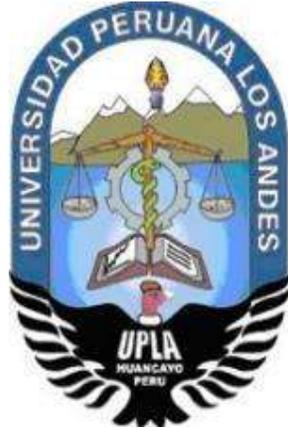


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA
FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,
HUANCAYO-2020.**

Presentado por:

Bach. CALSÍN YACHI, LUIS FERNANDO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ASESOR

Ms. C. ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA

DEDICATORIA

A mis padres por darme las armas necesarias y el apoyo constante para llegar a ser la persona que soy, estoy en deuda con ustedes y mi familia por su incondicional apoyo.

A los ingenieros quienes me brindaron su apoyo a desarrollar y concluir la presente tesis.

Luis Fernando Calsin Yachi

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento:

Principalmente agradecer a mis padres y familiares por brindarme la oportunidad y el apoyo incondicional para obtener el título de Ingeniero Civil.

Al Ingeniero Julio Fredy Porras Mayta, asesor de esta tesis, por haberme guiado durante el proceso de mi investigación el cual ha sido difícil, gracias a su apoyo y motivación.

A los catedráticos de la Universidad Peruana los Andes, en especial a los que conforman la Facultad de Ingeniería, por acogernos y formarnos como buenos profesionales, a los maestros y doctores de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas impartidas en las aulas de clase, al equipo técnico del laboratorio GEO TEST V. por su apoyo continuo aportando sus años de experiencia y criterio para resolver las dudas que teníamos en el camino durante todo el desarrollo experimental de nuestro trabajo de investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil
Jurado

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte
Jurado

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
INDICE	7
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE ILUSTRACIONES	11
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos:.....	19
1.3. Justificación de la investigación	19
1.3.1. Justificación práctica.....	19
1.3.2. Justificación metodológica	19
1.4. Delimitación	20
1.4.1. Espacial.....	20
1.4.2. Temporal	20
1.4.3. Económica.....	20
1.5. Limitaciones	20
1.5.1. Limitación por el covid-19	20
1.6. Objetivos de la investigación	20
1.6.1. Objetivo general.....	20
1.6.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.1.1. Antecedentes nacionales	22
2.1.2. Antecedentes internacionales	24

2.2. Marco conceptual	25
2.2.1. Análisis de pavimentos flexibles.	25
2.2.2. Descripción y diseño de pavimentos flexibles	33
2.2.3. Valor del Número Estructural (SN).....	41
2.3. Definiciones de términos	53
2.4. Hipótesis.....	54
2.4.1 Hipótesis general	54
2.4.2 Hipótesis específica	54
2.5. Variables.....	55
2.5.1. Definición conceptual de las Variables.....	55
2.5.2. Definición operacional de la Variable	55
2.5.3. Operacionalización de variables	55
CAPÍTULO III.....	57
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.1. Método de investigación	57
3.2. Tipo de investigación	57
3.3. Nivel de la investigación	57
3.4. Diseño de investigación.....	58
3.5. Población y muestra.....	58
3.5.1. Población.....	58
3.5.2. Muestra.....	58
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.6.1. Técnicas	59
3.6.2. Instrumentos.....	60
3.7. Procesamiento de la información.....	60
CAPÍTULO IV.....	61
RESULTADOS.....	61
4.1. Agregados de Mezcla Asfáltica	61
4.1.1. Grava de 3/8" para pavimentos.....	61
4.1.2. Grava de 1/2" para pavimentos.....	62
4.1.3. Arena Chancada para pavimentos	63
4.1.5. Filler para pavimentos	66
4.2. Combinacion Teórica de los Agregados	67
4.3. Combinacion Real de los Agregados.....	68

4.2. Calidad de Agregado Combinado de Mezcla Asfáltica.....	70
4.2.1. Agregado Fino	70
4.2.2. Agregado Grueso	70
4.3. Diseño de pavimento.....	71
4.3.1. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.0%.....	72
4.3.2. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.5%.....	72
4.3.3. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.0%.....	73
4.3.4. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.5%.....	73
4.3.5. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 7.0%.....	74
4.3.6. Contenido Optimo de Asfalto	74
4.4. Deflexiones con la Viga Benkelman.....	78
4.4.1. Deflexion Caracteristica	79
CAPÍTULO V.....	81
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	81
5.1. Discusión de resultados con antecedentes	81
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	89
Anexo N° 1: Matriz de consistencia	90
Método de investigación	91
Anexo N° 2: Certificados de ensayos	93
Anexo N°3: Panel de fotografía.....	126
Anexo N°4: Prueba de tramo	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor relativo de soporte para diferentes clases de carreteras o para diferentes niveles de tráfico.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: Valor relativo de soporte CBR Mínimo para una subbase .	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3: CBR y Mr según el tipo de suelo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4: Valores de la desviación estándar normal, ZR, correspondientes a los niveles de confiabilidad, R.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5: Niveles sugeridos de confiabilidad de acuerdo a la clasificación funcional del camino.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 3/8”	61
Tabla 7: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 1/2”	63 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Chancada.	64 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Natural.	65
Tabla 10: Analisis Granulometrico por Tamizado del Filler” . .	66 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.0%	¡Error! Marcador no definido. 70
Tabla 12: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.5%	71 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.0%	72
Tabla 14: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.5%	72 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 7.0%	73 ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16: Caracteristicas del Diseño Marshall, contenido optimo de asfalto de 6.2%	73
Tabla 1: Caracteristicas resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 7.0%	74
Tabla 2: Caracteristicas del Diseño Marshall, contenido optimo de asfalto de 6.1%	78

Tabla 3: Analisis de deflexión del pavimento..... 78

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 3/8".	62
Ilustración 2: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 1/2".	63
Ilustración 3: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Chancada.....	64
Ilustración 4: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Natural.	66
Ilustración 5: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Filler.	67
Ilustración 6: Combinacion de Agregados.....	67
Ilustración 7: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.....	68
Ilustración 8: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.....	69
Ilustración 9: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.....	69
Ilustración 10: Curva de Peso Unitario vs % Contenido de Asfalto.	75
Ilustración 11: Curva de % Vacios vs % Contenido de Asfalto.....	75
Ilustración 12: Curva de % de V.M.A vs % Contenido de Asfalto.....	76
Ilustración 13: Curva de % vacios llenos con C.A. vs % contenido de asfalto.	76
Ilustración 14: Curva de % de flujo vs % contenido de asfalto.	77
Ilustración 15: Curva de % de estabilidad vs % contenido de asfalto.....	77
Ilustración 16: Deflectograma del Pavimento.	80
.....	128

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 y Fotografía 2	127
Muestreo de agregado grueso para concreto (piedra chancada).....	127
Fotografía 3 y Fotografía 4	127
Ensayo de Absorción de los agregados de acuerdo a la MTC E205	127
Fotografía 5 y Fotografía 6	128
Ensayo de gravedad específica del agregado fino de acuerdo a la MTC E205.	128
Fotografía 7 Ensayo Equivalente de Arena según la NTP 339.146	128
Fotografía 8 y Fotografía 9	128
Realización del ensayo para Límites según la NTP 339.129	128
Fotografía 10 y Fotografía 11	129
Fotografía 12 y Fotografía 13	129
Realización de Ensayo de Abrasion los Ángeles	129
Fotografía 14 Del Ensayo Equivalente de Arena	130
Fotografía 15 y Fotografía 16	130
Fotografía 17	130
Ensayo de Marshall con proporciones de 5%,6%,6.5% y 7%.....	130
Fotografía 18 y Fotografía 19	132
Fotografía 20	132
Fotografía 21	132
Fotografía 22 y Fotografía 23	133
Fotografía 24 y Fotografía 25	133
Fotografía 26	134
Fotografía 27	134
Fotografía 28	135

RESUMEN

Esta tesis abordó como problema general: ¿Cuál es la relación de las cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo 2020? el objetivo general de la investigación fue: Evaluar la relación de cargas vehiculares en la formación de deflexiones en la estructura del pavimento flexible, Huancayo-2020. Y la hipótesis general: La relación de las cargas vehiculares con los cuencos de deflexión es proporcional a la magnitud de la fuerza que presiona en la estructura del pavimento flexible, Huancayo - 2021.

El método de la investigación fue el científico, tipo Aplicado, nivel experimental de diseño de investigación Correlacional – Causal. El producto de la Investigación conduce que en la ciudad de Huancayo viene aconteciendo el incremento acelerado del parque automotor, que origina daño prematuro a los pavimentos flexibles de las vías urbanas, ocasionando un malestar en la población.

Teniendo como tema de estudio relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos en la estructura de pavimentos flexibles.

PALABRAS CLAVES: Pavimento flexible, Cuencos de deflexión, Cargas vehiculares.

ABSTRACT

This thesis is addressed as a general problem: What is the relationship of vehicular loads in the formation of deflection bowls in the flexible pavement structure, Huancayo 2020? The general objective of the research was: the relationship of vehicular loads in the formation of deflection bowls in the flexible pavement structure, Huancayo-2020. And the general hypothesis: The relationship of the vehicular loads with the deflection bowls is proportional to the magnitude of the force that presses on the flexible pavement structure, Huancayo-2021.

The research method was the scientific, Applied type, experimental level of research design Correlational - Causal. The result of the Investigation shows that the city of Huancayo has been experiencing an accelerated increase in the number of vehicles, which causes premature damage to the flexible pavements of urban roads, causing discomfort in the population.

Taking as a subject of study the relationship of vehicular loads in the formation of bowls in the structure of flexible pavements.

KEY WORDS: Flexible pavement, Deflection bowls, Vehicular loads.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo – 2020, se elaboró con la finalidad de obtener el título profesional en ingeniería civil, según las normas vigentes emanadas por la Universidad Peruana los Andes

Al respecto la tesis tiene como finalidad determinar la relación de carga vehicular en las deflexiones de la estructura de un pavimento flexible, a través de un análisis técnico y con el modelamiento estructural se puede determinar relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura de pavimento flexible, el cual fue desarrollado en cinco capítulos y desarrollados de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo se plantea la problemática de la investigación, planteando un problema general y problemas específicos, objetivo general y tres objetivos específicos, con una justificación en el ámbito práctico, científico y metodológico, las delimitaciones y las limitaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta antecedentes internacionales y antecedentes nacionales los cuales son acorde a las variables de la investigación, bases conceptuales referentes a la investigación, la hipótesis y la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo detalla la metodología empleada, el tipo de investigación, el nivel de la investigación, diseño de la investigación, detallando la población, la muestra y el desarrollo metodológico de la investigación donde detalla la ubicación y sus coordenadas.

EL CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detalla los resultados, el análisis de resultados, prueba de hipótesis y discusión de resultados obtenidos de cómo se relaciona las cargas vehiculares para la formación de cuencos de deflexión en la estructura de un pavimento flexible.

EL CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se da a conocer la discusión de resultados con otras investigaciones, realizando un intercambio de valores para la relación de cargas vehiculares cuando se forman cuencos de deflexión en los pavimentos flexibles.

Bach. Calsin Yachi, Luis Fernando

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El envejecimiento prematuro de los pavimentos flexibles, es un problema muy recurrente con lo que tiene que lidiar la población, como bien se sabe esta situación eleva costos de puesta de servicio y mantenimiento sea periódicos o rutinarios, de la misma forma se ven afectados los tiempos de viaje que suelen retrasarse más de lo adecuado y el deterioro de las llantas de los vehículos; por ende, la sociedad ingenieril a cargo de obras viales asume tal responsabilidad con el fin de brindar una solución, se considera un factor importante la evaluación del paquete estructural de pavimentos flexibles, la cual en países de EE.UU., Canadá, México y gran parte de Sudamérica tales como Colombia, Chile, Argentina, Brasil y Perú, suelen ejecutarse con equipos deflectométricos como la Viga Benkelman, curvímetros, Deflectógrafo de Lacroix, incluso equipos de mayor precisión como son los deflectómetros de impacto (FWD).

Los cuales surgen para desarrollar distintas teorías e investigaciones para poder proyectarse ante las diferentes respuestas de las deflexiones, esfuerzos y deformaciones en los pavimentos flexibles, ya sea a causa de las sobrecargas vehiculares, la débil capacidad de soporte, materiales que no cumplen con los requerimientos de calidad en las capas del pavimento, factores climáticos y otros.

En nuestro País hay pocas investigaciones sobre las deflexiones de la carpeta estructural del pavimento flexible es así que en la presente investigación se presenta una metodología para dar una propuesta de solución a los problemas presentados en la estructura del pavimento, para determinar espesores de refuerzos a capas estructurales a partir de los distintos esfuerzos solicitados.

Asimismo, existen metodologías de proyectos de rehabilitación y construcción de pavimentos, donde se recalca la importancia de la puesta de servicio y mantenimiento de los pavimentos ya construidos y por construir, ya que es su mayoría las carreteras existentes en nuestro Perú y región Junín se construyeron mediante métodos basados en la práctica, por ello se ve la necesidad de evaluar dichas estructuras, mediante métodos racionales que están representados en programas que nos ayudan a simular las deflexiones de los pavimentos con respecto a la aplicación de cargas, a través de estos procedimientos establecemos ecuaciones para evaluar diferentes condiciones a las que está expuesta un pavimento.

Por otro lado, hoy en día en la ciudad de Huancayo se observa en su mayoría calles y vías de pavimento flexible en estados de deterioro sin haber cumplido su tiempo de diseño, esta situación es muy alarmante, porque se evidencian fallas y deterioros estructurales, por esta razón la comunidad ingenieril con respecto a la construcción y consultoría, se ven en la labor de establecer métodos tradicionales y criterios empíricos, para establecer los diseños en cuanto a las situaciones a las que se expondrá el pavimento.

Por tal razón en este presente trabajo de investigación se busca analizar la relación entre las cargas vehiculares y los cuencos de deflexión en la estructura de los pavimentos flexibles de la ciudad de Huancayo, con el propósito de aportar con un modelo matemático lineal múltiple, que establezca de manera confiable las variables mencionadas, estableciendo así una nueva herramienta para la comunidad ingenieril en los diferentes proyectos como diseño, construcción y rehabilitación de obras viales así como los pavimentos flexible en la Ciudad de Huancayo.

En el marco aplicativo y normativo, el presente autor de la tesis de investigación aborda las variables: CARGAS VEHICULARES, CUENCOS DE DEFLEXIÓN Y ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, que al

operacionalizar y correlacionar respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la ingeniería Civil las cuales serán un aporte para la provincia de Huancayo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación de las cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo 2020?

1.2.2. Problemas específicos:

- a) ¿Cuál es el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en caliente para la estructura del pavimento flexible?
- b) ¿Cuál es la influencia entre las cargas vehiculares y la deflexión característica en la estructura del pavimento flexible?
- c) ¿En qué medida la aplicación de cargas vehiculares formara a los cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

La justificación de la investigación recae en proponer una alternativa de solución al realizar el modelamiento estructural del cuenco de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo - 2020.

1.3.2. Justificación metodológica

El presente trabajo de investigación está basado en el método científico, método básico experimental y el tipo de investigación es aplicativo por lo que se propone una metodología para la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, se logra un nuevo diseño para los pavimentos flexibles cumpliéndose con las normas técnicas para un pavimento. Obteniéndose los resultados óptimos en la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos. Se hará uso de tablas, metodologías propias para tomar datos de campo.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

El desarrollo de esta investigación se realizó en el laboratorio de suelos, concreto y pavimento GEO TEST V. S.A.C, RUC. 20606529229, Chilca, en el distrito de Chilca en la provincia de Huancayo del departamento de Junín.

1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló durante los meses de noviembre del 2020 y marzo del 2021.

1.4.3. Económica

Los costos presentados en esta investigación fueron asumidos en su totalidad por el investigador.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación por el covid-19

En la presente investigación se tuvo demoras y contratiempos, debido a la coyuntura de la pandemia por la Covid-19 y la restricción social y toques de queda, para la adquisición de materiales y la ejecución de los ensayos de laboratorio.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo-2020.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Calcular el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en laboratorio para la investigación de la estructura del pavimento flexible.
- b) Identificar la influencia entre las cargas vehiculares y la deflexión característica que presenta la estructura del pavimento flexible.
- c) Definir el valor máximo de deflexión de los cuencos de deflexión al aplicar la carga vehicular en la estructura del pavimento flexible

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

- a) (Marin Vasquez, 2015) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Evaluación del comportamiento estructural de pavimento flexible a través del tiempo, utilizando el deflectómetro de impacto (HWD)”, el cual fija como **objetivo general:** Calcular la respuesta estructural en base a un determinado periodo con condiciones reales, para ello se va a realizar un análisis a través del recalculo y la estadística, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como **resultado:** Mediante ELMOD6 utilizando los datos como deformaciones, variaciones de temperatura y espesores de las capas de la carpeta estructural del pavimento y por el método del recalculo halla en valor de Módulo Resiliente (Mr.), Módulo Equivalente (Ep) y Número Estructural Efectivo (Snef) del pavimento, y finalmente **concluyó:** Teniendo los resultados de deformaciones recolectados en los distintos periodos como 2012, 2013, 2014 y 2015, a través del recalculo, realizando cuadros estadísticos y cuadros de resúmenes comparativos de

respuesta estructural a las que ha estado expuesta la carretera en estudio.

- b) (Campos Requejo, 2018) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Evaluación superficial aplicando Metodología PCI del Pavimento Flexible de la carretera Bagua-Alenya, Provincia Bagua, Amazonas 2018”, el cual indica como **objetivo general:** Calcular el análisis de la capa exterior del pavimento flexible de la carretera Bagua - Alenya, Provincia Bagua con el método PCI, empleando la **metodología:** El presente proyecto fue realizado desde un enfoque cuantitativo, siendo la investigación de tipo experimental, obteniendo como **resultado:** El análisis PCI se obtuvo un índice 43.70 por lo cual se considera factible dar solución a las fallas que existen en el pavimento, y finalmente **concluyo:** En cuanto a las fallas encontradas en la carretera Bagua – Alenya se recomienda realizarla verificación y análisis a exposiciones ambientales, siendo estos parámetros muy necesarios que se relacionan con el desempeño de la estructura, con el fin de dar solución anticipada para poder disminuir o controlar deterioros en la vía.
- c) (Fernandez Ruiz, 2020) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsa, Tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, Mediante el Análisis Deflectómetro”, el cual fija como **objetivo general:** Evaluar la respuesta de la estructura del pavimento flexible de la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas tramo del km 20+000 al km 25+000, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como **resultado:** Se obtuvo las deformaciones del pavimento flexible mediante el ensayo de la viga Benkelman; teniendo una deflexión promedio de 49.03×10^{-2} mm, y finalmente **concluyo:** Con la respuesta estructural del pavimento flexible de la carretera, e encuentra dentro de los parámetros permisibles, ya que la deflexión significativa (67×10^{-2} mm) es mínima con respecto a las deflexiones admisible (71×10^{-2} mm) y la deflexión crítica (85×10^{-2} mm); cumpliendo con el radio mínimo de 100 m, siendo mayor en un 91.1 %.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- a) (Cruz Rubio & Ocaña Ortiz, 2019) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD”, el cual fija como **objetivo general:** Ejecutar el análisis de las deformaciones estructurales de forma comparativa de pavimentos flexibles, en cuanto a los agregados de la base, sub base y RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado:** El desempeño de los pavimentos a base de materiales granulares PGr1, PGr2, PGr3, PG1 y PG2, indican una situación alarmante, presentando las deflexiones en el centro, valores por encima de 500 μm , esta situación nos da indicios que la subrasante recibe cargas mayores a su capacidad de soporte, lo cual provocaría el apareamiento de fallas, y finalmente **concluyo:** De lo expuesto sobre el uso de materiales reciclados RAP reforzados, se pudo comprobar que los pavimentos construidos con este material presentan mejor resistencia en comparación con los pavimentos construidos con materiales convencionales.
- b) (Gómez Maldonado, 2015) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Criterios de optimización del diseño de sobre carpetas asfálticas para Bogotá, basados en ensayos no destructivos”, el cual fija como **objetivo general:** Describir los diferentes tipos de deflexiones con referencia a distintos estados de esfuerzos estructurales, así se obtiene un conjunto de propuestas en base a un diseño optimo de espesor de la sobrecapa, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado:** Para valores superiores a 80 MPa en la subrasante se determinó significativas variaciones en las deflexiones estructurales, y finalmente **concluyo:** Con respecto a los parámetros geométricos del cuenco de deflexión que se identificaron, están en

relación a las propiedades mecánicas de la estructura del pavimento. Siendo los parámetros SCI, BDI y BCI.

- c) (Méndez, 2014) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Generación de Deformaciones Permanentes en estructuras de Pavimentos Flexibles por circulación de vehículos Extra-Pesados en la Vía Concesionada Girardot - Ibagué – Cajamarca”, el cual fija como **objetivo general:** Formular una metodología para determinar la generación de deformaciones permanentes en estructuras de pavimento flexible por circulación de vehículos extra-pesados en vías concesionadas, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado:** Que el tramo de Vías en Doble Calzada el esfuerzo admisible a compresión $\varepsilon_2 = 1.61 \text{ kg/m}^2$ lo que corresponde a vehículos con cargas mayores a 25 Ton/Eje, por lo que se determina este como el umbral de circulación segura para esta estructura, y finalmente **concluyo:** Mencionando que no se contaba con recibir información deflectométrica del tramo sin embargo su inclusión en el análisis permitió analizar el comportamiento de las estructuras analizadas, mediante metodología mecanicista.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Análisis de pavimentos flexibles.

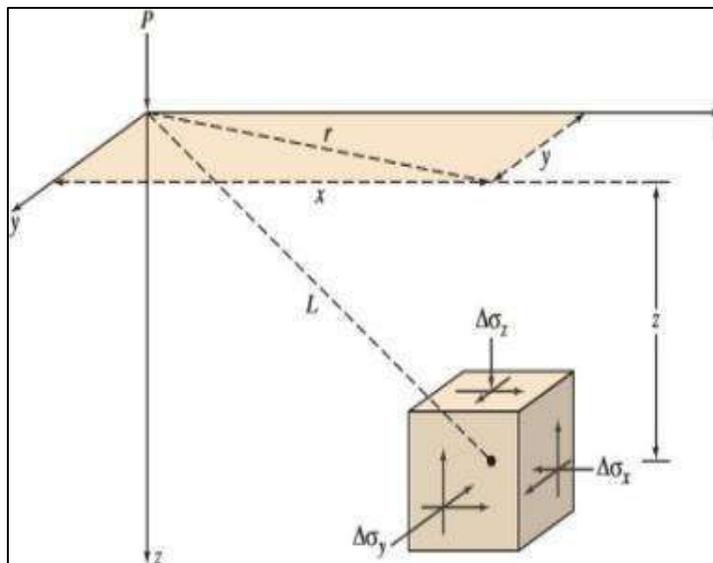
El análisis de los pavimentos flexibles consiste en calcular esfuerzos y deformaciones por tensión en: la superficie de la carpeta asfáltica donde se tendrán esfuerzos de compresión máximos, la parte inferior de la carpeta asfáltica donde se tiene esfuerzos de tracción y deformaciones críticas, en el interior de la base granular que no se produzcan tensiones y que en la parte superior de la subrasante no se produzca compresión porque ocasionan deformaciones verticales.

