

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



TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD
ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON PEN 60/70 Y
EMULSIÓN CATIONICA TIPO CSS-1HP**

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Presentado por:

Bach. LINARES ZORRILLA, RENATO GIOVANNI

PARA OPTAR: EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ASESOR

ING. RANDO PORRAS OLARTE

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, esposa e hijos por haberme apoyado a cumplir mis metas profesionales y por su apoyo moral y económico incondicional a lo largo de mi carrera. En especial a mi padre por darme consejos de vida que guiaron mi camino durante todo este tiempo.

Bach. Linares Zorrilla, Renato Giovanni

AGRADECIMIENTO

A mis papas y profesores que fueron son mis mayores impulsores a lo largo de este proceso, por confiar y creer en mí y en todas mis expectativas, a la vida por este nuevo logro a todas las personas que me apoyaron.

Bach. Linares Zorrilla, Renato Giovanni

CONSTANCIA 145

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON PEN 60/70 Y EMULSIÓN CATIONICA TIPO CSS-IHP"

Cuyo autor (a) : Renato Giovanni, Linares Zorrilla.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil.

Asesor (a) (es) : Ing. Rando, Porras Olarte

Que, fue presentado con fecha 10.03.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 13.03.2023, con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

Excluye bibliografía,

Excluye citas.

Excluye cadenas menores de a 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **30%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: Trabajo de Suficiencia Profesional.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo 14 de Marzo del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Jurado
Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

Jurado
Mg. David Ramos Piñas

Jurado
Mg. Jesús Iden Cárdenas Capcha

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Descripción de la realidad problemática	20
1.2. Formulación del problema	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. Justificación de la investigación	22
1.3.1. Justificación práctica	22
1.3.2. Justificación científica	22
1.3.3. Justificación metodológica	22
1.4. Delimitación de la investigación	23
1.4.1. Delimitación espacial	23
1.4.2. Delimitación temporal	23
1.4.3. Delimitación conceptual	23
1.5. Limitaciones	24
1.6. Objetivos de la investigación	24
1.6.1. Objetivo general.....	24
1.6.2. Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II	25
MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de la investigación	25
2.2.1. Antecedentes nacionales	25
2.1.2. Antecedentes internacionales	28

2.2. Marco conceptual	30
2.2.1. Tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión CSS-1HP	30
2.2.2. Capacidad estructural de pavimentos flexibles	43
2.2.3. Las propiedades físicas del asfalto	46
2.3. Definiciones de términos	59
2.4. Hipótesis.....	60
2.4.1. Hipótesis general	60
2.4.2. Hipótesis específica	60
2.5. Variables	60
2.5.1. Definición conceptual de las variables	60
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	61
CAPÍTULO III.....	63
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1. Método de investigación	63
3.2. Tipo de investigación.....	63
3.3. Nivel de la investigación	64
3.4. Diseño de la investigación	64
3.5. Población y muestra	64
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
3.6.2. Instrumentos.....	65
3.7. Procesamiento de la información.....	65
3.7.1. Ensayo de Dosificación de ligantes asfáltico y agregado pétreo MTC E -515 65	
3.7.2. Ensayo de caracterización de los agregados ASTM D -1888.....	66
3.7.3. Ensayo de Viga Bekelman	67
3.7.4. Circulo de arena	69
3.7.5. Ensayo de Rugosidad por el método de Merlín (IRI) ASTM E-1926.....	70
CAPÍTULO IV.....	72
ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
4.1. Descripción de los resultados	72
4.1.1. Caracterización de los agregados	72
4.1.2. Medición de la deflexión de la carpeta asfáltica al aplicar el tratamiento superficial 73	
4.1.3. Ensayo de circulo de arena en el tratamiento superficial.....	77
4.1.4. Determinación de la rugosidad por el método de Merlín (IRI).....	79
4.3. Contrastación de hipótesis.....	80

4.1.5. Hipótesis general	80
4.1.6. Hipótesis específico 1 (Prueba del investigador)	80
4.1.7. Hipótesis específico 2 (prueba del investigador)	83
4.1.8. Hipótesis específico 3 (prueba del investigador)	85
CAPÍTULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
5.1. Discusión de resultados.....	87
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	99
Anexo N°01: Matriz de consistencia.....	100
Anexo N°02: Panel fotográfico.....	103
1. Caras fracturadas con una y dos caras	104
2. Partículas chatas y alargadas.....	105
3. Sales solubles	105
4. Terrones de arcilla y partículas friables	106
5. Abrasión los ángeles.....	106
6. Granulometría uso 6”	107
7. Granulometría uso 8”	107
8. Tramo de prueba.....	108
9. Ensayo de la rugosidad	110
10. Ensayo del círculo de arena.....	111
11. Ensayo con la viga benkelman	112
Anexo N°03: Certificado de los Ensayos.....	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas básicas del cemento asfáltico PEN 60/70.....	32
Tabla 2: Mezcla asfáltica con PEN 60/70.....	32
Tabla 3: Requerimiento de emulsión asfáltica catiónica.	34
Tabla 4: Propiedades Físicas.....	36
Tabla 5: Otras propiedades de residuo Asfáltico.	36
Tabla 6: Propiedades de residuo Asfáltico.....	37
Tabla 7: Características del Asfalto en caliente.....	39
Tabla 8: Factor de tránsito T.....	40
Tabla 9: Factor de corrección por textura superficial.....	41
Tabla 10: Características de material pétreo para su uso en emulsiones.	41
Tabla 11: Características del Asfalto en caliente.....	49
Tabla 12: Escala de textura ensayada con el marco portátil de temperatura.....	56
Tabla 13: Valores de Rugosidad Admisible en m/km según tipo de carretera.....	57
Tabla 14: Normativa de organizaciones para el control del IRI.	58
Tabla 15: Normativa de otros países para el control del IRI.	58
Tabla 16: Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en Perú.	59
Tabla 17: Operacionalización de variables.....	62
Tabla 18: Distancia del punto de ensayo.	67
Tabla 19: Combinación de los agregados.....	72
Tabla 20: Gradación-Huso 6.....	72
Tabla 21: Gradación-Huso 8.....	73
Tabla 22: Dosificación de ligante asfáltico CSS-1P.....	73
Tabla 23: Dosificación de ligante asfáltico PEN 60/70.....	73
Tabla 24: Resultados deflexión.....	74
Tabla 25: Resultados deflexión.....	75
Tabla 26: Deflexión de la capa superficial.....	76
Tabla 27: Resultados del ensayo círculo de arena.....	78
Tabla 28: Resultados de rugosidad.....	79
Tabla 29: Prueba de normalidad (Deflaxión).....	82
Tabla 30: Prueba de muestras emparejadas.....	83
Tabla 31: Prueba de normalidad (Textura).....	84
Tabla 32: Prueba de muestras emparejadas.....	84

Tabla 33: Prueba de normalidad (Rugosidad)	85
Tabla 34: Prueba de muestras emparejadas	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Delimitación espacial	23
Figura 2: Diagrama esquemático de una emulsión	33
Figura 3: Emulsión aniónica y de una catiónica	34
Figura 4: Distribución de los vacíos en la capa de tratamiento Superficial	42
Figura 5: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).....	44
Figura 6: Diagrama de flujo planta de dosificación de Mezcla asfáltica en caliente.....	45
Figura 7: Vacíos de la mezcla asfáltica.....	50
Figura 8: Vacíos llenos de la mezcla asfáltica.	51
Figura 9: Viga Benkelman	52
Figura 10: Ensayo de círculo de arena ASTM E965	53
Figura 11: Diferencia de texturas en pavimento.	54
Figura 12: Escala de textura ensayada en el círculo de arena.....	55
Figura 13: Rugosidad longitudinal de un pavimento.....	56
Figura 14: Ensayo equivalente de arena.	67
Figura 15: Punto de ubicación del extremo de la viga Benkelman.....	68
Figura 16: Geometría de colocación de la viga Benkelman	68
Figura 17: Procedimiento de medición de deflexión.	69
Figura 18: Procedimiento profundidad de textura método círculo de Arena.....	70
Figura 19: Filtro previo de media móvil para el cálculo del IRI	71
Figura 20: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman	74
Figura 21: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman	76
Figura 22: Deflexión del pavimento	77
Figura 23: Comparativo del ensayo de círculo de arena.....	78
Figura 24: Rugosidad con dos tipos de ligante	80

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Desarrollo del ensayo para determinar el Método de ensayo de las caras fracturadas (con una cara fracturada) MTC E-210, ASTM D-5821	104
Fotografía 2: Desarrollo del ensayo para determinar el Método de ensayo de las caras fracturadas (con dos caras fracturadas) MTC E-210, ASTM D-5821	104
Fotografía 3: Determinar el peso requerido para ensayar cada partícula según la norma (ASTM D 4791-10).....	105
Fotografía 4: Determinar el contenido de cloruros y sulfatos con el ensayo de sales solubles según la norma (MTC E 219 – ASTM D 1888).	105
Fotografía 5: Determinar el contenido de terrones de arcilla y de las partículas deleznales (friables) en los agregados según la norma (ASTM C 142- C 142 M-17)	106
Fotografía 6: Determinar la resistencia a la degradación por el método “B” utilizando 11 esferas con la máquina de los ángeles mediante el ensayo de abrasión los ángeles según la norma (ASTM C 131 – ASHTO T 96).	106
Fotografía 7: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número “6” según la norma (ASTM D448).	107
Fotografía 8: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número “8” según la norma (ASTM D448).	107
Fotografía 9: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número “8” tamiz por tamiz según la norma (ASTM D448).....	108
Fotografía 10: Tendido y compactación del material para tender nuestro tratamiento superficial.....	108
Fotografía 11: Tendido de la emulsión CSS-1P y del pen 60/70.....	109
Fotografía 12: Tendido del material del ligante como primera y segunda capa.	109
Fotografía 13: Tendido del material del uso 6 y uso 8 para el tratamiento superficial tanto en la primera capa y en la segunda capa.	110
Fotografía 14: Determinación de la medición del rugosímetro por el método Merlín (IRI) según la norma (ASTM E 1926).....	110
Fotografía 15: Determinar la profundidad de la macrotextura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926). ..	111
Fotografía 16: Determinar la profundidad de la macrotextura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926). ..	111

Fotografía 17: Determinar con una viga benkelman la deflexión o deformación según la norma (ASTM D 4695)..... 112

Fotografía 18: Determinar con una viga benkelman la deflexión o deformación según la norma (ASTM D 4695)..... 112

RESUMEN

En la presente tesis se tuvo como objetivo determinar analizar la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1HP para lo cual se utilizó el tipo de investigación Aplicada de nivel explicativo y diseño Experimental, como muestra se considera una población y muestra, de 90 moldes de asfalto con tratamientos superficiales con 2 tramos de prueba de 3x3 metros puesta a condiciones de carga vehicular, para iniciar el desarrollo de esta investigación primero se realizó la caracterización de los agregados, combinación de los agregados, gradación de huso 6 y gradación de uso 8 y finalmente se realizó la dosificación de los ligantes a usar para el tratamiento superficial, como resultado en la medición de la deflexión con el ligante PEN 60/70 se obtuvo una deflexión característica 70.19 (10^{-2} mm) y el ligante tipo CSS-1P se obtuvo una deflexión característica de 70.93, en el ensayo de círculo de arena se con el ligante PEN 60/70 en los 5 tramos se obtuvo 0.13mm, 1.08 mm, 1.17 mm, 1.12 mm, 1.10 mm y con el ligante tipo CSS-1P se obtuvo 1.10 mm, 1.09 mm, 1.18 mm, 1.10 mm, 1.11 mm y en la determinación de la rugosidad por el método de merlín (IRI) con el ligante PEN 60/70 se obtuvo rugosidad (R) 1.28 m/km, con el ligante tipo CSS-1P se obtuvo rugosidad (R) 1.49 m/km finalmente se concluye que el tipo de ligante que mayor efecto produce es el PEN 60/70.

PALABRAS CLAVES: Capacidad Estructural, emulsión, tratamiento superficial, pavimento.

ABSTRACT

In this thesis, the objective was to determine and analyze the structural capacity of flexible pavements with surface treatments with PEN 60/70 and CSS-1HP type cationic emulsion, for which the type of explanatory level Applied research and Experimental design was used, as a sample. a population and sample is considered, of 90 asphalt molds with surface treatments with 2 test sections of 3x3 meters set to vehicular load conditions, to start the development of this research, the characterization of the aggregates was first carried out, combination of the aggregates , spindle gradation 6 and use gradation 8 and finally the dosage of the binders to be used for the surface treatment was carried out, as a result in the measurement of the deflection with the binder PEN 60/70 an acting deflection of 70.19 (10^{-2} mm) and the binder type CSS-1P an acting deflection of 70.93 was obtained, in the sand circle test it was with the binder PEN 60/7 0 in the 5 sections 0.13mm, 1.08mm, 1.17mm, 1.12mm, 1.10mm were obtained and with the binder type CSS-1P 1.10mm, 1.09mm, 1.18mm, 1.10mm, 1.11mm were obtained and in the determination of the roughness by the merlin method (IRI) with the binder PEN 60/70 roughness (R) 1.28 m/km was obtained, with the binder type CSS-1P roughness (R) 1.49 m/km was obtained finally it is concluded that the The type of binder that produces the greatest effect is PEN 60/70.

KEY WORDS: Structural capacity, emulsion, surface treatment, pavement.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1HP”, nace de la problemática presentada por las patologías presentadas en la capa de rodadura (asfalto) en diversas vías construidas las cuales quedan a cargo del ministerio de transporte para su mantenimiento como en procesos de parchado y diversos tipos de tratamientos superficiales, los cuales en un gran porcentaje no llevan un control de calidad de los materiales empleados provocando que estos daños vuelvan a presentarse luego de ciertos periodos generando así un círculo vicioso de trabajo los cuales son cada vez más costosos.

Por lo que en esta investigación se plantea el análisis comparativo entre los tratamientos superficiales con PEN 60/70 y tratamientos superficiales con emulsión catiónica de rotura lenta modificada con polímeros CSS-1HP en un análisis bajo normas (ISSA).

Los tratamientos superficiales aumentan el tiempo de vida del asfalto mediante la aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre la estructura del pavimento, existen varios métodos comúnmente utilizados para mejorar distintos tipos de patologías.

esta investigación para una mayor comprensión se dividió en cinco capítulos, de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Abarca, los problemas, objetivos, justificación y las limitaciones de la presente investigación que se está desarrollando.

EL CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Abarca antecedentes internacionales, nacionales, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis, y Operacionalización de las variables de la presente investigación que se está desarrollando

EL CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Abarca las metodologías, método, el tipo, el diseño y nivel de la investigación, también abarco sobre la población, la muestra y las técnicas de recolección de información.

EL CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Abarca los resultados que se obtuvieron en el proceso de la investigación según los parámetros propios de la universidad.

EL CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Abarcará la discusión de los antecedentes con las tesis referidas en los antecedentes de esta presente investigación.

Bach. Linares Zorrilla, Renato Giovanni

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional el proceso de tratamiento superficiales ha disminuido notablemente principalmente en Europa y Norte América ya que se ve más rentable a largo plazo la construcción de pavimentos flexibles que el mantenimiento de estas, siendo en vías de no tan alta densidad vehicular el uso de asfalto premezclado el contiene en su composición PEN 60/70 modificado con biopolímero tratado en frio, obteniendo altos resultados en relación a durabilidad y confort de la vía.

A nivel latinoamericano en Brasil se ha tenido una diversidad de patologías en el pavimento como fisuras longitudinales, fisuras de borde, baches, descascaramiento, perdida del agregado, desgaste superficial, etc. Los cuales ha llevado a desarrollar una nueva tecnología empleando un análisis más enfático en el comportamiento de las mezclas asfálticas realizando una combinación entre el PEN 60/70 con la emulsión de rotura lenta catiónica con polímeros CSS-1HP en cual lo ha desarrollado como un premezclado que ha llevado a emplear un proceso constructivo diferente realizando una mezcla en caliente con una dosificación cuando la mezcla decae su temperatura manteniendo la adherencia y logrando una uniformidad en el toda la mezcla en el momento de la compactación.

En nuestro país la construcción de pavimentos flexibles en los últimos años ha ido creciendo dichas construcciones concluidas son entregadas al ministerio de

transportes para su mantenimiento rutinario lo cual ha llevado que estos pavimentos flexibles entren a un proceso de parchado a los 5 años de haber sido construida por presentar una diversidad de patologías en su superficie de rodadura, los cuales tampoco llevan un control adecuado sobre la calidad de los materiales ni los ensayos respectivos sobre los materiales utilizados y la calidad de la mezcla empleada sino que su tratamiento es como un parchado general lo cual no lleva un control como los estipulados en manual del ISSA, realizando parchados o refacciones a las carpetas asfálticas momentáneas y generando un trabajo continuo en el mismo lugar y aumentando las dimensiones del tratamiento superficial, generando un círculo vicioso con gastos cada vez más elevados, es por ello que se plantea un análisis comparativo de tratamientos superficiales con PEN 60/70 y tratamientos superficiales con emulsión catiónica de rotura lenta modificada con polímeros CSS-1HP en un análisis bajo las normas de rendimiento recomendadas para Slurry Seal de asfalto Emulsionado (ISSA).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1HP?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo interviene la deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?
- b) ¿En qué medida la profundidad de textura interviene en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?
- c) ¿De qué manera influye la rugosidad en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?

1.3. Justificación de la investigación

Esta investigación recae en encontrar la variación de las propiedades estructurales con tratamientos superficiales usando cemento asfáltico tipo P.E.N 6.0./7.0. y emulsión asfáltica C.S.S.-1.H.P. cumpliendo estándares de calidad necesarios para su proceso de desarrollo.

1.3.1. Justificación práctica

Un trabajo de investigación puede generar aportes prácticos directos o indirectos relacionados a la problemática real estudiada.

La justificación práctica de la presente investigación es determinar el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente con PEN 60/70 y la emulsión de rotura lenta catiónica modificada tipo CSS-1HP.

1.3.2. Justificación científica

Según (Carrasco Diaz, 2006), manifiesta que los resultados de esta investigación podrán generalizarse para incorporarse al conocimiento científico de los demás sirvan para llenar vacíos o espacios cognoscitivos existentes.

La presente investigación se sustenta teóricamente, ya que nos permitirá obtener la influencia que tiene el PEN 60/70 en la capacidad estructural los pavimentos flexibles mediante, los ensayos de laboratorio el cual servirá como punto de referencia de manera científica para posteriores proyectos relacionados a las mezclas asfálticas en caliente.

1.3.3. Justificación metodológica

Según (Carrasco Diaz, 2006), la investigación se justifica metodológicamente basándose en el análisis de propiedades físico mecánicas de los agregados para calcular luego su dosificación con cemento asfáltico PEN 60/70 y con emulsiones catiónicas de roturas lentas modificadas con polímeros y ser sometida a cargas de un eje equivalente para su análisis de resistencia estructural.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación espacial

La presente investigación se elaboró la Provincia de Huancayo, en la Región Junín.

Figura 1: Delimitación espacial



1.4.2. Delimitación temporal

El desarrollo de este plan de tesis propuesto se lleva a cabo en el año 2021 con desarrollo en el 2022.

1.4.3. Delimitación conceptual

La presente investigación estuvo definida por las normas y delimitaciones establecidas en el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para el cual se realizará estudios ante el comportamiento que presente la muestra asfáltica ante el P.E.N. 6.0./7.0. y emulsión catiónica tipo C.S.S.-1. H.P., determinándose así el comportamiento a largos plazos del pavimento flexible.

1.5. Limitaciones

Unas de las limitaciones importantes son las mezclas asfálticas han sido memorablemente diseñadas con procedimientos teórico-prácticos de laboratorio, lo que significa que requiere experiencia en campo con el fin de determinar los resultados del análisis de laboratorio teniendo correlación con el desempeño del pavimento para condiciones actuales.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Analizar la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1HP.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar cómo interviene la deflexión en el tratamiento superficial con P.E.N. 6.0./7.0. y emulsión catiónica tipo C.S.S.-1. P. en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles
- b) Identificar en qué medida la profundidad de textura interviene en el tratamiento superficial con P.E.N. 6.0./7.0. y emulsión catiónica tipo C.S.S.-1. P. en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.
- c) Identificar en qué medida la rugosidad interviene en el tratamiento superficial con P.E.N. 6.0./7.0. y emulsión catiónica tipo C.S.S.-1. P. en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes nacionales

Fuente especificada no válida. , presento la tesis de pregrado **Titulado:** Diseño de la estructura de pavimentos flexibles de las calles comprendidas dentro del perímetro de la CA. V.r.h.t., Ca. La Paz, Ca. Pachacutec y Av. Gran Chimu del distrito de La Victoria – Chiclayo - Lambayeque, el cual fija como **objetivo general:** Diseñar la estructura de pavimentos flexibles de las calles comprendidas dentro del perímetro, empleando la **metodología:** inductivo analítico, para el diseño de pavimentos flexibles, rígidos y articulados con un nivel de investigación experimental, obteniendo como **resultado:** La vía estudiada tiene un carácter vecinal y es de clasificación C.V.-.3. y presenta un I.D.M. Además, se realizó el levantamiento topográfico para generar el perfil del terreno y realizar el diseño geométrico, y finalmente **concluyo:** que el pavimento flexible en caliente a utilizar es determinado por el método A.A.S.H.T.O. 1993, teniendo como espesores: Sub-rasante con pedralen de 15 cm, Sub rasante con Arenilla de 15 cm, Sub base Granular de 15 cm y una carpeta de rodadura de 5.00cm.

(Ramírez Montenegro, 2015) presento la tesis de posgrado **Titulado:** Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la

cantera San Martín con cemento asfáltico P.E.N.6.0./7.0. y emulsión asfáltica C.S.S.-.1. H.P., el cual fija como **objetivo general:** Determinar el grado de compatibilidad de los agregados de la cantera San Martín, en la preparación de mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico tipo P.E.N. 6.0./7.0. y preparación de mezclas asfálticas en frío con Emulsión Asfáltica C.S.S.-.1.H.P., Trujillo, región la libertad, empleando la **metodología** El presente proyecto fue realizado desde un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación es experimental, obteniendo como **resultado:** El comportamiento de estabilidad de la mezcla asfáltica en Caliente con su óptimo contenido de asfalto 6% tiene un valor de 11816 N (1204 kg) con un incremento de 47.5% mayor que el parámetro del instituto del asfalto americano, y finalmente **concluyo:** Mencionando que la mezcla asfáltica óptima para un diseño de mezcla en caliente es de 6% con un cemento asfáltico P.E.N. 6.0./7.0., con 56% de agregado grueso y 44% de agregado fino.

Fuente especificada no válida. presento la tesis de pregrado **Titulado:** Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros S.B.S. B.E.T.U.T.E.C. I.C. y una mezcla asfáltica convencional 6.0./7.0., el cual fija como **objetivo general:** Determinar cuál de las dos mezclas presenta el mejor comportamiento mecánico, si la mezcla asfáltica modificada con polímeros S.B.S. Be.t.u.t.e.c I.C. y la mezcla asfáltica convencional, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es cuantitativa, de tipo de investigación apropiados, obteniendo como **resultado:** Se presenta que al realizar la mezcla entre el polímero S.B.S D.e.t.u.t.e.c I.C. y la mezcla asfáltica convencional 60/70 en propósito de comparación se obtuvieron las estabilidades , flujo y óptimos contenidos de asfalto y además propiedades de la mezcla , ambos diseños cumplieron con los parámetros y requerimiento del manual de carreteras – Especificaciones técnicas Generales para Construcción, 2013, y finalmente **concluyo:** el resultado del diseño Marshall es satisfactorio al darnos proporciones volumétricas de los componentes de la mezcla los cuales nos presentan y brindan un porcentaje óptimo de contenido asfáltico durable y parámetros tales como la estabilidad y flujo .

