

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA
CANtera DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA
ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO – 2019”.**

LINEA DE INVESTIGACIÓN INGENIERIA VIAL
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTA

SANTIAGO BERROSPI, LIZ YANET

ASESOR

MG. ZEVALLOS HUARANGA, JORGE

HUÁNUCO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Al Creador al conducirme durante toda la senda trazada.

A mi Padre, Virgilio Santiago Venturo (QEPD), que desde el cielo me ilumina para continuar adelante con mis proyectos.

A mi Madre, Sofia Berrospi Orbezo, quien es mi fuerza, mi razón de superación, la misma que me ha motivado cada día para continuar, gracias por todo el apoyo comprensión que me ofrece desde siempre. Te amo mamá.

A mi hermana, Carmen Ines Santiago Berrospi, por darme sus consejos y nunca dejarme caer.

A mi hermano, Wilson Fernando Santiago Berrospi (QEPD), que desde la gloria celestial guía mi senda, gracias por enseñarme a luchar ante cualquier adversidad te extraño mucho hermano.

A mis abuelos Rafael y Regina por ser como mis segundos padres.

AGRADECIMIENTO

Gracias al Mg. Jorge Zevallos Huaranga, por su orientación y tiempo para la ejecución de esta investigación.

Gracias a mi mamá Sofia y a mi hermana Carmen por estar siempre conmigo y nunca dejarme caer.

Gracias a la Escuela académica profesional ingeniería civil - UNHEVAL y asimismo, al plantel de catedráticos por ser parte de mi crecimiento profesional y académico. Al plantel técnico quienes laboran en el laboratorio de Geotécnica, por brindarme la ayuda para la ejecución de las pruebas realizados.

RESUMEN

El estudio realizado tiene el propósito de describir las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, se tuvo como referencia el Manual de ensayo de materiales (2016) para la preparación de la mezcla de asfalto en caliente.

Para el proceso de investigación el espécimen extraída fue de la cantera de Ocroyo ubicada a 24 km aproximadamente de la provincia de Ambo, una vez recolectada el material de estudio se trasladó al laboratorio de Geotecnia, Pavimento y Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNHEVAL, donde se realizó los siguientes ensayos: granulometría del material grueso y fino, el porcentaje humedad, el peso unitario del material granular y fino, la gravedad específica y absorción del material, abrasión los ángeles y estos resultados se usaron para la preparación de la mezcla de asfalto en caliente, para obtener el resultado de estabilidad y flujo se usó el Método Marshall, para ello se elaboró 50 briquetas.

Los resultados finales del trabajo de investigación se verificaron de acuerdo con los parámetros del Manual de Ensayos de Materiales (2016), la Norma Técnica Peruana y del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013), llegando a la conclusión que las propiedades de los agregados evaluados con respecto al parámetro de estabilidad si cumple y respecto al flujo no cumple con lo estipulado por la Norma, para un diseño de mezcla de asfalto en caliente.

Palabra clave: agregados, asfáltica, marshall.

SUMMARY

The study carried out has the purpose of describing the physical and mechanical properties of the Ocroyo quarry, for the preparation of hot asphalt mix, the Materials Test Manual (2016) was used as a reference for the preparation of the asphalt mix in hot.

For the research process, the specimen extracted was from the Ocroyo quarry located approximately 24 km from the province of Ambo. Once the study material was collected, it was transferred to the Geotechnics, Pavement and Materials Testing laboratory of the Faculty of Civil Engineering. and Architecture of UNHEVAL, where the following tests were carried out: granulometry of the coarse and fine material, the humidity percentage, the unit weight of the granular and fine material, the specific gravity and absorption of the material, Los Angeles abrasion and these results were used to the preparation of the hot asphalt mixture, to obtain the result of stability and flow, the Marshall Method was used, for which 50 briquettes were prepared.

The final results of the research work were verified in accordance with the parameters of the Materials Testing Manual (2016), the Peruvian Technical Standard and the Manual of General Technical Specifications for Construction (2013), reaching the conclusion that the properties of the aggregates evaluated with respect to the stability parameter if it complies and with respect to the flow it does not comply with the provisions of the Standard, for a hot mix asphalt design.

Key word: aggregates, asphalt, marshall.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	iii
SUMARY	iv
CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Fundamentación del problema de investigación.....	1
1.2. Formulación del problema de investigación general y específicos.	2
1.2.1. Problema general.	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3 Formulación de objetivos generales y específicos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.	2
1.4 Justificación	3
1.5 Limitaciones.....	3
1.6 Formulación de hipótesis generales y específicas	3
1.6.1. Hipótesis general.....	3
1.6.2. Hipótesis específicas.....	3
1. 7 Variables	4

1.7.1. Variable independiente.	4
1.7.2. Variable dependiente	4
1.8. Definición teórica y operacionalización de variables	4
1.7.1. Definición teórica.....	4
1.7.2. Operacionalización de variables.	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes regionales.....	8
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.2. Definición de agregados.	9
2.2.4. Cantera de Agregados.....	11
2.2.5. Las mezclas asfálticas.....	13
2.2.6. Propiedades de la mezcla asfáltica.....	15
2.2.7. Mezclas Asfálticas en Caliente.....	15
2.3 Bases conceptuales.....	16
2.3.1. Agregados.....	16
2.3.2. Cemento asfáltico.	17
2.3.3. Filler.....	17

2.4. Bases epistemológicas o bases filosóficas o bases antropológicas	17
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	18
3.1 Ámbito	18
3.2 Población.....	18
3.3 Muestra	19
3.4 Nivel y tipo de estudio	21
3.4.1. Nivel de investigación.....	21
3.4.2. Tipo de Investigación.....	21
3.5 Diseño de investigación	22
3.5.1. Procedimiento metodológico general.	22
3.6 Métodos, Técnicas e instrumentos	24
3.6.1 La observación.....	24
3.8 Procedimiento	25
3.8.1. Análisis del agregado en estudio.....	25
3.8.2. Características del material grueso.	27
3.8.3. Características del agregado fino.....	42
3.8.4. Prueba de partículas Chatas y Alargadas.....	58
3.8.5. Prueba para determinar el porcentaje de caras fracturadas.....	61
Fotografía 50 Pesaje de muestras 3/8" y 1/2"	61

3.8.6. Característica de la propiedad mecánica del agregado de la cantera de Ocroyo.	63
3.8.7. Cemento asfáltico	69
3.8.8. Resistencia de la mezcla asfáltica en caliente usando el Método de Marshall, MTC E 504.....	70
CAPITULO IV. RESULTADOS	93
5. RESULTADOS.....	93
5.1. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)	93
5.2. Ensayo del peso unitario suelto del material grueso	95
5.3. Ensayo del peso unitario compactado del material grueso	96
5.4. Ensayo del peso unitario suelto del material fino	97
5.6. Peso específico y absorción del material grueso.....	99
5.7. Gravedad específica y absorción del material natural fino	101
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	114
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>La operacionalización de la variable independiente</i>	5
Tabla 2 <i>La operacionalización de la variable dependiente</i>	5
Tabla 3 <i>Coordenadas geográficas del material</i>	19
Tabla 4 <i>Cincuenta muestras a ensayar</i>	20
Tabla 5 <i>Técnica para la recopilación de información</i>	24
Tabla 6 <i>Georreferenciación de la cantera de Ocroyo</i>	25
Tabla 7 <i>Granulometría del agregado grueso</i>	30
Tabla 8 <i>Calculo de porcentaje de humedad del material grueso</i>	31
Tabla 9 <i>Gravedad específica y absorción del material</i>	35
Tabla 10 <i>Capacidad del recipiente de medida</i>	36
Tabla 11 <i>Requisitos para los recipientes de medida</i>	37
Tabla 12 <i>Resultados del peso unitario suelto del material grueso</i>	39
Tabla 13 <i>Resultados del ensayo del peso unitario compactado del material grueso</i>	41
Tabla 14 <i>Granulometría del material fino</i>	43
Tabla 15 <i>Calculo de porcentaje de humedad del material fino</i>	45
Tabla 16 <i>Resultados del peso específico y absorción del material fino</i>	50
Tabla 17 <i>Resultado del ensayo de peso unitario suelto del material fino</i>	52
Tabla 18 <i>Resultado del ensayo del peso unitario compactado del material fino</i>	54
Tabla 19 <i>Requerimiento del agregado grueso en el ensayo de partículas chatas y alargadas</i>	58
Tabla 20 <i>Resultados de la prueba de partículas chatas y alargadas</i>	60
Tabla 21 <i>Determinación - porcentaje de partículas de caras fracturadas</i>	61

Tabla 22 <i>Cálculos del porcentaje de partículas fracturadas</i>	62
Tabla 23 <i>Requerimiento de la prueba del desgaste de los Ángeles</i>	63
Tabla 24 <i>Gradación del material grueso</i>	64
Tabla 25. <i>Gradación de las muestras de ensayo.</i>	64
Tabla 26 <i>Gradación de las muestras a ensayar</i>	68
Tabla 27 <i>Resultados de la prueba de desgaste de los Ángeles</i>	68
Tabla 28 <i>Clasificación del cemento asfáltico según la temperatura</i>	69
Tabla 29 <i>Materiales a usar en la preparación de la mezcla de asfalto en caliente</i>	70
Tabla 30 <i>Requisitos para la mezcla de asfalto en caliente</i>	75
Tabla 31 <i>Gravedad específica y la absorción del material grueso</i>	82
Tabla 32 <i>Gravedad específica y absorción del material natural fino</i>	83
Tabla 33 <i>Resultados de Gravedad específica teoría máxima (Gmm) cuando % asfalto es 4,5%</i>	88
Tabla 34 <i>Resultado de gravedad específica teoría máxima (Gmm) cuando % asfalto = 5,0%</i>	89
Tabla 35 <i>Resultado de gravedad específica teórica máxima (Gmm) cuando %asfalto =5,5%</i>	90
Tabla 36 <i>Resultado de gravedad específica teoría máxima cuando % asfalto =6,0%</i>	91
Tabla 37 <i>Resultado de gravedad específica teórica máxima Gmm cuando el % asfalto=6,5%</i>	92
Tabla 38 <i>Gradación para mezcla asfáltica</i>	93
Tabla 39 <i>Gradación de la MAC -2</i>	94
Tabla 40 <i>Resultado del peso unitario suelto del material grueso</i>	95

Tabla 41	<i>Resultados del ensayo del peso unitario compactado del material.....</i>	96
Tabla 42	<i>Resultado del ensayo de peso unitario suelto del material fino</i>	97
Tabla 43	<i>Resultado del ensayo del peso unitario compactado del material fino</i>	98
Tabla 44	<i>Requerimiento de la prueba de absorción.....</i>	99
Tabla 45	<i>Resultados de la gravedad especifica y absorción del material</i>	99
Tabla 46	<i>Requerimiento del ensayo de absorción</i>	101
Tabla 47	<i>Resultados sobre peso específico del material natural fino</i>	101
Tabla 48	<i>Requerimiento de la prueba de partículas fracturadas.....</i>	103
Tabla 49	<i>cálculos de porcentaje de las partículas fracturadas.....</i>	103
Tabla 50	<i>Requerimiento del agregado en el ensayo de partículas chatas y alargadas</i>	105
Tabla 51	<i>Resultados de la prueba de partículas chatas y alargadas</i>	106
Tabla 52	<i>Requerimiento de la prueba del desgaste de los Angeles.....</i>	107
Tabla 53	<i>Gradación del espécimen</i>	107
Tabla 54	<i>Cálculos del ensayo de desgaste de los Ángeles</i>	108
Tabla 55	<i>Diseño de la mezcla de asfalto (4,5% C.A).....</i>	109
Tabla 56	<i>Diseño de la mezcla de asfalto (5,0% C.A).....</i>	110
Tabla 57	<i>Diseño de la mezcla de asfalto (5,5 % C.A)</i>	111
Tabla 58	<i>Diseño de la mezcla asfalto (6,0 % C.A).....</i>	112
Tabla 59	<i>Diseño de la mezcla de asfalto (6,5 % C.A)</i>	113

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 <i>Traslado del agregado del lugar (in situ)</i>	12
Fotografía 2 <i>Cantera de Ocroyo ubicada a 24km de la provincia de Ambo</i>	12
Fotografía 3 <i>Vista satelital - cantera Ocroyo</i>	18
Fotografía 4 <i>Ubicación - cantera Ocroyo</i>	18
Fotografía 5 <i>Lugar (in situ) según el Google Earth Pro</i>	25
Fotografía 6 <i>Cantera Ocroyo</i>	26
Fotografía 7 <i>Selección de la muestra a ensayar</i>	27
Fotografía 8 <i>Separar el agregado con el tamiz N°4</i>	27
Fotografía 9 <i>Equipos a usar</i>	28
Fotografía 10 <i>Descripción detallada de las pruebas de tamaño de partículas de agregado grueso</i>	28
Fotografía 11 <i>Pesaje del material grueso</i>	29
Fotografía 12 <i>Material grueso - cantera Ocroyo</i>	29
Fotografía 13 <i>La muestra es secada al aire libre</i>	32
Fotografía 14 <i>Tres muestras para determinar el peso específico y absorción</i>	33
Fotografía 15 <i>Colocación de la muestra en la cesta</i>	33
Fotografía 16 <i>Pesaje del agregado grueso sumergidas en el agua</i>	34
Fotografía 17 <i>Secado de las muestras</i>	34
Fotografía 18 <i>Equipos que se usó para la prueba del peso unitario</i>	37
Fotografía 19 <i>Cuarteo de las muestras</i>	38
Fotografía 20 <i>Peso del recipiente 5830g</i>	38
Fotografía 21 <i>Enrasado de la muestra</i>	38

Fotografía 22	<i>Llenado de la muestra en el recipiente</i>	38
Fotografía 23	<i>Anotando los pesos de las muestras</i>	39
Fotografía 24	<i>Pesaje de la muestra</i>	39
Fotografía 25	<i>Llenado del agregado grueso en tres capas</i>	40
Fotografía 26	<i>Pesaje del material fino</i>	42
Fotografía 27	<i>Agregado fino - cantera Ocroyo</i>	44
Fotografía 28	<i>Arena fina natural de la cantera Ocroyo</i>	44
Fotografía 29	<i>Colocar el agregado fino en un recipiente y cubrir con agua durante 24h</i>	46
Fotografía 30	<i>Secado de las muestras sobre una superficie plana</i>	46
Fotografía 31	<i>Demostración que el agregado fino logro una condición seca</i>	47
Fotografía 32	<i>Pesaje de las tres muestras</i>	47
Fotografía 33	<i>Extraer las burbujas de aire por medio de la vibración (bomba de aire)</i>	48
Fotografía 34	<i>Pesaje del frasco, muestra y el agua luego de eliminación de las burbujas de aire</i>	49
Fotografía 35	<i>El secado de las muestras en la estufa y así determinar su peso final</i>	49
Fotografía 36	<i>Pesaje del recipiente y el llenado del agregado fino con la cuchara</i>	51
Fotografía 37	<i>Nivelación, pesaje y anotación del material fino</i>	52
Fotografía 38	<i>Se compactada el agregado fino mediante tres capas</i>	53
Fotografía 39	<i>Secado de la arena fina natural</i>	54
Fotografía 40	<i>Procedimiento del peso unitario suelto del material fino natural</i>	55
Fotografía 41	<i>Procedimiento del peso unitario compactado del material fino natural</i>	55
Fotografía 42	<i>Determinación de la arena superficialmente seco</i>	56
Fotografía 43	<i>Pesaje de las tres muestras a ser ensayadas</i>	56

Fotografía 44 <i>Se determina el peso de las muestras una vez succionadas por la vibración de la bomba de aire</i>	57
Fotografía 45 <i>Peso de las muestras secadas</i>	57
Fotografía 46 <i>Material granular a ensayar</i>	58
Fotografía 47 <i>Partículas alargadas y chatas de 1/4"</i>	59
Fotografía 48 <i>Partículas alargadas y chatas de 3/8"</i>	59
Fotografía 49 <i>Partículas alargadas y chatas de 1/2"</i>	60

INDICE DE FIGURA

Figura 1 <i>Sección de diseño de una carpeta asfáltica</i>	13
Figura 2 <i>División de la investigación</i>	22
Figura 3 <i>Procedimiento para el ensayo Marshall</i>	23
Figura 4 <i>Curva granulométrica del material grueso</i>	30
Figura 5 <i>Curva Granulométrica MAC-2</i>	94
Figura 6 <i>Peso unitario suelto del agregado grueso</i>	95
Figura 7 <i>Peso unitario compactado del agregado grueso</i>	96
Figura 8 <i>Peso unitario suelto del agregado fino</i>	97
Figura 9 <i>Peso unitario compactado del material fino</i>	98
Figura 10 <i>Porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	100
Figura 11 <i>Porcentaje de absorción del material fino natural</i>	102
Figura 12 <i>Porcentaje de partículas fracturadas</i>	104
Figura 13 <i>Porcentaje de partículas chatas y alargadas</i>	106
Figura 14 <i>Porcentaje de desgaste de los Ángeles</i>	108

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se realizó diversos ensayos de laboratorio para describir las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Ocroyo.