2.2.1.1. Masa de suelo homogéneo.

Para poder caracterizar de forma sencilla el comportamiento de un pavimento bajo cargas de rueda, se toma a las diferentes capas del pavimento como una masa homogénea que presenta las mismas propiedades a lo largo de todos sus ejes, lo cual permite tener un área infinita con un plano superior sobre el cual soporta cargas.

Según (Boussinesq, 1885), nos da a conocer, desde un enfoque mecanístico una metodología de cálculo para obtener incrementos de esfuerzos en una masa semi-infinita de un suelo independientemente de profundidad con la ayuda de la aplicación de una carga puntual en su superficie, para desarrollar la distribución de esfuerzos considero al suelo como un medio continuo, semi-infinito, homogéneo, de material isótropo, elástico-lineal.

Figura 1: Esfuerzos en una masa de suelo homogéneo, elástico e isotrópico



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das.

Para determinar el esfuerzo horizontal en "X", Eq.1.0, esfuerzo horizontal en "Y", Eq. 2.0, y esfuerzo vertical en "Z", Eq. 3.0 se muestran a continuación las expresiones matemáticas.

$$\Delta\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3x^2z}{L^5} - (1 - 2\mu_s) \left[\frac{x^2 - y^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{y^2z}{L^3r^2} \right] \right\} \dots\dots\dots 1.0$$

$$\Delta\sigma_y = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3y^2z}{L^5} - (1 - 2\mu_s) \left[\frac{y^2 - x^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{x^2z}{L^3r^2} \right] \right\} \dots\dots\dots 2.0$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{3Pz^3}{2\pi L^5} = \frac{3Pz^3}{2\pi(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \dots\dots\dots 3.0$$

Donde:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$L = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

μ_s = Coeficiente de Poisson

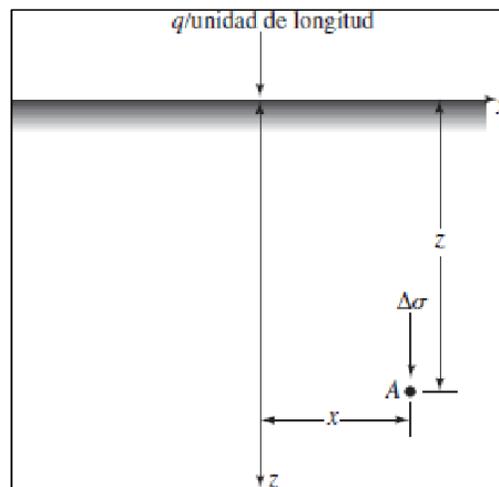
a) Esfuerzo debido a una carga lineal

En la figura 2 observamos que una carga lineal elástica tiene una longitud ilimitada, y en la cara superior de la masa de suelo se consideró un trabajo unitario "q" esto nos da a conocer (Das, 2015).

Como ya nos mencionaron en los párrafos de arriba el cambio de los esfuerzos verticales se obtiene usando la teoría de elasticidad y masa homogénea por las que se desarrollo la Eq. 4.0.

$$\Delta\sigma = \frac{2qz^3}{(x^2+z^2)^2} \dots\dots\dots 4.0$$

Figura 2: Carga lineal sobre una masa de suelo

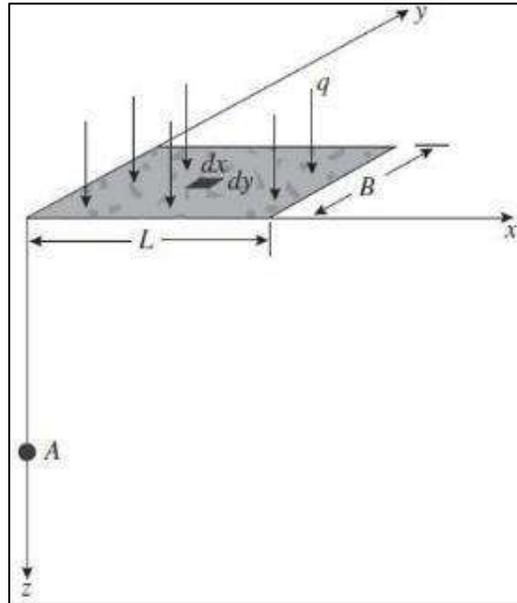


Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das.

b) Esfuerzos debidos a una carga rectangular

(Boussinesq, 1885), nos brinda una alternativa para hallar el aumento de los esfuerzos verticales en una masa de terreno ocasionados por una carga no variable y rectangular trabajada en el area del suelo. Figura 3.

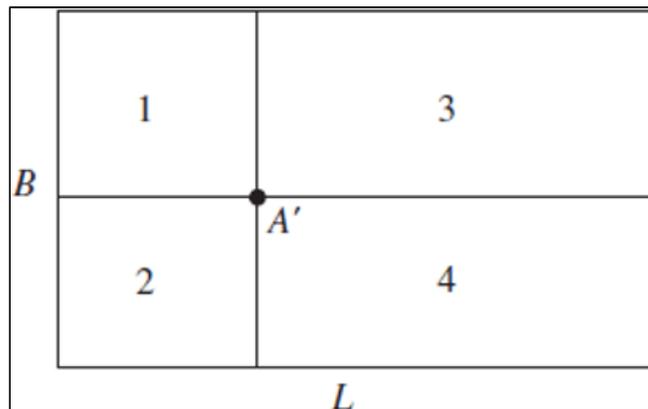
Figura 3: Esfuerzo vertical bajo una carga rectangular aplicado sobre la superficie de una masa de suelo.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Carga M. Das

Nos brinda una expresión para evaluar la variación del esfuerzo vertical en la masa uniforme de suelo por debajo del área de profundidad y lo podemos observar en la Figura 4. (Aranda Palma, 2020, pág. 16)

Figura 4: Esfuerzo vertical en cualquier punto bajo el área rectangular.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería – Braja M. Das

$$\Delta\sigma = \int_{y=0}^B \int_{x=0}^L \frac{3qz^2}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} (dx dy) \dots\dots\dots 5.0$$

Luego se obtiene la fórmula para calcular el esfuerzo vertical en cualquier punto por debajo del área rectangular y lo podemos observar en la Ec. 6.0.

$$\Delta\sigma = qI_3 \dots\dots\dots 6.0$$

Para la obtención I_3 se puede hacer uso de la siguiente Ec.

$$I_3 = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2m'n'\sqrt{m'^2 + n'^2 + 1}}{m'^2 + n'^2 + m'^2n'^2 + 1} \left(\frac{m'^2 + n'^2 + 2}{m'^2 + n'^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2m'n'\sqrt{m'^2 + n'^2 + 1}}{m'^2 + n'^2 - m'^2n'^2 + 1} \right) \right]$$

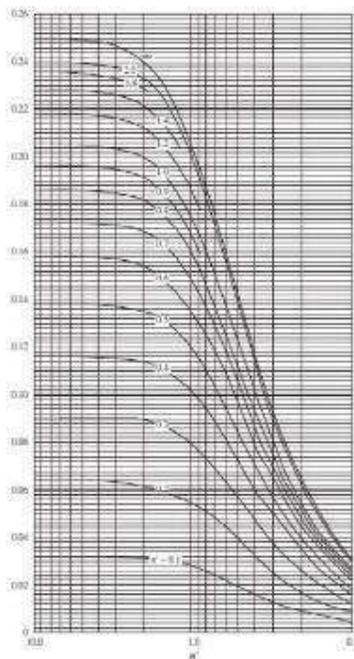
Donde:

$$m = \frac{B}{z}$$

$$n = \frac{L}{z}$$

Hay otra metodología para obtener I_3 que es usando la Figura 5 el cual también depende de m y n .

Figura 5: Variación de I_3 vs m' y n'



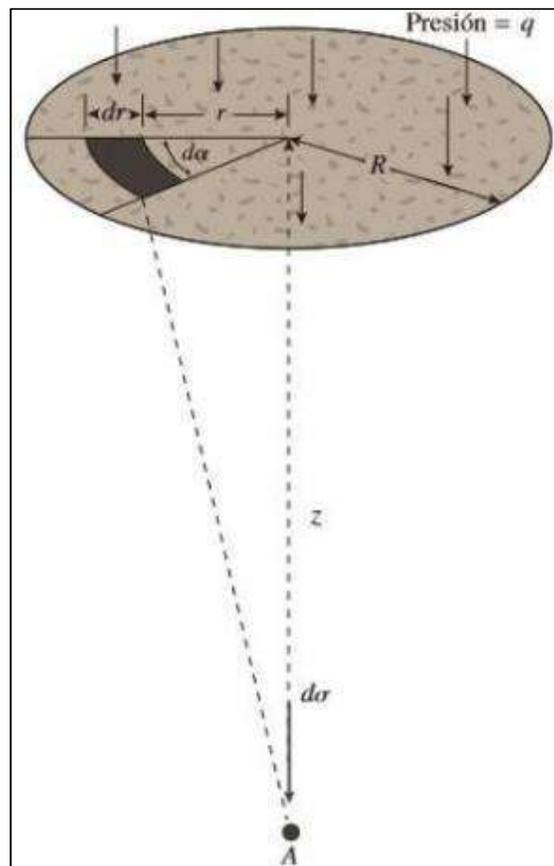
Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das

c) Esfuerzos debidos a una carga circular

Es una característica muy importante en la investigación realizada, ya que determinamos los esfuerzos verticales bajo carga circular ya que la carga vehicular que es distribuida en un área circular, y es fundamental para desarrollar las formulaciones. (Aranda Palma, 2020, pág. 19)

Es posible hallar el trabajo vertical bajo el centro de la carga circular, en este caso la masa de suelo cuyos aspectos son idealizadas para fines de análisis. Figura 6

Figura 6: Esfuerzo vertical en una masa de suelo homogéneo, elástico e isótropo bajo una carga circular.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das

Para hallar el esfuerzo vertical bajo el, centro de gravedad de una carga dividida por igual en el área circular, es acoplada luego de integrar la expresión matemática para hallar el trabajo vertical en una masa de suelo bajo una carga muy puntual. (Ver Ec. 7.0)

$$\Delta\sigma = q \left\{ 1 - \frac{1}{\left[\left(\frac{R}{Z} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{3}{2}}} \right\} \dots\dots\dots 7.0$$

Donde:

$\Delta\sigma$ = Esfuerzo vertical bajo el centro del área circular

R = Radio de la carga circular

Z = Profundidad

q = Presión uniforme sobre un área circular

La consideración de la carga patrón de diseño 8.2 toneladas, y su área circular que proyecta la rueda del vehículo patrón del 10.8 cm, presión uniforme de 5.59 kg/cm² para una sola rueda sobre el area de suelo.

2.2.1.2. Solución por acabados

Nos afirma (Huang, 2004), que Foster y Ahlvin presentaron en 1954, una solución, por medio de ábacos, para trabajar el esfuerzo vertical, esfuerzo tangencial y esfuerzo radial, también mencionaríamos los esfuerzos de corte y la deflexión vertical bajo una carga uniforme distribuida en el área circular, Foster y Ahlvin desearon que el módulo de Poisson tiene un efecto parcialmente bajo en los esfuerzos y deflexiones por ello examinaron el suelo como un sistema incompresible. (Aranda Palma, 2020, pág. 21)

a. Solución en el eje de simetría de una circular

Nos menciona (Huang, 2004), que los trabajos, esfuerzos y deflexiones superiores nos da en el eje simétrico por debajo de una carga uniforme distribuida en un área radial, es similar al esfuerzo tangencial y esto es la deformación principal, el esfuerzo cortante es cero.

b. Masa de suelo no lineales

Boussinesq nos da soluciones y lo menciona en las líneas de arriba y asumen que la masa de suelo es un material homogéneo que quiere decir que es elástico, isotrópico y homogéneo en cualquier dirección, por otro lado actualmente los suelos no son considerados elásticos y a la vez sufren fallas y entre estas están las deformaciones duraderas. (Aranda Palma, 2020, pág. 21)

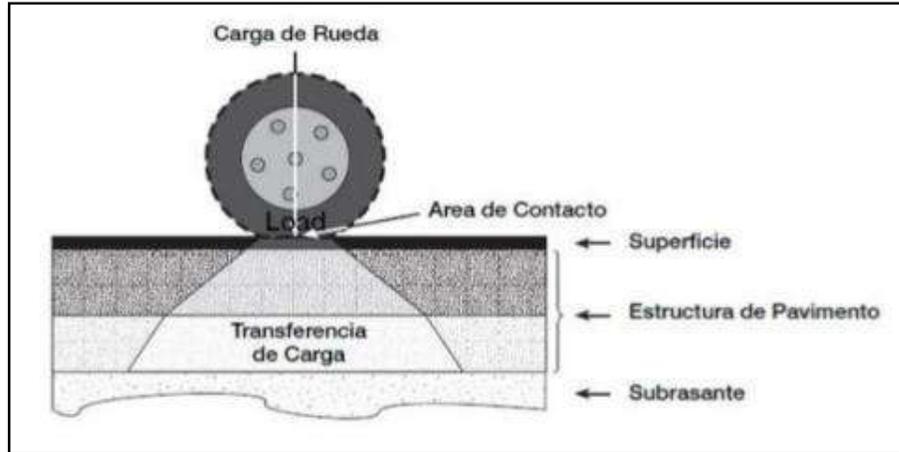
2.2.2. Descripción y diseño de pavimentos flexibles

2.2.2.1. Pavimento flexible

Nos mencionan que un pavimento flexible es una estructura que esta constituida por una capa bituminosa sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase; que trabajan en conjunto deflectandose o flexionandose dependiendo de las cargas que reciben, la transmisión de cargas en cada una de las capas se produce en orden descendente en cuanto a soportar cargas, siendo la capa inferior la que recibe menos carga. (Aranda Palma, 2020, pág. 30)

Podemos ver en la figura 7 como una estructura soporta las cargas de tráfico directamente y luego los transmite de forma gradual a cada una de las capas inferiores.

Figura 7: Transferencia de cargas de rueda en un pavimento flexible.



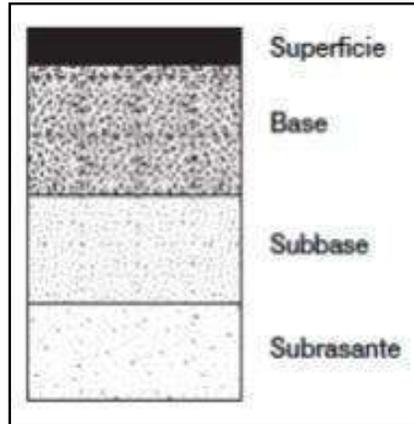
Fuente: Manual de Reciclado en frío – Wirtgen

(Wirtgen, 2004), nos menciona que la carga aplicada en este caso por tráfico, se da sobre el exterior del pavimento se aclara en toda la estructura, dividiéndose en una mayor area, esto ocasiona que en capas exteriores respondan mejor ante las sollicitaciones de deformaciones y también las tensiones.

2.2.2.2. Estructura de un pavimento flexible

(Fonseca, 2010), menciona que un pavimento flexible se compone por una superficie de rodadura de material bituminoso, una subbase y una base granular, y en la Figura 8 podemos observar una estructura convencional de un pavimento flexible y la colocación de las estructuras que la constituyen.

Figura 8 : Estructura de forma convencional de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Reciclado en frío – Wirtgen

En la parte inferior de la estructura del pavimento es imprescindible una capa de subrasante que sus propósitos son muy importantes para la conservación del pavimento, y nos lo describen a continuación. (Aranda Palma, 2020, pág. 31)

a. Carpeta asfáltica

Está conformado por agregados preparados bajo un estricto control de calidad mezclado con un asfáltico que envuelve los áridos a una temperatura adecuada los aportes son los siguientes: (Aranda Palma, 2020, pág. 31).

- Resistencia: esta carpeta debe resistir, recibe y transmite las cargas de tráfico evitando la abrasión de la misma debido a las ruedas vehiculares que producen desgaste en la superficie duradera.
- Superficie de Rodamiento: Compuesta por agregados, que proporciona una superficie homogénea regular mejorando el flujo vehicular en cuanto a velocidad.
- Impermeabilidad: Impide la infiltración de algún fluido en la superficie de rotura.

b. Capa Granular

Nos dan a conocer que SU, así poder resistir la carga del tráfico.

La resistencia del paquete estructural de los agregados que conforman parte de la base deberá cumplir las características con observaciones en la Tabla 1 esto depende del tipo de tráfico o clase de vía. (Aranda Palma, 2020, pág. 32).

Tabla 4: Valor relativo de soporte para distintas clases de carreteras o para variaciones de niveles de tráfico.

Clases de Carreteras o tráfico en ejes equivalentes	Valor Relativo de Soporte para 0,1'' de Penetración
Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de tráfico en Ejes Equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, o para Carreteras con Tráfico en Ejes Equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%

Fuente: Elaboración en referencia al Manual de carreteras, Suelas, Geología Geotecnia y Pavimento

c. Subbase granular

Está conformada por un material procesado y su procedencia natural debe cumplir la calidad establecido en el (MTC, 2013).

Los áridos candidatos de una subbase tienen características no son muy exigentes en cuanto a la resistencia estructural en comparación a la base.

En la tabla 2 nos muestra el valor relativo de soporte mínimo que debe cumplir el terreno candidato para que pueda ser colocado para una subbase. (Aranda Palma, 2020, pág. 32)

Tabla 5: Valor relativo de soporte CBR Mínimo para una subbase

Criterio para la Evaluación de la Resistencia Estructural	Valor Relativo de Soporte para 0,1" de Penetración
CBR en Subbase Granular	Mínimo 40%

Fuente: Elaboración de Aranda Palma, Andre Josep - en referencia a Manual de carretas, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

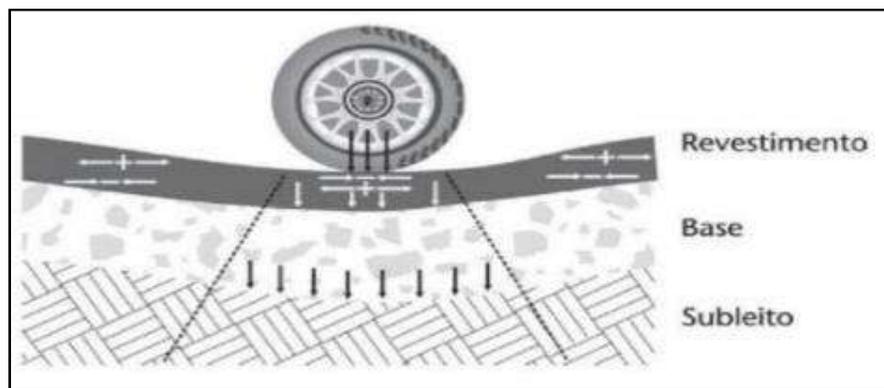
(Fonseca, 2010), nos menciona que la subbase granular tiene cuatro fines los cuales son:

- **Función Económica:** Hay precios en cuanto a la explotación y ~~precio~~ de los agregados y estos suelen ser económicos en cuanto al uso masivo de maquinarias pesadas y zarandas, por otro lado para la gradación en campo no se requiere grandes aplicaciones de energías ni que se realice de forma repetitiva, siendo el peso unitario compactado en de menor volumen.
- **Función de Transición:** La subbase como capa protectora evita que los materiales suspendidos entren en contacto con la base, evitando alterar la granulometría, y por tanto no afecta a la respuesta de transición.
- **Función de disminución de deformaciones:** La subbase tiene que dar respuesta para atenuar deformaciones en la capacidad de soportara cargas en la subrasante, las deformaciones se dan a consecuencia de variaciones contantes de temperatura.
- **Función de drenaje:** La subbase permite la transmisión adecuada de liquidos en el caso de filtraciones en las bermas o a través de la carpeta.
- **Función de resistencia:** La subbase cumple la función de soportar las cargas del tráfico ya que su estructura lo divide y traslada la intensidad apropiada a la subrasante.

2.2.2.3. Diseño por método empírico

Con este método permite evaluar de manera in situ como responde la estructura del pavimento al someterlo a carga de tráfico y que nos permite conocer los distintos tipos de fallas a los que esta expuesta la misma, en la figura 9 nos muestran los esfuerzos a los que está sometido la estructura del pavimento y como resisten las deformaciones. (ArandaPalma, 2020, pág. 34)

Figura 9: Esfuerzos en las capas del pavimento.



Fuente: Pavimentação Asfáltica “Materiais, projetos e restauração” - Balbo, José Tadeu

(Quintana & Lizcano, 2015), nos mencionan sobre el método empírico tiene una conexión con la reacción del pavimento en campo, obteniendo a través de métodos de observación y datos medibles con distintos tipos de esfuerzos ocasionados por los vehículos y las condiciones climáticas, solo se consideraron de los mecanismos de falla el exceso de deformación permanente y la pérdida de serviciabilidad por fatiga.

Con este método se pretende calcular la respuesta del paquete estructural del pavimento y manejar los tipos de degradación de la misma. (Aranda Palma, 2020, pág. 35)

2.2.2.4. Diseño por método AASHTO 1993 en un Pavimento Flexible

a. Generalidades

(Camacho Tauta, 2015) En la década de los 60, se desarrolló en los Estados Unidos el método de diseño AASHTO el cual en su origen se conoció como AASHO y se basó en pruebas en campo a gran escala por un periodo de 2 años teniendo en cuenta el estado de Illinois, que está conformado por suelos y climas similares, para poder plasmar mediante representaciones gráficas que indiquen la relación entre desgaste – deformación de las secciones a ser evaluadas.

Partiendo este metodo desarrollado en el año 1986 y posterior actualización en el año 1993 el método AASHTO introdujo conceptos mecánicos para lograr acondicionar algunos parámetros a las diferentes condiciones a las que predominan en el lugar original del ensayo.

Para el diseño de pavimentos flexibles, el método AASHTO-1993 se basa principalmente en conocer el “número estructural” (SN) para el paquete estructural, se refiere al soporte estructural de un pavimento en base al soporte del suelo (M_r), el tipo tráfico total (W_{18}), de la servicialidad final y de los factores del ambiente. Para determinar este factor importante, se tiene la siguiente formulación:

$$\log_{w_{18}} = Z_r * \frac{S_0 + 9.36(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)}}{1.5} + 2.32 \text{Log} Mr - 8.07$$

Donde:

W18 = número de veces que se aplican ejes simples equivalentes de 18 kip (80 kN) hasta el tiempo t en el cual se alcanza

ISP = pt

SN = número estructural

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal MR = módulo resiliente de la subrasante (libras/pg²)

So = desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.44-0.49)

ZR = parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.

