° 140	0.106
		N° 200	0.075

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales.

- Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202

Describir el procedimiento para determinar, por lavado con agua, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) en un agregado. Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 µm (Nº 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua. Los resultados de este ensayo son incluidos en el cálculo del ensayo MTC E204 y la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75 µm (Nº 200) además del obtenido por tamizado en seco en la misma muestra es reportado con los resultados de MTC E 204.

- Límite Líquido Malla Nº 40 ASTM D-4318, MTC E110

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Se emplea para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos; asimismo, se dice que es cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

El límite líquido (L.L.) de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.

- Límite Plástico Malla Nº 40 ASTM D-4318, MTC E111

Es el que determina en laboratorio el límite plástico (L.P.) de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.). Los plástico de un suelo se pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fin si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo; asimismo, se dice que es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Además del L.L. y el L.P., una característica a obtener es el Índice de plasticidad I.P. que se define como la diferencia entre L.L. y L.P.:

$$I.P. = L.L. - L.P. \dots\dots\dots (1)$$

El Índice de Plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades mediante el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar correctamente el suelo. A

mayor I.P, el suelo será arcilloso; en tal sentido, el suelo, en relación a su índice de plasticidad se clasifica en la Tabla N° 5:

Tabla N° 5: Clasificación según Índice de Plasticidad

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

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos.

- Contenido Sales Solubles Totales MTC E219

El ensayo establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas.

Una muestra de agregado se lava continuamente con agua destilada a la temperatura de ebullición, hasta la extracción total de las sales, la presencia de éstas se detecta mediante reactivos químicos que, al tener presencia de sales, forman precipitados fácilmente visibles.

- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213

El ensayo cubre los procedimientos para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas dañinas en el agregado fino que va a ser usado en concretos o morteros de cemento hidráulico. Cuando una muestra sujeta a estos procedimientos da un color más oscuro que la solución de referencia es aconsejable realizar una prueba sobre el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero.

- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791, MTC E223

Es un método de determinación de los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso, las cuales pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales; es decir, provee el medio para verificar si se cumple con las

especificaciones que limitan tales partículas o, para determinar la forma característica del agregado grueso.

- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

El ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas que reúnen requerimientos especificados.

Posee dos propósitos, el primero de maximizar el esfuerzo cortante mediante incremento de fricción inter-partícula tanto en las mezclas de agregados sueltos o compactados y el otro es suministrar estabilidad a los tratamientos de superficies de agregados y proporcionar fricción incrementada por la textura para los agregados usados en los pavimentos de superficies granulares.

b) Ensayos Especiales

- Material Sub-rasante

- Determinación del Contenido de Humedad de un suelo MTC E 108

El ensayo determina el contenido de humedad de un suelo; es decir, peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

La humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo, si la humedad es menor a la humedad óptima, se propondrá la compactación normal del suelo y aporte de la un porcentaje apropiado de agua; si la humedad es mayor a la humedad óptima, se aumentará la energía de compactación o reemplazar el material.

- Material de Base granular

- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132; o Módulo resiliente de materiales de base granular sin tratar, ensayo AASHTO T 292

Es aquel ensayo que describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte.

Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir

del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca), referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado, para determinar el Módulo Resiliente se realiza el CBR en la siguiente ecuación:

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} \dots\dots\dots (2)$$

Con la finalidad de determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados a partir del CBR, se empleará una ecuación que relaciona el Mr. con el CBR: compactados en laboratorio se mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, que permite obtener un porcentaje de la relación de soporte.

La Tabla N° 6 se empleara a fin de determinar el número de ensayos de CBR depende del estudio de tráfico el cual nos brinda la clasificación del tipo de carretera.

Tabla N° 6: Número en ensayos Mr. y CBR

Tipo de carretera	N° Mr. y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr. cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr. cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr. cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr. cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr. cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr. cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: carreteras de IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1 km se realizará un CBR.
Carreteras de Segunda Clase: carreteras de IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1.5 km se realizará un CBR.
Carreteras de Tercera Clase: carreteras de IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 2 km se realizará un CBR.
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR.

Por tal motivo, se verificará si cumple con los estándares establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el caso de la sub-rasante, una vez definido el CBR se calificará mediante la Tabla N° 7 el tipo de carretera con la finalidad de conocer su condición para proyectos futuros.

Tabla N° 7: Categoría de Sub-rasante

Tipo de carretera	N° Mr. y CBR
So: Sub-rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub-rasante Pobre	De CBR \geq 3% a CBR < 6%
S2: Sub-rasante Regular	De CBR \geq 6% a CBR < 10%
S3: Sub-rasante Buena	De CBR \geq 10% a CBR < 20%
S4: Sub-rasante Muy Buena	De CBR \geq 20% a CBR < 30%
S5: Sub-rasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC-E207

Es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo; asimismo, establece el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½”) para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Ángeles.

- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114

Este método de ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo, su propósito es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos, polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4. Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos. Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso y posee la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo vista entre los rangos visualizados en la Tabla N° 8:

Tabla N° 8: Clasificación de los suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de arena	Características
Si EA > 40	El suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	El suelo es poco plástico y no heladizo
Si EA < 20	El suelo es plástico y arcilloso

Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos.

- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC-E115

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada, el cual abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N b (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg).

Proporciona tres (03) métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material según la Tabla N° 9.

Tabla N° 9: Métodos alternativos

Descrip.	Método "A"	Método "B"	Método "C"
Molde	101,6 mm de diámetro (4 pulg)	101,6 mm (4 pulg) de diámetro.	152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
Material	Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4).	Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (3/8 pulg).	Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (3/4 pulg).
Golpes por capa	25	25	56
Uso	Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg).	Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (3/4 pulg).
	Los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.	Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos.	El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Fuente: Elaboración propia - Manual de Ensayo de Materiales.

Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

- Durabilidad del Agregado Fino y Grueso ASTM C-88, MTC-E209

El ensayo determina la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Es una medida realizada a la desintegración de los agregados grueso y fino por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal que la soluciones cubra toda la muestra. Después del período de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar.

- Índice de Durabilidad MTC - E214

El ensayo calcula un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos como la arcilla; por consiguiente, asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y el carácter de material arcilloso que puede ser generado en un agregado cuando se somete a degradación mecánica; es decir, proporciona una prueba de diagnóstico rápido para la evaluación de la calidad de una fuente de agregado.

Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un agregado, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso.

A la sub-base granular también se le realizan los primeros cuatro (04) ensayos especiales; además, a la sub-rasante, se le realizan los ensayos estándar, y de los especiales el CBR y Proctor Modificado.

2.2.1.3 Carpeta de rodadura

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito. MTC (2014), (Pág. 21).

2.2.2 Trafico Vial

Para realizar un adecuado estudio de tráfico vial se debe considerar la siguiente información:

2.2.2.1 Conocimiento de la demanda para estudios

La necesidad de la información de tráfico se rige desde dos puntos de vista: el diseño estructural del pavimento y la capacidad de conocer hasta qué límites de volumen de tráfico se estima crecerá la demanda que afectará a la estructura vial durante el periodo del análisis adoptado para un estudio; en consecuencia, el estudio de tráfico proporcionará la información del índice medio diario anual (IMDA) para el tramo en estudio; además, se deberá conocer la clasificación por tipo de vehículos.

La demanda de Carga por Eje y la presión que ejercen los neumáticos de los vehículos pesados (camiones y ómnibus) guardan relación directa con el deterioro del pavimento.

La existencia de información con referencia regional reducirá los requerimientos de mayores estudios puntuales en solo dos (02) días en condiciones normales. Uno de los días corresponde a un día laborable típico y el otro a un sábado.

La información levantada descrita en la Tabla N° 10 se considera para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis; por tal motivo, se puede obtener el número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para el pavimento.

Tabla N° 10: Clasificación por demanda - Autopistas

Clasificación por demanda	
Autopistas de Primera Clase	Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
Autopistas de Segunda Clase	Son carreteras con un IMDA en t r e 60 00 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos(ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

Fuente: Fuente propia- MTC (diseño geométrico de carreteras (Continúa).

Clasificación por demanda	
Carreteras de Primera Clase	Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
Carreteras de Segunda Clase	Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
Carreteras de Tercera Clase	Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.
Trochas Carrozables	Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Fuente: Fuente propia- MTC (diseño geométrico de carreteras)

2.2.2.2 Factor direccional y factor carril

Corresponde al número de vehículos pesados que circulan en uno o dos sentidos de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total del tránsito circulante en ambas direcciones; además, en una dirección puede ser mayor que en otra en algunos casos el cual se definirá mediante el conteo de tráfico. Cuando el factor es expresado como una relación, recibe un mayor número de ejes equivalentes.

Para el diseño de pavimento se considera el número de direcciones o sentidos y carriles por calzada de carretera según porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD especificados en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzada	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1.0	1.0	1.0
	1 sentido	2	1.0	0.8	0.8
	1 sentido	3	1.0	0.6	0.6
	1 sentido	4	1.0	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1.0	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1.0	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.3

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

2.2.2.3 Cálculo de tasas de crecimiento y proyección

Mediante la fórmula de progresión geométrica se puede calcular el crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros y carga en la cual se observan las variables Tránsito proyectado al año “n” en veh/día (Tn), Tránsito actual (año base o) en veh/día (To), el número de años del periodo de diseño (n) y la tasa anual de crecimiento de tránsito (r) las cuales a continuación se presentan:

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1} \dots\dots\dots(3)$$

La tasa anual en mención define en relación al crecimiento socio-económico, la cual se asocia al crecimiento del tránsito de vehiculas de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional, normalmente varía entre 2% y 6%.

La proyección de la demanda puede ser para vehículos pesados de pasajeros, que es en función a la tasa anual de crecimiento de la población de la Tabla N° 12,, la cual crecerá en función a la tasa de crecimiento de la economía; ambos índices de crecimiento correspondientes a la región.

Tabla N° 12: Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de número de repeticiones de EE

Periodo de Análisis (años)	Factos sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	16.00	17.08	18.29	19.16	21.10	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.84
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.64	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.39	41.45	41.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.78	41.00	45.75	57.28

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.2.4 Número de repeticiones de ejes equivalentes

Los Ejes Equivalentes (EE) son la unidad de medida definida por AASHTO en relación al acumulado durante el periodo de diseño. Se define como el efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 Tn con neumáticos de la presión de 80 lbs/pulg²; es decir, representa el factor destructivo de las distintas cargas sobre el pavimento.

Asimismo, para determinar los Ejes Equivalentes (EE) se considerará las configuraciones por vehículos pesados y el tipo de pavimento según la Tabla N° 13.

Tabla N° 13: Relación de carga por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE8.2tn)
Eje simple de ruedas simples (EEs1)	$EEs1=(P/6.6)^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EEs2)	$EEs2=(P/8.2)^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EETA1=(P/14.8)^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes ruedas dobles) (EETA2)	$EETA2=(P/15.1)^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EETR1=(P/20.7)^{3.9}$
Eje Tándem (3 ejes ruedas dobles) (EETR2)	$EETR2=(P/21.8)^{3.9}$

Fuente: Fuente: Manual de Carreteras: "Suelos, Geología y Pavimentos".

Para determinar la demanda sobre el carril de diseño se analizará el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada.

Para efectos de cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn se empleará la siguiente expresión por tipo de vehículos en la cual es necesario conocer el número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 T (Nrep de EE 8.2Tn), los ejes equivalentes por veh/día para el carril de diseño (EE día-carril), el Factor Direccional (Fca), el número de días del año y la sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículos pesados por día para el carril de diseño.

$$N_{rep\ de\ EE\ 8.2tn} = \sum[EE_{día - carril} \times Fca \times 365_{días}] \dots\dots\dots(4)$$

2.2.2.5 Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño

Se determinan los siguientes rangos de aplicación de Número de Repeticiones en el carril y periodo de diseño.

a) Caminos No Pavimentados

Los Caminos No Pavimentados con Afirmado (revestimiento granular) tendrán un rango de aplicación de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño hasta 300 000 EE, en función a la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: Número de Repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, en el carril de diseño para Caminos No Pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T NP1	≤ 25 000 EE
T NP2	> 25 000 EE ≤ 75 000 EE
T NP3	> 75 000 EE ≤ 150 000 EE
T NP4	> 150 000 EE ≤ 300 000 EE

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

b) Caminos Pavimentados

Los Caminos Pavimentados con pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos se clasifican según la Tabla N° 15 que posee información de rangos de Número de Repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño desde 75 000 EE hasta 30 000 000

EE. Los caminos con menor o igual a 1 000 000 EE se considera como caminos de bajo volumen de tráfico, recomendando un periodo de diseño de diez (10) años.

Tabla N° 15: Número de Repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T P0	> 75 000 EE ≤ 150 000 EE
T P1	> 150 000 EE ≤ 150 000 EE
T P2	> 300 000 EE ≤ 150 000 EE
T P3	> 500 000 EE ≤ 150 000 EE
T P4	> 750 000 EE ≤ 150 000 EE
T P5	> 1 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P6	> 1 500 000 EE ≤ 150 000 EE
T P7	> 3 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P8	> 5 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P9	> 7 500 000 EE ≤ 150 000 EE
T P10	> 10 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P11	> 12 500 000 EE ≤ 150 000 EE
T P12	> 15 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P13	> 20 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P14	> 25 000 000 EE ≤ 150 000 EE
T P15	> 30 000 000 EE

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

2.2.3 Metodología de diseño con el Método AASHTO 93

El MTC (2014), señala que para realizar un adecuado estudio de tráfico vial se debe considerar los procedimientos adoptados por el Método AASHTO Guide for Design for Pavement Structures 1993 y el análisis de la performance o comportamiento del pavimento durante el diseño del periodo. El diseño del pavimento es influenciado por las cargas de tráfico vehicular impuestas por el pavimento y las características de la subrasante.

Posee como propósito determinar el Número Estructural requerido (SN_r) mediante el cual se identificarán los espesores para cada capa de la estructura, considerando según el manual un periodo de diseño de diez (10) años para caminos de bajo volumen de tránsito.

La ecuación básica para el diseño del pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07 \dots (5)$$

A partir de la cual se desprenden las siguientes definiciones:

a) Módulo resiliencia (Mr.)

Es una medida de la rigidez del suelo de sub-rasante que se determinará mediante el ensayo de resiliencia, obtenido por la correlación con el CBR el cual se sintetiza en la Tabla N° 16.

Tabla N° 16: Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR	Módulo Resiliente Sub-rasante (Mr.) (PSI)	Módulo Resiliente Sub-rasante (Mr.) (MPA)
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.2
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.9
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	91.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.2
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152
30	22,529.00	155.33

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

b) Confiabilidad (%R)

La Tabla N° 17 representa la probabilidad en función al comportamiento de la estructura durante el periodo de diseño previsto frente a la calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado, entre

otros que pueden reducir su vida útil. No es un parámetro de ingreso directo en la ecuación de diseño; sin embargo, para ello debe usarse como Desviación Normal Estándar (Z_r).

Tabla N° 17: Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño 10 o 20 años según rango de tráfico

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000.00	150,000.00	65%
	TP1	150,001.00	300,000.00	70%
	TP2	300,001.00	500,000.00	75%
	TP3	500,001.00	750,000.00	80%
	TP4	750,001.00	1,000,000.00	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001.00	1,500,000.00	85%
	TP6	1,500,001.00	3,000,000.00	85%
	TP7	3,000,001.00	5,000,000.00	85%
	TP8	5,000,001.00	7,500,000.00	90%
	TP9	7,500,001.00	10,000,000.00	90%
	TP10	10,000,001.00	12,500,000.00	90%
	TP11	12,500,001.00	15,000,000.00	90%
	TP12	15,000,001.00	20,000,000.00	95%
	TP13	20,000,001.00	25,000,000.00	95%
	TP14	25,000,001.00	30,000,000.00	95%
	TP15	> 30 000 000		95%

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

c) Nivel de confianza (Z_r)

Representa el valor de la confiabilidad seleccionada para un conjunto de datos en una distribución normal visualizada en la Tabla N° 18.

Tabla N° 18: Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r) para una etapa de diseño (10 a 20 años) (Continúa)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar (ZR)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000.00	150,000.00	-0.385
	TP1	150,001.00	300,000.00	-0.524
	TP2	300,001.00	500,000.00	-0.674
	TP3	500,001.00	750,000.00	-0.842
	TP4	750,001.00	1,000,000.00	-0.842

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar (ZR)
Resto de Caminos	TP5	1,000,001.00	1,500,000.00	-1.036
	TP6	1,500,001.00	3,000,000.00	-1.036
	TP7	3,000,001.00	5,000,000.00	-1.036
	TP8	5,000,001.00	7,500,000.00	-1.282
	TP9	7,500,001.00	10,000,000.00	-1.282
	TP10	10,000,001.00	12,500,000.00	-1.282
	TP11	12,500,001.00	15,000,000.00	-1.282
	TP12	15,000,001.00	20,000,000.00	-1.645
	TP13	20,000,001.00	25,000,000.00	-1.645
	TP14	25,000,001.00	30,000,000.00	-1.645
	TP15	> 30 000 000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”.

d) Desviación Estándar Combinada (S_o)

Valor que considera la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores entre 0.40 y 0.50, el manual recomienda un valor de 0.45.

e) Índice de serviciabilidad (PSI)

Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario, su valor varía de 0 (peor comodidad teórica) a 5 (mejor comodidad teórica). Cuando las condiciones de la vía decrecen por deterioro, el PSI también lo hace.

- Serviciabilidad Inicial (P_i), condición de la vía construida recientemente. A continuación se muestra en la Tabla N° 19 los índices de servicio inicial:

Tabla N° 19: Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000.00	150,000.00	3.8
	TP1	150,001.00	300,000.00	3.8
	TP2	300,001.00	500,000.00	3.8
	TP3	500,001.00	750,000.00	3.8
	TP4	750,001.00	1,000,000.00	3.8
Resto de Caminos	TP5	1,000,001.00	1,500,000.00	4.0
	TP6	1,500,001.00	3,000,000.00	4.0
	TP7	3,000,001.00	5,000,000.00	4.0
	TP8	5,000,001.00	7,500,000.00	4.0
	TP9	7,500,001.00	10,000,000.00	4.0
	TP10	10,000,001.00	12,500,000.00	4.0
	TP11	12,500,001.00	15,000,000.00	4.0
	TP12	15,000,001.00	20,000,000.00	4.2
	TP13	20,000,001.00	25,000,000.00	4.2
	TP14	25,000,001.00	30,000,000.00	4.2
	TP15	> 30 000 000		4.2

Fuente: Guía AASHTO 93.

- Serviabilidad Final o Terminal (Pt), condición de la vía que alcanzó la necesidad de rehabilitación o reconstrucción. A continuación se muestra en la Tabla N° 20 los índices de servicio final:

Tabla N° 20: Índice de Serviabilidad Final o Terminal (Pt)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviabilidad Final (Pt)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000.00	150,000.00	2.0
	TP1	150,001.00	300,000.00	2.0
	TP2	300,001.00	500,000.00	2.0
	TP3	500,001.00	750,000.00	2.0
	TP4	750,001.00	1,000,000.00	2.0
Resto de Caminos	TP5	1,000,001.00	1,500,000.00	2.5
	TP6	1,500,001.00	3,000,000.00	2.5
	TP7	3,000,001.00	5,000,000.00	2.5
	TP8	5,000,001.00	7,500,000.00	2.5
	TP9	7,500,001.00	10,000,000.00	2.5
	TP10	10,000,001.00	12,500,000.00	2.5
	TP11	12,500,001.00	15,000,000.00	2.5
	TP12	15,000,001.00	20,000,000.00	3.0
	TP13	20,000,001.00	25,000,000.00	3.0
	TP14	25,000,001.00	30,000,000.00	3.0
	TP15	> 30 000 000		3.0

Fuente: Guía AASHTO 93.

- Variación de Serviciabilidad (Δ PSI), es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal. A continuación se muestra en la Tabla N° 21 los índices de servicio final:

Tabla N° 21: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP0	75,000.00	150,000.00	1.8
	TP1	150,001.00	300,000.00	1.8
	TP2	300,001.00	500,000.00	1.8
	TP3	500,001.00	750,000.00	1.8
	TP4	750,001.00	1,000,000.00	1.8
Resto de Caminos	TP5	1,000,001.00	1,500,000.00	1.5
	TP6	1,500,001.00	3,000,000.00	1.5
	TP7	3,000,001.00	5,000,000.00	1.5
	TP8	5,000,001.00	7,500,000.00	1.5
	TP9	7,500,001.00	10,000,000.00	1.5
	TP10	10,000,001.00	12,500,000.00	1.5
	TP11	12,500,001.00	15,000,000.00	1.5
	TP12	15,000,001.00	20,000,000.00	1.2
	TP13	20,000,001.00	25,000,000.00	1.2
	TP14	25,000,001.00	30,000,000.00	1.2
	TP15	> 30 000 000		1.2

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología y Pavimentos”

f) Número Estructural Propuesto (SNR)

De los datos obtenidos se aplicará la ecuación de diseño AASHTO y se obtendrá el Número Estructural que representará el espesor total del pavimento a colocar MTC (2014), (Pág. 62).

2.3 Definiciones conceptuales

- Capacidad Portante: Es la capacidad de soporte de una explanada como la resistencia a la deformación que la misma sufre bajo las cargas del tráfico; es decir, es la presión que se puede ejercer sobre el terreno o sobre una estructura determinada sin peligro alguno.
- Cloruro de calcio: Compuesto químico inorgánico, también llamado cloruro cálcico, con fórmula CaCl_2 .
- Suelos estabilizados: Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario adicionarles un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico.

- d) ASTM: Son siglas en inglés de “American Society for Testing and Materiales”.
- e) AASHTO: Son siglas en inglés de “American Association of State Highway and Transportation Officials”.

2.4 Estructura teórica y científica que sustenta la investigación

Después de estabilizar la base granular se efectuaron ensayos en laboratorio los cuales nos brindaron valores que se emplearon para el diseño, la Figura N° 7 sintetiza el procedimiento que se realizó.

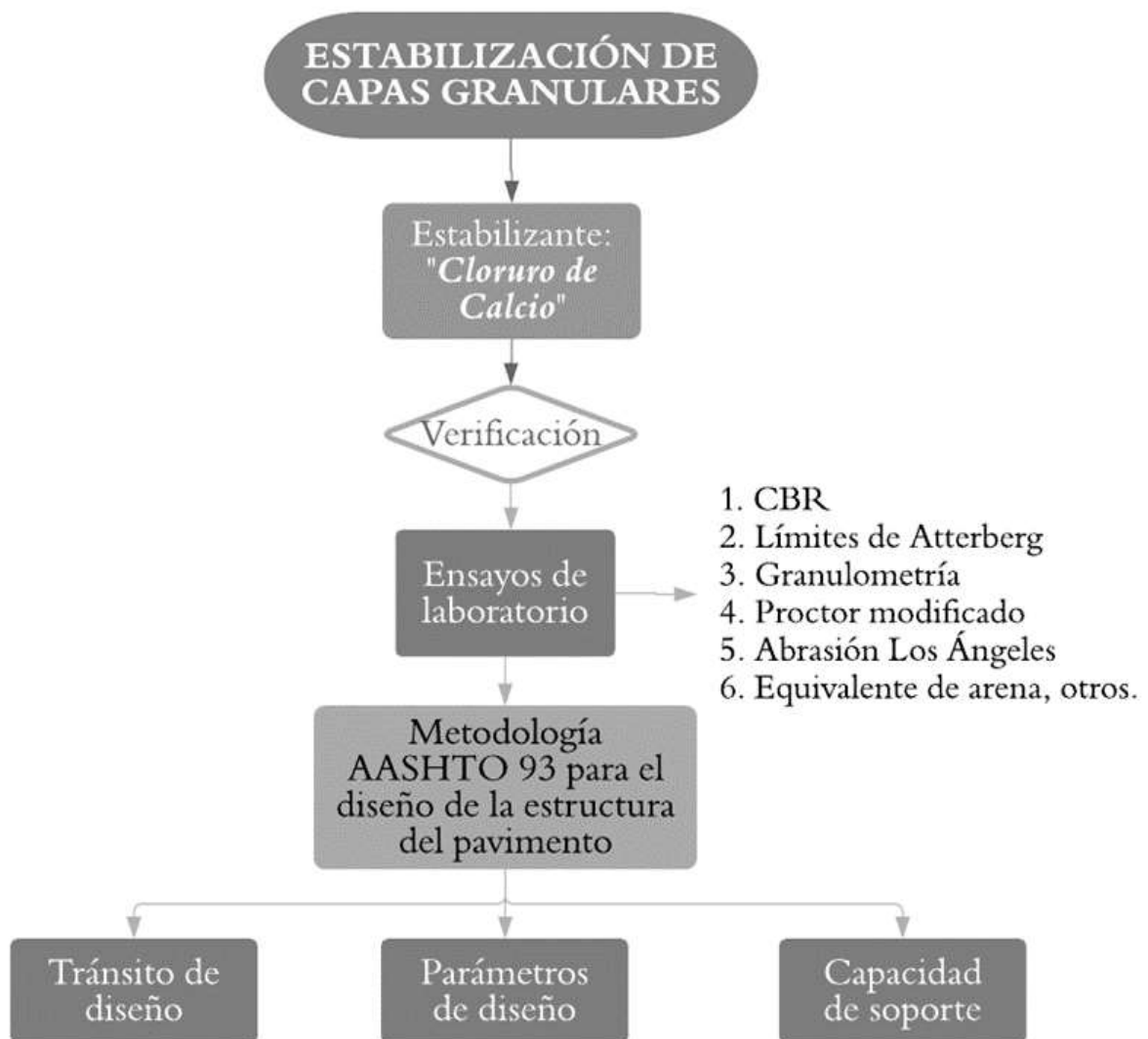


Figura N° 7: Estructura teórica y científica que sustenta la investigación

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Formulación de hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Ha: El uso del cloruro de calcio influye en la mejora de las características del suelo del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., ubicado en la quebrada Huaycoloro, en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.