Dentro de la comparación entre la mezcla de polímeros SBSS B.e.t.u.t.e.c I.C. y la mezcla convencional 60/70 se observó los aportes que tienen los polímeros

con respecto a la deformación a la deformación permanente, en la mezcla convencional se obtuvieron deformaciones más altas en comparación al modificado. Además, el óptimo en el líquido asfáltico que se logra por el diseño importa para lograr embeber bien la totalidad de los agregados y darle una mejor durabilidad a la mezcla asfáltica.

(Rolando Franco, 2016) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Estudio Comparativo entre Mezclas Asfálticas con Diluido R.C.-.2.5.0. y Emulsión, el cual fija como **objetivo general:** Comparar las mezclas asfálticas diluido y las mezclas asfálticas con emulsión y verificar así lo descrito en el párrafo anterior, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es descriptivo y explicativo, obteniendo como **resultado:** que el porcentaje de vacíos disminuye con el aumento de contenido de asfalto , además el porcentaje de vacíos llenos con V.F.A. aumentan con el incremento de cemento asfáltico ,el contenido óptimo de asfalto, tiene un valor de 13.23 (0.25.m.m.), siendo el rango especificado de 8-14 (0.25.m.m.), y finalmente **concluyo:** Mencionando que por los problemas de adherencia no son recomendables el uso de mezcla asfáltica por ello la cantidad de aditivo debe de ser estrictamente controlada, además las emulsiones asfálticas nos presentan ventajas técnicas , económicas , frente a los diluidos y estas a su vez pueden ser utilizadas para fabricar mezclas asfálticas diseñadas para soportar un tráfico pesado.

(Peve Chipana, 2019)Presento la tesis de pregrado **Titulado:** Aplicación de mezcla asfáltica reciclada con emulsión para mejorar la superficie de la carpeta de rodadura en la Av. Principal – Carapongo –Lima 2019, el cual fija como **objetivo general:** Determinar como la aplicación de la mezcla asfáltica reciclada con emulsión mejora la superficie de la carpeta de rodadura en la Av. Principal – Carapongo – Lima 2019, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es descriptivo – transversal, experimental , obteniendo como **resultado:** que la mezcla asfáltica reciclada con emulsión mejora el comportamiento mecánico de la superficie del asfalto , con la caracterización del R.A.P y las pruebas de laboratorio de la emulsión nos refleja la carencia de partículas que fueron sometidas a diferentes ensayos como el ensayo de Abrasión de los Ángeles con un Porcentaje máximo de 25.20 % de desgaste, y finalmente **concluyo:** Mencionando que la mezcla reciclada con mezcla de

emulsión mejora la superficie de la carpeta de rodadura que usándose al 100% cumple los parámetros en la norma y que al desfrezado pierde agregado fino y ello dificulta una mejor estabilidad. Además, que el material asfáltico reciclado se comporta bien en los pavimentos de bajo tránsito y mejora el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura

2.1.2. Antecedentes internacionales

Fuente especificada no válida. presento la tesis de pregrado **Titulado:** Aplicación de una metodología para rehabilitación de pavimentos mediante sobre capas de refuerzo, utilizando el A.A.S.H.T.O 9.3., el cual fija como **objetivo general:** Diseñar una sobre capa de refuerzo flexible sobre un pavimento de concreto asfáltico parcialmente destruido, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimentales, obteniéndose como **resultados:** que rehabilitar la vía tiene un presupuesto cerca de 12 millones de dólares rehabilitar 15 km de vía al contrario de destrozar y fracturar el pavimento que resultaría más costoso, y finalmente **concluyo:** que al analizar el valor de la macro textura nos presenta tablas de valores mínimos a cumplirse, el carril derecho presenta un coeficiente mayor a 90 mm lo que provoca que los neumáticos de vean desgastados más rápido y aumente el costo de circulación . Además, las deflexiones de centro son menores que las de juntas y menores en las esquinas provocando que solo el 25 % de las juntas estudiadas cumplen son las exigencias de buena a excelente.

Fuente especificada no válida., presento la tesis de posgrado **Titulado:** Diagnóstico del empleo tratamientos superficiales con emulsión asfáltica en obras de infraestructura vial en Colombia, el cual fija como **objetivo general:** identificar los retos a futuros que tiene la elaboración de tratamientos superficiales a una escala industrial, empleando la **metodología:** aplicada, que se acerque de tratamiento superficial de pavimento, obteniendo como **resultado:** Se observa que la granulometría colombiana utilizada para el uso de las emulsiones es muy similar a al usado por estados unidos , cuando se establecieron relaciones para granulometrías con tráfico muestran una diferencia máxima del 23.5% para rangos de tamaño de partículas iguales, y

finalmente **concluyo:** la evaluación entre normativas nos presenta similitudes como la semejanza en la granulometría para la lechada asfáltica y micro superficie, las prácticas en el proceso constructivo y la condiciones iniciales de pavimento.

Las diferencias que se observan por parte de los profesionales consultados de la dificultad de cumplir las normativas puesto que los tratamientos al cumplir todas las normas optimizan el diseño de los tratamientos

Fuente especificada no válida., presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía azogues – Cojitambo – Dleg – la Raya, el cual fija como **objetivo general:** Identificar las fallas existentes de la vía, presenta soluciones para la rehabilitación y mantenimiento del mismo, para brindar una estructura vial cómoda y funcional, empleando la **metodología:** aplicativa que determina parámetros necesarios para la evaluación vía, obteniendo como **resultado:** El tercer tramo de la vía estudiada presenta parches, ahuellamientos y fisuras de borde y en bloque además presenta fisuras longitudinales y transversales; en el tramo cinco se ve afectada por la presencia de varios parches , ahuellamientos de severidades bajas y una considerable área de corrugación; el tramo siete presenta un mal estado al presentar fallas de piel de cocodrilo, ahuellamientos y fisuramiento longitudinal así como baches, desniveles y parches de la misma forma el tramo ocho y nueve se encuentran en el mismo estado, y finalmente **concluyo:** que el área es un presenta un relieve con pendientes pronunciadas , en algunos sectores hay presencia de escorrentía, agentes erosivos y factores que se generan inestabilidades en los taludes y provocados los deterioros constantes del pavimentos.

(Cruz Chimal, 2020)presento la tesis de posgrado **Titulado:** Evaluación de las emulsiones asfálticas basadas en especificaciones de grado de desempeño y del efecto de las fibras utilizadas en aplicaciones de micro aglomerados, el cual fija como **objetivo general:** Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros S.B.S. B.E.T.U.T.E.C. I.C. y una mezcla asfáltica convencional 6.0./7.0., empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Experimental,

obteniendo como **resultado**: Que la emulsión tipo CQA-1hL es propensa a presentar asentamientos mientras que la emulsión ESS-1Hp tiene una mayor resistencia a los cambios físicos al ser adicionados al asfalto presentan cambios reológicos durante el tiempo de almacenamiento en 24 hrs debido a las gradientes de densidad del agua y el asfalto y no por aspectos de floculación ni por rompimiento de la emulsión, todo esto fue verificado por medio de la prueba Rd porque las emulsiones se reincorporan fácilmente en la mezcla, y finalmente **concluyo**: Mencionando que el microaglomeramiento es un tratamiento de preservación usado para mejorar fallas en la superficie de la capa de rodadura del pavimento, el análisis de EPG demostró que la metodología es efectiva tanto individualmente como en la mezcla ante diferentes espectros de carga y temperatura .

(Parodi, Bormann, Vidal, & Sierra, 2018) presento la investigación **Titulado**: Diseño de Mezcla asfáltica con material de desecho, el cual fija como **objetivo general**: Evaluar diferentes productos en el uso de la mezcla asfáltica como posibles modificadores de la mezcla asfáltica , empleando la **metodología**: Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Experimental con un análisis físico- químico , obteniendo como **resultado**: que se puede observar en la temperatura intermedia cumplir con las especificaciones SuperPave, para el asfalto original corresponde a 25°C para el asfalto modificado como bumper la temperatura intermedia es de 20°C y para el polipropileno 28 °C, y finalmente **concluyo**: que el material de diseño mejora el comportamiento estructural del asfalto y de las mezclas asfálticas, la modificación de no genero ningún efecto negativo hacia las muestras como cambias químicos que afecten su buen comportamiento al ser aplicado.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Tratamientos superficiales con P.E.N. 6.0./7.0. y emulsión C.S.S.-1.H.P.

2.2.1.1. Material bituminoso

Denominamos material bituminoso a aquel producto que tiene un componente orgánico llamado betún y se caracteriza por ser

impermeable. Estos materiales son sustancias dúctiles, viscosas y de color negro que se ablandan en el calor y está comprendido por aquellos con origen de crudo petrolífero conocidos como material asfáltico. Para la elaboración de la mezcla en caliente se utiliza cemento asfáltico.

El material que se suministra será cementos asfálticos clasificados por grados de penetraciones o por viscosidades de acuerdo con las características que presenten los proyectos. Los materiales por suministrar generan emisiones debido al procesos de acaloramientos, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas de alto índice de calos por ello de aconsejan sus almacenamientos en lugares templados y techados. En caso de que el material sea vertido accidentalmente, deberá recogerse junto al suelo contaminado y colocarlo en un área de desechos que hayan sido autorizados por la autoridad correspondiente o donde el Supervisor estime conveniente.

2.2.1.2. Cemento Asfáltico 60/70

El manual de carreteras da el concepto de mezcla asfáltica aquellas que serán usadas en imprimaciones y riegos de ligas y éstas organizadas por su viscosidad y grados de penetraciones serán usadas según las características climáticas de la región, la correspondiente carta de viscosidad del cemento asfáltico.

Es unos asfaltos de penetraciones que es usado en la construcción y conservación de carreteras esta pierde sus propiedades fisicoquímicas altas temperaturas. Su comercialización en dada en Tambores y Granel

TAMBORES: Con capacidad de 200 kg

Granel: Vendido en carro tanques con capacidad de 30 toneladas

a) Composición

Está formado por una combinación de compuestos orgánicos con una gran proporción de hidrocarburos y cantidades pequeñas de

diversos metales. Se obtiene como residuo no volátil de la destilación de petróleo crudo o por división del refinado de aceite residual en el proceso de desasfaltado o descarbonización.

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas básicas del cemento asfáltico PEN 60/70

Descripción	Característica
Aspecto	Líquido
Color	Marrón oscuro a negro
Valor PH	NP
Tasa de evaporación	NP
Densidad de vapor	Insignificante a temperatura ambiente
Densidad	1-1.05 g/cm ³ c 25 °C ASTM D-70
Solubilidad	Disulfuro de carbón, cloroformo, eter y acetona
Temperatura de auto inflamación	>300°C
Tensión superficial	70 Dinas/cm a 77°C
Penetración a 25 °C	100g,5 deg.,0.1mm:60-70
Hidrosulubilidad	Insoluble

Fuente: (REPSOL, 2016) Identificación de la sustancia o la mezcla de la sociedad. Cemento asfáltico 60/70 real pasa.

Tabla 2: Mezcla asfáltica con PEN 60/70

Temperatura Media Anual			
24°.C. o más	2.4. °C. -1.5. °C.	3.5.°C. – 5 °C.	Menos de 5°C
4.0.-5.0. o 6.0.-7.0. o Modificado	6.0.-.7.0.	8.5.-1.0.0. 1.2.0.-1.5.0.	Asfalto Modificado

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N°22 (MS-22)

2.2.1.3. Emulsiona Asfáltica

La emulación asfáltica es originalmente desarrollada para resolver las dificultades problemas en la construcción de los asfaltos en caliente, esta mezcla consiste en una en la estabilización de gotas de asfalto en una fase acuosa.

Esta puede ser usada sin adición de calor o solventes además tiene la propiedad de ser bombéales, almacenadas y aplicadas a temperaturas mucho más bajas.

La composición básica de esta es el asfalto, agua, emulsionante y en algunos casos cierto tipo de aditivo.

a) La A.S.T.M

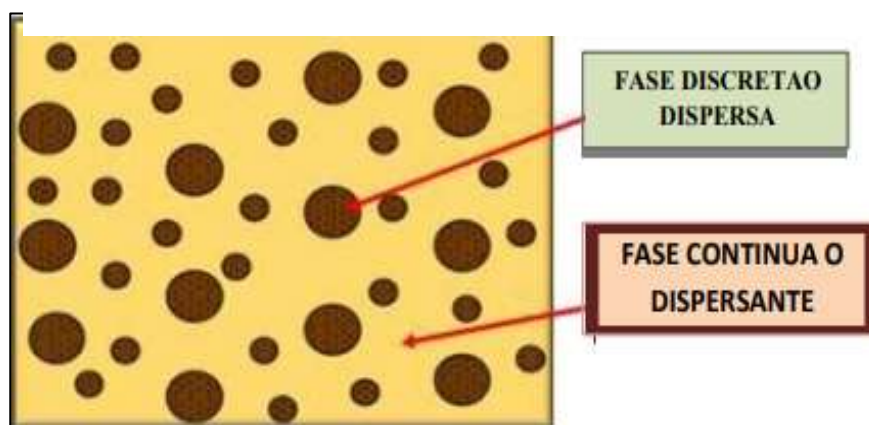
Define a los asfaltos como materiales semi-sólidos o sólidos de colores pardo oscuro y que son capaces de licuarse gradualmente al calentarse y tiene como predominantes betunes que se encuentran de manera sólida en la naturaleza o también son obtenidos de la destilación de petróleo o combinaciones de estos entre sí como productos de derivados de estas combinaciones.

b) Usos del Asfalto

Esta puede ser usada en la construcción, mantenimiento y pavimentación de carreteras.

- Fabricación de morteros asfálticos.
- Construcción de carpetas de rodadura.
- Riegos especiales de protección de taludes, y obras hidráulicas.
- Riego de penetración, curado e imprimación en asfalto.
- Estabilización de suelos, riegos de adherencia y lechada bituminosa.

Figura 2: Diagrama esquemático de una emulsión



Fuente: (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008).

Tabla 3: Requerimiento de emulsión asfáltica catiónica.

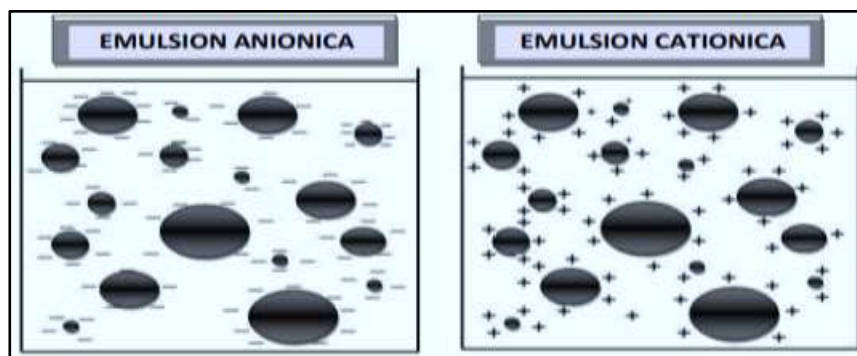
Características	Ensayo	CSS-1h	
		Min	Max
Viscosidad ,Saybort Furol a 77°F(25°C)	MTC E 403	20	100
Estabilidad de almacenamiento	MTC E 404		1
Carga de partícula	MTC E 407	Positivo	
Prueba de Tamiz %	MTC E 405		0,1
Mezcla de cemento %	ASTM D-6935		2,0
Destilación: Residuo	MTC E 401	51	
Pruebas Sobre Residuo de destilación			
• Penetracion,77°F(25°C),100g,5s	MTC E 304	40	
• Ductividad,77°F (25°),5 cm/min ,cm	MTC E 306	40	90
• Solubilidad en Tricloroetileno	MTC E 302	97.5	

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones MTC, 2013) Sección 301E Suelos Estabilizados con Emulsión Asfáltica.

c) Composición de los emulsionantes

Son compuestos orgánicos con peso molecular elevado entre 100 g/mol-300 g/mol cuenta con una parte hidrofobia que es soluble en el medio orgánico y otra por hidrofiliencia el cual es soluble en el medio acuoso. Estos emulsionantes están compuestos generalmente por un radical alkili R el cual es Hidrofolica e Hidrofilico, los cuales se encuentra unidos y con los contactos con los agua se disocian, quedándose con cargas negativas y positivas según el tipo de emulsificantes.

Figura 3: Emulsión aniónica y de una catiónica



Fuente: (Guevara Palma , Mendez Delgado, & Pimentel Gomez, 2010).Diseño de mezclas Asfálticas densas en frio basado en el método Marshall modificado de la Universidad de Illinois (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Santa Ana, El Salvador.

d) Componentes de las emulsiones Asfálticas

Según (Ministerio de Transportes y comunicaciones MTC, 2013).

Las emulsiones asfálticas tienen un buen desempeño para la elaboración de mezclas asfálticas en frío. Puesto que al examinar los principales constituyentes (asfalto, agua, agentes emulsivos y opcionalmente aditivos como estabilizadores de resistencia y mejoradores de adherencia)

Si bien se sabe que el agua y el asfalto no se mezclan en condiciones que no son controladas. El objetivo es lograr una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, la cual puede ser lo suficientemente estable para poder ser bombeada y poder ser almacenada durante una prolongación de tiempo. Más aun la emulsión deberá romper rápidamente al entrar en contacto con el agregado al ser distribuida sobre la superficie a trabajar. La fase de rotura es la separación del agua con el asfalto, al curar el residuo asfáltico conserva la capacidad adhesiva, la durabilidad y la permeabilidad, así como la impermeabilidad del cemento asfáltico con el que fue elaborado.

2.2.1.4. Emulsiones asfálticas C.S.S.-1.H.P.

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta Modificada con polímeros (C.S.S.-1.H.P.), tiene la facilidad de poder ser mezclada por los agregados lo que provoca que el asfalto demore en sufrir coalescencia y el tiempo de rodadura permite una buena trabajabilidad. Este emulsionante se encuentra dentro de la clasificación de la N.T.P. 3.2.1.1.4.1.(Especificaciones para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros. La emulsión con polímeros aporta mayor durabilidad permitiendo que el asfalto base modifique su reología mejorándolo ostensiblemente, variando las características mecánicas donde cambia

sus resistencias a las deformaciones causadas por factores climáticos y de los tránsitos, a estas características se le llaman susceptibilidades térmicas: los asfalto a temperas altas se rigidizas y a temperatura baja aumentan sus elasticidades.

La presencia de polímero en la emulsión permite que el asfalto base modifique la reologías, variando las características mecánicas cambiando las resistencias y las deformaciones producidas por los factores climáticos y de tránsito con unas características conocidas como susceptibilidad. Las estructuras a temperaturas altas se rigidizas y a temperaturas bajas aumentan las elasticidades.

a) Características físico químicas

Composición : Asfalto y agua
 Color : Marrón oscuro
 Aspecto : Liquido viscoso
 Gravedad específica a 2.0. °C: 0.9.5.-1.0.0.

Tabla 4: Propiedades Físicas.

Descripción	Requisitos
Contenido de cemento asfaltico, %	<57
Potencial de hidrogeno, pH	Maximo 6
Viscosidad, Saybolt Furol a 25 °C, SFS	20-100
Estabilidad de almacenamiento en 24 h,%	< 1.0
Carga de la partícula	Positivo

Fuente: (Modificados Panama Asfalto, 2018)

b) Características técnicas de la emulsión C.S.S.-1.H.P.

Tabla 5: Otras propiedades de residuo Asfáltico.

Descripción	Requisitos
Penetración, 25 °C, 100g,5s	40-90
Recuperación por Ductilometro 10°c, 5 cm/min, 20 cm Elongación	>25
Solubilidad en Tricloroetileno	>97.5
Retenido en tamiz # 20 %	<0.10
Punto de ablandamiento	>57

Fuente: (Modificados Panama Asfalto, 2018).

Tabla 6: Propiedades de residuo Asfáltico.

	Valores	Especificaciones
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s	22	20-100
Carga de partículas	Positivo	Positivo
Contenido de Agua (en volumen) ,%	39.5	40 max
Destilación		
Betún asfáltico residual,%	60.5	60 min
Contenido de Disolvente por Destilación, %	0.0	0.0 max
Sedimentación , 7 días,%	4.0	5.0 % max
Tamizado (retenido en T-20)%	0.05	0.1% max
Estabilidad almacenamiento 24 horas,%	0.6	1.0% max
Mezcla de Cemento	(*)	2.0 max
(*) La norma ASTM D244 establece que se debe usar el cemento portland tipo III para este ensayo.		

Fuente: (BITUPER S.A.C, 2013)

Su almacenamiento es en cilindros o cisternas metálicos a una temperatura de 10° C A 50°C y es recomendable agitarlas algunas veces antes de usarlos.

2.2.1.5. Viscosidad

Las viscosidades de las emulsiones son la valoraciones de las propiedades de flujos y no tienen relaciones con la viscosidades del asfalto que se encuentra disperso. La viscosidad de una emulsión debe ser lo suficiente mentes bajas para poder ser regadas mediante petrolizados rases convencionales y cubrirse con facilidades las piedras en una mezcladora, pero al mismo tiempo serán lo suficientes mente viscosa para no escurrirse en la carreteras durante el riegos, ni la superficie de las partículas durante el mezclado. (Castaño Meneses, Rodriguez Talavera, & Martinez Madrid, 2001)

2.2.1.6. Adhesión de arena

Esta característica es muy importante en cualquier ligante asfáltico y por los tanto también de las emulsiones. Se puede definir como la capacidad de un cemento o ligante para quedar bien fijo en el agregado, recubriendo a este sin peligro de desplazamiento, incluso de presencia de agua o de tráfico. (Castaño Meneses, Rodriguez Talavera, & Martinez Madrid, 2001)

2.2.1.7. Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico es un material bituminoso aglomerante que fue obtenido de un proceso de destilación de petróleo de consistencia sólida (Ministerio de Transportes y comunicaciones MTC, 2013).

2.2.1.8. Características de los tratamientos superficiales

El tratamiento superficial consiste en una pavimentación construida en forma estratigráfica y compactada conformado por un producto bituminoso y agregado que se ubica por separado el cual dependiendo de la cantidad de capas se conoce como riego, doble riego y triple riego. La finalidad de los tratamientos superficiales es proteger al pavimento contra un efecto abrasivo por parte de los neumáticos conservando su capacidad portante, proteger la estructura contra las acciones climáticas, especialmente el agua proporcionando a la superficie de rodadura cierta rugosidad para evitar que se produzcan deslizamientos tanto longitudinal como transversalmente en los vehículos.

El cemento asfáltico CA se clasifican por lo general de acuerdo a su consistencia evaluada a través de dos ensayos: penetración y viscosidad. Los CA también son clasificados de acuerdo a su penetración en los ensayos realizados pueden ser entendidas como la resistencia que experimenta el CA cuando se permite penetrar en él una aguja de 100grs en una temperatura de 25 °C. De esta manera se mide la consistencia del C.A. y se evalúa la rigidez entendiéndose que bajo las mismas condiciones el C.A. más rígido se dará cuando la aguja penetre menos, en las especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, determinar los requisitos mínimos que deben tenerse en los cementos asfálticos de acuerdo con los ensayos de viscosidades y penetraciones.

Tabla 7: Características del Asfalto en caliente.

Característica	Unidad	Norma de ensayo	40-50		60-70		80-100	
			min	max	min	max	min	max
Asfalto Original			min	max	min	max	min	max
Penetración	0.1 mm	-	40	50	60	70	80	100
Indice de Penetración	-	-	-1.00	+1.00	-1.00	+1.00	-1.00	+1.00
Viscosidad a 60°C	Pa-s	ASTM D-4402	200	400	150	100	100	200
Viscosidad a 135°C	Pa-s	ASTM D-4402	0.27	0.65	0.22	0.15	0.15	0.40
Punto de ablandamiento	°C	-	49	59	45	42	42	52
Ductibilidad (25°C, 5 cm/min)	cm	-	100	-	100	100	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	-	99	-	99	99	99	-
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	-	232	-	232	232	232	-
Pruebas al residuo (Ensayo del Horno de lámina asfáltica delgada en movimiento)								
Perdida por Calentamiento	%	-	-	1.00	-	-	-	1.00
Penetración del residuo como % de la penetración original	0.1 mm	-	58	-	54	50	50	-
Incremento del punto de ablandamiento	°C	-	-	9	-	-	-	9
Viscosidad a 60°C del residuo / viscosidad a 60°C del asfalto original	-	-	-	5	-	-	-	5
Contenido de ceras			Maximo 3%					

Fuente: The Asphalt Institute, 1997

2.2.1.9. Dosificación ligantes asfálticos

La dosificación de ligantes se realiza en dos etapas, primero se establece los procesos para determinar el volumen de vacíos de la capa de agregados y luego en la base de datos se dosifica la cantidad de ligante.