(Camacho Tauta, 2015) Cuando el número estructural se haya determinado, se busca la combinación de espesores de manera adecuada teniendo en cuenta estándares estructurales y que las obras de arte soporten lo requerido con respecto al tipo de tránsito esperado durante el tiempo de servicio.

Este factor lo determina la siguiente expresión

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Donde:

a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de la capa asfáltica, base granular y sub base granular (in).

D1, D2, D3: Espesores de la capa asfáltica, base granular y sub base granular (in)

2.2.3. Valor del Número Estructural (SN)

a. Numero estructural efectivo

(García, 2016) La Guía AASHTO para diseño del paquete estructural en pavimentos se tiene tres alternativas para estimar el Número Estructural Efectivo (S_{Neff}) en pavimentos convencionales. Uno de ellos se llama “Non Destructive Test (NDT)” (Método no Destructivo) se basa en pruebas no destructivas interpretando distintas deflexiones. Se asume que el soporte estructural del pavimento depende del espesor y rigidez total. Esta dependencia entre (S_{Neff}), espesor y rigidez según Guía AASHTO está dada por la expresión:

$$S_{Neff} = 0.0045D^3\sqrt{E_p}$$

Dónde:

S_{Neff}: Numero estructural efectivo del pavimento.

D: Espesor total de la estructura, pulgadas.

E_p: Modulo equivalente del pavimento.

b. Corrección del número estructural efectivo por temperatura.

(García, 2016) Las variaciones de temperaturas del medio ambiente traen consecuencias sobre el módulo de elasticidad del paquete estructural. Estas variaciones se reflejan en parámetros del cuenco de deflexiones medido con el FWD a distintas temperaturas. La medida en que influye la temperatura sobre el módulo de elasticidad del asfalto, y posteriormente sobre las deflexiones, se determinan por tipo de mezcla, tiempo de servicio, condiciones de deterioro, espesor de la carpeta asfáltica etc.

Las deflexiones tomadas insitu se ajustan con una temperatura de referencia de 20°C.

La corrección se realiza con la ecuación:

$$F(T) = \frac{1}{1 - 0.008h(T - t)}$$

Dónde:

Factor (T): factor de aplicación para corrección a la temperatura.

h1: Espesor de la carpeta asfáltica existente, cm.

t: Temperatura de la capa asfáltica en el momento de la medición, °C.

T: Temperatura de referencia, °C, igual a 20°C.

(García, 2016) La temperatura base para la corrección se establece en la guía AASHTO, teniendo en cuenta que durante la aplicación de FWD la temperatura del pavimento puede sufrir variaciones y no estar en 20°C, por ello se requiere que la temperatura base sea la misma que se registra durante el ensayo.

c. Parámetro requerido para determinar el SN requerido

- Configuración de ejes

Definiciones:

Eje es el conjunto de dos o más ruedas que transmiten el peso al camino.

Eje delantero: Eje que se encuentra en la parte delantera del vehículo.

Eje central: Eje que se encuentra en la parte central del vehículo.

Camión: Vehículo autopropulsado de carga, puede ser utilizado para remolcar. Su diseño puede incluir una carrocería o estructura portante.

Tractor: Vehículo autopropulsado, diseñado para remolcar y soportar la carga que le transmite un semiremolque a través de un acople adecuado para tal fin.

Remolque: Vehículo no autopropulsado con eje(s) delantero(s) y posterior(es) cuyo peso total, incluyendo la carga, descansa sobre sus propios ejes y es remolcado por un camión o un tractor semiremolque.

Semiremolque: Vehículo no autopropulsado con eje(s) delantero(s) y posterior(es) cuyo peso y carga se apoyan en el tractor que lo remolca (a quien le transmite carga parcialmente).

d. Peso admisible por neumático

(Ayllón Acosta, 2017) Se le asigna a los neumáticos un ancho menor a 150mm y un peso máximo admisible de 9 Kg por cada milímetro de ancho, los neumáticos conque son de un ancho superior un peso máximo admisible de 11 Kg por cada milímetro de ancho.

- Eje simple:

(Ayllón Acosta, 2017). Denomina eje simple al elemento conformado por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.

Figura 10: Peso máximo admisible para un eje simple de 2

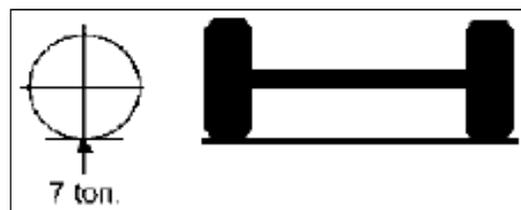
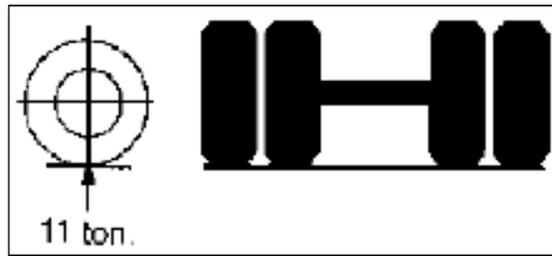


Figura 11: Peso máximo admisible para un eje simple de 4

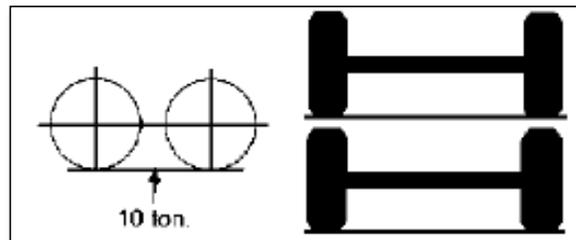


Fuente: Ayllón Acosta, 2017

- **Eje tandem:**

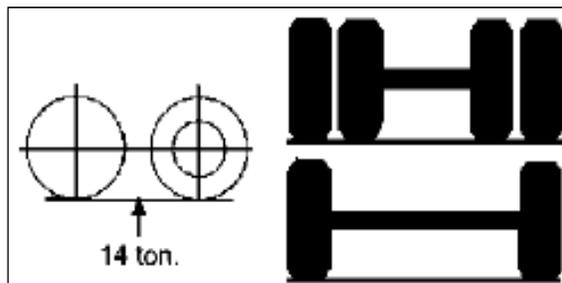
(Ayllón Acosta, 2017) Se denomina eje Tándem al elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros. Estos reparten la carga, en partes iguales, sobre los dos ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

Figura 12: Peso máximo admisible para un eje tándem de 4.



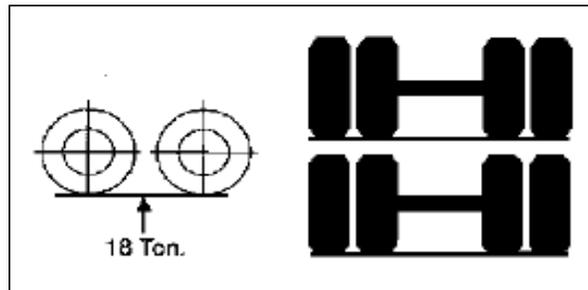
Fuente: Ayllón Acosta, 2017

Figura 13: Peso máximo admisible para un eje tándem de 6



Fuente: Ayllón Acosta, 2017

Figura 14: Peso máximo admisible para un eje tándem de 8 neumáticos.

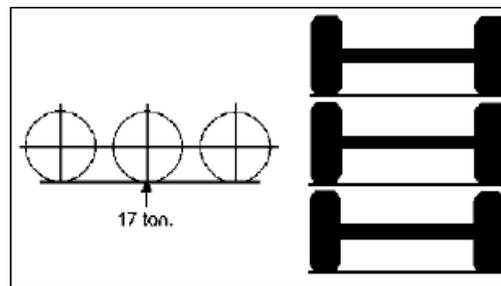


Fuente: Ayllón Acosta, 2017

- **Eje tridem:**

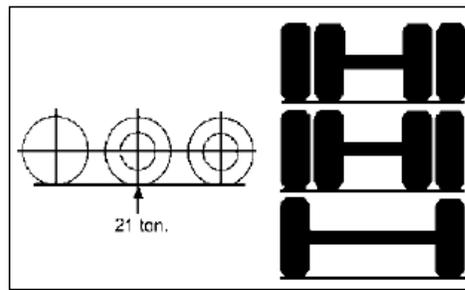
(Ayllón Acosta, 2017). Denomina como eje Tridem al elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por distancias menores a 2,4 metros. Estos reparten la carga sobre los tres ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

Figura 15: Peso máximo admisible para un eje trídem de 6



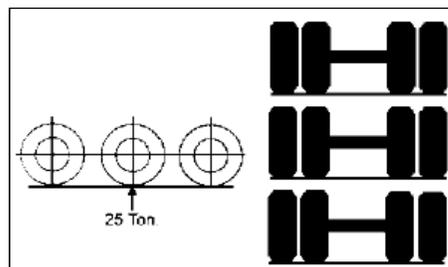
Fuente: Ayllón Acosta, 2017

Figura 16: Peso admisible para un eje trídem de 10 neumáticos.



Fuente: Ayllón Acosta, 2017

Figura 17: Peso admisible para un eje tridem de 12 neumáticos.

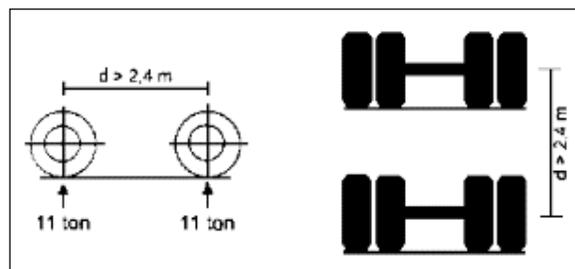


Fuente: Ayllón Acosta, 2017

- **Eje doble:**

(Ayllón Acosta, 2017) Se denomina eje doble a una combinación de dos ejes separados por una distancia mayor de 2,4 metros. Para la determinación de su peso máximo admisible se considera como dosejes simples (11 Ton. por eje).

Figura 18: Peso máximo admisible en dos ejes simples.

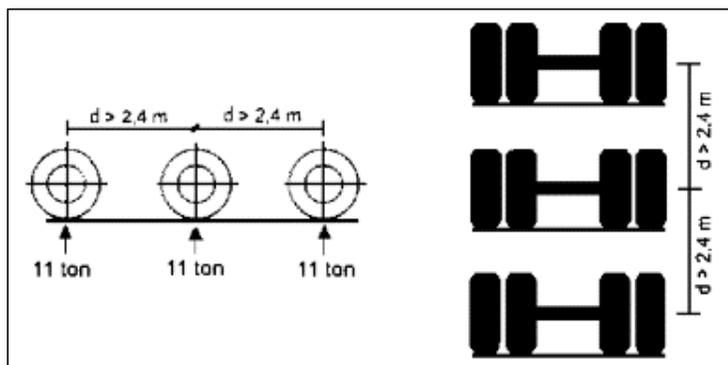


Fuente: Ayllón Acosta, 2017

- **Eje triple:**

(Ayllón Acosta, 2017). Denomina eje triple a una combinación de tres ejes separados por una distancia mayor de 2,4 metros. Para determinar de su peso máximo admisible se considera como tres ejessimples (11 Ton. por eje).

Figura 19: *Peso máximo admisible en tres ejes simples.*



Fuente: Ayllón Acosta, 2017

e. Módulo de resiliencia

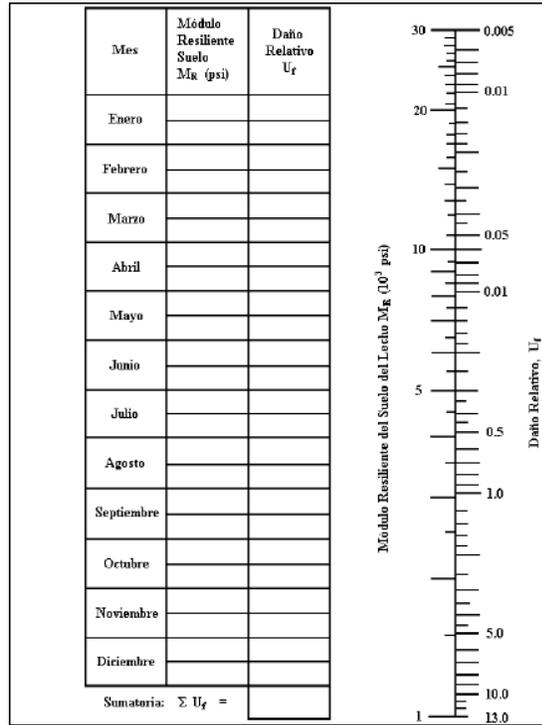
(Ayllón Acosta, 2017) En cuanto al diseño de pavimentos flexibles se utilizan resultados promedios de los ensayos de laboratorio, las variaciones que puedan existir deben estar dentro de los parámetros de confiabilidad. Durante el periodo de un año tenemos variaciones del contenido de humedad de la subrasante, que afectan la resistencia del suelo, por ello es necesario evaluar que es lo que sucede con estas variaciones que se reflejan en el módulo resiliente.

Para este objetivo se tienen módulos resilientes ante las variaciones de humedad que reflejen las condiciones en el periodo de 1 año, con los resultados obtenidos se calcula en distintos periodos cuando el MR es constante.

Por cada resultado de MR corresponde un valor del daño relativo, utilizando la siguiente expresión:

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_R^{-2,32}$$

Figura 20: Ábaco para determinar el daño relativo.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

(Ayllón Acosta, 2017) Teniendo los resultados de los daños relativos se tiene el valor promedio anual. El módulo de resiliencia que corresponda al U_f promedio, será el valor a utilizar en el diseño final. Si no se tiene la posibilidad de obtener esta información se puede estimar el valor del MR en función del CBR.

RELACIÓN C.B.R. – MÓDULO DE RESILIENCIA

Con los valores del CBR se pueden obtener los módulos resilientes utilizando las relaciones siguientes:

$$\text{CBR} < 15\% \text{ (Shell)}$$

$$\text{MR(MPa)} = 10 \cdot \text{CBR}$$

K =Tiene una dispersión de valores de 4 a 25

$$\text{MR(psi)} = 1500 \cdot \text{CBR}$$

K =Tiene una dispersión de valores de 750 a 3000

$$\text{MR(MPa)} = 17,6 \cdot \text{CBR}^{0.64} \text{ (Powell et al)}$$

El Instituto del Asfalto mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las relaciones siguientes:

Tabla 6: CBR y Mr según el tipo de suelo.

Tipo de suelo	% CBR	Mr en (psi)
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo – arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

f. Confiabilidad

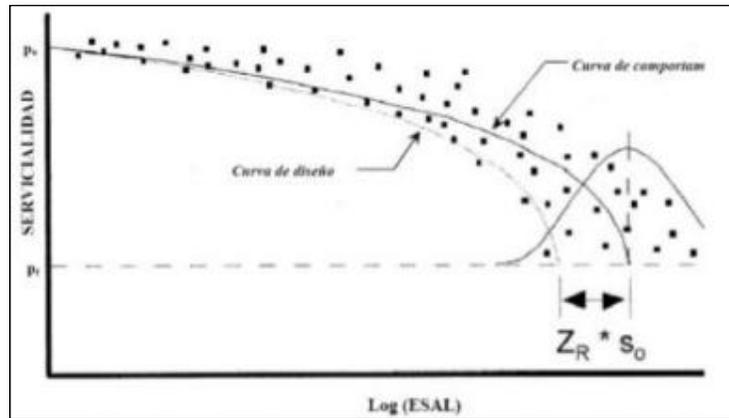
(García, 2016) Se refiere a la probabilidad del pavimento diseñado para que cumpla con el tiempo y vida útil con el cual fue diseñado.

Se toma en cuenta variaciones de tráfico, variaciones del modelo de comportamiento AASHTO, teniendo un nivel de confiabilidad (R)

que asegure se cumpla el tiempo de vida útil para el cual fueron diseñados.

La ecuación de diseño se obtiene en base de la pérdida del índice de serviciabilidad (ΔPSI) durante el tiempo de servicio de la carpeta estructural del pavimento; siendo un parámetro que refleja las propiedades de la superficie de rodadura para ser transitada.

Grafico 1: Diagrama de Serviciabilidad



Fuente: GARCÍA (2016)

Tabla 7: Valores de la desviación estándar normal, Z_R , correspondientes a los niveles de confiabilidad, R

Confiabilidad, R , en porcentaje	Desviación estándar normal, Z_R
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645

96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: GARCÍA (2016)

Tabla 8: Niveles sugeridos de confiabilidad de acuerdo a la clasificación funcional del camino.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: GARCÍA (2016)

(García, 2016) La confiabilidad de diseño (R) se puede definir con el valor de que tan probable es que la estructura se comporte al menos con los mismos valores y superiores a los previstos en el diseño durante su vida útil.

Cada valor de R se asocia estadísticamente a un valor del coeficiente de STUDENT (ZR). A su vez, ZR determina, en conjunto con el factor "So", un factor de confiabilidad.

g. Error estándar combinado So

(García, 2016) Representa la desviación estándar conjughada con la desviación estándar de la ley de predicción de tránsito en el período de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción de

comportamiento del pavimento, es decir, del número de ejes que puede soportar el pavimento hasta que su índice descienda por debajo de un determinado valor Pt.

Pavimentos Rígidos: 0.30 – 0.40

0.35 = construcción nueva

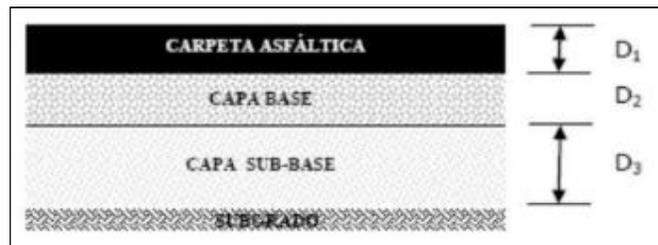
0.40 = sobrecapas.

Pavimentos Flexibles: 0.40 – 0.50

0.45 = construcción nueva

0.50 = sobrecapas

SN = Número estructural indicativo del espesor total requerido depavimento.



$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_i = coeficiente estructural de la capa i

D_i = espesor, en pulgadas, de la capa i

m_i = coeficiente de drenaje de la capa i

h. Serviciabilidad

(García, 2016) Característica del pavimento flexible para soportar cargas de tráfico que transitaran en la vía, es cuantificada en un rango del 0 al 5 en donde 0 (cero) brinda una calificación de excelente.

La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medible como los son: el índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc.

2.3. Definiciones de términos

Los términos que a continuación se definen, son extraídos del “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial (Enero 2018), a continuación, se detalla:

a. CBR (California Bearing Ratio):

Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 7).

b. Cuencas de deflexión:

Son generadas por las cargas impuestas por el tránsito sobre las estructuras elásticas de pavimento flexible (Higuera Sandoval, 2006, pág. 1)

c. Pavimento:

Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 17).

d. Pavimento Flexible:

Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 17)

e. Sobrecarga vehicular:

Consiste en el peso de la carga móvil aplicada, correspondiente al peso de los camiones, coches y peatones (Higuera Sandoval, 2006, pág. 19).

f. Resistencia

Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 23).

g. Vehículo

Medio que se desplaza sirve para el transporte de personas o mercancías, el cual se encuentra comprendido en la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 22).

h. Vía

Camino, arteria o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 23).

2.4. Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

La relación de las cargas vehiculares con los cuencos de deflexión es proporcional a la magnitud de la fuerza que presiona en la estructura del pavimento flexible, Huancayo-2020.

2.4.2 Hipótesis específica

- a) Si es posible obtener un diseño óptimo de la mezcla asfáltica en laboratorio para la investigación de la estructura del pavimento flexible.
- b) La influencia de las Cargas Vehiculares en la determinación de la deflexión característica es directa y significativa.
- c) Al calcular el valor máximo de deflexión de los cuencos al aplicar la carga en la estructura varia de gran manera la estructura del pavimento flexible.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las Variables

a) Variable independiente (X)

Cargas vehiculares

La carga vehicular viene a ser las fuerzas ejercidas, ya sean por vehículos ligeros o pesados (eje simple, tándem, tridem) en la estructura del pavimento flexible.

b) Variable dependiente (Y)

Cuencos de deflexión

Los cuencos de deflexión varían de acuerdo a la carga vehicular aplicada en el pavimento flexible.

2.5.2. Definición operacional de la Variable

$$y=F(x)$$

a) Variable independiente (X)

Cargas vehiculares

La variable V1: Cargas vehiculares se operacionaliza mediante tres dimensiones: D1: Vehículos Ligeros, D2: Vehículos Pesados eje simple, D3: Vehículos Pesados eje tándem. A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en tres indicadores.

b) Variable dependiente (Y)

Cuencos de deflexión

La variable V2: Cuencos de deflexión se operacionaliza mediante tres dimensiones: D1: Espesores de Capas, D2: Deflexión, D3: Módulo de la elasticidad de la capa, D4: Relación de Poisson. A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en tres indicadores

2.5.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Cargas vehiculares	Según (Huang, 2010), manifiesta que, "La carga vehicular viene a ser las fuerzas ejercidas, ya sean por vehículos ligeros o pesados (eje simple, tándem, trídem) en la estructura del pavimento flexible."	La variable V1: Cargas vehiculares se operacionaliza mediante tres dimensiones: D1: Vehículos Ligeros, D2: Vehículos Pesados eje simple, D3: Vehículos Pesados eje tándem. A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en tres indicadores.	D1: Vehículos Ligeros D2: Vehículos Pesados eje simple D3: Vehículos Pesados eje tándem	I1: centímetros I1: kilogramos I1: El espesor en milímetros o centímetros.	Pesaje de Losejes Equivalentes de los vehículos pesados o ligeros.	Razón
V2: Cuencos de deflexión	Según (Carlderón, 2014) manifiesta que, "Los cuencos de deflexión varían de acuerdo a la carga vehicular aplicada en el pavimento flexible".	La variable V2: Cuencos de deflexión se operacionaliza mediante tres dimensiones: D1: Espesores de Capas, D2: Deflexión, D3: Módulo de la elasticidad de la capa, D4: Relación de Poison. A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en tres indicadores.	D1: Espesores de Capas D2: Deflexión D3: Módulo de la elasticidad de la capa D4: Relación de Poison	I1: Medición de capas I1: Medición de la deflexión I1: Coeficiente de elasticidad de la capa I1: En u	Pesaje de Losejes Equivalentes de los vehículos pesados o ligeros.	Razón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

La investigación iniciará con la observación directa de los hechos, en este caso la presente investigación identificará la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento de deflexión en la estructura del pavimento, verificando las hipótesis planteadas mediante la experimentación, llegando finalmente a las conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

En la investigación aplicada se va cuantificar la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible así mismo se medirá la flexión.

3.3. Nivel de la investigación

Según Espinoza Montes (2014), considera que el Nivel de Investigación Correlacional “tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En este estudio el investigador no manipula las variables. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad, aunque desde el punto de vista sistémico, existe relación entre las variables que integran un objeto o sistema” (p.90).