Ho: El uso del cloruro de calcio no influye en la mejora de las características del suelo del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., ubicado en la quebrada Huaycoloro, en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.

2.5.2 Hipótesis específicas

a) Hipótesis específica 1:

Ha: Las características que posee el suelo natural ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán la necesidad de utilizar el estabilizante del cloruro de calcio.

Ho: Las características que posee el suelo natural ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., no demostrarán la necesidad de utilizar el estabilizante del cloruro de calcio.

b) Hipótesis específica 2:

Ha: Las características que posee el suelo estabilizado con cloruro de calcio en comparación con el suelo natural, ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán un incremento en su CBR.

Ho: Las características que posee el suelo estabilizado con cloruro de calcio en comparación con el suelo natural, ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán que no existe un incremento en su CBR.

c) Hipótesis específica 3:

Ha: Mediante el método ASSHTO 93 se comprobará que los espesores de las capas granulares del suelo estabilizado con cloruro de calcio serán menores que las del suelo natural, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro.

Ho: Mediante el método ASSHTO 93 se comprobará que los espesores de las capas granulares del suelo estabilizado con cloruro de calcio no serán menores que

las del suelo natural, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro.

2.5.3 Variables

2.5.3.1 Definición conceptual de las Variables

- a) Variable Independiente : Características del suelo
 - Relación de soporte California – CBR.
 - Características del suelo.
 - Número estructural.

- b) Variable Dependiente : Desempeño del pavimento
 - Estudio de tráfico.
 - Método AASHTO 93.
 - Porcentaje de cloruro de calcio.

2.5.3.2 Operacionalización de las Variables

Tabla N° 22: Operacionalización de las variables

Mejoramiento con Cloruro de Calcio para la estabilización de capas granulares en el Malecón Huaycoloro - distrito de Lurigancho - Lima - Perú			
Objetivo	Variables		
Objetivo General	V. Independiente		V. Dependiente
Mejorar las características del suelo del Malecón Huaycoloro a fin de optimizar el desempeño del pavimento, ubicado en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima, mediante el empleo del estabilizante químico cloruro de calcio.	X:	Características del suelo.	Y: Desempeño del pavimento
	Dimensiones de X		Dimensiones de Y
	X1:	Relación de soporte California – CBR.	Y1: Estudio de tráfico.
	X2:	Características del suelo.	Y2: Método AASHTO 93.
	X3:	Número estructural.	Y3: Porcentaje de cloruro de calcio.
	Indicadores de X		Indicadores de Y
	X23:	Ensayos de laboratorio	Y12: Ejes equivalentes
	X12:	Espesores de las capas granulares	Y12: Mejora de capacidad portante
Objetivo Específico 1	Definir las características de las capas granulares del Malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar la relación de soporte California - CBR que posee el suelo natural a través de ensayos realizadas in situ y en laboratorio.		
Objetivo Específico 2	Evaluar y comparar las características que poseen la base sin estabilizar y la base estabilizada con cloruro de calcio del malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar su comportamiento en función al estudio de tráfico a través de estadísticas.		
Objetivo Específico 3	Diseñar los espesores de las capas del pavimento del malecón Huaycoloro según la característica que poseen las capas granulares a través del Método AASHTO 93.		

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3.3 Matriz de consistencia

Tabla N° 23: Matriz de consistencia

Mejoramiento con Cloruro de Calcio para la estabilización de capas granulares en el Malecón Huaycoloro - distrito de Lurigancho - Lima - Perú					
Problema		Objetivos	Hipótesis	Variable Dependiente: Características del suelo.	
				Indicadores	Metodología
General	¿De qué manera el estabilizante puede mejorar el suelo del Malecón Huaycoloro, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima a fin optimizar su desempeño?	Mejorar las características del suelo del Malecón Huaycoloro a fin de optimizar el desempeño del pavimento, ubicado en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima, mediante el empleo del estabilizante químico cloruro de calcio.	El uso del cloruro de calcio influye en la mejora de las características del suelo del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., ubicado en la quebrada Huaycoloro, en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.	Propiedades ecológicas, capacidad de carga, comportamiento estructura.	Tipo de investigación: Descriptivo-explicativo, pues incluye la manipulación de las variables con la finalidad de poder describirlas
				Variable Independiente: Desempeño del pavimento	
Específicos	¿Cuáles son las características que posee la base granular del Malecón Huaycoloro, ubicada en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. que definirán su estabilización?	Definir las características de las capas granulares del Malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar la relación de soporte California - CBR que posee el suelo natural a través de ensayos realizadas in situ y en laboratorio.	Las características que posee el suelo natural ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán la necesidad de utilizar el estabilizante del cloruro de calcio.	Ensayos de laboratorio mejora de la capacidad portante.	<ul style="list-style-type: none"> Método de la investigación: Deductivo e inductivo.

Fuente: Elaboración propia (Continúa).

Mejoramiento con Cloruro de Calcio para la estabilización de capas granulares en el Malecón Huaycoloro - distrito de Lurigancho - Lima - Perú					
Problema		Objetivos	Hipótesis	Variable Independiente: Desempeño del pavimento	
				Indicadores	Metodología
Específicos	¿Cómo mejora la base granular del Malecón Huaycoloro, ubicada en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. habiéndola estabilizado con cloruro de calcio?	Evaluar y comparar las características que poseen la base sin estabilizar y la base estabilizada con cloruro de calcio del malecón Huaycoloro, ubicadas en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. a fin de determinar su comportamiento en función al estudio de tráfico a través de estadísticas.	Las características que posee el suelo estabilizado con cloruro de calcio en comparación con el suelo natural, ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán un incremento en su CBR.	Cálculo ejes equivalentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de investigación: Cuasi experimental. • Población: Las Asociaciones “La Florida” y “El Ayllu”, negocios e industrias.
	¿Cómo se determinarán los espesores de las capas estructurales del pavimento que se ubicarán en el Malecón Huaycoloro según las características que posean las capas granulares?	Diseñar los espesores de las capas del pavimento del malecón Huaycoloro según la característica que poseen las capas granulares a través del Método AASHTO 93.	Mediante el método ASSHTO 93 se comprobará que los espesores de las capas granulares del suelo estabilizado con cloruro de calcio serán menores que las del suelo natural, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro.	Espesores de las capas estructurales.	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Datos generales

3.1.1 Ubicación

La vía en estudio se encuentra en la Av. Malecón Huaycoloro, ubicada en el distrito de Lurigancho, en la provincia de Lima, posee 5.60 km (Ver Figura N° 8); el área de influencia abarca las Asociaciones “La Florida” y “El Ayllu” así como negocios e industrias.

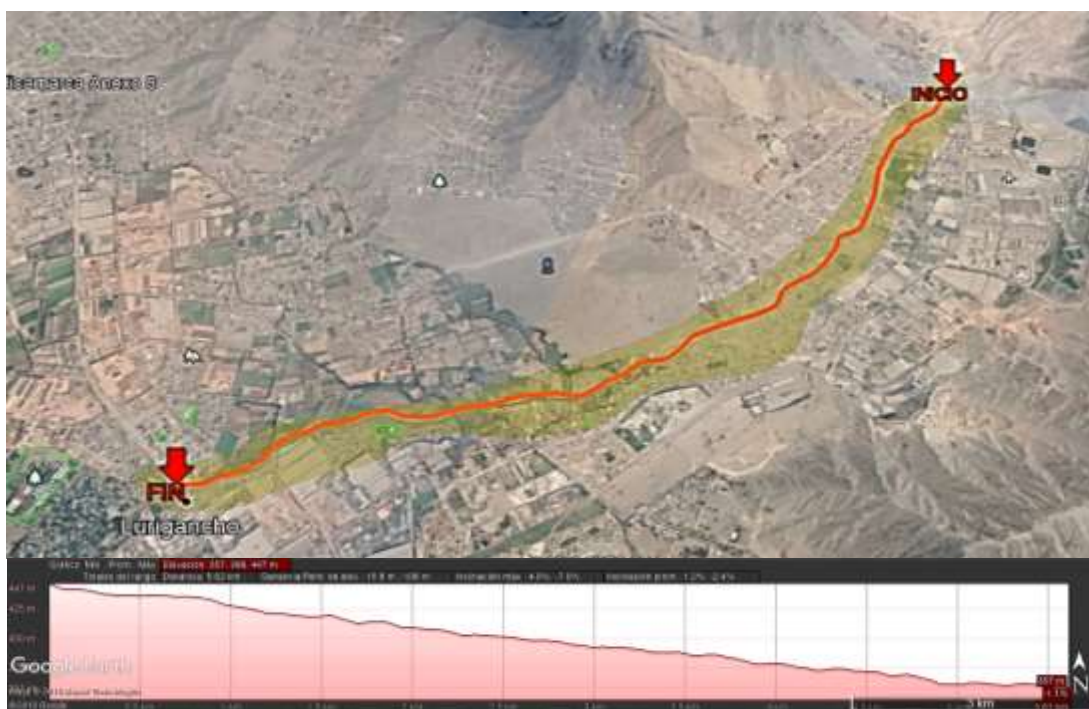


Figura N° 8: Zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Se encuentran ubicados entre las siguientes coordenadas, Tabla N° 24:

Tabla N° 24: Coordenadas del tramo en estudio

N°	Coordenadas		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
1	293838.15	8676694.1	447
2	291057.56	8672447	357

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Tipo y nivel

3.2.1 Tipo de la investigación

El tipo de investigación que se realiza es descriptivo-explicativo pues incluye la manipulación de las variables con la finalidad de poder describirlas. Se realizó el muestreo de los ensayos realizados en laboratorio para la determinación de las características que posee el suelo natural y el suelo estabilizado con cloruro de calcio.

3.2.2 Método de la investigación

Se desarrollará el método deductivo debido a que se analizarán situaciones particulares, a partir de los cuales se obtendrán resultados, los cuales son tomados para extraer conclusiones generales. Con la finalidad de efectuar un idóneo análisis, se efectuarán observaciones sistémicas de la realidad; asimismo, es inductivo debido a que se analizarán los resultados obtenidos de los ensayos realizados.

Mediante el método científico, se determinó que el uso del cloruro de calcio influye en la estabilización de suelos.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de investigación empleado es cuasi experimental puesto que solo se desarrolla la propuesta de mejora del desempeño del pavimento flexible en función a la base estabilizada con cloruro de calcio.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población que vive en las Asociaciones “La Florida” y “El Ayllu”, los negocios e industrias, ubicadas a 15m del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C a lo largo de la quebrada Huaycoloro.

3.4.2 Muestra

Las muestras corresponden al material granular de base perteneciente a la superficie de rodadura existente ubicada en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C. en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.

3.5 Técnicas de recolección de datos

3.5.1 Tipos de técnicas e instrumentos

a) Tipos de técnicas

Se recolectó la información mediante las siguientes acciones realizadas:

- Análisis documental: Se recopilaron estudios pasados relacionados al empleo de “cloruro de calcio”, los cuales fueron revisados de forma analítica.
- Observación directa e indirecta: Se registraron los datos obtenidos in-situ y de los resultados de laboratorio.
- Reconocimiento del tramo a ejecutar: Condiciones, viabilidad, accesibilidad, clima, entre otros.

El procedimiento de recolección de datos obtenidos de laboratorio fue mediante los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Limite liquido malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
- Limite plástico malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
- Contenido de Sales Solubles Totales MTC E219
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC210
- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132.
- Ensayo de abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC-E207
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC- E114
- Proctor modificado ASTM D-1557, MTC-E115

a) Instrumentos

Los instrumentos usados para la clasificación del suelo son las normativas vigentes aplicables al sector transportes, análisis y ensayos in-situ y laboratorio para clasificar el tipo material.

Los instrumentos que se usarán en la investigación para la recolección de datos son los siguientes:

- Horno.
- Balanza calibrada.
- Cuaderno de datos.
- Máquina de compresión equipada con un pistón de penetración CBR.
- Fichas de ensayos.
- Fichas técnicas de observación y control de laboratorio, entre otros.

3.5.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

a) Sobre la normativa

Compuestos por Leyes, Reglamentos, Normativas aplicables al sector transportes los cuales están validados por estudios científicos, jurídicos, ambientales, entre otros:

- Normativa de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Con la finalidad de proporcionar criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos, que faciliten el diseño de las capas granulares y de la capa de rodadura, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su óptimo desempeño, los cuales toman en consideración la experiencia así como características y comportamientos de los materiales. Estos incluyen diversos factores que indican en el desempeño de los pavimentos como el clima, tráfico y los sistemas de gestión vial.

- Normativa de especificaciones Técnicas Generales para Construcción

Con la finalidad de responder a la necesidad de promover la uniformidad y consistencia de las partidas y materiales que son habituales en proyectos y obras viales.

- Normativa de Ensayo de Materiales

Con la finalidad estandarizar los métodos y procedimientos durante la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo de los materiales que se utilizarán en la estabilización de la base con cloruro de calcio, con el objeto de asegurar que su comportamiento se encuentre dentro de los estándares de calidad.

- b) Sobre los ensayos in-situ y de laboratorio

Los ensayos nos proporcionarán los resultados sobre del estado situacional en que se encuentra el suelo natural y posterior a la estabilización.

3.5.3 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- a) Estadísticos descriptivos

El procesamiento de datos se realizará mediante la organización, presentación y descripción de los datos obtenidos durante la ejecución de la investigación con el objetivo de facilitar su uso mediante el empleo de tablas, gráficas, entre otros.

- b) Presentación de datos

La presentación de los datos obtenidos se realizará de la siguiente manera:

- Tablas comparativas entre los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la base natural y a la estabilizada con cloruro de calcio.
- Gráficos interpretados estadísticamente que permitan visualizar los datos de la investigación realizada.
- Descripción de las acciones realizadas y del sistema constructivo.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Se estructuraron cuatro (04) ítem (ver Figura N° 9) para el cumplimiento de los objetivos los cuales a continuación se describen:

a) Desarrollo del estudio de tráfico vial

Para determinar el Índice Medio Diario Anual – IMDA que es el producto final del estudio de tráfico fue necesario contar con los aforos vehiculares en el tramo estudiado y posteriormente se efectuaron trabajos de gabinete y el análisis de los resultados obtenidos.

b) Desarrollo del estudio de sub-rasante

Para el estudio de la sub-rasante fue necesario realizar trabajos de campo y laboratorio a fin de obtener información de las calicatas las cuales se procedieron a analizar.

c) Desarrollo del estudio de base

Para el estudio de la base se realizó un análisis de su estado situacional, así como el reconocimiento del material de donde proviene (cantera), también se analizó a la base estabilizada con cloruro de calcio en relación a su funcionamiento. Los resultados obtenidos de los ensayos fueron necesarios para determinar su comportamiento.

d) Desarrollo del método AASHTO 93

Con los datos recopilados, se realizó el diseño a través del método AASHTO 93, el cual nos permitió comparar la base estabilizada con cloruro de calcio y la base natural debido a que el método depende del CBR y esta capacidad es notablemente variada según el análisis que se presentará en el Capítulo V.

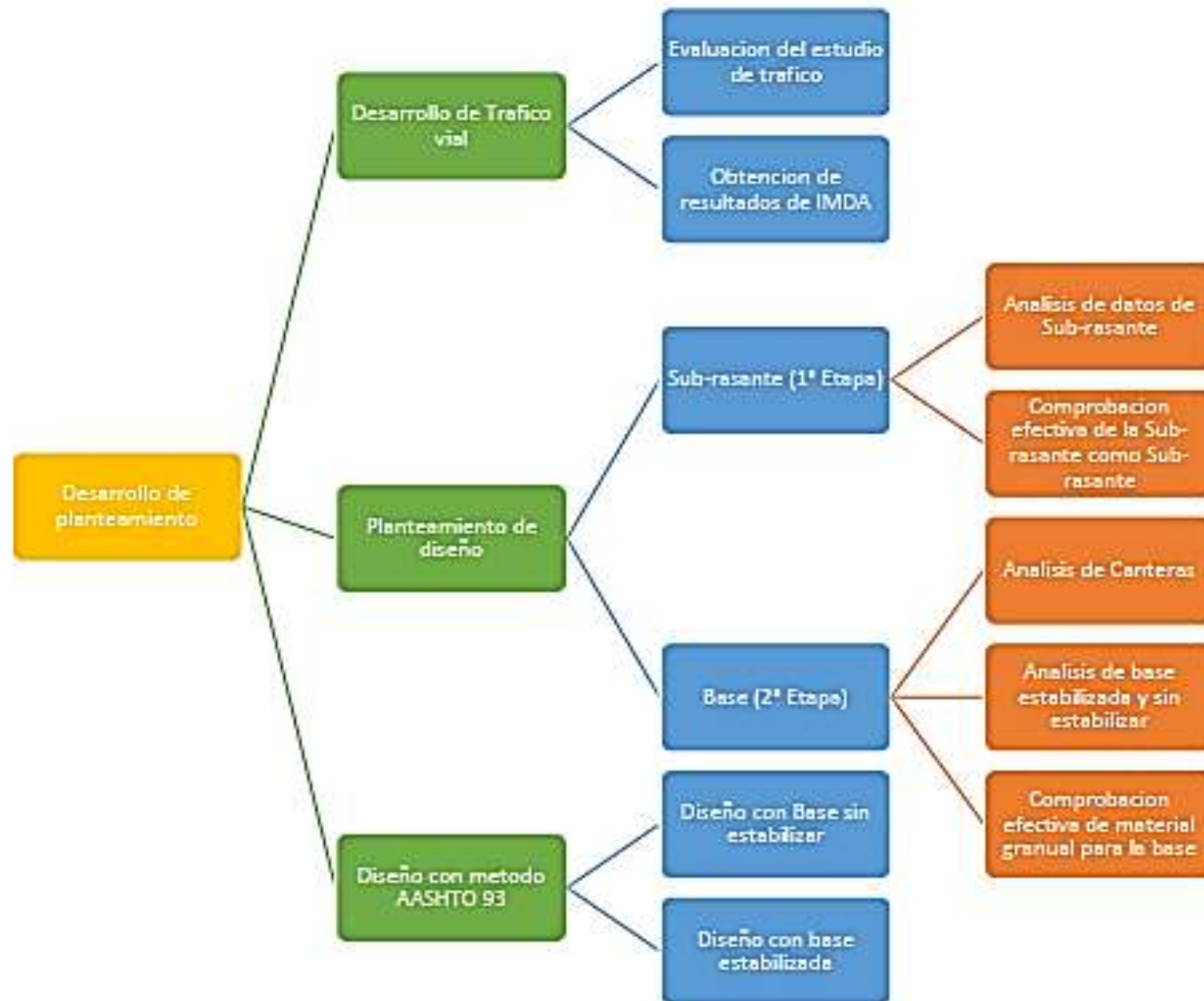


Figura N° 9: Desarrollo del planteamiento.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Desarrollo del estudio de tráfico vial

Para la determinar el Índice Medio Diario Anual – IMDA que es el producto final del estudio de tráfico fue necesario emplear la Figura N° 10 a fin de contar con los aforos vehiculares del tramo en estudio y posteriormente se efectuaron trabajos de gabinete y el análisis de los resultados obtenidos. En el Anexo 03 se contempla el estudio de tráfico más representativo (un ejemplar).

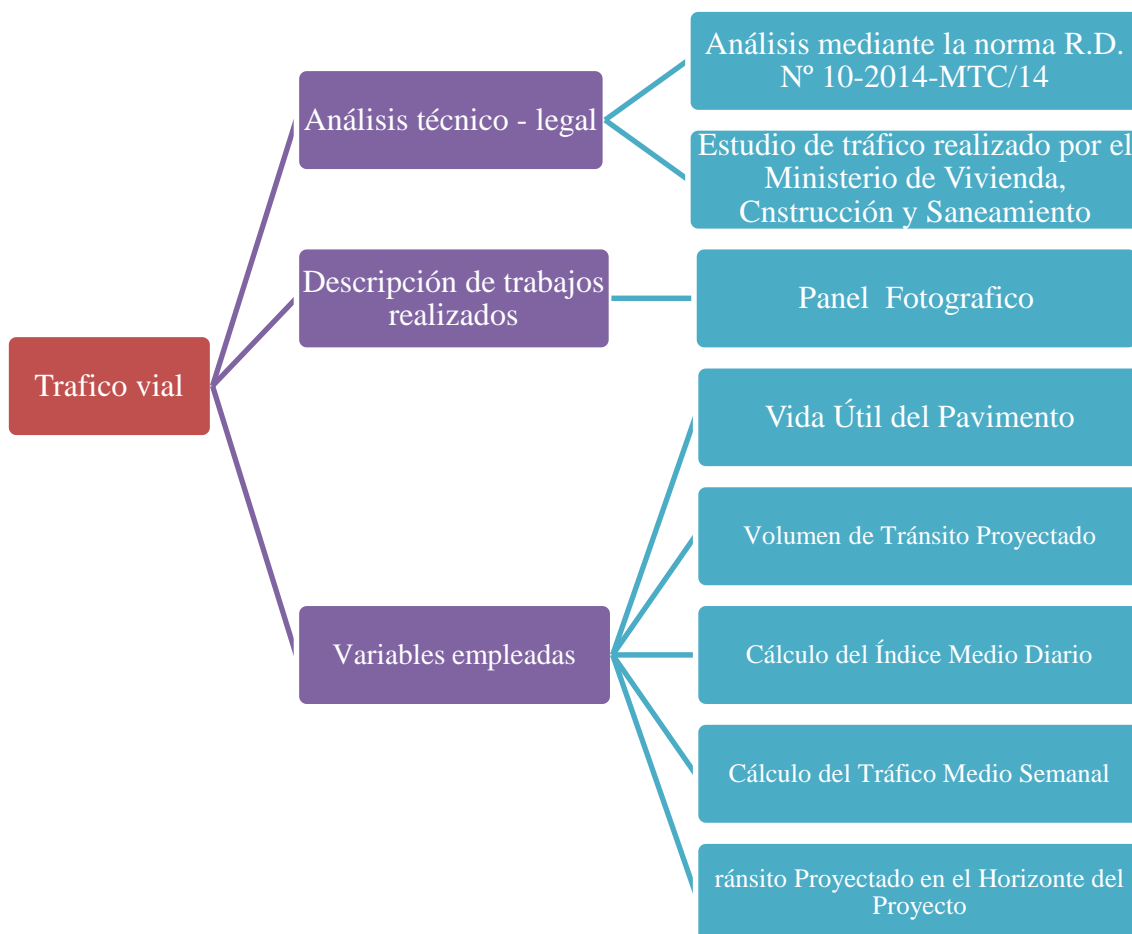


Figura N° 10: Procesos de análisis del tráfico vial.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la recopilación de la información en campo, a través del conteo, teniendo en consideración el flujo del tráfico vehicular, así como las condiciones físicas y facilidades que permitan realizar adecuadamente el levantamiento de información (Figura N° 11 y N° 12).



Figura N° 11: Conteo de vehículos que transitan por la vía en estudio-Vehículos Pesados

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 12: Conteo de vehículos que transitan por la vía en estudio-Vehículos Ligeros

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Desarrollo del estudio de sub-rasante

Para los ensayos realizados en la sub-rasante nos abocamos en el análisis del material y la comprobación efectiva de sus características en función a la Figura N° 13 que se presenta definir y establecer el desarrollo.