La obtención de resultados finales de la investigación se verificó de acuerdo con el Manual de Ensayos de Materiales (2016), Norma Técnica Peruana y del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013), llegando a determinar, que las propiedades de los agregados evaluados si cumplen para la preparación de la mezcla de asfalto en caliente usando el Ensayo Marshall, respecto al parámetro de estabilidad. De lo descrito líneas arriba, el estudio se fracciona en Cap. V acorde al reglamento de grados y títulos de la UNHEVAL.

- Cap. I se detalla el problema de investigación, fundamentación del problema, formulación del problema, objetivos, justificación, limitaciones, formulación de hipótesis, definición teórica y operacionalización de variables.
- Cap. II concierne al marco teórico, donde se precisa los antecedentes, bases teóricas, bases conceptuales, y por último las bases epistemológicas o filosóficas.
- Cap. III concierne a la metodología usada en la ejecución del estudio nos indica el ámbito, población, muestra, nivel y tipo de investigación, diseño de la investigación, métodos, técnicas e instrumentos, validación y confiabilidad, procedimiento, tabulación y análisis de datos, concluyendo con las consideraciones éticas.
- Cap. IV – V contempla la discusión y resultados finales de la investigación.
- Al final se presentan las conclusiones a las que se llegó al elaborar la presente investigación, juntamente con las recomendaciones, sugerencias y posibles líneas de investigación.

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema de investigación

Actualmente se realizan trabajos en la construcción de pavimentos asfálticos en la ciudad de Huánuco, para lo cual utilizan diversas canteras para la ejecución de la mezcla de asfalto, las constructoras que compran dicho material lo hacen sin saber las propiedades del agregado y generando así un alto grado de desconfianza al instante de ejecutar el desarrollo de la mezcla de asfalto en caliente asimismo al no saber las características de sus componentes no se puede conocer si el agregado obtendrá la dureza prevista. Por consiguiente, se percibió la necesidad de llevar a cabo una investigación de las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera de Ocroyo para lograr un óptimo desarrollo de la mezcla de asfalto en caliente. Para la realización del diseño se usó el método Marshall, en donde se realizó 50 probetas cilíndricas, las cuales fueron sujetos a un esfuerzo en la Prensa de Marshall con la finalidad de poder determinar su estabilidad y su fluencia.

1.2. Formulación del problema de investigación general y específicos.

1.2.1. Problema general.

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019?

1.3 Formulación de objetivos generales y específicos

1.3.1. Objetivo general.

Describir las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019

1.3.2. Objetivos específicos.

- Describir las propiedades físicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019
- Describir las propiedades mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019

1.4 Justificación

El trabajo de investigación se lleva a cabo con el propósito de saber las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para saber si cumplen o no con los parámetros para una óptima preparación de mezcla de asfalto en caliente.

1.5 Limitaciones

La limitación para la ejecución del estudio son la carencia de equipos para determinar las propiedades físicas del espécimen tales como partículas chatas y alargadas, equivalente de arena y porcentaje de caras fracturadas, debido que el laboratorio de suelos de la Unheval no dispone con equipos para realizar estos ensayos ya descritos.

1.6 Formulación de hipótesis generales y específicas

1.6.1. Hipótesis general.

Las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019

1.6.2. Hipótesis específicas.

- Las propiedades físicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019
- Las propiedades mecánicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019

1.7 Variables

1.7.1. Variable independiente.

X1: Las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo

1.7.2. Variable dependiente

Y1: Mezcla asfáltica en caliente.

1.8. Definición teórica y operacionalización de variables

1.7.1. Definición teórica.

1.7.1.1. Variable independiente.

X1: Las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo

Definición teórica: Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, como la abrasión, absorción, forma y estructura de las partículas afectan en la resistencia de la mezcla de asfalto.

Indicadores: Ensayos de laboratorio.

1.7.1.2. Variable dependiente.

Y1: Mezcla asfáltica en caliente.

Definición teórica: La mezcla de asfalto en caliente es la unión del agregado más un ligante denominado asfalto. El desarrollo de la elaboración consiste en hacer caldear el material y el cemento asfáltico a una elevada temperatura.

Indicadores: Ensayo Marshall.

1.7.2. Operacionalización de variables.

Tabla 1

La operacionalización de la variable independiente

Variable	Dimensión	Indicador	Índice	Instrumento de recolección de datos	
Propiedades físicas y mecánicas	Propiedades Físicas	Granulometría	Distribución de agregados	gr	Los ensayos se realizaron en el “Centro Especializado de Geotecnia, Pavimento y Ensayos de Materiales” - FICA de UNHEVAL
		Peso Unitario	Suelto y Compactado	gr/cm ³	
		Peso Especifico	Seco, Saturado y Aparente	gr/cm ³	
		Absorción	Absorción del agua	%	
	Propiedad Mecánica	Abrasión de los Angeles	Desgaste del agregado	%	

Tabla 2

La operacionalización de la variable dependiente

Variable	Dimensión	Indicador	Índice	Instrumento de recopilación de datos
Mezcla Asfáltica en caliente.	Propiedades Físicas	Densidad	gr/cm ³	Las pruebas se desarrollaron en el “Centro Especializado de Geotecnia, Pavimento y Ensayos de Materiales”- UNHEVAL
		Vacíos	%	
	Propiedad Mecánica	Estabilidad	KN	
		Flujo	mm	

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según Guzmán, Chiquito & Torres (2015) desarrollaron el estudio titulado: “Diseño de mezcla asfáltica en caliente empleando agregados de la cantera San Vicente de Colonche y del río San Rafael de la provincia de Santa Elena utilizando el Método Marshall”. Tuvo como finalidad elaborar un diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados pétreos de la zona previamente seleccionados, utilizando el Método Marshall. A nivel metodológico, se consideró un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo. De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que los materiales provenientes de la Cantera San Vicente de Colonche y Cantera del Río San Rafael, están en un rango de aceptabilidad.

2.1.2. *Antecedentes nacionales*

En el Perú, se encontraron investigaciones a nivel de pregrado sobre las variables de investigación en universidades la tesis desarrollada por Arteaga & Torres (2021) titulada: “Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados de la Cantera Caballo Muerto para fines de control de calidad en concreto y pavimentación”. El objetivo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas para fines de control de calidad en concreto y pavimentación de la cantera Caballo Muerto, Laredo – La Libertad. A nivel metodológico, se empleó un diseño cuasi – experimental y de alcance descriptivo, la población está constituida por agregados finos y gruesos de la cantera Caballo Muerto y se obtuvo como resultado: Respecto, al agregado fino se tiene un $P_e = 2.65 \text{ g/cm}^3$, absorción = 2.61 %, durabilidad = 11.15 %, equivalente de arena = 93.7 % y en relación al material grueso se tiene un $P_e = 2.72 \text{ g/cm}^3$

, absorción = 0.5 %, durabilidad = 5.74 % , peso unitario suelto seco =1464.3 kg/m³, PUCS =1633.7kg/m³ y un desgaste de los ángeles = 20.8 %, siendo aceptables.

Asimismo, Lozada (2018) desarrolló una investigación titulada: “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”. La finalidad del estudio fue realizar un estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba. La investigación fue de nivel descriptivo de diseño cuasi – experimental, finalmente, se concluye que el agregado grueso presenta mala resistencia a la abrasión ya que el % por desgaste a la abrasión es 68.6%, mayor a lo que estipula el manual de carreteras del MTC (Máx 40%)

Igualmente, Ñahui & Sedano (2018) desarrollaron una investigación titulada: “Estudio de la calidad de los agregados de la cantera de Ocopa para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en el distrito de Lircay- Angaraes -Huancavelica”. La investigación tuvo como finalidad determinar la calidad de los agregados de la cantera de Ocopa para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles en el distrito de Lircay - Angaraes –Huancavelica. Con respecto a la metodología el alcance del estudio fue descriptivo de diseño no experimental. Finalmente se concluye que del análisis granulométrico del agregado fino según el módulo de fineza, la curva granulométrica y porcentaje de finos que pasa la malla N°200 el agregado fino de la cantera de Ocopa son óptimas para elaboración de mezclas asfálticas.

También, Borja (2014) desarrolló una investigación titulada: “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete – Lunahuana”. Tuvo como objetivo principal describir las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que conforman la carpeta asfáltica, llegando a la conclusión que las características físicas y mecánicas de los agregados para base, si cumple con lo establecido en el manual de diseño de carretera de bajo volumen de tránsito del MTC.

Finalmente, Reynoso & Zelaya (2014) desarrollo la tesis titulada: “Estudio de los agregados de la cantera de Cangari para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en la provincia de Huanta – Ayacucho”. Se tuvo como objeto de estudio, determinar la calidad del material de la cantera de Cangari para la ejecución de la mezcla de asfalto, se empleó un diseño descriptivo, se trabajó con 3 muestras de 50 kg de la cantera en estudio y se obtuvo como resultado: con respecto al agregado grueso en la granulometría se tiene un porcentaje de grava = 99.5, % de arena de 0.3, % de finos 0.1, un tamaño máximo de 1 1/2" y un tamaño máximo nominal de 1", y con respecto al agregado fino en la granulometría se tiene, un % de grava de 0.8, % de arena de 98.2 , % de finos 0.9 y una gravedad específica de 2.53 g/cm³ , módulo de fineza de 3.24 y una superficie específica de 33.8 cm²/g, por ello se dice que el material es de óptima calidad.

2.1.3. Antecedentes regionales

Melendez (2019), desarrollo un estudio titulado: “Verificación de propiedades físicas del agregado de la cantera de Molinos – San Rafael – Alcas –Pozuzo según diseño de Marshall”. Su propósito principal fue analizar las características físicas de los agregados minerales de la cantera de Molinos – San Rafael – Alcas – Pozuzo para diseñar mezclas asfálticas según la Metodología Marshall.

2.2 Bases teóricas

Al encontrarse con diferentes puntos de vista sobre las discusiones teóricas acerca de las variables estudiadas, tanto desde la parte teórica como desde la parte metodológica, esto se debe a que existen varios autores que comparten una misma idea y argumentan o apoyan diferentes métodos de medición de estas variables, por lo tanto, en esta sección varios se publican trabajos que explican estos fenómenos.

2.2.2. Definición de agregados.

Los agregados son una “agrupación de fragmentos de procedencia nato o artificial sus dimensiones abarcan a través de los límites determinados en la norma técnica peruana” (NTP 400.011, 2008, p.2)

Asimismo, “los agregados usados en la preparación de una mezcla de asfalto deben cumplir ciertos parámetros, ya que, al verter una capa del material bituminoso, ésta no se despeja por la fuerza del agua y del tráfico. Se aceptará el uso de materiales con propiedades que tienen afinidad con el agua”. (Manual de carreteras, 2013, p.469)

Los agregados se segmentan en dos grupos: el agregado grueso y el agregado fino

- **El agregado grueso:** Se define “a la porción de conglomerados retenidos en la malla de tamiz N°4 la cual tiene una abertura (4.75 mm)”. (Manual de carreteras, 2013, p.469)

La Norma técnica peruana NTP 400.037, conceptualiza al material grueso “como un fragmento retenido en el tamiz de malla (N° 4) con abertura 4,75 mm siendo estas provenientes de la disgregación nato o artificial de la roca” (p. 4).

- **El agregado fino:** Se denomina “al fragmento comprendida a través de los tamices (N° 4 – N° 200) las cuales tienen una abertura de (4.75mm – 75 um)”. (Manual de carreteras, 2013, p.469)

La NTP 400.037, conceptualiza al agregado fino “como las partículas que pasa por el tamiz de malla (3/8 pulg) la cual tiene una abertura de 9,5 mm, siendo estas procedentes de la disgregación nato o artificial de las rocas” (p. 4).

2.2.4. *Cantera de Agregados.*

Romero (2018), define a la cantera “como la explotación de piedras industriales y ornamentales, asimismo es una explotación superficial a cielo abierto de una roca muy clasificada y cuantificada, donde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala hasta la pólvora y maquinaria de diferente orden. Se explica a la extracción a cielo abierto de materiales de construcción incluyendo las piedras industriales y ornamentales, gravas, gravillas, arenas y arcillas” (p.25)

Romero (2018), Según el tipo de explotación: Canteras a cielo abierto, en laderas cuando la roca se arranca en la falda de un cerro, en corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno. Según el material a explotar: Materiales consolidados o roca y materiales no consolidados como suelos, agregados y arcillas. Según su origen: canteras aluviales y canteras de roca. (p.26)

2.2.4.1. Las Canteras de formación de fluviales.

Las canteras de formación fluviales están situadas en las laderas de los ríos, las cuales tienen buena calidad por tales motivos:

- Las piezas aisladas son redondeadas
- Las corrientes ejercen una acción clasificadora que puede mejorar su granulometría.
- La erosión causada por el transporte de la corriente y el depósito determina la eliminación parcial de los materiales más débiles.

El material se encuentra por lo común como hormigón, nombre que en el Perú se denomina, a una mezcla natural de material fino, grueso y piedra grande; en donde el agregado

fino prevalece con % por lo regular del 60% al 70%, el acopio de estas canteras se ubican en cerca a los márgenes de los ríos.

2.2.4.2. Cantera de roca.

La cantera de roca obtiene por la trituración mecánicamente de rocas duras y tenaces. Las rocas que se usan en la producción de la piedra partida de detallan a continuación:

- Las Rocas ígneas: Las cuales se forman por silicatos que son minerales que se producen al enfriarse el magma, la mayor parte de estas rocas son óptimos agregados para la construcción, teniendo las siguientes particularidades: son duras, tenaces y densas (granito, diorita, andesita, basalto, diabasa, gabro).
- Las Rocas metamórficas: Son aquellas que se componen partiendo de otras rocas, por la acción del calor y la presión; y actúan en forma aislado o al mismo tiempo.