En la investigación se pretende dar a conocer la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la carpeta estructural del pavimento flexible.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es causal correlacional considerado puro, porque se ha manipulado intencionalmente la variable independiente (cuencos de deflexión y estructura de un pavimento flexible) es realizado la medición y se ha optado por grupos de comparación para la determinación de los objetivos.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El desarrollo de esta presente investigación se realizará en la red vial urbana de pavimentación flexible en la ciudad de Huancayo, identificándose específicamente como población la vía urbana, Jr. Los Incas, Chilca, Huancayo, respectivamente.

En este caso la muestra corresponde a los resultados del modelo estructural de los cuencos de deflexión del pavimento flexible y a los especímenes que serán elaborados en las inmediaciones del laboratorio, se detallan los siguientes ensayos:

- Diseño de Marshall.
- Caracterización de agregados.
- Ensayo cántabro

3.5.2. Muestra

La muestra tomada en la presente investigación es el tramo de prueba desarrollado con el diseño Marshall con contenido de asfalto 5.0%, diseño Marshall con contenido de asfalto 5.5%, diseño Marshall con contenido de asfalto 6.0%, diseño Marshall con contenido de asfalto 6.5%, diseño Marshall con contenido de asfalto 7.0%.

El muestreo será probabilístico para la población finita para ello se tuvo

que realizar el calculo para cada via urbana seleccionada a continuaci3n, se detallara el calculo de determinaci3n de la muestra estratificada.

F3rmula a utilizada para calcular la muestra:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

- n = Tama1o de la muestra
- N = Tama1o de la poblaci3n
- Z α = Nivel de confianza (1.96 al cuadrado si la seguridad es del 95%)
- p = Proporci3n esperada (en este caso 50% = 0.5)
- q = 1 - p (en este caso 1-0.5 = 0.5)
- d = precisi3n (5% de error)

3.6. T3cnicas e instrumentos de recolecci3n de datos

3.6.1. T3cnicas

Se define asi a las distintos metodos a los que se requiere para obtener la informaci3n, la t3cnica que se usar3 en la presente investigaci3n ser3 la observaci3n, ya que, segun (Licda. Mae. Quinteros, 2013), define como una t3cnica a aquel conjunto de pasos ordenados que permiten al investigador establecer las relaciones en cuanto al objeto investigado.

a) Observaci3n directa

Esta t3cnica fue usada para poder definir la relaci3n de cargas vehiculares en la formaci3n de deflexiones en cla carpeta estructural del pavimento.

b) An3lisis de documento

Los documentos que se utilizar3n, son aquellos que desde un inicio de la investigaci3n, para poder dar un sustento a la misma, en cuanto al manejo de los conceptos existentes, entre ellos tenemos lo siguiente:

- Revisi3n de bibliograf3a

Se usa para lograr profundizar en cuanto al conocimiento adquirido como investigador, en este caso en referencia al problema de la investigaci3n y de esta manera lograr tener el

sustento a un dicho tema investigado.

3.6.2. Instrumentos

Según Hernández Sampieri (2018) se llama así a todo aquello que permita registrar datos observables para representarlos mediante los conceptos o las variables que quiera analizar el investigador, como procedimiento para absolver dudas sobre su entorno (p. 102).

Para la recolección de la información será mediante tablas usando metodologías propias, para la recolección de datos en campo.

3.7. Procesamiento de la información

Se desarrolló la información y los datos analizados de cada proyecto donde se realizó la caracterización de los agregados y se combinó para realizar el diseño del pavimento y el método de deflectometría (ensayos de deflexión no destructivos mediante la viga Benkelman). Todo esto para realizar la presente investigación y observaremos lo importante que es las cargas vehiculares en la formación de cuencos en la estructura de pavimento flexible. Luego de la recolección de la información, se evaluará y se procederá a modelar los cuencos de deflexión de la estructura de pavimento flexible en la ciudad de Huancayo 2019.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Agregados de Mezcla Asfáltica

Los agregados que se utilizaron para este estudio provienen de la cantera de Apata en Jauja, los cuales serán parte importante en el diseño del pavimento, razón por la cual se realizó un análisis de las características más resaltantes. Teniendo en cuenta los agregados, diferenciados por el tamaño de sus partículas y su naturaleza, se analizaron los siguientes: Grava de 3/8", grava de 1/2", arena chancada, arena natural y filler.

4.1.1. Grava de 3/8" para pavimentos

Se realizó el Análisis Granulométrico por tamizado de este agregado, según lo indica la norma del MTC de Ensayos de Materiales, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 9: Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Grava de 3/8".

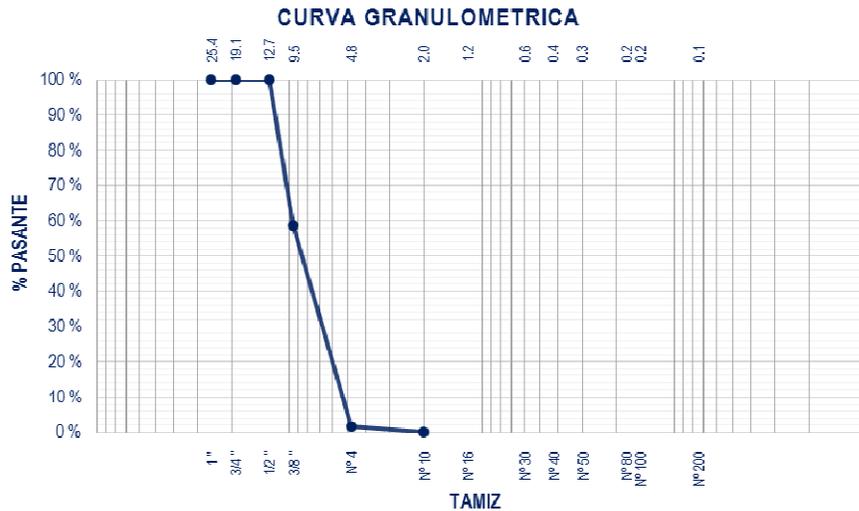
Tamiz	Abertura (mm)	% Material Pasante
1"	25.40	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.70	100.0

3/8"	9.53	58.9
N°4	4.75	1.6
N°10	2.00	0.2

Fuente: Elaboracion Propia

En la tabla anterior podemos ver los porcentajes del material pasante en los tamices normalizados, de tal modo se puede observar que el material presenta una Tamaño Maximo Nominal de 3/8", en la siguiente ilustración se muestra la curva granulométrica correspondiente al analisis realizado.

Ilustración 1: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 3/8".



Fuente: Elaboración propia (2020),

4.1.2. Grava de 1/2" para pavimentos

Los datos obtenidos de la realización del Ensayo de Analisis Granulometrico por tamizado de este agregado, según lo indica la norma del MTC de Ensayos de Materiales, se presentan en la siguiente tabla:

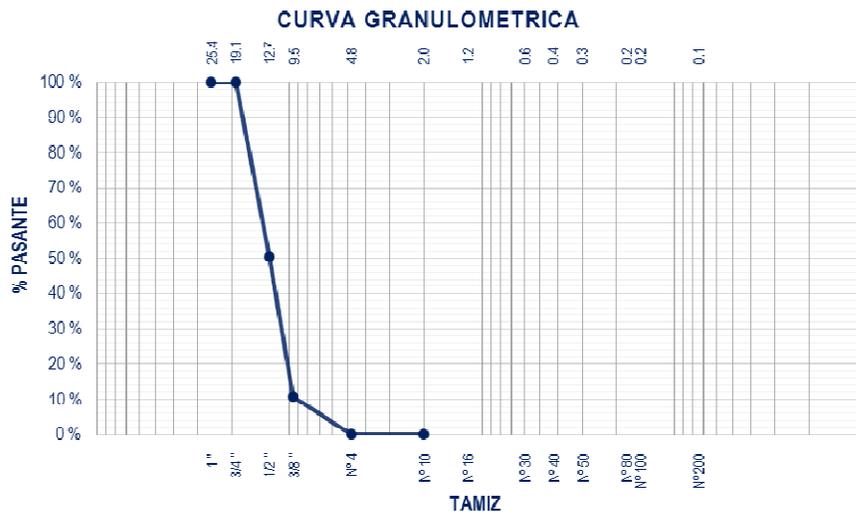
Tabla 10: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 1/2".

Tamiz	Abertura (mm)	% Material Pasante
1"	25.40	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.70	50.6
3/8"	9.53	10.9
N°4	4.75	0.1
N°10	2.00	0.1

Fuente: Elaboracion Propia

De tal forma, se observa que el agregado Grava de 1/2" presenta una Tamaño Maximo Nominal de 1/2", Por consiguiente, se grafica los valores obtenidos en el ensayo en la siguiente ilustración que muestra la curva granulométrica correspondiente.

Ilustración 2: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Grava de 1/2".



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Arena Chancada para pavimentos

El agregado Arena Chancada fue sometido al ensayo de Analisis Granulometrico por tamizado, según lo indica la norma del MTC de

Ensayos de Materiales, y a través de los tamices normalizados, así en la siguiente tabla se presentan los valores resultantes:

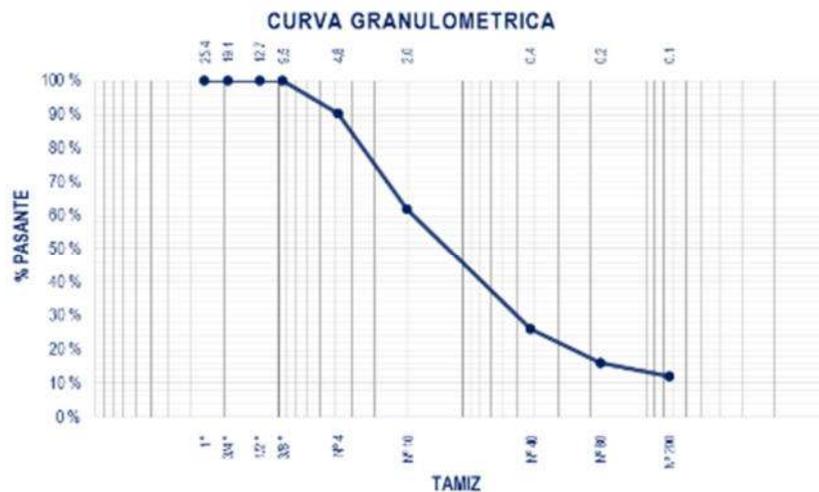
Tabla 11: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Chancada.

Tamiz	Abertura (mm)	% Material Pasante
1"	25.40	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.70	100.0
3/8"	9.53	100.0
N°4	4.75	90.2
N°10	2.00	62.0
N°40	0.43	26.2
N°80	0.18	16.0
N°200	0.08	12.0

Fuente: Elaboracion Propia

Por lo tanto, el agregado Arena Chancada presenta un tamaño máximo nominal correspondiente al tamiz normalizado N° 4, la curva granulométrica generada por los valores obtenidos en el ensayo se demuestra en la ilustración líneas abajo:

Ilustración 3: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Chancada.



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Arena natural para pavimentos

De la realización del ensayo de Analisis Granulometrico por tamizado de este agregado arena natural, según lo indica la norma del MTC de Ensayos de Materiales, en la siguiente tabla se presenta los valores resultantes:

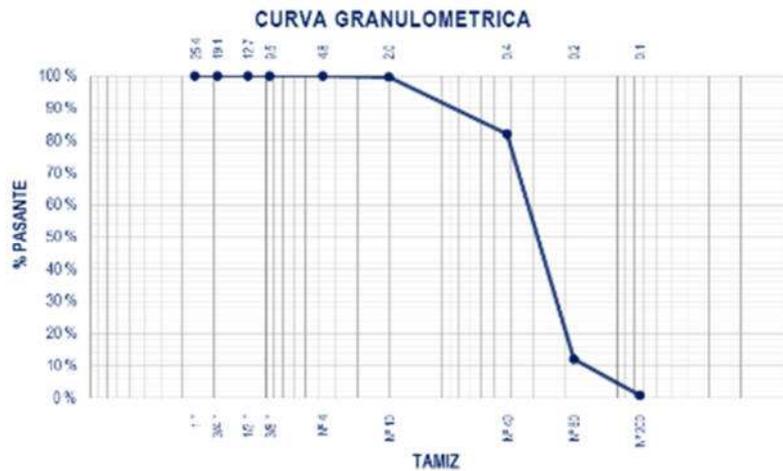
Tabla 12: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Natural.

Tamiz	Abertura (mm)	% Material Pasante
1"	25.40	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.70	100.0
3/8"	9.53	100.0
N°4	4.75	100.0
N°10	2.00	99.7
N°40	0.43	62.2
N°80	0.18	12.0
N°200	0.08	0.8

Fuente: Elaboracion Propia.

De tal forma, podemos afirmar que el agregado Arena Natural presenta un tamaño máximo nominal correspondiente al tamiz normalizado N° 10. Consiguientemente en la ilustración sucesiva se presenta la curva granulométrica correspondiente a los valores obtenidos en el ensayo indicados en la tabla anterior:

Ilustración 4: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Arena Natural.



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Filler para pavimentos

El agregado Filler, después del ensayo de analisis granulometrico por tamizado de este, según lo indica la norma del MTC de ensayos de materiales, tuvo como resultado los valores que se presentan en la siguiente tabla:

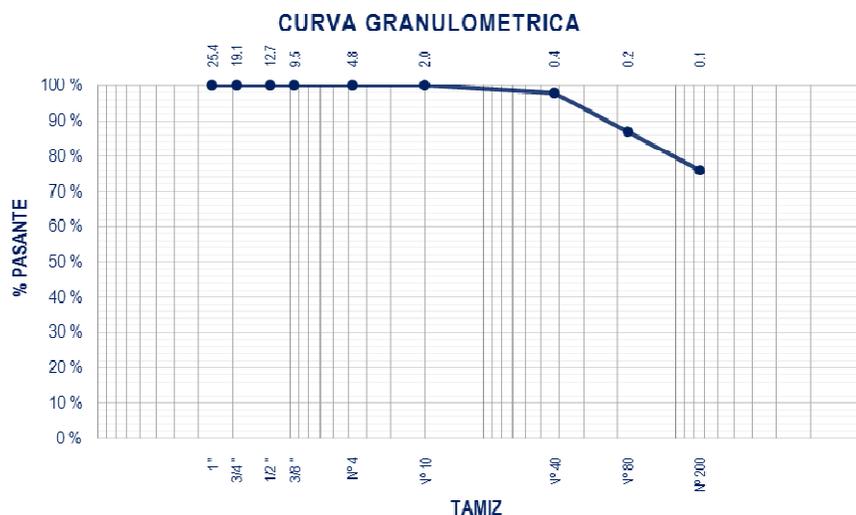
Tabla 13: Analisis Granulometrico por Tamizado del Filler.

Tamiz	Abertura (mm)	% Material Pasante
1"	25.40	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.70	100.0
3/8"	9.53	100.0
N°4	4.75	100.0
N°10	2.00	100.0
N°40	0.43	98.0
N°80	0.18	87.1
N°200	0.08	76.1

Fuente: Elaboracion Propia

De tal forma, la granulometría que se indica se grafica en la siguiente ilustración:

Ilustración 5: Analisis Granulometrico por Tamizado del Agregado Filler.



Fuente: Elaboracion Propia

4.2. Combinacion Teórica de los Agregados

Los agregados provenientes de la cantera de Apata en Jauja, se propuso la siguiente combinación de forma en la cual se cumpla con los requerimientos establecidos, la combinación se dio bajo el detalle de la siguiente Ilustracion, donde se denota que se utilizo un 22.0% del agregado Grava 3/8", 19% del agregado Grava 1/2", el agregado Arena Triturada un 39.0% y por ultimo el agregado de Arena Natural representa un 20.0% de la combinación utilizada. El filler no se considero en la combinación de agregados.

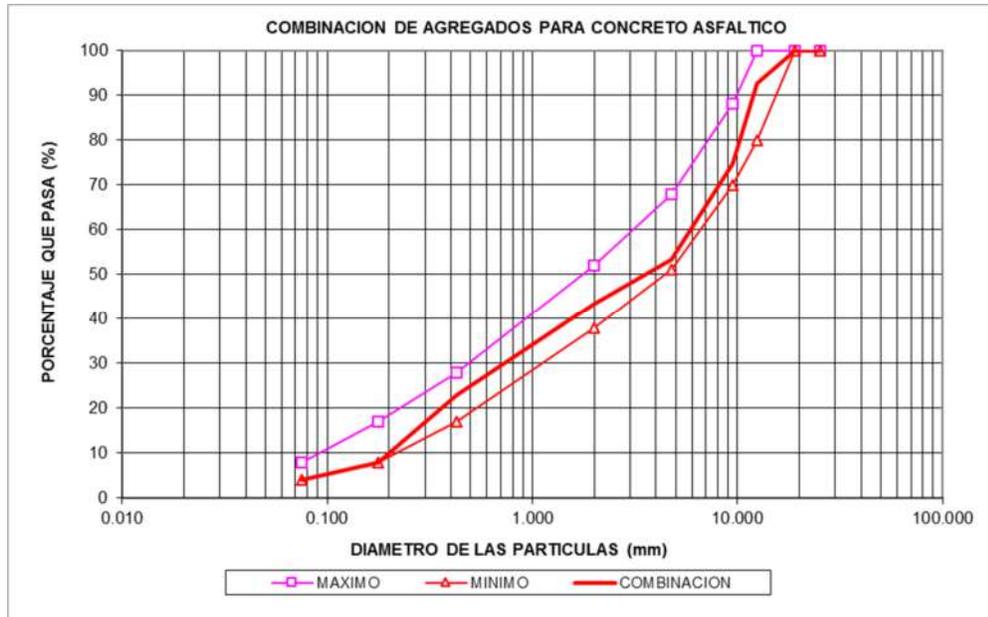
Ilustración 6: Combinacion de Agregados.

COMBINACION DE AGREGADOS									
Abertura Malla	AASHTO T-27 (mm)	Granulometría de los Agregados					% Combinado que pasa	Especificación MAC -2	
		Agregado N°1 G. TRIT 3/8	Agregado N°2 G TRT 1/2"	Agregado N°3 ARENA CH	Agregado N°4 A.NAT	Agregado Filler		MIN	MAX
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.500	100.0	50.6	100.0	100.0	100.0	90.6	80	100
3/8"	9.500	58.9	10.9	100.0	100.0	100.0	74.0	70	88
N° 4	4.750	1.6	0.1	90.2	100.0	100.0	55.5	51	68
N° 10	2.000	0.2	0.1	62.0	99.7	100.0	44.2	38	52
N°40	0.426	0.0		26.2	61.2	98.0	22.5	17	28
N° 80	0.177			16.0	12.2	87.1	8.7	8	17
N° 200	0.075			10.1	3.3	75.1	4.6	4	8

Fuente: Elaboracion Propia

De tal forma, de la anterior ilustración se grafica la curva granulométrica de la combinación teorica de agregados, curva que al compararse con los limites del huso correspondiente al MAC-2, se puede aseverar que la combinación si cumple con los requerimientos granulométricos establecidos.

Ilustración 7: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.



Fuente: Elaboracion Propia

Por ultimo, podemos indicar que la combinación de agregados propuesta, presenta un aporte total de la grava de un 44.5%, mientras que el aporte total de la arena es un 55.5%.

4.3. Combinacion Real de los Agregados

Consecuentemente, según lo indicado en el acápite anterior, se combinaron los agregados con los porcentajes indicados, así en la siguiente ilustración se presenta los valores obtenidos a la realización del ensayo de análisis granulométrico por tamizado, donde se muestra que los porcentajes de pasantes se asemejan con los de la combinación teórica.

Ilustración 8: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.

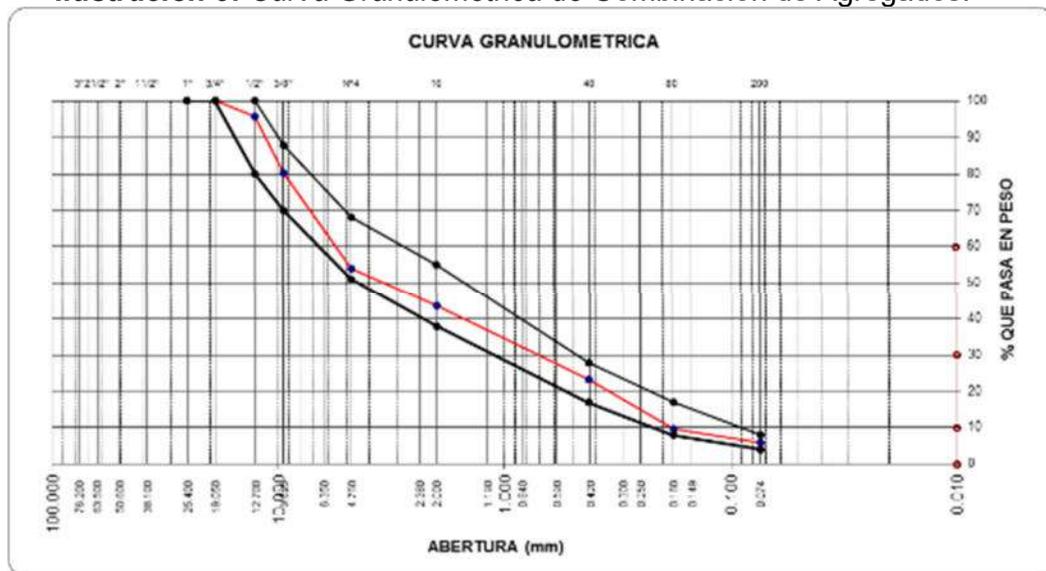
Peso de muestra seca : 5000.0

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especifi-MAC- 2
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					100 - 100
3/4"	19.050				100.0	100 - 100
1/2"	12.700	211.70	4.23	4.23	95.8	80 - 100
3/8"	9.525	769.29	15.39	19.62	80.4	70 - 88
No 4	4.760	1315.72	26.31	45.93	54.1	51 - 68
No 10	2.000	525.90	10.52	56.45	43.5	38 - 55
No 40	0.426	1009.18	20.18	76.64	23.4	17 - 28
No 80	0.180	678.64	13.57	90.21	9.8	8 - 17
No 200	0.074	199.64	3.99	94.20	5.8	4 - 8
PASA		149.92	3.00	97.20	-	

Fuente: Elaboracion Propia

De la misma forma en la siguiente ilustración donde se grafica la curva granulométrica obtenida, podemos indicar que, como era de esperarse, se asemeja a la combinación teoría y en su defecto cumple con el huso correspondiente a la gradación de MAC-2.

Ilustración 9: Curva Granulometrica de Combinacion de Agregados.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

4.2. Calidad de Agregado Combinado de Mezcla Asfáltica

4.2.1. Agregado Fino

Se realizaron los ensayos correspondientes, para verificar si el agregado fino de los agregados para mezcla asfáltica cumple con los requerimientos de calidad indicados en la norma de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción del MTC. En este contexto se realizaron los ensayos expuestos líneas abajo.