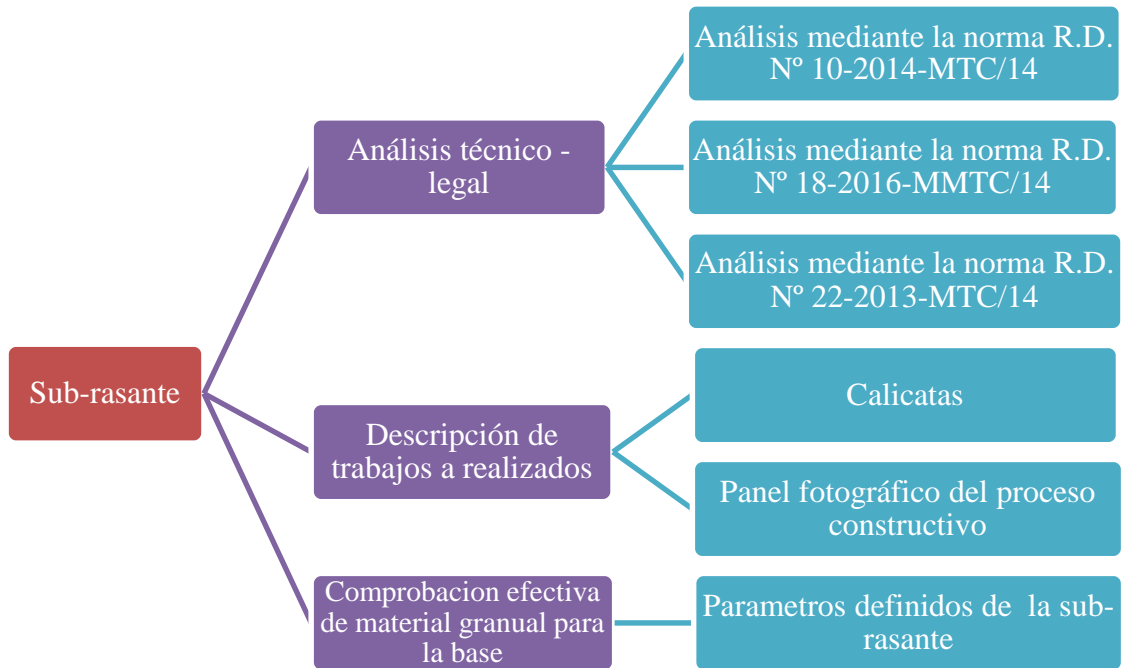


Figura N° 13: Procesos de análisis de la sub-rasante.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Antecedentes de la sub-rasante

Durante la visita realizada en mayo de 2019 a la zona de investigación, el Ing. Barrueto, coordinador del área de infraestructura de Petramás S.A.C. brindó una breve reseña de la formación de la sub-rasante; en tal sentido, señaló que la empresa adquirió los terrenos aledaños al cauce del río Huaycoloro, debido a que se mantiene una faja marginal necesaria para la protección de la población y sus medios de vida en la Figura N° 14 se visualiza en la delimitación de la franja marginal:



Figura N° 14: Delimitación de franja marginal.

Fuente: Elaboración propia.

A su vez pueda permitir el libre tránsito, en este último se ejecutaron proyectos para la transitabilidad; asimismo, procedieron a realizar la formación de la sub-rasante el cual posee en sus cimientos una capa de grava de 25", la siguiente de 4"- 6"; posterior a esa, una de 2" y finalmente la sub-rasante con material procedente de la cantera "Comagsa Antigua o Capala", con un espesor de 30cm en cumplimiento a las normas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones como en la Figura N° 15 se visualiza:

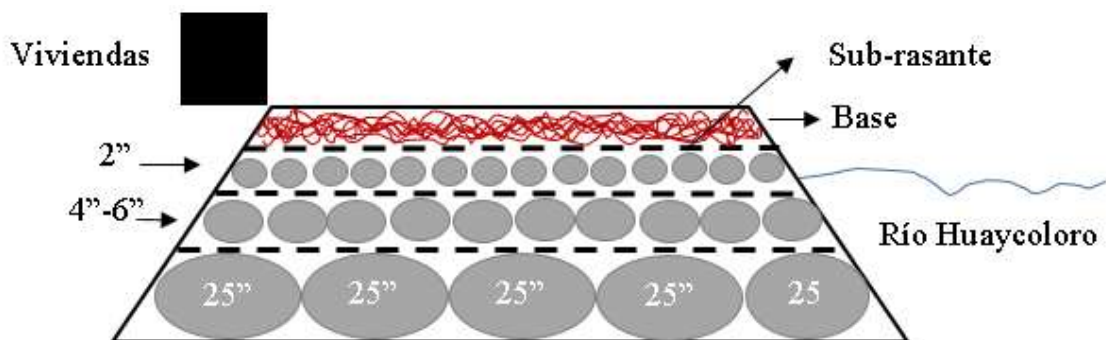


Figura N° 15: Formación de la sub-rasante.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Estudios previos realizados

a) Estratigrafía

La columna estratigráfica local que se observó durante el reconocimiento de campo del trazo de la carretera se situaba a lo largo del río Huaycoloro.

Los afloramientos litológicos se observan marginalmente con respecto al eje del trazo, son de edad cretácica y consisten predominantemente de rocas intrusivas de composición tonalítica y puntualmente andesítica. Las unidades geológicas son principalmente rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas é intrusivas con edades que fluctúan entre el jurásico y cuaternario reciente.

El material no consolidado se relaciona genéticamente con procesos geodinámicos que actúan interrelacionados permanentemente, se encuentra morfológicamente diferenciado en conos aluvionales de origen contemporáneo; conglomerados que conforman el colchón fluvial del río Huaycoloro.

El trazo de carretera básicamente discurre sobre las terrazas y parcialmente sobre el colchón fluvial del río, no llegando a interceptar de manera significativa el sustrato rocoso.

Las características litológicas y estratigráficas de las unidades diferenciadas a lo largo del trazo, se describen en la Figura N° 16:

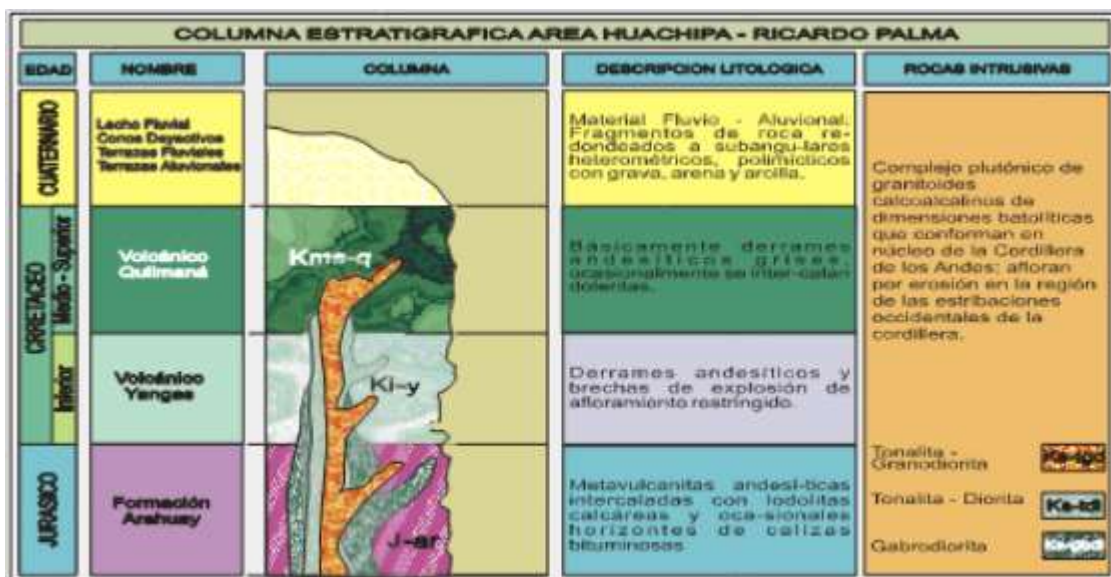


Figura N° 16: Estratigrafía del suelo.

Fuente: Petramás S.A.C.

Es Cuaternario por su origen reciente, está constituido por material no consolidado desagregado por mecanismos de físico - químico del macizo rocoso que conforma la cordillera; se trata por tanto, de material de erosión que ha sufrido distintos grados de transporte y distinta dinámica deposicional y en todos los casos es material en proceso de degradación. En base a las características y a los procesos genéticos involucrados en los yacimientos, el material cuaternario ha sido discriminado en las siguientes unidades:

- Conos Aluvionales Recientes: Tienen un origen aluviónico, estrictamente relacionado con procesos geodinámicos activos de carácter cíclico y ocurrencia estacional, son de naturaleza deyectiva por lo que se ubican en la intercepción de algunas de las quebradas afluentes con el valle del Rímac y consisten de un agregado de bloques, fragmentos rocosos menores y grava, de geometría angular, heterométricos, polimícticos y con distribución multimodal en una matriz areno - arcillosa. (Ver Figura N° 17)



Figura N° 17: Zona colindante del proyecto.

Fuente: Petramás S.A.C.

- Colchón Aluvial: Consiste de un conglomerado en formación que soporta la escorrentía fluvial, está conformado por bolonería, y grava de geometría redondeada a subredondeada en matriz arenosa; los fragmentos mayores son de origen polimíctico,
- Intrusiones Cretácicas: Afloran marginalmente con respecto al trazo de la carretera y constituyen la bed rock en el área de influencia del proyecto; la composición predominante observada, corresponde a una tonalita con variaciones muy puntuales a granodiorita; es una roca holocristalina y equigranular, presenta un contenido de cuarzo entre 15%-20% y > 15% de Biotita que altera a flogopita en los primeros 0.2 m. que constituye la superficie expuesta a meteorización; exhibe un patrón de fracturamiento grueso y tendencia a la descomposición esferoidal.

b) Fundación de Estructuras

El proyecto contempla la construcción de una carretera cuyos cimientos se fundarán sobre el suelo que conforma las terrazas aluviales y fluvioaluvionales. Los depósitos lenticulares de arcilla intraconglomerática, las propiedades geomecánicas de estos materiales son muy similares ya que en general se trata de suelos arenosos y granulares, no cohesivos que presuponen una buena capacidad de carga; las características estratigráficas de los suelos en los sectores de fundación de las principales estructuras ha sido investigada mediante nueve calicatas.

El suelo de fundación en este sector corresponde de manera muy típica al material que conforma el lecho aluvial y se exploró mediante una calicata de 3.5 m de profundidad excavada en forma mecánica.

El material observado consiste de un agregado conglomerático compuesto por roca fracturada, acompañada por grava mal graduada y arena; este material ha sido clasificado de acuerdo a SUCS como GP.

4.2.3 Ejecución del proyecto

MTC (2013) determina la evaluación de los ensayos, pruebas y materiales para su aceptación, las cuales requiere que se tomen muestras y/o se hagan pruebas con la finalidad de ser aceptados. Para cada actividad y en su respectiva

especificación se establecen los parámetros para los aspectos que se definen a continuación:

a) Sector de control

Con la finalidad de determinar el perfil del subsuelo, se ha realizado la excavación de cuatro (04) calicatas o pozos a cielo abierto, con una profundidad de 3.00 m aproximadamente, ubicadas convenientemente en el área de estudio de tal manera que permita obtener el perfil estratigráfico del terreno de fundación donde se proyectan las estructuras del proyecto.

b) Sitio de muestreo

Se determinó el número de puntos de muestreo dentro de la sección de control seleccionado en función al tramo del proyecto así como sus progresivas.

Para realizar los ensayos de laboratorio se seleccionaron muestras disturbadas representativas en cantidad suficiente de los diferentes tipos de suelos encontrados en cada exploración; asimismo, las muestras se protegieron debidamente e identificadas y se remitieron en bolsas de polietileno para su conservación y traslado al laboratorio, para los ensayos correspondientes.

Paralelamente al muestreo, la empresa Petramás S.A.C. proporcionó el registro de cada excavación y de cada estrato de las calicatas, anotándose las características de los tipos de suelos encontrados tales como el espesor del estrato, color, humedad, compacidad, plasticidad, sus características de gradación, entre otros; asimismo, se precisan las acciones realizadas.

Para las calicatas, se procedió a realizar el trazo, delimitando el área excavar como en la Figura N° 18 se observa:



Figura N° 18: Vista panorámica del trazo.

Fuente: Registro de Excavaciones de Petramás S.A.C.

Asimismo, mediante el empleo de una excavadora (Figura N° 19 y N° 20), a una profundidad de 3.00 m en promedio, se extrajo la muestra in-situ del para definir el estado situacional que poseía el material.



Figura N° 19: Vista de la exploración realizada en la C-1.

Fuente: Registro de Excavaciones de Petramás S.A.C.



Figura N° 20: Vista de la exploración realizada en la C-5.

Fuente: Registro de Excavaciones de Petramás S.A.C.

4.3 Desarrollo del estudio de base

Para el desarrollo del planteamiento, nos abocamos en dos (02) partes específicas que fueron el análisis de canteras y la comprobación efectiva de material granular para la base según el detalle de la Figura N° 21 para el proceso realizado:

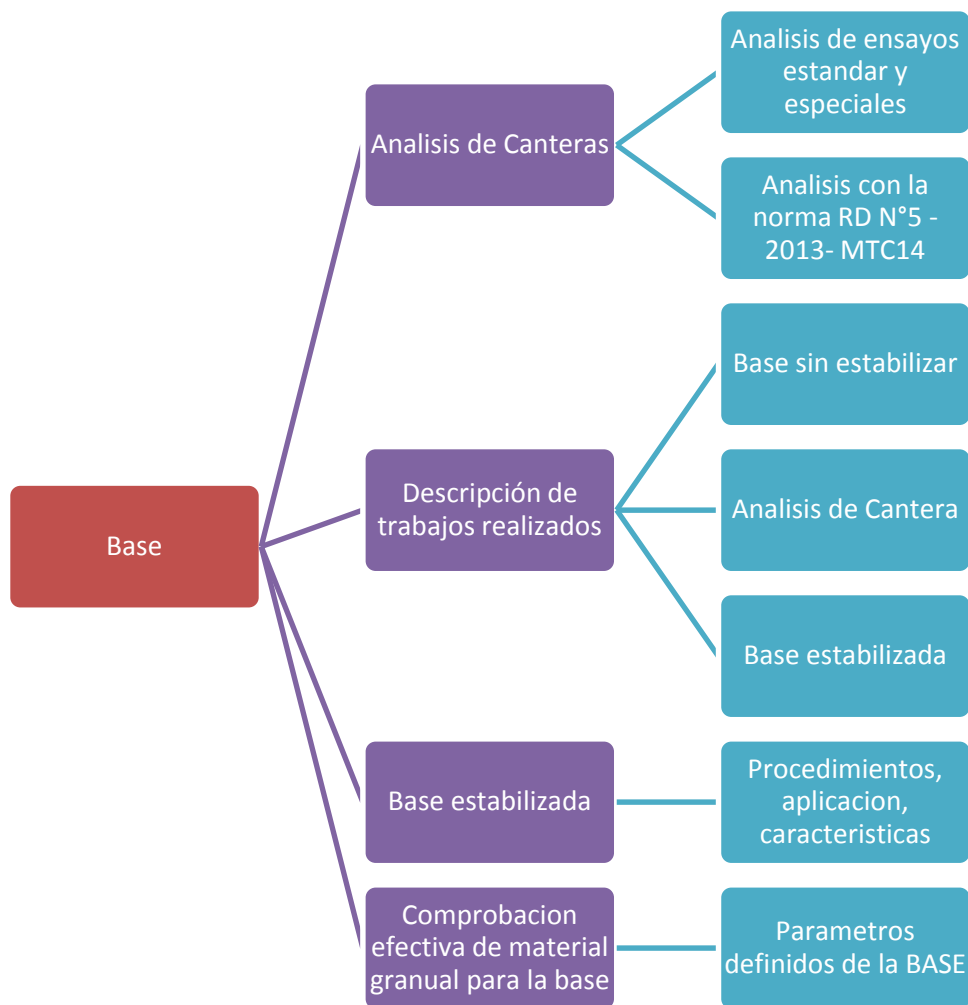


Figura N° 21: Desarrollo del planteamiento.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Base sin estabilizar

En mayo de 2019, realizamos el levantamiento de fallas superficiales existentes en la base sin estabilizar y se logró recopilar información la cual brindó mayor realidad al análisis del tramo en estudio.

Se visualizaron fallas por ahuellamiento (Figura N° 22), desprendimiento de los agregados, encalaminado.



Figura N° 22: Desarrollo del planteamiento-Falla superficial

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Análisis de canteras

Para el caso de análisis de canteras, procedimos a realizar una comparación entre las canteras más cercanas ya que según comenta MTC (2014), las fuentes de materiales o canteras serán ubicadas en función a su distancia de la obra a realizar, considerando para su selección la menor distancia a la obra, siempre que cumplan con la calidad y cantidad requeridas por la obra.

Nuestro proyecto se ubica cerca de la empresa BRYSON HILLS S.A.C., dentro de la ciudad industrial, en el cual se encuentran tres (03) canteras aledañas que cumplen con los requerimientos de cercanía las cuales se denominan:

- a) Cantera Comagsa Antigua
- b) Cantera Doris
- c) Cantera Nueva-Las torres

4.3.3 Base estabilizada

En la Figura N° 23 se visualiza la vía estabilizada con cloruro de calcio mediante el cual circulan mayormente vehículos pesados.



Figura N° 23: Desarrollo del planteamiento-Vía estabilizada.

Fuente: Fuente propia.

4.4 Desarrollo del método AASHTO 93

Con la información obtenida en el Capítulo IV se procedió a diseñar mediante el método AASHTO 93. En primer lugar a través del estudio de tráfico se determinó el ESAL (Ejes Equivalentes), luego los ensayos de CBR, realizados a la base y sub-rasante, se realizó el modelo de cálculo del número estructural requerido, en base al cual se identificó y determinó el espesor para cada capa de la estructura del pavimento estabilizado y sin estabilizar.

4.4.1 Número Estructural

El diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar el “número estructural (SN)” para un pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Se apoya en una ecuación que relaciona el coeficiente estructural (a), el espesor en pulgadas (D) y el coeficiente de drenaje (m).

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3.....(6)$$

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados para el tráfico vial

La municipalidad centro poblado “Las Tunas” nos proporcionó el estudio de tráfico vial de siete (07) días mediante el cual establecimos la siguiente secuencia para el análisis de tráfico vial:

5.1.1 Vida Útil del Pavimento

Se ha establecido un periodo de diseño de veinte (20) años, contados a partir de la fecha de uso de la vía con proyecto, por otro lado considerando que la vía entrará en servicio a partir del año 2020.

5.1.2 Volumen de Tránsito Proyectado

El volumen de tránsito futuro (TF), se deriva a partir del tránsito actual (TA) y del incremento de tránsito (IT) esperado al final del periodo de vida útil del pavimento esperado.

$$TF = TA + IT \dots \dots \dots (7)$$

El incremento de tránsito, es el volumen que se espera use la carretera construida en el año futuro seleccionado como de proyecto, éste tránsito se compone del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT).

El Crecimiento Normal del tránsito, es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal en el uso de los vehículos. El cual se cuantifica a través de una tasa de crecimiento vehicular, para un periodo de diseño de “n” años, empleando la siguiente fórmula:

$$CNTF = TA ((1+i)^n - 1) \dots \dots \dots (8)$$

No obstante para el presente proyecto se tomara como datos preliminares para formular la proyección del tránsito a futuro, el Malecón Huaycoloro 5. 600 km a 2020-2040, esto en cuanto a los vehículos pesados, para lo cual se realizará los cálculos respectivos para los años considerados dentro del horizonte del proyecto.

Considerando un camión de 26 toneladas (camión de tres ejes). El primer año el tráfico se calcularía por decir: 76 364 toneladas es decir 2,937 viajes (5 874 viajes ida y vuelta), haciendo un total de 420 vehículos por día (Figura N° 25).

Tabla N° 25: Proyección de tráfico vehículos pesados-Horizonte 10 años

Año	Producción (Tn)	N° De Viajes	Vehículos Día
1	76,596	5,875	420
2	103,818	10,162	450.2
3	140,716	10,463	482.7
4	190,727	22,827	517.4
5	258,512	22,838	554.7
6	350,387	22,843	594.6
7	474,916	22,849	637.4
8	643,703	22,854	683.3
9	872,476	22,860	732.5
10	1,182,557	22,865	785.2
11	1,602,841	22,920	841.8
12	2,172,496	22,920	902.4
13	2,944,608	22,920	967.4
14	3,991,130	22,920	1037.0
15	5,409,590	22,920	1111.7
16	7,332,174	22,920	1191.7
17	9,938,050	22,920	1277.5
18	13,470,064	22,920	1369.5
19	18,257,365	22,920	1468.1
20	24,746,087	22,920	1528.0

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo y proyección del tráfico en cuanto a vehículos ligeros, se trabajara con los datos productos del estudio poblacional elaborado por HEXA, donde considera un ratio (valor = 0.019) con respecto a la población, obteniendo el siguiente resultado mostrado en la Tabla N° 26.

Tabla N° 26: Proyección de tráfico vehículos ligeros – Horizonte 20 años

Año	Población	Ratio	Vehículos Día
1	14,570	0.019	63.00
2	14,861	0.019	67.54
3	15,159	0.019	72.40
4	15,462	0.019	77.61
5	15,771	0.019	83.20
6	16,086	0.019	89.19
7	16,408	0.019	95.61
8	16,736	0.019	102.50
9	17,071	0.019	109.87
10	17,412	0.019	117.79
11	17,761	0.019	126.27
12	18,116	0.019	135.36
13	18,478	0.019	145.10
14	18,848	0.019	155.55
15	19,225	0.019	166.75
16	19,609	0.019	178.76
17	20,001	0.019	191.63
18	20,402	0.019	205.42
19	20,810	0.019	220.21
20	21,226	0.019	250.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Cálculo del Índice Medio Diario

El tráfico medio diario es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo.

5.1.4 Cálculo del Tráfico Medio Semanal

El Promedio de Tráfico Diario Semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se obtiene a partir del volumen diario, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = \Sigma Vi/7 \dots\dots\dots(9)$$

En donde:

V_i = Volumen Vehicular Diario de los 07 días de la semana.

En tal sentido se procedió a calcular el IMDS, teniendo como resultado en la siguiente Tabla N° 27:

Tabla N° 27: Cálculos del IMDS

Tipo de Vehículo	Volumen Total Semanal	IMDS
Vehículos Ligeros	75,059	10696
Vehículos Pesados	12250.56	1750
Total	87,309	12446

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Factores de Corrección

Dado que el flujo vehicular se ha realizado en muestra de un periodo de una semana y requiriéndose estimar el comportamiento analizado del tránsito, para determinar el IMDA, resulta necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

Se ha convenido corregir el tránsito vehicular ligero mediante el $FC = 1.075789$ y tránsito vehicular pesado por el $FC = 0.975315$, proporcionado por PROVIAS NACIONAL.

5.1.6 Cálculo del Tráfico Medio Diario Anual (IMDA)

El IMDA (Índice Medio Diario Anual) es obtenido a partir del IMDS y del Factor de Corrección Estacional (FC) mostrado en la Tabla N° 28.

$$IMDA = FC \times IMDS \dots\dots\dots(10)$$

Tabla N° 28: Cálculos del IMDA

Tipo de Vehículos	IMDS	Factor	IMDA
Vehículos Ligeros	10696	1.075789	11506.64
Vehículos Pesados	1750	0.975315	1706.80
Total	12446	-	13213.44

Fuente: Elaboración propia

5.1.7 Tránsito Proyectado en el Horizonte del Proyecto

El tránsito proyectado, si bien es cierto se ha descrito la proyección hacia los 20 años en ítems anteriores, estos tienen que estar reajustados con los factores de corrección, quedando definido de la siguiente Tabla N° 29:

Tabla N° 29: Tráfico e IMDA Proyectado- Horizonte 20 años

Tipo de Vehículo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Vehículos ligeros	22995.00	24650.64	26425.48	28328.11	30367.74
Vehículos pesados	153300.00	164337.59	176169.88	188854.10	202451.57
Trafico proyectado/IMD total	176295.00	188988.23	202595.36	217182.21	232819.31
Tipo de Vehículo	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Vehículos ligeros	32554.21	34898.11	37410.77	40104.34	42991.85
Vehículos pesados	217028.07	232654.07	249405.15	267362.30	286612.36
Trafico proyectado/IMD total	249582.28	267552.19	286815.92	307466.64	329604.21
Tipo de Vehículo	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Vehículos ligeros	46,087.26	49,405.54	52,962.74	56,776.05	60,863.92
Vehículos pesados	307,248.43	329,370.29	353,084.92	378,507.00	405,759.48
Trafico proyectado/IMD total	353335.69	378775.83	406047.66	435283.05	466623.40
Tipo de Vehículo	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Vehículos ligeros	65,246.12	69,943.83	74,979.78	80,378.32	91,250.00
Vehículos pesados	434,974.12	466,292.22	499,865.23	535,855.48	557,720.00
Trafico proyectado/IMD total	500220.24	536236.06	574845.01	616233.80	648970.00

Fuente: Elaboración propia

En función a la Tabla N° 29, podemos decir que después de transcurrido veinte (20) años del horizonte del proyecto, se tendrá un IMD de 1778 veh / día.

5.2 Presentación de resultados para la sub-rasante

5.2.1 Ensayos realizados a la sub-rasante

La empresa Petramás S.A.C. nos proporcionó los ensayos realizados a las muestras representativas de cada exploración (Figura N° 24), los cuales fueron realizados en ETXCON, Proyectos, Consultoría, Obras Civiles, Geotécnica (4 ensayos).