La dosificación definida para el ligante es establecida como resultado de la aplicación de algunos riegos iniciales los cuales estén basados en instrucciones mostrando aquellas capas de absorber en un lapso de 24 horas, esta cantidad debe ser menor a 500g/m² de ligante residual. La dosificación de un ligante debe ser establecida en base a las pruebas iniciales en una obra. Las cuales hayan sido aplicadas en condiciones normales, recomendando una dosificación de 200 g/m² -300g/m². (EMP, 2018).

Según el método McLeod la dosificación del ligante viene dada por la ecuación:

Ecuación 1. Dosificación de ligante.

$$D = \frac{K(0.4xVxHxT + S + A)}{R}$$

Donde:

- D: Dosificaciones de ligantes asfálticos (L/m²)
- K: Factores de evaluación relacionados al clima (und)
- V: Espacios vacíos existentes entre el agregado suelto (decimal)
- T: Factores de tránsitos (und)
- S: Corrección por texturas superficial (L/m²)
- A: Corrección por absorciones del agregado (L/m²)
- R: Residuos asfálticos del ligante (decimal)

Tabla 8: Factor de tránsito T

Volumen de tránsito Vehículo /día	Factor T
<100	0.86
100-500	0.77
500-1000	0.86
1000-2000	0.62
>2000	0.61

Fuente: (Morante Jivaja, 2019).

Tabla 9: Factor de corrección por textura superficial

Textura del pavimento existente	Factor de corrección S (L/m ²)
Superficie de asfalto limpia	-0.0452 o -0.2712
Superficie lisa y no porosa	0
Superficies porosas y pocos picadas	+0.1358
Superficies porosas y muy picadas	+0.2719
Superficies porosas y muy picadas	+ 0.4067

Fuente: (Morante Jivaja, 2019)

2.2.1.10. Dosificación de material pétreo

El material de riego de sello debe ser un material al cual debe estar seleccionado. Por distintos requerimientos granulométricos los cuales son muchas veces difíciles de hallar en canteras además no debe de contener arena ni mucho menos polvo. Las partículas se deben de caracterizar por ser altamente resistentes a la abrasión y al intemperismo la cual presenta buena afinidad en el asfalto. Complementariamente a la granulometría de partículas de un solo tamaño que sean equidimensionales, partículas alargadas y laminadas, estos agregados provenir de la trituración de partículas y cribado.

Tabla 10: Características de material pétreo para su uso en emulsiones.

Que requiere el material pétreo	¿PARA QUE?	CARACTERISTICAS
Que no de fragmente	Para obtener un mosaico regular y durable	Dureza suficiente
Que no se pulan	Para evitar deslizamientos (Microrugosidad)	Resistencia al uso y al pulimiento
Que no sean ni muy grandes ni muy pequeñas Que no sean planas ni alargadas Que presenten aristas vivas	Para permitir un buen drenaje y evitar penetración de agua	Dimensiones convenientes Forma satisfactoria Buena angularidad
Que no se desprendan las partículas	Para evitar la formación de huecos	Buena limpieza

Fuente: (Morante Jibaja, 2013).

a) Metodología de McLeod EG-2013

McLeod (Dimensión Mínima Promedio) Está basado en la experimentación y formulación empírica, cálculos y factores que

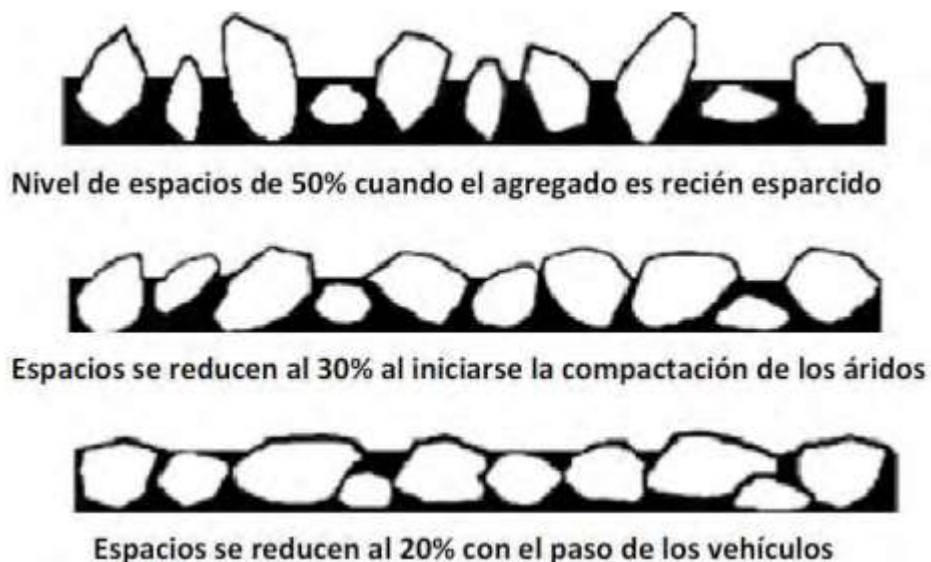
afectan el desempeño de propiedades y características de los agregados pétreos y superficiales y del ligante asfáltico.

Este método fue inicialmente presentado por Norman McLeod en 1969 la cual fue adoptada posteriormente por la Asphalt Emulsion Manufactures Association.

El espesor final compactado de agregado viene siendo dado por la menor dimensión la cual es adquirida luego del proceso de esparcido y compactado con el rodillo según solicitudes de tránsito.

- Cuando el agregado es inicialmente esparcido presenta vacíos a nivel de agregado de 50 % de volumen total de la capa de tratamiento superficial.
- Al pasar por la compactación los vacíos se reducen al 30 % de vacíos.
- Al pasar a su apertura y uso continuo el paso de vehículos reduce los espacios a un 20%.

Figura 4: Distribución de los vacíos en la capa de tratamiento Superficial.



Fuente: (Morante Jivaja, 2019)

- **Dosificación de agregado pétreo**

La dosificación del agregado pétreo está dada por la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Dosificación de agregado pétreo.

$$C = Mx(1 - 0.4V)xHxDrsxE$$

Donde:

C: Dosificaciones de agregado pétreo (Kg/m²)

M: Factores de evaluaciones relacionado al clima (und)

V: Espacios vacíos entre los agregados sueltos (decimal)

H: dimensiones mínimas promedios (mm)

Drs: Densidad real seca del agregado (kg/dm³)

E: Factor de desperdicio (und)

2.2.2. Capacidad estructural de pavimentos flexibles

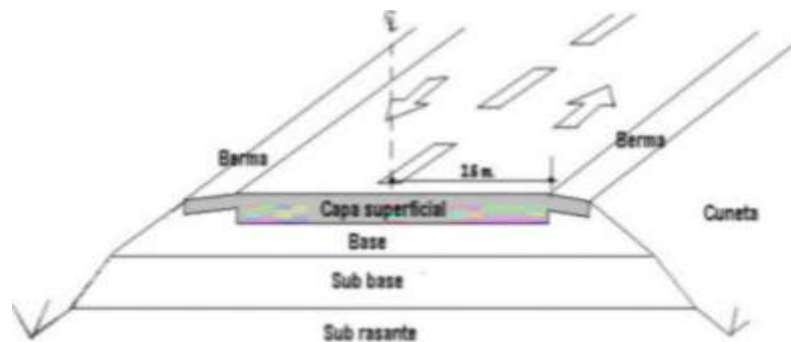
2.2.2.1. Pavimentos flexibles

Es una estructura formada por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub base con una variación de dimensiones según sus necesidades. Durante décadas anteriores su diseño se basó en la densidad y estabilidad debido a los esfuerzos sometidos en la sub rasante y en capas de soporte bajo condiciones saturadas.

La capa superficial es el pavimento formado por una mezcla de material granular y material bituminoso conocido como asfalto, esta mezcla puede ser diseñada o clasificada por diferentes métodos como Marshall y el método Superpave. Esta estructura como función principal soportas cargas verticales y horizontales expuestas por el tránsito.

Las otras dos capas son la base que está compuesto por un material granular que está compuesto por partículas de diferentes tamaños (caliche, arenas y materiales finos) los cuales pasan por un ensayo para ver su calidad donde deben cumplir con la granulometría y tiene como misión absorber la mayor parte de esfuerzos verticales. Seguido a esto tenemos un estrato más profundo conocido como sub base constituido de igual manera por material granulométrico distinta a la base.

Figura 5: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)



Fuente: (Rodríguez Chinchilla, 2008)

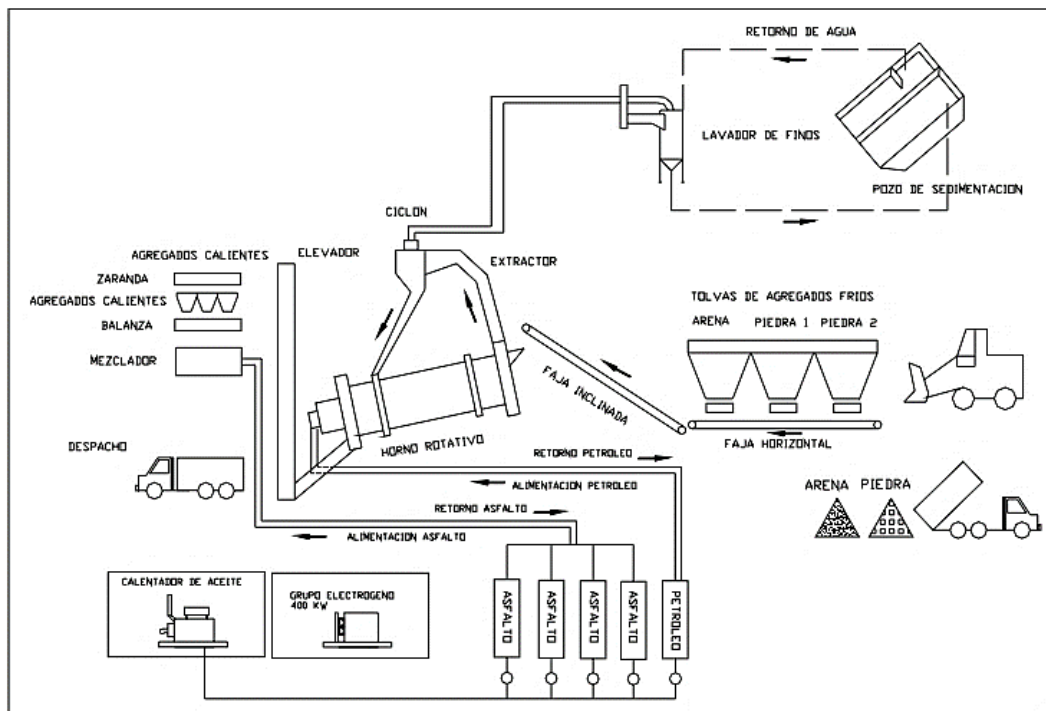
2.2.2.2. Mezcla asfáltica

Es empleada en la construcción de estructuras conocidas como capas de rodadura con la función de proporcionar una circulación más cómoda de los vehículos.

a) Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla asfáltica en calientes es las mezclas de áridos o material granular más un ligantes y si se requieran el casos un aditivos, todos mezclados en una máquinas de esta ocupaciones con la intención es que los áridos queden cubiertos por el ligante incorporados, para su elaboración se calienta la mezclas, con los equipos adecuados y se colocas a una temperaturas mayor a la de él. (Quintero Jerez, Ortiz Santiago, & Sanchez, 2015).

Figura 6: Diagrama de flujo planta de dosificación de Mezcla asfáltica en caliente.



Fuente: (Rodríguez Chinchilla, 2008)

En cuanto los áridos existentes en las mezclas asfálticas en calientes se distribuyen en agregados minerales gruesos y agregados minerales finos, los cuales según A.S.T.M. Internacional -2001 deben de tener requisitos que deben carecer de la altitud del lugar en la cual sea el análisis, A.S.T.M. Internacional -2001. De igual modo en este manual nos muestra que para el diseño de mezclas asfálticas en calientes conseguimos usar tres husos granulométricos para la gradación de los agregados, los cuales son M.A.C.-1., M.A.C.-2., y M.A.C.-3. que también indica A.S.T.M. Internacional -2.0.0.1.

- **Tenso activos**

“Son sustancias químicamente que disminuyen la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases, este material no cambia la viscosidad del aglomerante, estos trabajan en una interface microscópica entre los agregados y

el cemento asfáltico”. (Flores Gonzales & Rojas Pardo, 2019, pág. 14).

- **Mezcla asfáltica en caliente (MAC)**

“Es la combinación de agregados, cementos asfáltico y además se incluye el filler que es un polvo mineral que tiene como función el rellenado de vacíos en la mezcla asfáltica. Esta mezcla asfáltica tiene una temperatura que oscila entre 140°C a 160°C (o más)”. (Flores Gonzales & Rojas Pardo, 2019, pág. 14)

- **Mezcla asfáltica tibias MAT**

“Es la combinación de agregados-cementos asfáltico, el filler y adición de un aditivo que puede ser de naturaleza orgánica, química o espumada. Esta mezcla asfáltica tiene una temperatura inferior a las MAC, estas pueden bajar hasta 28°C (o más)”. (Flores Gonzales & Rojas Pardo, 2019, pág. 14)

- **Adherencia de la mezcla**

“La adherencia son producto de los agentes tensoactivos, estos se incorporan al ligante y así mejoran la adherencia orientando las moléculas más polares del ligante hacia el árido para neutralizar las cargas electrostáticas de la superficie mineral, reaccionando sobre agregados minerales, de manera que modifican su superficie y las vuelve más mojables por los ligantes que por el agua”. (Flores Gonzales & Rojas Pardo, 2019, pág. 15)

2.2.3. Las propiedades físicas del asfalto

2.2.3.1. Las propiedades físicas que presenta el asfalto son:

a) Durabilidad

Es la de la capacidad de retención del asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos de degradación y envejecimiento. Este comportamiento

afecta al comportamiento del pavimento afectando el diseño de mezcla, características de agregado y la mano de obra al momento de la construcción. (Salamanca Arce, 2007).

- **Adhesión y cohesión**

Es la capacidad para adherirse al agregado en una mezcla de pavimentación y la cohesión es la capacidad que tiene el asfalto de mantener firmemente las partículas del pavimento en su puesto.

- **Susceptibilidad a la temperatura**

Los asfaltos son termoplásticos esto provoca que a medida que la temperatura descienda esta se vuelva más duro (más viscoso) y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica es conocida como susceptibilidad de la temperatura y de la tasa de variación de la temperatura. (Salamanca Arce, 2007).

Esta susceptibilidad varía según es origen del asfalto utilizado pues indica la temperatura adecuada.

- **Endurecimiento y envejecimiento**

Los asfaltos tienden a endurecerse cambiando sus características de consistencia en la mezcla asfáltica durante la construcción. Este proceso es causado principalmente por el proceso de oxidación (asfalto combinado con el oxígeno) el cual es más recurrente en temperaturas altas y películas delgadas. (Salamanca Arce, 2007) .

b) Propiedades físico – mecánicas principales de la mezcla

La mayor importancia para su diseño y construcción son las propiedades físico-mecánicas que presenta la mezcla son:

- ✓ Resistencias bajo cargas monofónicas a tracciones (estabilidad).
- ✓ Resistencias a las deformaciones permanentes.
- ✓ Resistencias a fatiga.
- ✓ Resistencias al deslizamiento. Impermeabilidad.
- ✓ Resistencias a los envejecimientos. Durabilidad.
- ✓ Resistencias a las condiciones ambientales.

c) Mezclas modificadas

Según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2013), los asfaltos modificados son resultado de la disolución o incorporación de un aditivo el cual lo modifica como (polímero o no polímero), los cuales son elementos estables en el tiempo y a variaciones de temperatura que se le agrega el material asfáltico para modificar sus cualidades como: susceptibilidad a la temperatura, plasticidad, cohesión, respuesta elástica, resistencia al agua y al envejecimiento.

d) Cemento asfáltico

Los cementos asfálticos se designan por las letras C.A. o A.C. (Asphalt Cement en un país anglosajón) y se clasifican por los generales en acuerdos con sus consistencias evaluadas a través de 2 ensayos: penetraciones y viscosidades. Otra forma de clasificación, utilizada principalmente en países desarrollados, se realiza a través del grado de funcionamiento (P.G. por sus siglas en inglés). Los C.A. se clasifican de acuerdo con sus penetraciones. Físicamente, los resultados de estos ensayos, pueden ser entendidos como la resistencia que experimentan los cementos asfálticos cuando se permiten

penetrarse en él una aguja normalizada de 100 g de masas durante cinco segundos a una temperatura estándar (25 °C). Es decir, de manera directa mide la consistencia del C.A. y de manera indirecta evalúa su rigidez, entendiéndose que, bajo las mismas condiciones de ensayo, el C.A. más rígidos serán aquellos en el cual las agujas penetres menos, en las especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, determina los requisitos, mínimos que debe tener el cemento asfáltico, de acuerdo con los ensayos de viscosidad y penetración.

Tabla 11: Características del Asfalto en caliente

Característica	Unidad	Norma de ensayo	40-50		60-70		80-100	
			min	max	min	max	min	max
Asfalto Original			min	max	min	max	min	max
Penetración	0.1 mm	-	40	50	60	70	80	100
Índice de Penetración	-	-	-1.00	+1.00	-1.00	+1.00	-1.00	+1.00
Viscosidad a 60°C	Pa-s	ASTM D-4402	200	400	150	100	100	200
Viscosidad a 135°C	Pa-s	ASTM D-4402	0.27	0.65	0.22	0.15	0.15	0.40
Punto de ablandamiento	°C	-	49	59	45	42	42	52
Ductibilidad (25°C, 5 cm/min)	cm	-	100	-	100	100	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	-	99	-	99	99	99	-
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	-	232	-	232	232	232	-
Pruebas al residuo (Ensayo del Horno de lámina asfáltica delgada en movimiento)								
Perdida por Calentamiento	%	-	-	1.00	-	-	-	1.00
Penetración del residuo como % de la penetración original	0.1 mm	-	58	-	54	50	50	-
Incremento del punto de ablandamiento	°C	-	-	9	-	-	-	9
Viscosidad a 60°C del residuo / viscosidad a 60°C del asfalto original	-	-	-	5	-	-	-	5
Contenido de ceras			Maximo 3%					

Fuente: The Asphalt Institute, 1997.

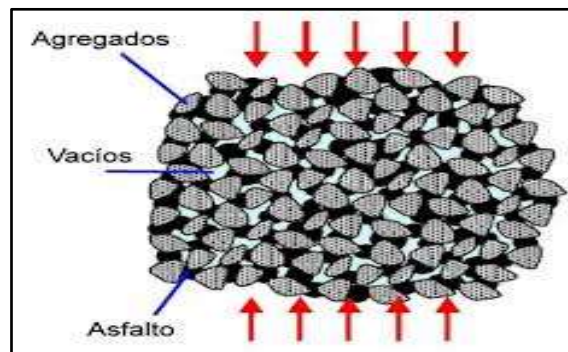
e) Densidad de la mezcla asfáltica

“La densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de la mezcla). La densidad es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero”. (Ayala del Toro, Delgado Alamilla, Guzmán Ortiz, & Salazar Rivera, 2018).

f) Vacíos en el agregado mineral de la mezcla asfáltica

Estos son los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) son los espacios de aires que existente entres las partículas de agregados en unas mezclas compactadas de pavimentaciones, incluyen dos los espacios que están llenos de asfalto”. (Ayala del Toro, Delgado Alamilla, Guzmán Ortiz, & Salazar Rivera, 2018).

Figura 7: Vacíos de la mezcla asfáltica.



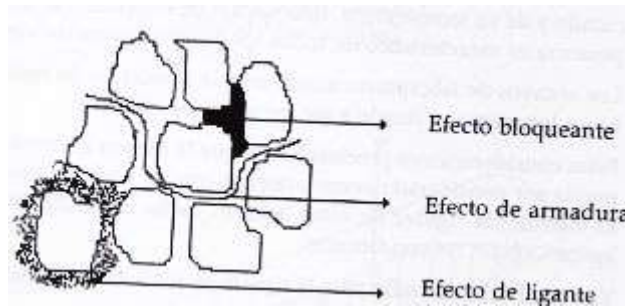
Fuente: The Asphalt Institute, 1997

g) Vacíos llenos de asfalto

Los vacíos llenos de asfalto V.F.A., son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (V.M.A) que se encuentran lleno de asfaltos. El V.F.A. se encuentran al restarse estos vacíos de aires del V.M.A. y dividiéndose entre V.M.A., se expresa como porcentaje. (Instituto Mexicano del Transporte, 2004). El efecto principal del criterio de V.F.A. es que limitan los niveles

máximos de V.M.A. y sub-secuente, los niveles máximos de contenido de asfalto. El V.F.A. también restringe los contenidos de aire permitidos para mezclas cercanas al criterio mínimo de V.M.A.

Figura 8: Vacíos llenos de la mezcla asfáltica.



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, 2004.

2.2.3.2. Propiedades mecánicas del Asfalto

a) Deflexión

La medición de las deflexiones se utiliza para conocer la capacidad estructural de los pavimentos en campo para los cuales existen diversas metodologías y equipos para realizar esta medición.

La medición de estas deflexiones es realizada para ver la respuesta del sistema pavimento- sub rasante a consecuencia de la acción de cargas móviles la medición de esta ayuda a la identificación de fallas y las carencias estructurales las cuales sirven para estimar deflexiones sobre el Mantenimiento y reconstrucción de los pavimentos.

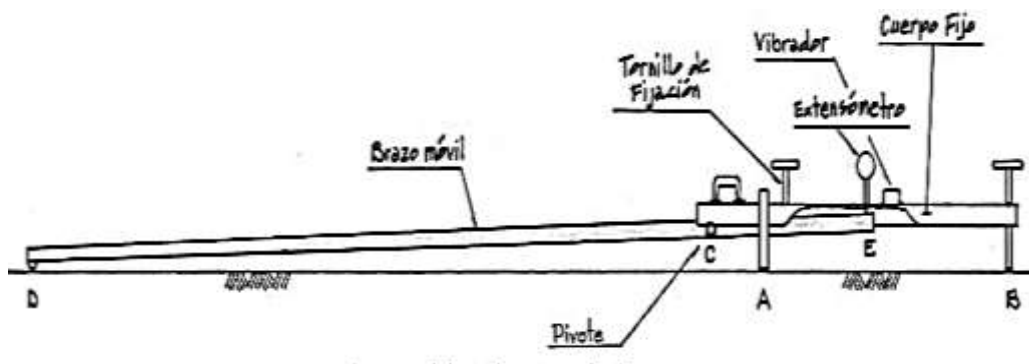
La medición de las deflexiones empleando la viga Benkelman esta estandarizado de acuerdo al manual de carreteras la cual se basa en las normas de ASTM D-4695.

- **Viga Benkelman**

El método del deflectómetro Bekelman es completamente mecánico y funciona como una palanca.

La viga está comprendida de dos partes. Con una primera parte que se sitúa en el terreno mediante tres apoyos dos de ellos fijos en el punto A y otro punto regulable en el punto B la cual constan de un brazo móviles el cual se encuentra acoplado a una articulación. Además, el punto D se encuentra apoyado sobre el terreno y el otro terreno se encuentra en contacto con un extensómetro de movimiento vertical en el punto E.