Fotografía 1

Traslado del agregado del lugar (in situ)



Fotografía 2

Cantera de Ocroyo ubicada a 24km de la provincia de Ambo



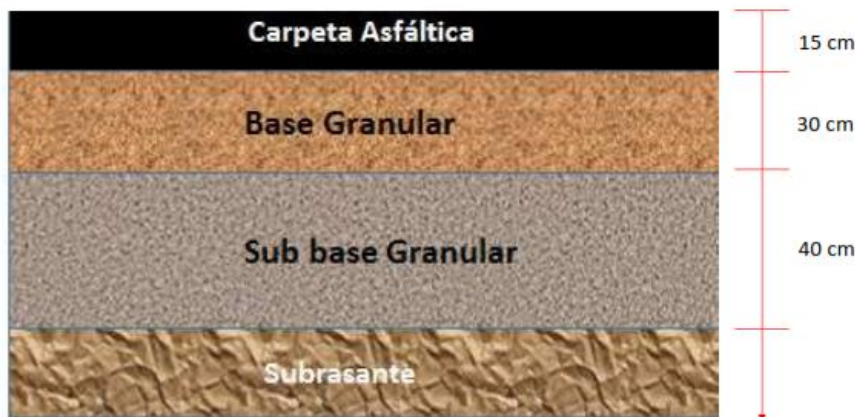
2.2.5. Las mezclas asfálticas.

Sáez (2019), define a la mezcla de asfalto como “la unión de agregados seleccionados y uniformemente revestidos por material asfáltico de propiedades determinadas. Las proporciones de los agregados determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el rendimiento de esta como mezcla terminada para un determinado uso” (p. 12)

Figura 1. Sección de diseño de una carpeta asfáltica.

Figura 1

Sección de diseño de una carpeta asfáltica



Se tiene que considerar dos aspectos fundamentales en el diseño y proyecto de una carpeta asfáltica:

- La resistencia de la carpeta está en función de los espesores de las capas que emplearemos.
- La textura y acabado son aspectos que se deben exigir a las capas superiores (a la carpeta asfáltica) para que resulten seguras y cómodas.

2.2.5.1. Empleo.

La mezcla de asfalto por lo general se utiliza en la ejecución de viales, como capas de rodadura o en capas inferiores, la cual tiene como función de garantizar una superficie de apoyo confortables y segura para los usuarios y ser económica en su construcción y transferir las cargas provocadas por al tráfico a las capas inferiores.

La mezcla tiene que ser:

- Duradera, por resistir efectos como la separación de la película de asfalto del agregado causada por el agua, el desgaste del tránsito y clima.
- Resistente a las sollicitaciones de tránsito a través de su estabilidad del agregado. Se debe tener en cuenta que la granulometría del agregado es la columna vertebral de una mezcla asfáltica y ese cuerpo granular es el que resiste la carga que está siendo transmitida.
- Impermeable, para que sus componentes no estén bajo la acción directa de los agentes atmosféricos, se tiene que hacer una mezcla capaz de resistir también la presencia de agua. (Sáez, 2019, p. 13)

2.2.5.2. Funcionalidad

La mezcla depende de las condiciones externas, como el tiempo de aplicación de la carga y la temperatura. Por tanto, sus características y propiedades tienen que estar unidas a los factores de temperatura y duración de la carga.

Una mezcla de asfalto tiene que ser flexible, una mezcla jamás puede ser rígida y eso depende principalmente del huso granulométrico. ((Sáez, 2019, p. 13)

2.2.6. *Propiedades de la mezcla asfáltica.*

Sáez (2019) describe las siguientes particularidades de la mezcla asfáltica:

- La resistencia a la fatiga: Es la capacidad de resistir los esfuerzos causadas por el tráfico.
 - La resistencia al deslizamiento: Es la capacidad de la superficie del pavimento cuando esta se encuentra mojado, para así brindar resistencia al deslizamiento.
- (p. 13)

2.2.6.1. Caracterización de la mezcla de asfalto

Sáez (2019) detalla 5, principales características de las Mezclas y cómo influye en su desempeño las cuales se detallan a continuación:

- La Densidad de la Mezcla
- Los Vacíos de aire
- Los Vacíos del agregado (VAM)
- Los Vacíos del agregado mineral ocupados por el ligante
- Tipo y contenido de asfalto

2.2.7. *Mezclas Asfálticas en Caliente.*

Sáez (2019) Se denomina mezcla de asfalto en caliente a la unión de áridos (incluido el polvo mineral) con el asfalto. La cuantía relativa del asfalto y el agregado no ayudan a determinar las particularidades físicas de la mezcla. El desarrollo de producción implica caldear el material y el asfalto a una elevada temperatura. Al instante la mezcla es ubicada en la obra.

La mezcla de asfalto en caliente se usa como capa de rodadura en el pavimento, se tiene como capacidad primordial de brindar soporte al paso de los vehículos y confort a los usuarios de la vía. (p. 14)

2.3 Bases conceptuales

Tafur (2008) nos indica que las bases conceptuales “es el conjunto de conceptos que describe un investigador cuando realiza el sustento teórico del estudio a investigar”.

2.3.1. Agregados

El Manual de carretera (2013) describe que “los agregados usados en la preparación de una mezcla de asfalto deben cumplir ciertos parámetros, ya que, al verter una capa del material bituminoso, ésta no se despeja por la fuerza del agua y del tráfico. Se aceptará el uso de materiales con propiedades que tienen afinidad con el agua”. (p. 469).

Los agregados se dividen en dos grupos: agregado grueso y agregado fino

- El agregado grueso: Se define “a la porción de conglomerados retenidos en la malla de tamiz N°4 la cual tiene una abertura (4.75 mm)”. (Manual de carreteras, 2013, p.469)

- El agregado fino: Se denomina “al fragmento comprendida a través de los tamices (N° 4 – N° 200) las cuales tienen una abertura de (4.75mm – 75 um)”. (Manual de carreteras, 2013, p.469)

2.3.2. *Cemento asfáltico.*

Padilla (2004) describe al asfalto como “material pegajoso o casi sólido, adherente y hermético, proveniente del petróleo o de los asfaltos naturales, que es totalmente o casi soluble en tolueno”. (p. 27)

Según la guía de la tecnología del asfalto y prácticas de construcción (1985) nos indica “en mezclas asfálticas el agregado integra del 90 al 95 % en peso de la mezcla total y resto lo integra el asfalto del 5 al 10 %”. (p. 10)

2.3.3. *Filler*

Material que se usa en las mezclas de asfalto en caliente para complementar la granulometría del material fino. Los materiales que se emplean como filler son: la cal hidratada, cemento portland, polvo de roca, etc. que acatan requisitos normados.

2.4. Bases epistemológicas o bases filosóficas o bases antropológicas

La investigación cuantitativa tiene una visión positivista es decir mide, contrasta, verifica y analiza la realidad y se inicia al generar una idea para así plantear un problema, elaborar un marco teórico, la formulación de hipótesis para derivar las variables, el diseño del método que se va a usar, la selección de población y muestra, recolección de datos, análisis de datos y por último las conclusiones. (Albert, 2018).

En la presente investigación se realizó ensayos de laboratorio en los agregados que nos permite describir el problema planteado a través de sistemas de recolección de información ya definidos. Es necesario que las investigaciones se sujeten a este paradigma, para así poder cuantificar los procedimientos, resultados, etc. La presente tesis pretende describir las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de Ocroyo, para luego realizar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente usando el método del Ensayo Marshall

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Ámbito

El ámbito del presente trabajo es el distrito de Huacar- Ambo - Huánuco, lugar del que se extrajo las muestra, los resultados conseguidos denotan que un buen estudio de las canteras ayuda a tener mejor resultado en el ámbito de la construcción.

3.2 Población

Nuestra población es la de Cantera de Ocroyo, distrito de Huacar, provincia de Ambo – Huánuco, dicho material se usó para la preparación de la mezcla de asfalto en caliente.

Fotografía 3

Vista satelital - cantera Ocroyo



Ubicada a 24 km de la carretera central de la provincia de Ambo.

Fotografía 4

Ubicación - cantera Ocroyo



Descripción de la población.

- El material grueso y fino se utilizó de la cantera de Ocroyo, situado en el distrito de Huacar en la ciudad de Huánuco, el material estudiado cumple con los requerimientos estatuidos en el (Manual de ensayo de materiales, 2016, p.351).

Tabla 3

Coordenadas geográficas del material

PUNTO	COORDENADAS UTM-WGS 84		
	Zona	18L	Altitud
Cantera de Ocroyo	Este	360742.74 m E	2218 msnm
	Norte	8868540.30 m S	

- El cemento Asfaltico

En el presente estudio el cemento asfaltico usado es el PEN 60/70 de la planta de Chullqui – Huánuco

3.3 Muestra

Para este estudio, el tipo de muestra utilizada fue de tipo no probabilístico e intencional a conveniencia del investigador, quedando establecida como muestra para el estudio, para lograr la finalidad de esta investigación se elaboró 10 especímenes por cada % de contenido óptimo de asfalto haciendo un total de 50 especímenes.

Tabla 4*Cincuenta muestras a ensayar*

% Asfalto	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
M-1					
M-2					
M-3					
M-4					
M-5					
Promedio					

El Manual de ensayo de materiales (2016), en el capítulo de RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E-504) indica “que el promedio mínimo de muestras por cada contenido de asfalto es de 3 especímenes”. (p. 583)

- Las briquetas se fabrican a partir de diferentes porcentajes de asfalto, en nuestro caso es 4.5, 5%, 5.5 %, 6% y 6.5%
- Se fabrican cinco briquetas por cada % de cemento asfáltico, cada una con un peso de aproximadamente 1200.0 g.
- Las briquetas realizadas tienen las siguientes dimensiones según el manual de ensayos de materiales (2016), con una altura de 64 mm (2 ½ pulgadas) y un diámetro de 102 mm (4 pulgadas).

3.4 Nivel y tipo de estudio

3.4.1. Nivel de investigación.

La indagación se realizó con un alcance descriptivo en relación con los objetivos generales y el alcance de los objetivos específicos, ya que describe si el agregado de la cantera de Ocroyo es de buena o mala calidad y si cumple con el estándar de mezcla de asfalto en caliente de acuerdo con el manual de ensayos y materiales (2016). Tal como indica (Hernández-Sampieri et al., 2014) “la investigación descriptiva busca detallar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. (p. 92)

3.4.2. Tipo de Investigación

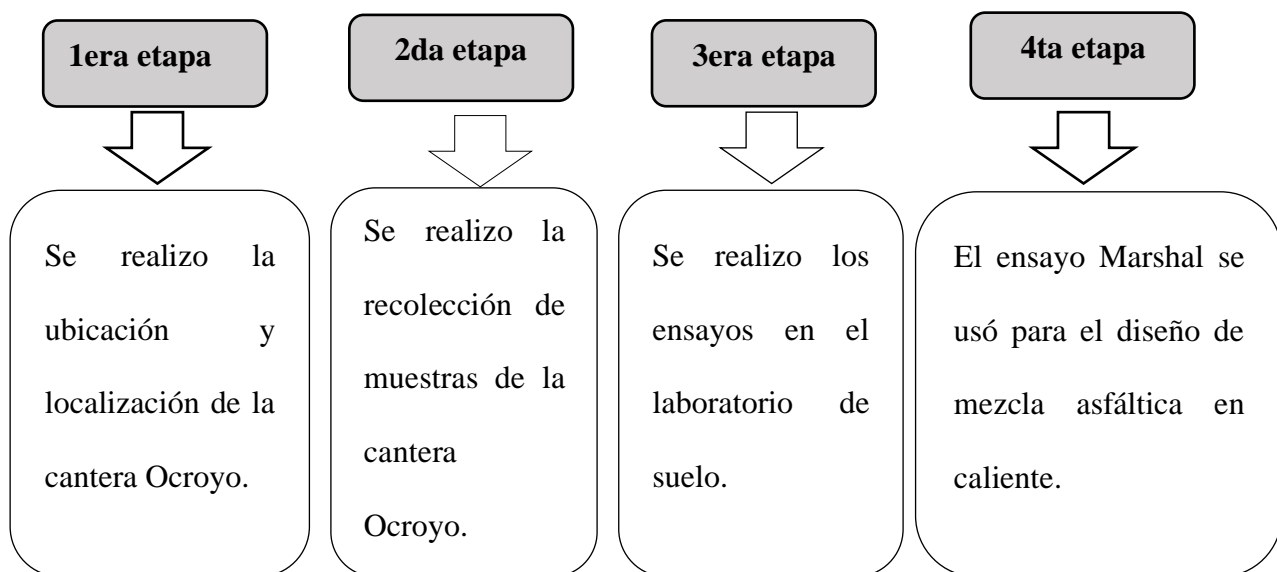
La investigación se ejecutó mediante el tipo de investigación básica porque se enfoca en la solución de problemas de carácter cognitivo y además dependiendo del tipo de datos a analizar es un estudio de método cuantitativa, Borja (2016) indica que la “investigación cuantitativa plantea una forma confiable para los métodos de recopilación y análisis de datos conocer la realidad y por último según el método la demostración de la hipótesis es un estudio descriptivo”. (p. 11)

3.5 Diseño de investigación

En investigación se desarrolló el diseño no experimental - transversal descriptivo.

Figura 2

División de la investigación

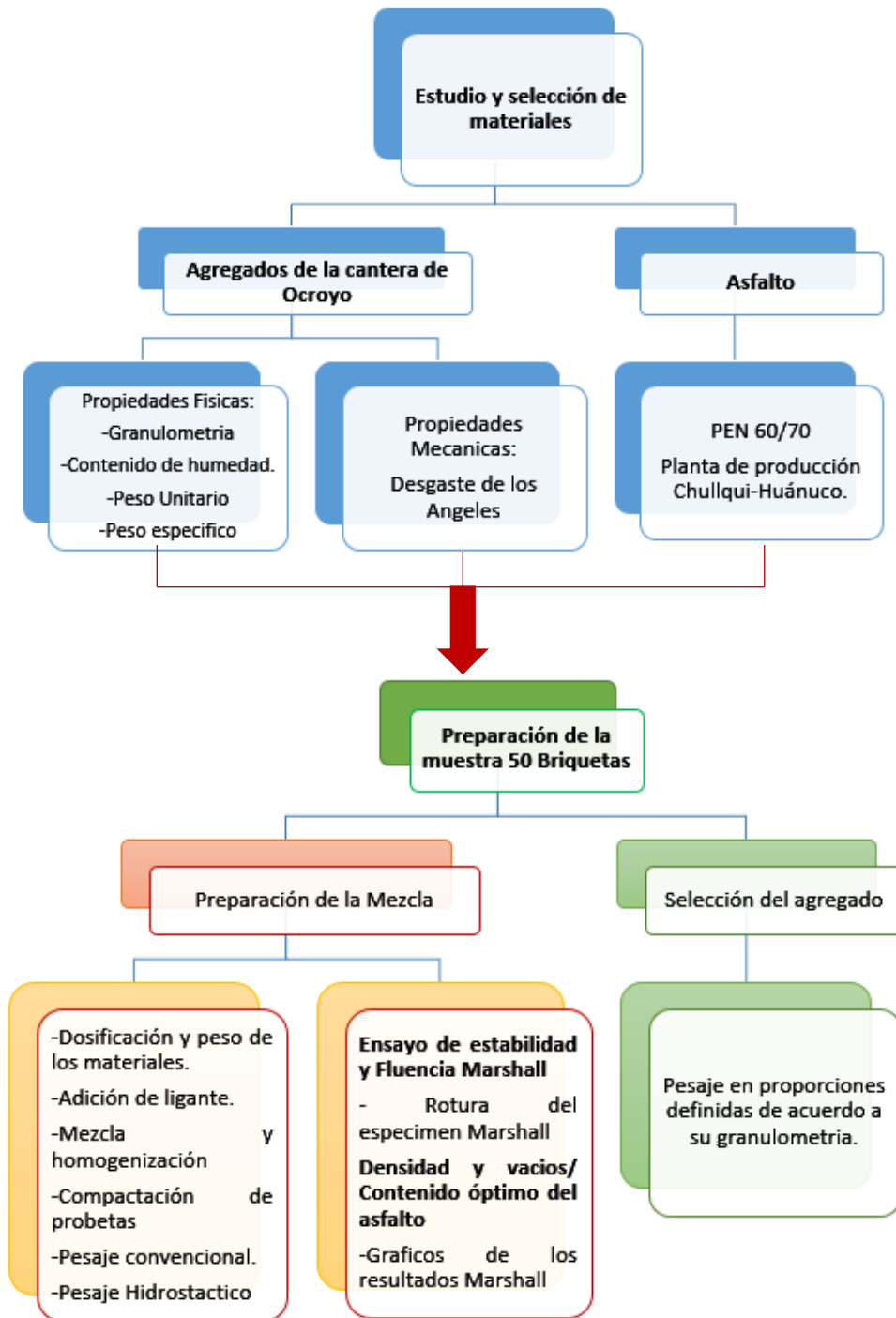


3.5.1. Procedimiento metodológico general.

Se realizo los siguientes ensayos en el laboratorio: Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204), contenido de humedad (MTC E 215), peso unitario de agregados (MTC E 203), gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205), peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E 206), ensayo de abrasión los ángeles (MTC E 207), porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210), partículas chatas y alargadas en agregados (MTC E 223), estos resultados sirvieron para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente para ello se usó el Método Marshall, en donde se elaboró 50 briquetas