Figura N° 24: Ubicación de las cuatro (04) calicatas por ETXCON.

Fuente: Elaboración Propia – Google Earth.

El haber efectuado ensayos en diferentes tiempos, determina en el periodo de desgaste del material que posee la sub-rasante y que sea en diferentes laboratorios, propone mayores aportes a la ejecución del proyecto.

Fueron verificados según el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción y guardan relación con el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. A continuación se presentan lo ensayos realizados:

5.2.2 California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132

Se efectuaron cuatro (04) ensayos, los cuales se presentan en la Tabla N° 30.

Tabla N° 30: Resultados del ensayo de CBR

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
Progresiva	5+450	3+200	1+950	0+800
CBR al 100% de MDS	72.30%	74.10%	30.80%	75.80%
CBR al 95% de MDS	72.30%	53.20%	20.60%	52.00%

Fuente: Empresa ETXCON.

El valor o resistencia del suelo estará referido al 95% de la MDS; por tal motivo, se considerarán los CBR de 72.3%, 53.2%, 20.6% y 52% mostrados en la Tabla N° 31:

Tabla N° 31: Resultados del ensayo de CBR al 95%

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
CBR al 95% de MDS	72.30%	53.20%	20.60%	52.00%
Promedio	49.53%			

Fuente: Empresa ETXCON.

Asimismo, debido a que los valores son relativamente homogéneos, se obtiene que el CBR de la vía para el diseño será de 49.53%; en función a la Tabla N° 7, determinamos que posee una categoría de “Sub-rasante excelente” al ser mayor a 30%. Debido a tal porcentaje y por ser tránsito mediano, el proyecto no contempla una sub-base.

5.2.3 Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107

Se efectuaron cuatro (04) ensayos los cuales se presentan en la Tabla N°32:

Tabla N° 32: Resultados del ensayo Análisis granulométrico por tamizado

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
Progresiva	5+450	3+200	1+950	0+800
Profundidad	0.00 m - 1.50 m	0.00 m - 1.70 m	0.00 m - 1.50 m	0.00 m - 1.50 m
AASHTO	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
SUCS	GM-GC	GC	SP-SC	GP-GC
	Grava pobremente gradada con arcilla y arena	Grava arcillosa con arena	Arena pobremente gradada con arcilla	Grava pobremente gradada con arcilla y arena

Fuente: Empresa ETXCON.

- El 71% de los ensayos realizados señala que la sub-rasante posee un suelo bueno; asimismo, el 43% del suelo es arenoso.
- Posee materiales formados predominantemente por arena gruesa, considerados poco o nada plásticos; es decir, posee un límite líquido alto. Suelen presentar generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

5.2.4 Humedad natural MTC E 108

Se efectuaron cuatro (04) ensayos los cuales se presentan en la Tabla N° 33:

Tabla N° 33: Resultados del ensayo de Humedad Natural

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
Progresiva	5+450	4+400	3+200	0+800
% de Humedad	7.70%	7.37%	6.51%	6.77%

Fuente: Empresa ETXCON.

5.2.5 Determinación de Atterberg

Se efectuaron siete (07) ensayos los cuales se presentan en la Tabla N° 34:

Tabla N° 34: Resultados del ensayo Atterberg

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
Progresiva	5+450	3+200	1+950	0+800
Límite Líquido	28.44	27.00	25.00	28.00
Límite Plástico	19.47	18.00	20.00	20.00
Índice de plasticidad	8.97	9.00	5.00	8.00

Fuente: Empresa ETXCON.

En función a la Tabla N° 5, se determina que la sub-rasante posee baja plasticidad; es decir, que es un suelo poco arcilloso. Se considera que de acuerdo a su magnitud, la arcilla puede ser un elemento riesgoso en el pavimento, debido a su sensibilidad al agua.

5.2.6 Relación humedad-densidad compactada a la energía de Proctor Modificado MTC E 115

Se efectuaron cuatro (04) ensayos los cuales se presentan en la Tabla N° 35:

Tabla N° 35: Resultados del ensayo de Proctor Modificado

Descripción	N° Ensayo			
	1	2	3	4
Progresiva	5+450	3+200	1+950	0+800
Densidad Máxima Seca	2.219	2.239	1.81	2.186
Humedad Óptima	9.20%	9%	8.50%	9.50%

Fuente: Empresa ETXCON.

5.2.7 Módulo Resiliente MTC E 128

Tomando el valor promedio de la Tabla N° 31, del ensayo de CBR reemplazamos en la fórmula N° 2.

$$Mr(psi) = 2555 \times 49.53^{0.64} = 31053.22$$

5.3 Presentación de resultados para la Base

5.3.1 Análisis de Canteras

Las canteras fueron evaluadas y seleccionadas por su calidad, debido a que todas cumplen con la potencia requerida además de la distancia mínima hacia el proyecto. La evaluación se realizó en base a ensayos de laboratorio obtenidos de sus respectivas calicatas.

Las evaluaciones finales fueron emitidas por la empresa ETXCON, la cual nos brindó la información necesaria para comparar los resultados, de la elección adecuada y justificación para el uso del material granular.

Según (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016), los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras se subdividieron en dos:

a) Ensayos Estándar

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Material que pasa la malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202
- Limite liquido malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
- Limite plástico malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Clasificación de Suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282
- Contenido de Sales Solubles Totales MTC E219
- Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213
- Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
- Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC210

b) Ensayos Especiales

- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132; o Módulo resiliente de materiales de base granular sin tratar, ensayo AASHTO T 292; o Módulo resiliente de materiales de suelos y agregados, ensayo AASHTO T 307
- Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC-E207
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC- E114
- Proctor modificado ASTM D-1557, MTC-E115
- Durabilidad del agregado grueso ASTM C-88, MTC-E209
- Durabilidad del agregado fino ASTM C-88, MTC-E209
- Índice de Durabilidad MTC-E214

Estos ensayos se presentan en el Anexo -04, ensayos de canteras estudiadas, en relación al MTC (2016), el material granular para la capa base deberá cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las especificaciones del proyecto. El manual contempla que la base granular debe cumplir con la Tabla N° 36 :

Tabla N° 36: Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular

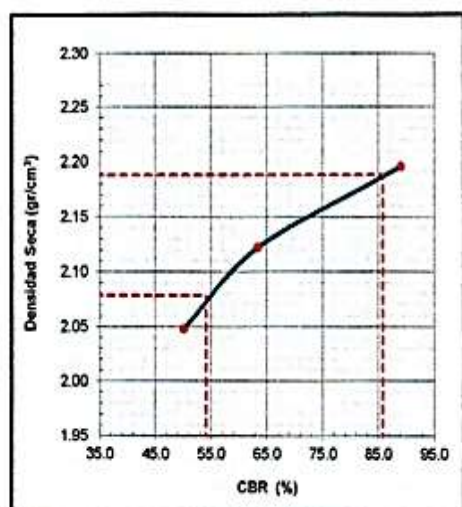
	CBR (%)
Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 106$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 106$)	Mínimo 100%

Fuente: MTC E132, NTP 339.145 1999

Mediante el tráfico vial se obtuvo el resultado de ejes equivalentes, los cuales determinaron que la vía en estudio es una carretera de Segunda Clase, teniendo en considerando tal información, y en función a la Tabla N° 356, el CBR que se empleará será del 80% como mínimo. En la Figura N° 25, N° 26 y N° 27 se evalúa en función al porcentaje en mención para cada cantera:

a) Cantera Comagsa Antigua o Capala

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)	
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1683)	
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA : PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPIA	FECHA DE MUESTREO : 31/05/2018
SOLICITA : PETRAMAS S.A.C.	TEC. LABORATORIO : J. GARCIA P.
CANTERA : COMACSA ANTIGUA	ING. RESPONSABLE : J. VARGAS F.
DESCRIPCION : MATERIAL DE CANTERA	FECHA DE ENSAYO : 04/06/2018
UB. MUESTRA : COMPLEJO HUAYCOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPIA; DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOSICA	N° DE REGISTRO : EL-C.L.T-01
DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA : C-1	
MUESTRA : N° 01	
PROF. (m) : 0.00 - 3.00	



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.168
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.079

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 85.8	0.2": 104.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 54.1	0.2": 76.1

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S	=	85.8 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S	=	54.1 (%)

OBSERVACIONES:

Figura N° 25: Ensayo de CBR-Cantera Comagsa.

Fuente: Ensayo de suelos emitido por la empresa ETXCON

La cantera Comagsa Antigua o Capala obtuvo un valor de CBR de 54.1% al 95% de la MDS.

b) Cantera Doris



Figura N° 26: Ensayo de CBR-Cantera Doris.

Fuente: Ensayo de suelos emitido por la empresa ETXCON

La cantera Doris obtuvo un valor de CBR de 55.8% al 95% de la MDS.

c) Cantera Nueva - Las torres

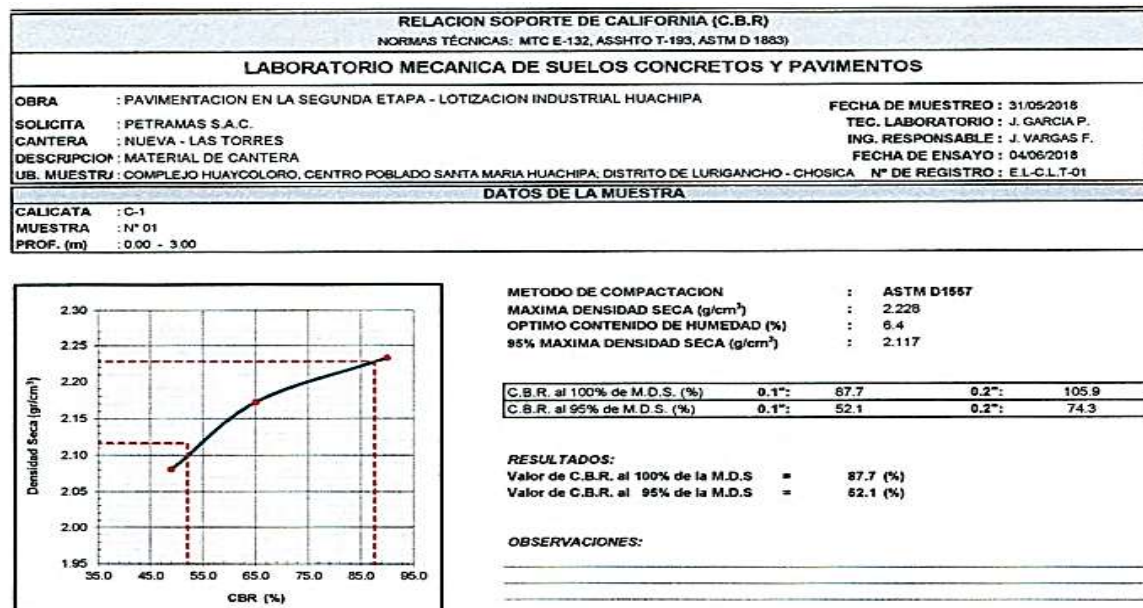


Figura N° 27: Ensayo de CBR-Cantera Las Torres.

Fuente: Ensayo de suelos emitido por la empresa ETXCON

La cantera Nueva – Las Torres obtuvo un valor de CBR de 52.1% al 95% de la MDS.

Teniendo conocimiento de los valores obtenidos se puede inferir que la Cantera Doris posee un mayor CBR; sin embargo, según el sitio de muestreo; es decir, la ubicación de la cantera más cercana se determinó que la más cercana era Comagsa Antigua, ubicada a 3.94 km del punto inicial del proyecto. En la Figura N° 28 y la Tabla N° 37 se detalla la ubicación de las canteras georeferenciadas:



Figura N° 28: Ubicación de las cuatro (04) calicatas por ETXCON- en kmz.

Fuente: Elaboración Propia – Google Earth.

Tabla N° 37: Coordenadas de las canteras

CANTERA	ESTE (X) m.	NORTE (Y) m.
Comagsa Antigua o Capala	294616.43	8680555.51
Doris	296750.43	8683633.97
Nuevas - Las Torres	297742.16	8682875.39

Fuente: Elaboración Propia.

Los materiales presentan una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas como se muestra en la Tabla N° 38.

Tabla N° 38: Tabla comparativa granulométrica

TAMIZ	Requerimientos granulométricos ASTM D 1241			Cantera Comagsa Antigua	Cantera Doris	Cantera Nueva - Las torres
	Porcentaje que pasa en peso			Porcentaje que pasa en peso		
	Gradación B	Gradación C	Gradación D			
50 mm. (2")	100			100	100	100
25 mm. (1")	75-95	100	100	85.6	85.5	85.5
9,5 mm.(3 / 8 ")	40-75	50-85	60-100	57.3	59.4	57.8
4,75 mm. (N.º 4)	30-60	35-65	50-85	50.01	52.6	50.8
2,0 mm. (N.º 10)	20-45	25-50	40-70	41.2	43.1	41.8
425 µm. (N.º 40)	15-30	15-30	25-45	24.7	24.9	24.6
75 µm. (N.º 200)	5-15	5-15	8-15	13	12.5	12.4
				Gradación B		

Fuente: Elaboración propia.

El material de la base granular cumple con los requerimientos para todas las canteras solicitadas, y todas son de Gradación B , de calificación de grava limo arcillosa con Arena (GC-GM) en SUCS y en AASHTO de calificación de A-1-a(0) especificada en esta norma como “Bueno”.

Entonces, clasificamos con más detalle el requerimiento granulométrico en dos partes, la primera llamada “Agregado Grueso” y una segunda llamada “Agregado Fino”.

a) Agregado Grueso

Se denominó así a los materiales retenidos de la malla N° 4, que provinieron de las canteras anteriormente mencionadas, la cual debe cumplir los requerimientos especificados en la Tabla N° 39:

Tabla N° 39: Resultados de ensayos para agregado grueso según requerimiento

Ensayo	Agregado Grueso			Altitud	Cantera Comagsa Antigua	Cantera Doris	Cantera Nueva - Las Torres
	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	< 3.000 msnm			
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	27.70%	28.40%	28.40%
Sales solubles totales (CL)	MTC E 219	D 1888	-	0,5% máx.	0.009%	0.010%	0.009%
Sales solubles totales (S)	MTC E 220	D 1888	-	0,5% máx.	0.021%	0.020%	0.019%

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cual se pudo inferir que para todas las canteras los ensayos cumplieron satisfactoriamente.

b) Agregado Fino

Se denominó así a los materiales retenidos de la malla N° 4, que provinieron de las canteras mencionadas anteriormente, los cuales deben cumplir los requerimientos especificados en la Tabla N° 40:

Tabla N° 40: Resultados de ensayos para agregado fino

Ensayo	Agregado Fino		Altitud	Cantera Comagsa Antigua	Cantera Doris	Cantera Nueva - Las Torres
	Norma MTC	Norma ASTM	< 3.000 msnm			
Índice plástico	MTC E 111	-	4% máx.	5.00%	3.00%	3.00%
Equivalente de arena	MTC E 114	-	35% mín.	39%	37%	38%
Sales solubles totales (S)	MTC E 219	D 1888	0,5% máx.	0.014%	0.002%	0.002%
Sales solubles totales (CL)	MTC E 220	D 1888	0,5% máx.	0.005%	0.005%	0.006%

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cual se puede inferir que para el caso de la cantera Comagsa Antigua, el Índice Plástico fue observado por norma, mientras que en Equivalente Arena el porcentaje es de 39%, que cumple con el mínimo establecido por la norma MTC E 114; por tal motivo, se planteó antes del descarte, el estudio de partes de la cantera Comagsa determinándose que específicamente cumple con los requisitos establecidos.

Después del análisis presentamos a través de la Tabla N°41 un resumen de los ensayos realizados descritos anteriormente.

Tabla N° 41: Características físico-químicas de la muestra

Cantera	Comagsa Antigua	Doris	Nueva - Las Torres
Ensayos Estándar			
Material que pasa la Malla N°200			
Malla N°200	13.0	12.5	12.4
Límites de consistencia			
Límite líquido (%)	28	24	25
Límite plástico (%)	23	21	22
Índice plástico (%)	5	3	3
Clasificación			
SUCS	GC - GM	GM	GM
AASHTO	A - 1 - a (0)	A - 1 - a (0)	A - 1 - a (0)
Contenido de Sales Solubles Totales			
CL (NPT 339.117)			
Agregado Grueso	0.009	0.010	0.009
Agregado Fino	0.005	0.005	0.006
S (NPT 339.178)			
Agregado Grueso	0.021	0.020	0.019
Agregado Fino	0.014	0.015	0.015
Ensayos Especiales			
Relación soporte de califormia (CBR)			
CBR al 100%	85.80%	85.60%	85.70%
CBR al 95%	54.10%	55.80%	52.10%
Ensayo de Abrasión de Los Ángeles			
Abrasión (%)	27.70%	28.40%	28.40%
Equivalente Arena			
Equivalente Arena	39.00%	37.00%	38.00%
Proctor modificado			
Máx. densidad seca (gr/cc)	2.188	2.237	2.228
Máx. densidad seca corregida (gr/cc)	2.317	2.355	2.346
Humedad óptima (%)	7.6	6.3	6.4
Humedad óptima corregida (%)	5.7	4.8	4.9
Inalterabilidad de los Agregados			
Agregado Grueso	7.70%	6.73%	7.59%
Agregado Fino	8.27%	8.03%	8.36%

Fuente: Elaboración propia.

Para agregados finos, se presentan datos recopilados para la Comagsa Antigua o Capala.

Tabla N° 42: Resultados del ensayo para agregados finos

TAMIZ	Requerimientos granulométricos ASTM D 1241			Cantera Capala			
	Porcentaje que pasa en peso			01/06/19	27/05/19	13/05/19	22/04/19
	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Porcentaje que pasa en peso			
50 mm. (2")	100			97.5	90.8	100	100
25 mm. (1")	75-95	100	100	80.7	71.1	82	80.7
9,5 mm. (3 / 8 ")	40-75	50-85	60-100	56.3	45.1	47.2	50.2
4,75 mm. (N.º 4)	30-60	35-65	50-85	45.1	34.3	35.1	38.7
2,0 mm. (N.º 10)	20-45	25-50	40-70	32.8	26.3	27.4	28.6
425 µm. (N.º 40)	15-30	15-30	25-45	19.1	16.8	15	14.7
75 µm. (N.º 200)	5-15	5-15	8-15	4.3	3.2	2.9	3.8
Gradación B							

Fuente: Elaboración Propia.

Se adjunta en el Anexo 04, los ensayos realizados en fechas mencionadas en el la Tabla N° 43, a través de tal información se puede concluir que la variación es mínima y depende de la correcta extracción muestra, para nuestro caso la cantera Comagsa Antigua se califica como “Gradación B”.

En función a la Tabla N° 36, de Valor Relativo de Soporte, CBR en base granular, se precisó en la Tabla N° 43 la comparación por fechas de CBR en la cantera Capala:

Tabla N° 43: Resultados del ensayo de Valor Relativo, CBR

Cantera Capala		25-jun-19	25-abr-19	27-may-19	13-may-19
CBR (%)	Mínimo 80%	173.10%	166.00%	166.00%	182.30%

Fuente: propia- especificaciones técnicas generales para construcción

El CBR obtenido de las muestras nos demuestra que los valores son mayores al 100% de la MDS, lo que indica que nuestro material GP-GW; es un excelente material para la realización de un pavimento no solo por su resistencia sino por el hecho que no es susceptible a la humedad; es decir, la resistencia de la piedra picada es prácticamente igual en seco que humedecida. Los suelos que combinan el agregado grueso e intermedio con finos plásticos (como las arenas gruesas y gravas, ambas limosas y/o arcillosas) tienen la ventaja de tener un cementante que aumenta la resistencia del suelo cuando la humedad baja.

Después del análisis presentamos en la Tabla N° 44 el resumen de los ensayos realizados y descritos anteriormente:

Tabla N° 44: Resultados de ensayos físico-químicos de la Cantera Capala

Cantera Capala	21/06/19	27/05/19	13/05/19	22/04/19
Ensayos Estándar				
Material que pasa la Malla N°200				
Malla N°200	4.3	3.2	2.9	3.8
Límites de consistencia				
Límite líquido (%)	21	19	20	18
Límite plástico (%)	17	16	17	15
Índice plástico (%)	4	3	3	3
Clasificación				
SUCS	GP	GW	GW	GW
AASHTO	A - 1 - a (0)	A - 1 - a (0)	A - 1 - a (0)	A - 1 - a (0)
Contenido de Sales Solubles Totales				
Sales Solubles (%)	0.2093%	-	-	0.1692%
Cloruros (%)	0.0572%	-	-	-
Sulfatos (%)	0.0417%	-	-	0.0268%
Ensayos Especiales				
Proctor Modificado				
Máx. densidad seca (gr/cc)	2.307	2.321	2.364	2.312
Máx. densidad seca corregida (gr/cc)	2.385	-	-	-
Humedad óptima (%)	6.762	5.25	6.680	5.47
Humedad óptima corregida (%)	5.487	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Base sin estabilizar

Para las características de la base sin estabilizar, se realizaron los siguientes ensayos (Figuras N° 29, 30, 31, 32 y 33) antes de la colocación del material in-situ.

		NTP 400.012	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADOS PETRAMÁS		Pág. 1 de 1
MUESTRA: HUSO 67 CANTERA: CAPALA PLANTA: PETRAMÁS		HORA DE MUESTREO: 03:29:04 p.m. FECHA DE MUESTREO: 23/09/2019 TECNICO: J. J.			
GRANULOMETRÍA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
MALLA	PEGO RETENIDO en grimos (%)	% RETENIDO (muestra/100)	% RETENIDO ACUMUL. (p-SUMA (c))	% PASANTE ACUMUL. (100 - (a))	MODULO DE FINEZA
					6.54
					TAMAÑO MÁXIMO
					1"
					(A) peso de tara (g) :
					150.0
					(B) muestra original húmeda(g):
					780.0
					(C) peso de muestra seca(g) :
					775.0
					% HUMEDAD
					0.80
					(D) peso de tara (g) :
					150.0
					(E) peso de muestra seca (g) :
					775.0
					(F) muestra después de lavado seca (g) :
					774.2
					%PASANTE DE M # 200
					0.13
					Sales solubles totales (ppm)
					164 ppm
					Cloruro solubles (ppm)
					31 ppm
					Abrasión - maquina de los angeles
					14.0%
					Peso unitario suelto (kg/m3)
					1359 kg/m3
					Peso unitario compactado (kg/m3)
					1413 kg/m3
FONDO	219.0	0.9	100.0	0.0	
TOTAL (g)	25286.5	100.0	MODULO FINEZA	6.54	EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE LA FAJA DE PRODUCCIÓN
El módulo de fineza: % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100					

Figura N° 29: Ensayo de granulometría.

Fuente: Petramás S.A.C.


		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			Codigo: R-NPLA-22	
					Ver. 02	
ENSAYO DE ABRASIÓN MAQUINA DE LOS ANGELES						
Obra : <i>Habilitación Industrial Huachipa Este</i>				Codigo Ensayo N		
Tramo : <i>Segunda Etapa</i>						
Muestra : <i>M-1</i>		Cantera <i>Capala</i>		Ing. Responsable <i>Ing Jose Barrueto</i>		
Material : <i>Base</i>				Fecha : <i>07/09/2019</i>		
Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C
37.500	1 1/2"	25.000	1"	1250		
25.000	1"	19.000	3/4"	1250		
19.000	3/4"	12.500	1/2"	1250		
12.500	1/2"	9.500	3/8"	1250		
9.500	3/8"	6.300	1/4"			
6.300	1/4"	4.750	N° 04			
4.750	N°4					
Peso Total (gr)				5000		
Perdida despues del ensayo (gr)				574		
Peso Obtenido (gr)				4426		
N° de Esferas				12		
Peso de las Esferas (gr)						
Porcentaje Obtenido (%)				11.5		

Figura N° 30: Ensayo de Abrasión de Los Ángeles.

Fuente: Petramás S.A.C.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS				Codigo: R-NPLA-14	
	EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)				Ver: 02	
PROYECTO : HABILITACION INDUSTRIAL HUACHIPA ESTE		REGISTRO :		FECHA : 08/09/2019		
Material : Afirmado Base		Profundidad : ---		N° de Muestra :		
Procedencia : Cantera Capala		Ubicación : ETAPA 2 / FASE 1				
Descripcion	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		09:30	09:32	09:34		
Hora de salida de saturación (mas 10")		09:40	09:42	09:44		
Hora de entrada a decantación		09:42	09:44	09:46		
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:02	10:04	10:06		
Altura máxima de material fino	mm	82.00	81.00	87.00		
Altura máxima de la arena	mm	33.00	31.00	31.00		
Equivalente de Arena	%	40.24	39.27	35.63		38

Figura N° 31: Ensayo de Equivalentes de Arena.
Fuente: Petramás S.A.C.