Figura 9: Viga Benkelman



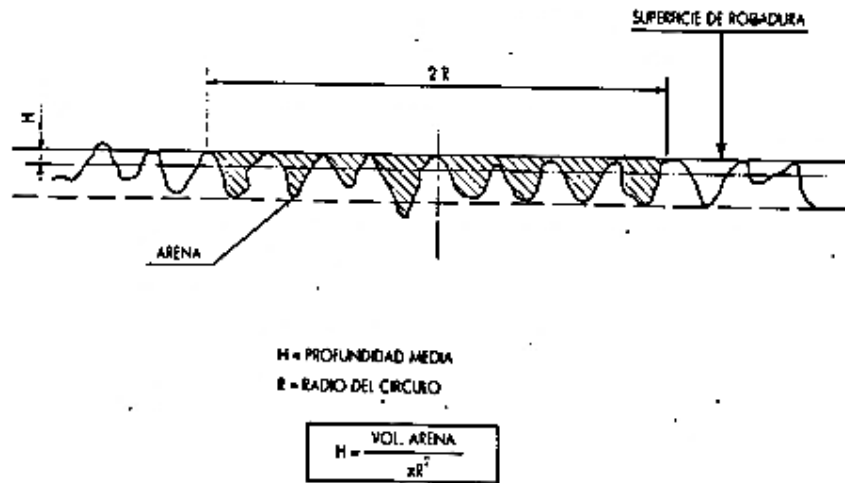
Fuente: (Balarezo Zapata, 2017).

b) Profundidad de textura (MTD)

Hay una gran variedad de ensayos que pueden ser utilizados para evaluar la adherencia que hay entre el neumático de los vehículos y el pavimento. Todos estos ensayos tienen resultados independientes los cuales muchas veces presenta un inconveniente.

El método del círculo de arena describe el procedimiento para determinar la profundidad de la macrotextura superficial mediante la aplicación de un volumen conocido de en la superficie y del área total cubierta. Esta técnica está diseñada para proporcionar un valor promedio de la profundidad de macrotextura.

Figura 10: Ensayo de círculo de arena ASTM E965



Fuente: (Ministerio de transportes y Comunicaciones Mexicano, 2016). Medida de la textura superficial de un pavimento por el método de círculo de arena.

- **Ensayo de Círculo de arena (Método volumétrico)**

En cada ensayo es preciso realizar 4 pruebas alienadas en la dirección del eje de la vía y separada en la dirección del eje de la vía y separada a 1 m entre sí.

En el ensayo se utilizan dos tipos de arena de granos redondos y de diferentes granulometrías, eligiendo la más fina o la más gruesa en función de la textura que tenga el pavimento. En la actualización de la norma la arena es capaz de sustituirse por micro esferas de vidrio con granulometría perteneciente a los parámetros de la norma.

Los resultados del ensayo se expresan en mm y representa la profundidad media de los hoyos rellenados por la arena y se denomina M.T.D. (Profundidad media de Textura).

Este método proporciona valores de la macro textura las cuales son más fiables y coherentes mientras la profundidad media sea mayor. Este método es clasificado especialmente para pavimentos los cuales están realizados con tratamientos superficiales o de hormigón vibrado. Al ser usado en ensayos

de pavimentos con texturas finas proporciona una gran dispersión en los resultados los cuales son poco representativos por lo que no se recomienda para este tipo de ensayos.

Figura 11: Diferencia de texturas en pavimento.



Fuente: (Barraza Elespuru, 2004)

Este método consiste en extender en una parte del pavimento un volumen conocido de arena fina la que pasa la malla 50 y la retenga la 100. Luego se pasa a extender la arena en forma circular y la medida de este diámetro permite determinar el área del círculo y al dividirlo entre el volumen obtenemos la profundidad promedio de la dispersión, definida por la siguiente formula.

Ecuación 3. Profundidad de promedio de dispersión.

$$PT = \frac{4V}{\pi D^2}$$





En la actualidad se viene realizando ensayos con esferas de vidrio de tal manera que las partículas sean más homogéneas y los ensayos sean más confiables y efectivos.

- **Marco portátil de texturas**

Este método es útil para valores de textura superiores a los 0.25 mm la cual es aplicado en pavimentos secos, limpios y sin viento.

En la siguiente figura se indica se indica la escala de la textura de la superficie del asfalto.

Figura 12: Escala de textura ensayada en el círculo de arena.

	Superficie	Clases de Textura	
		Macro	Micro
A		Gruesa	Áspera
B		Gruesa	Pulida
C		Fina	Áspera
D		Fina	Pulida

Fuente: (Barraza Elespuru, 2004)

Aunque este ensayo sea uno de los más utilizados presenta ciertos inconvenientes:

- No funciona a nivel de red, solo en tramos específicos y muchas veces necesita desviación del tránsito
- Es difícil garantizar la homogeneidad de las esferas de vidrio y de las arenas por lo que muchas veces se puede producir errores.

▪ **Marco portátil de textura (Método desarrollado en Cuba)**

Este ensayo consiste en un método similar al método del cono de arena. Donde se usan los siguientes materiales.

Marco de madera sin fondo ni tapa de 70x20x1 cm, cuyos bordes longitudinales presentan una escala graduada en cm

Una banda metálica de 200x50x1 cm el cual ayuda al ensayo en los 5 cm iniciales coincidiendo con el cifrado del cero.

Es necesario 25 cm³ de la arena graduada que pasa por el tamiz 50 y retiene el tamiz 100.

Paleta de madera fina de 3 mm de espesor y con 19 mm de ancho para extender y enrasar la arena.

Ecuación 4. *Altura de macro textura HA (mm).*

$$HA(mm) = \frac{12.5}{La(mm)}$$

Donde:

La (cm)=Longitud de la mancha de arena

Tabla 12: Escala de textura ensayada con el marco portátil de temperatura

La(cm)	TIPO DE TEXTURA
>66	Muy fina
45-66	Fina
30-45	Media
15-30	Gruesa
< 15	Muy gruesa

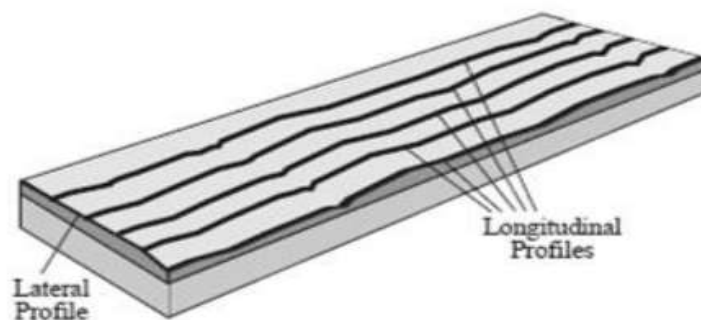
Fuente: (Barraza Elespuru, 2004).

▪ **Rugosidad por el Método de Merlín (IRI)**

El concepto de rugosidad se viene definiendo como la desviación respecto a una plana teórica, las cuales afectan al paso normal y pacífico de los vehículos.

Imagen: Perfil longitudinal que muestra las rugosidades de una carretera.

Figura 13: Rugosidad longitudinal de un pavimento.



Fuente: (Moyano Raygada, 2020).

Para la evaluación de la rugosidad de un pavimento realizaran mediciones en cada uno de los carriles con registros a cada 100 m y entramos donde se presenten

singularidades como intersecciones con otras vías, puentes y posos de inspección, no habrá exigencia del cumplimiento de los valores del IRI.

Tabla 13: Valores de Rugosidad Admisible en m/km según tipo de carretera.

Tipo de Carretera	IRI características inicial para pavimento nuevos (m/km)	IRI característica inicial para pavimento reforzado (m/km)	IRI características durante periodos de servicio (m/km)	Observación
Autopista: IMDA > 6000 con 2 o + carriles	2.00	2.50	3.50	Para una confiabilidad de 98 %
Carretera multicarril: 4000 < IMDA < 6000 con 2 o + carriles	2.00	2.50	3.50	Para una confiabilidad de 95 %
Carretera primera clase: 200 < IMDA < 4001 para 2 carriles	2.50	3.00	4.00	Para una confiabilidad de 95 %
Carretera de segunda clase: 400 < IMDA < 2001 para 2 carriles	2.50	3.00	4.00	Para una confiabilidad de 90 %
Carretera de tercera clase: 200 < IMDA < 401 para 2 carriles	3.00	3.50	4.50	Para una confiabilidad de 90 %
Carreteras de bajo volumen de tránsito IMDA < 201	3.00	3.50	4.50	Para una confiabilidad de 85 %

Fuente: (Moyano Raygada, 2020).

Las normativas internacionales para la medición del IRI en la actualidad son ejecutadas por varias organizaciones entre las que se destacan AASHTO, ASTM, FWHA las cuales definieron las mediciones y escala de valores en las cuáles deberán compararse los valores mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 14: Normativa de organizaciones para el control del IRI.

Normativa u organización	Requerimientos del IRI según tipo de superficie				
	Descripción	Carpeta asfáltica	Carpeta Asfáltica	Concreto hidráulico	Tratamiento superficial
A.S.T.M. E. 1.9.2.6-98	IRI obtenido en sub-lotes de 0.1km			Presenta 2 escalas de valores de I.R.I con descripción verbal, una para vías pavimentadas y otra para no pavimentadas	
A.A.S.H.T.O. P.P.- 3.7.-0.2.	.No especifica			No especifica	

Fuente: (Montoya Goicochea, 2013).

Las normativas de la metodología IRI internacionales los cuales son ajustados según los requerimientos que se dispongan los cuales son necesarios para adaptar a las condiciones actuales la cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 15: Normativa de otros países para el control del IRI.

País	Requerimientos de IRI según tipo de superficie				
	Metodología	MAC		Concreto	Tratamiento superficial
Ministerio de Obras Publicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 mts, de secciones homogéneas (Medida móvil)	Promedio de 5 secciones ≤ 2 m/km			Promedio de 5 secciones ≤ 3 m/km Promedio individual $z = 4$ m(km)
		Promedio individual ≤ 2.8 m/km			
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos de 100 mts	IRI < 1.5 m /km , en 50% de las secciones de los proyectos			
		IRI < 2 m /km , en 80% de las secciones de los proyectos			
		IRI < 2.5 m /km , en 100% de las secciones de los proyectos			
Estados Unidos, WisDOT	IRI obtenido en tramos se 1.609 km. (1 milla)	IRI (m/km)	Tiempo		
		< 1.1	Pav. nuevo		
		< 1.17	1 año		
		< 1.29	2 años		
		< 1.33	3 años		
		< 1.37	4 años		
		Z 1.45	5 años		

Fuente: (Montoya Goicochea, 2013).

En el año 2004 como parte de la incorporación de PROVIAS NACIONALES con el objetivo de optimizar la gestión del mantenimiento de pavimentos se realizaron una medición de

rugosidad en casi 9000 km – calzada re la red vial la que se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 16: Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en Perú.

CONCESION	Año	Metodología	IRI				
			Obras nuevas	Operación	Tolerancia	IMD (Veh/día)	Velocidad de diseño (Km/h)
Arequipa - Matamari	1994	IRI promedio	2.0	2.0	No	2,500	60
Red vial N°5	2003	IRI promedio	3.5	3.5	No	3,500	75
Red vial N°6	2005	IRI promedio	2.0	3.0	20% y 15 %	4,500	75
IIRSA norte , IIRSA sur, tramo 2,3,4	2006	IRI Medida deslizante	2.5/3.5	3.5 /4.0	No	3,000	50
IIRSA centro T-2	2010	IRI Medida deslizante	2.0	3.5	No	4,000	50

Fuente: (Montoya Goicochea, 2013)

2.3. Definiciones de términos

- a. **Agregado Grueso:** “El agregado grueso (M.T.C. E.2.0.7) es la fracción del Agregado que queda retenida en el tamiz N° 8”. (Herrmann do Nasciso, 2018, pág. 25).
- b. **Análisis granulométrico:** “El análisis granulométrico tiene como objeto, que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en la mezcla de pavimentación en ciertos porcentajes”. (Valdivia Sánchez, 2017, pág. 89).
- c. **Canto rodado:** “Piedra pequeña, lisa y redondeada como consecuencia del desgaste sufrido en una corriente de agua”. (Ramon F & Franca, 2011).
- d. **Densidad:** “La densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario” (el peso de un volumen específico de la mezcla). (Valdivia Sánchez, 2017, pág. 202).
- e. **Diseños de mezcla:** “Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto”. (Barraza Elespuru, 2004, pág. 25)

- f. **Piedra Chancada:** “Es de roca ígnea (andesita), formada por el enfriamiento y solidificación de materia rocosa fundida (magma), compuesta casi en su totalidad por silicatos”. Se obtiene por trituración artificial de rocas o gravas y en tamaño, que en nuestro caso es de ½” y ¾”. (Barraza Elespuru, 2004, pág. 36)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La capacidad estructural de los pavimentos flexibles aumentaría con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1HP.

2.4.2. Hipótesis específica

- a) La deflexión del tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P intervendría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.
- b) La profundidad de textura en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P intervendría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles
- c) La rugosidad interviene directamente en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1HP

Los tratamientos superficiales sirven para refaccionar capas de rodadura y dar protección a las mismas para la cual se usan diversos productos como emulsiones de rotura lenta en frío y con PEN 60/70 para mezcla asfáltica en caliente conservando la estructura asfáltica y brindando una vida útil más larga.

b) Variable dependiente (Y)

Capacidad estructural de pavimentos flexibles

Según La capacidad estructural de un pavimento estará determina por el comportamiento a sollicitaciones de carga logrando una interfaz a la asimilación de cargas.

2.5.2. Definición operacional de la variable

$$y=F(x)$$

a) Variable independiente (X)

Tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1HP

Los tratamientos superficiales son soluciones a las patologías que presenta un pavimento que logra una adherencia entre el nuevo asfalto y la zona refaccionada generando una conectividad entre capas. (*Granica Anguas, Gomez Lopez, & Sesma Martinez, 2002*)

b) Variable Dependiente (Y)

Capacidad estructural de pavimentos flexibles

La capacidad estructural del pavimento estará determinada por la magnitud de cargas a la que es expuesta por el tránsito, la forma geométrica de cada sollicitación, el área de contacto y presión sometida por la asimilación de cargas verticales, tangenciales Así mismo las características del pavimento le dan una resistencia en el rango elástico cuando es sometido a cargas vehiculares estáticas y dinámicas. (*Granica Anguas, Gomez Lopez, & Sesma Martinez, 2002*).

2.4.1 Definición Operacional de la Variable

Tabla 17: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1HP	Los tratamientos superficiales sirven para poder refaccionar capas de rodadura que presentan una diversidad de fallas los cuales son tratados con emulsiones de rotura lenta en frio y con PEN 60/70 para mezcla asfáltica en caliente.	Los tratamientos superficiales son soluciones a las patologías que presenta un pavimento que logra una adherencia entre el nuevo asfalto y la zona refaccionada generando una conectividad entre capas.	Dosificación ligantes asfálticos	Metodología de McLeod EG-2013	Ensayo de ligantes asfálticos		X			
			Dosificación de agregado pétreo	Metodología de McLeod EG-2013	Ensayo de ligante asfálticos y agregados pétreos		X			
			Gradación agregado pétreo	Granulometría	Ensayo de Caracterización de agregados		X			
1: Variable Dependiente Capacidad estructural de pavimentos flexibles	La capacidad estructural de un pavimento estará determinada por el comportamiento a solicitaciones de carga logrando una interfaz a la asimilación de cargas.	Las mezclas asfálticas en calientes serán más compactadas el cual permitirá obtener pavimentos con una mayor durabilidad y con una alta resistencia ante solicitaciones de carga.	Deflexión	Viga Benkelman	Ensayo de Viga Benkelman con PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1HP		X			
			Profundidad de textura	Circulo de arena	Ensayo de circulo de arena		X			
			Rugosidad	Iri	Ensayo de rugosidad por el método de Merli (IRI)		X			

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

El método de investigación para la presente tesis es el método CIENTÍFICO se define como aquel procedimiento que busca obtener nuevos conocimientos, teniendo como fundamento la indagación a través de elementos cognitivos y en datos numéricos extraídos de la realidad la misma que rechaza o elimina aquel procedimiento que trate de manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios.

La investigación se iniciará con la investigación con la observación directa de los procesos, en este caso se busca obtener información sobre la influencia de los tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica, y finalmente verificar las hipótesis planteadas mediante la experimentación, llegando finalmente a las conclusiones. (Carrasco Díaz, 2006)

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo con (Muños Rocha, 2015), la investigación aplicada busca la aplicación inmediata de los conocimientos obtenidos que pone en práctica la teoría con propósitos prácticos inmediatos bien definidos, en pocas palabras se investiga para actuar, transformar y modificar un respectivo sector de la realidad. En la cual se lleva a cabo en un proceso organizado.

El tipo de investigación de la presente tesis es APLICADA, pues se pretende resolver problemas prácticos constructivos con el propósito de cambio.

3.3. Nivel de la investigación

La tesis recae en un nivel de investigación EXPLICATIVO debido a la asociación de variables para predecir su comportamiento pretendiendo establecer las causas del fenómeno (Fernandez Collado & Baptista Lucio, 2014, pág. 128).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es EXPERIMENTAL, considerando que el análisis y manipulación intencionalmente de las variables modificando la variable independiente y viendo el comportamiento que muestra la variable dependiente ante estos cambios y la medición de esta servirá para llegar al objetivo (Hernandez ampieri , Fernandez Collado, & Bastidas Licio, 2010).

3.5. Población y muestra

3.5.1 Población

(Valderrama Aparicio, 2013, pág. 182), la población es el “conjunto finito o infinito de elementos y cosas, que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados”.

La población fue constituida por 90 mezclas asfálticas con cemento asfáltico tipo PEN 60/70 y con emulsión catiónica de rotura lenta tipo CSS-1HP, con una combinación granulométrica teniendo como tamaño máximo de partícula N°04 de la cantera de Pilcomayo.

3.5.2 Muestra

El proceso de muestreo se realizó de acuerdo al método pro balístico intencional correspondiente a la siguiente manera:

- Caracterización de agregados.
- Diseño de mezcla para tratamiento superficial con PEN 60/70.
- Diseño de mezcla para tratamiento superficial con emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1HP.
- Tramos de prueba sometida a cargas.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

(Vásquez Vélez, 2011) menciona que las técnicas son aquellas que se especifican como un conjunto de: medios, procedimientos, formas que se utilizan y sirven para recoger, conservar, organizar toda la investigación y la información que es desarrollada.

a) Observación

Elemento fundamental en la investigación usada para lograr detallar, definir y comparar.

b) Análisis de documentos

Los documentos de recolección de información que se usaron fueron usados desde el principio de la investigación con el fin de lograr las metas establecidas de manera progresiva y dar un sustento válido a la tesis.

3.6.2. Instrumentos

Según (Hernández Sampieri, 2018) un instrumento es aquel elemento de medición adecuado que se encarga del registro de datos observables que representan el comportamiento de las variables a causa de alguna variación.

En la investigación se hizo uso de la ficha de observación para registrar datos que se generan como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa.

3.7. Procesamiento de la información

3.7.1. Ensayo de Dosificación de ligantes asfáltico y agregado pétreo MTC E -515

- Se preparan cuatro probetas como mínimo para cada contenido de ligante ensayado.
- El agregado que se use deberá ser secado a una temperatura constante de 105 °C a 11°C.

- La temperatura de la compactación de las probetas y la del ligante en cada mezcla tiene que ser adecuada para que no haya escurrimientos similares al método Marshall. En general la temperatura esta entre 15 °C a 30°C.
- Se pesarán cantidades necesarias para la fabricación de las probetas, seguido a esto el procedimiento de compactación será similar al método Marshall.
- Una vez se haya desmoldado las probetas se determina la densidad y contenido de vacío a partir de la medida del volumen y densidad relativa de los materiales.

Ecuación 5. Perdida por desgaste

$$P = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

P: Valor de perdida por desgaste, en %

P1: Masa inicial de la probeta, en gramos.

P2: Masa final de la probeta, en gramos.

3.7.2. Ensayo de caracterización de los agregados ASTM D -1888.

Realiza la medición de compuestos solubles del tipo ácido como sales las que se presentan en los agregados, en especial aquellos que se encuentran seca a fuente de mar y que resulta perjudicial para la construcción de cualquier obra

El objetivo de este ensayo es llegar a cuantificar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua de los agregados que se usaran en bases mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra por su fácil rapidez de visualización y cuantificación.

- El agregado se somete a continuos lavados con agua destilada hervida
- Se aplicarán reactivos químicos, los cuales reaccionarán al indicio de sales las cuales se precipitarán y serán fácilmente visibles.
- El agua total del lavado se toma una parte y se procede a cristalizar para poder determinar la cantidad de sales presentes.

Figura 14: Ensayo equivalente de arena.



Fuente: Diseño Moderno de Pavimento Asfálticos-Materiales de préstamo, pg-42

3.7.3. Ensayo de Viga Bekelman

- Para iniciar con la medición de deflexión se tendrán que definir los puntos en los que se tomarán las medidas, recomendando tomar puntos cada 50m- 100 m alternado de carril los cuales tienen que estar en distancias prefijadas hacia dentro del carril. Recomendando usar los la siguiente tabla.

Tabla 18: Distancia del punto de ensayo.

Ancho de carril	Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento
2.70 m	0.45 m
3.00 m	0.60 m
3.30 m	0.75 m
3.60 m o mas	0.90 m

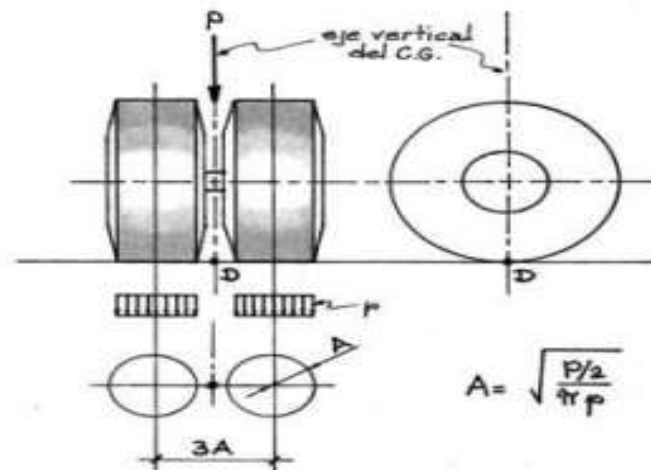
Fuente: Manual de carreteras: Ensayo de Materiales (MTC, 2016)

- Luego de definidos los puntos se realizarán las mediciones y la rueda dual del camión será colocada en el lugar seleccionado.
- El extremo de la viga Benkelman será estacionada debajo del eje vertical del centro de gravedad de las llantas dobles.
- El extremo de la viga Benkelman se colocará en el eje de gravedad exterior de las llantas, para poder realizar una marca

con una plomada adosando una varilla de la parte trasera del camión.

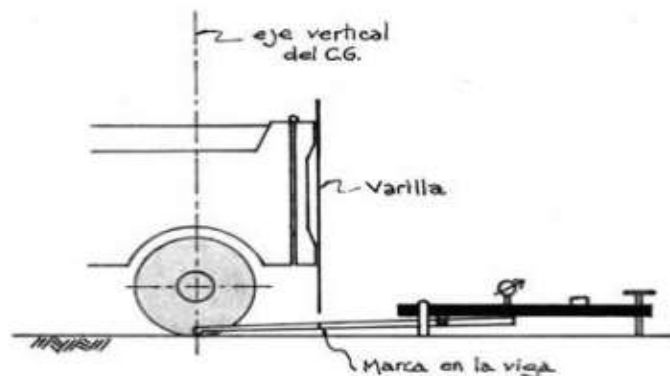
- La viga Benkelman tiene que estar alineada horizontalmente con la dirección del movimiento del camión.