Figura 3

Procedimiento para el ensayo Marshall



3.6 Métodos, Técnicas e instrumentos

Para la recopilación de información fueron descriptivos, ya que se utilizaron descripciones de pruebas en laboratorio para el resultado de información, las técnicas y herramientas utilizadas para la ejecución del presente trabajo fueron las siguientes:

3.6.1 La observación

Borja (2016) nos dice que la observación “se conceptualiza como la apreciación ilustrada de un hecho, por esta técnica se efectúa el inventario metódico de datos estudiando las características de las variables lo cual permite saber el objeto de estudio para ser evaluada. (p. 33)

3.6.2 La recopilación documental

De acuerdo con nuestras variables de estudio se reunió información de fuentes fiables tales como investigaciones de diferentes Universidades y de manuales del MTC.

Tabla 5

Técnica para la recopilación de información

Método	Técnica	Instrumento
Descriptivo	Análisis documentado	Libros de investigación, tesis de pregrado, Manual del MTC.
	Análisis de campo y Observación de las pruebas de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de granulometría. - Ensayo de porcentaje total de humedad del material. - Prueba de peso unitario suelto o compactado del material. - Ensayo de peso específico en los agregados - Prueba de abrasión los Angeles. - Ensayo Marshall

3.8 Procedimiento

3.8.1. Análisis del agregado en estudio

3.8.1.1. La Cantera Ocroyo

- Localización y ubicación: el sitio in situ donde se extrajo el agregado grueso y el agregado fino es la cantera de Ocroyo ubicada a cincuenta minutos de la provincia de Ambo.

Tabla 6

Georreferenciación de la cantera de Ocroyo

LUGAR	COORDENADAS UTM-WGS 84		
Cantera de Ocroyo	Zona	18L	Altura
	Este	360742.74 m E	2218 msnm
	Norte	8868540.30 m S	

Fotografía 5

Lugar (in situ) según el Google Earth Pro



- La cantera está situada en el borde derecho del río Chaupihuaranga referente al distrito de Huacar de la provincia - Ambo y departamento - Huánuco.

Fotografía 6

Cantera Ocroyo



3.8.1.2. Ensayos que se realizó a la muestra en estudio

En la presente investigación se ejecutó diferentes pruebas en el laboratorio, para así determinar sus propiedades físico-mecánicas de la Cantera Ocroyo. Una vez obtenida los resultados de los ensayos practicadas se elaboró la mezcla de asfalto en caliente. Para lo cual se tomó como base el Manual de Ensayos de Materiales (2016) y las Especificaciones técnicas – Manual de Carreteras (2013), en seguida, se detalla el procedimiento que se realizó:

Fotografía 8*Separar el agregado con el tamiz N°4***Fotografía 7***Selección de la muestra a ensayar*

3.8.2. Características del material grueso.

3.8.2.1. Determinación de la granulométrica del material grueso.

Se realiza un análisis granulométrico del material grueso para determinar la granulometría de la muestra, el procedimiento está especificado “en la sección E 204 – análisis granulométrico de agregados gruesos y finos” (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 303)

La prueba consiste en preparar una muestra seleccionando pese al menos 2 kg parte del agregado que se secará en un horno a 110 ± 5 °C tal como se especifica en “la tabla 1 cantidad mínima del espécimen grueso” (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 304) , asimismo para el análisis de tamices de agregados finos y gruesos, al preparar la muestra, la masa se separa a través de una serie de tamices de aberturas de malla progresivamente más pequeñas, a través del cual se calcula la distribución de las partículas según el tamaño.

Para realizar este ensayo se tomó en cuenta el MTC E 204, análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, y la NTP 400.012. Ambas basadas en la norma ASTM 136.

Fotografía 9

Equipos a usar



Fotografía 10

Descripción de las pruebas de tamaño de partículas de agregado grueso



Fotografía 11

Pesaje del material grueso

**Fotografía 12**

Material grueso - cantera Ocroyo

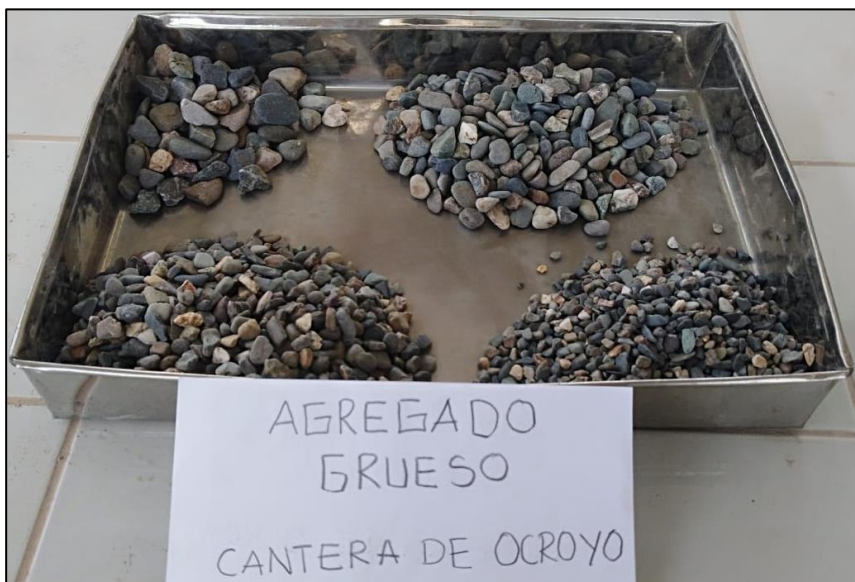
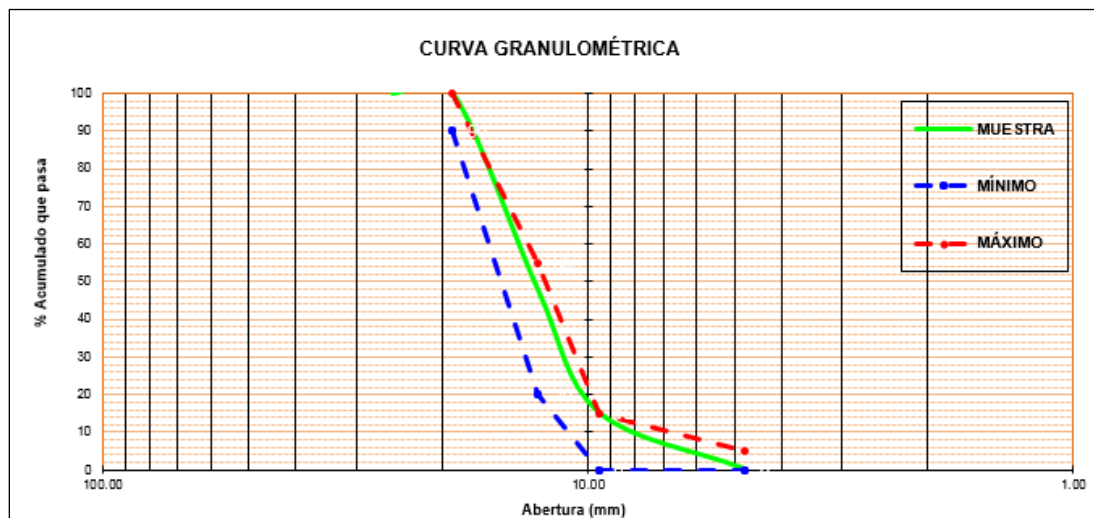


Tabla 7*Granulometría del agregado grueso*

Peso de la muestra 2600.00 gr

Tamiz	Peso retenido	% retenido	% pasa	% Acumulado	% Min.	% Max.
2 ½"			100.00	0.00		
2			100.00	0.00		
1 ½"	0.00	0.00	100.00	0.00		
1"	0.00	0.00	100.00	0.00		
¾"	0.00	0.00	100.00	0.00	90	100
½"	438.00	16.85	83.15	16.85	12	55
3/8"	727.00	27.96	55.19	44.81	0	10
¼"	892.00	34.31	20.88	79.12	0	5
N° 4	543.00	20.88	0.000	100.00		

Figura 4*Curva granulométrica del material grueso*

3.8.2.2 Contenido de humedad del agregado grueso.

Según Menéndez (2009) nos indica que el contenido de humedad “es una medida de la cantidad de agua en la muestra. Por definición, el contenido de humedad es la relación entre el peso del agua en una muestra y el peso de la materia sólida (secada al horno) en la muestra, expresado como porcentaje (w)” (p. 14)

Donde:

w = contenido total de humedad de la muestra expresado en porcentaje.

w_w = Peso de la muestra húmeda original en gramos.

w_s = Peso de la muestra seca en gramos (Menéndez, 2009, p. 14)

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

Este ensayo realizó de acuerdo con los procedimientos que indica el manual de ensayo del MTC E 215 y la norma técnica peruana NTP. 339.185.

Tabla 8

Calculo de porcentaje de humedad del material grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD		N° del recipiente	82	77	74
1	Peso del recipiente	g	509.00	491.00	479.00
2	Peso del recipiente + muestra húmeda	g	3509.00	3491.00	3479.00
3	Peso de la tara + muestra seca	g	3481.00	3483.00	3461.00
4	Peso del agua contenido (2-3)	g	28.00	8.00	18.00
5	Peso de la muestra seca (3-1)	g	2972.00	2992.00	2982.00
6	Porcentaje de humedad (4/5)*100	%	0.94	0.27	0.60
<i>Promedio contenido de humedad (4/5)*100</i>		%	<i>0.60</i>		

3.8.2.3 Peso específico y absorción del material grueso.

Esta prueba está definida por Norma Técnica Peruana 400.021, el peso específico se obtiene al dividir el peso de la sustancia y el volumen de un sólido a una temperatura determinada. y la absorción “es la cantidad de agua que el agregado grueso puede contener en un tiempo determinado de 24 horas” (NT P 400.021, 2018, P. 12). Se seleccionan muestras a granel de al menos 3 kg y luego se lavan para eliminar las partículas finas de la superficie del agregado.

El manual de ensayos de materiales (2016) detalla que “la muestra del agregado se sumerge en el agua por un tiempo de 24 horas para el llenado de los poros, luego la muestra debe retirarse del agua, limpiarse la superficie de las partículas del material con un paño absorbente y pesarse. Inmediatamente después, la muestra es sumergida en agua y finalmente la muestra es secada en el horno a 110 ± 5 °C y se pesa por tercera vez”. (p. 312)

Fotografía 13

La muestra es secada al aire libre



Fotografía 14

Especímenes para determinar el peso específico y absorción



Después de pesar la muestra secada en la superficie se colocó en una canasta obteniendo el peso del agregado grueso sumergido en el agua a 23°C.

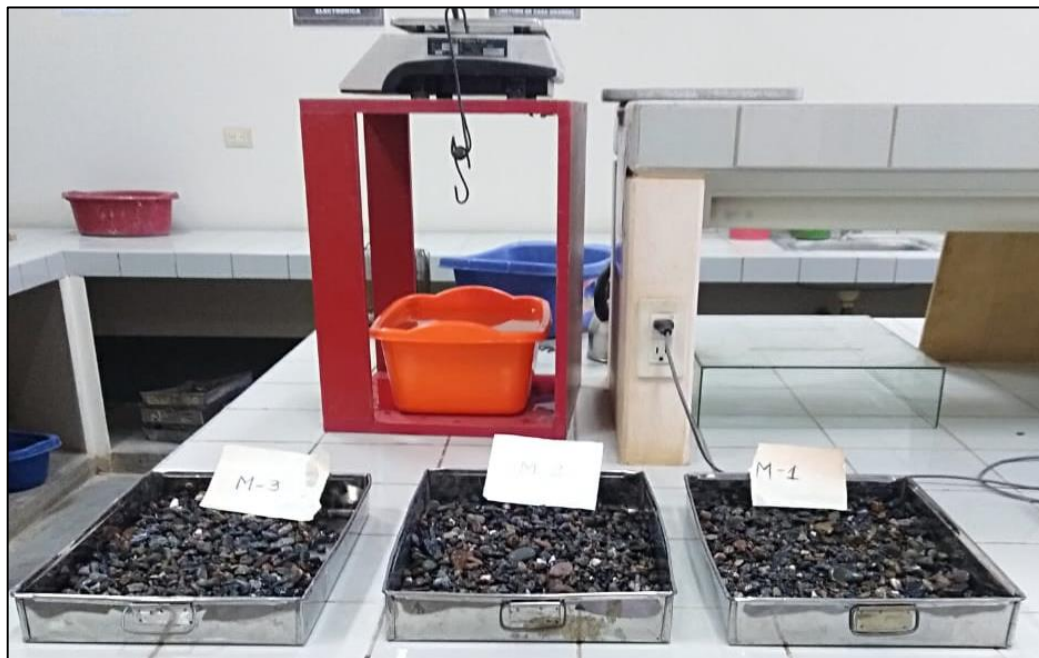
Fotografía 15

Colocación de la muestra en la cesta



Fotografía 16

Pesaje del agregado grueso sumergidas en el agua



Retirar la muestra de la canastilla y se secaron en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

Fotografía 17

Secado de las muestras



Tabla 9*Gravedad específica y absorción del material*

		Recipiente N° 82	Recipiente N° 77	Recipiente N° 74	
1	Peso del material saturado con superficie seca (B)	g 3030.00	3031.00	3030.00	
2	Peso de la cesta dentro del agua	g 0.00	0.00	0.00	
3	Peso del material saturado+ peso de la cesta dentro del agua	g 3030.00	3031.00	3030.00	
4	Peso del material saturado sumergido (c)	g 1896.00	1895.00	1896.00	
5	Peso de recipiente	g 509.00	491.00	479.00	
6	Peso de recipiente + material seco	g 3519.00	3498.00	3488.00	
7	Peso del material seco (6-5) (A)	g 3010.00	3007.00	3009.00	
RESULTADOS		M1	M2	M3	Prom.
8	Gravedad específica seca ((A/(B-C)))	g/cm ³ 2.65	2.65	2.65	2.65
9	Gravedad específica saturada (S.S.S) (B/(B-C))	g/cm ³ 2.67	2.67	2.67	2.67
10	Peso específico aparente (A/(A-C))	g/cm ³ 2.70	2.70	2.70	2.70
11	Porcentaje de absorción ((B-A)/A)*100)	% 0.66	0.80	0.70	0.72

3.8.2.4. Peso unitario del agregado grueso de la cantera de Ocroyo.

a. Peso Unitario Suelto:

1. Hemos utilizado un contenedor de 0.0140 m³ con un espesor de 5 mm en el estudio, porque el laboratorio dice que, según el manual de ensayo de materiales (2016), el contenedor cumple con los requisitos mínimos, la dimensión nominal máximo del material grueso ensayado es 1/ 2".
2. Pesarse el recipiente del agregado grueso vacío, cuartear la muestra y colocarla en un recipiente que debe tener aprox. 125% a 200% del volumen requerido para el contenedor.
3. Evaluar los requisitos mínimos del recipiente de acuerdo al manual de ensayos de materiales (2016).