ENSAYO DE PARTICULAS CON CARAS FRACTURADAS NORMAS TECNICAS : MTC E 210 - ASTM D 5821							
A.- CON UNA CARA FRACTURADA							
TAMAÑO DEL AGRAGADO			PESO POR MALLAS (A)	CARAS FRACTURADAS (1 CARAS) (B)	PORCENTAJE POR MALLAS (%)	PESO TOTAL DE LA MUESTRA	CARAS FRACTURADAS (%)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	EN TAMIZ					
			(gramos)	(gramos)	((B/A)*100)		
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"		503.4	233	46.29		
1/2"	3/8"		300	244	81.33		
TOTAL			803.4	477		803.4	63.8
B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DEL AGRAGADO			PESO POR MALLAS (A)	CARAS FRACTURADAS (1 CARAS) (B)	PORCENTAJE POR MALLAS (%)	PESO TOTAL DE LA MUESTRA	CARAS FRACTURADAS (%)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	EN TAMIZ					
			(gramos)	(gramos)	((B/A)*100)		
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"		503.4	314	62		
1/2"	3/8"		300	200	67		
TOTAL			803.4	514		803.4	64.5

Figura N° 32: Ensayo de caras fracturadas.
Fuente: Petramás S.A.C.

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS NORMAS TECNICAS ASTM D 4791													
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
TAM2 (PULG)	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
3"	76.2000												
2"	50.8000												
1 1/2"	38.1000												
1"	25.4000												
3/4"	19.0500			100.0									
1/2"	12.7000	7251.0	51.3	48.7	915.0	12.6	6.5	66.1	0.9	0.5	6234	86.0	44.1
3/8"	9.5250	6890.5	48.7	0.0	1148.0	16.7	8.1	39.2	0.6	0.3	5703	82.8	40.3
totales		14142					14.6			0.7			84.4
PESO TOTAL DE LA MUESTRA							(g)	14141.5					
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO							(%)	8.4					
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (Especificación Máx de Proyecto)							(%)	15.0					

Figura N° 33: Ensayo de partículas chatas y alargadas.
Fuente: Petramás S.A.C.

Según los ensayos de CBR presentados y adjuntados en el Anexo 04, se promediaron los CBR de los ensayos a fin de obtener el CBR para la base sin estabilizar (Tabla N° 45).

Tabla N° 45: Resultados del ensayo de CBR

Ensayo CBR (%)		CBR1	CBR2	CBR PROM
CBR (%)	Mínimo 80%	56.70%	43.80%	50.25%

Fuente: Elaboración Propia.

Para el diseño del CBR al 95% se tomó el valor de 50.25% para base sin estabilizar.

5.3.3 Base estabilizada con cloruro de calcio

MTC (2014) señala que el cloruro de calcio trabaja de forma similar a la sal común, el cual ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino.

La dosificación es de 1% - 3% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. Generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca. (Pág. 299)

- Recomendaciones al usar el producto:

QUIMPAC S.A.C., la empresa que suministra a la empresa Petramás S.A.C. en el uso del estabilizante cloruro de calcio recomendó lo siguiente:

- Los suelos que se usan deben estar limpios y no deben tener más del 3% de su peso de materia orgánica
- El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de costras:

Las costras es parte de la degradación física propiciada por la pérdida de materia orgánica y/o el efecto del tránsito de la maquinaria pesada .usualmente se le llama a la lámina fina sobre la superficie del suelo que ha perdido gran parte de su porosidad y que alcanza un espesor aproximado de unos 0.5 a 2 cm de espesor.

Los trabajos de compactación deberán ser terminadas en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla.

- ✓ Requisitos de campo de la mezcla suelo-cloruro calcio.
- La compactación no debe ser menor de a 100 % de la máxima densidad.
- Concluido el proceso de compactación, se inicia un proceso natural de curado que por lo general dura de 7 a 15 días, (después de 3 horas concluido el proceso de compactación de la capa se podrá abrir el transito)

Formándose una capa compacta que mantiene las partículas gruesas cohesionadas e impermeables, dando origen a una carpeta de rodado estable sin deformación superficiales de barro o polvo en suspensión.

La ficha técnica de cloruro de calcio se adjunta en el Anexo 03.

- Requisitos para estabilizar con cloruro de calcio:

A continuación se detalla que en función a la Tabla N° 2, se precisa que el suelo que posee la vía en investigación cumple con los requisitos.

- ✓ Requisito según Tipo de suelo

Según la Tabla N° 44 el tipo de suelo A - 1 - a (0); en consecuencia, cumple con el requisito de las Especificaciones proporcionadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- ✓ Requisito según Índice de Plasticidad:

Mediante la Tabla N° 46 se demostró que el suelo no posee un suelo con un IP mayor de 15% (Ensayo realizado el 22/04/19).

Tabla N° 46: Constantes físicas de la muestra

Constantes física de la muestra	
Límite líquido	18
Límites plástico	15
Índice de plasticidad	3

Fuente: Petramás S.A.C.

- ✓ Requisito según valor obtenido en ensayo de Sulfatos:

A través la Tabla N° 44 se demostró que el suelo posee un porcentaje menor al 3% pues según el ensayo realizado el 22/04/19 posee un 0.0268%.

- ✓ Requisito según valor obtenido en ensayo de Abrasión Los Ángeles:

Mediante la Tabla N° 41 se demostró que el suelo posee un porcentaje menor al 50% pues según el ensayo realizado posee un 27.7%.

- Según las limitaciones por las cuales no se podría estabilizar con cloruro de calcio

- ✓ Cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea menor o igual a 6°C.

En la Figura N° 34 se aprecia que la temperatura del ambiente es de 22.8%; por tanto, es factible la estabilización con cloruro de calcio.



Figura N° 34: Ensayo de partículas chatas y alargadas.
Fuente: Petramás S.A.C.

✓ Durante precipitaciones pluviales

La estabilización con cloruro de calcio se realizó en el mes de junio de 2019 sin ninguna interrupción o dificultad. Según el calendario de peligros del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, la temporada de lluvias es frecuente durante los meses de setiembre a marzo.

✓ Durante precipitaciones pluviales

La estabilización con cloruro de calcio se realizó en el mes de junio de 2019 sin ninguna interrupción o dificultad. El Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI confirma mediante el calendario de peligros que junio no se encuentra dentro de periodo que comprende la temporada de lluvias.

5.3.4 Descripción de trabajos realizados

5.3.4.1 Levantamiento de fallas

Según el alcance de nuestra presente tesis, en el mes de junio iniciamos el levantamiento de fallas superficiales en la base sin estabilizar existente, al no estar pavimentado se consideró lo siguiente:

a) Ahuellamiento:

En la base afirmada sin estabilizar, encontramos presente huellas profundas causadas por la falta de pavimentación además (sistemas, 2016) estas son causadas por la depresión longitudinal continua a lo largo de las huellas de canalización del tránsito. Ya sea por

agua o deficiente calidad (falla por corte, compresión o desplazamiento lateral material).
(Ver Figura N° 35)



Figura N° 35: Vía de estudio – Ahuellamiento.

Fuente: Elaboración Propia.

En la parte inferior se puede apreciar el ahuellamiento creciente en la base afirmada causada por la cantidad de vehículos pesados que transitan.

b) Desintegraciones por peladuras

Desprendimiento de pequeños trozos de material, originando pequeños hoyos y cavidades, estas son causadas por espesor reducido. (Ver Figura N° 36 y N° 37)



Figura N° 36: vía de estudio-Detalle de ahuellamiento.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 37: Vía de estudio- Detalle de ahuellamiento y vehículos pesados.
Fuente: Elaboración propia.

c) Corrugación o Calaminado

Percibimos una serie de huellas espaciadas entre intervalos en donde ocurren pequeñas depresiones que están ubicadas perpendicularmente a la dirección del tránsito. (Ver Figura N° 38 y N°39).



Figura N° 38: Vía de estudio – Vista de falla por corrugación o calaminado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 39: Vía de estudio- Detalle de falla por corrugación o calaminado.

Fuente: Elaboración propia.

d) Falla por infiltración:

En este caso, contamos como falla por infiltración, el cual origina baches por erosión, ya que se forma pozetas de acumulación de agua. (Ver Figura N° 40 y 41)



Figura N° 40: Vía de estudio – Vista de falla por infiltración.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 41: Vía de estudio- Detalle de falla por infiltración.

Fuente: Elaboración Propia.

e) Baches

Los baches son fallas localizadas en la superficie en nuestro caso de la base, que está formado de oquedades cóncavas, mayores a 15 cm, los principales factores que originan los baches son por daños por humedad, por fatiga, tránsito vehicular y un mal drenaje. (Ver Figura N° 42 y N° 43)



Figura N° 42: Vía de estudio- Vista de falla por baches.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 43: Vía de estudio- Detalle de falla por baches.

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.4.2 Análisis de cantera

✓ Cantera Comagsa – Subdivisión Capala

En la primera imagen apreciamos parte de la cantera, el tamizador compuesto de mallas, parte del depósito de material granular. (Ver Figura N° 44 y 45)



Figura N° 44: Vista de Cantera Comagsa.

Fuente: Elaboración Propia.

Tamiz separador construido para piedra chancada $\frac{1}{2}$ " y mayores de 1".



Figura N° 45: Zaranda

Fuente: Elaboración Propia.

Depósito de la maquinaria una vez tamizado los agregados, el cual posteriormente tiene un tratamiento. (Ver Figura N° 46 y N°47)



Figura N° 46: Acumulación de agregado en la Cantera Comagsa

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 47: Acceso a la Cantera Comagsa

Fuente: Elaboración Propia

Una vez depositado según el procedimiento estandarizado se procede a realizar pozos separados para humedecer el material. (Ver Figura N° 48)



Figura N° 48: Pozos para humedecer material

Fuente: Elaboración propia

Material fisurado, desechable. (Ver Figura N° 49)



Figura N° 49: Material fisurado

Fuente: Elaboración propia

5.3.4.3 Base estabilizada

Dentro del alcance de nuestra presente tesis, presentamos los resultados obtenidos en la base estabilizada. (Ver Figura N° 50)



Figura N° 50: Vía de estudio-Base estabilizada

Fuente: Elaboración propia

Para la extracción de la muestra para realizar el ensayo de CBR (%) y de Proctor modificado de la base ya estabilizada se procedió de la siguiente forma (Ver Figura N°51):



Figura N° 51: Vía de estudio- extracción de la muestra

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a la extracción de la muestra alterada de la base estabilizada. (Ver Figura N° 52).



Figura N° 52: Vía de estudio- extracción de la muestra alterada de la base.

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la siguiente imagen, la consistencia uniforme de la base estabilizada. (Ver Figura N° 53)



Figura N° 53: Vía de estudio- Consistencia de base

Fuente: Elaboración propia

El pavimento estabilizado como acabado final se nos muestra en la siguiente imagen (Ver Figura N° 54).



Figura N° 54: Vía de estudio- Acabado final

Fuente: Elaboración propia

5.3.5 Definición de parámetros para la base

La cantera que se empleó para extraer material fue “Comagsa Antigua”, debido a las óptimas condiciones que posee; por tal motivo, se la escogió para realizar ensayos a la base.

Los ensayos realizados a la base sin estabilizar fueron realizados por ORION LABORATORIOS E.I.R.L. y los realizados a la base estabilizada fueron por MNS Geotécnica E.I.R.L. en relación a las MTC (2013), el cual establece los criterios técnico-legales para su ejecución.

a) California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132

Se realizaron dos (02) ensayos de CBR la base, a continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados a la base granular (Ver Tabla N° 47).

Tabla N° 47: Número de ensayos CBR al 95% de la MDS sin estabilización

N° Ensayos CBR al 95% de la MDS	
Ensayo 01	Ensayo 02
56.70%	43.80%
Promedio = 50.25%	

Fuente: Elaboración propia – Ensayos CBR realizados.

Para el suelo estabilizado, se realizaron dos (02) ensayos de CBR. En la Tabla N° 48 se presentan los resultados de los ensayos realizados a la base granular estabilizada:

Tabla N° 48: Número de ensayos CBR al 95% de la MDS estabilizada

N° Ensayos CBR al 95% de la MDS	
Ensayo 01	Ensayo 02
117.54%	112.00%
Promedio = 114.77%	

Fuente: Elaboración propia – Ensayos CBR realizados.



Figura N° 55: Ejecución del ensayo CBR por MNS Geotécnica E.I.R.L.

Fuente: Ensayo realizado.

Se realizó el ensayo CBR (Figura N° 55), se procedió a comparar los resultados (Tabla N° 49) obtenidos a fin de determinar las modificaciones en su estructura físico-química.

Tabla N° 49: Comparación entre base sin estabilizar y estabilizada con cloruro de calcio

Descripción de capa	Valor obtenido (CBR)
Base sin estabilizar (a)	50.25%
Base estabilizada (b)	114.77%
(b) - (a)	64.52%

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia un incremento de 64.52% en el CBR, lo que indica que el haber estabilizado el material base elevó su capacidad portante; es decir, tendrá una mayor vida útil frente a factores como el clima, los esfuerzos de los vehículos que transitan, entre otros.

b) Proctor modificado ASTM D-1557, MTC-E115

El ensayo del Proctor Modificado nos sirve como control de calidad de compactación del terreno, a través del mismo se determinó la densidad máxima seca en relación a su grado de humedad.

Los valores representativos para Densidad Máxima Seca y Porcentaje Óptimo Contenido de Humedad que fueron realizados se visualizan en la Figura N° 56.

METODO DE COMPACTACION : "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO PARA CBR						
Peso suelo + molde	gr	11216	11450	11499	11327	
Peso molde	gr	6306	6306	6306	6306	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4910	5144	5193	5021	
Volumen del molde	cm ³	2124	2124	2124	2124	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.312	2.422	2.445	2.364	
Recipiente N°		G24	B6	K2	D17	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	834.00	952.00	931.00	944.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	820.00	920.00	890.00	893.08	
Tara	gr	268.00	267.00	267.00	266.00	
Peso de agua	gr	14.0	32.0	41.0	50.9	
Peso del suelo seco	gr	552.0	653.0	623.0	627.1	
Contenido de agua	%	2.54	4.90	6.58	8.12	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.254	2.309	2.294	2.186	
					Densidad máxima seca (gr/cm ³)	2.312
					Óptimo Contenido de Humedad (%)	5.47

Figura N° 56: Ensayo Proctor Modificado por ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Fuente: Ensayo realizado.

Mientras que los valores obtenidos del Proctor Modificado realizado a la base estabilizada fueron los visto en la Figura N° 57.

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³) :	2.332
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	6.4

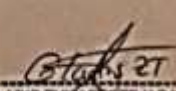

 GLADYS ZURUMETA TEJADA
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 193693

Figura N° 57: Ensayo Proctor Modificado por MNS Geotécnica E.I.R.L.

Fuente: Ensayo realizado.



Figura N° 58: Ejecución del ensayo Proctor Modificado por MNS Geotécnica E.I.R.L.

Fuente: Ensayo realizado.

Los ensayos, pruebas, fotografías, documentos, (Figura N° 58) han sido anexados para su comprobación, separados por subcapítulos especificados. Los datos obtenidos serán utilizados para el diseño de método AASHTO 93.

5.4 Presentación de resultados para el diseño por Método AASHTO

5.4.1 Ejecución del Método AASHTO con Excel

Se diseñará un pavimento flexible para una carretera cuyas características son las siguientes:

Tipo de vía	Carretera principal
Ubicación	Lima
N° de carriles	2
Periodo de diseño (años)	20
Tasa anual de crecimiento (%)	2

El estudio de tránsito ha determinado que el IMD fue distribuido de la siguiente forma:

Automóviles	100	0	0
Camionetas	100	0	0
Combis	50	0	0
Omnibuses (B2)	60	4.153	249.18
Camiones 2 ejes (C2)	270	4.153	1121.31
Camiones 3 ejes (C3)	848	2.703	2292.144
Semitrayler (T2S1)	150	7.683	1152.45
Trayler (T2S2)	150	6.233	934.95
Trayler (T2S3)	50	6.063	303.15

IMD	1778	Veh. en ambas direcciones	EE	6053.184
-----	------	---------------------------	----	----------

La exploración de campo determinó como capacidad portante del terreno (CBR) de la subrasante que igual a 49.53.

Para el cálculo del EAL de diseño:

IMD (veh/día)	1778
N° vehículos pesados	1528

N° de vehículos pesados en el carril de diseño:

% EAL de 18 Kips en el carril de diseño	80%
% de camiones en el carril de diseño	50%
Calculo	611.2
Redondeando N° veh. por carril	611

Distribuido de la siguiente forma:

Omnibuses (B2)	24	redondeo:	24
Camiones 2 ejes (C2)	108	redondeo:	108
Camiones 3 ejes (C3)	339.2	redondeo:	339
Semitrayler (T2S1)	60	redondeo:	60
Trayler (T2S2)	60	redondeo:	60
Trayler (T2S3)	20	redondeo:	20
	611.2		611

- Cálculo del factor camión (TF):

TIPO	Carga por eje delantero (Ton)	Carga por eje posterior(Ton)			Factor camión (TF)
		1	2	3	
Omnibuses (B2)	7	11			
LEF	0.623	3.53			4.153
Camiones 2 ejes (C2)	7	11			
LEF	0.623	3.53			4.153
Camiones 3 ejes (C3)	7	18			
LEF	0.623	2.08			2.703
Semitrayler (T2S1)	7	11	11		
LEF	0.623	3.53	3.53		7.683
Trayler (T2S2)	7	11	18		
LEF	0.623	3.53	2.08		6.233
Trayler (T2S3)	7	11	25		
LEF	0.623	3.53	1.91		6.063

Fuente: Elaboración propia.

- Calculo del factor de crecimiento (GF) del tránsito futuro:

$$\text{Factor (GF)} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}, \text{ donde } r = \text{tasa}/100$$

n (años)	<u>20</u>
r	<u>2%</u>
GF	<u>24.297</u>

- Cálculo del EAL de diseño:

TIPO	Veh/año	TF	GF	EAL
Omnibuses (B2)	8760	4.153	24.2973698	883945.1165
Camiones 2 ejes (C2)	39420	4.153	24.2973698	3977753.024
Camiones 3 ejes (C3)	123735	2.703	24.2973698	8126393.946
Semitrayer (T2S1)	21900	7.683	24.2973698	4088219.558
Trayer (T2S2)	21900	6.233	24.2973698	3316656.58
Trayer (T2S3)	7300	6.063	24.2973698	1075399.158
EAL				21468367.38
				2.15E+07

EAL	21X10 ⁶
-----	--------------------

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo del Módulo Resiliente (Mr)

A través de la fórmula 2 (Pág. 31), se determinó que el Módulo Resiliente fue de:

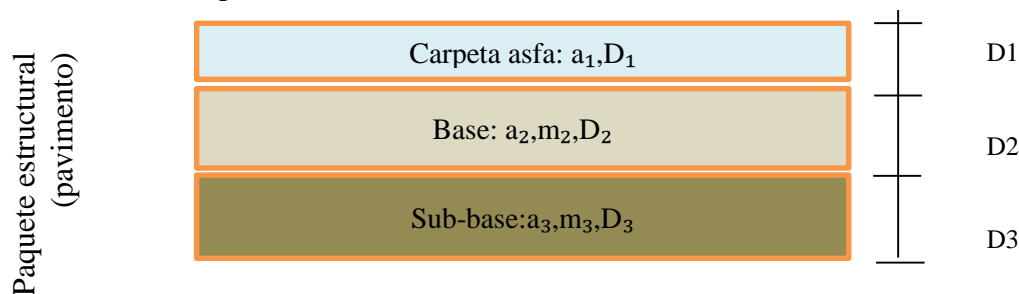
$$Mr = \underline{31053.21959} \quad \text{psi} \approx \underline{3.11E+04}$$

- Coeficiente de aporte estructural

Los coeficientes de aporte estructural: a_1, a_2 y a_3 están en función del tipo de material de cada capa:

Capa superficial de concreto asf.(capa estabilidad alta)	a_1	<u>0.44</u>
Capa de base de piedra triturada	a_2	<u>0.14</u>
Capa de sub-base de grava arenosa	a_3	<u>0.12</u>

- Estructura del pavimento



Nivel de confiabilidad (Arteria principal)

$$R = \frac{95\%}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Desviación estándar normal:

$$Z_R = \frac{-1.645}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Desviación estándar para pavimentos flexibles:

$$S_o = \frac{0.45}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Serviciabilidad inicial:

$$P_o = \frac{4.2}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Serviciabilidad final:

$$P_t = \frac{3}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Variación de la serviciabilidad:

$$\Delta PSI = \frac{1.2}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

Con la información obtenida se procedió a determinar los espesores de la base y la carpeta de rodadura como a continuación se visualiza en las Figuras N° 59 y 60 para la base sin estabilizar y estabilizada con cloruro de calcio.

a) Dimensionamiento de espesores con base sin estabilizar:

Carpeta de rodadura	D1 (in)	8.89
	D1 (cm)	22.5806
	D1 (cm)	15
	SN ₁	2.55
Base	D2 (in)	9.53
	D2 (cm)	24.2062
	D2 (cm)	20
	SN ₂	1.83

Figura N° 59: Dimensionamiento de espesores con base sin estabilizar.

Fuente: Elaboración propia.

$$D1 \geq \frac{SN_b}{a_1} = \frac{3.84}{0.44} = 8.89" = 22.58 \text{ cm}, \quad SN_1 = \frac{15 \times 0.44}{2.54} = 2.55 \text{ cm}$$

$$D2 \geq \frac{SN_{sb} - SN_1}{a_2 m_2} = \frac{3.86 - 2.55}{0.14 \times 1} = 9.53" = 20.21 \text{ cm}, \quad SN_2 = \frac{0.14 \times 1 \times 20}{2.54} + 0.75 = 1.83 \text{ cm}$$

$$SN \text{ suministrado} = SN_1 + SN_2 = 2.55 + 1.83 = 4.38 \text{ cm}$$

De la fórmula N° 5 sobre ecuación básica para el diseño del pavimento se determinó que el número estructural (SN calculado) es 3.84 cm. Para que el pre dimensionamiento de los espesores sea conforme se considera que debe cumplir con lo siguiente:

$$SN_{\text{suministrado}} > SN_{\text{calculado}} \dots (11)$$

4.38 cm > 3.84 cm; por lo tanto, es conforme.

b) Dimensionamiento de espesores con base estabilizada con cloruro de calcio:

Carpeta de rodadura	D1 (in)	7.04
	D1 (cm)	17.8816
	D1 (cm)	15
	SN ₁	2.55
Base	D2 (in)	9.53
	D2 (cm)	24.2062
	D2 (cm)	20
	SN ₂	1.56

Figura N° 60: Dimensionamiento de espesores con base estabilizada.

Fuente: Elaboración propia.

$$D1 \geq \frac{SN_b}{a_1} = \frac{3.04}{0.44} = 7.04" = 17.88 \text{ cm}, \quad SN_1 = \frac{15 \times 0.44}{2.54} = 2.55 \text{ cm}$$

$$D2 \geq \frac{SN_{sb} - SN_1}{a_2 m_2} = \frac{3.86 - 2.55}{0.14 \times 1} = 9.53" = 24.21 \text{ cm}, \quad SN_2 = \frac{0.14 \times 1 \times 15}{2.54} + 0.75 = 1.56 \text{ cm}$$

$$SN_{\text{suministrado}} = SN_1 + SN_2 = 2.55 + 1.56 = 4.11 \text{ cm}$$

De la fórmula N° 5 sobre ecuación básica para el diseño del pavimento se determinó que el número estructural (SN calculado) es 3.84 cm. Para que el pre dimensionamiento de los espesores sea conforme se considera que debe cumplir con la fórmula N° 11.

4.11 cm > 3.84 cm; por lo tanto, es conforme.

5.4.2 Comprobación mediante un programa para el diseño

En el software "Ecuación AASHTO 93" se introdujeron los valores calculados anteriormente; es decir, el nivel de serviciabilidad inicial y fino; módulo resiliente de la capa, y número de ejes. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 95 % Zr=-1.645 So = 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial = 4.2 PSI final = 3		Módulo resiliente de la subrasante Mr = 053.21959 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos:			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec [psi]		Coficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc [psi]		Coficiente de drenaje - [Cd]	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 21000000 <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 3.84	
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Figura N° 61: Dimensionamiento según ecuación AASHTO 93.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede comprobar mediante la Figura N° 61 que el Número Estructural para un EAL de 21×10^6 es de 3.84, valor que corresponde al obtenido de la fórmula N° 5 sobre ecuación básica para el diseño del pavimento.

5.4.3 Resultado obtenidos mediante el método AASHTO 93

En las Tablas N° 50 y 51, se observa que el dimensionamiento de las capas posee una diferencia de 5 cm en la carpeta de rodadura y de 2 cm en la base; es decir, que los espesores disminuyen al estabilizar la estructura.