Figura 15: Punto de ubicación del extremo de la viga Benkelman



Fuente: (Balarezo Zapata, 2017)

Figura 16: Geometría de colocación de la viga Benkelman



Fuente: (Balarezo Zapata, 2017)

- Las mediciones se realizarán a diferentes distancias que pueden ser a cada 25, 30,40 o 50cm las cuales son llamadas deflexiones adicionales. La primera medición.
- Se tomarán por lo menos 3 lecturas como mínimo. Se tendrá como norma que la primera marca extra o adicional se realizara a una distancia tal que la medida de la deflexión se la

mitad o esté en un rango de 35% al 65 % de la deflexión máxima y la segunda marca adicional se tomará hasta que el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo y que el indicador del dial ya no tenga movimiento.

Figura 17: Procedimiento de medición de deflexión.



Fuente: (Balarezo Zapata, 2017)

- Finalmente dar por concluido este trabajo será necesaria la participación de tres operadores. Uno que sea calificado para la toma de mediciones y además dicte las lecturas, otra para para la anotación de las mediciones y coordinación con el conductor a la vez que dará aviso a al operador calificado cuando la varilla adosada den camión vaya coincidiendo con las marcas hechas en la viga Benkelman.

3.7.4. Circulo de arena

Este método prueba describe el procedimiento para determinar la profundidad promedio de la macro textura superficial del pavimento aplicando cuidadosamente un volumen conocido de arena sobre la superficie a ser estudiada. Esta técnica está diseñada para calcular el valor promedio de la profundidad de la macro textura del pavimento y se considera que no dependen las características de macro textura.

- Se inspeccionará la superficie del pavimento a medir la cual deberá estar seca y homogénea la cual no debe presentar grieta y juntas.
- Limpiar la superficie con un cepillo duro y luego con un cepillo de cerdas más suaves eliminando partículas y residuos o partículas

sueltas de agregado de la superficie. Colocando la pantalla anti-viento portátil alrededor de la zona de prueba.

- Luego llenaremos un cilindro con arena golpeando la base para que todo el espacio se llene y enrazamos con una regla. Luego pasaremos a pesar la arena del cilindro.
- Vierta la arena sobre la superficie seca sobre la superficie del pavimento, se extenderá este material de manera circular con un disco llenando los vacíos.
- Luego mediremos y registrar el diámetro de la zona circular cubierta por el material con un mínimo de cuatro ubicaciones iguales especializada alrededor de la circunferencia de la muestra. Calcular y registrar el diámetro promedio.

Figura 18: Procedimiento profundidad de textura método círculo de Arena



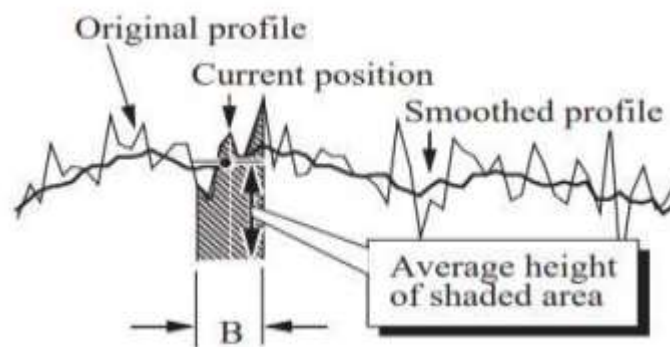
Fuente: (Balarezo Zapata, 2017)

3.7.5. Ensayo de Rugosidad por el método de Merlín (IRI) ASTM E-1926

El procedimiento llevado a cabo para determinar el IRI

- Definir el tramo de trabajo definiendo el tramo de vía donde presenten menos obstáculos como intersección de vías, rompe muelles, buzones de desagüe. Por ello el lugar de trabajo se debe encontrar a un aproximado de 40 m
- Se señalizará el pavimento con pintura a cada 0.25 m
- Se establece el lugar de medición en la que se ubicara el equipo y debe tenerse en cuenta que haya buena visibilidad todos los puntos marcados
- Instalación del equipo
- Realizar el levantamiento topográfico y determinar el perfil longitudinal.
- Para determinar el valor de rugosidad Superficial (IRI) será la acumulación del movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida y a la masa no suspendida con valores de m/km.
- Se realizarán filtros donde se reconoce los valores de las áreas sombreadas se requieren promediarse las alturas. En este caso, el ancho de la base B representa un intervalo y las cotas representativas son las cotas de altura.

Figura 19: Filtro previo de media móvil para el cálculo del IRI



Fuente: (Moyano Raygada, 2020)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Descripción de los resultados

4.1.1. Caracterización de los agregados

La caracterización se determina con el objetivo de conocer las propiedades de los agregados para el diseño de mezcla del asfalto con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P para la prueba del tratamiento superficial del pavimento flexible, cuyos resultados a continuación se presenta.

Tabla 19: Combinación de los agregados

CARACTERISTICAS	UNID.	RESULTADOS
Promedio de sales solubles	(%)	0.15
Terrones de arcilla A.G	(%)	0.32
Terrones de arcilla A.F	(%)	1.26
Partículas deleznable	(%)	1.26
Partículas chatas y alargadas	(%)	4.27
Con una cara fracturada 85% MIN	(%)	95.4
Con una cara fracturada 60% MIN	(%)	79.8
Abrasión de los ángeles	(%)	16.0

Tabla 20: Gradación-Huso 6

GRADACIÓN-HUSO 6		
COMBINACIÓN FISICA GRANULOMETRICA DE AGREGADOS		
Peso inicial de la muestra	g	6393.0
Peso Fracción	g	5393.0

Tabla 21: Gradación-Huso 8

GRADACIÓN-HUSO 8		
COMBINACIÓN FÍSICA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS		
Peso inicial de la muestra	g	8015.0
Peso Fracción	g	8015.0

Obtenido los resultados de la caracterización de los agregados y considerando que cumple con las especificaciones mínimas para la mezcla del asfalto para el tratamiento superficial se evidencia que el agregado con gradación huso 6 y huso 8 es apto para el tratamiento superficial por ende se procede a dosificar los ligantes asfálticos que en este caso se consideran la emulsión tipo CSS-1P y PEN 60/70

Tabla 22: Dosificación de ligante asfáltico CSS-1P

Dosificación ligantes asfálticos emulsión tipo CSS-1P y dosificación de agregado pétreo		
DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
Agregado 1° capa	48.000	m3/m2
Agregado 2° capa	24.000	m3/m2
Total de agregado	72.000	m3/m2
Ligante Asfáltico 1° capa	4320.000	l/m2
Ligante Asfáltico 2° capa	3640.000	l/m2
Total de ligante asfáltico	7960.000	l/m2

Tabla 23: Dosificación de ligante asfáltico PEN 60/70

Dosificación ligantes asfálticos PEN 60/70 y dosificación de agregado pétreo		
DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
Agregado 1° capa	48.000	m3/m2
Agregado 2° capa	24.000	m3/m2
Total de agregado	72.000	m3/m2
Ligante Asfáltico 1° capa	4320.000	l/m2
Ligante Asfáltico 2° capa	3640.000	l/m2
Total de ligante asfáltico	7960.000	l/m2

4.1.2. Medición de la deflexión de la carpeta asfáltica al aplicar el tratamiento superficial

La prueba se realizó en la carretera de Junín (JU-108), en la carpeta asfáltica, presión de inflado de neumáticos fue 80 PSI a una

temperatura de 18.6° C en lado izquierdo de la capa de rodadura en las progresivas 0+400, 0+350, 0.300, 0+250, 0+200, 0+150, 0+100, 0+050 hasta el 0+000

Los resultados que se obtuvo del ensayo de la viga de Benkelman con la aplicación del tipo de ligante asfáltico son los siguientes:

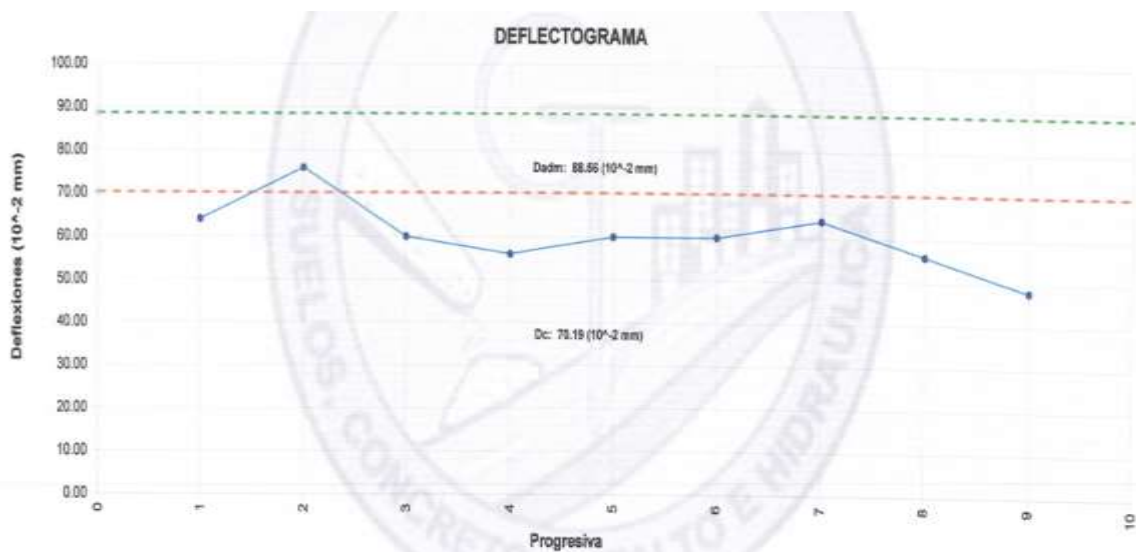
4.2.1.1. Deflexión del tratamiento con ligante asfáltico PEN 60/70

Tabla 24: Resultados deflexión

DEFLEXIÓN DE LA CARPETA ASFALTICA (MTC E 1002)		
Análisis de la deflexión Características y admisible		
Dc	=	70.19 (10 ⁻² mm)
Dadm	=	88.56 (10 ⁻² mm)
Verificación	=	DC < Dadm
Estado	=	CONFORME!!!

En la tabla 23, se puede evidenciar los resultados obtenidos en la deflexión característica con ligante asfáltico PEN 60/70, por lo que se obtuvo 70.19 (10⁻² mm) ya que la deflexión admisible 88.56 (10⁻² mm) por ello se aprecia que el estado es conforme, se aprecia que el estado es conforme, ya que el valor de DC (70.19) < Dadm (88.56).

Figura 20: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman



En la presente figura se evidencia cuáles son las deflexiones en el que fue sometido el tratamiento superficial del pavimento en el ensayo con la viga de Benkelman la línea azul indica la deflexión característica al realizar el ensayo, la línea verde indica la deflexión admisible, es decir, la que es permitido en el tratamiento superficial.

4.2.1.2. Deflexión del tratamiento con ligante asfáltico Emulsión CSS-1P

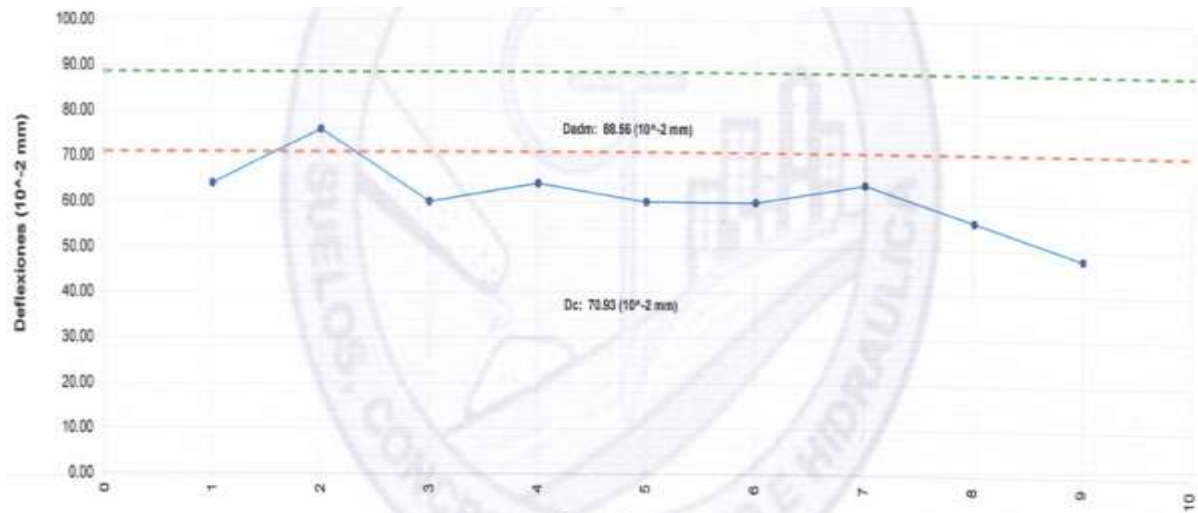
Tabla 25: Resultados deflexión

DEFLEXIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (MTC E 1002)		
Análisis de la deflexión Características y admisible		
Dc	=	70.93 (10 ⁻² mm)
Dadm	=	88.56 (10 ⁻² mm)
Verificación	=	DC < Dadm
Estado	=	CONFORME!!!

En la tabla 24, se puede evidenciar los resultados obtenidos en la deflexión característica con emulsión Catiónica CSS-1P, por lo que se obtuvo 70.93 (10⁻² mm) ya que en la deflexión admisible es 88.56 (10⁻² mm) por ello se aprecia que el estado es conforme, ya que el valor de DC (70.93) < Dadm (88.56).

Finalmente, al comparar el desempeño de los dos tipos de mezcla asfáltica para el tratamiento superficial de la capa de rodadura con ligante asfáltico PEN 60/70 y emulsión Catiónica CSS-1P, en la deflexión característica presenta una variación mínima.

Figura 21: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman



En la presente figura se evidencia las deflexiones en el que fue sometido el tratamiento superficial del pavimento a través del ensayo con la viga de Benkelman la línea azul indica la deflexión característica al realizar el ensayo, la línea verde indica la deflexión admisible, es decir, la que es permitido en el tratamiento superficial.

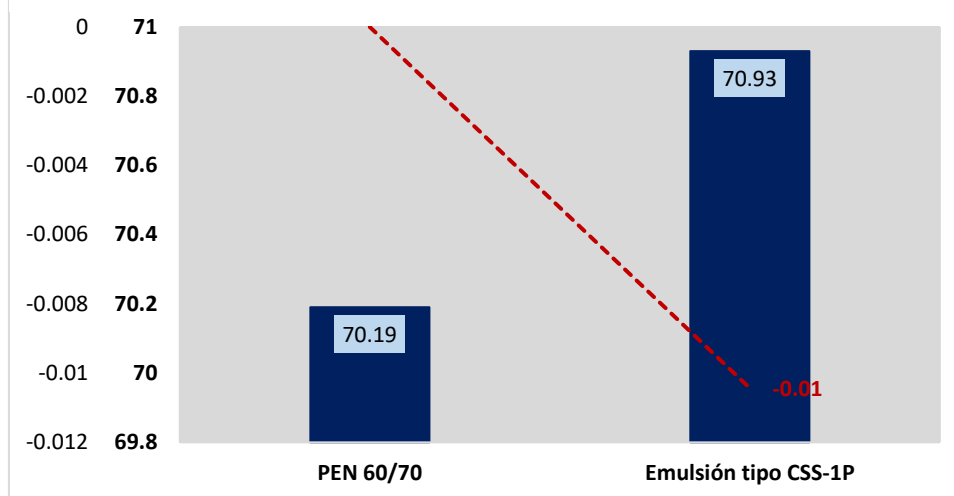
4.2.1.3. Análisis comparativo de la deflexión con ligante asfáltico PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1P

Tabla 26: Deflexión de la capa superficial

MEZCLA CON TIPO DE LIGANTE	Dc	Dadm	% DE VARIACIÓN R
PEN 60/70	70.19	88.56	0
Emulsión tipo CSS-1P	70.93	88.56	-1%

Al comparar los resultados de la mezcla con los ligantes PEN 60/70, Emulsión tipo CSS-1P se obtuvo el -1% de variación, lo cual se evidencia, el que genera mayor deflexión característica la mezcla con el ligante Emulsión tipo CSS-1P y el que genera la menor deflexión es la mezcla con el ligante PEN 60/70.

Figura 22: Deflexión del pavimento



4.1.3. Ensayo de círculo de arena en el tratamiento superficial

El ensayo del círculo de arena se realiza con el objetivo de conocer la macro textura de la capa de rodadura al realizar el tratamiento superficial lo cual permite un mejor contacto entre el neumático de los vehículos y la superficie de rodadura de la vía en estudio.

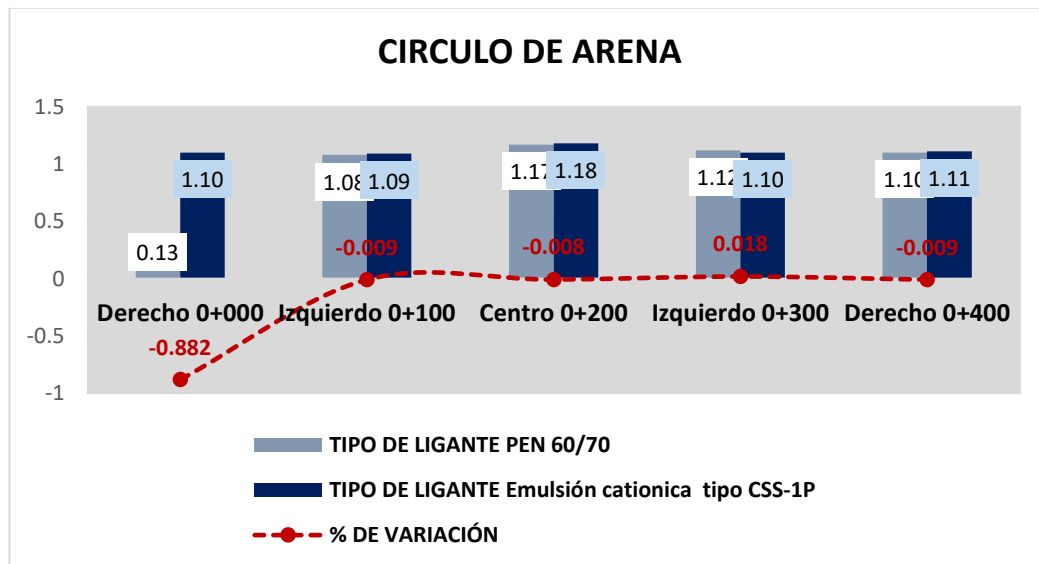
Para lo cual en esta investigación se realizó una comparación al aplicar el tipo de ligante PEN 60/70 y emulsión tipo CSS-1P, los ensayos del círculo de arena se realizaron en los tramos de la carretera Junín (JU-108) cuyas progresivas son:

- Prog. 0+000 lado derecho
- Prog. 0+100 lado izquierdo
- Prog. 0+200 lado centro
- Prog. 0+300 lado izquierdo
- Prog. 0+400 lado derecho

Tabla 27: Resultados del ensayo círculo de arena

Progresiva	TIPO DE LIGANTE		% DE VARIACIÓN
	PEN 60/70	Emulsión catiónica tipo CSS-1P	
Derecho 0+000	0.13	1.10	-88.18%
Izquierdo 0+100	1.08	1.09	-0.92%
Centro 0+200	1.17	1.18	-0.85%
Izquierdo 0+300	1.12	1.10	1.82%
Derecho 0+400	1.10	1.11	-0.90%
Promedio	0.92	1.12	

Figura 23: Comparativo del ensayo de círculo de arena



En la figura 23 y en la tabla 26, se observa el análisis comparativo de los resultados del círculo de arena en el cual en el lado derecho prog. 0+000 entre el tipo de ligante PEN 60/70 y Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -88%, en el lado izquierdo prog. 0+100 entre el tipo de ligante PEN 60/70 y Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -0.92%, en el lado centro prog. 0+200 entre el tipo de ligante PEN 60/70 y Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -0.85%, en el lado izquierdo prog. 0+300 entre el tipo de ligante PEN 60/70 y Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -0.82% y finalmente en el lado derecho prog. 0+100 entre el tipo de ligante PEN 60/70 y Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -0.90% en el cual se evidencia donde se obtuvo mayor valor del círculo de arena es

con la ligante emulsión tipo CSS-1P cuyo promedio fue 1.12 mm, mientras en el tratamiento superficial de ligante PEN 60/70 la textura nos dio 0.92 mm, según la Asociación Internacional de Congreso de Carreteras, el tipo de textura obtenida para ambos materiales es la macro textura debido a la longitud de onda que se encuentra en el rango de 0.5 hasta 50 mm, en pocas palabras con el que se obtienen una mejor textura en el tratamiento superficial es con el tipo de ligante PEN 60/70.

4.1.4. Determinación de la rugosidad por el método de Merlín (IRI)

Para la determinación del IRI para la mezcla asfáltica con PEN 60/70 se realizó la prueba en el tramo a 400 metros carril Derecho en la progresiva 0+000 al 0+400 para lo cual el espesor de pastilla es 6, lectura inicial es 25, lectura final 12, factor de corrección es 0.923 totales columnas extremas cola izquierda 10 cola derecha 8, lecturas consideradas cola izquierda 1 cola derecha 5, suma de CI+CE+CD es 5.73 y para la determinación del IRI para la mezcla asfáltica con emulsión catiónica tipo CSS-1P Se realizó la prueba en el tramo a 400 metros carril izquierdo en la progresiva 0+400 al 0+000 para lo cual el espesor de pastilla es 6, lectura inicial es 25, lectura final 12, factor de corrección totales columnas extremas cola izquierda 21 cola derecha 17, lecturas consideradas cola izquierda 19 cola derecha 13, suma de CI+CE+CD es 6.67 a continuación se presenta el resultado de la rugosidad.

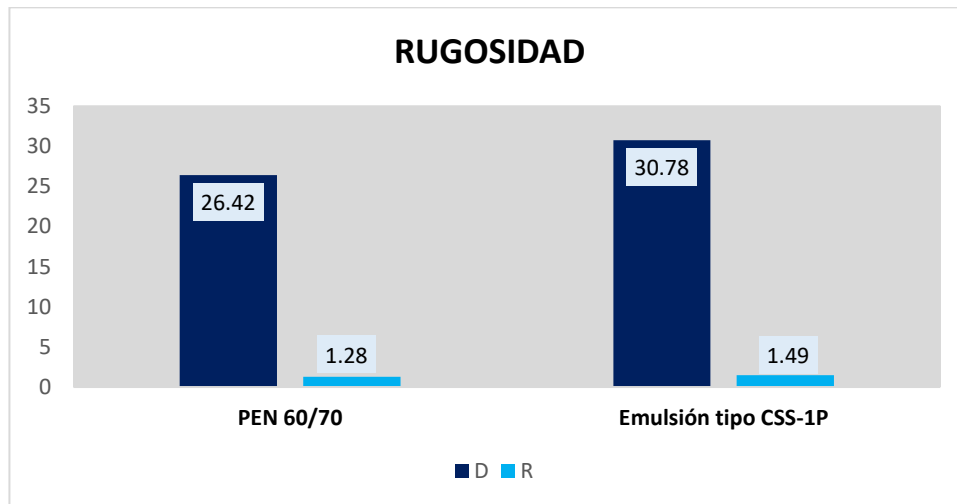
Tabla 28: Resultados de rugosidad

MEZCLA CON TIPO DE LIGANTE	D	R	% DE VARIACIÓN R
Emulsión tipo CSS-1P	26.42	1.28	0.00%
PEN 60/70	30.78	1.49	-14.09%

Nota. En el presenta cuadro se observa que al comparar los resultados de rugosidad con el ligante Emulsión tipo Css-1P la rugosidad es 1.49 m/km y con PEN 60/70 la rugosidad es 1.28

m/km el cual al comparar estos dos resultados hay una variación de -14% por lo que esa idóneo realizar el tratamiento superficial con ligante asfaltico PEN 60/70.