Tabla 10

Capacidad del recipiente de medida

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de recipiente de medida ^o	
Mm	pulgadas	L(m ³)	Pie ³
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

Nota. Del *Manual de ensayos de materiales, 2016* (p. 301), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Tabla 11

Requisitos para los recipientes de medida

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de recipiente de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared AE	Espesor Adicional
Menos de 0,4 pie ³	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 pie ³ a 1,5 pie ³ , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8 pie ³ , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0 pie ³ , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 113 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

Nota. Del *Manual de ensayos de materiales, 2016* (p. 301), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Este ensayo se realizó de acuerdo con los procedimientos que indica el manual de ensayo del MTC E 203 y la norma técnica peruana NTP. 400.017.

Fotografía 18

Equipos que se usó para la prueba del peso unitario



Equipos que se usa para el ensayo

- Balanza, recipiente de medida y la varilla compactadora

Fotografía 20

Peso del recipiente 5830g

**Fotografía 19**

Cuarteo de las muestras



4. Llene la muestra con una espátula desde una altura de no más de 50mm hasta el borde superior del recipiente.
5. El exceso de material en la parte superior se nivela horizontalmente usando una barra de palanca hasta que el material quede exactamente al ras con el contenedor.

Fotografía 21

Llenado de la muestra en el recipiente

**Fotografía 22**

Enrasado de la muestra



6. Pesar el recipiente lleno con la muestra. En nuestro caso, se realizaron tres muestras de prueba.

Fotografía 23

Pesaje de la muestra



Fotografía 24

Anotando los pesos de las muestras

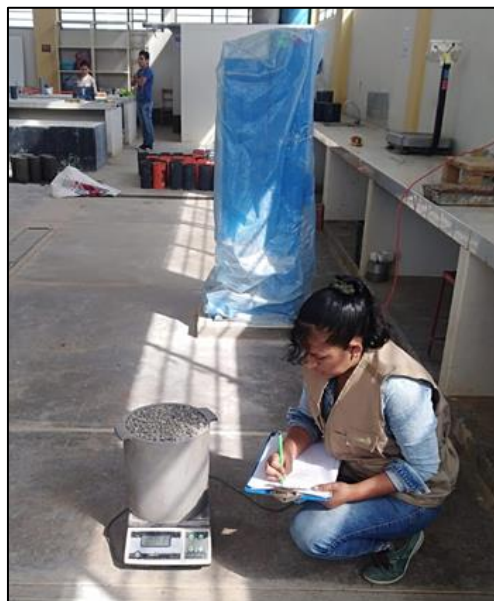


Tabla 12

Resultados del peso unitario suelto del material grueso

Peso unitario suelto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	28102	28085	28110
2	Peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	22272	22255	22280
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S (3/4)/100	kg/m ³	1580	1578	1580
6	Promedio P.U.S seco	kg/m ³	1579		

b. Determinación del peso unitario compactado.

1. Evaluar los requisitos mínimos del contenedor como se describe en el procedimiento del peso unitario suelto, se tiene en cuenta una varilla semiesférica de 60cm de largo y de 1.6cm de diámetro.
2. Pesaje del recipiente de medida vacío.
3. Se procede a llenar la primera capa una vez llenada la primera capa se utiliza la varilla y se realiza 25 golpes en forma espiral sin tocar la parte inferior, con el mismo procedimiento se llena la segunda y la tercera capa del recipiente enrasar la superficie con la varilla para finalizar se pesa el recipiente más la grava.

Fotografía 25

Llenado del agregado grueso en tres capas



Tabla 13*Resultados del ensayo del peso unitario compactado del material grueso*

Peso unitario compacto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	29780	29779	29691
2	Peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	23950	23949	23861
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C (3/4)/100	Kg/m ³	1699	1699	1692
6	Promedio P.U.S compacto	Kg/m ³	1696		

3.8.3. Características del agregado fino

3.8.3.1. Análisis granulométrico del agregado fino

Al igual que con el agregado grueso, esta prueba está definida por ASTM C136 y NTP 400.012. El agregado fino es aquel material que pasa la malla N° 4 y se analizó el tamaño de partícula utilizando una muestra de 2,5 kg. El procedimiento es el mismo que para el análisis granulométrico de los agregados gruesos, que arroja los siguientes resultados:

Fotografía 26

Pesaje del material fino

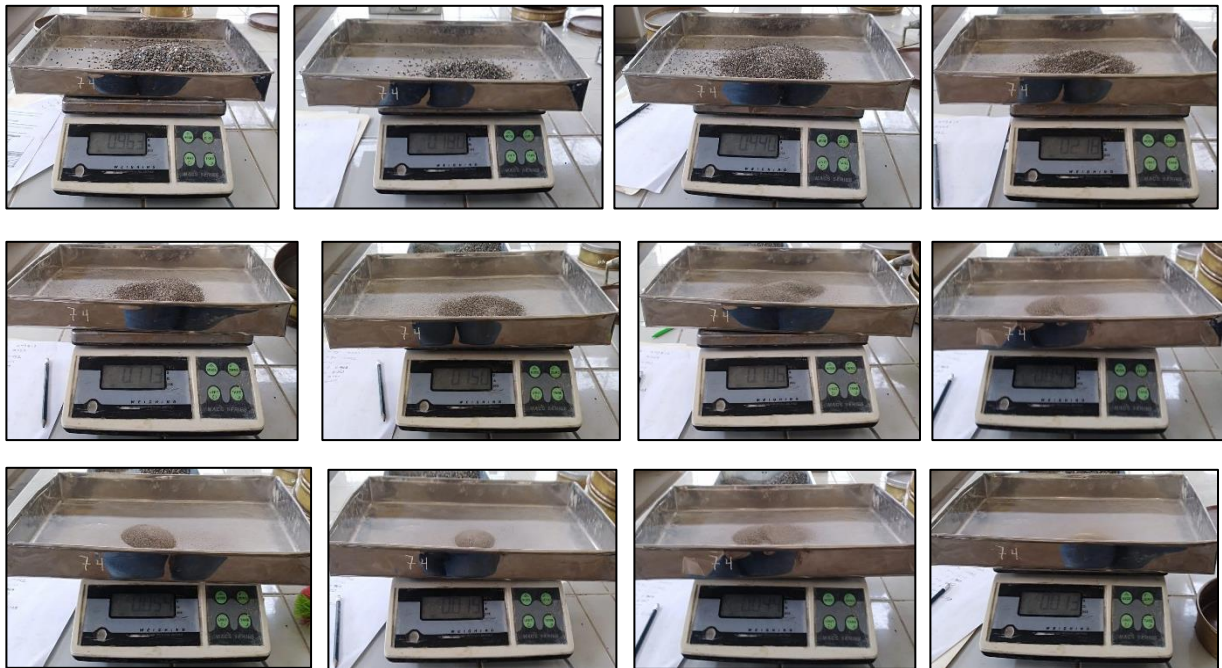


Tabla 14*Granulometría del material fino*

Peso del material		2404.00 g		
N° Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa	% Retenido acumulado
1/4"			100.00	
N°04	0.00	0.00	100.00	0.00
N°08	963.00	40.06	59.94	40.06
N°10	180.00	7.49	52.45	47.55
N°16	440.00	18.30	34.15	65.85
N°20	218.00	9.07	25.08	74.92
N°30	173.00	7.20	17.89	82.11
N°40	150.00	6.24	11.65	88.35
N°50	106.00	4.41	7.24	92.76
N°60	44.00	1.83	5.41	94.59
N°80	54.00	2.25	3.16	96.84
N°100	19.00	0.79	2.37	97.63
N°200	44.00	1.83	0.54	99.46
Fondo	13.00	0.54	0.00	100.00

Fotografía 27

Agregado fino - cantera Ocroyo

**Fotografía 28**

Arena fina natural de la cantera Ocroyo



3.8.3.2. Ensayo del contenido de humedad en muestras de agregado fino

Según Menéndez (2009) nos indica que el contenido de humedad “es una medida de la cantidad de agua en la muestra. Por definición, el contenido de humedad es la relación entre el peso del agua en una muestra y el peso de la materia sólida (secada al horno) en la muestra, expresado como porcentaje (w)” (p. 14)

Donde:

w = contenido total de humedad de la muestra expresado en porcentaje.

w_w = Peso de la muestra húmeda original en gramos.

w_s = Peso de la muestra seca en gramos (Menéndez, 2009, p. 14)

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

Este ensayo se realizó de acuerdo con los procedimientos que indica el manual de ensayo del MTC E 215 y la norma técnica peruana NTP. 339.185.

Tabla 15

Calculo de porcentaje de humedad del material fino

	CONTENIDO DE HUMEDAD	N° del recipiente	1	77	11
1	Peso del recipiente	g	412.00	409.00	417.00
2	Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1412.00	1409.00	1417.00
3	Peso de la tara + muestra seca	g	1372.00	1365.00	1384.00
4	Peso del agua contenido (2-3)	g	40.00	44.00	33.00
5	Peso de la muestra seca (3-1)	g	960.00	956.00	967.00
6	Porcentaje de humedad (4/5)*100	%	4.17	4.60	3.41
	Promedio contenido de humedad (4/5)*100	%		4.06	

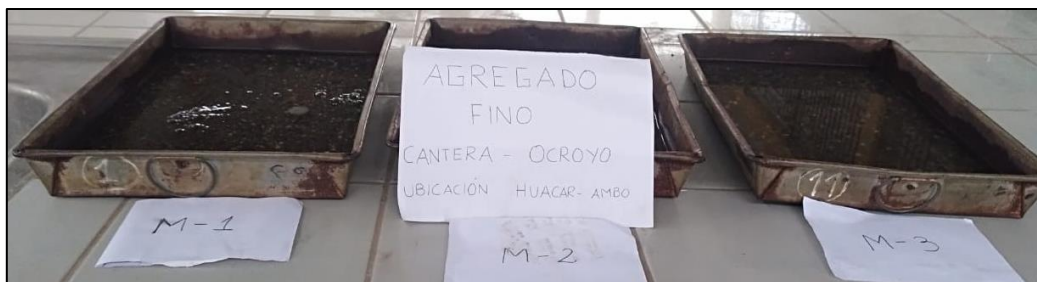
3.8.3.3. Gravedad específica y absorción de muestras de agregados finos

El manual de ensayos de materiales (2016) el método para “indicar el peso específico seco, peso específico saturado con espacio seco, peso aparente y la absorción luego de 24 horas de inmersión en agua las muestras de agregados finos”. (p. 3019)

Para realizar este ensayo se consideraron los procedimientos que muestran las normas del ministerio de transportes y comunicaciones MTC E 205 y la NTP. 400.022

Fotografía 29

Situar el material fino en un envase y recubrir con agua por 24h



El manual de ensayos de materiales (2016), nos indica que se “derrama el agua evitando pérdidas de agregados finos y se extiende la muestra sobre una superficie llana expuesta a la intemperie y se mueve la muestra a cada instante para así tener un secado homogéneo”. (p. 310)

Fotografía 30

Secado de las muestras sobre una superficie plana



A continuación, se “coloca la muestra del agregado fino en el molde cónico y se golpea la superficie de manera suave 25 veces con el uso de la varilla se apisona para luego retirar el molde cónico, si el material contiene humedad al retirar el cono la muestra mantiene dicha forma y se procede a seguir secando el material, se concluye que el agregado fino esta seca cuando la muestra se derrumbe al retirar el molde cónico”. (Manual de ensayo de materiales, 2016, p.310)

Fotografía 31

Demostración que el material fino se encuentra seco



Fotografía 32

Pesaje de las tres muestras



Se procede a “introducir la muestra seca de 500g en el picnómetro, para luego cubrir con agua hasta la marca de 500cm³, con la ayuda del aspirador de aire o de manera manual se agita cerca de 15 a 20 minutos tiempo estipulado para la eliminación de las burbujas de aire en el aspirador de aire, agite durante 15 a 20 minutos para eliminar todos los vacíos, luego se llena de agua el frasco y se determina el peso total del picnómetro, muestra y el agua. Finalmente se retira la muestra del frasco y se introduce en el horno para el secado por un promedio de media a una hora y media para determinar el peso seco”. (Manual de ensayo de materiales, 2016, p.310)

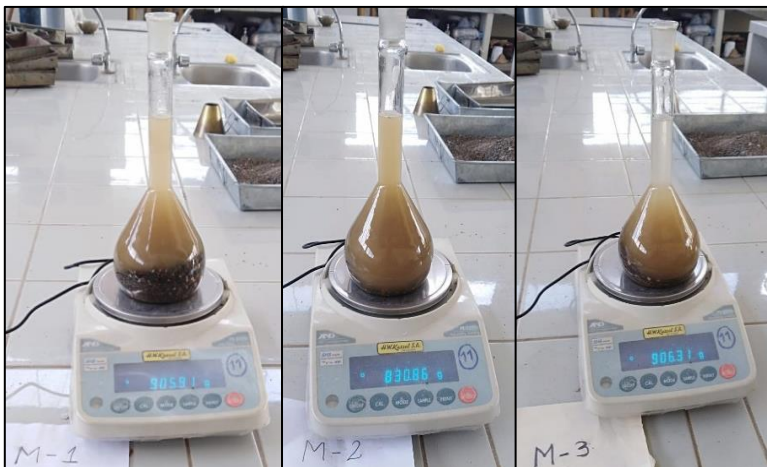
Fotografía 33

Retirar las burbujas a través de la oscilación (bomba de aire)



Fotografía 34

Pesaje del frasco, muestra y el agua luego de eliminación de las burbujas de aire

**Fotografía 35**

El secado de las muestras en la estufa y así determinar su peso final



Tabla 16*Resultados del peso específico y absorción del material fino*

Agregado Fino		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
1	Peso del material seco después de la eliminación de las burbujas de aire (A)	g	344.24	345.01	345.16
2	Peso del picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	g	689.44	686.44	688.73
3	Peso del picnómetro + muestra saturada agua hasta la marca (C)	g	905.91	830.86	906.31
4	Peso de la muestra inicial saturada sss (S)	g	350.00	350.00	350.00

RESULTADOS		M1	M2	M3	
5	Gravedad específica seca ((A/(B+S-C))	g/cm ³	2.58	1.68	2.61
6	Gravedad específica saturada (S.S.S) (S/(B+S-C))	g/cm ³	2.62	1.70	2.64
7	Peso específico aparente (A/(B+A-C))	g/cm ³	2.69	1.72	2.71
8	Porcentaje de absorción ((S-A)/A)*100)	%	1.67	1.45	1.40
9	Promedio %			1.51	

3.8.3.4 Ensayo del eso unitario suelto - compactado del material fino.

a. Peso Unitario Suelto:

1. En nuestro caso utilizamos un contenedor de 0.0028m³ con un espesor de 5mm, ya que se dispone en el laboratorio.
2. Pesar el recipiente vacío, que pesa 1782 gramos. Una vez que se cuartee la muestra, viértala en el recipiente, que debe ser aproximadamente del 125 % al 200 % del volumen requerido en el recipiente.
3. Verter en el recipiente a una altura no superior a 50mm sobre el borde superior.