Tabla N° 50: Comparación de espesores

Capa		Base sin estabilizar	Base estabilizada
Carpeta Asfáltica	D1 (in)	6.87	8.03
	D1 (cm)	17.4498	20.3962
	D1 (cm)	15	20
	SN1	2.55	3.4
Base	D2 (in)	10.65	4.44
	D2 (cm)	27.051	11.2776
	D2 (cm)	28	30
	SN2	2.26	1.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 51: Dimensionamiento final de espesores

Capa		Base sin estabilizar	Base estabilizada
Carpeta Asfáltica	D1 (cm)	15	15
Base	D2(cm)	20	15

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Contrastación de hipótesis

5.5.1 Hipótesis general

Ha: El uso del cloruro de calcio influye en la mejora de las características del suelo del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., ubicado en la quebrada Huaycoloro, en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.

Ho: El uso del cloruro de calcio no influye en la mejora de las características del suelo del Malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., ubicado en la quebrada Huaycoloro, en el distrito de Lurigancho, provincia de Lima.

El cloruro de calcio genera que el afirmado tenga un aspecto superficial similar a la estructura cuando es pavimentada, la estabilización es eficiente para mitigación de polvo al paso de los vehículos; además, proporciona la retención de líquido necesarios y contracción de las arcillas ante la presencia de agua.

Por consiguiente, se valida nuestra hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.5.2 Hipótesis específicas

a) Hipótesis específica 1 :

Ha: Las características que posee el suelo natural ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán la necesidad de utilizar el estabilizante del cloruro de calcio.

Ho: Las características que posee el suelo natural ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., no demostrarán la necesidad de utilizar el estabilizante del cloruro de calcio.

En el Capítulo V, ítem 5.3.4.1 “Levantamiento de fallas”, se muestra que en la base actual existe falla por ahuellamiento, desintegraciones por peladura, corrugación o calaminado. Además, mediante los ensayos realizados a la sub base se comprobó que a pesar de tener un CBR de 49.53%, Tabla N° 31, se presenta la necesidad de utilizar el estabilizante cloruro de calcio.

En tal sentido, nuestra hipótesis alterna resulta válida y la hipótesis nula es rechazada.

b) Hipótesis específica 2 :

Ha: Las características que posee el suelo estabilizado con cloruro de calcio en comparación con el suelo natural, ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán un incremento en su CBR.

Ho: Las características que posee el suelo estabilizado con cloruro de calcio en comparación con el suelo natural, ubicado en las vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., demostrarán que no existe un incremento en su CBR.

Mediante la Tabla N° 46 se demuestran los valores de CBR con un incremento considerable obtenidos a través de los ensayos realizados, esto garantiza un mejor comportamiento estructural de la vía, debido a la estabilización.

En consecuencia, por lo expuesto, se valida nuestra hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

c) Hipótesis específica 3:

Ha: Mediante el método ASSHTO 93 se comprobará que los espesores de las capas granulares del suelo estabilizado con cloruro de calcio serán menores que las del suelo natural, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro.

Ho: Mediante el método ASSHTO 93 se comprobará que los espesores de las capas granulares del suelo estabilizado con cloruro de calcio no serán menores que las del suelo natural, ubicado en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C., en la quebrada Huaycoloro.

A través del método AASHTO 93, se determinó que los espesores de las capas granulares proporcionan un mejor desempeño en la estructura estabilizada respecto de la

no estabilizada, lo que genera la necesidad de menores espesores de capa. Esto se demuestra en el desarrollo del Capítulo V.

Por lo tanto, nuestra hipótesis alterna resulta valida y la hipótesis nula es rechazada.

CONCLUSIONES

- 1) Se logró determinar que el cloruro de calcio ayuda a absorber su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente lo que hace de esta sal un producto muy eficaz como mitigador de la emisión de polvo que es generado por los vehículos los cuales también generan deterioros con facilidad y requieren de periódicas intervenciones para mantenerlas en condiciones aceptables, comprobándose su efectividad como agente estabilizador de afirmados en carreteras en el mejoramiento de sus características.
- 2) De los ensayos realizados a la sub-rasante tiene baja plasticidad se determinó que es un suelo poco arcilloso; asimismo, obtuvo un CBR de 49.53% que en función a la Tabla N° 7 posee una categoría de “Sub-rasante excelente” al ser mayor a 30%. Para la base, los ensayos de CBR realizados se obtuvo un valor promedio de 50.25% y para base estabilizada, 144.77%; en tal sentido, se concluye en que el uso del 40% de cloruro de calcio, logró conseguir un incremento considerable de la capacidad de soporte CBR en suelos arenosos y gravosos, obteniendo una mejoría de 64.52%.
- 3) En relación al estudio de tráfico proporcionado por la municipalidad centro poblado “Las Tunas”, se determinó que 85,93% de los vehículos que transitan por la vía son pesados, lo que genera un mayor desgaste de la estructura; por tal motivo, se debió elevar la capacidad portante del suelo existente.
- 4) En relación al diseño de las capas granulares (Figuras N° 59 y 60), la base estabilizada con cloruro de calcio necesita un menor espesor de carpeta asfáltica y base; lo que genera menor inversión en su ejecución en relación al no estabilizado.
- 5) La ejecución del proyecto beneficia directamente a las Asociaciones “La Florida” y “El Ayllu”, los negocios e industrias, ubicadas a 15m del malecón Huaycoloro en vías de acceso a Bryson Hills S.A.C a lo largo de la quebrada Huaycoloro debido a que el cloruro de calcio suprime el polvo reduciendo la vulnerabilidad de la población a contraer enfermedades; asimismo, genera el desarrollo

socioeconómico y técnicamente, general un incremento en la vida útil de la estructura, proporcionándole mayor capacidad portante frente a factores como el clima, el peso de los vehículos pesados, entre otros.

- 6) La empresa Petramás S.A.C. nos proporcionó los ensayos realizados de cada exploración; es decir, sub-rasante, fueron realizados ETXCON, la base sin estabilizar por ORION LABORATORIOS E.R.L y los realizados a la base estabilizada, por MNS Geotécnica E.I.R.L; asimismo, se resalta que formamos parte del equipo técnico durante su realización.
- 7) El CBR promedio de la sub-rasante es del 49.53%; por lo tanto, la categoría que posee según el Manual de Carreteras: “Suelo, Geología, Geotécnica y Pavimentos” es de “excelente” al ser mayor a 30%; asimismo, se concluye que debido a que la calidad del material a emplearse es superior, el proyecto no contempló una sub-base en su estructura.
- 8) La cantera que se empleó para extraer material fue “Comagsa Antigua”, debido a las óptimas condiciones que posee; por tal motivo, se la escogió para realizar ensayos a la base según el análisis precisado en el Capítulo V.
- 9) De la Tabla N°29, se concluye que después de transcurrido los veinte (20) años del horizonte del proyecto, con un índice de 1778 veh/día; y teniendo como referencia la Tabla N° 10, la vía en estudio es de segunda clase.

RECOMENDACIONES

- 1) Existen aspectos que pueden complementar la investigación como son los estudios realizados del proyecto a largo plazo, pues con tal información se puede determinar las ventajas de estabilizar la vía con cloruro de calcio.
- 2) La aplicación del estabilizante químico “cloruro de calcio” varía en relación a las características mecánicas y físicas que posee la base a estabilizar así como de las condiciones en las que se encuentra sometido tales como el clima, tráfico, entre otro; por tal motivo, se recomienda tener los mencionados factores a fin de realizar el diseño de la base estabilizada.
- 3) Los ensayos al suelo estabilizado con cloruro de calcio, especialmente en los límites de consistencia, deben realizarse al mismo tiempo pues al mezclarse con agua capturan la humedad del ambiente generando cambios en los resultados.
- 4) Se recomienda realizar una investigación más a fondo del cloruro de calcio como estabilizante de suelos granulares debido a que se observó un incremento del 64.52% en el CBR respecto del suelo natural sin tratamiento.

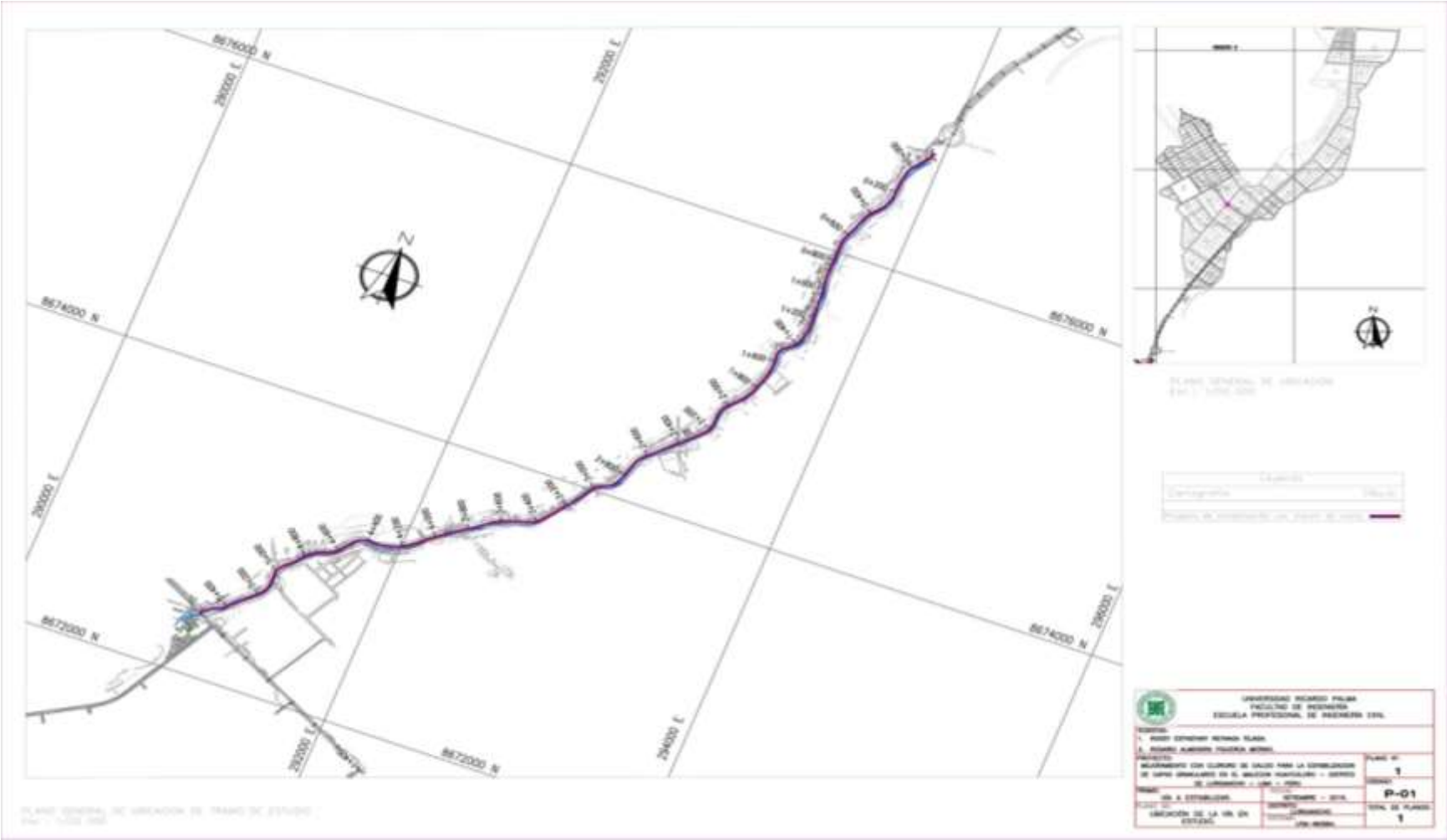
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrán Parra, M. A., & Copado Beltrán, J. A. (2011). *“Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimento en la colonia San Juan Capistran de Ciudad Obregón, Son. Obregón, México: Repositorio ITS.*
- Bonifacio Vergara, W. M., & Sánchez Bernilla, J. A. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque.* Lambayeque: Repositorio Institucional - USS.
- Bradaja M., D. (2007). *Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.* México: Editorial THOMSON INTERNATIONAL.
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur.* Quito, Perú: Repositorio de la UIDE.
- Gutiérrez Montes, C. A. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio.* Lima, Perú: Repositorio de la URP.
- IMT. (2002). Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terretres. *Secretaria de comunicaciones y transportes*, 11.
- Martínez Santos, J. (2012). *Evaluación del Mejoramiento de Suelos Arcillosos Empleando Materiales Cementantes.* Xalapa, México : Repositorio de UV.
- Mateos de Vicente, M. (1998). *Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras.* España: Revista del Colegio de Ingenieros Tecnicos de Obras publicas.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2015). *Norma tecnica CE.010.*
- MTC. (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito.* Lima, Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- MTC. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.* Lima: MTC.
- MTC. (2014). Manual de Carretera: "Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimento". En MTC, *Manual de Carretera: "Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimento"* (pág. 21). Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales.*
- Orobio, A., Portocarrero, L. M., & Serna, L. (2007). Evaluacion del cloruro de calcio como agente mitigador de polvo en vías en afirmado. *Revistas Unal.*
- Ponce Crispín, D. K. (2018). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica.* Huancavelica, Perú: Repositorio Institucional - UNH.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (2003). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas vol. 1 y 2.* México: LIMUSA.
- Salamanca Niño, M. A., & Zuluaga Bautista, S. A. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del asfalto para la vía la Ye-Santa Lucia Barranca Lebrija entre los Abciscas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del Cesar.* Bogotá, Colombia: Repositorio de UCC.

- Santiago, M. (2005). *Estabilizacion de Suelos*. Comodoro Rivadavia, Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
- sistemas, D. g. (2016). *Identificacion de fallas en pavimentos y tecnicas de reparacion* .
- Valle Rodas, R. (2015). *Carreteras, Calles y Aeropistas*.

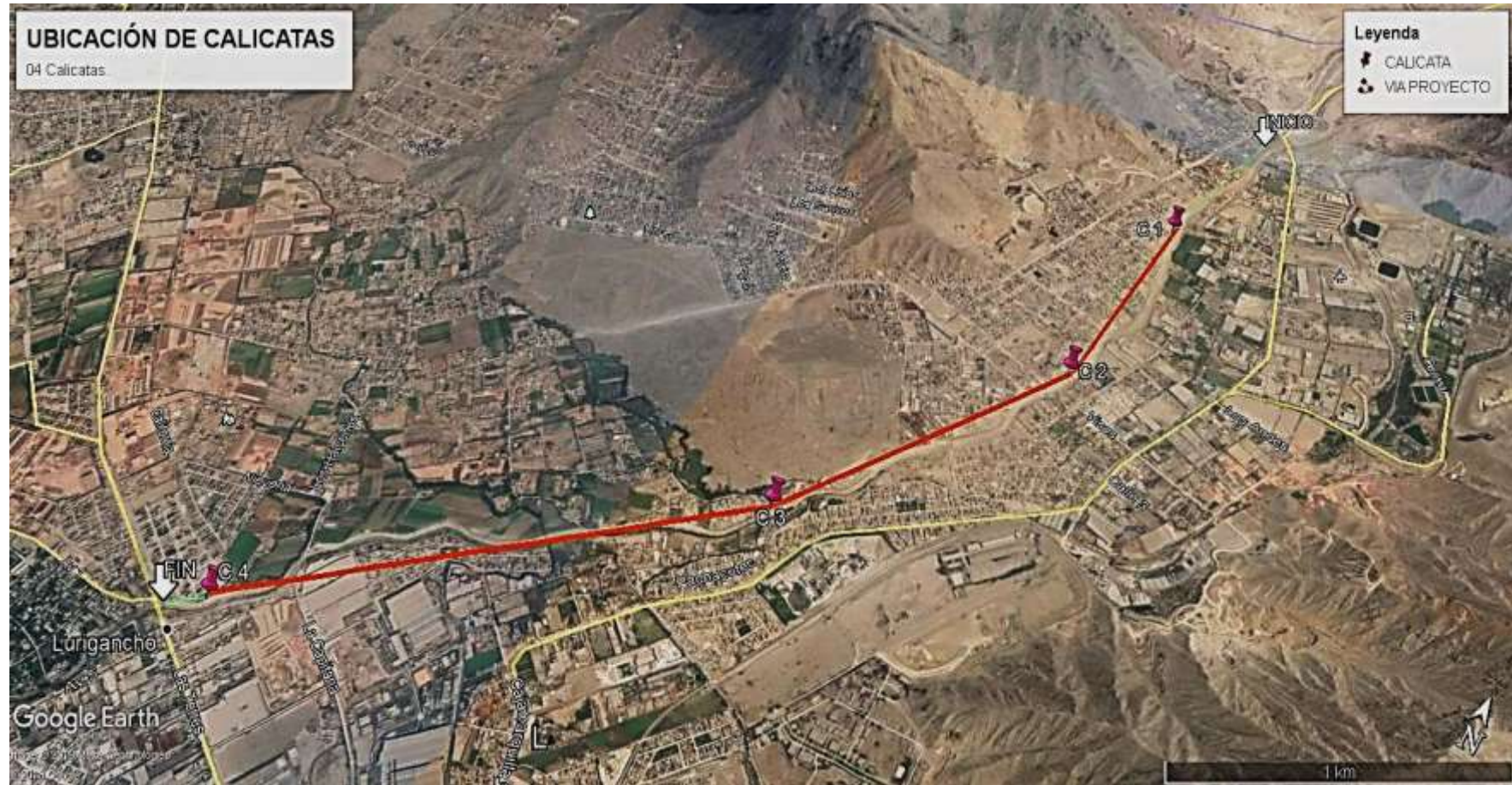
Anexo 01-PLANOS

Anexo 01: Plano-01: Ubicación de calicatas



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 01: Plano-02: Ubicación de calicatas



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 01: Plano-03 Ubicación de canteras



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 02-Estudio de tráfico



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
LURIGANCHO CHOSICA

ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGA

CONSTRUCCION DE CUATRO PUENTES QUE CRUZAN EL RIO HUAYCOLORO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SARACOTO ALTO
DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA HASTA LA AV. LAS TORRES LURIGANCHO, LIMA , LIMA

CONSULTOR: RICHARD ESCALANTE GRANDA

FECHA: 17-04-19

N°	Nombre o Razón Social	Nombre de Residuo	Placa	Tip. Unidad	Tipo Residuo	Peso
43	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6L-891	PETRAMAS	SOLIDO	16.11
44	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F7D-799	PETRAMAS	SOLIDO	10.95
45	ECO - RIN S.A.C. - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABK-763	PARTICULAR	SOLIDO	11.23
46	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5X-914	PETRAMAS	SOLIDO	15.1
47	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5N-767	PETRAMAS	SOLIDO	17.37
48	ECO - RIN S.A.C. - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABL-792	PARTICULAR	SOLIDO	9.75
49	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B2A-923	PETRAMAS	SOLIDO	10.11
50	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEI-781	PETRAMAS	SOLIDO	12.26
51	ECO - RIN S.A.C. - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABK-722	PARTICULAR	SOLIDO	12.18
52	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6M-868	PETRAMAS	SOLIDO	17.33
53	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5M-744	PETRAMAS	SOLIDO	17.49
54	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEO-723	PETRAMAS	SOLIDO	17.32
55	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B2C-904	PETRAMAS	SOLIDO	12.67
56	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-728	PETRAMAS	SOLIDO	8.39
57	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7N-847	PETRAMAS	SOLIDO	7.23
58	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-782	PETRAMAS	SOLIDO	7.99
59	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-736	PETRAMAS	SOLIDO	9.02
60	ECO - RIN S.A.C. - SAN LUIS	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5A-753	PARTICULAR	SOLIDO	15.07
61	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGB-800	PARTICULAR	SOLIDO	7.27
62	ECO - RIN S.A.C. - SAN LUIS	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5A-946	PARTICULAR	SOLIDO	14
63	VIAAMERICA S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	B8C-794	PARTICULAR	SOLIDO	24.64
64	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AFA-728	PETRAMAS	SOLIDO	14.35
65	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEK-798	PETRAMAS	SOLIDO	17.29
66	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGB-804	PARTICULAR	SOLIDO	11.56
67	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AAJ-832	PETRAMAS	SOLIDO	1.93
68	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D6E-870.	PETRAMAS	SOLIDO	9.3
69	LINEA AMARILLA S.A.C.	SERVICIO DE LIMPIEZA DE LA VÍA DE EVITAMIENTO	C7N-873	PETRAMAS	SOLIDO	8.93
70	ECO - RIN S.A.C. - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5E-870	PARTICULAR	SOLIDO	11.23
71	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5W-723	PETRAMAS	SOLIDO	17.02
72	EMICONSA S.R.L.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	M2Y-748	PARTICULAR	SOLIDO	4.48
73	RESITER PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	D1X-778	PARTICULAR	SOLIDO	3.2
74	MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO-CHOSICA	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AAR-713	PARTICULAR	SOLIDO	7.29
75	ARGUELLES - SANTA ANITA	DISPOSICION FINAL - SOLIDO	C6S-828	PARTICULAR	SOLIDO	8.31
76	MUNICIPALIDAD DEL RIMAC	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B6Z-896	PARTICULAR	SOLIDO	9.6
77	LINEA AMARILLA S.A.C.	SERVICIO DE LIMPIEZA DE LA VÍA DE EVITAMIENTO	F7D-798	PETRAMAS	SOLIDO	15.91
78	MUNICIPALIDAD EL AGUSTINO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B4B-916	PARTICULAR	SOLIDO	10.78
79	ECO - RIN S.A.C. - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABK-775	PARTICULAR	SOLIDO	11.95
80	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEL-727	PETRAMAS	SOLIDO	12.84
81	MUNICIPALIDAD EL AGUSTINO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F4Z-936	PARTICULAR	SOLIDO	12.7
82	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEW-771	PETRAMAS	SOLIDO	14.88
83	MUNICIPALIDAD EL AGUSTINO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F4J-910	PARTICULAR	SOLIDO	10.28
84	MUNICIPALIDAD DE CHORRILLOS	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGQ-649	PARTICULAR	SOLIDO	31.12



ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGA

CONSTRUCCION DE CUATRO PUENTES QUE CRUZAN EL RIO HUAYCOLORO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SARACOTO ALTO
DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA HASTA LA AV. LAS TORRES LURIGANCHO, LIMA , LIMA

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
LURIGANCHO CHOSICA

CONSULTOR: RICHARD ESCALANTE GRANDA

FECHA: 17-04-19

N°	Nombre o Razón Social	Nombre de Residuo	Placa	Tip. Unidad	Tipo Residuo	Peso
1	ANCRO SRL.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ACZ-866	PARTICULAR	SOLIDO	17.9
2	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D7K-722	PETRAMAS	SOLIDO	14.27
3	VIAMERICA S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	B4G-854	PARTICULAR	SOLIDO	32.22
4	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5M-881	PETRAMAS	SOLIDO	13.32
5	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A EJ-761	PETRAMAS	SOLIDO	13.8
6	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ABT-813	PARTICULAR	SOLIDO	9.68
7	RESITER PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMISOLIDO	D1X-778	PARTICULAR	SEMISOLIDO	8.94
8	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADS-702	PETRAMAS	SOLIDO	13.86
9	QUISPE PERALTA DANIEL	DISPOSICIÓN FINAL - MALEZA	WH-1385	PARTICULAR	SOLIDO	6.45
10	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADQ-739	PETRAMAS	SOLIDO	16.36
11	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7O-818	PETRAMAS	SOLIDO	11.45
12	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5Y-839	PETRAMAS	SOLIDO	14.29
13	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B3O-851	PETRAMAS	SOLIDO	14.52
14	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F0Y-888	PETRAMAS	SOLIDO	5.7
15	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A EL-793	PETRAMAS	SOLIDO	13.76
16	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5M-805	PETRAMAS	SOLIDO	15.62
17	ECORECICLA PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - LIQUIDO	A5V-875	PARTICULAR	LIQUIDO	8.79
18	ECORECICLA PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - LIQUIDO	D8D-742	PARTICULAR	LIQUIDO	13.45
19	TECNISAN E.I.R.L.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMISOLIDO	C6I-702	PARTICULAR	SEMISOLIDO	8.64
20	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-789	PETRAMAS	SOLIDO	15.11
21	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-726.	PETRAMAS	SOLIDO	16.01
22	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A EK-735	PETRAMAS	SOLIDO	18.29
23	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6M-847	PETRAMAS	SOLIDO	16.59
24	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5W-853	PETRAMAS	SOLIDO	17.74
25	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADR-706	PETRAMAS	SOLIDO	10.19
26	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5W-786	PETRAMAS	SOLIDO	16.11
27	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5W-843	PETRAMAS	SOLIDO	13.97
28	ANCRO SRL.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	D8Y-808	PARTICULAR	SOLIDO	1.3
29	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A EL-794	PETRAMAS	SOLIDO	14.44
30	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6L-884	PETRAMAS	SOLIDO	14.79
31	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5Y-792	PETRAMAS	SOLIDO	16.24
32	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5L-826	PETRAMAS	SOLIDO	16.71
33	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6A-749	PETRAMAS	SOLIDO	17.31
34	ECO - RIN S.A.C - SAN LUIS	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5B-702	PARTICULAR	SOLIDO	15.08
35	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6M-852	PETRAMAS	SOLIDO	19.06
36	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F3A-937	PARTICULAR	SOLIDO	11.81
37	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	D7K-785	PETRAMAS	SOLIDO	17.29
38	MUNICIPALIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5Y-764	PETRAMAS	SOLIDO	17.65
39	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A9Z-922	PETRAMAS	SOLIDO	8.86
40	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADQ-722	PETRAMAS	SOLIDO	8.16
41	R Y M FUMYMSER SRL.	MANGAS DE LONA CONTAMINADOS CON POLVO DE ACERIA	B5D-749	PARTICULAR	PELIGROSO	2170
42	R Y M FUMYMSER SRL.	MANGAS DE LONA CONTAMINADOS CON POLVO DE ACERIA	C2X-876	PARTICULAR	PELIGROSO	1690