Tabla 14: *Ensayos de Calidad del Agregado Fino.*

Ensayo	Obs.	Und.	Valor	Especificación Técnica	Condición
Equivalente de Arena		%	70.26	> 70.0	CUMPLE
Indice de Plasticidad	Pas N° 200	%	N.P.	N.P.	CUMPLE
Indice de Plasticidad	Pas N° 40	%	N.P.	N.P.	CUMPLE
Absorción		%	4.2	Max 0.5	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Los agregados finos obtuvieron los siguientes resultados, el equivalente de arena con el valor de 70.26% que al ser mayor de 70.0% cumple con el requerimiento establecido. Así como los índices de plasticidad, para pasante de la malla N°40 y N°200, fueron N.P. como lo indica la norma. Es importante indicar que la norma nos indica que, respecto a la absorción, se aceptan valores mayores al 0.5%, cuando estos aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica, caso que se presenta en esta investigación.

4.2.2. Agregado Grueso

En el mismo contexto, los agregados gruesos para mezcla asfáltica en caliente tienen requerimientos en las características que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15: Ensayos de Calidad del Agregado Grueso.

Ensayo	Und.	Valor	Especificación Técnica	Condición
Abrasion los Angeles	%	32.20	Max 35.0	CUMPLE
Caras Fracturadas	%	97/96	90/70	CUMPLE
Particulas Chatas y Alargadas	%	8.6	Max 10	CUMPLE
Absorcion	%	1.5	Max 1.0	CUMPLE

Fuente: Elaboracion Propia

De esta forma se consiguieron los resultados de 32.20% correspondiente al desgaste los ángeles, valor que cumple al ser menor de 35% según lo indicado en la norma. Las caras fracturadas con el valor de 97/96 que satisface lo requerido. De la misma forma particulas chatas y alargadas que es un 8.6% menor al 10.0%. Asimismo, una absorción de 1.5% donde es importante indicar que la norma nos indica que, respecto a la absorcion, se aceptan valores mayores al 0.5%, cuando estos aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica, caso que se presenta en esta investigación.

4.3. Diseño de pavimento

Para el cálculo del óptimo contenido de asfalto, mediante el ensayo resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall, se trabajó con 5 ensayos con los contenidos de asfalto correspondientes al 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0%, para así a través de las características de las briquetas elaboradas y los valores resultantes de los ensayos se determino el optimo contenido de asfalto cumpliendo con los requerimientos de mezclas asfálticas en caliente. el ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall se realizo bajo las indicaciones del manual del MTC de ensayos de materiales y las referencias indicadas en el manual.

4.3.1. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.0%

Los resultados que se obtuvieron del ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall al diseño correspondiente al contenido de asfalto de 5.0%, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 16: Características resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.0%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	5.0
Peso Unitario	gr/cm 3	2.23
% Vacios	%	6.49
% V.M.A.	%	15.28
% Vacios llenos con C.A.	%	57.52
Flujo	Mm	3.1
Estabilidad	kg	1418

Fuente: Elaboracion Propia

4.3.2. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.5%

Al diseño correspondiente al contenido de asfalto de 5.5% se realizo el ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall, de tal modo, los valores resultantes se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 17: Características resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 5.5%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	5.5
Peso Unitario	gr/cm ³	2.25
% Vacios	%	5.16
% V.M.A.	%	14.74
% Vacios llenos con C.A.	%	64.99
Flujo	Mm	3.3
Estabilidad	kg	1292

Fuente: Elaboracion Propia

4.3.3. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.0%

Los resultados que se obtuvieron del Ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall al diseño correspondiente al contenido de asfalto de 5.0%, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 18: Características resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.0%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	6.0
Peso Unitario	gr/cm ³	2.28
% Vacíos	%	4.09
% V.M.A.	%	14.34
% Vacíos llenos con C.A.	%	71.49
Flujo	Mm	3.6
Estabilidad	kg	1189

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.5%

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall al diseño correspondiente al contenido de asfalto de 5.0%, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 19: Características resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 6.5%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	6.5
Peso Unitario	gr/cm ³	2.29
% Vacíos	%	3.30
% V.M.A.	%	14.42
% Vacíos llenos con C.A.	%	77.14
Flujo	Mm	3.9
Estabilidad	kg	1023

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5. Diseño Marshall, contenido de asfalto de 7.0%

Los resultados obtenidos del Ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall al diseño correspondiente al contenido de asfalto de 5.0%, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 20: Características resultantes al Diseño Marshall, contenido de asfalto de 7.0%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	7.0
Peso Unitario	gr/cm 3	2.29
% Vacios	%	2.81
% V.M.A.	%	14.92
% Vacios llenos con C.A.	%	81.16
Flujo	Mm	4.1
Estabilidad	kg	839

Fuente: Elaboracion Propia

4.3.6. Contenido Optimo de Asfalto

De acuerdo a los datos obtenidos en cada variación del porcentaje del contenido de asfalto, y para la determinación del optimo contenido de asfalto. Se determina en base a las graficas de las características mencionadas, de los valores obtenidos de todas las variaciones elaboradas. Asi se puede determinar un optimo contenido de asfalto igual a 6.1%.

En tal sentido en la siguiente ilustracion se aprecia los valores de peso unitario proporcionados por el diseño Marshall para las variaciones de contenido de asfalto de 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0%. Se nos indica en la grafica que el Peso Unitario para un contenido de asfalto igual al 6.1% es 2.27 kg/cm³.

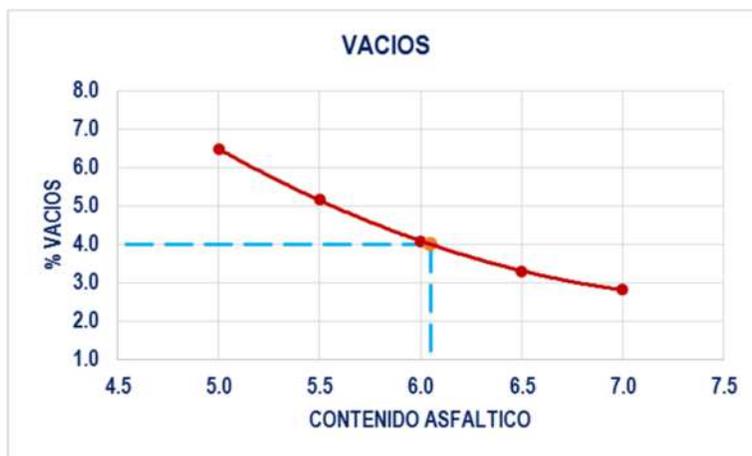
Ilustración 10: Curva de Peso Unitario vs % Contenido de Asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Por consiguiente, la siguiente ilustración de curva de % de Vacíos vs % Contenido de Asfalto, se aprecia que para el óptimo contenido de asfalto el porcentaje de vacíos tiene el valor de 4.00%.

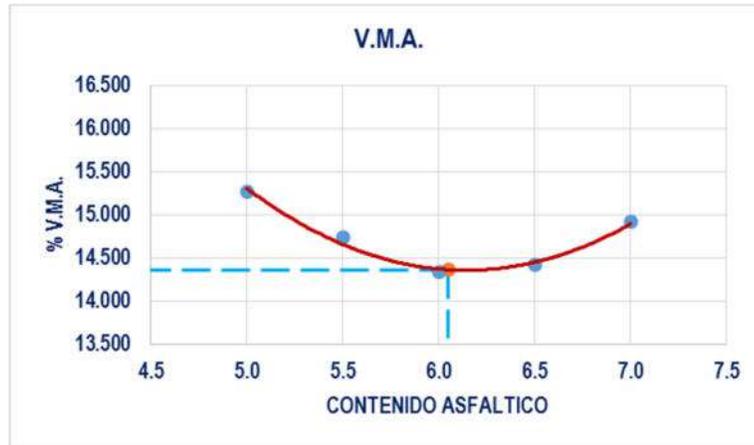
Ilustración 11: Curva de % Vacíos vs % Contenido de Asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Como resultado de la ilustración de curva de % de V.M.A vs % Contenido de Asfalto, un 14.36 % de V.M.A. correspondería como característica para el óptimo contenido de asfalto de 6.10%.

Ilustración 12: Curva de % de V.M.A vs % Contenido de Asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

En tal sentido los Vacios Llenos con Asfalto para una mezcla con contenido de asfalto del 6.10% es de 72.15%, según nos lo indica la siguiente ilustración.

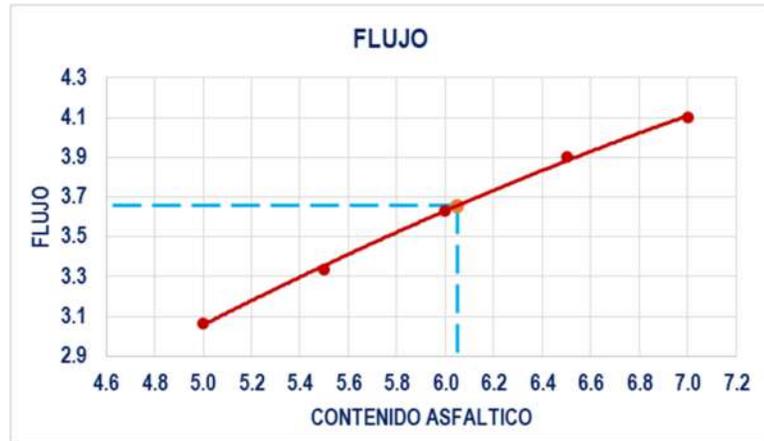
Ilustración 13: Curva de % vacios llenos con C.A. vs % contenido de asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Se observa en la ilustración de curva de flujo vs % contenido de asfalto, que un flujo de 3.66 mm corresponde al óptimo contenido de asfalto de 6.10%.

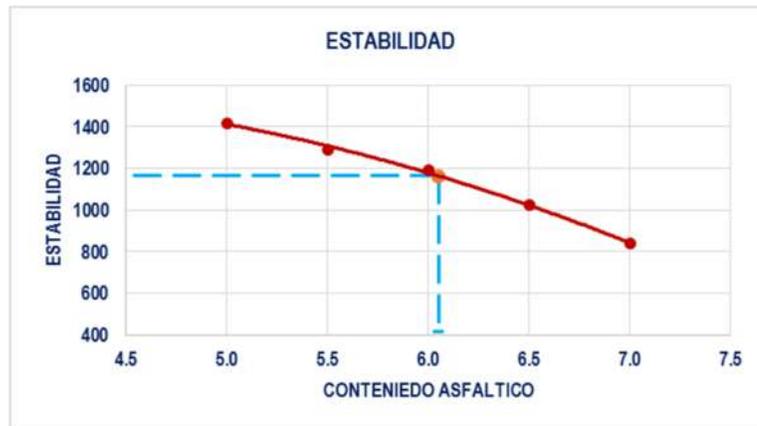
Ilustración 14: Curva de % de flujo vs % contenido de asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Finalmente, de la ilustración de curva de Estabilidad vs % Contenido de Asfalto, una estabilidad de 1163.40 kg. Correspondería como característica para el óptimo contenido de asfalto de 6.10%.

Ilustración 15: Curva de % de estabilidad vs % contenido de asfalto.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Bajo todo lo expuesto, se elaboró la siguiente tabla de resumen de características de la mezcla de asfalto, del diseño de óptimo contenido de asfalto del 6.10

Tabla 21: Características del Diseño Marshall, contenido óptimo de asfalto de 6.1%.

Característica	Und.	Valor Obtenido
Contenido de Asfalto	%	6.1
Peso Unitario	gr/cm 3	2.27
% Vacíos	%	4.00
% V.M.A.	%	14.36
% Vacíos llenos con C.A.	%	72.15
Flujo	Mm	3.66
Estabilidad	kg	1163.40

Fuente: Elaboración Propia

En relación a lo indicado en la tabla anterior, se puede apreciar que el diseño obtenido sí satisface a los requerimientos técnicos establecidos.

4.4. Deflexiones con la Viga Benkelman

Para la determinación de la deflectometría de la deformación del asfalto, se realizó el ensayo no destructivo de la Viga Benkelman. Según los valores obtenidos en la realización del ensayo, como lo indica la norma MTC E 1002 del manual de ensayos de materiales del MTC. Se elaboró la siguiente tabla, con los datos resultantes correspondientes a la deflexión y al radio de curvatura:

Tabla 22: Análisis de deflexión del pavimento

Característica	Deflexión (mm)	Radio de Curvatura (m)
Lectura 01	16.00 x 10 ⁻²	260.42
Lectura 02	8.00 x 10 ⁻²	781.25
Lectura 03	8.00 x 10 ⁻²	781.25
Lectura 04	20.00 x 10 ⁻²	390.63
Lectura 05	20.00 x 10 ⁻²	390.63
Lectura 06	16.00 x 10 ⁻²	781.25
Lectura 07	28.00 x 10 ⁻²	260.42
Lectura 08	28.00 x 10 ⁻²	390.63
Lectura 09	8.00 x 10 ⁻²	781.25

Lectura 10	4.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 11	16.00	$\times 10^{-2}$	260.42
Lectura 12	8.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 13	4.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 14	4.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 15	8.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 16	12.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 17	20.00	$\times 10^{-2}$	195.31
Lectura 18	8.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 19	12.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 20	24.00	$\times 10^{-2}$	260.42
Lectura 21	8.00	$\times 10^{-2}$	390.63
Lectura 22	8.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 23	16.00	$\times 10^{-2}$	390.63
Lectura 24	12.00	$\times 10^{-2}$	390.63
Lectura 25	44.00	$\times 10^{-2}$	156.25
Lectura 26	4.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 27	12.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 28	24.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 29	8.00	$\times 10^{-2}$	781.25
Lectura 30	12.00	$\times 10^{-2}$	781.25

Fuente: Elaboracion Propia

De esta forma, se puede apreciar que la deflexión máxima es de $44 \times 10^{-2} \text{mm}$ y la deflexión mínima es de $4 \times 10^{-2} \text{mm}$. La deflexión característica es de $27.97 \times 10^{-2} \text{mm}$. El radio de curvatura presenta un valor máximo de 781.25m y un valor mínimo de 156.25m, valores que no se consideran críticos, es decir que nos indican un buen comportamiento de la estructural del pavimento.

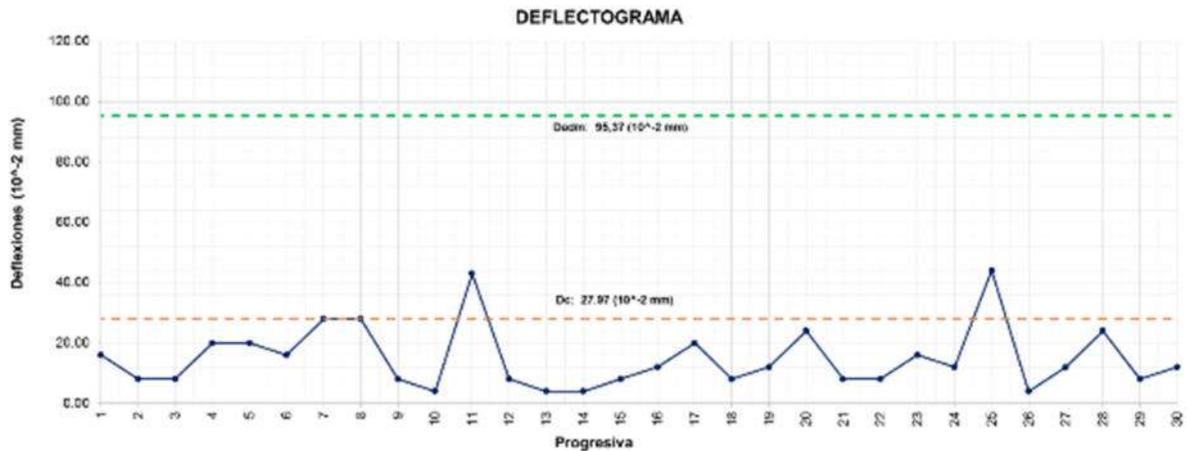
4.4.1. Deflexion Caracteristica

La deflexión característica se calcula mediante la formula $D_c = D_m + 1.282 \cdot d_s$, siendo D_m la deflexión promedio, d_s la desviación estándar, en este marco se calculo $27.97 \times 10^{-2} \text{mm}$ como la deflexión característica.

Asimismo, con los valores resultantes se puede graficar en un deflectograma, así en la siguiente ilustración podemos ver el

desarrollo de las deflexiones indicadas en la tabla de análisis de deflexión del pavimento. Donde se aprecia que 2 puntos tienen valores mayores a la deflexión característica, en otras palabras, los cuencos de deflexion

Ilustración 16: Deflectograma del Pavimento.



Fuente: Geo Test V SAC (2020)

Del deflectograma del pavimento mostrado en la ilustración anterior, podemos observar que los 2 puntos críticos, lo que representa un 6.66% de la totalidad de los 30 puntos levantados en el tramo de prueba en el ensayo de la Viga Benkelman.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados con antecedentes

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, aceptamos la hipótesis alternativa general, el cual establece una correlación de dependencia entre las cargas vehiculares y la formación de cuencos de deflexión en el pavimento flexible.

En este marco, en la presente investigación se realizó un diseño Marshall para una mezcla asfáltica de pavimento flexible con los agregados provenientes de la Cantera de Apata, Grava 1/2", Grava 3/8", Arena Triturada y Arena Natural, con la dosificación de 19%, 22%, 39% y 20% respectivamente, y con un contenido asfáltico óptimo de 6.1%. Mezcla asfáltica la cual cumple con los requisitos indicados en la norma, según lo indicado en la tabla "Características del Diseño Marshall, contenido óptimo de asfalto de 6.1".

De Cardenas Capcha (2017), presentó la tesis de pregrado Titulado: Influencia del tráfico vehicular con respecto a las deflexiones de los pavimentos flexibles en zona urbana de la ciudad de Huancayo, Junín – 2017, que obtuvo como resultado: La Carga real del tráfico vehicular se relaciona significativamente con las deflexiones en los pavimentos flexibles de las vías urbanas de estudio: Av. San Carlos, Av. Jacinto Ibarra y Av.

Mariscal Castilla de la ciudad de Huancayo. De la misma forma, nuestra investigación concuerda ya que dando respuesta a nuestros problemas específicos tiene directa relación con la deflexión característica, ya que según lo observado podemos afirmar que el pavimento flexible diseñado presenta una deflexión característica de 27.97×10^{-2} mm, deflexión que fue calculada mediante el ensayo de la viga Benkelman depende directamente de la carga vehicular que indica la norma de 8.2 ton.

De la investigación de Fernandez Ruiz (2020) que presentó la tesis de pregrado Titulado: Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Calsa, tramo Shaquilpampa-Santa rosa de chaquil, mediante el análisis deflectómetro, que obtuvo como resultado: Las deflexiones del pavimento flexible haciendo uso de la viga Benkelman; concluyendo: Con el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera, es bueno, debido a que la deflexión característica es menor que las deflexiones admisible. En el mismo marco podemos afirmar que los resultados concuerdan, ya que la deflexión máxima obtenida después de la realización del ensayo de la viga Benkelman, fue de 27.97×10^{-2} mm en relación a la deflexión característica. Aun así, en contraste con la deflexión permisible determinada, podemos indicar que al ser el valor de 27.97×10^{-2} mm es menor que 95.37×10^{-2} mm, las deflexiones producidas por cargas vehiculares, en el tramo de prueba cumple con los requerimientos para un buen comportamiento estructural.

De Cruz Rubio & Ocaña Ortiz (2019) presentó la tesis de pregrado Titulado: Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD, el cual indica en los resultados: que las deflexiones centrales rangos superiores a 500 μ m, indicando que la subrasante está recibiendo una gran cantidad de cargas pudiéndose presentar fallas futuras. En referente a esta investigación, podemos indicar que no se presenta el caso, ya que las deflexiones máximas producidas (44×10^{-2} mm) mayores con respecto a la deflexión característica en un +57.31%, no excede a la deflexión admisible, por lo que podemos aseverar que la subrasante no recibe cargas excesivas vehiculares, de forma que no se presentaran significativas fallas en la estructura del pavimento.

Resultado que concuerda también a la investigación de Díaz Alvarez (2017) que presentó el trabajo de Graduación de pregrado Titulado: Evaluación física, mecánica y deflectometría del pavimento asfáltico en el perímetro de la Universidad de San Carlos de Guatemala y propuesta de mantenimiento, el cual obtuvo como resultado: Al realizar el ensayo de la viga Benkelman en el boulevard universitario se determinó que la deflexión representativa de 0,02563 pulgadas es menor a la deflexión admisible de 0,1 pulgadas. Por consiguiente, al tener un DTN de 2,16 se determinó que el pavimento se encuentra en buen estado y no se requiere realizar ningún trabajo de recapeo. De Escobedo Rubio & Herrera Aguilar (2017), presentó la tesis de pregrado Titulado: Evaluación de las Deflexiones de la vía de Evitamiento Panamericana Norte km 578 al km 583, utilizando la viga de Benkelman, el cual indica como resultado: que de los 5 kilómetros analizados tenemos un 70.40% tiene una superficie de rodadura fuerte, un 29.60% tiene una superficie de rodadura débil. Con relación a esta investigación, se indica nuestros resultados si presentan relación, porque existe un 6.6% de la superficie con presencia de deflexiones máximas (Superficie de rodadura débil), Así podemos afirmar que es un porcentaje bajo, lo que se traduce en un comportamiento estructural excelente en la mayor parte del pavimento.