Fotografía 36

Pesaje del recipiente y el llenado del agregado fino con la cuchara



4. Cuando el recipiente rebose, se elimina el agregado fino sobrante con la ayuda de una regla metálica.
5. Finalmente se registra el peso del recipiente más el peso de la muestra

Fotografía 37*Nivelación, pesaje y anotación del material fino***Tabla 17***Resultado del ensayo de peso unitario suelto del material fino*

Peso unitario suelto – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	6643	6648	6656
2	Peso del recipiente de medida	g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2)	g	4861	4866	4874
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4) /100	kg/m ³	1736	1738	1741
6	Promedio P.U.S Seco	kg/m ³		1738	

b. Peso Unitario Compactado:

1. Determinar los requisitos mínimos del contenedor como se describió en peso unitario compactado del agregado grueso, se usó una varilla que tiene 60cm de largo con un diámetro de 0.6cm
2. Pese el recipiente de medida. Después de dividir la muestra, se vierte en un recipiente que es aproximadamente del 125 % al 200 % del volumen requerido del recipiente.
3. Llenado del recipiente con el agregado fino en 03 capas con una cuchara metálica a una altura de no más de 5 cm sobre el borde superior del recipiente, se apisona cada capa de manera uniforme y horizontal 25 veces, tratando de golpear con fuerza de una capa a la siguiente.

Fotografía 38

Se compactada el agregado fino mediante tres capas



“Una vez compactada la última capa, se nivela la superficie del material fino con la ayuda de una regla metálica, para así determinar el peso del recipiente y del material”. (Manual de ensayos de materiales, 2016, p.299)

Tabla 18

Resultado del ensayo del peso unitario compactado del material fino

Peso unitario compactado – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	7015	7024	7009
2	Peso del recipiente de medida	g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2)	g	5233	5242	5227
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4) /100	Kg/m ³	1869	1872	1867
6	Promedio P.U.S Seco	Kg/m ³	1869		

3.8.3.5. Peso unitario del material fino natural - cantera de Ocroyo

Fotografía 39

Secado de la arena fina natural



Fotografía 40

Procedimiento del peso unitario suelto del material fino natural

**Fotografía 41**

Procedimiento del peso unitario compactado del material fino natural



3.8.3.6. Gravedad específica y absorción del material fino natural

Si al levantar el molde observa una forma cónica que termina en algún punto, esto indica que el material este seco.

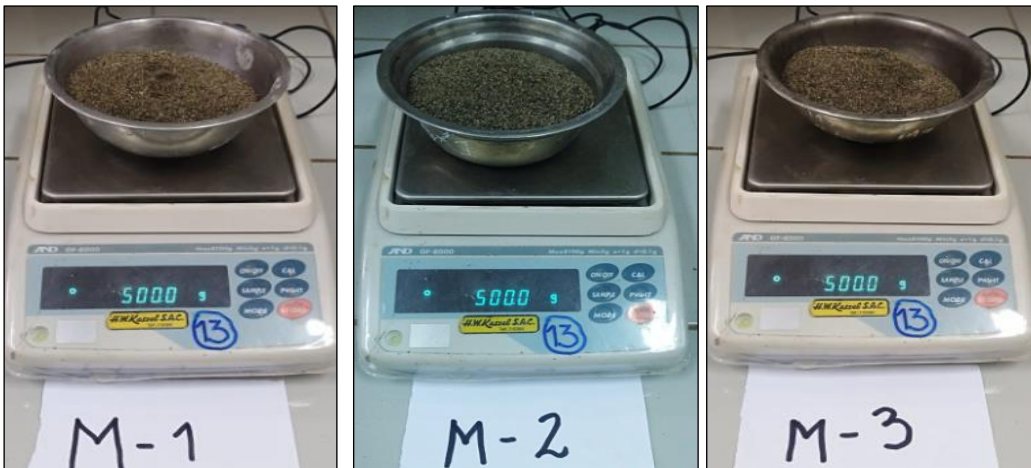
Fotografía 42

Determinación de la arena superficialmente seco



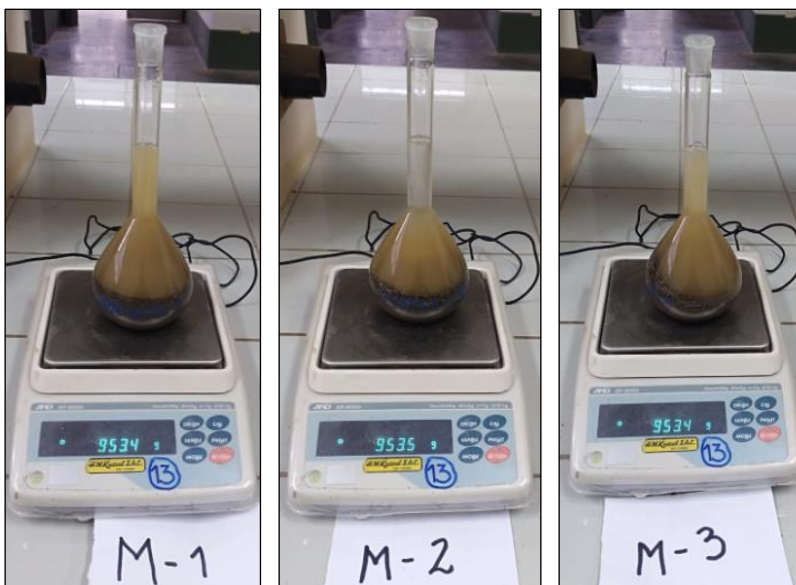
Fotografía 43

Pesaje de las tres muestras a ser ensayadas



Fotografía 44

Se determina el peso de las muestras una vez succionadas por la vibración de la bomba de aire



Se procede a retirar toda la muestra del picnómetro al recipiente metálico y secar en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

Fotografía 45

Peso de las muestras secadas



3.8.4. Prueba de partículas Chatas y Alargadas

El propósito de esta prueba es calcular el porcentaje de partículas alargadas y chatas en el material granular de la cantera de Ocroyo. A porcentajes más bajos, la mezcla asfáltica se compactará mejor. Esto se hace en función del manual de ensayo de materiales (2016) y de la norma ASTM D 4791.

Tabla 19

Requerimiento del agregado grueso en el ensayo de partículas chatas y alargadas

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Partículas Chatas y Alargadas.		≤ 3000	> 3000
	MTC E-223	10% max	10% max

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Fotografía 46

Material granular a ensayar



Fotografía 47

Partículas alargadas y chatas de 1/4"

**Fotografía 48**

Partículas alargadas y chatas de 3/8"



Fotografía 49

Partículas alargadas y chatas de 1/2"



Tabla 20

Resultados de la prueba de partículas chatas y alargadas

Material		Peso del material (g)	Partículas chatas		Partículas alargadas		
Tamiz (pulg)	Abertura (mm)		Peso (g)	%	Peso (g)	%	
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	24.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700	2500	32	1.28	30	1.18	
3/8"	8.750	2500	52	2.08	50	1,96	
1/4"	6.350	2500	34	1.36	53	2.09	
						6.690	

3.8.5. Prueba para determinar el porcentaje de caras fracturadas

El manual de ensayos de materiales (2016) indica que “el ensayo comprende establecer el porcentaje, en masa o cantidad de un material grueso que abarca partículas de caras fracturadas”. (p. 337)

Este ensayo realizó de acuerdo con los procedimientos que indica el manual de ensayo del MTC E 210 y la norma ASTM D 5821

Equipos para usar:

- Balanza, Tamices
- Separador o cuarteador y espátula.

Tabla 21

Determinación - porcentaje de partículas de caras fracturadas

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Caras Fracturadas.	MTC E-210	≤ 3000	> 3000
		87/50	90/70

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Fotografía 50

Pesaje de muestras 3/8" y 1/2"



Tabla 22*Cálculos del porcentaje de partículas fracturadas*

1. Con una cara fracturada						
Tamaño del material		A	B	C	D	E
Gruoso						
Pasa	Retenido	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"					
¾"	½"	2140	1817	84.91	58.15	4937.50
½"	⅜"	1540	1320	85.71	41.85	3586.96
Total		3680	3137	170.62	100.00	8524.46
Resultado de porcentaje con una cara fracturada (total E/ total D)						85.2%
2. Con dos caras fracturadas						
Tamaño del material		A	B	C	D	E
Gruoso						
Pasa	Retenido	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"					
¾"	½"	385	130.5	33.90	60.63	2055.12
½"	⅜"	250	197.8	79.12	39.37	3114.96
Total		635	328.3	113.02	100.00	5170.08
Resultado de porcentaje con dos o m as caras fracturadas (total E/ total D)						51.7%

3.8.6. Característica de la propiedad mecánica del agregado de la cantera de Ocroyo.

3.8.6.1. Prueba de resistencia al desgaste de material grueso a través de la máquina de los Ángeles.

Según el manual de ensayos de materiales (2016), la prueba “consiste en desgastar el agregado grueso mediante el proceso de abrasión por la Máquina de los Ángeles, teniendo la finalidad de medir la degradación de agregados minerales a consecuencia de la combinación de acciones tales como abrasión o desgaste, impacto y trituración”. (p. 321)

Este ensayo se realizó de acuerdo con los procedimientos que indica el manual de ensayo del MTC E 207 y la norma técnica peruana NTP. 400.019.

Equipos para usar en la prueba:

- La máquina de los Ángeles de 28” de diámetro por 20” de longitud
- 12 esferas de acero (carga abrasiva)
- Tamiz N° 12, bandeja metálica y balanza

Tabla 23

Requerimiento de la prueba del desgaste de los Ángeles

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Abrasión los Ángeles.	MTC E 207	40% máx.	35% máx.

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

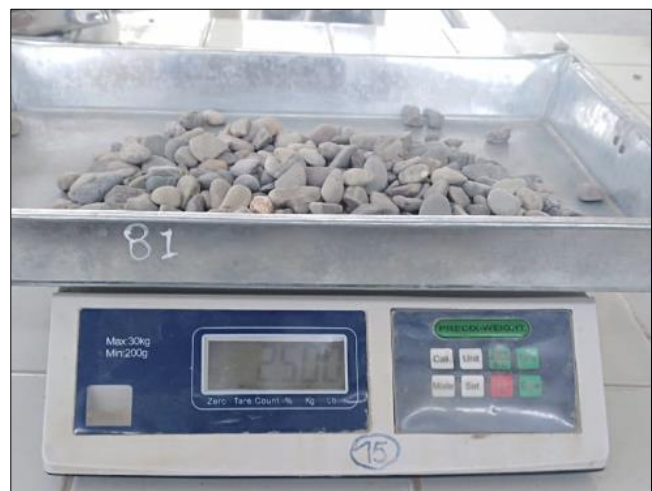
Tabla 24*Gradación del material grueso*

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Nota. Del *Manual de Ensayos y Materiales, 2016* (p. 316), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Según el manual de ensayos de materiales (2016) se tiene el siguiente procedimiento:

1. Lavar el agregado grueso y secar en el horno a una temperatura de 110°C
2. Tamizado de la muestra, se agita el tamiz en forma circular lo que queda en cada tamiz se dispone en su respectivo recipiente.

Fotografía 52*Tamizado del agregado grueso***Fotografía 51***La muestra a ensayar pesa 2500g*

3. Introducir la muestra preparada junto con las cargas abrasivas en el tambor de la máquina Los Ángeles y sellar

Fotografía 54

Colocar en el interior del tambor el agregado

**Fotografía 53**

Introducir las cargas abrasivas en el tambor



4. Se motoriza el tambor de 30 a 35 rpm hasta llegar a 500 rpm.

Fotografía 55

Se programa para 500 revoluciones



5. Después de las 500 revoluciones, el tambor se detiene automáticamente, se vacía el material en una bandeja.
6. El material vibra en el tamiz de corte N°12

Fotografía 56

Retiro de la muestra y de las 11 esferas

**Fotografía 57**

Separación del agregado mediante el tamiz N°12



7. El material que quedo en el tamiz N°12, son lavados y secados en la estufa y son pesados.
8. Para el cálculo del porcentaje de desgaste se resta el peso retenido del tamiz N° 12, del peso total (5000 gramos). Se multiplica el resultado por 100 y se divide por el peso total del agregado grueso.

Fotografía 58

Muestras ensayadas



Tabla 26*Gradación de las muestras a ensayar*

TAMIZ QUE PASA	TAMIZ QUE RETIENE	GRADACIÓN			
		A (12)	B (11)	C (8)	D (6)
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"			2500.00		
⅜"			2500.00		
N° 2	N° 4				
N° 4	N° 8				

El número de esferas a usar están dentro del paréntesis

Tabla 27*Resultados de la prueba de desgaste de los Ángeles*

N° de muestras	M-1	M-2	M-3
Peso inicial del material	5000.00 g	5000.00 g	5000.00 g
Gradación	B		
Peso del material Retenido en el tamiz N° 12	4054.00 g	4040.00 g	4041.00 g
Peso del material que pasa en el tamiz N° 12	946.00 g	960.00 g	959.00 g
Porcentaje de desgaste	18.92	19.2	19.18
Promedio del porcentaje de desgaste	19.1		

3.8.7. Cemento asfáltico

El Manual especificaciones técnicas generales para construcción (2013) indica que el “cemento asfáltico se usa para elaborar mezclas asfálticas en caliente y se clasifica por viscosidad absoluta y por penetración. Se usará de acuerdo con sus características climáticas de cada región”. (p. 470)

La temperatura promedio de Huánuco es 19° C

Tabla 28

Clasificación del cemento asfáltico según la temperatura

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Nota. Del *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013* (p. 471), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

En este caso para elaborar la mezcla asfáltica en caliente con los agregados de la cantera Ocroyo, cemento asfáltico a usar es **PEN 60/70**.

3.8.8. Resistencia de la mezcla asfáltica en caliente usando el Método de Marshall, MTC E

504

La elaboración de mezclas asfálticas en caliente se realizó mediante el **Método Marshall**. Seguidamente se muestran los materiales que utilizo y cuáles son las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

Tabla 29

Materiales a usar en la preparación de la mezcla de asfalto en caliente

MATERIALES	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
Agregados Pétreos	Grava < ½"	Cantera de Ocroyo –
	Grava < N°4	Huacar - Ambo.
Cemento asfáltico	Arena	Planta de producción
	PEN 60/70	Chullqui – Churubamba-Huánuco.