Figura 24: Rugosidad con dos tipos de ligante



En la tabla 27 y la figura 24 se aprecia los valores del índice de rugosidad, por lo que al realizar el tratamiento superficial con tipo de emulsión catiónica C_{ss}-1P la rugosidad nos dio 1.49 m/km, mientras que con el ligante asfaltico PEN 60/70 la rugosidad nos dio 1.28 m/km, finalmente al analizar la condición del camino en base a los valores obtenidos se afirma que se encuentra en una condición muy buena ya que para pavimentos asfálticos se considera si el (IRI<3.2 = Muy bueno).

4.3. Contratación de hipótesis

4.1.5. Hipótesis general

Para la respectiva contratación de la hipótesis general se realizó los análisis inferenciales y así analizar en función a las hipótesis a las hipótesis específicas que a continuación se especifica.

4.1.6. Hipótesis específico 1 (Prueba del investigador)

La deflexión del tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo C_{SS}-1P intervendría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

4.1.6.1. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis

Para la contrastación de esta hipótesis se realizó una comparación de los valores obtenidos en el ensayo de deflexión al realizar el tratamiento superficial de la carpeta asfáltica con dos tipos de ligante que en este caso es el PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P para lo cual se realiza un análisis comparativo de los resultados de la prueba de deflexión para obtener cuál de los ligantes es el que mejor efecto produce en el tratamiento superficial del pavimento.

Hipótesis Nula (Ho): No hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores de deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en los pavimentos flexibles.

$$\mu_{Dc} (EC) = \mu_{Dc} (PEN)$$

Hipótesis Alternativa (Ha): Si hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores de deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en los pavimentos flexibles.

Existe al menos uno/ $\mu_{Dc}(EC) \neq \mu_{Dc} (PEN)$

Donde μ_{Dc} , es (Deflexión característica)

4.1.6.2. Prueba estadística

Como la variable respuesta de las pruebas en el tratamiento superficial del pavimento es cuantitativa y hay un variable independiente llamado factores de tipo categórica ordinal y lo que se quiere probar es si hay diferencias y/o efectos significativos de los factores en la variable respuesta, entonces estamos hablando de un diseño factorial para lo cual se hizo una agrupación de 2 grupos que en este caso son las pruebas del

tratamiento superficial del pavimento con dos tipos de ligantes que son el PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P por consiguiente, para probar las hipótesis se utilizará la prueba de T de student para comparar en cuál de los 2 grupos es el que mejor efecto o desempeño tiene en el tratamiento superficial del pavimento flexible.

Consideraciones de las pruebas:

- Las pruebas de hipótesis se realizarán por cada ensayo independientemente.
- Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba realizada es mayor al valor de significancia asumido

Prueba de supuesto de normalidad para medir la deflexión en el tratamiento superficial

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 29: Prueba de normalidad (Deflexión)

TIPO DE LIGANTE		Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Estadístico	gl	Sig.
		Estadístico	gl	Sig.			
DEFLEXIÓN DE LA	PEN 60/70	,175	3	!	1,000	3	1,000
CAPA SUPERFICIAL	Emulsión catiónica tipo CSS-1P	,253	3	!	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y concluimos que los datos obtenidos en la prueba de deflexión con los dos tipos de ligante siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Cálculo de la t de Student para muestras independientes:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} \leq \alpha$ (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} > \alpha$ (0.05) se rechaza Ha se acepta la Ho

Tabla 30: Prueba de muestras emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Par					Inferior	Superior			
1	Deflexión con PEN 60/70 - Deflexión con emulsión TIPO CSS-1P	- ,73333	,01155	,00667	-,76202	-,70465	-	2	,000
							110,000		

Nota. Se concluye como la t calculado con los datos procesados de la prueba de deflexión el nivel de significancia es menos a 0.05 se rechaza la Ho, y se acepta la hipótesis Ha por ello se **concluye que:** si hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores de deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en los pavimentos flexibles

4.1.7. Hipótesis específico 2 (prueba del investigador)

La profundidad de textura en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P intervendría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

Prueba de supuesto de normalidad para medir la textura en el tratamiento superficial

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 31: Prueba de normalidad (Textura)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
textura con PEN 60/70	,441	5	,002	,626	5	,001
textura con emulsión tipo CSS-1P	,365	5	,028	,728	5	,018

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son menores a 0.05, el valor de significancia en la tabla es 0.001 y 0.018 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y concluimos que los datos obtenidos en la prueba de textura del tratamiento superficial con los dos tipos de ligante no siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Cálculo de la t de Student para muestras relacionadas:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} \leq \alpha$ (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} > \alpha$ (0.05) se rechaza Ha se acepta la Ho

Tabla 32: Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
95% de intervalo de confianza de la diferencia								
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1 textura con PEN 60/70 - textura con emulsión tipo CSS-1P	-,19600	,43287	,19359	-,73348	,34148	-1,012	4	,369

Nota. Se concluye como la t calculada con los datos procesados de la prueba de textura es igual 0.369 y en mayor a 0.05 por ello se acepta la Ho y rechaza Ha, **finalmente se concluye que:** La profundidad de textura en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P no intervendría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural.

4.1.8. Hipótesis específico 3 (prueba del investigador)

La deformación interviene directamente en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

Prueba de supuesto de normalidad para medir la rugosidad en el tratamiento superficial

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 33: Prueba de normalidad (Rugosidad)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rugosidad con PEN 60/70	,175	3	.	1,000	3	1,000
Rugosidad con emulsión tipo CSS-1P	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son mayores a 0.05, el valor de significancia en la tabla es 1.000 y 1.000 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna y concluimos que los datos obtenidos en la prueba de la rugosidad del tratamiento superficial con los dos tipos de ligante siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Cálculo de la t de Student para muestras relacionadas:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} \leq \alpha(0.05)$ se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad obtenida $P\text{-Valor} > \alpha(0.05)$ no se rechaza Ho se acepta la Ha

Tabla 34: Prueba de muestras emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilat eral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Rugosidad con PEN 60/70 - Rugosidad con emulsión tipo CSS-1P	-,22000	,01732	,01000	-,26303	-,17697	-22,000	2	,002

Se concluye como la t calculada con los datos procesados de la prueba de rugosidad es igual 0.002 y es menor a 0.05 por ello se acepta H_a y rechaza H_0 , **finalmente se concluye que:** La rugosidad interviene directamente en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

- En relación al objetivo general planteado, el tratamiento superficial con ligantes de PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P generan resultados satisfactorios lo cual tienen una pequeña variación al comparar los resultados de la prueba de rugosidad por el método Merlín (IRI), en la medición de la deflexión con la viga de benkelman y en el ensayo de círculo de arena para ver la rugosidad de la capara de rodadura tratada

- En relación al primer objetivo específico se obtuvo resultados satisfactorios en la medición de la deflexión de la carpeta asfáltica al aplicar el tratamiento superficial lo cual con el tratamiento de ligante asfáltico PEN 60/70 se obtuvo deflexión característica de 70.19 (10^{-2} mm), mientras que con el tratamiento de ligante asfáltico emulsión catiónica tipo CSS-1P se obtuvo deflexión de 70.93 (10^{-2} mm) lo cual al realizar una comparación de se obtuvo un porcentaje de variación de -0.01 por ende se dice que el tipo de ligante que genera menor deflexión en el tratamiento superficial de la carpeta asfáltica es el PEN 60/70.

- En relación al segundo objetivo específico se obtuvo resultados satisfactorios en el ensayo de círculo de arena en la carpeta asfáltica al

aplicar el tratamiento superficial lo cual con el tratamiento de ligante asfáltico PEN 60/70 en la prog. Derecho 0+000 se obtuvo una textura de 0.13, en la prog. izquierdo 0+100 se obtuvo una textura de 1.08, en la prog. centro 0+200 se obtuvo una textura de 1.17, en la prog. izquierdo 0+300 se obtuvo una textura de 1.12, en la prog. Derecho 0+400 se obtuvo una textura de 1.10, mientras que con el ligante asfáltico catiónica tipo CSS-1P en la prog. Derecho 0+000 se obtuvo una textura de 1.10, en la prog. izquierdo 0+100 se obtuvo una textura de 1.09, en la prog. centro 0+200 se obtuvo una textura de 1.18, en la prog. izquierdo 0+300 se obtuvo una textura de 1.10, en la prog. Derecho 0+400 se obtuvo una textura de 1.11 por ende al obtener estos resultados se realizó el análisis comparativo para ver el porcentaje de variación lo cual los porcentajes de variación alcanzaron a -0.882, -0.009, -0.008, 0.018, -0.009.

- En relación al tercer objetivo específico se obtuvo resultados satisfactorios en la determinación de la rugosidad por el método Merlín (IRI) en la carpeta asfáltica al aplicar el tratamiento superficial lo cual con el tratamiento de ligante asfáltico PEN 60/70 se obtuvo la rugosidad (D) 1.28 m/km mientras que con el tratamiento de ligante asfáltico emulsión catiónica tipo CSS-1P se obtuvo la rugosidad (D) 1.49 m/km, lo cual al realizar una comparación de se obtuvo un porcentaje de variación de -0.14 por ende se dice que el tipo de ligante que genera menor rugosidad en el tratamiento superficial de la carpeta asfáltica es la emulsión catiónica tipo CSS-1P.

CONCLUSIONES

- Los dos tipos de ligante que es el PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P generan resultados satisfactorios lo cual en los en las pruebas de ensayo elaborado en los análisis comparaditos de los resultados obtenidos del tratamiento superficial con los dos tipos de ligantes hay una pequeña variación.
- En la determinación de la deflexión en el tratamiento superficial con los dos tipos de ligantes y en base a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0.05 asumido se acepta la hipótesis alterna (H_a) por lo que al comparar los resultados se obtuvo una variación del -0.01 por ende es recomendable porque genera un mejor efecto en la deflexión es el ligante PEN 60/70.
- En la determinación de la textura de la capa superficial y en base a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 0.05 se acepta la hipótesis nula (H_0) por ello genera un mejor efecto significativo en los en los 5 tramos evaluados es el tipo de ligante PEN 60/70 ya que al comparar los resultados con la Emulsión tipo CSS-1P hay una variación de -0.882, -0.009, -0.008, 0.018, -0.009 por ende el más recomendable es el tipo de ligante PEN 60/70.
- Finalmente se concluye en la determinación de la rugosidad por el método de Merlín (IRI) y en base a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 0.05 se acepta la hipótesis alterna (H_a) se afirma que en el tratamiento superficial el que genera mejores efectos en la rugosidad es el tipo de ligante PEN 60/70 lo cual para el tratamiento de la capa superficial del pavimento flexible es recomendable la mezcla del asfalto con el ligante PEN 60/70.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones similares se recomienda realizar un análisis comparativo de los desempeños de los dos tipos de ligante realizando una prueba de un antes y un después de realizar el tratamiento superficial del pavimento.
- Para los municipios locales y provinciales es recomendable para el tratamiento superficial del pavimento flexible el uso del tipo de ligante PEN 60/70 ya que en las pruebas que se realizó en esta investigación genera un mejor desempeño.
- Se recomienda realizar un estudio de tratamientos superficiales en pavimentos flexibles con otro tipo de ligantes y/u otras alternativas para mayor durabilidad y mejor desempeño del pavimento flexible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Briceño, L. A., & Carrera Sanchez, E. T. (2017). *Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo.
- Aranguri Linares, J. J., & Valverde Villacorta, H. A. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas emulsionadas en los pavimentos*. Tesis de Pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Trujillo.
- Ávila Martínez, P. R. (2016). *Incidencia de la granulometría y de la cantidad del cemento asfáltico en las propiedades físico – mecánicas principalmente en la durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente diseñadas según la división 400, sección 401, tablas 401-1, 401-2 y 401-16 d*. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Ayala del Toro, Y., Delgado Alamilla, H., Guzmán Ortiz, D., & Salazar Rivera, A. (2018). *Mezclas asfálticas en caliente (MAC)*. Manual de ensayos para laboratorio.
- Bach. De la Cruz Bazán, P., & Bach. Porras Zavala, M. J. (2015). *"Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera VD Imperial-Pampas*. Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Balarezo Zapata, J. (2017). *Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería civil, Piura.

- Barraza Elespuru, G. (2004). *Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles : propuesta de norma peruana*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de ciencia aplicadas, Facultad de ingenieria civil.
- Bernal, Blanco, & Villalpando. (2010). *Metodología de la investigación*.
- BITUPER S.A.C. (2013). *Emulsion asfaltica cationica superestable CSS-IHP*. Ficha tecnica, Bitumenes del Peru S.A.C, Laboratorio central, Lima.
- Bravo Anaya, R. G. (2018). *Ecuación de corrección del porcentaje de cemento asfáltico a partir de la variación del porcentaje de agregados*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Escuela Profesional de Ingeniería Civil , Ayacucho.
- Calderon Carrasco, A. A., & Calderón Saavedra, C. J. (2020). *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas comunes en caliente mediante la incorporación de organosilanos*. Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador , Facultad de Ingenieria, Ciencias Fisicas y Matematicas , Quito.
- Capote González, N. (2018). *Análisis de la viabilidad técnica de uso de los agregados pétreos del "OPEN PIT" Mulaló, en la construcción de la malla vial del Valle del Cauca y Cauca*. tesis de posgrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Escuela de posgrado, Huancavelica.
- Carrasco Diaz, S. (2006). *Metodología de la investigacion científica*. Lima, Lima, Perú: San Marcos.
- Carrasco Díaz, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Castaño Meneses, V., Rodrigez Talavera, R., & Martinez Madrid, M. (2001). *Emulsiones asfálticas*. Documento tecnico, Instituto mecanico del Transporte, Secretaria de comunicaciones y transporte, Mexico.

- Cerquera Araujo, A., Rodriguez Machado, C. A., & Ruano Fonseca, D. F. (2017). *Análisis Mineralógico, Químico Y Porosimétrico De Los Agregados Pétreos de una cantera perteneciente A La Formación Geológica De La Sabána En El Municipio De Soacha - Cundinamarca*. Tesis de Pregrado, Universida Catolica de Colombia, Facultad de Ingenieria, Bogota.
- Choque Hinojosa, R. D. (2016). *Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingenieria de Minas - Civil, Huancavelica.
- Cortez García, J. M., Guzmán Henríquez, H. W., & Reyes Rodríguez, A. D. (2007). *"Guía básica de diseño, control de producción y colocación de mezclas asfálticas en caliente"*. Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria.
- Cruz Chimal, E. (2020). *Evaluacion de las emulsiones asfálticas basadas en especificaciones de agregado de desempeño y del efecto de las fibras utilizadas en aplicaciones de microaglomerantes*. Tesis de posgrado, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Facultad de ingenieria, Morelia.
- Del Canto, E., & Silva Silva, A. (2013). Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias sociales. *Ciencias Sociales*, 11.
- Deyvis, Yuliza, Edgar, & Elvis. (2013). *Visita a la Planta Procesadora de Piedra Chancada*.
- EMP. (2018). *Norma de construccion imprimacion, riego y liga para pavimento*. Ficha tecnica, Centros de exelencia técnica - Unidad normalizacion y laboratorios.
- Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion*.
- Ferreira Cuellar, D. A., & Torres López, K. M. (2014). *Caracterización físico de agregados pétreos para concretos Caso: Cantera dromos (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo)*.

- Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá.
- Flores Gonzales, R. K., & Rojas Pardo, J. G. (2019). *Comportamiento de las mezclas asfálticas tibias adicionando tensoactivos y sus beneficios respecto a la mezclas asfálticas en caliente*. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Giraldo Huertas, J. J. (2016). *Manual para los seminarios de Investigación en Psicología*.
- Granica Anguas, P., Gomez Lopez, J., & Sesma Martinez, J. A. (2002). *Meánica de maeriales para pavimentos*. Mexico.
- Guevara Palma, M., Mendez Delgado, H., & Pimentel Gomez, J. (2010). *Diseño de mezclas dfálticas densas en frio basado en el metodo MARSHALL modificado dr la universidad de Illinois*. Santa Ana, El Salvador.
- Hernandez ampieri, R., Fernandez Collado, C., & Bastidas Licio, M. (2010). *Metodologia de la investigacion* (Sexta Edicion ed.). Mexico: Mc Gran Hill Education.
- Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la Investigación*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrmann do Nascimento, L. A. (2018). *Nova abordagem da dosagem de misturas asfálticas densas com uso do compactador giratório e foco na deformação permanente*. Tesis de Post Grado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Post Grado, Rio de Janeiro.
- Herrmann do Nasciso, L. A. (2018). *Nova abordagem da dosagem de misturas asfálticas densas com uso do compactador giratório e foco na deformação permanente*. Tesis de Post Grado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Post Grado, Rio de Janeiro.

- Jimenez Acuña, M., Ulloa Calderon, A., & Molina Zamora, D. (2010). *Implementacion de los ensayos de laboratorio para el diseño de mezcla y evaluacion del desempeño para los dellos de lechada asfaltica (SLURRY SEALS) en Costa Rica*. Informe de investigacion, Universidad de Costa Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales , San Jose.
- Lopez Garavito, L. Y., & Sepulverda, D. (2015). *Caracterización física de diferentes muestras de agregados pétreos para el concreto - Zona Norte de Bogotá*. Tesis de Pregrado, Universidad Catolica de Colombia, Facultad de Ingenieria, Bogota.
- Mendez Olvera, S. (2015). *Control de calidad de las mezclas asfálticas calientes y templadas*. Tesis de Pregrado, Instituto Politecnico Nacional, Escuela Superior de Ingenieria y Arquitectura, Lima.
- Mercado, R., Bracho, C., & Avendaño, J. (2008). *Emulsiones Asfálticas Usoso - Rompimiento*. Universidad de los Andes , Facultad de ingenieria, Bogota.
- Merizalde Andrade, C. J. (2017). *Evaluación del daño por humedad en mezclas asfálticas finas mediante pruebas triaxiales y de corte directo*. Tesis de pregrado , Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Civil, Guayaquil.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones MTC. (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Tecnicas Generales para construccion*. Lima, Peru.
- Ministerio de transportes y Comunicaciones Mexicano. (2016). *Medida de la textura superficial por el metodo circulo de arena*. Mexico.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2013). *Especificaciones tecnicas generales para la construcción*. Lima.
- Modificados Panama Asfalto. (2018). Emulsion cationica de rotura lenta Superestable Modificada CSS-1hp. Arraijan.

- Montejo Fonseca, A. (2018). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Montoya Goicochea, J. (2013). *Análisis del IRI para un preyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, Piura.
- Morante Jibaja, H. (2013). *Pavimento flexible con tratamiento superficial para aerodromo de tráfico ligero*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.
- Morante Jivaja, H. (2019). *Pavimento flexible con tratamiento superficial para aerodromo de tráfico ligero*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, Piura.
- Moyano Raygada, M. (2020). *Procedimiento para determinar el Índice de rugosidad internacional con una aplicación móvil en Piura*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Civil.
- Muños Rocha, C. (2015). *Metodología de la Investigación*. México: OXFORD.
- Norma E.060. del RNE*. (2014).
- Parodi, C., Bormann, D., Vidal, J., & Sierra, L. (15 de 01 de 2018). Diseño de Mezcla asfáltica con materiales de desecho. (V. Letelier, Ed.) *RIOC -Revista ingeniería de obras civiles*, 56.
- Peve Chipana, O. (2019). *Aplicación de mezcla asfáltica reciclada con emulsión para mejorar la superficie de la carpeta de rodadura en la Av. Principal -*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
- Pinchi Vergara, L. A. (2017). *Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo banda de Shilcayo – Las Palmas*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Morales.

- Quintero Jerez, F., Ortiz Santiago, A., & Sanchez, J. (2015). *Plan de pavimento para pavimento rigido y flexible sobre las vias del estado merida*. Merida.
- Quipusco Villalobos, F. K., & Villegas Villegas, D. V. (2019). *Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*. Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipan, Facultad de Ingenieria, Arquitectura y Urbanismo, Pimentel.
- Ramírez Montenegro, M. A. (2015). *Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico PEN60/70 y emulsión asfáltica CSS-IHP*. Tesis de Posgrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Postgrado de Ingenieria, Trujillo.
- Ramon F, V., & Franca, C. (2011). *Ampliacion dela Explotacion de una cantera de arena y canto rodado*.
- Ramos Mamani, U. (2015). *"Influencia del tamaño máximo del agregado grueso de la cantera condorire en el diseño de mezclas asfálticas en caliente para la carretera Puno-Tiquillaca-2014"*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Puno.
- REPSOL. (2016). *Cemento asfáltico 60/70 relapasa*. Fiha tecnica, Srguridad de Producto, Lima.
- Rodriguez Ore, E. (2018). *Influencia de la fibra de caucho reciclado en la estabilidad y fluencia en mezcla asfáltica en frio*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Rolando Franco, F. E. (2016). *Estudio Comparativo entre Mezclas Asfálticas con Diluido RC-250 y Emulsión*. Tesis de Pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingenieria, Piura.

- Salamanca Arce, G. (2007). *Influencia de la contaminación salina en el envejecimiento prematuro de mezclas y tratamientos asfálticos*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Facultad de CS. Físicas y Matemáticas, Santiago.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2018).
- Suarez Piñeros, A. M., & Vera Castro, J. A. (2017). *Caracterización físico mecánica y mineralógica de los agregados extraídos del depósito acopios en Sopó Cundinamarca para su uso en Pavimentos*. Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- (1997). *The Asphalt Institute*.
- Valderrama Aparicio, P. F. (2013). *Modelo para la gestión del riesgo asociado a los costas globales en fase de pos construcción en edificios plurifamiliares destinados a arrendamiento*.
- Valdivia Sánchez, V. L. (2017). *Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57-Comas, Lima 2017*. Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Lima.
- Valera Nuñez, F. L. (2018). *Evaluación del efecto de cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica*. Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Escuela de Ingeniería Civil Ambiental, Chiclayo.
- Vásquez Vélez, L. A. (2011). *"Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca"*. Tesis Pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA, Ambato.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia



Anexo 1 – Matriz de consistencia

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON PEN 60/70 Y EMULSIÓN CATIONICA TIPO CSS-1P

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo es el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La capacidad estructural de los pavimentos flexibles aumentaría con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P</p>	<p>Dosificación ligantes asfálticos</p>	<p>Metodología de McLeod EG-2013 Método del Instituto de asfalto</p>	<p>Método de investigación: Cuantitativo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema. OE → SA → XP → CE → RE</p> <p>Cuando: 2020.</p> <p>Población y muestra: Población. La población está constituida por 90 moldes con agregado grueso de ½”, con</p>
				<p>Dosificación de agregado pétreo</p>	<p>Metodología de McLeod EG-2013 Método del Instituto de asfalto</p>	
				<p>Gradación agregado pétreo</p>	<p>Granulometría</p>	
<p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cómo interviene la deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Determinar cómo interviene la deflexión en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles b) Identificar en qué medida la profundidad de</p>	<p>Hipótesis específicos:</p> <p>a) La deflexión del tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión cationica tipo CSS-1P interpondría directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Capacidad estructural de pavimentos flexibles</p>	<p>Deflexión</p>	<p>Viga Benkelman</p>	
				<p>Profundidad de textura</p>	<p>Circulo de arena</p>	



Anexo 1 – Matriz de consistencia

<p>b) ¿En qué medida la profundidad de textura interviene en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?</p> <p>c) ¿De qué manera influye la rugosidad en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles?</p>	<p>textura interviene en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.</p> <p>c) Identificar en qué medida la rugosidad interviene en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.</p>	<p>b) La profundidad de textura en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P interviene directamente en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.</p> <p>c) La rugosidad interviene directamente en el tratamiento superficial con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P en el análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles.</p>		<p>Rugosidad</p>	<p>Iri</p>	<p>polvillo de roca, PEN 60/70, emulsión de rotura lenta tipo CSS-1P catiónica.</p> <p>Muestra: La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, en este caso corresponde a 24 briquetas de cada tratamiento superficial de mejor comportamiento con dos tramos de prueba 3x3 m2 de mezcla asfáltica.</p> <p>Técnicas e instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Recolección de datos <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Estadístico y probalístico.</p>
---	---	--	--	------------------	------------	--

Anexo N°02: Panel fotográfico

1. Caras fracturadas con una y dos caras

Fotografía 1: Desarrollo del ensayo para determinar el Método de ensayo de las caras fracturadas (con una cara fracturada) MTC E-210, ASTM D-5821



Fotografía 2: Desarrollo del ensayo para determinar el Método de ensayo de las caras fracturadas (con dos caras fracturadas) MTC E-210, ASTM D-5821.