Asimismo de Salinas Villegas (2019), que presentó la tesis de pregrado Titulado: Evaluación Funcional Y Estructural Del Pavimento De La Vía Manuelita Saenz Desde La Intersección Con La Av. Quiz Quiz Hasta La Intersección Con La Av. José Peralta, que obtuvo como resultado: que el tipo de deflexión es tipo I, porque la deflexión característica es menor que la deflexión permitida, lo que significa que nuestro subsuelo tiene un buen rendimiento, y el radio de curvatura por encima de 100 indica un rendimiento suficiente de la estructura del pavimento en los dos tramos. Contrastado a nuestra investigación en la que se obtuvieron los radios de curvatura (valor máximo de 781.25m, un valor mínimo de 156.25m), podemos aseverar que se coincide con lo concluido en la investigación de Salinas Villegas (2019), ya que el pavimento tiene un rendimiento suficiente de la estructura del pavimento flexible del tramo de prueba.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que, se acepta la hipótesis general que indica que las cargas vehiculares tienen relación directa y significativa con la formación de los cuencos de deflexión, y especialmente en la formación del cuenco de deflexión máximo en la estructural del pavimento.
2. El diseño optimo para una mezcla asfáltica en caliente, con agregados de la cantera de Apata-Jauja, se determino con una dosificación de 19% de Grava 1/2", 22% de Grava 3/8", 39% de Arena Triturada y 20% de Arena Natural, y un contenido optimo de cemento asfaltico correspondiente a igual al 6.1%. Mezcla asfáltica optima para uso en pavimentos flexible.
3. La carga vehicular determina directamente la deflexion característica de la estructura del pavimento, ya que este valor es producto tanto del promedio y la desviación estándar de las deflexiones obtenidas en el ensayo de viga benkelman.
4. El cuenco de deflexión máximo del tramo de prueba, es de 44×10^{-2} mm valor que excede a la deflexión característica (27.97×10^{-2} mm) pero no a la deflexión admisible (95.37×10^{-2} mm), asi se concluye que las cargas vehiculares producen de forma directa los cuencos de deflexión máximos, pero dentro de los parámetros establecidos, es decir el comportamiento estructural del pavimento es bueno.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de Pavimento Flexible de mezcla asfáltica en caliente, ya que según lo investigado este tipo de pavimento tiene un comportamiento excelente en nuestra zona de estudio.
2. Se recomienda que para no crear deflexiones máximas dañinas a la estructura del pavimento se debe de hacer un correcto estudio de tránsito, y una correcta proyección vehicular. Ya que estos valores indicaran el espesor correspondiente para soportar las cargas mencionadas.
3. Se recomienda, en el usos de agregados de la Cantera de Apata – Jauja, utilizar las dosificaciones de los agregados indicadas en la combinación de agregados, para obtener una granulometría conforme con los husos establecidos por la normas del MTC. Asimismo, se recomienda utilizar el método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas en caliente.
4. Se recomienda el uso de emulsiones asfálticas en carpetas de rodadura de gran envergadura por cumplir con las exigencias y los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas para Construcción).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aliaga Quispe, J. (2017). Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja. Tesis

de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Huancayo.

2. Ayllón Acosta, J. (2017). Pavimentos.
3. Bricomania. (2014). Obtenido de Hormigo, características y Usos.
4. Camacho Tauta, J. (2015). Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DIAASHTO-93.
5. Campos Requejo, R. (2018). Evaluación superficial aplicando Metodología PCI del Pavimento Flexible de la carretera Bagua-Alenya, Provincia Bagua, Amazonas 2018. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Chiclayo.
6. Cardenas Saavedra, F. (2018). Sustitución del recurso agua potable en la fabricación del concreto por agua residual tratada en Lima Norte. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
7. Carrillo Moreno, Y. O., & López Manrique, C. A. (2015). Diseño de concreto estructural ligero adicionando desperdicios de las ladrilleras del Distrito de Santa - 2015. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional de Santa.
8. Camacho Tauta, J. (2015). Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DIAASHTO-93.
9. Campos Requejo, R. (2018). Evaluación superficial aplicando Metodología PCI del Pavimento Flexible de la carretera Bagua-Alenya, Provincia Bagua, Amazonas 2018. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Chiclayo.
10. Carrillo Moreno, Y. O., & López Manrique, C. A. (2015). Diseño de concreto estructural ligero adicionando desperdicios de las ladrilleras del Distrito de Santa - 2015. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional de Santa.
11. Catanzaro Mesía, G., & Zapana Gago, O. A. (2019). Diseño y evaluación de concreto estructural de $f'c$ 280 kg/cm² elaborado con aguas residuales domésticas tratadas mediante procesos biológicos como alternativa al uso de agua potable en Lima Metropolitana. Tesis para optar título profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima.
12. Ccanto Clemente, F., & Mallcco Huayanay, A. (2019). Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional $F'c=210$ kg/cm² utilizando el agua

- subterránea en el mezclado en el distrito de Acobamba – Huancavelica - 2018.
13. Chavarry Vallejos, C. M. (2017). Metodología de la Investigación. Perú: Tipología.
 14. Cruz Rubio, O. F., & Ocaña Ortiz, F. A. (2019). Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD. Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás, Maestría en Infraestructura Vial, Bogotá.
 15. Dieguez Perales, V. (2018). Propiedades físicas del concreto elaborado con agua residual tratada. Tesis de Pregrado, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería Civil, Caracas.
 16. Fernandez Ruiz, M. A. (2020). Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsa, Tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, Mediante el Análisis Deflectómetro. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Cajamarca.
 17. García, A. (2016). Diseño de pavimento flexible método AASHTO-93.
 18. Gianfranco, C. M. (2019). Diseño y Evaluación de Concreto Estructural de $f'c$ 280 kg/cm² Elaborado con Aguas Residuales Domésticas tratadas mediante proceso Biológicos como alternativa al uso de Agua Potable en Lima Metropolitana. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Programa Académico de Ingeniería Civil, Lima.
 19. Gómez Maldonado, O. E. (2015). Criterios de optimización del diseño de sobrecarpas asfálticas para Bogotá, basados en ensayos no destructivos. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
 20. Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. México D.F: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
 21. Hernández, R., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). Metodología de la Investigación.
 22. Higuera Sandoval, C. H. (2006). Los cuencos de deflexión en estructuras de pavimentos flexibles.
 23. Limon Medina, J. (2016). Estudio Sobre Tecnologías Aplicadas A Las Mezclas De Concreto Hidráulico Para Reducir Su Permeabilidad Al Agua e Incrementar

Su Durabilidad. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

24. Marin Vasquez, M. J. (2015). Evaluación del comportamiento estructural de pavimento flexible a través del tiempo, utilizando el deflectómetro de impacto (HWD). Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
25. Méndez, A. C. (2014). Determinación de la Generación de Deformaciones Permanentes en estructuras de Pavimentos Flexibles por circulación de vehiculos Extra- Pesados en la Vía Concesionada Girardot - Ibagué - Cajamarca. Tesis de Pregrado, Universidad Militar Nueva Grande, Facultad de Ingeniería, Gogotá.
26. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.
27. Montejo Fonseca, A. (2018). Ingeniería de Pavimentos. Bogota: Universidad Catolica de Colombia (2013). MTC.
28. Rogers Hugo, G. C. (2016). Diseño de la Infraestructura para el Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Biodiscos del Sistema de Alcantarillado de la Localidad de Huayllaspanca - Sapallanga. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana los Andes, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Huancayo.
29. Sanchez de Guzman, D. (2017). Durabilidad y Patología del concreto. Colombia: Asociacion Colombiana de Productores de Concreto.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de consistencia.



RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020.

Problema	Objetivos	Marco Conceptual	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la relación de las cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible, Huancayo 2020?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible. Huancayo-2020.</p>	<p>Antecedentes:</p> <p>A nivel Internacional</p> <p>- Camilo Méndez, Adrian, 2014 presentó la tesis de pregrado Titulado: Determinación de la generación de deformaciones permanentes en estructuras de pavimentos flexibles por circulación de vehículos extra- pesados en la Vía Concesionada Girardot - Ibagué - Cajamarca de la Universidad Militar Nueva Granada- Bogotá.</p> <p>- Gómez Maldonado, Orlando Elias, 2015, presentó la tesis de pregrado Titulado: Criterios de optimización del diseño de sobre carpetas asfálticas para Bogotá, basados en ensayos no destructivos, de la Universidad Nacional de Colombia- Bogotá</p> <p>- Cruz Rubio & Ocaña Ortiz, 2019, presentó la tesis de pregrado Titulado: Evaluación estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de usme utilizando el deflectómetro de impacto o FWD,</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La relación de las cargas vehiculares con los cuencos de deflexión es proporcional a la magnitud de la fuerza que presiona en la estructura flexible, Huancayo-2020.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>- Cargas vehiculares</p>	<p>Vehículos ligeros</p> <p>Vehículos pesados eje simple</p> <p>Vehículos pesados eje tandém</p> <p>Espesores de capas</p> <p>Deflexión</p> <p>Módulo de la elasticidad de la capa</p> <p>Relación de Poisson</p>	<p>centímetros</p> <p>Kilogramos</p> <p>El espesor en milímetros o centímetros</p> <p>Medición de capas</p> <p>Medición de la deflexión</p> <p>Coefficiente de elasticidad de la capa</p> <p>En u</p>	<p>Método de investigación DEDUCCIÓN - INDUCCIÓN OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADO. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: CORRELACIONAL</p> <p>DESEÑO DE INVESTIGACIÓN: El diseño de la investigación es casual correlacional considerado puro, porque se ha manipulado intencionalmente la variable independiente (cuencos de deflexión y estructura de un pavimento flexible) es realizado la medición y se ha optado por grupos de comparación para la determinación de los objetivos. POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: La aplicación del presente trabajo de investigación se desarrollará en la red vial urbana de pavimentación flexible en la ciudad de Huancayo, identificándose específicamente como población la vía urbana, Jr. Los Incas, Chilca, Huancayo, respectivamente.</p> <p>MUESTRA: El muestreo será probabilístico para la población finita para ello se tuvo que realizar el cálculo para cada vía urbana seleccionada a continuación, se detallara el cálculo de determinación de la muestra estratificada.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cuál es diseño óptimo de la mezcla asfáltica en la estructura del pavimento flexible?</p> <p>b) ¿Cuál es la influencia entre las cargas vehiculares y la deflexión característica en la estructura del pavimento flexible?</p> <p>c) ¿En qué medida la aplicación de cargas vehiculares formara a los cuencos de deflexión en la estructura del pavimento flexible?</p>	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>a) Calcular el diseño óptimo de la mezcla asfáltica en laboratorio para la investigación de la estructura del pavimento flexible.</p> <p>b) Identificar la influencia entre las cargas vehiculares y la deflexión característica que presenta la estructura del pavimento flexible.</p> <p>c) Definir el valor máximo de deflexión de los cuencos de deflexión al aplicar la carga vehicular en la estructura del pavimento flexible.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Si es posible obtener un diseño óptimo de la mezcla asfáltica en laboratorio para la investigación de la estructura del pavimento flexible.</p> <p>b) La influencia de las Cargas Vehiculares en la determinación de la deflexión característica es directa y significativa.</p> <p>c) Al calcular el valor de los cuencos al aplicar la carga en la estructura varía de gran manera la estructura del pavimento flexible</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>- Cuencos de deflexión</p>	<p>Medición de capas</p> <p>Deflexión</p> <p>Módulo de la elasticidad de la capa</p> <p>Relación de Poisson</p>	<p>Medición de la deflexión</p> <p>Coefficiente de elasticidad de la capa</p> <p>En u</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA: La aplicación del presente trabajo de investigación se desarrollará en la red vial urbana de pavimentación flexible en la ciudad de Huancayo, identificándose específicamente como población la vía urbana, Jr. Los Incas, Chilca, Huancayo, respectivamente.</p> <p>MUESTRA: El muestreo será probabilístico para la población finita para ello se tuvo que realizar el cálculo para cada vía urbana seleccionada a continuación, se detallara el cálculo de determinación de la muestra estratificada.</p>	



		<p>A nivel Nacional</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ortega Porta, Humberto Marcelino (2016), presento la tesis de pregrado Título: Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas Terrazyme en el Distrito de Amanlis – 2016, Universidad de Huanuco – Peru. - Bonifacio Vergara, Werner Mainel y Sánchez Bermilla, Junior Arquímedes (2017), presento la tesis de posgrado Título: Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque, Universidad Nacional de Cajamarca – Peru. - Fernández Gálvez, Herman Wilbert (2017), presento la tesis de posgrado Título: Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca – Peru. 				<p>TECNICAS E INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos
--	--	---	--	--	--	---

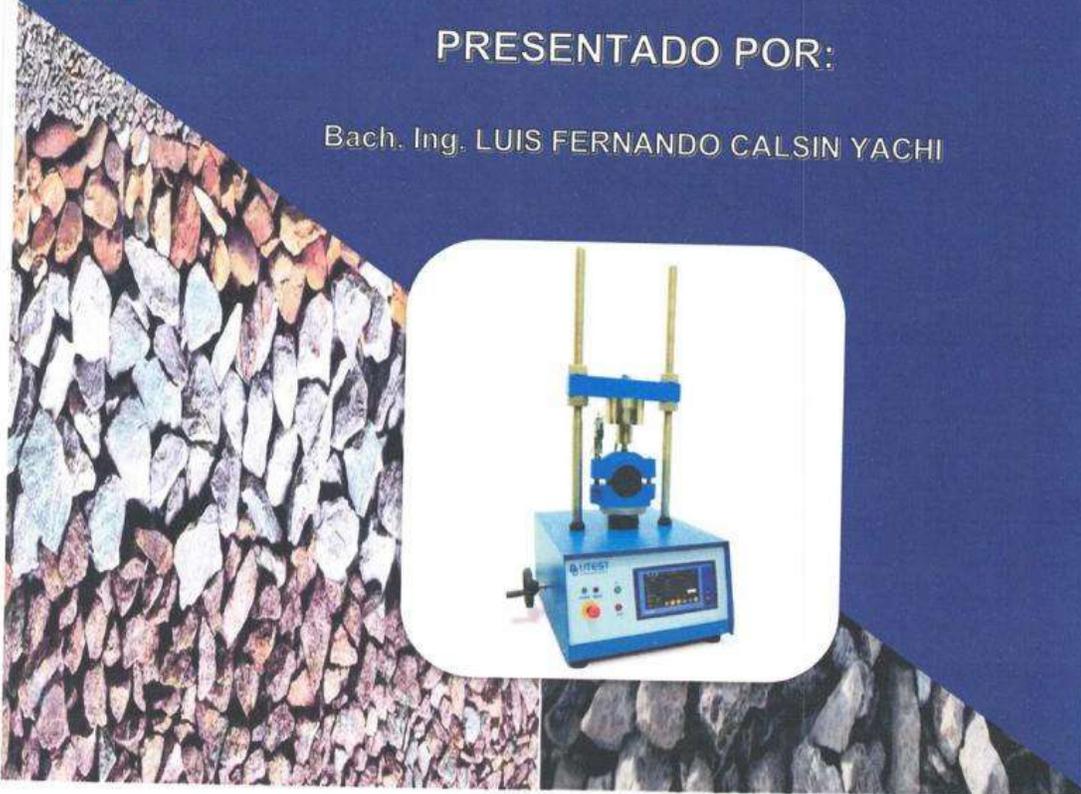
Anexo N° 2: Certificados de ensayos

2021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI



**“RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA
FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,
HUANCAYO-2020”**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRÁULICA

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

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

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



GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

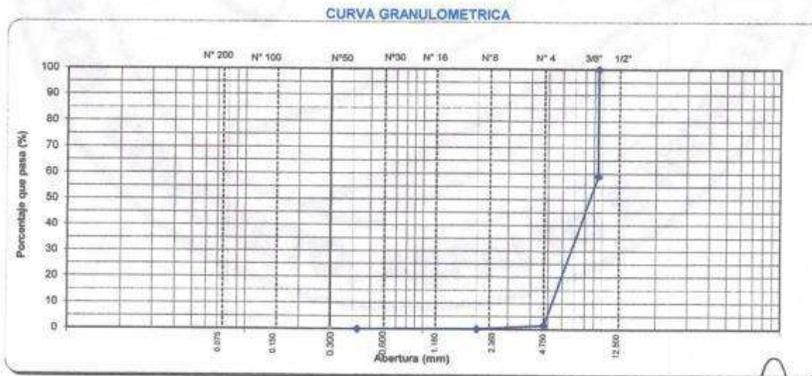
GEO TEST V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 RUC: 20606529229
 ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

Tesis: RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020
 SOLICITA: Bach. Ing. Calsin Yachi Luis Fernando
 TRAMO: -
 UBICACIÓN: Huancayo-Junin
 CANTERA: Apata
 MATERIAL: GRAVILLA 3/8" para Pavimento
 TÉCNICO J.H.R.
 FECHA: 11/11/2020

DATOS DE LA MUESTRA							
		PESO INICIAL		:		3000.0 g	
		MUESTRA		:		M-1	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.500				100.0		
3/8"	9.500	1232.0	41.1	41.1	58.9		
Nº 4	4.750	1721.0	57.4	98.4	1.6		
Nº 6	2.360						
Nº 10	2.000	41.5	1.4	99.8	0.2		
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	5.4	0.2	100.0	0.0		
Nº 60	0.300						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150						
Nº 200	0.075						
< Nº 200	FONDO	0.1	0.0	0.0			



Observaciones: _____



GEO TEST V & G
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
JOSE S. ROMAN ROMERO
 TÉCNICO LABORATORISTA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 RUC: 20606529229
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO: Tesis: RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020

SOLICITA: Bach. Ing. Calsin Yachi Luis Fernando

TRAMO: -

UBICACIÓN: Huancayo-Junin

CANTERA: Apata

MATERIAL: Grava 1/2" para Pavimento

TÉCNICO: J.H.R

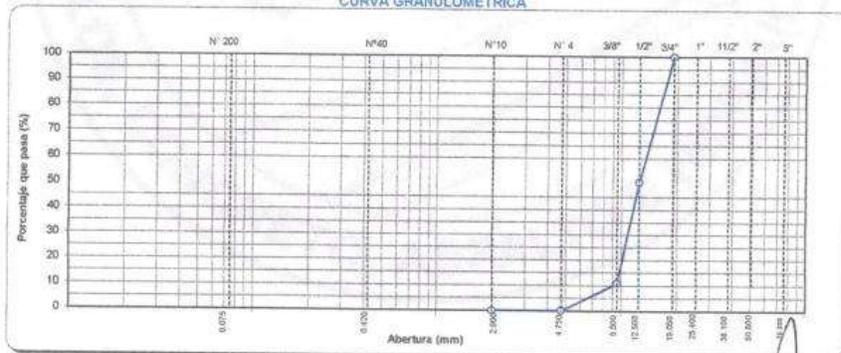
FECHA: 11/11/2020

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 1/2"	PESO INICIAL	: 5000.0 g
CANTERA	: APATA	MUESTRA	: M-1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						DATOS
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0		
1/2"	12.500	2468.0	49.4	49.4	50.6		PESO INICIAL (gr.) 5000.0
3/8"	9.500	1988.0	39.8	39.1	10.9		PESO FRAC FINA (gr)
Nº 4	4.750	538.2	10.8	99.9	0.1		
Nº 10	2.000	2.1	0.0	99.9	0.1		
Nº 10	0.850	3.7	0.1	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
JOSE S. HUAMAN ROMERO
 TÉCNICO LABORATORISTA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.

"CALIDAD Y CUIDADO EN EL CONTROL DE MATERIAS"



TECNOLOGÍA DE ORO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
RUC:20606529229



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

Teis: RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020

PROYECTO:
SOLICITA:
TRAMO:
UBICACIÓN:
CANTERA:
MATERIAL:

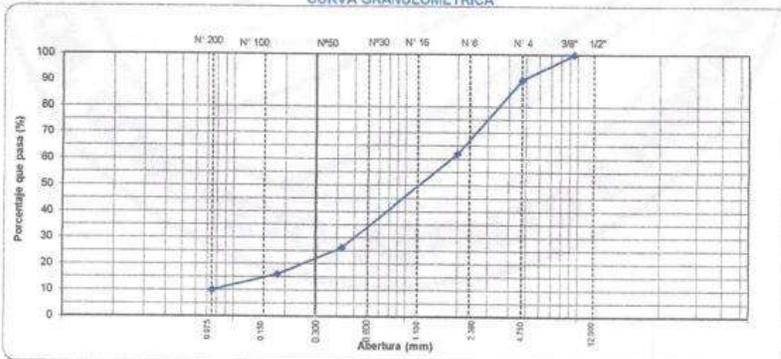
TÉCNICO J.H.R.
FECHA: 11/11/2020

DATOS DE LA MUESTRA

PESO INICIAL : 1000.0 g
MUESTRA : M-1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETIRODO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.500				100.0		
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0		
Nº 4	4.750	97.8	9.8	9.8	90.2		
Nº 6	2.360						
Nº 10	2.000	282.3	28.2	38.0	62.0		
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	357.9	35.8	73.8	26.2		
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.180	102.0	10.2	84.0	16.0		
Nº 100	0.150						
Nº 200	0.075	59.0	5.9	89.9	10.1		
< Nº 200	FONDO	101.0	10.1	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:



GEO TEST V S.A.C.
ING. JOSÉ S. HUAMAN POHERC
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 RUC: 20606529229

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

Tesis: RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020
 SOLICITA: Bach. Ing. Celsin Yachi Luis Fernando
 TRAMO: -
 UBICACIÓN: Huancayo-Junin
 CANTERA: Apata
 MATERIAL: Arena natural para Pavimento

TÉCNICO J.H.R
 FECHA: 11/11/2020

DATOS DE LA MUESTRA						
PESO INICIAL						: 1000.0 g
MUESTRA						: M-1
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.500				100.0	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 8	2.360					
Nº 10	2.000	2.7	0.3	0.3	99.7	
Nº 16	1.180					
Nº 30	0.600					
Nº 40	0.425	385.0	38.5	38.8	61.2	
Nº 50	0.300					
Nº 60	0.250	490.1	49.0	87.8	12.2	
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075	69.0	6.9	96.7	3.3	
<Nº 200	FONDO	33.2	3.3	100.0		



Observaciones:

Recibi Conforme
 11/11/2020
[Signature]

GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 JOSE S. HUAMAN ROMERO
 TÉCNICO LABORATORIAL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.

"CALIDAD Y CONFIANZA EN EL CONTROL DE MATERIALES"



TECNOLOGÍA DE CONTROL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
RUC:20606529229



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO: Tesis: RELACION DE CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, HUANCAYO-2020
SOLICITA: Bach. Ing. Calain Yachi Luis Fernando

TRAMO: -
UBICACION: Huancayo-Junin
CANTERA: Apata
MATERIAL: Filler- Cal para Asfalto

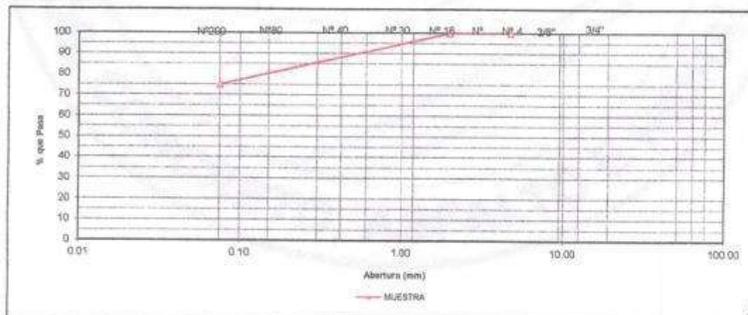
TECNICO: J.H.R.
FECHA: 11/11/2020

DATOS DE LA MUESTRA

TAMANO MAXIMO	:	# 4
Peso inicial seco	:	200.0 g
Peso lavado seco	:	49.9 g

TAMIZ	ANILLO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	AGUJALADO	QUE PASA		
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
1/4"	6.250						
# 4	4.750				100.0		
# 8	2.360						
# 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
# 18	1.180						
# 30	0.600						
# 40	0.425	4.1	2.1	2.1	86.0		
# 50	0.300						
# 80	0.180	21.8	10.9	13.0	87.1		
# 100	0.150						
# 200	0.075	24.0	12.0	25.0	75.1		
< # 200	FONDO	150.1	75.1	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



GEO TEST V S.A.C.