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
LURIGANCHO CHOSICA

ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGA

CONSTRUCCION DE CUATRO PUENTES QUE CRUZAN EL RIO HUAYACOLORO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SARACOTO ALTO
DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA HASTA LA AV. LAS TORRES LURIGANCHO, LIMA , LIMA

CONSULTOR: RICHARD ESCALANTE GRANDA

FECHA: 17-04-19

Nº	Nombre o Razón Social	Nombre de Residuo	Placa	Tip. Unidad	Tipo Residuo	Peso
85	ANCRO SRL.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ACZ-866	PARTICULAR	SOLIDO	1.33
86	MUNICIPALIDAD DE CHORRILLOS	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGM-455	PARTICULAR	SOLIDO	27.76
87	EMPRESA MUNICIPAL DE MERCADOS SA	SERVICIO DE LIMPIEZA Y RETIRO DE RESIDUOS SÓLIDOS AL INTERIOR DEL GMLL	D8F-934	PETRAMAS	SOLIDO	18.27
88	MUNICIPALIDAD DEL RIMAC	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D5V-879	PARTICULAR	SOLIDO	10.67
89	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D7L-797	PETRAMAS	SOLIDO	12.32
90	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F6M-890	PETRAMAS	SOLIDO	13.4
91	ECORECICLA PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - LIQUIDO	A5V-875	PARTICULAR	LIQUIDO	9.07
92	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A9Y-872	PETRAMAS	SOLIDO	12.16
93	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A9Z-862	PETRAMAS	SOLIDO	13.19
94	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A9Y-866	PETRAMAS	SOLIDO	11.35
95	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B7C-747	PETRAMAS	SOLIDO	11.83
96	ECO - RIN S.A.C - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5E-811	PARTICULAR	SOLIDO	15.57
97	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEM-718	PETRAMAS	SOLIDO	13.72
98	ECORECICLA PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - LIQUIDO	D8D-742	PARTICULAR	LIQUIDO	14.79
99	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D8E-870.	PETRAMAS	SOLIDO	10.9
100	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	D8F-932	PETRAMAS	SOLIDO	14.13
101	GESTION DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C	DISPOSICION FINAL - SEMISOLIDO	C6N-728	PARTICULAR	SEMISOLIDO	24.64
102	MUNICIPALIDAD DEL RIMAC	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D5W-919	PARTICULAR	SOLIDO	10.05
103	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7O-842	PETRAMAS	SOLIDO	12.51
104	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B7L-705	PETRAMAS	SOLIDO	12.35
105	RESISOL INGENIEROS S.A.C	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F6N-890	PARTICULAR	SOLIDO	0.42
106	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	C7O-886	PETRAMAS	SOLIDO	12.88
107	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B2Q-948	PETRAMAS	SOLIDO	13.23
108	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B7K-706	PETRAMAS	SOLIDO	10.11
109	GESTION DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	C0B-727	PARTICULAR	SOLIDO	2.39
110	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D8F-827	PETRAMAS	SOLIDO	11.76
111	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D7K-833	PETRAMAS	SOLIDO	11.67
112	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5R-871	PETRAMAS	SOLIDO	11.86
113	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D8F-750	PARTICULAR	SOLIDO	11.12
114	VIAMERICA S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	B4G-854	PARTICULAR	SOLIDO	31.03
115	RESISOL INGENIEROS S.A.C	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F6N-890	PARTICULAR	SOLIDO	0.41
116	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F7D-799	PETRAMAS	SOLIDO	7.36
117	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B2C-907	PETRAMAS	SOLIDO	11.67
118	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	A9Z-920	PETRAMAS	SOLIDO	12.77
119	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7O-817	PETRAMAS	SOLIDO	9.76
120	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F0T-914	PETRAMAS	SOLIDO	13.63
121	MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F5Y-861	PETRAMAS	SOLIDO	13.73
122	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	C6E-714	PETRAMAS	SOLIDO	12.05
123	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F0T-912	PETRAMAS	SOLIDO	8.68
124	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEL-728	PETRAMAS	SOLIDO	11.25
125	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	A0H-876	PETRAMAS	SOLIDO	11.45
126	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F0Z-716	PETRAMAS	SOLIDO	12.83



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
LURIGANCHO CHOSICA

ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGA

CONSTRUCCION DE CUATRO Puentes QUE CRUZAN EL RIO HUAYCOLORO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SARACOTO ALTO
DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA HASTA LA AV. LAS TORRES LURIGANCHO, LIMA , LIMA

CONSULTOR: RICHARD ESCALANTE GRANDA

FECHA: 17-04-19


N°	Nombre o Razón Social	Nombre de Residuo	Placa	Tip. Unidad	Tipo Residuo	Peso
127	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B3Y-731	PETRAMAS	SOLIDO	12.54
128	MUNICIPALIDAD DE CHORRILLOS	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGM-168	PARTICULAR	SOLIDO	28.1
129	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	F0Y-891	PETRAMAS	SOLIDO	10.4
130	MUNICIPALIDAD DE SURCO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-RELLENO SANITARIO	F8V-926	PARTICULAR	SOLIDO	35.97
131	MUNICIPALIDAD DE SURCO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-RELLENO SANITARIO	F8W-708	PARTICULAR	SOLIDO	33.29
132	MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO-CHOSICA	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	ADD-761	PARTICULAR	SOLIDO	6.42
133	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7O-871	PETRAMAS	SOLIDO	9.24
134	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	C7O-885	PETRAMAS	SOLIDO	9.27
135	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	B2C-910	PETRAMAS	SOLIDO	9.65
136	GLOBAL SERVICIO INTEGRAL MEDICO S.A.	RESIDUOS BIOCONTAMINADOS	C3Y-889	PARTICULAR	PELIGROSO	304
137	GLOBAL SERVICIO INTEGRAL MEDICO S.A.	RESIDUOS BIOCONTAMINADOS	C3Y-889	PARTICULAR	PELIGROSO	2586
138	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEM-719	PETRAMAS	SOLIDO	11.91
139	MUNICIPALIDAD DE LA VICTORIA	SERVICIO DE RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	AEO-724	PETRAMAS	SOLIDO	14.89
140	MUNICIPALIDAD DEL RIMAC	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	D5W-921	PARTICULAR	SOLIDO	10.59
141	MUNICIPALIDAD DE SURCO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-RELLENO SANITARIO	F8W-743	PARTICULAR	SOLIDO	33.44
142	MUNICIPALIDAD DE SURCO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-RELLENO SANITARIO	F8V-895	PARTICULAR	SOLIDO	32.18
143	ECO - RIN S.A.C - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABK-763	PARTICULAR	SOLIDO	9.06
144	ECO - RIN S.A.C - SURQUILLO	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	ABL-792	PARTICULAR	SOLIDO	10.47
145	ECO - RIN S.A.C - SAN LUIS	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5B-702	PARTICULAR	SOLIDO	13.37
146	MUNICIPALIDAD DE SURCO	SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-RELLENO SANITARIO	D7H-829	PARTICULAR	SOLIDO	29.97
147	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	PTE-180	PARTICULAR	SOLIDO	3.7
148	D & D SOLUCIONES AMBIENTALES S.A.	BOLSAS VACIAS CON RESIDUOS QUIMICOS	F6M-810	PARTICULAR	PELIGROSO	1284
149	D & D SOLUCIONES AMBIENTALES S.A.	EPP'S USADOS	F6M-810	PARTICULAR	PELIGROSO	2000
150	D & D SOLUCIONES AMBIENTALES S.A.	AGUA OLEOSA	F6M-810	PARTICULAR	PELIGROSO	4556
151	ECO - RIN S.A.C - SAN LUIS	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	F5A-753	PARTICULAR	SOLIDO	4.95
152	SERVICIOS INDUSTRIALES PESQUEROS S.A.	DISPOSICION FINAL - SOLIDO	C0D-740	PARTICULAR	SOLIDO	4.28
153	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	DISPOSICIÓN FINAL DE MALEZA	F8O-751	PARTICULAR	SOLIDO	3.05
154	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	DISPOSICIÓN FINAL DE MALEZA	EGO-405	PARTICULAR	SOLIDO	3.77
155	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	EGE-197	PARTICULAR	SOLIDO	3.4
156	MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA	DISPOSICIÓN FINAL DE MALEZA	ABY-768	PARTICULAR	SOLIDO	3.52
157	ANCRO SRL.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMSOLIDO	D9I-801	PARTICULAR	SEMSOLIDO	24.77
158	ECOCENTURY S.A.C.	DISPOSICION FINAL - SOLIDO	ABL-749	PARTICULAR	SOLIDO	2.19
159	ECOCENTURY S.A.C.	DISPOSICION FINAL - SOLIDO	B8T-754	PARTICULAR	SOLIDO	1.44
160	ANCRO SRL.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMSOLIDO	F4K-841	PARTICULAR	SEMSOLIDO	27.53
161	ACCESORIOS Y PARTES INDUSTRIALES SAC	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDOS	C9X-713	PARTICULAR	SOLIDO	0.96
162	INVERSIONES GENERALES MONTES HUILCAHUARI SAC.	DISPOSICION FINAL - SOLIDO	D9F-766	PARTICULAR	SOLIDO	2.51
163	MEGAPACK TRADING S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMSOLIDO	F7T-906	PARTICULAR	SEMSOLIDO	26.53
164	MUNICIPALIDAD DE ATE	SERVICIO DE CENTRO DE OPERACION FINAL PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	B2M-831	PARTICULAR	SOLIDO	2.44
165	MUNICIPALIDAD DE JESÚS MARÍA	SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA INTEGRAL, BARRIDO DE CALLES Y RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISP. FINAL	C7C-771	PARTICULAR	SOLIDO	3.11
166	ULLOA S.A.	DISPOSICION FINAL-SOLIDO	ACL-927	PARTICULAR	SOLIDO	6.19
167	VIAMERICA S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SOLIDO	B4A-791	PARTICULAR	SOLIDO	3.4
168	RESISTER PERU S.A.C.	DISPOSICIÓN FINAL - SEMSOLIDO	D1X-778	PARTICULAR	SEMSOLIDO	9.3

Fuente: Petramás S.A.C.

(*) La información de estudio de tráfico presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Anexo 03-Ficha técnica de cloruro de calcio

Anexo 03: Ficha Técnica de especificaciones del estabilizante químico “cloruro de calcio al 40%”

 QUIMPAC S.A.	MANUAL DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PRODUCTO TERMINADO	Código : APPTCCL01 Versión : 05 Fecha : 22/05/2017 Página : 1 de 1
	CLOURURO DE CALCIO AL 40%	

Copia Nro	
Asignada a:	

1. **Producto:** Cloruro de Calcio al 40%
2. **Fórmula química:** CaCl₂
3. **Otras Denominaciones:** Cloruro de calcio líquido
4. **Especificaciones Técnicas**

Características	Límites	Unidad	Métodos de Ensayo
Cloruro de Calcio (como CaCl ₂)	36 – 40.5	% w/w	CCLPT001
Sulfatos (como CaSO ₄)	Máx. 0.40	%w/w	CCLPT002
Hierro (como Fe)	Máx. 5.0	mg/L	CCLPT004
pH	7.0 – 8.5		CCLPT005
Densidad (a 25° C)	1.35 – 1.41	g/mL	CCLPT006
Turbidez	Máx. 5.0	NTU	CCLPT009
Aspecto	Líquido transparente exento de partículas en suspensión.		

5. **Presentaciones**

- Granel en cisternas
- Bidones de 55 galones
- Hoovers Drums x 1000 L

6. **Tiempo de vida**

Cinco años a partir de la fecha de producción.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Jefe de Laboratorio: Ing. Edgard Rodriguez	Superintendente Planta : Ing° Arturo Kakutani Jefe de Producción: Ing° Juan Azabache	Gerente Comercial: Ing. Fernando Carranza Gerente de Operaciones: Ing. Carlos Valdez

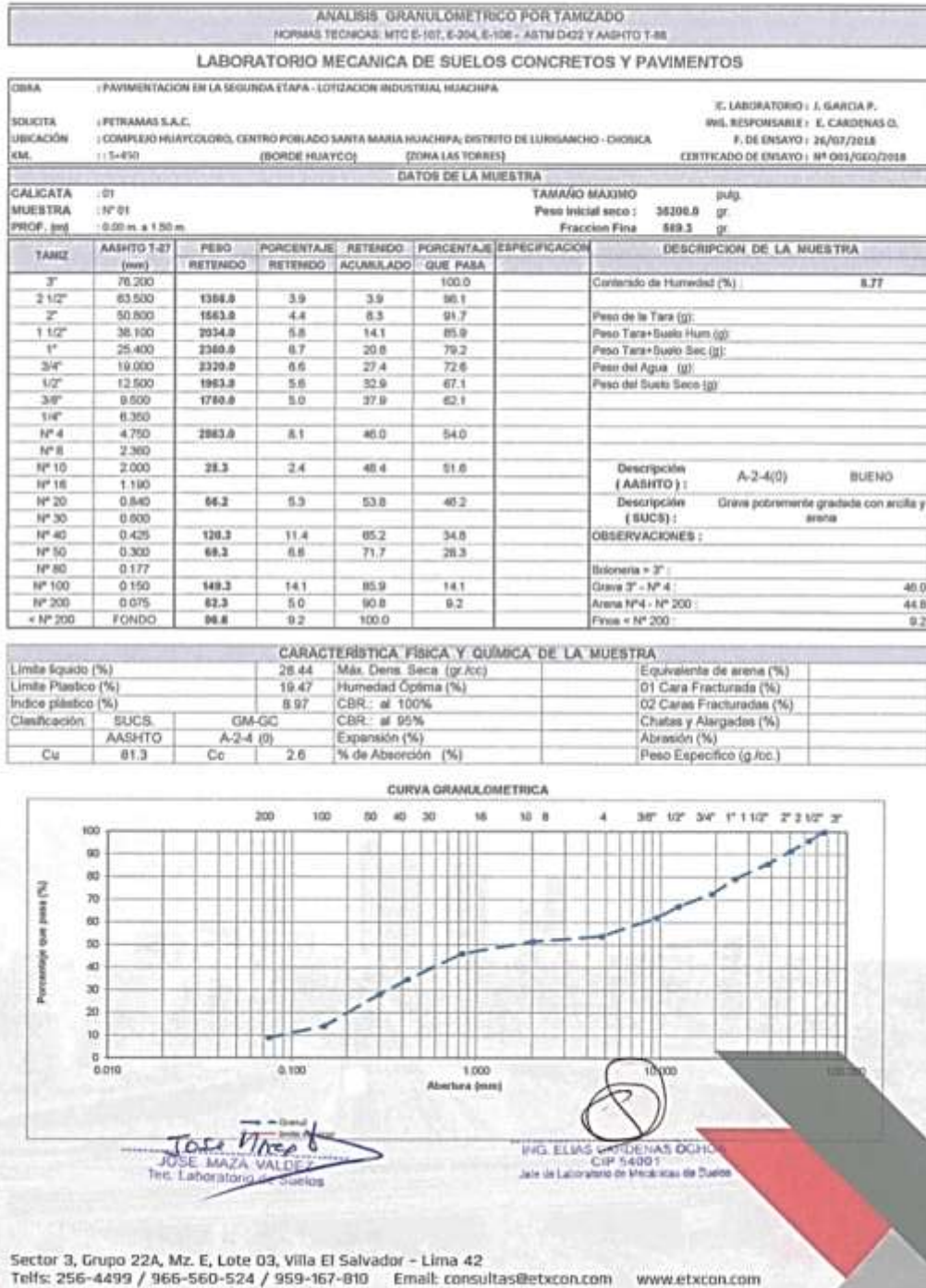
Prohibido reproducir sin autorización del Jefe de Laboratorio Alcalis Paramonga

Fuente: Quimpsac S.A.

Anexo 04 -Ensayos

Ensayos realizados a la subrasante

Anexo 04: Ensayo de Análisis Granulométrico Progresiva 5+450 m



Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

Anexo 04: Ensayo de Relación Soporte de California (CBR) Progresiva 5+450 m



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1863

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA
SOLICITA : PETRAMAS S.A.C.
UBICACIÓN : COMPLEJO HUAYCOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA; DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOSICA
K.M. : 5+450 (BORDE HUAYCO)

TEC. LABORATORIO : J. GARCIA P.
ING. RESPONSABLE : E. CARDENAS O.
F. DE ENSAYO : 26/07/2018
CERTIFICADO DE ENSAYO : N° 001/GEO/2018

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : 01
MUESTRA : N° 01
PROF. (m) : 0.00 m. a 1.50 m.

COMPACTACION

	15		14		13	
Molde N°	15		14		13	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11913.0		12520.0		12122.0	
Peso de molde (g)	6770.0		7618.0		7505.0	
Peso del suelo húmedo (g)	5143.0		4902.0		4617.0	
Volumen del molde (cm ³)	2119.0		2128.0		2123.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.427		2.304		2.175	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.9		500.4		500.3	
Peso suelo seco + tara (g)	458.3		458.6		458.2	
Peso de tara (g)	0.0		0.0		0.0	
Peso de agua (g)	42.6		41.8		42.2	
Peso de suelo seco (g)	458.3		458.6		458.2	
Contenido de humedad (%)	9.3		9.1		9.2	
Densidad seca (g/cm ³)	2.221		2.111		1.992	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 15			MOLDE N° 14				MOLDE N° 13				
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION			
		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		%		
0.000		0	0		0	0		0	0				
0.635		20	74.6		15	57.4		10	38.3				
1.270		62	233.0		48	178.8		32	118.9				
1.905		160	611.7		123	467.5		82	309.4				
2.540	70.5	235	910.4	1040.3	72.6	181	693.7	790.1	55.2	121	457.6	519.2	36.2
3.170		305	1195.9			235	908.8			156	597.6		
3.810		395	1572.9			304	1191.2			203	780.3		
5.080	105.7	506	2052.8	2155.6	100.3	389	1548.4	1624.1	75.6	259	1009.5	1057.4	49.2
7.520		710	2978.4			546	2230.6			354	1442.2		
10.160		902	3900.9			694	2903.0			463	1863.0		

Jose MAZA
JOSE MAZA VALDEZ

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

Anexo 04: Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado Progresiva 3+200 m



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-107, E-204, E-108 - ASTM D422 Y AASHTO T-85

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA
 SOLICITA : PETRAMAS S.A.C.
 UBICACIÓN : COMPLEJO HUAYCOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA; DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOSICA
 KM. : 3+200 (ZONA DE MOLINO) - VIA EXTERNA
 TEC. LABORAT : J. GARCIA P.
 ING. RESPONSABLE : E. CARDENAS O.
 F. DE ENSAYO : 26/07/2018
 CERTIFICADO DE ENSAYO : Nº 004/GEO/2018

DATOS DE LA MUESTRA

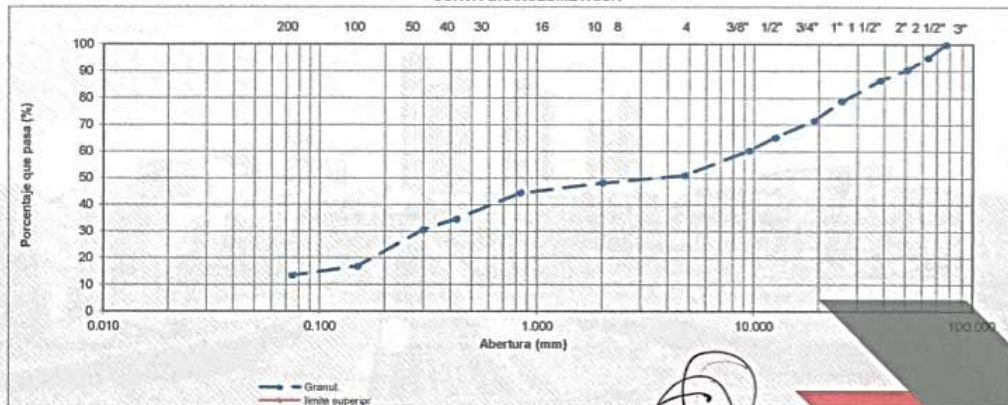
CALICATA : C-04
 MUESTRA : Nº 01
 PROF. (m) : 0.00 - 1.70 m.
 TAMAÑO MAXIMO pulg.
 Peso inicial seco : 27563.0 gr.
 Fraccion Fina 663.3 gr.

TAMIZ.	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 6.51
2 1/2"	63.500	1366.0	4.9	4.9	95.1		
2"	50.800	1241.0	4.5	9.4	90.6		Peso de la Tara (g):
1 1/2"	38.100	1098.0	4.0	13.4	86.6		Peso Tara+Suelo Hum (g):
1"	25.400	2130.0	7.7	21.1	78.9		Peso Tara+Suelo Sec. (g):
3/4"	19.000	1986.0	7.2	28.3	71.7		Peso del Agua (g):
1/2"	12.500	1750.0	6.3	34.7	65.3		Peso del Suelo Seco (g):
3/8"	9.500	1360.0	4.9	39.6	60.4		
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	2563.0	9.3	48.9	51.1		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	36.2	2.8	51.8	48.2		Descripción (AASHTO) : A-2-4(0) BUENO
Nº 16	1.190						Descripción (SUCS) : Grava arcillosa con arena
Nº 20	0.840	48.1	3.8	55.5	44.5		OBSERVACIONES :
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	125.3	9.8	65.3	34.7		Bolonería > 3" :
Nº 50	0.300	50.6	4.0	69.3	30.7		Grava 3" - Nº 4 : 48.9
Nº 80	0.177						Arena Nº4 - Nº 200 : 37.5
Nº 100	0.150	176.3	13.8	83.0	17.0		Finos < Nº 200 : 13.5
Nº 200	0.075	43.6	3.4	86.5	13.5		
< Nº 200	FONDO	173.2	13.5	100.0			

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA

Límite líquido (%)	27.00	Máx. Dens. Seca (gr./cc)		Equivalente de arena (%)	
Límite Plástico (%)	18.00	Humedad Óptima (%)		01 Cara Fracturada (%)	
Índice plástico (%)	9.00	CBR: al 100%		02 Caras Fracturadas (%)	
Clasificación:	SUCS.	GC	CBR: al 95%	Chatas y Alargadas (%)	
	AASHTO	A-2-4 (0)	Expansión (%)	Abrasión (%)	
Cu	81.3	Cc	2.6	% de Absorción (%)	Peso Específico (g./cc.)