MATERIALES PARA ENSAYAR	PORCENTAJES (%)
Material Grueso	67%
Material Fino	26%

Según el Manual de Ensayos de Materiales MTC-2016. Las muestras se preparan de la siguiente manera:

- El asfalto y el agregado se calientan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.
- El porcentaje de asfalto se calcula realizando cinco muestras de cada proporción de asfalto, las proporciones de asfalto deben ser aumentadas en 0.5% de cada porcentaje diferente. Las mezclas asfálticas calientes se ubican en los moldes pre-calentados Marshall como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.
- Se preparan 05 briquetas para cada grupo de un mismo contenido de asfalto, incrementándose 0.5 % en peso el cemento asfáltico, iniciando la dosificación con 4.5 % de cemento asfáltico, se realizó un total de 50 briquetas. Para cada biqueta se necesitan aproximadamente 1200 gr de agregados de la cantera de Ocroyo.

Equipos para usar en el Ensayo Marshall

- Probetas Marshall
- Equipo de estabilidad
- Compactador automático - Martillo de compactación
- Equipo Baño Maria - Extractor de probetas
- Maquina Marshall

3.8.1. La preparación de las muestras de ensayo

1. La relación del agregado en las mezclas se basa respecto al resultado del ensayo del análisis granulométrico.

Fotografía 59

Dosificación del material



2. Elaborar 5 probetas circulares, por cada contenido de porcentaje de asfalto teniendo un total de 50 briquetas.

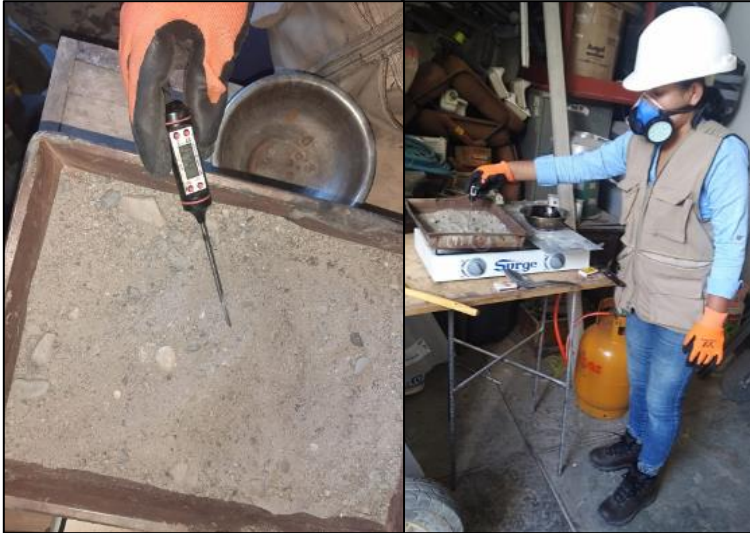
Fotografía 60

Briquetas de ensayo ya preparadas



Fotografía 61

El agregado se calienta a una temperatura de 160°C

**Fotografía 62**

El cemento asfalto se calienta a una temperatura de 140°C



Fotografía 63

Homogenizando los agregados con el asfalto

**Fotografía 64**

Colocación del espécimen dentro del cilindro



3. Las briquetas se preparan en los moldes de metal, en seguida son compactadas asegurándose de que se apliquen 50 impactos por cada cara, en un tiempo no superior a 90 segundos.

El manual de carretera especificaciones técnicas generales para construcción (2013, en la “sección N°423 Pavimentos de concreto asfáltico en caliente, en la tabla 423-06 nos indica el número de golpes del martillo para compactar las briquetas”. (p. 570)

Tabla 30

Requisitos para la mezcla de asfalto en caliente

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 570), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Fotografía 65

Compactación de las briquetas con el martillo de compactación



Fotografía 66

Medición de la altura de la briqueta

**Fotografía 67**

Se observa las cincuenta briquetas compactadas



Así mismo se establece la densidad real de la briqueta de la mezcla asfáltica la cual se determina por medio de la masa de la briqueta pesada al aire en condición seca, saturada superficialmente seca e inmerso en agua.

Fotografía 68

Pesaje de la briqueta en condición seca



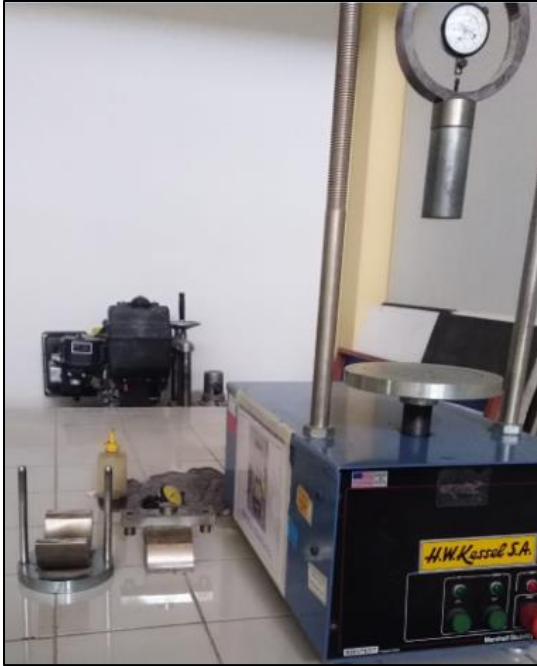
Fotografía 69

La briqueta 10B se sumerge en la canastilla



Fotografía 72

La mordaza de ensayo se debe acondicionar entre 21°C y 38°C

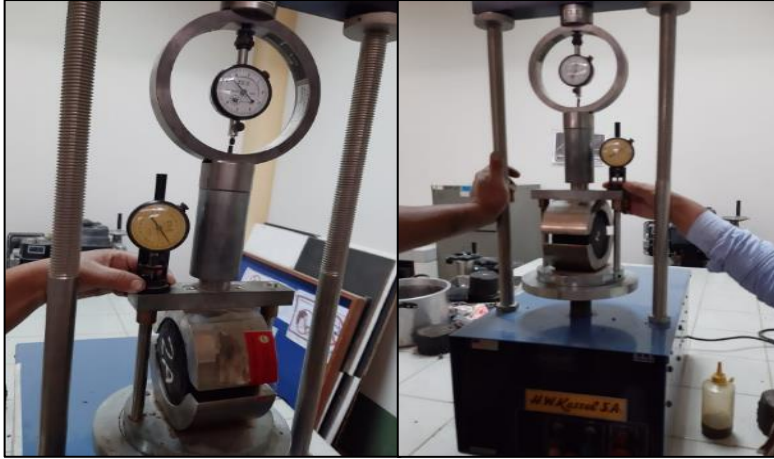
**Fotografía 73**

Prensa Marshall



Fotografía 74

Se observa las mediciones del flujo y estabilidad



Se conocen tres procedimientos en el método del ensayo Marshall, siendo estas: la determinación del peso específico total, la medición de la estabilidad y la fluencia Marshall, y el análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las muestras.

4. Determinación del Peso Específico Total (AASHTO T-166).

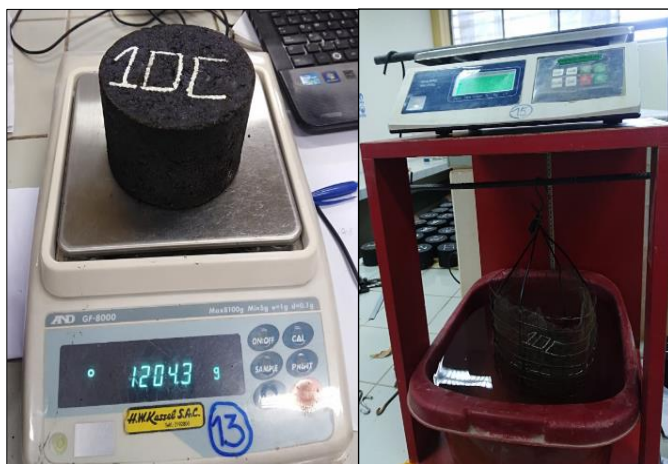
El peso específico total de cada muestra se evalúa una vez que las muestras compactadas se hayan enfriado a la temperatura de ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos.

Fotografía 75

Peso de la briqueta 1A

**Fotografía 75**

Peso de la briqueta 10C

**5. Ensayo de Estabilidad y Fluencia:**

Se entiende por ensayo de estabilidad la determinación de la resistencia a la deformación de mezcla. y la fluencia cuantifica la deformación, bajo la carga que ocurre en la mezcla.

4.1. Diseño de mezclas asfáltica usando el Método Marshall

Se muestra el procedimiento de diseño a través del Método Marshall para obtener la mezcla de asfalto óptimo que cumpla con los parámetros volumétricos de tal manera que responda adecuadamente a la demanda de tránsito requerido.

4.1.1. Información conseguida del material de la cantera Ocroyo

Tabla 31

Gravedad específica y la absorción del material grueso

		N° 82	N° 77	N° 74	
1	W material saturado con superficie secado (B) W_{sss}	g 3030.00	3031.00	3030.00	
2	W cesta adentro del agua	g 0.00	0.00	0.00	
3	W material saturado+ W cesta adentro del agua	g 3030.00	3031.00	3030.00	
4	W material saturado sumergido (c) W_{sum}	g 1896.00	1895.00	1896.00	
5	W de bandeja	g 509.00	491.00	479.00	
6	W bandeja + material secado	g 3519.00	3498.00	3488.00	
7	W material secado (6-5) (A) W_s	g 3010.00	3007.00	3009.00	
RESULTADOS		M1	M2	M3	Prom.
8	Gravedad específica seca ((A/(B-C)) G_m	g/cm ³ 2.65	2.65	2.65	2.65
9	Gravedad específica saturada (S.S.S) (B/(B-C)) G_{sss}	g/cm ³ 2.67	2.67	2.67	2.67
10	Pe aparente (A/(A-C)) G_s	g/cm ³ 2.70	2.70	2.70	2.70
11	% de absorción ((B-A)/A)*100)	% 0.66	0.80	0.70	0.72

Tabla 32

Gravedad específica y absorción del material natural fino

Material natural fino		M1	M2	M3
1 W material seco seco una vez eliminado las burbujas de aire (A)	g	495.50	495.60	495.20
2 W picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	g	644.80	644.70	644.70
3 W picnómetro + muestra saturada agua hasta la marca (C)	g	953.40	953.50	953.40
4 W muestra inicial saturada sss (S)	g	500.00	500.00	500.00

RESULTADOS		M1	M2	M3
5 Gravedad específica seca ((A/(B+S-C)) Gm	g/cm ³	2.59	2.59	2.59
6 Gravedad específica saturada (S.S.S) (S/(B+S-C)) Gsss	g/cm ³	2.61	2.62	2.61
7 γ aparente (A/(B+A-C)) Gs	g/cm ³	2.65	2.65	2.65
8 % de absorción ((S-A)/A)*100)	%	0.91	0.93	0.97
9 Promedio %			0.94	

4.2. Gravedad específica del material

2.1 Material grueso

$$G_m = \frac{W_s}{W_{sss} - W_{sum}} = 2.65$$

$$G_s = \frac{W_s}{W_s - W_{sum}} = 2.67$$

$$G_{sss} = \frac{W_{sss}}{W_{sss} - W_{sum}} = 2.70$$

2.2 Material fino

$$G_m = \frac{W_s}{W_{sss} - W_{sum}} = 2.59$$

$$G_s = \frac{W_s}{W_s - W_{sum}} = 2.61$$

$$G_{sss} = \frac{W_{sss}}{W_{sss} - W_{sum}} = 2.65$$

4.2.1. Porcentaje de los agregados

P1 =	67.00%	Agregado grueso
P2 =	33.00%	Agregado fino natural
P3 =	7.00%	Cemento – Filler

Fotografía 76

Porcentaje del material a usar



4.3. Gravedad específica del asfalto

$$G_b = 1.0254$$

4.4. Gravedad específica neta del agregado

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2}} = \frac{67 + 33}{\frac{67}{2.65} + \frac{33}{2.59}} = 2.62$$

4.5. Resultados obtenidos para diferentes porcentajes de asfalto.

4.5.1. Evaluación de la gravedad específica teórica máxima (Gmm) de la mezcla de asfalto

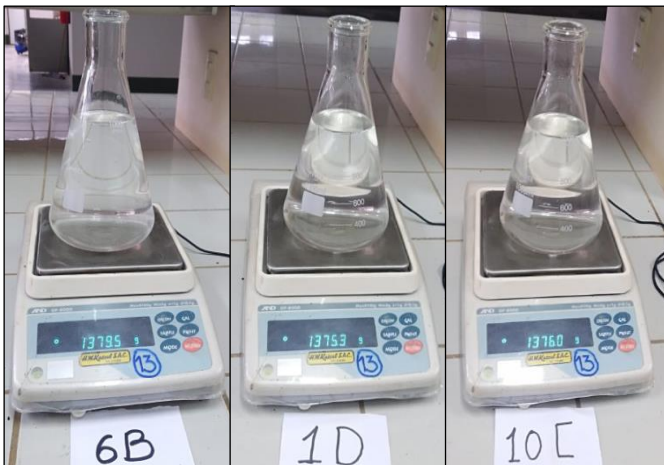
Fotografía 77

Peso del recipiente (matraz)



Fotografía 78

Pesaje del recipiente de agua



Fotografía 79

Briquetas ensayadas en la Prensa Marshall

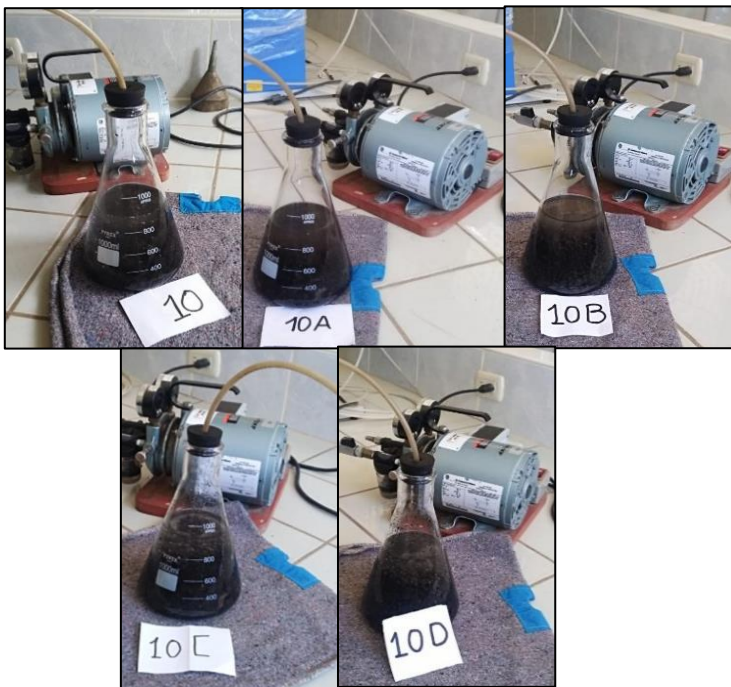
**Fotografía 80**

Pesaje de las muestras más el recipiente de agua



Fotografía 81

Retirando los vacíos de la mezcla asfáltica

**Fotografía 82**

Peso del recipiente de agua más la mezcla asfáltica



Tabla 33

Resultados de Gravedad específica teoría máxima (Gmm) cuando % asfalto es 4,5%

N° Ensayos	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Espécimen	W Espécimen	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1	375.3	1375.3	875.3	500	1666.1	2.39
2	378.2	1378.2	878.7	500.5	1663.2	2.32
3	378.3	1378.3	878.6	500.3	1666.1	2.35
4	377.3	1377.3	877.3	500	1666.1	2.37
5	379.5	1379.5	879.5	500	1661.3	2.29
6	378.3	1378.3	878.5	500.2	1665.8	2.35
7	376.3	1376.3	876.3	500	1662.1	2.33
8	379.6	1379.6	880.1	500.5	1662.3	2.30
9	378.4	1378.4	878.4	500	1664.1	2.33
10	375.3	1375.3	865.7	490.4	1666.1	2.46
Promedio						2.35