REGISTRADO EN SU REGISTRO NACIONAL DE MARCAS

JOSE S. HUAMAN ROMERO
TÉCNICO LABORATORISTA

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

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

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



COMBINACIÓN TEÓRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : J.B. GRAU N° 211 CHILCA
E-MAIL : LABOR@GEOTESTV.COM.VE
INFORMACIÓN: CARRERA 14, PUNTO 14, PARQUE PUZO AV. FERROVIARIA
GEOTESTV@GMAIL.COM
CALLEJÓN : 992525151 992525151 991375893
FACEBOOK : GEO TEST V. S. A. C.
RUC : 30960039529



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
Codigo de formato : CA-EX-01 REV.01 FECHA 2021-02-11
Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
Ubicación : Huancayo-Junin
Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
Fecha de recepción : NOV-2020
Cantera : Apata
N° de muestra : 01
Clase de material : Agregados para Pavimento
Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
Ensayo por : J.H.R.
Fecha de emisión : NOV-2020

COMBINACION DE AGREGADOS

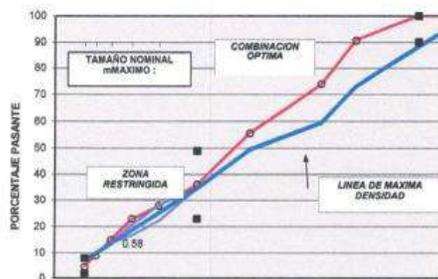
Abertura Malla	AASHTO T-27 (mm)	Granulometría de los Agregados						% Combinado que pasa	Especificación MAC -2	
		Agregado N°1 G. TRIT 3/8"	Agregado N°2 G TRT 1/2"	Agregado N°3 ARENA CH	Agregado N°4 A. NAT	Agregado	Filler		MIN	MAX
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	100.0	80.6	100.0	100.0	100.0	90.6	80	100	
3/8"	9.500	58.9	10.9	100.0	100.0	100.0	74.0	70	88	
N° 4	4.750	1.6	0.1	80.2	100.0	100.0	55.5	51	68	
N° 10	2.000	0.2	0.1	82.0	99.7	100.0	44.2	38	52	
N°40	0.426	0.0		26.2	61.2	98.0	22.5	17	28	
N° 80	0.177			16.0	12.2	87.1	8.7	8	17	
N° 200	0.075			10.1	3.3	75.1	4.6	4	8	

COMBINACION

APORTE DE AGREGADOS N°1 Y N° 2 (%)	SUB - TOTAL A (%)	APORTE DE AGREGADOS N°3 Y N°4 (%)			SUB - TOTAL B (%)	TOTAL
Grava Trit. 3/8"	22.00	Arena Trit.		39.00	Filler	0.00
G TRT 1/2"	19.00	Arena Nat.		20.00		
Sub Total	41.00			59.00	0.00	59.00
APORTE TOTAL DE GRAVA EN MEZCLA (%)	44.5	APORTE TOTAL DE ARENA EN MEZCLA (%)			55.5	100.0

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
COMBINACION DE AGREGADOS
(MALLAS EN ESCALA LOGARITMICA)

CURVA GRANULOMETRICA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS DE ACUERDO AL CRITERIO SUPERPAVE
(MALLAS EN ESCALA LOGARITMICA - POTENCIA 0.45)



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, así como la manipulación de sus datos.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. SAC
TAMICES SERIE ASTM
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP: N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

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

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

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



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAD N° 211 CHILDA
 E-MAIL : LABGEOTESTV@GMAIL.COM
 REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 BRIDGE CON AV. LEONARDO PRADO
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 CELULAR : 952521151 - 972831911-991375093
 WHATSAPP : 90600529289

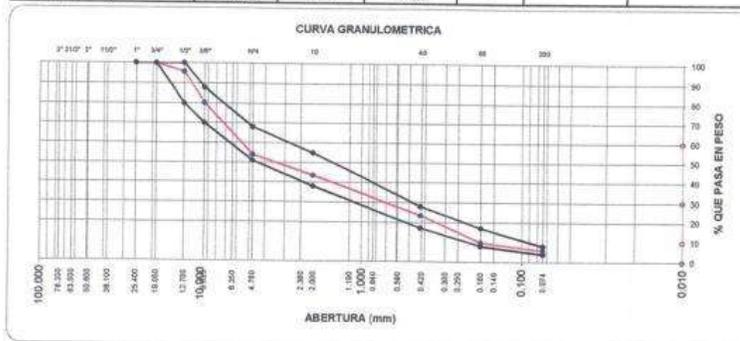
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : "RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 98/2021-GEO-TESTV-SAC
 Centro : Apata
 Código de formato : CA-EX-91 REV.01 FECHA 2021-02-11
 N° de muestra : 01
 Peticionario : BACH. INGLUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Clase de material : Agregados para Mezcla Asfáltica
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Fecha de emisión : NOV-2020

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E - 204)

Peso de muestra seca : 5000.0

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific. MAC-2
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					100 - 100
3/4"	19.050				100.0	100 - 100
1/2"	12.700	211.70	4.23	4.23	95.8	80 - 100
3/8"	9.525	769.29	15.39	19.62	80.4	70 - 88
No 4	4.760	1315.72	26.31	45.93	54.1	51 - 68
No 10	2.000	525.90	10.52	56.45	43.5	38 - 55
No 40	0.426	1009.18	20.18	76.64	23.4	17 - 28
No 80	0.180	678.64	13.57	90.21	9.8	8 - 17
No 200	0.074	199.64	3.99	94.20	5.8	4 - 8
PASA		149.92	3.00	97.20	-	



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 8.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

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

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

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

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



**CALIDAD DE
AGREGADO FINO**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN: JR. GRAU N° 3111, CHILECA
 TEL: 011-42421111 (9 líneas al parqueo) / 011-42421112 (9 líneas al parqueo)
 CELULAR: 955253151 / 972431911 / 991379093
 E-MAIL: LABORATORIO@GEO-TESTV.COM
 LABORATORIO@GEO-TESTV.COM
 FACEBOOK: GEO-TEST-V.S.A.C.
 WWW: 20606529329

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

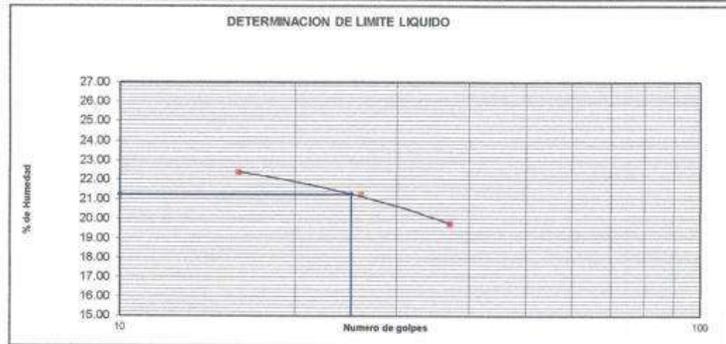
Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 082021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01 REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junín
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cantera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Fino
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de emisión : NOV-2020

**LIMITES DE CONSISTENCIA
MTC E - 110, MTC E - 111**

MUESTRA : Mezcla de Agregados Asfalto

Limite Líquido :				
ENSAYO N°	1	2	3	
N° de Golpes	16	26	37	
Recipiente N°	20	19	7	
R + Suelo Hum.	43.65	45.24	41.06	
R + Suelo Seco	39.22	40.68	37.45	
Peso de agua	4.43	4.56	3.61	
Peso de Recip.	19.40	19.19	19.16	
Peso de S. Seco	19.82	21.49	18.29	
% de Humedad	22.35	21.22	19.74	

Limite Plástico :				
ENSAYO N°				
Recipiente N°				
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco	N	P		
Peso de agua				
Peso de Recip.				
Peso de S. Seco				
% de Humedad				



Resultados	
Límite Líquido	21
Límite Plástico	NP
Ind. Plástico	NP

OBSERVACIONES:
 Ensayo realizado pasante de la malla N° 200.

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT.ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una copia exacta de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N 211 CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 CRUCE CON AV. LEONDO PRADO)
 CELULAR : 952629151 - 972831911 - 991375093
 E-MAIL : LABORTESTIVO2@GMAIL.COM
 REDTESTV@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C
 RUC : 20006529329

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. INGLUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cantera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Fino
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R
 Fecha de emisión : NOV-2020

LIMITES DE CONSISTENCIA
 MTC E - 110, MTC E - 111

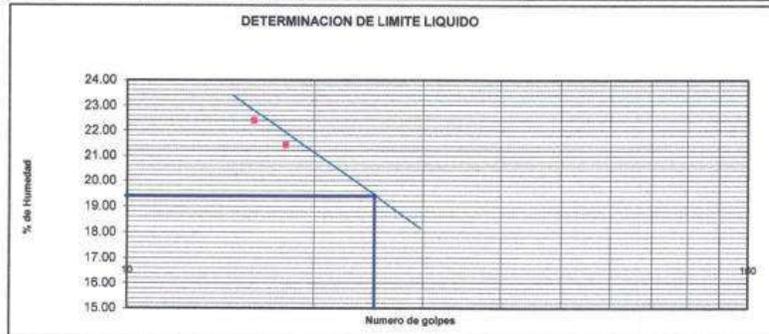
Límite Líquido :

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	21	18	16
Recipiente N°	12	16	18
R + Suelo Hum.	46.79	46.81	47.53
R + Suelo Seco	42.37	41.86	42.48
Peso de agua	4.42	4.95	5.05
Peso de Recip.	10.58	18.74	19.92
Peso de S. Seco	31.79	23.12	22.56
% de Humedad	13.90	21.41	22.38

Límite Plástico :

ENSAYO N°		
Recipiente N°		
R + Suelo Hum.		
R + Suelo Seco	N	P
Peso de agua		
Peso de Recip.		
Peso de S. Seco		
% de Humedad		

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO



Resultados	
Límite Líquido	19.40
Límite Plástico	NP
Índ. Plástico	NP

OBSERVACIONES :

Ensayo realizado pasante de la malla
 N° 40.

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT.ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como evidencia de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

 CIP N° 241312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JIRIBRAU N° 311 CHILCA
 TREC. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO
 CELULAR : 952525151 972831911 991379093
 E-MAIL : LABGEOV@GMAIL.COM
 BESTESTV@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 RUC : 200066284299



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING.LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junín
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cartera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Fino
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R
 Fecha de emisión : NOV-2020

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y
 AGREGADO FINO
 NTP 339.146/ASTM D 2419-14/MTC E-114

DETALLE	IDENTIFICACION		
	1	2	3
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4) (mm)	4.75	4.75	4.75
Hora de entrada a saturación	10:45	10:47	10:49
Hora de salida de saturación (mas 10')	10:55	10:57	10:59
Hora de entrada a decantación	10:57	10:59	11:01
Hora de salida de decantación (mas 20')	11:17	11:19	11:21
Altura máxima de material fino (pulg)	4.80	4.90	5.10
Altura máxima de la arena (pulg.)	3.30	3.50	3.60
Equivalente de Arena (%)	68.75 %	71.43 %	70.59 %
Equivalente de Arena promedio	70.26 %		

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. BRAD N° 911 - CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 CRUCE CON AV. LEONARDO PRADO)
 CELULAR : 952525151 - 973831911 - 991375093
 E-MAIL : LABORTESTV2020@MAIL.COM
 GEO TEST V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 RUC : 20600529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
 Codigo de formato : CA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cantera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Fino
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de emisión : NOV-2020

GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS MTC E - 206
 Agregado Fino de La Mezcla < N°4 - 0

IDENTIFICACION		1	2	3	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)				
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)				
C	Vol de masas + Vol de vacios = A-B				
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)				
E	Vol de masas = C-(A-D)				
Pe Bulk (Base Seca) = D/C					
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C					
Pe Aparente (Base Seca) = D/E					
% de Absorción = ((A-D)/D)*100					

GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS MTC E - 205
 Agregado Fino de la Mezcla N° 4 - 0

IDENTIFICACION		1	2	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	500.0	500.0	
B	Peso frasco + H ₂ O	642.0	642.0	
C	Peso frasco + H ₂ O + (A)*(A+B)	1142.0	1142.0	
D	Peso de Mat. + H ₂ O en el frasco	950	937	
E	Vol de masas + Vol de vacios = C-D	192.0	205	
F	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	480.4	478.9	
G	Vol de masas = E-(A-F)	172.4	183.9	
Pe Bulk (Base Seca) = F/E		2.502	2.336	2.419
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E		2.604	2.439	2.522
Pe Aparente (Base Seca) = F/G		2.787	2.604	2.695
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		4.080	4.406	4.2

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
 ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

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

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

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229



CALIDAD DE AGREGADO GRUESO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : UR. GRAB. N° 2111 - CHILCA
 (REV. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 CRUCE CON AV. FONDO PRADO)
 CELULAR : 952526151 - 972631911-991375093
 E-MAIL : LABGTESTV@GMAIL.COM
 GEO TEST V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 RUC : 30666529239

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 09/2021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cartera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Grueso
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de emisión : NOV-2020

ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS
NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131

TAMIZ		GRADACIÓN			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"		2500.00 g		
1/2"	3/8"		2500.00 g		
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 4				
N° 4	N° 8				
N° de esferas					
Gradación			B		
Peso Inicial (g)			5000.0		
Número de revoluciones			500		
Peso Mat./Ret. en la N° 12 (g)			3390		
Peso Mat. pasa Malla N° 12 (g)			1610		
Porcentaje Desgaste			32.20 %		

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT/ART.6 -Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILDA
 (REF: A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRIGARRIL
 CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)
 E-MAIL : LABGOTESTV@GMAIL.COM
 GEOTESTV@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C
 CELULAR : 952689151 - 972831911 - 991375093
 RUC : 20680659329

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"	Cantera	: Apata
Expediente N°	: 082021-GEO-TESTV-SAC	N° de muestra	: 01
Codigo de formato	: CA-EX-01/REV 01/FECHA 2021-02-11	Clase de material	: Agregado Grueso
Peticionario	: BACH. INGLUIS FERNANDO CALSIN YACHI	Norma	: NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
Ubicación	: Huancayo-Junin	Ensayado por	: J.H.R
Estructura	: PAVIMENTO FLEXIBLE	Fecha de emisión	: NOV-2020
Fecha de recepción	: NOV-2020		

MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO
ASTM D 5821-MTC E-210

PARTICULA DE UNA SOLA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material con 1 cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
3/4"	1/2"	1.58 %	25.00 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %
1/2"	3/8"	98.42 %	1562.00 g	1542.00 g	98.72 %	97.16 %
TOTAL		100.00 %	1587.00 g	1542.00 g	98.72 %	97.16 %
Porcentaje de partículas Chatas						97.16 %

PARTÍCULA MÁS DE UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material más de una cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
3/4"	1/2"	1.58 %	25.00 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %
1/2"	3/8"	98.42 %	1562.00 g	1530.00 g	97.95 %	96.40 %
TOTAL		100.00 %	1587.00 g	1530.00 g	97.95 %	96.40 %
Porcentaje de partículas Alargadas						96.40 %

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	1587.0 g
PARTICULAS FRACTURADAS	97.16 % / 96.40 %

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

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

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-08-INDECOPI-CRT.ART.6 - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : URUGUAY N° 211 CHILEDA E-MAIL : LABORTESTV@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL) : GEO TEST V. SAC@GMAIL.COM
 CRUCE CON AV. LEONCHI PRADO) : FACEBOOK : GEO TEST V. P.A.C.
 DELULAR : 952525151 - 972631911-991375093 RUC : 20606529329



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cantero : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Grueso
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de emisión : NOV-2020

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS
MTC E-221/NTL-354

INDICE DE APLANAMIENTO

Tamaño Agregado		Peso Retenido de la Muestra original	Gradacion Original	Peso Partículas planas	Peso Partículas No Planas	Indice de aplanamiento de la fracción (%)	Partículas planas corregidas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz						
2 1/2"	2"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
3/4"	1/2"	25.00 g	1.58 %	5.00 g	20.00 g	20.00 %	0.32 %
1/2"	3/8"	1562.00 g	98.42 %	85.00 g	1477.00 g	5.44 %	5.36 %
3/8"	1/4"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
TOTAL		1587.00 g	100.00 %	90.00 g	1497.00 g		
Porcentaje de partículas Chatas							5.67 %

INDICE DE ALARGAMIENTO

Tamaño Agregado		Peso Retenido de la Muestra original	Gradacion Original	Peso Partículas Largas	Peso Partículas no Largas	Indice de aplanamiento de la fracción (%)	Partículas Largas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
3/4"	1/2"	25.00 g	1.58 %	7.00 g	18.00 g	28.00 %	0.44 %
1/2"	3/8"	1562.00 g	98.42 %	40.00 g	1522.00 g	2.56 %	2.52 %
3/8"	1/4"	0.00 g	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
TOTAL		1587.00 g	100.00 %	47.00 g	1540.00 g		
Porcentaje de partículas Alargadas							2.96 %

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	1587.0 g
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	8.6 %

GEO TEST V. SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

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

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. EMAL N° 211 CHILEDA
 TREC. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 BRUCE EDH AV. LEONCIO PRADO
 CELULAR : 95255151 - 972821911-991375093
 E-MAIL : LABGEOTESTV@GMAIL.COM
 BETTESTV@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A. D.
 RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Expediente N° : 08/2021-GEO-TESTV-SAC
 Código de formato : CA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Ubicación : Huancayo-Junin
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE
 Fecha de recepción : NOV-2020
 Cantera : Apata
 N° de muestra : 01
 Clase de material : Agregado Grueso
 Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131
 Ensayado por : J.H.R.
 Fecha de emisión : NOV-2020

GRAVEDAD ESPECIFICA
 MTC E - 205, MTC E-206

GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCIÓN DE AGREGADOS MTC E - 206
 Agregado Grueso de La Mezcla 3/4" - N° 4

IDENTIFICACION	1	2	3	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	2774.0		
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)	1722.0		
C	Vol de masas + Vol de vacios = A-B	1052.0		
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	2731.8		
E	Vol de masas = C-(A-D)	1009.8		
Pe Bulk (Base Seca) = D/C		2.597		2.597
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C		2.637		2.637
Pe Aparente (Base Seca) = D/E		2.705		2.705
% de Absorción = ((A-D)/D)*100		1.545		1.5

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la

GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

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

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

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

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

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

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229



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

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

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



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: :TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Peticionario :BACH. ING.LUIS FERNANDO CALSIN YACHI Norma : ASTM D 6926 - ASTM D 6926
 Ubicación : Huancaayo-Junín Muestreado por : J.H.R.
 Estructura :PAVIMENTO FLEXIBLE Fecha de Ensayo : FEB-2021

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (ASTM D 6926 - ASTM D 6926)										
Material	%	Contenido de Asfalto 5.0%								
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ										
Mezcla Física	100.0	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	
% QUE PASA	100.0	95.8	80.4	54.1	43.5	23.4	9.8	5.8		
ESPECIFICACIÓN	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		
N°	Numero de Probeta	N	1	2	3				Promedio	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00					
2	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	43.60	43.60	43.60					
3	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	51.40	51.40	51.40					
4	% de filler en la mezcla	%	0.00	0.00	0.00					
5	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.026	1.026	1.026				1.026	
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.597	2.597	2.597					
7	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.419	2.419	2.419					
8	Peso Especifico del filler									
9	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1169.0	1192.0	1188.0					
10	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1170.0	1196.0	1190.0					
11	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	643.2	661.0	658.5					
12	Volumen de la Probeta	c.c.	526.8	535.0	531.5					
13	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.219	2.228	2.235				2.227	
14	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.382	2.382	2.382				2.382	
15	% de Vacios	%	6.8	6.5	6.2				6.49	
16	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.498	2.498	2.498					
17	Peso Especifico del Agregado Total	gr/cc.	2.560	2.560	2.560					
18	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.00	1.00	1.00					
19	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.41	84.75	85.02					
20	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	8.75	8.79	8.82					
21	% Vacios del Agregado Mineral; VMA	%	15.6	15.3	15.0				15.28	
22	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.05	4.05	4.05					
23	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	56.1	57.6	58.9				57.5	
24	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.43	1.43	1.43				1.43	
25	Lectura del Aro		16.2	15.26	10.25					
26	Estabilidad sin Corregir	kg	1652	1556	1045				1418	
27	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00					
28	Estabilidad Corregida	kg	1652	1556	1045					
29	Fluencia	mm.	3.1	3.2	2.9				3.1	
30	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	5329	4863	3603				4698.3	
OBSERVACIONES : -----										

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

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

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

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



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: :TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"

Peticionario : BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI **Norma** : ASTM D 6926 - ASTM D 6926
Ubicación : Huancayo-Junín **Muestreado por** : J.H.R
Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE **Fecha de Ensayo** : FEB-2021

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (ASTM D 6926 - ASTM D 6926)											
Material	%	Contenido de Asfalto 5.5%									
A	Agregado Grueso	45.9									
B	Agregado Fino	54.1									
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
Mezcla Física	100.0	0	0	0	0	0	0	0	38.1	25.4	
% QUE PASA	100.0	100.0	95.8	80.4	54.1	43.5	23.4	9.8	5.8		
ESPECIFICACIÓN	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8			
N°	Numero de Probeta	N	1	2	3					Promedio	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50						
2	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	43.38	43.38	43.38						
3	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	51.12	51.12	51.12						
4	% de filler en la mezcla	%	0.00	0.00	0.00						
5	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.026	1.026	1.026					1.026	
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.597	2.597	2.597						
7	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.419	2.419	2.419						
8	Peso Especifico del filler										
9	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1184.0	1180.0	1192.0						
10	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1194.0	1184.0	1197.0						
11	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	669.4	661.6	665.9						
12	Volumen de la Probeta	c.c.	524.6	522.4	531.1						
13	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.257	2.259	2.244					2.253	
14	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.376	2.376	2.376					2.376	
15	% de Vacios	%	5.0	4.9	5.5					5.16	
16	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.498	2.498	2.498						
17	Peso Especifico del Agregado Total	gr/cc.	2.573	2.573	2.573						
18	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.20	1.20	1.20						
19	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.40	85.47	84.92						
20	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.59	9.60	9.54						
21	% Vacios del Agregado Mineral VMA	%	14.6	14.5	15.1					14.74	
22	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.36	4.36	4.36						
23	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	65.7	66.1	63.3					65.0	
24	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.33	1.33	1.33					1.33	
25	Lecturas del Arco		13.520	10.290	14.200						
26	Estabilidad sin Corregir	kg	1379	1049	1448					1292	
27	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00						
28	Estabilidad Corregida	kg	1379	1049	1448						
29	Fluencia	mm.	3.2	3.4	3.4					3.3	
30	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4308	3085	4259					3883.9	
OBSERVACIONES : -----											


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


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.