CURVA GRANULOMETRICA



Jose Maaza
JOSE MAZA VALDEZ
 Tec. Laboratorio de Suelos


ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
 CIP 54001
 Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Sector 3, Grupo 22A, Mz. E, Lote 03, Villa El Salvador - Lima 42
 Telfs: 256-4499 / 966-560-524 / 959-167-810 Email: consultas@etxcon.com www.etxcon.com


Anexo 04: Ensayo de Relación Soporte de California (CBR) Progresiva 3+200 m



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-132, ASSHTO T-193, ASTM D 1883)													
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS													
OBRA		: PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA								TEC. LABORAT : J. GARCIA P.			
SOLICITA		: PETRAMAS S.A.C.								ING. RESPONSABLE : E. CARDENAS O.			
UBICACION		: COMPLEJO HUAYACOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA; DISTRITO DE LURIGANCHI								FECHA DE ENSAYO : 26/07/2018			
KM.		: 3+200 (ZONA DE MOLINO) - VIA EXTERNA								CERTIFICADO DE ENSAYO : N° 004GEO/2018			
DATOS DE LA MUESTRA													
CALICATA		: C-04											
MUESTRA		: N° 01											
PROF. (m)		: 0.00 - 1.70 m.											
COMPACTACION													
Molde N°	3			2			1						
Capas N°	5			5			5						
Golpes por capa N°	56			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11636.0			12686.0			11390.0						
Peso de molde (g)	6462.0			7716.0			6673.0						
Peso del suelo húmedo (g)	5174.0			4970.0			4717.0						
Volumen del molde (cm ³)	2124.0			2130.0			2126.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.436			2.333			2.219						
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	498.3			385.2			425.6						
Peso suelo seco + tara (g)	457.6			353.7			390.1						
Peso de tara (g)	0.0			0.0			0.0						
Peso de agua (g)	40.7			31.5			35.5						
Peso de suelo seco (g)	457.6			353.7			390.1						
Contenido de humedad (%)	8.9			8.9			9.1						
Densidad seca (g/cm ³)	2.237			2.143			2.034						
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
NO EXPANSIVO													
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 3				MOLDE N° 2				MOLDE N° 1			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		26	97.1			20	74.6			13	49.7		
1.270		67	252.0			52	193.3			34	128.5		
1.905		161	615.7			124	470.5			83	311.4		
2.540	70.5	246	954.8	1057.9	73.8	189	727.2	803.3	56.1	126	479.5	527.8	36.8
3.170		310	1216.6			238	924.3			159	607.7		
3.810		402	1602.6			309	1213.4			206	794.6		
5.080	105.7	516	2096.9	2185.0	101.7	397	1581.0	1645.7	76.6	265	1030.4	1071.3	49.9
7.620		720	3025.2			554	2264.8			369	1463.8		
10.160		915	3965.2			704	2949.6			469	1892.0		



JOSE MAZA VALDEZ
Tec. Laboratorio de Suelos



ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54001
Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Sector 3, Grupo 22A, MZ. E, Lote 03, Villa El Salvador - Lima 42
Telfs: 256-4499 / 966-560-524 / 959-167-810 Email: consultas@etxcon.com www.etxcon.com

Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

Anexo 04: Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado Progresiva 0+800 m



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-107, E-204, E-108 - ASTM D422 Y AASHTO T-88

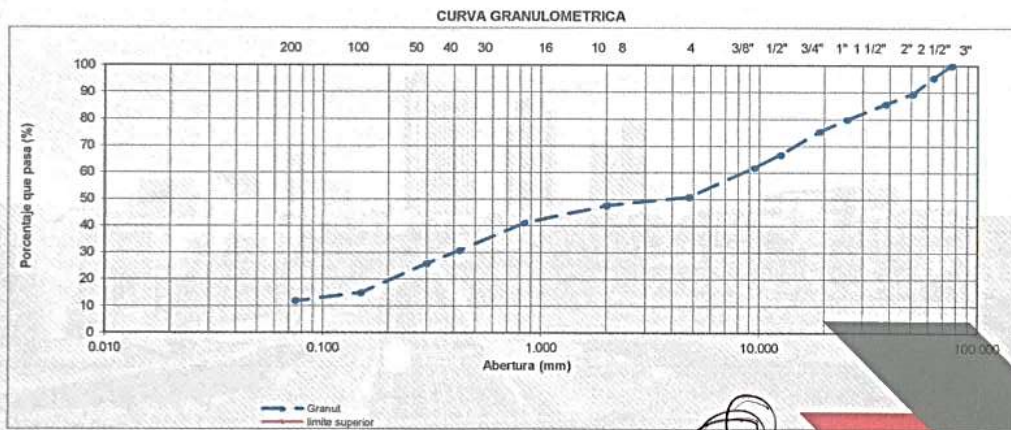
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA	ING. LABORATORIO : J. GARCIA P.
SOLICITA	: PETRAMAS S.A.C.	ING. RESPONSABLE : E. CARDENAS O.
UBICACIÓN	: COMPLEJO HUAYCOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA; DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOSICA	F. DE ENSAYO : 26/07/2018
KM.	: 0+800 (ZONA DE CHANCHERO) - (BOREDE HUAYCO)	CERTIFICADO DE ENSAYO : N° 006/GEO/2018

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA	: C-06	TAMAÑO MAXIMO pulg.
MUESTRA	: N° D1	Peso inicial seco : 21360.0 gr.
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50 m	Fraccion Fina 583.3 gr.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%): 6.77
2 1/2"	63.500	952.0	4.5	4.5	95.5		Peso de la Tara (g):
2"	50.800	1265.0	5.9	10.4	89.6		Peso Tara+Suelo Hum (g):
1 1/2"	38.100	832.0	3.9	14.3	85.7		Peso Tara+Suelo Sec (g):
1"	25.400	1230.0	5.8	20.0	80.0		Peso del Agua (g):
3/4"	19.000	965.0	4.5	24.6	75.4		Peso del Suelo Seco (g):
1/2"	12.500	1865.0	8.7	33.3	66.7		
3/8"	9.500	1020.0	4.8	38.1	61.9		
1/4"	6.350						
N° 4	4.750	2360.0	11.0	49.1	50.9		
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	36.5	3.2	52.3	47.7		Descripción (AASHTO): A-2-4(0) BUENO
N° 16	1.190						Descripción (SUCS): Grava pobremente gradada con arcilla y arena
N° 20	0.840	76.2	6.6	58.9	41.1		OBSERVACIONES:
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	116.6	10.2	69.0	31.0		Bolonería > 3":
N° 50	0.300	56.3	4.9	73.9	26.1		Grava 3" - N° 4: 49.1
N° 80	0.177						Arena N° 4 - N° 200: 38.9
N° 100	0.150	125.9	11.0	84.9	15.1		Finos < N° 200: 12.0
N° 200	0.075	35.3	3.1	88.0	12.0		
< N° 200	FONDO	137.5	12.0	100.0			

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA					
Limite liquido (%)	28.00	Máx. Dens. Seca (gr./cc)		Equivalente de arena (%)	
Limite Plastico (%)	20.00	Humedad Óptima (%)		01 Cara Fracturada (%)	
Indice plástico (%)	8.00	CBR.: al 100%		02 Caras Fracturadas (%)	
Clasificación:	SUCS.	GP - GC	CBR.: al 95%	Chatas y Alargadas (%)	
	AASHTO	A-2-4 (0)	Expansión (%)	Abrasión (%)	
Cu	81.3	Cc	2.6	% de Absorción (%)	
				Peso Especifico (g./cc.)	



JOSÉ MAZA VALDEZ
 Tec. Laboratorio de Suelos

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
 CIP 54001
 Jefe de Laboratorio de Mecánicas de Suelos

Sector 3, Grupo 22A, Mz. E, Lote 03, Villa El Salvador - Lima 42
 Telfs: 256-4499 / 966-560-524 / 959-167-810 Email: consultas@etxcon.com www.etxcon.com

Anexo 04: Ensayo de Relación Soporte California (CBR) Progresiva 0+800 m



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-132, ASHTO T-193, ASTM D 1883													
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS													
OBRA						TEC. LABORATORIO : J. GARCIA P.							
: PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA						: ING. RESPONSABLE : E. CARDENAS O.							
SOLICITA : PETRAMAS S.A.C.						F. DE ENSAYO : 26/07/2018							
UBICACIÓN : COMPLEJO HUAYCOLONG, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA, DISTRITO DE SURGANCHO - CHORICA						CERTIFICADO DE ENSAYO : Nº 0090FC0018							
KM. : 0+800 (ZONA DE CHANCHERO) - (BORDO HUAYCO)													
DATOS DE LA MUESTRA													
CALICATA : C-08													
MUESTRA : N° 01													
PROF. (m) : 0.00 - 1.50 m.													
COMPACTACION													
Molde N°	12				11				10				
Capas N°	8				8				8				
Golpes por capa N°	26				25				12				
Condición de la muestra:	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12793.0		11928.0		11236.0								
Peso de molde (g)	7737.0		6991.0		6560.0								
Peso del suelo húmedo (g)	5056.0		4937.0		4676.0								
Volumen del molde (cm ³)	2121.0		2145.0		2137.0								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.384		2.301		2.193								
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	509.2		500.9		500.4								
Peso suelo seco + tara (g)	457.6		457.0		456.6								
Peso de tara (g)	0.0		0.0		0.0								
Peso de agua (g)	42.6		43.9		43.8								
Peso de suelo seco (g)	457.6		457.0		456.6								
Contenido de humedad (%)	9.3		9.6		9.6								
Densidad seca (g/cm ³)	2.181		2.099		2.001								
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
NO EXPANSIVO													
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 12				MOLDE N° 11				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		25	93.4			19	71.8			13	47.8		
1.270		73	274.8			56	210.8			37	140.1		
1.905		165	631.4			127	482.4			85	319.2		
2.540	70.5	237	918.4	1062.3	74.8	182	699.8	811.2	56.6	122	461.5	533.0	37.2
3.175		321	1262.1			247	958.5			165	629.9		
3.810		405	1615.4			312	1223.0			208	800.7		
5.080	105.7	529	2154.4	2235.2	104.0	407	1623.6	1682.8	78.3	271	1057.6	1094.8	51.0
7.620		736	3100.4			566	2319.9			377	1499.4		
10.180		925	4014.5			712	2665.6			474	1844.1		

JOSE MAZA VALDEZ
Tec. Laboratorio de Suelos

ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 54901
Jefe de Laboratorio de Mecanica de Suelos

Sector 3, Grupo 22A, Mz. E, Lote 03, Villa El Salvador - Lima 42
 Telfs: 256-4499 / 966-560-524 / 959-167-810 Email: consultas@etxcon.com www.etxcon.com

Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

(*) La información de estudio de la sub-rasante presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Ensayos realizados a las canteras

Anexo 04: Ensayo de la Cantera Comagsa- Antigua



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO										
NORMAS TÉCNICAS: NTC 5-107, E-204, E-126 - ASTM D602 Y AASHTO T-80										
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS										
OBRA : PAVIMENTACION EN LA SEGUNDA ETAPA - LOTIZACION INDUSTRIAL HUACHIPA					FECHA DE MUESTREO : 31/05/2018					
SOLICITA : PETRAMAS S.A.C.					TEC. LABORATORIO : J. GARCIA P.					
CANTERA : COMAGSA ANTIGUA					ING. RESPONSABLE : J. VARGAS F.					
DESCRIPCION : MATERIAL DE CANTERA					FECHA DE ENSAYO : 04/06/2018					
UB. MUESTRA : COMPLEJO HUAYOCOLORO, CENTRO POBLADO SANTA MARIA HUACHIPA, DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOCOMA					N° DE REGISTRO : E.L.C.L.T-01					
DATOS DE LA MUESTRA										
CALICATA	: C-1				TAMAÑO MÁXIMO	: 60g				
BUESTRA	: N° 01				Peso inicial seco	: 31599.9 g				
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00				Fraccion Fina	: 669.9 g				
TAMIZ	AASHTO T-29	PESO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION				
3"	75.300				100.0	100	100	Contenido de Humedad (%)		4.81
2"	52.500							Peso de la Tara (g)		51.05
1 1/2"	38.100	1161.8	3.1	5.1	94.9			Peso Tara+Suelo Hum (g)		1369.2
1"	25.400	1868.3	5.2	14.4	85.6	75	90	Peso Tara+Suelo Seco (g)		1216.8
3/4"	19.000	2363.8	10.7	25.1	74.9			Peso del Agua (g)		50.7
1/2"	12.500	2475.8	11.5	36.6	63.4			Peso del Suelo Seco (g)		1219.5
3/8"	9.500	1366.9	6.1	42.7	57.3	40	75			
1/4"	6.350									
N° 4	4.750	1669.9	7.2	49.9	50.1	30	60	Descripción (AASHTO) :		A-1-a(0) BUENO
N° 8	2.360							Descripción (SUCS) :		Grava fino arcillosa con arena
N° 10	2.000	117.4	0.9	50.8	41.2	20	45	OBSERVACIONES :		
N° 15	1.180									
N° 20	0.840	106.8	0.1	96.9	33.1					
N° 30	0.600									
N° 40	0.425	111.2	0.4	75.3	24.7	15	30			
N° 50	0.300	88.9	0.5	81.9	18.1					
N° 60	0.177							Salonera = 3"		0.0
N° 100	0.150	87.1	0.3	86.2	13.8			Grava 3" - N° 4		49.9
N° 200	0.075	16.1	0.8	87.0	13.0	8	15	Arena N°4 - N° 200		37.0
< N° 200	FONDO	171.8	13.0	100.0				Fines < N° 200		13.0

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA					
Limite líquido (%)	29	Mix. Dens. Seca (g/cc)	2.188	Equivalente de arena (%)	39 %
Limite Plástico (%)	23	Humedad Óptima (%)	7.6	01 Cara Fracturada (%)	
Indice plástico (%)	6	CBR - al 100%	85.8 %	02 Caras Fracturadas (%)	
Clasificación:	SUCS, GC - GM	CBR - al 95%	54.1 %	Chetas y Alargadas (%)	
AASHTO	A-1-a (0)	Exponción (%)	"No Exp."	Abrasión (%)	27.7 %
Cu	Cc	% de Absorcion (%)		Peso Especifico (g/cc.)	2.587



JAVIER GARCIA PACHERRES
Técnico de Laboratorio

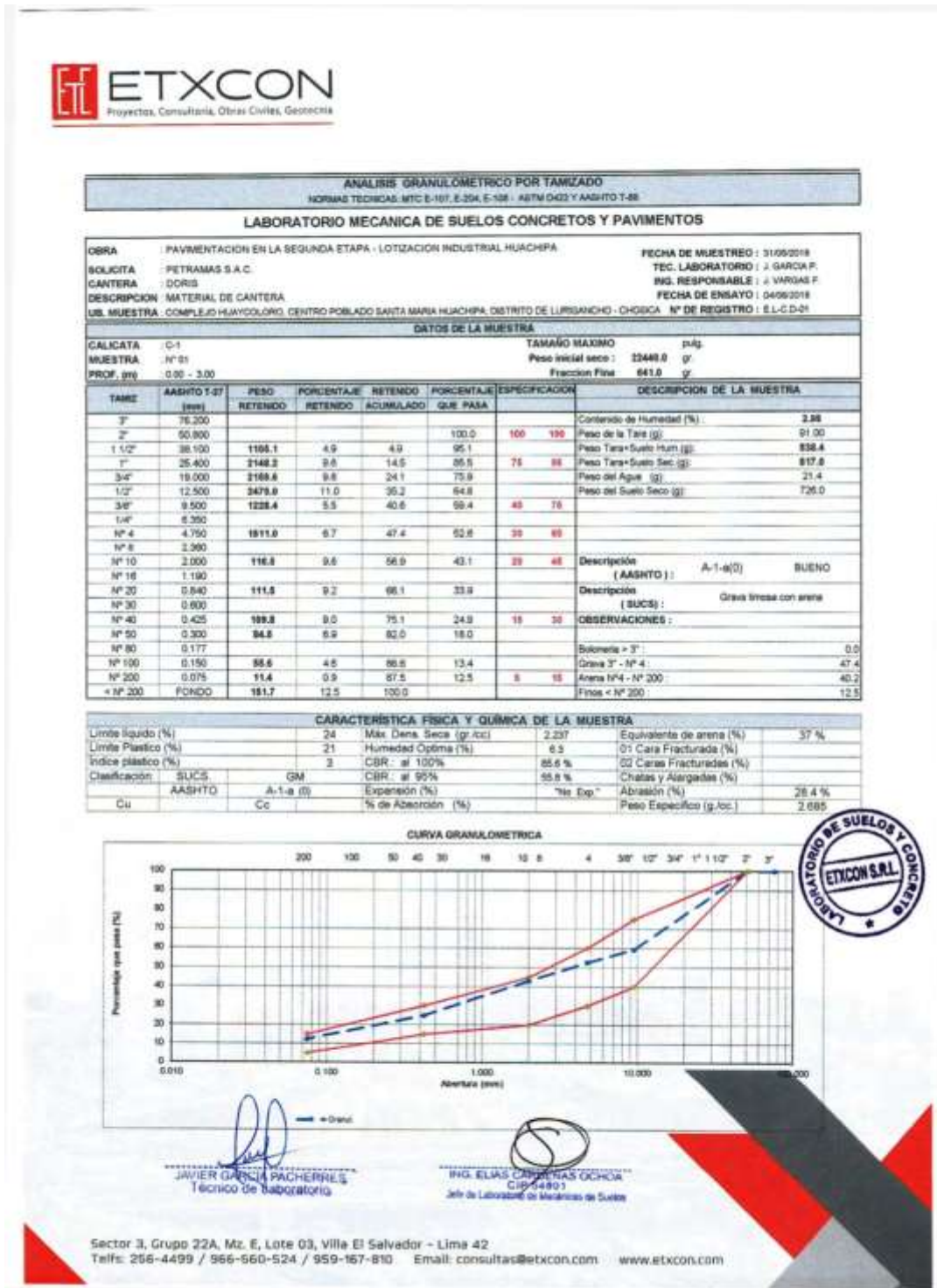
ING. ELIAS CARDENAS OCHOA
CIP 24861
Jefe de Laboratorio de Pruebas de Suelos

Sector 3, Grupo 22A, Mz. E, Lote 03, Villa El Salvador - Lima 42
Telfs: 256-4499 / 966-560-524 / 959-167-810 Email: consultas@etxcon.com www.etxcon.com

Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

(*) La información de estudio de la base presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Anexo 04: Ensayo de la Cantera Doris



Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

(*) La información de estudio de la base presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Anexo 04: Ensayo de la Cantera Nueva-Las torres



Fuente: Estudio realizado por ETXCON.

(*) La información de estudio de la base presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Ensayos a la base estabilizada

Anexo 04: Ensayo de la base estabilizada



MNS GEOTECNICA E.I.R.L. CINCUENTA AÑOS DE EXPERIENCIA

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES
ESTUDIOS DE SUELOS CON FINES DE: CIMENTACION Y PAVIMENTACION
ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO, SERVICIO DE CONSTRUCCION EN GENERAL

ENSAYO CBR ASTM D1883 / NTP 339.145

INFORME N°: MNS - 0493 - 2019
SOLICITANTE: ROSSY E. REYNAGA TEJADA, ROSSY REYNAGA ROSARIO FIGUEROA
REFERENCIA: CONTROL DE CALIDAD DE AFIRMADO CANTERA - CAPALA
UBICACIÓN: CANTERA CAPALA, RIO HUAYCOLORO - HUACHIPA
FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA	CAPALA	MUESTRA	AFIRMADO				
Molde N°		1	2	3			
Capas N°		5	5	5			
N° de golpes por capa		56	25	12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Volumen del molde		2155		2105		2105	
Peso del molde		5355		5350		5418	
Peso del molde + suelo húmedo		12737		12493		12084	
Peso del suelo húmedo		7382		7143		6668	
Densidad húmeda		3.507		3.393		3.168	
Tara N°		15		16		21	
Peso de tara		263.0		268		262	
Tara + suelo húmedo		1096.0		827		878	
Tara + suelo seco		1014.7		798.36		846	
Peso de agua		41.3		28.6		32.0	
Peso del suelo seco		751.7		530.4		584.0	
% de humedad		5.5		5.4		5.5	
% Promedio de humedad			5.5		5.4		5.5
Densidad Seca		3.324		3.219		3.093	

EXPANSION

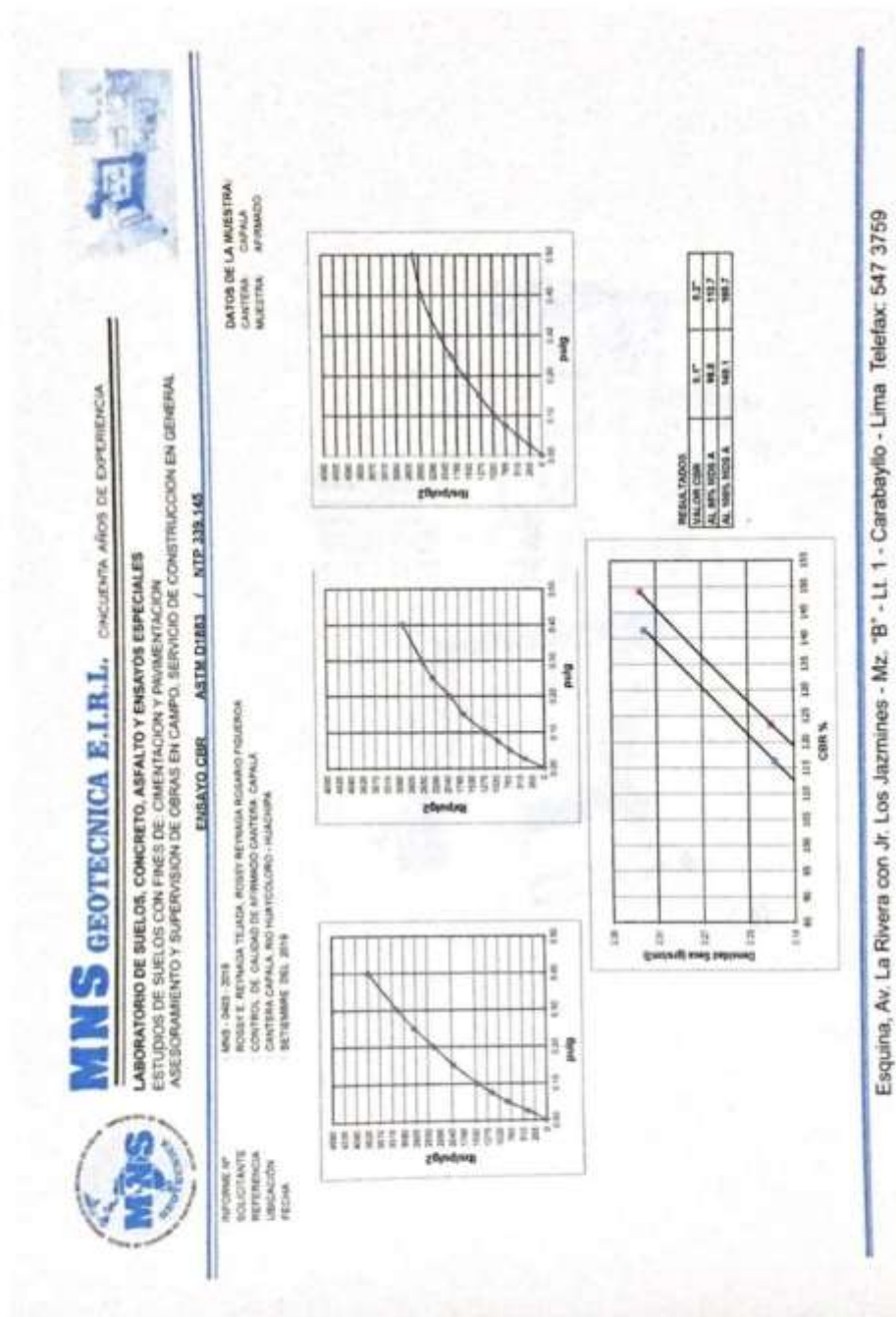
		96 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	
		CORR		CORR		CORR	
		Lib.	Lib/pulg.2	Lib.	Lib/pulg.2	Lib.	Lib/pulg.2

ANILLO

Penetración Pulg.	Presión patrón en Lib/pulg.2	96 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES				
		CORR		CORR		CORR				
		Lib.	Lib/pulg.2	Lib.	Lib/pulg.2	Lib.	Lib/pulg.2			
0.025		106	1501	500	89	1219	456	65	759	253
0.050		212	2532	844	183	2189	733	127	1544	515
0.075		297	3549	1183	250	2948	983	187	2272	757
0.100	1000	380	4473	1491	310	3701	1234	240	2951	984
0.150		508	6013	2004	420	5117	1706	327	3914	1305
0.200	1500	620	7264	2421	515	6251	2084	410	4897	1632
0.250		720	8521	2940	590	7016	2339	480	5689	1896
0.300		810	9586	3195	650	7715	2572	540	6402	2134
0.400		965	11455	3818	750	8610	2870	625	7468	2496
0.500		1005	11978	3993	790	9248	3083	680	8025	2675

Esquina, Av. La Rivera con Jr. Los Jazmines - Mz. "B" - LL 1 - Carabaylo - Lima Telefax: 547 3759
Telf: 655 9961 Cel.: 993 563 757 / 968 512 432 E-mail: mns_geotecnica_eirl@hotmail.com

Anexo 04: Ensayo de la base estabilizada-CBR



Fuente: Estudio realizado por MNS GEOTECNICA E.I.R.L.

(*) La información de estudio de la base estabilizada presentado en los anexos es referencial y resumida, se utilizó la información completa recibida por la empresa Petramás SAC para en análisis de la tesis.

Anexo 05 -Panel fotográfico

Anexo 05: Reconocimiento de canteras



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Visita de campo a la cantera “Comagsa Antigua”



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Agregados encontrados en cantera



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05 : Procesamiento en agregados



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Proceso constructivo de la base granular sin estabilizar



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Proceso constructivo de la base granular estabilizada



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Medición de calzada de la vía en estudio



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Recolección de suelo para ensayos



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Vista de agregados de la base estabilizada



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Extracción de suelo estabilizado



Fuente: Elaboración propia

Anexo 05: Preparación de molde para la compactación



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Ensayo de Proctor



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Coordinaciones realizadas con Petramás S.A.C.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Visita de campo con representante de Petramás S.A.C.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Vista del Canal 5 (Panamericana) del suelo estabilizado



Fuente: Canal 5 (Panamericana) y Petramás S.A.C.

Anexo 05: Vista en planta de la vía estabilizada con cloruro de calcio según el Canal 5 (Panamericana)



Canal 5 (Panamericana) y Petramás S.A.C.