4. Terrones de arcilla y partículas friables

Fotografía 5: Determinar el contenido de terrones de arcilla y de las partículas deleznales (friables) en los agregados según la norma (ASTM C 142- C 142 M-17)



5. Abrasión los ángeles

Fotografía 6: Determinar la resistencia a la degradación por el método “B” utilizando 11 esferas con la máquina de los ángeles mediante el ensayo de abrasión los ángeles según la norma (ASTM C 131 – ASHTO T 96).



6. Granulometría uso 6”

Fotografía 7: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número “6” según la norma (ASTM D448).



7. Granulometría uso 8”

Fotografía 8: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número “8” según la norma (ASTM D448).



Fotografía 9: Determinar los rangos de gradación para tratamientos superficiales con el uso número "8" tamiz por tamiz según la norma (ASTM D448).

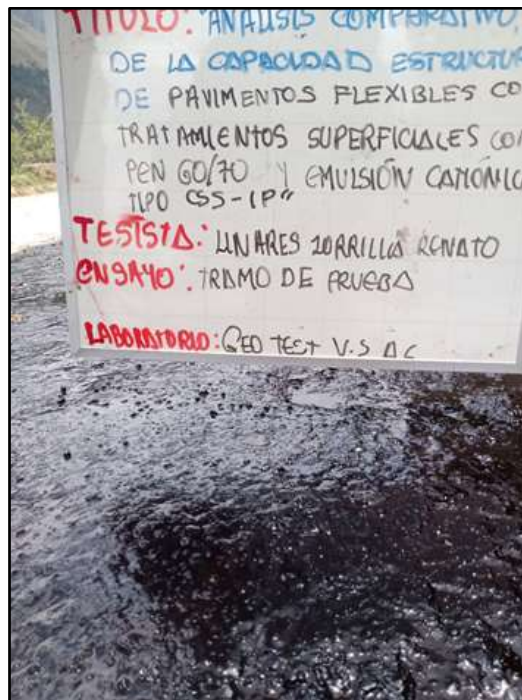


8. Tramo de prueba

Fotografía 10: Tendido y compactación del material para tender nuestro tratamiento superficial.



Fotografía 11: Tendido de la emulsión CSS-1P y del pen 60/70.



Fotografía 12: Tendido del material del ligante como primera y segunda capa.



Fotografía 13: Tendido del material del uso 6 y uso 8 para el tratamiento superficial tanto en la primera capa y en la segunda capa.



9. Ensayo de la rugosidad

Fotografía 14: Determinación de la medición del rugosímetro por el método Merlín (IRI) según la norma (ASTM E 1926).



10. Ensayo del círculo de arena

Fotografía 15: Determinar la profundidad de la macrotextura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926).



Fotografía 16: Determinar la profundidad de la macrotextura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926).



11. Ensayo con la viga benkelman

Fotografía 17: Determinar con una viga benkelman la deflexión o deformación según la norma (ASTM D 4695).



Fotografía 18: Determinar con una viga benkelman la deflexión o deformación según la norma (ASTM D 4695).



Anexo N°03: Certificado de los Ensayos

2021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Bach. Ing. LINARES ZORRILLA RENATO GIOVANNI



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD
ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
CON TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON
PEN 60/70 Y EMULSION CATIONICA TIPO
CSS-1P”**



GEO TEST V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psc. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Caracterización de los agregados



GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Control de Calidad de acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de
Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrucarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

(ASTM D 1898)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".

TESISTA: Linares Zorrilla Renato Giovanni

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Combinación de agregado grueso

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre-2021

AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA		
			1	2	
1.-	Recipiente				
2.-	Peso (Biker 250 ml.)	g	287.02	135.63	
3.-	Peso + Sal +Biker 250 ml.	g	287.10	135.66	
4.-	Peso Sal (2-3) (D)	g	0.08	0.02	
5.-	Peso de Agregado (A)	g	100.0	100.0	
6.-	Aforo de Agua Total (B)	cm ³	300.0	300.0	
7.-	Volumen de Agua Utilizado (C)	cm ³	100.0	100.0	
8.-	Sales Solubles $(1/((CxA)/(DxB)))x100$	%	0.240	0.060	
9.-	Promedio Sales Solubles	%	0.150		
ESPECIFICACION:		MAXIMO	0.5%	OK	

OBSERVACIONES :



 GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campos de Acordo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica. Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P'sj. GRAU N° 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril (cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES

(MTC E 212 / ASTM C 142)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TITULO: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".

TESISTA: Linares Zorrilla Renato Giovanni

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Agregado grueso y fino

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre-2021

AGREGADO GRUESO

Tamaño de partículas por tamiz		Masa de la muestra de ensayo (g)	Tamiz a utilizar para la separación de muestra	Masa de las partículas retenidas (g)	% de terrones de arcilla y partículas deleznable
pasa	retiene	M	se retiene la muestra	N	P
2"	1½"	5000.0	N°4	0.00	0.00 %
1½"	¾"	3000.0	N°4	2994.90	0.17 %
¾"	3/8"	2000.0	N°4	1992.10	0.40 %
3/8"	N° 4	1000.0	N°8	996.14	0.39 %
MAXIMO:		3%	PROMEDIO PONDERADO		0.32 %
AGREGADO FINO					
N° 4	N° 8	300.0	N°16	296.12	1.29 %
N° 8	N° 16	300.0	N°20	296.30	1.23 %
MAXIMO:		3%	PROMEDIO PONDERADO		1.26 %

OBSERVACIONES:


GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Verificación Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAUN 211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leonín Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo-Test V.S.A.C.



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	
(ASTM D 4791-10)	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA	
TITULO	: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".
TESISTA	: Linares Zorrilla Renato Giovanni
CANTERA	: Pilcomayo
MATERIAL	: Combinación de agregado grueso
HECHO POR: A.Y.G.	
FECHA: Diciembre-2021	

Muestra: Convencional

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	OBSERVACIONES
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Parcial	CxD	
2"	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3/4"	1/2"	2000.3	56.3	2.8	69.6	195.9	
1/2"	3/8"	1000.1	89.5	8.9	21.6	193.3	
Σ		3,000.4	145.8		91.2	389.2	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)					4.27		OK
ESPECIFICACION:					MAXIMO	15.0%	

OBSERVACIONES:


GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Especificaciones Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCION : Pse. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgentestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



CARAS FRACTURADAS	
<small>(ASTM D 5821-13)</small>	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA	
TITULO :	"Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".
TESISTA :	Linares Zorrilla Renato Giovanni
CANTERA :	Pilcomayo
MATERIAL :	Combinación de agregado grueso
HECHO POR: A.Y.G.	
FECHA: Diciembre-2021	

A.- CON UNA CARA FRACTURADAS 85% MIN

TAMAÑO DEL AGREGADO		A (grs.)	B (grs.)	C ((B/A)*100)	D %	E C*D
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2003.0	1890.4	94.38	69.6	6568.7
1/2"	3/8"	1000.0	987.1	98.71	21.6	2132.1
TOTAL		3003	2877.5		91.2	8,700.87

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{8701}{91.20}$	95.4 %
---	--	---------------

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS 60% MIN

TAMAÑO DEL AGREGADO		A (grs.)	B (grs.)	C ((B/A)*100)	D (grs.)	E C*D
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2003.0	1882.1	83.98	69.6	5,844.9
1/2"	3/8"	1000.0	662.3	66.23	21.6	1,430.6
TOTAL		3003	2344.4		91.2	7,275.51

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{7276}{91.20}$	79.8 %
---	--	---------------

OBSERVACIONES :


GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
ING. MAX JERRY VELIZ SUCARAY
CIP N° 242312
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



ABRASIÓN LOS ANGELES			
<small>(ASTM C131 - AASTHO T96)</small>			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA			
TÍTULO: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P."			
TESISTA: Linares Zorrilla Renato Giovanni			
CANTERA: Pilcomayo		HECHO POR: A.Y.G.	
MATERIAL: Combinación de agregado grueso		FECHA: Diciembre-2021	
GRADACIÓN	"g"		
ESFERAS	11		
1.1/2" - 1"			
1" - 3/4"			
3/4" - 1/2"	2501.3		
1/2" - 3/8"	2500.2		
3/8" - 1/4"			
1/4" - Nº4	-		
Nº4 - Nº8	-		
Peso Muestra	5001.5		
<i>Peso Retenido Tamiz Nº 12</i>	<i>4202</i>		
<i>Peso Pasante Tamiz Nº 12</i>	<i>799.5</i>		
% DESGASTE	15.99		
PROMEDIO		16.0%	
ESPECIFICACION:	MAX.	40.0%	OK

OBSERVACIONES:



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO ASFALTO E HIDRÁULICA

[Firma]
ING. MAX JERRY VELTZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Paj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Gradación - Huso "6"


GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DEL LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Pst. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
 E-MAIL : lahgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

(ASTM D 3515)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".
TESISTA: Linares Zorrilla Renato Giovanni
CANTERA: Pilcomayo
MATERIAL: Gradación de "Huso 6"

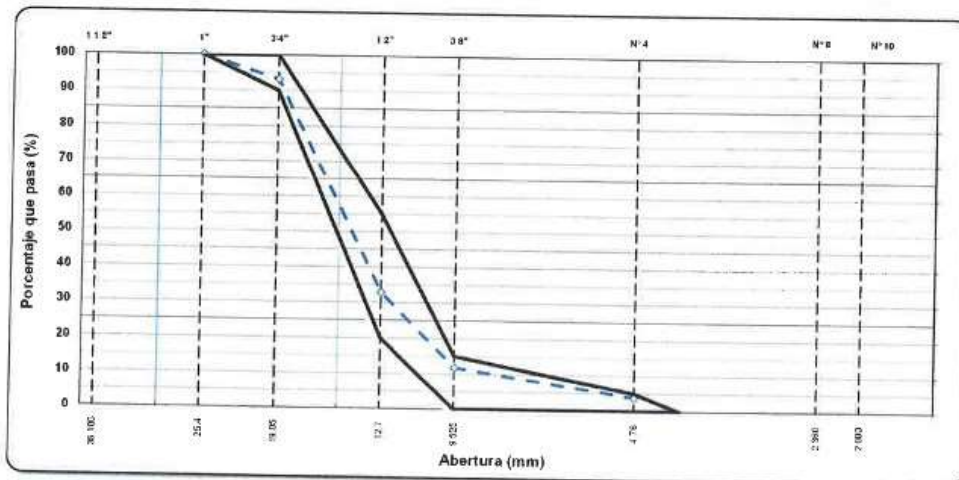
HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre-2021

COMBINACION FISICA GRANULOMETRICA DE AGREGADOS

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. HUSO - 6	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	1"
1 1/2"	38.100							
1"	25.400				100.0	100	Peso Inicial de la muestra	5393.0 gr
3/4"	19.050	368.9	6.8	6.8	93.2	90-100	Peso Fracción	5393.0 gr
1/2"	12.700	3256.5	60.4	67.2	32.8	20-55		
3/8"	9.525	1135.5	21.1	88.3	11.7	0-15		
1/4"	6.300	120.0	2.2	90.5	9.5			
N°4	4.750	310.5	5.8	96.3	3.7	0-5		
N°8	2.380	0.0	0.0	96.3	3.7			
N°10	2.000							
N°16	1.190							
N°20	0.840							
N°30	0.600							
N°40	0.425							
N°50	0.300							
N°80	0.180							
N°100	0.150							
N°200	0.074							
< 200	-		0.0	96.3				

CURVA GRANULOMETRICA




GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P'j. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Tuzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.



Gradación - Huso "8"



GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Control de Calidad de Acuerdo a Normativas y Especificaciones Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferricarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotestv@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO TRATAMIENTO SUPERFICIAL

(ASTM D 3515)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P".

TESISTA: Linares Zorrilla Renato Giovanni

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Gradación de "Huso 8"

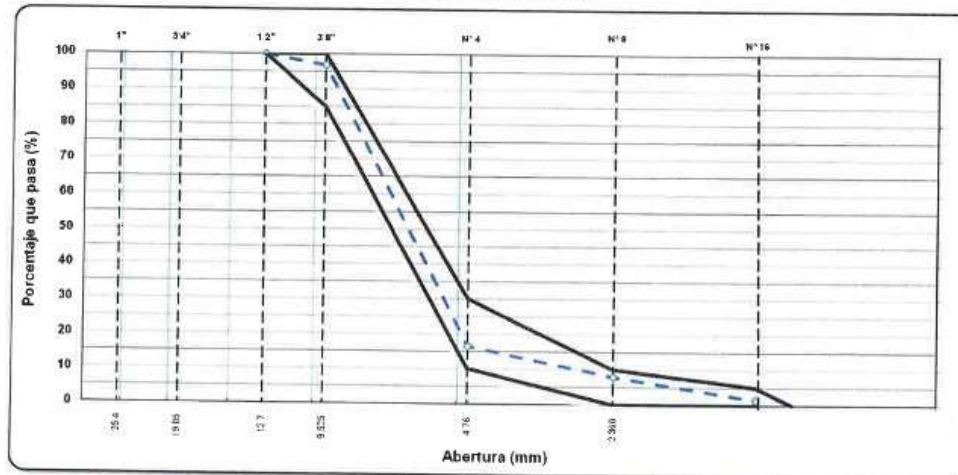
HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre-2021

COMBINACION FISICA GRANULOMETRICA DE AGREGADOS

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. HUSO - 8	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	12"
1 1/2"	38.100						Peso Inicial de la muestra	8015.0 gr
1"	25.400						Peso Fracción	8015.0 gr
3/4"	19.050							
1/2"	12.700		0.0	0.0	100.0	100		
3/8"	9.525	260.5	3.3	3.3	96.7	85-100		
1/4"	6.300	4285.0	53.5	56.7	43.3			
N°4	4.750	2153.5	26.9	83.6	16.4	10-30		
N°8	2.360	692.5	8.6	92.2	7.8	0-10		
N°10	2.000	50.0	0.7	93.0	7.0			
N°18	1.190	450.5	5.6	98.6	1.4	0-5		
N°20	0.840							
N°30	0.600	113.0	1.4	100.0	0.0			
N°40	0.425							
N°50	0.300							
N°80	0.180							
N°100	0.150							
N°200	0.074							
< 200				100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

(Handwritten signature)

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Control de Calidad a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicadas en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgentestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Dosificación de ligante asfáltico y agregado pétrreo

**GEO TEST V S.A.C.**
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP: 17247512
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Control, de Aplicación Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicando en Obras Civiles.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Pjs. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DOSIFICACIÓN DE LIGANTES ASFÁLTICOS Y AGREGADO PÉTREO

MTC E 515 / Ref (NLT 352)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: * Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P.*
TESISTA: Linares Zorrilla Renato Geovanni
CANTERA: Pitcomayo
MATERIAL: Combinación de agregado

HECHO POR: A. Y.G.
FECHA: Diciembre - 2021

MUESTRA: Dosificación ligantes asfálticos y dosificación de agregado petreo

AREA DE APLICACIÓN	4000 m2
LIGANTE ASFÁLTICO	Emulsion tipo CSS-1P
PRIMERA APLICACIÓN	Huso granulométrico N°6
SEGUNDA APLICACIÓN	Huso granulométrico N°6

DESCRIPCIÓN	CANT.	UND.
Agregado 1° capa	48.000	m3/m2
Agregado 2° capa	24.000	m3/m2
Total de agregado	72.000	m3/m2
Ligante Asfáltico 1° capa	4320.000	l/m2
Ligante Asfáltico 2° capa	3640.000	l/m2
Total de ligante asfáltico	7960.000	l/m2

OBSERVACIONES:


GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DOSIFICACIÓN DE LIGANTES ASFÁLTICOS Y AGREGADO PÉTREO

MTC E 515 / Ref (NLT 352)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: * Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P.*
TESISTA: Linaras Zamilla Renato Giovanni
CANTERA: Pilcomayo
MATERIAL: Combinación de agregado

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: Diciembre - 2021

MUESTRA: Dosificación ligantes asfálticos y dosificación de agregado pétreo

AREA DE APLICACIÓN	4000 m2
LIGANTE ASFÁLTICO	PEN 60/70
PRIMERA APLICACIÓN	Huso granulométrico N°6
SEGUNDA APLICACIÓN	Huso granulométrico N°8

DESCRIPCIÓN	CANT.	UND.
Agregado 1° capa	48.000	m3/m2
Agregado 2° capa	24.000	m3/m2
Total de agregado	72.000	m3/m2
Ligante Asfáltico 1° capa	4320.000	l/m2
Ligante Asfáltico 2° capa	3640.000	l/m2
Total de ligante asfáltico	7960.000	l/m2

OBSERVACIONES:


GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P'sj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
geotestv@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Rugosidad por el método de Merlín (IRI)


GEO TEST V S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

Sección de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acreditación Normativa y Especificaciones Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psp. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo-Test V.S.A.C.



DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN (IRI)
 (ASTM E 1926)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO : "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con pen 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P"

TESISTA : Linares Zorrilla Renato Geovanni

TRAMO : 400 metros

CARRIL : Derecho

PROGRESIVA : 0+000 - 0+400

HECHO POR: A.Y.G.
 FECHA: Diciembre-2021

Muestra: IRI-PEN 60/70

LECTURAS CAMPO																			
9	10	11	12	13	11	9	8	9	8	11	10	11	12	11	9	8	13	14	
11	12	14	13	12	9	8	15	11	14	12	13	10	10	11	12	12	11	12	14
12	14	13	10	10	13	11	8	10	13	10	10	11	12	10	9	8	9	11	
11	8	10	11	10	9	8	9	10	11	8	11	8	9	8	9	8	7	8	10
13	10	9	7	8	9	8	10	11	12	11	10	9	8	11	10	11	10	8	7
10	9	11	14	8	9	7	9	8	9	10	11	10	8	9	11	9	10	11	9
12	11	9	10	8	10	9	12	11	11	10	9	8	10	9	8	7	9	10	8
11	10	9	12	11	11	10	8	9	10	8	7	9	8	9	7	8	9	8	7
11	11	10	9	8	10	9	11	9	10	8	8	8	9	8	10	8	9	10	11
10	9	8	7	9	10	11	9	8	7	9	8	9	10	9	10	9	8	9	8

BSP. PASTILLA:	0	LEC. INI.	25	LEC. FIN.	12
FACTOR DE CORRECCIÓN	F.C. =			0.923	

CALCULO DE "D"

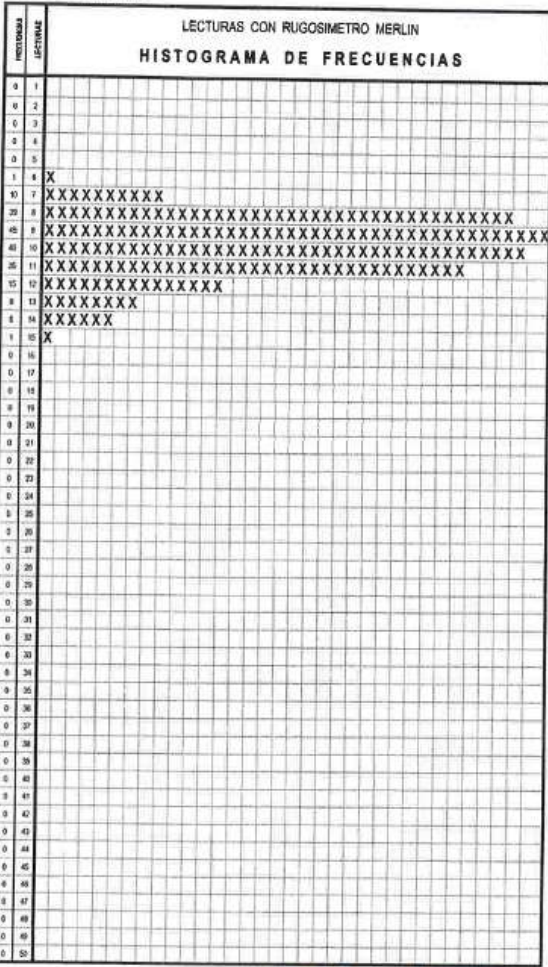
$D = (CI + CE + CD) \times 5$

DESCARTANDO 16 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
 HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA, CE = CENTRO, CD = COLA DERECHA.

CALCULO DE "R" (IRI)	
D > 40	D < 40
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$	$R = 0.0485 \times D$

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	10	-	8
LECTURAS CONSIDERADAS	1	-	5
FRACCIONES RESULTANTES	0.100	5	0.625
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	5.73		
D	26.42		
R	1.28		

COMENTARIOS



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campos, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicada en Obras Civiles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Pst. GRAU N° 2H - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo-Test V.S.A.C.



DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN (IRI)
(ASTM E 1926)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO : "Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con pen 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P"

TESISTA : Linares Zornillo Renato Giovanni

TRAMO : 400 metros

CARRIL : Izquierdo

PROGRESIVA : 0+400 - 0+000

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: Diciembre-2021

Muestra: IRI-CSS-1P

LECTURAS CAMPO												
10	11	12	14	11	13	15	17	15	18	14	13	15
11	11	10	11	13	14	15	12	10	15	12	13	14
10	12	13	14	12	10	16	12	15	14	13	11	10
14	11	10	12	13	12	14	13	14	15	12	12	14
13	11	12	13	15	11	11	12	10	17	12	11	17
12	13	11	12	14	10	11	15	15	14	11	13	12
13	14	16	12	11	14	15	14	13	12	16	15	11
12	14	15	11	11	15	13	15	10	13	12	10	11
12	11	13	12	14	13	15	16	14	13	12	14	15
15	13	12	14	12	11	16	10	11	12	12	15	14

ESP. PASTILLA	8	LEC. INI.	25	LEC. FIN.	13
FACTOR DE CORRECCIÓN		F.C. =	0.923		

CÁLCULO DE "D"

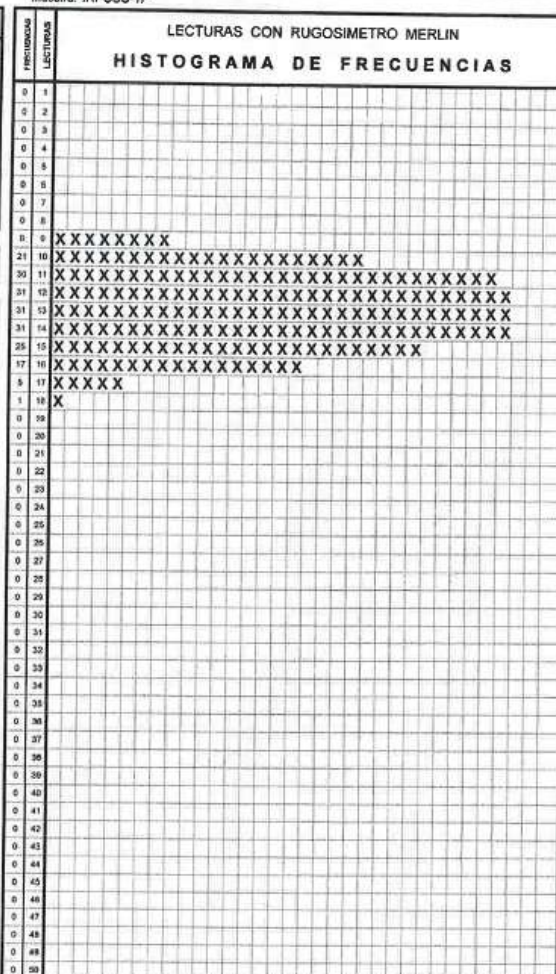
$D = (CI + CE + CD) \times 5$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA CÔLA DEL HISTOGRAMA
HISTOGRAMA: CI = CÔLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = CÔLA DERECHA

CÁLCULO DE "R" (IRI)			
D > 40		D < 40	
$R = 0.593 + 0.0471 \times D$		$R = 0.0485 \times D$	

	CÔLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	CÔLA DERECHA (CD)
TOTALES COLUMNAS EXTREMAS	21	-	17
LECTURAS CONSIDERADAS	19	-	13
FRACCIONES RESULTANTES	0.905	5	0.765
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	6.67		
D	30.78		
R	1.49		

COMENTARIOS




GEO TEST V.S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCION : Pse. GRAU N° 211 - CHILCA
Ret. a una cuadra frente al parque Tazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
gentestv@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Viga Benkelman

Con PEN 60/70

**GEO TEST V S.A.C.**
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorios, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normas y Reglamentos Técnicos en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Pse. GRAU N 211 - CHILCA E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375193 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
 RUC : 20806529229



MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC-E-1002)																		
* Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PFM 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-IP *																		
Medición de distorsiones (Carretera asfáltica)																		
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN 8.2 TN																		
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS 60 PSI																		
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES Viga Benkelman (distorsión mano baler)																		
TEMPERATURA 18.6 °C																		
FECHA Diciembre- 2021																		
SOLICITADO POR Obras Zonas Rurales Greengard																		
MUESTRA PFM 60/70																		
PTO DE ENSAYO	LECTURAS DEL DEFLECTÓMETRO									DEFLEXIONES: RELACION DE BRANCO DE 10.14 (10^2 mm)								
	10 = 8 cm	11 = 26 cm	12 = 39 cm	13 = 75 cm	14 = 100 cm	15 = 208 cm	D0	D05	D10	D15	D199	D298	D0	D05	D10	D15	D19	D29

PROCESAMIENTO DE LECTURAS, OBTENCIÓN DE DEFLEXIONES, DEFLEXIÓN MÁXIMA Y RADIO DE CURVATURA - TRAMO I																									
I	DERECHO	D=050	100	97	98	99	94	98	94	98	94	98	13.00	12.00	10.00	4.00	0.00	64.00	52.00	48.00	40.00	16.00	0.00	64.00	280.42
3	DERECHO	D=150	100	97	99	94	87	96	14.00	11.00	8.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	44.00	38.00	24.00	12.00	0.00	90.00	185.31
4	DERECHO	D=200	100	95	94	90	85	85	15.00	10.00	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	44.00	40.00	32.00	4.00	0.00	88.00	280.42
5	DERECHO	D=250	100	98	95	91	89	85	16.00	11.00	10.00	6.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	44.00	40.00	36.00	24.00	0.00	90.00	166.35
6	DERECHO	D=300	100	97	96	93	85	84	13.00	12.00	8.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.00	44.00	45.00	36.00	16.00	0.00	84.00	280.42
7	DERECHO	D=350	100	99	95	90	88	86	14.00	10.00	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	44.00	40.00	36.00	16.00	0.00	88.00	185.31
8	DERECHO	D=400	100	97	95	92	90	88	12.00	8.00	7.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	44.00	38.00	30.00	8.00	0.00	88.00	185.31
9	DERECHO	D=450	100	97	95	92	90	88	12.00	8.00	7.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	44.00	38.00	30.00	8.00	0.00	88.00	185.31
PROMEDIO																									
DESV. ESTANDAR																									
69.44 46.78 40.88 28.44 13.33 0.00 69.44 218.91 7.68 7.81 8.45 10.88 8.94 0.00 7.68 46.37																									



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P.Sj. GRAU N° 211 - CHILCA

(P.Sj. a una cuadra, frente al parque Pazo Av. Ferrocarril cruzada Av. Leticia Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 9913751093

E-MAIL

: labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK

: Geo Test V S.A.C.

RLC

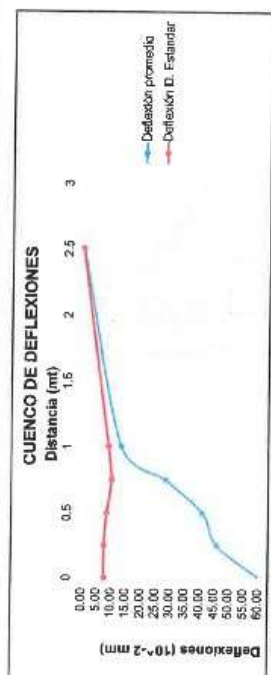
: 20604529229



TÍTULO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON PARAMETROS SUPERFICIALES CON PEN 69/70 Y EMISIÓN CARBÓNICA ISO CAS-16*
ACTIVIDAD	Medición de deformaciones
TIPO DE PAVIMENTO	Carpeta asfáltica
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN	82 kN
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	80 PSI
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	Viga deflectora (Deflectómetro marca Mahr)
TEMPERATURA	18.5°C
FECHA	Diciembre 2021
SOLICITADO POR	Luzmila Ríos de Ramos Gómbiz
MUESTRA	953 8207

MEZCLA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA DEFLECTORA (MTC E - 1002)

CUERPO DE DEFLEXIONES Y ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA Y ADMISIBLE



Deflexión Característica

Dm	=	60.44 (10 ⁻² mm)
ds	=	7.60 (10 ⁻² mm)
Dc	=	70.19 (10 ⁻² mm)

Deflexión admisible

N	=	1.67 millones de ejes equivalentes
Dadm	=	88.86 (10 ⁻² mm)

Análisis de la Deflexión Característica y Admisible

Dc	=	70.19 (10 ⁻² mm)
Dadm	=	88.86 (10 ⁻² mm)
Verif. Estado	=	no cumple

Tipo de Carretera	Deflexión Característica Dc	Observación
Autopistas, Carreteras de 1000A y mayores, más de 5000 vehículos, de calzadas cementadas, más de 5000 m de longitud, más de 5000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.64Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras, Estructuras, Multipistas, calzadas de 1000A entre 5000 y 10000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.64Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras, Estructuras, Multipistas, calzadas de 1000B entre 5000 y 10000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.64Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras, Estructuras, Multipistas, calzadas de 1000C entre 5000 y 10000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.28Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras, Estructuras, Multipistas, calzadas de 1000D entre 5000 y 10000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.28Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras, Estructuras, Multipistas, calzadas de 1000E entre 5000 y 10000 vehículos, más de 5000 m de longitud	Dc = Dm - 1.03Ds	Deflexión característica, para una confiabilidad de 85%

Nota: Dc = Deflexión característica, Dm = Deflexión media de 5 deflexiones estándar

Cuadro 13.22: Definición de Deflexión Característica Según Tipo de Carretera

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.

ING. MAX JERRY VELIZ SUICARAY

CIP N° 28737

-EFE DE LABORATORIO



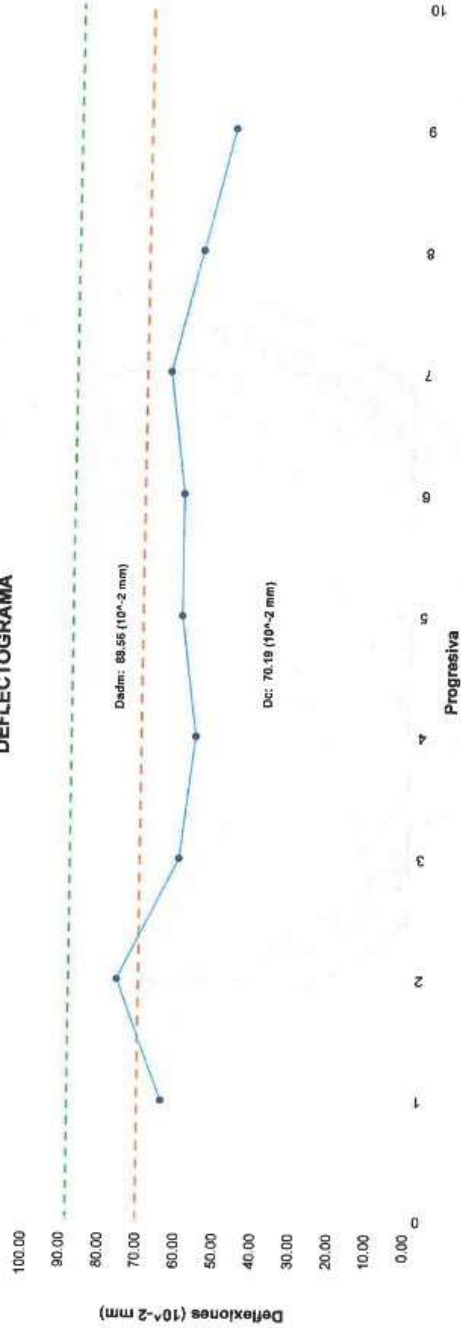
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N 2111 - CHILCA
 (sola una cuadra técnica parque Pazo - Av. Torrance) en la intersección con Av. Laventia (Pavlo)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375193
E-MAIL : labgtoestv02@gmail.com / gtoestv@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002)	
TÍTULO	* Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN (8070) y emulsión carbón tipo CSS-1P *
ACTIVIDAD	Medida de deflexión
TIPO DE PAVIMENTO	(Carpete asfáltica)
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN	8.2 TN
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	80 PSI
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	Viga Benkelman (deflectómetro marca Inver)
TEMPERATURA	16.6° C
FECHA	Diciembre - 2021
SOLICITADO POR	Unives Zorob Revato Gonzalez
MUESTRA	PEN 8070

DEFLECTOGRAMA



GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 ING. MAX JERRY VELTZ SUI-CARAY
 RUC N° 247317
 E.N.E. V.P. H. N. 00000000000000000000

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Pq. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril (ruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Viga Benkelman

Con emulsión

CSS-1P



Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Verificación Normativas y Exigencias Técnicas en los Especificos de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229



ITEM DE ENSAYO	LABO	PROGRESIVA	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO					DEFLEXIONES PARCIALES (IP-3 mm)										DEFLEXIONES: RELACION DE BRAZO DE VIG (IP-3 mm)					Banco (IP-3 mm)	Radio de Curvatura (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			R1 = 35 cm	R2 = 48 cm	R3 = 75 cm	R4 = 98 cm	R5 = 259 cm	00	D05	D08	D15	D19	D28	D38	00	D05	D08	D15	D19	D28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<p align="center">MECÁNICA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002)</p> <p>* Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con instrumentos superficiales con PEN (BUT) y remoción castillos tipo CSS-IP.*</p> <p>Mediciones de deflexiones (Compete asfáltico)</p> <p>CARGA DE EJE DEL CAMIÓN: 8.2 TN PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS: 80 PSI EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES: Viga Benkelman (Inflado hasta marca blanca) TEMPERATURA: 18.8° C FECHA: Diciembre-2021 SOLICITADO POR: Luján Zúñiga Revilla González MUESTRA: Estudios CSS-IP</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<p align="center">PROCESAMIENTO DE LECTURAS, OBTENCIÓN DE DEFLEXIONES, DEFLEXIÓN MÁXIMA Y RADIO DE CURVATURA - TRAMBO I</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	IZQUIERDO	0+400	84	84	84	84	84	84	84	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00	42.00	44.00	46.00	48.00	50.00	52.00	54.00	56.00	58.00	60.00	62.00	64.00	66.00	68.00	70.00	72.00	74.00	76.00	78.00	80.00	82.00	84.00	86.00	88.00	90.00	92.00	94.00	96.00	98.00	100.00	102.00	104.00	106.00	108.00	110.00	112.00	114.00	116.00	118.00	120.00	122.00	124.00	126.00	128.00	130.00	132.00	134.00	136.00	138.00	140.00	142.00	144.00	146.00	148.00	150.00	152.00	154.00	156.00	158.00	160.00	162.00	164.00	166.00	168.00	170.00	172.00	174.00	176.00	178.00	180.00	182.00	184.00	186.00	188.00	190.00	192.00	194.00	196.00	198.00	200.00	202.00	204.00	206.00	208.00	210.00	212.00	214.00	216.00	218.00	220.00	222.00	224.00	226.00	228.00	230.00	232.00	234.00	236.00	238.00	240.00	242.00	244.00	246.00	248.00	250.00	252.00	254.00	256.00	258.00	260.00	262.00	264.00	266.00	268.00	270.00	272.00	274.00	276.00	278.00	280.00	282.00	284.00	286.00	288.00	290.00	292.00	294.00	296.00	298.00	300.00	302.00	304.00	306.00	308.00	310.00	312.00	314.00	316.00	318.00	320.00	322.00	324.00	326.00	328.00	330.00	332.00	334.00	336.00	338.00	340.00	342.00	344.00	346.00	348.00	350.00	352.00	354.00	356.00	358.00	360.00	362.00	364.00	366.00	368.00	370.00	372.00	374.00	376.00	378.00	380.00	382.00	384.00	386.00	388.00	390.00	392.00	394.00	396.00	398.00	400.00	402.00	404.00	406.00	408.00	410.00	412.00	414.00	416.00	418.00	420.00	422.00	424.00	426.00	428.00	430.00	432.00	434.00	436.00	438.00	440.00	442.00	444.00	446.00	448.00	450.00	452.00	454.00	456.00	458.00	460.00	462.00	464.00	466.00	468.00	470.00	472.00	474.00	476.00	478.00	480.00	482.00	484.00	486.00	488.00	490.00	492.00	494.00	496.00	498.00	500.00	502.00	504.00	506.00	508.00	510.00	512.00	514.00	516.00	518.00	520.00	522.00	524.00	526.00	528.00	530.00	532.00	534.00	536.00	538.00	540.00	542.00	544.00	546.00	548.00	550.00	552.00	554.00	556.00	558.00	560.00	562.00	564.00	566.00	568.00	570.00	572.00	574.00	576.00	578.00	580.00	582.00	584.00	586.00	588.00	590.00	592.00	594.00	596.00	598.00	600.00	602.00	604.00	606.00	608.00	610.00	612.00	614.00	616.00	618.00	620.00	622.00	624.00	626.00	628.00	630.00	632.00	634.00	636.00	638.00	640.00	642.00	644.00	646.00	648.00	650.00	652.00	654.00	656.00	658.00	660.00	662.00	664.00	666.00	668.00	670.00	672.00	674.00	676.00	678.00	680.00	682.00	684.00	686.00	688.00	690.00	692.00	694.00	696.00	698.00	700.00	702.00	704.00	706.00	708.00	710.00	712.00	714.00	716.00	718.00	720.00	722.00	724.00	726.00	728.00	730.00	732.00	734.00	736.00	738.00	740.00	742.00	744.00	746.00	748.00	750.00	752.00	754.00	756.00	758.00	760.00	762.00	764.00	766.00	768.00	770.00	772.00	774.00	776.00	778.00	780.00	782.00	784.00	786.00	788.00	790.00	792.00	794.00	796.00	798.00	800.00	802.00	804.00	806.00	808.00	810.00	812.00	814.00	816.00	818.00	820.00	822.00	824.00	826.00	828.00	830.00	832.00	834.00	836.00	838.00	840.00	842.00	844.00	846.00	848.00	850.00	852.00	854.00	856.00	858.00	860.00	862.00	864.00	866.00	868.00	870.00	872.00	874.00	876.00	878.00	880.00	882.00	884.00	886.00	888.00	890.00	892.00	894.00	896.00	898.00	900.00	902.00	904.00	906.00	908.00	910.00	912.00	914.00	916.00	918.00	920.00	922.00	924.00	926.00	928.00	930.00	932.00	934.00	936.00	938.00	940.00	942.00	944.00	946.00	948.00	950.00	952.00	954.00	956.00	958.00	960.00	962.00	964.00	966.00	968.00	970.00	972.00	974.00	976.00	978.00	980.00	982.00	984.00	986.00	988.00	990.00	992.00	994.00	996.00	998.00	1000.00
			PROMEDIO										DESVI. ESTANDAR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			61.23										7.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												



Servicios de Ensayos de Laboratorios, Investigaciones y Campos, de Acuerdo a Normativas y Exigencias. Ejecutadas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica. Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psg. GRAU N°211 - CHILCA
 (del antiguo Cuartel de Bomberos) P.O. Box 11000, Av. Leonaidas Pardo
CELULAR : 952325151 - 972831911 - 991375493

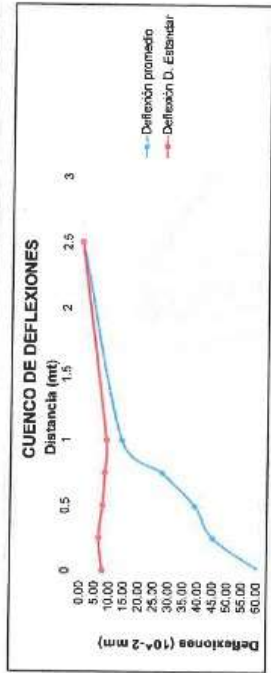
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.
RUC : 20606529229



TÍTULO	
ACTIVIDAD	* Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 6970 y emulsión catiónica tipo CSS-1F.
TIPO DE PAVIMENTO	Medidor de deflexiones
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN	Carga estándar
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	8.2 TN
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	80 PSI
TEMPERATURA	Vía bogotana (pavimento macizo asfáltico)
FECHA	18.6°C
SOLICITADO POR	Diciembre 2021
MUESTRA	Luzes Zorba Renato Gonzalez
	EMULSION CSS-1F

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BERKELMAN (MTC E - 1002)

CUENCO DE DEFLEXIONES Y ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA Y ADMISIBLE



Tipo de Carretera	Deflexión Característica Em	Observación
Autopistas carreteras de IACCIA mayor de 5000 vehículos, de calzadas asfálticas, todo una con día o más carriles.	$D_c = D_m - 1.64s_d$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarriles con un ancho de carril de 3.60 y 4.00 m separados, cada una con dos o más carriles en sentido contrario de circulación con un IACCIA entre 2000-3000 vehículos, de una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho.	$D_c = D_m - 1.64s_d$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de "Segundo Clase" con un IACCIA entre 2000-4000 vehículos de una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho.	$D_c = D_m - 1.93s_d$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de "tercera Clase" con un IACCIA entre 400-1000 vehículos, de una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho.	$D_c = D_m - 1.93s_d$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Cuadras de Baja Velocidad, Troncos, carreteras con un IACCIA de 200 vehículos, de una calzada.	$D_c = D_m - 1.93s_d$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%

Nota: Dc = Deflexión característica, Em = Deflexión media, ds = desviación estándar

Capítulo 12.33: Definición de Deflexión Característica Según Tipo de Carretera
 Fuente: Manual de Carreteras, Aeronáutica, Geología, Geografía y Pavimentos - MEC - 2012

GEO TEST V.S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 ING. MAX JERRY VELIZ SUCARAY
 CIP: 17.25.732
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

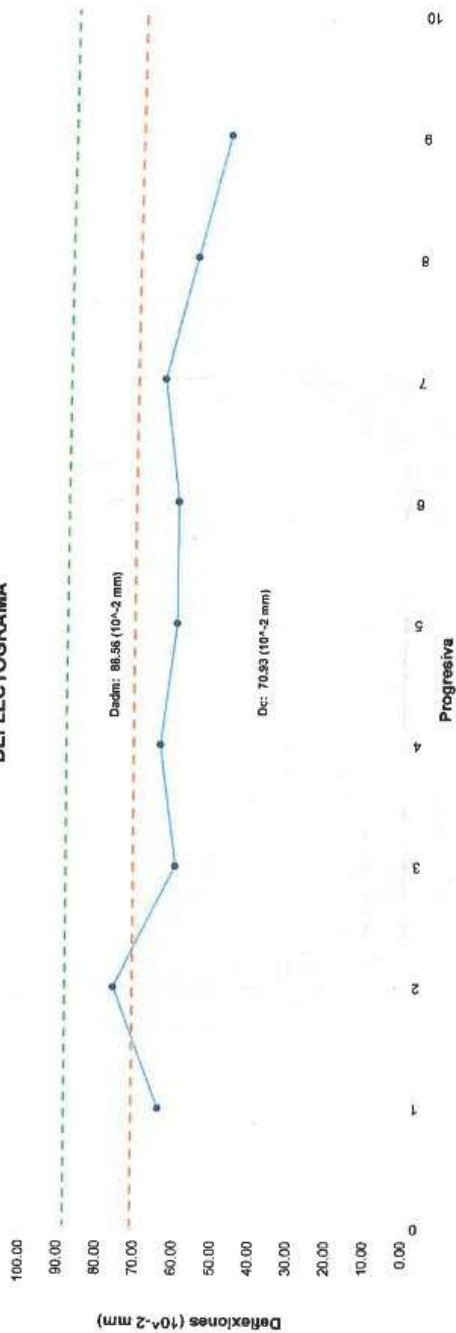


DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
 (Edif. 2da. planta) frente al parque Pizarro Av. Alvarado 1000, sector Av. Ecuador - Ica
 I-E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V. S.A.C.
 RUC : 20606529229

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375993

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002)	
TÍTULO	* Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con instrumentos superficiales con PEN 6070 y emisión catódica (pp CSS-IP)*
ACTIVIDAD	Medición de deformaciones
TIPO DE PAVIMENTO	(Carretera asfáltica)
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN	8.2 TN
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	80 PSI
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	Viga Benkelman (deflectómetro marca Sabar)
TEMPERATURA	18.8° C
FECHA	Diciembre 2021
SOLICITADO POR	Licenciado Fernando Giovanni
MUESTRA	Emitador CSS-IP

DEFLECTOGRAMA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCION : Pj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Ensayo del círculo de arena

 **GEO TEST V S.A.C.**
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Cálculo, de Arreglo a Normativas y Especificaciones Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puza Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotestv@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



ENSAYO DE CIRCULO DE ARENA

(MTC E 1005 - ASTM E 863)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TITULO: * Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P.*

TESISTA: Lineras Zornila Renato Giovanni

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Tratamiento Superficial

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre - 2021

MUESTRA: Emulsión CSS-1P

PTO DE ENSAYO	LADO	PROG	LECTURAS DEL ENSAYO (mm)					PROMEDIO	VOLUMEN DE ARENA (mm ³)	MDT (mm)
			N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5			
1	DERECHO	0+000	168	169	171	172	169	25000	1.10	
2	IZQUIERDO	0+100	169	172	173	172	170	25000	1.09	
3	CENTRO	0+200	168	165	164	163	162	25000	1.16	
4	IZQUIERDO	0+300	172	171	170	169	166	25000	1.10	
5	DERECHO	0+400	170	168	172	169	168	25000	1.11	
									1.12	

OBSERVACIONES:



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

(Handwritten signature)

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCION : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotestv@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ENSAYO DE CIRCULO DE ARENA

(MTC E 1005 - ASTM E985)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TITULO: * Análisis comparativo de la capacidad estructural de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales con PEN 60/70 y emulsión catiónica tipo CSS-1P.*

TESISTA: Linares Zornile Renato Giovanni

CANTERA: Píllcomayo

MATERIAL: Tratamiento Superficial

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre - 2021

MUESTRA: PEN 60/70

PTO DE ENSAYO	LADO	PROG	LECTURAS DEL ENSAYO (mm)					PROMEDIO	VOLUMEN DE ARENA (mm ³)	MDT (mm)
			N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5			
1	DERECHO	0+000	175	176	171	172	168	495.6	25000	0.13
2	IZQUIERDO	0+100	170	173	173	172	171	171.8	25000	1.08
3	CENTRO	0+200	169	165	164	163	162	164.6	25000	1.17
4	IZQUIERDO	0+300	171	170	168	167	168	168.8	25000	1.12
5	DERECHO	0+400	171	168	173	171	168	170.4	25000	1.10
										0.92

OBSERVACIONES:



GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Verificación Normativas y Especificas, Pruebas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.