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

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



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: :TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Peticionario :BACH. ING.LUIS FERNANDO CALSIN YACHI Norma : ASTM D 6926 - ASTM D 6926
 Ubicación : Huancayo-Junín Muestreado por : J.H.R
 Estructura :PAVIMENTO FLEXIBLE Fecha de Ensayo : FEB-2021

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (ASTM D 6926 - ASTM D 6926)											
Material	%	Contenido de Asfalto 6.0%									
A	Agregado Grueso	46.9									
B	Agregado Fino	54.1									
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
Mezcla Física	100.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
% QUE PASA	100.0	100.0	95.8	80.4	54.1	43.5	23.4	9.8	5.8		
ESPECIFICACIÓN	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8			
N°	Numero de Probeta	N	1	2	3					Promedio	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00						
2	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	43.15	43.15	43.15						
3	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	50.85	50.85	50.85						
4	% de filler en la mezcla	%	0.00	0.00	0.00						
5	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.026	1.026	1.026					1.026	
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.597	2.597	2.597						
7	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.419	2.419	2.419						
8	Peso Especifico del filler										
9	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1193.0	1180.0	1187.0						
10	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1196.0	1186.0	1192.0						
11	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	672.5	669.4	667.9						
12	Volumen de la Probeta	c.c.	523.5	516.6	524.1						
13	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.279	2.284	2.265					2.276	
14	Peso Especifico Máximo (RICE)	gr/cc.	2.373	2.373	2.373					2.373	
15	% de Vacios	%	4.0	3.7	4.6					4.09	
16	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.498	2.498	2.498						
17	Peso Especifico del Agregado Total	gr/cc.	2.590	2.590	2.590						
18	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.47	1.47	1.47						
19	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.77	85.97	85.24						
20	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.26	10.29	10.20						
21	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.2	14.0	14.8					14.34	
22	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.62	4.62	4.62						
23	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	72.1	73.3	69.1					71.5	
24	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.25	1.25	1.25					1.25	
25	Lectura del Aro		12.29	11.5	11.2						
26	Estabilidad sin Corregir	kg	1253	1172	1142					1189	
27	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00						
28	Estabilidad Corregida	kg	1253	1172	1142						
29	Fluencia	mm.	3.5	3.8	3.6					3.6	
30	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3580	3085	3172					3279.0	
OBSERVACIONES : -----											

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.

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

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



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: :TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DEFLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Peticionario :BACH. ING.LUIS FERNANDO CALSIN YACHI Norma : ASTM D 6926 - ASTM D 6926
 Ubicación : Huancayo-Junín Muestreado por : J.H.R.
 Estructura :PAVIMENTO FLEXIBLE Fecha de Ensayo : FEB-2021

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (ASTM D 6926 - ASTM D 6926)										
Material		Contenido de Asfalto 6.5%								
A	Agregado Grueso	45.9	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ							
B	Agregado Fino	54.1								
Mezcla Física		100.0	0	0	0	0	0	0	0	0
% QUE PASA		100.0	100.0	95.8	80.4	54.1	43.5	23.4	9.8	5.8
ESPECIFICACIÓN		100	80 - 100	70 - 65	51 - 66	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
N°	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio				
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50					
2	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.92	42.92	42.92					
3	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	50.58	50.58	50.58					
4	% de filler en la mezcla	%	0.00	0.00	0.00					
5	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	1.026				
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.597	2.597	2.597					
7	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.419	2.419	2.419					
8	Peso Especifico del filler									
9	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1191.0	1194.0	1192.0					
10	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1192.0	1196.0	1193.0					
11	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	670.8	672.4	673.1					
12	Volumen de la Probeta	c.c.	521.2	523.6	519.9					
13	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.285	2.280	2.293	2.286				
14	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.364	2.364	2.364	2.364				
15	% de Vacios	%	3.3	3.5	3.0	3.30				
16	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.498	2.498	2.498					
17	Peso Especifico del Agregado Total	gr/cc.	2.600	2.600	2.600					
18	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.61	1.61	1.61					
19	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.55	85.37	85.63					
20	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.12	11.09	11.15					
21	% Vacios del Agregado Mineral VMA	%	14.5	14.6	14.2	14.42				
22	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99					
23	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	76.9	75.8	76.7	77.2				
24	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16				
25	Lectura del Aro		9.56	11.36	9.2					
26	Estabilidad sin Corregir	kg	974	1157	938	1023				
27	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00					
28	Estabilidad Corregida	kg	974	1157	938					
29	Fluencia	mm.	3.8	3.9	4.0	3.9				
30	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2564	2967	2344	2625.2				
OBSERVACIONES : -----										

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

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

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

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



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: :TESIS: " RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLEXION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Peticionario :BACH. ING. LUIS FERNANDO CALSIN YACHI Norma : ASTM D 6926 - ASTM D 6926
 Ubicación : Huancayo-Junín Muestreado por : J.H.R.
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE Fecha de Ensayo : FEB-2021

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (ASTM D 6926 - ASTM D 6926)											
Material	%	Contenido de Asfalto 7.0%									
A	Agregado Grueso	45.9									
B	Agregado Fino	54.1									
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
Mezcla Física		100.0	0	0	0	0	0	0	0	0	
% QUE PASA		100.0	95.8	80.4	54.1	43.5	23.4	9.8	5.8		
ESPECIFICACIÓN		100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		
N°	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio					
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	7.00	7.00	7.00						
2	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.69	42.69	42.69						
3	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	50.31	50.31	50.31						
4	% de filler en la mezcla	%	0.00	0.00	0.00						
5	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.026	1.026	1.026	1.026					
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.597	2.597	2.597						
7	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.419	2.419	2.419						
8	Peso Especifico del filler										
9	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1184.0	1179.0	1180.0						
10	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1188.0	1180.1	1181.0						
11	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	667.9	662.5	665.1						
12	Volumen de la Probeta	c.c.	517.1	517.6	515.9						
13	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.290	2.278	2.287	2.285					
14	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.351	2.351	2.351	2.351					
15	% de Vacios	%	2.6	3.1	2.7	2.81					
16	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.498	2.498	2.498						
17	Peso Especifico del Agregado Total	gr/cc.	2.604	2.604	2.604						
18	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.68	1.68	1.68						
19	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.26	84.82	85.17						
20	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.13	12.07	12.12						
21	% Vacios del Agregado Mineral VMA	%	14.7	15.2	14.8	14.92					
22	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.44	5.44	5.44						
23	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.3	79.5	81.7	81.2					
24	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.07	1.07	1.07	1.07					
25	Lectura del Aro		8.26	8.12	8.32						
26	Estabilidad sin Corregir	kg	842	828	848	839					
27	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00						
28	Estabilidad Corregida	kg	842	828	848						
29	Fluencia	mm.	4.0	4.2	4.1	4.1					
30	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2105	1970	2068	2047.7					
OBSERVACIONES : _____											


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


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

DIRECCIÓN
 CELULAR

: Jr. GRAU N° 211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frontal del Parque Puro) Av. Ferrocarril cruce con Av. Lampa (Prado)
 : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgetestv02@gmail.com / geotestv@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
 RUC : 20606529229

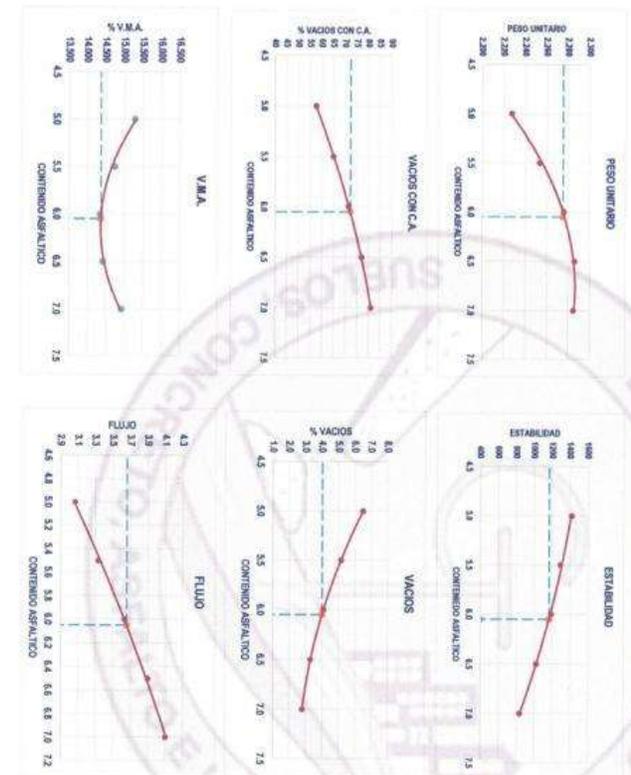


Proyecto : TESIS "RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE DEFORMACION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"
 Peticionario : BACH. INGLUIS FERNANDO CALSIN YACHI
 Estructura : PAVIMENTO FLEXIBLE

Elaborado por : J. LAR

Código de formato : CMEXCEN/REV/INFORMA/2017-02-11
 Fecha de emisión : FEB 2017

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
**DETERMINACION DEL OPTIMO DE CEMENTO ASFALTICO
 CURVAS DE ENERGIA DE COMPACTACION CONSTANTE**



CARACTERISTICAS MARSHALL	
DISEÑO	
GOLPES POR CARA	75
CEMENTO ASFALTICO	% 6.1
PESO UNITARIO	g/cm³ 2.27
VACIOS	% 4.0
V.M.A.	% 14.36
VACIOS LLENOS CON C.A.	% 72.15
FLUIDO	mm. 3.66
ESTABILIDAD	kg. 1163.40
ESTABILIDAD/FLUIDO	kg/cm 318

DOSIFICACION	
22.00%	GRAVA TRIT. 3/8"
18.00%	GRAVA TRIT. 1/2"
39.00%	ARENA TRIT.
20.00%	ARENA NATURAL
0.00%	FILLER

GEO TEST V.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
 ING. WILLY VILLALBA
 JEFE DE LABORATORIO

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

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

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



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

CIÓN : Jr. GRAUN 211 - CHILCA : E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
 (Rel. a una cuadra frente al parque Puzo, Av. Ferrn arriaferruc con Av. Leonora Prado)
 : 952525151 - 972831911 - 991375093 : FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
 AR : RUC : 20606529229



ORDEN DE EMPLEO	LADO	PRIMO	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO										DEFLEXIONES PARACENALES (m ² mm)										DEFLEXIONES - RELACION DE BRAZOS DE 10:1 (m ² mm)										Estado de Curvatura (m ² mm)							
			B1 + 2.0 cm	B1 + 4.0 cm	B1 + 6.0 cm	B1 + 8.0 cm	B1 + 10 cm	B1 + 12 cm	B1 + 14 cm	B1 + 16 cm	B1 + 18 cm	B1 + 20 cm	C0	C05	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80	C85	C90	C95		C100						
OBRA			MEDIDA DE LA DEFLEXION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1022)																																					
ACTIVIDAD			TESIS: "RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CURVAS DE DEPLECION EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE"																																					
TIPO DE PAVIMENTO			MEDICION DE DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA (ESTUDIO DE DEFLECTOMETRIA)																																					
CARGA DE EJE DEL CAMION			TRATAMIENTO SUPERFICIAL (CAMPETA ASPALTICA + CAPAS GRANULARES)																																					
PRESION DE INFLADO DE NEUMATICOS			6.2 TN																																					
GRUPO DE MEDICION DE DEFLEXIONES			VIGA BENKELMAN - RELACION DE BRAZOS 1:4 (DEFLECTOMETRO MARCA BAKER)																																					
TEMPERATURA			24° C																																					
REGINA			SACH INCLUS FERNANDO GALBANYACH																																					
SOLICITADO POR																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO										DESVI. ESTANDAR
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	14.00	7.20	4.40	4.28	2.29	7.83	0.00	14.85	10.47		



Los De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Especificaciones Técnicas En Las Especialidades De Suelos, Concreto, Asfalto, E Hidráulica Aplicadas En Obras Civiles

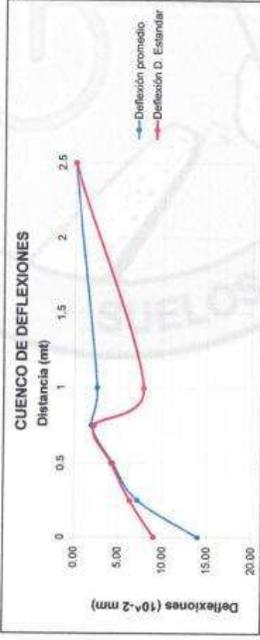
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



GEO TEST V. S.A.C.

CIÓN : Jr. GRAU N 211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo - Av. Ferrocarril cruce con Av. Lección Prado)
 E-MAIL : labgeotest02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
 RUC : 20606529229

CURVA		MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEBLIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
ACTIVIDAD		TESIS: "RELACION DE LAS CARGAS VEHICULARES EN LA FORMACION DE CUENCAS DE FLUJON EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEBLIBLE"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
TIPO DE PAVIMENTO		MEDICIÓN DE DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA (ESTUDIOS DE DEFLECTOMETRÍA)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN		TRATAMIENTO SUPERFICIAL (CARPETA ASFÁLTICA - CAPAS GRANULARES)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS		80 PSI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES		VIGA BENKELMAN - RELACION DE BRAZOS 1:4 (DEFLECTOMETRO MARCA BAKER)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
TEMPERATURA		25 ° C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
FECHA		ene-21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
SOLICITADO POR		BACH. INGLIS FERNANDO GALIN YAGOR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
PTO DE EMBAUDO	LADO	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	PROG	R1 = 25 cm	R2 = 50 cm	R3 = 75 cm	R4 = 100 cm	R5 = 150 cm	R6 = 200 cm	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40	D41	D42	D43	D44	D45	D46	D47	D48	D49	D50	D51	D52	D53	D54	D55	D56	D57	D58	D59	D60	D61	D62	D63	D64	D65	D66	D67	D68	D69	D70	D71	D72	D73	D74	D75	D76	D77	D78	D79	D80	D81	D82	D83	D84	D85	D86	D87	D88	D89	D90	D91	D92	D93	D94	D95	D96	D97	D98	D99	D100	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112	D113	D114	D115	D116	D117	D118	D119	D120	D121	D122	D123	D124	D125	D126	D127	D128	D129	D130	D131	D132	D133	D134	D135	D136	D137	D138	D139	D140	D141	D142	D143	D144	D145	D146	D147	D148	D149	D150	D151	D152	D153	D154	D155	D156	D157	D158	D159	D160	D161	D162	D163	D164	D165	D166	D167	D168	D169	D170	D171	D172	D173	D174	D175	D176	D177	D178	D179	D180	D181	D182	D183	D184	D185	D186	D187	D188	D189	D190	D191	D192	D193	D194	D195	D196	D197	D198	D199	D200	D201	D202	D203	D204	D205	D206	D207	D208	D209	D210	D211	D212	D213	D214	D215	D216	D217	D218	D219	D220	D221	D222	D223	D224	D225	D226	D227	D228	D229	D230	D231	D232	D233	D234	D235	D236	D237	D238	D239	D240	D241	D242	D243	D244	D245	D246	D247	D248	D249	D250	D251	D252	D253	D254	D255	D256	D257	D258	D259	D260	D261	D262	D263	D264	D265	D266	D267	D268	D269	D270	D271	D272	D273	D274	D275	D276	D277	D278	D279	D280	D281	D282	D283	D284	D285	D286	D287	D288	D289	D290	D291	D292	D293	D294	D295	D296	D297	D298	D299	D300	D301	D302	D303	D304	D305	D306	D307	D308	D309	D310	D311	D312	D313	D314	D315	D316	D317	D318	D319	D320	D321	D322	D323	D324	D325	D326	D327	D328	D329	D330	D331	D332	D333	D334	D335	D336	D337	D338	D339	D340	D341	D342	D343	D344	D345	D346	D347	D348	D349	D350	D351	D352	D353	D354	D355	D356	D357	D358	D359	D360	D361	D362	D363	D364	D365	D366	D367	D368	D369	D370	D371	D372	D373	D374	D375	D376	D377	D378	D379	D380	D381	D382	D383	D384	D385	D386	D387	D388	D389	D390	D391	D392	D393	D394	D395	D396	D397	D398	D399	D400	D401	D402	D403	D404	D405	D406	D407	D408	D409	D410	D411	D412	D413	D414	D415	D416	D417	D418	D419	D420	D421	D422	D423	D424	D425	D426	D427	D428	D429	D430	D431	D432	D433	D434	D435	D436	D437	D438	D439	D440	D441	D442	D443	D444	D445	D446	D447	D448	D449	D450	D451	D452	D453	D454	D455	D456	D457	D458	D459	D460	D461	D462	D463	D464	D465	D466	D467	D468	D469	D470	D471	D472	D473	D474	D475	D476	D477	D478	D479	D480	D481	D482	D483	D484	D485	D486	D487	D488	D489	D490	D491	D492	D493	D494	D495	D496	D497	D498	D499	D500	D501	D502	D503	D504	D505	D506	D507	D508	D509	D510	D511	D512	D513	D514	D515	D516	D517	D518	D519	D520	D521	D522	D523	D524	D525	D526	D527	D528	D529	D530	D531	D532	D533	D534	D535	D536	D537	D538	D539	D540	D541	D542	D543	D544	D545	D546	D547	D548	D549	D550	D551	D552	D553	D554	D555	D556	D557	D558	D559	D560	D561	D562	D563	D564	D565	D566	D567	D568	D569	D570	D571	D572	D573	D574	D575	D576	D577	D578	D579	D580	D581	D582	D583	D584	D585	D586	D587	D588	D589	D590	D591	D592	D593	D594	D595	D596	D597	D598	D599	D600	D601	D602	D603	D604	D605	D606	D607	D608	D609	D610	D611	D612	D613	D614	D615	D616	D617	D618	D619	D620	D621	D622	D623	D624	D625	D626	D627	D628	D629	D630	D631	D632	D633	D634	D635	D636	D637	D638	D639	D640	D641	D642	D643	D644	D645	D646	D647	D648	D649	D650	D651	D652	D653	D654	D655	D656	D657	D658	D659	D660	D661	D662	D663	D664	D665	D666	D667	D668	D669	D670	D671	D672	D673	D674	D675	D676	D677	D678	D679	D680	D681	D682	D683	D684	D685	D686	D687	D688	D689	D690	D691	D692	D693	D694	D695	D696	D697	D698	D699	D700	D701	D702	D703	D704	D705	D706	D707	D708	D709	D710	D711	D712	D713	D714	D715	D716	D717	D718	D719	D720	D721	D722	D723	D724	D725	D726	D727	D728	D729	D730	D731	D732	D733	D734	D735	D736	D737	D738	D739	D740	D741	D742	D743	D744	D745	D746	D747	D748	D749	D750	D751	D752	D753	D754	D755	D756	D757	D758	D759	D760	D761	D762	D763	D764	D765	D766	D767	D768	D769	D770	D771	D772	D773	D774	D775	D776	D777	D778	D779	D780	D781	D782	D783	D784	D785	D786	D787	D788	D789	D790	D791	D792	D793	D794	D795	D796	D797	D798	D799	D800	D801	D802	D803	D804	D805	D806	D807	D808	D809	D810	D811	D812	D813	D814	D815	D816	D817	D818	D819	D820	D821	D822	D823	D824	D825	D826	D827	D828	D829	D830	D831	D832	D833	D834	D835	D836	D837	D838	D839	D840	D841	D842	D843	D844	D845	D846	D847	D848	D849	D850	D851	D852	D853	D854	D855	D856	D857	D858	D859	D860	D861	D862	D863	D864	D865	D866	D867	D868	D869	D870	D871	D872	D873	D874	D875	D876	D877	D878	D879	D880	D881	D882	D883	D884	D885	D886	D887	D888	D889	D890	D891	D892	D893	D894	D895	D896	D897	D898	D899	D900	D901	D902	D903	D904	D905	D906	D907	D908	D909	D910	D911	D912	D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924	D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936	D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948	D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960	D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972	D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984	D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996	D997	D998	D999



Deflexión admisible

N = 1.39 millones de ejes equivalentes

Dadm = 86.37 (10^-2 mm)

Análisis de la Deflexión Característica y Admisible

Dc = 27.97 (10^-2 mm)

Dadm = 86.37 (10^-2 mm)

Verf. = Dc < Dadm

Tipo de Camión	Deflexión Característica (Dc)	Observación
Autobús estándar de 10,000 unidades de carga, con una carga equivalente de 10,000 unidades de carga.	Dc = Dm = 14.55kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
4000 unidades de carga, con una carga equivalente de 4000 unidades de carga.	Dc = Dm = 11.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 2000 unidades de carga, con una carga equivalente de 2000 unidades de carga.	Dc = Dm = 9.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 1000 unidades de carga, con una carga equivalente de 1000 unidades de carga.	Dc = Dm = 7.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 500 unidades de carga, con una carga equivalente de 500 unidades de carga.	Dc = Dm = 5.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 250 unidades de carga, con una carga equivalente de 250 unidades de carga.	Dc = Dm = 3.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 125 unidades de carga, con una carga equivalente de 125 unidades de carga.	Dc = Dm = 1.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Camión de 62.5 unidades de carga, con una carga equivalente de 62.5 unidades de carga.	Dc = Dm = 0.64kPa	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%



Anexo N°3: Panel de fotografía

Caracterización de agregados



Fotografía 1
Muestreo de agregado grueso para concreto (piedra chancada)



Fotografía 2



Fotografía 3
Ensayo de Absorción de los agregados de acuerdo a la MTC E205



Fotografía 4



Fotografía 5

Ensayo de gravedad específica del agregado fino de acuerdo a la MTC E205.



Fotografía 6



Fotografía 7 *Ensayo Equivalente de Arena según la NTP 339.146*



Fotografía 8

Realización del ensayo para Límites según la NTP 339.129



Fotografía 9



Fotografia 10



Fotografia 11



Fotografia 12



Fotografia 13

Realización de Ensayo de Abrasion los Ángeles



Fotografía 14 Del Ensayo Equivalente de Arena



Fotografía 15



Fotografía 16



Fotografía 17

Ensayo de Marshall con proporciones de 5%,6%,6.5% y 7%

Anexo N°4: Prueba de tramo



Fotografia 18



Fotografia 19



Fotografia 21



Fotografia 20



Fotografia 22



Fotografia 23



Fotografia 24



Fotografia 25



Fotografia 27



Fotografia 267



Fotografia 288



Fotografia 299

Fotografía 30 PESAJE DE CAMION

PETROGAS
KUMACAYC
SALAMANCA DIGITAL

Nº 023929

Ticket : 17349

Placa : 99G-916 Carreta : NINGUNO

Conductor : (1111111111) JOSE SOTO

Transportista : -----

Razon Social : (1111111111) LUIS FERNANDO CALSIN YACHI

Producto : CONCRETADO

Documento : -----

Observaciones : 5/25.00.80L9

Fecha Inicial : 09/02/2021 09:10:07 p.Peso Inicial: 8200

Fecha final :

Peso Final :

Peso Bruto:

Peso Tara :

Usu Inicial : OPERADOR

Usu final :

Peso Neto :