Tabla 34

Resultado de gravedad específica teoría máxima (Gmm) cuando % asfalto = 5,0%

N° Ensayo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Espécimen	W Espécimen	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1 ^a	379.8	1379.8	855	475.2	1652.5	2.35
2 ^a	379.9	1379.9	879.9	500	1666.2	2.34
3 ^a	380.3	1380.3	888.5	508.2	1649.2	2.12
4 ^a	378.5	1378.5	878.9	500.4	1666.8	2.36
5 ^a	375.3	1375.3	875.3	500	1666.1	2.39
6 ^a	379.6	1379.6	879.8	500.2	1661.9	2.30
7 ^a	377.3	1377.3	877.3	500	1666.1	2.37
8A	376.3	1376.3	876.3	500	1666.5	2.38
9 ^a	375.5	1375.5	875.5	500	1662.8	2.35
10 ^a	379.3	1379.3	879.7	500.4	1665.4	2.34
Promedio						2.33

Tabla 35

Resultado de gravedad específica teórica máxima (Gmm) cuando %asfalto =5,5%

N° Ensayos	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Espécimen	W Espécimen	W matraz + agua + Espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1B	380.1	1380.1	880.1	500	1666.3	2.34
2B	379.3	1379.3	879.5	500.2	1661.6	2.30
3B	381.2	1381.2	889.4	508.2	1663.2	2.25
4B	379.6	1379.6	879.9	500.3	1661.7	2.29
5B	376.3	1376.3	876.3	500	1666.3	2.38
6B	379.5	1379.5	879.7	500.2	1661.5	2.29
7B	379.6	1379.6	879.6	500	1663.7	2.32
8B	376.5	1376.5	876.5	500	1665.5	2.37
9B	380	1380	880.5	500.5	1665.6	2.33
10B	379.7	1379.7	880.2	500.5	1666.4	2.34
Promedio						2.32

Tabla 36

Resultado de gravedad específica teoría máxima cuando % asfalto =6,0%

N° Ensayos	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Espécimen	W Espécimen	W matraz + agua + espécimen luego del vacío parcial	Gmm
1C	379.2	1379.2	879.6	500.4	1661.7	2.30
2C	379.6	1379.6	879.6	500	1663	2.31
3C	379.2	1379.2	879.2	500	1662.2	2.30
4C	379.4	1379.4	879.4	500	1663.7	2.32
5C	380.1	1380.1	880.1	500	1663.4	2.31
6C	379.3	1379.3	879.3	500	1662.5	2.31
7C	379.8	1379.8	880.6	500.8	1662.4	2.30
8C	376.5	1376.5	876.5	500	1661.5	2.33
9C	379.6	1379.6	880	500.4	1666.6	2.34
10C	379.7	1379.7	880.2	500.5	1666.3	2.34
Promedio						2.31

Tabla 37

Resultado de gravedad específica teórica máxima Gmm cuando el % asfalto=6,5%

N° Ensayo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	D/(B+D-E)
	W matraz	W matraz + agua	W matraz + Especimen	W Especimen	W matraz + agua + especimen luego del vacío parcial	Gmm
1D	379.8	1379.8	879.8	500	1663.6	2.31
2D	379.4	1379.4	879.4	500	1662	2.30
3D	379.4	1379.4	880.2	500.8	1661.7	2.29
4D	379.5	1379.5	879.6	500.1	1654.2	2.22
5D	379.6	1379.6	879.6	500	1661.5	2.29
6D	380.1	1380.1	880.1	500	1659	2.26
7D	378.6	1378.6	879.4	500.8	1663.4	2.32
8D	376.7	1376.7	876.8	500.1	1661.1	2.32
9D	380	1380	880.4	500.4	1661.9	2.29
10D	379.4	1379.4	879.9	500.5	1662.1	2.30
Promedio						2.29

CAPITULO IV. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

En la presente investigación se obtuvo un tamaño máximo nominal de 1/2 plg según el análisis granulométrico por ello se elige los límites correspondientes a MAC-2 como se aprecia.

Tabla 38

Gradación para mezcla asfáltica

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Nota. Del *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013* (p. 561), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

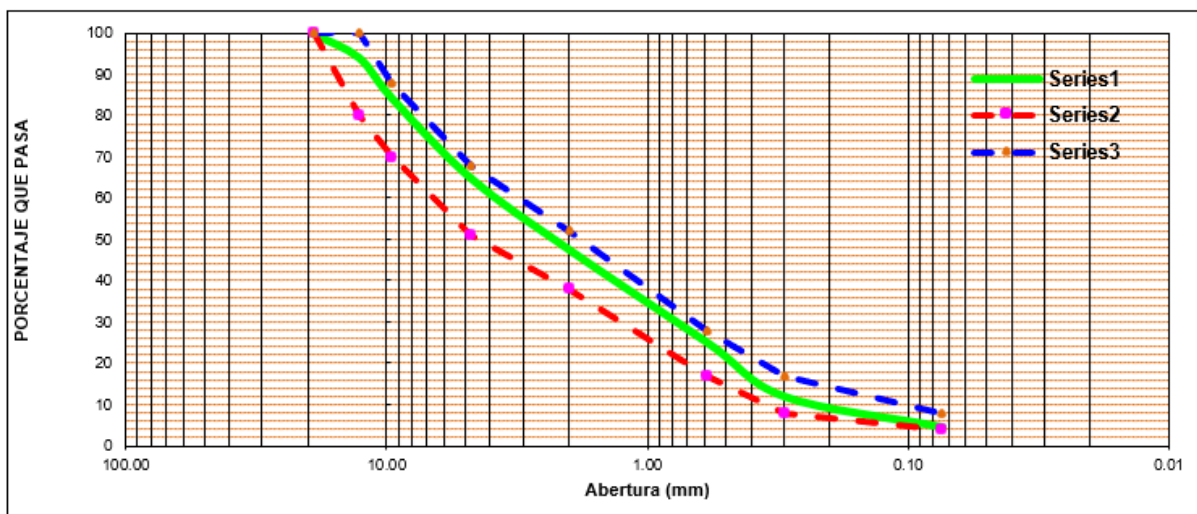
Tabla 39

Gradación de la MAC -2

A. GRUESO	0.67			
A. FINO	0.26			
FILLER	0.07	% PASANTE	MAC-2	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	COMBINACIÓN	LI	LS
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.700	94.13	80.00	100.00
3/8"	9.525	84.39	70.00	88.00
Nº 4	4.760	65.00	51.00	68.00
Nº 8	2.600	50.80	...	...
Nº 10	2.000	47.66	38.00	52.00
Nº 16	1.180	39.11	...	...
Nº 30	0.600	27.71	...	...
Nº 40	0.425	25.08	17.00	28.00
Nº 50	0.300	17.26	...	...
Nº 80	0.180	11.94	8.00	17.00
Nº 100	0.150	10.24	...	...
Nº 200	0.074	4.56	4.00	8.00
< Nº 200	0.000	0.00	...	...

Figura 5

Curva Granulométrica MAC-2



5.2. Ensayo del peso unitario suelto del material grueso

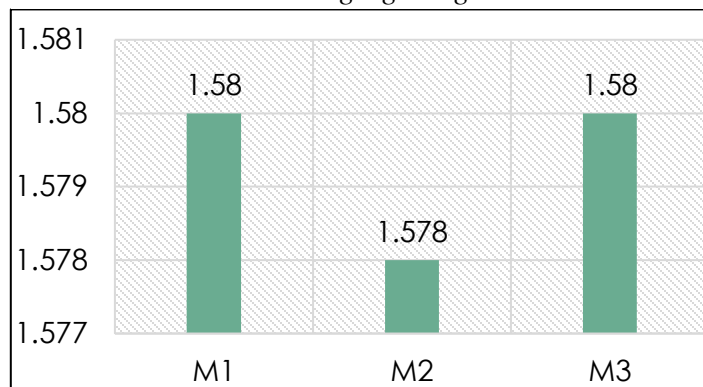
Tabla 40

Resultado del peso unitario suelto del material grueso

Peso unitario suelto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	28102	28085	28110
2	Peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	22272	22255	22280
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S (3/4)/100	kg/m ³	1580	1578	1580
6	Promedio P.U.S seco	kg/m ³	1579		

Figura 6

Peso unitario suelto del agregado grueso



El peso promedio unitario suelto del A.G. es de 1.579 gr/cm³, la NTP 400.017 que indican que el rango es de (1.5 a 1.6) gr/cm³, entonces si llega a cumplir.

5.3. Ensayo del peso unitario compactado del material grueso

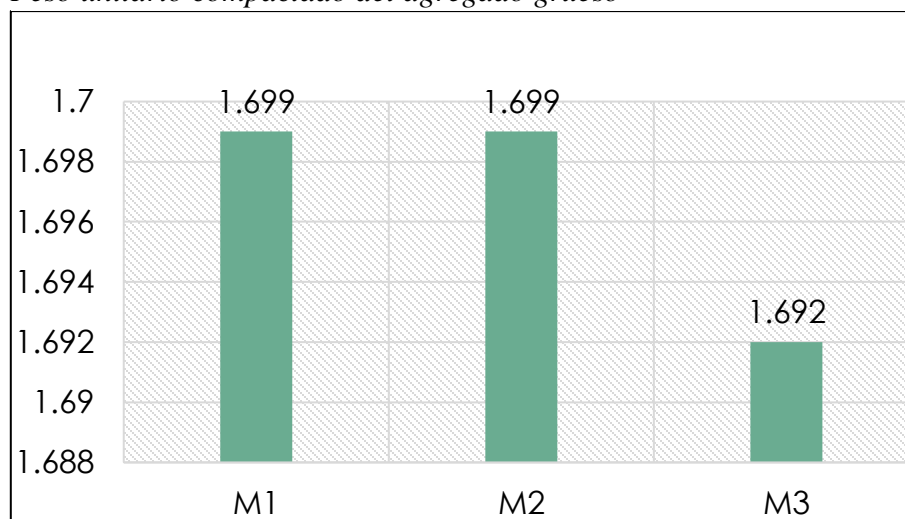
Tabla 41

Resultados del ensayo del peso unitario compactado del material

Peso unitario compacto		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	29780	29779	29691
2	Peso del recipiente de medida	g	5830	5830	5830
3	Peso del agregado (1-2)	g	23950	23949	23861
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C (3/4)/100	Kg/m ³	1699	1699	1692
6	Promedio P.U.S compacto	Kg/m ³	1696		

Figura 7

Peso unitario compactado del agregado grueso



El peso promedio unitario compactado del A.G. es de 1.696 gr/cm³ la NTP 400.017 que indican que el rango es de (1.6 a 1.9) gr/cm³ entonces si llega a cumplir.

5.4. Ensayo del peso unitario suelto del material fino

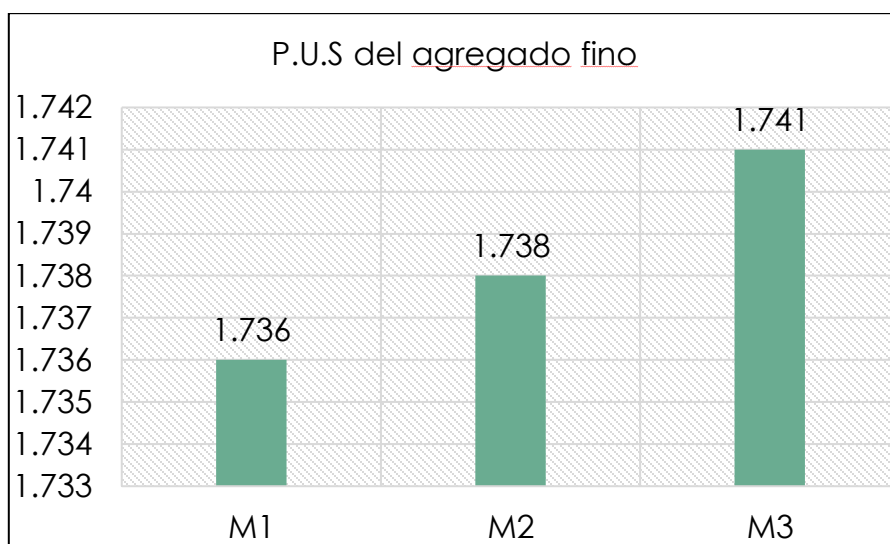
Tabla 42

Resultado del ensayo de peso unitario suelto del material fino

Peso unitario suelto – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	6643	6648	6656
2	Peso del recipiente de medida	g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2)	g	4861	4866	4874
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4)/100	Kg/m ³	1736	1738	1741
6	Promedio P.U.S Seco	Kg/m ³	1738		

Figura 8

Peso unitario suelto del agregado fino



El peso promedio unitario suelto del A.F. es de 1.738 gr/cm³, la NTP 400.017 que indican que el rango es de (1.4 a 1.6) gr/cm³, entonces no llega a cumplir.

5.5. Peso Unitario Compactado del agregado fino

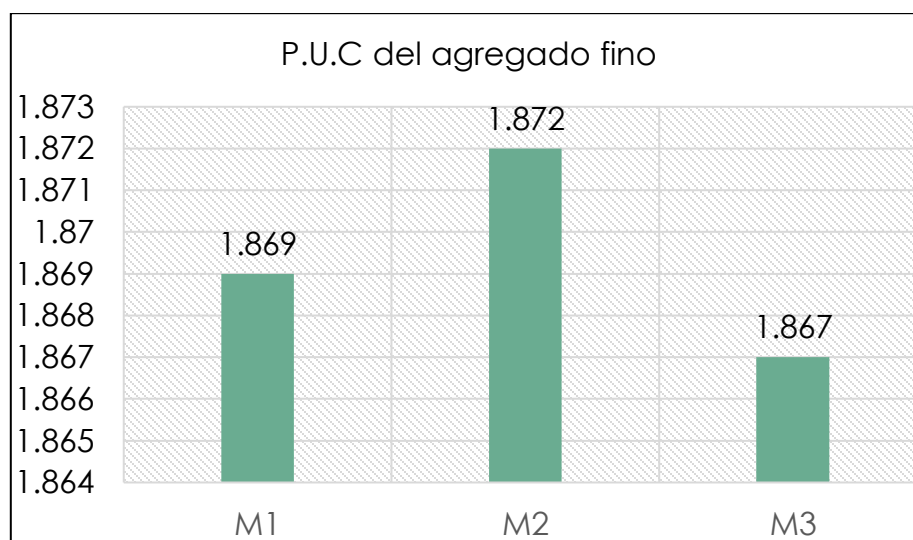
Tabla 43

Resultado del ensayo del peso unitario compactado del material fino

Peso unitario compactado – Agregado fino		M1	M2	M3	
1	Peso del agregado + recipiente de medida	g	7015	7024	7009
2	Peso del recipiente de medida	g	1782	1782	1782
3	Peso del agregado (1-2)	g	5233	5242	5227
4	Volumen de recipiente de medida	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S (3/4)/100	Kg/m ³	1869	1872	1867
6	Promedio P.U.S Seco	Kg/m ³	1869		

Figura 9

Peso unitario compactado del material fino



El peso promedio unitario suelto del A.F. es de 1.869 gr/cm³, la NTP 400.017 que indican que el rango es de (1.5 a 1.7) gr/cm³, entonces no llega a cumplir.

5.6. Peso específico y absorción del material grueso

Tabla 44

Requerimiento de la prueba de absorción

PRUEBA	MANUAL	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 206	1.0 % máx.	1.0 % máx.

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560).

Tabla 45

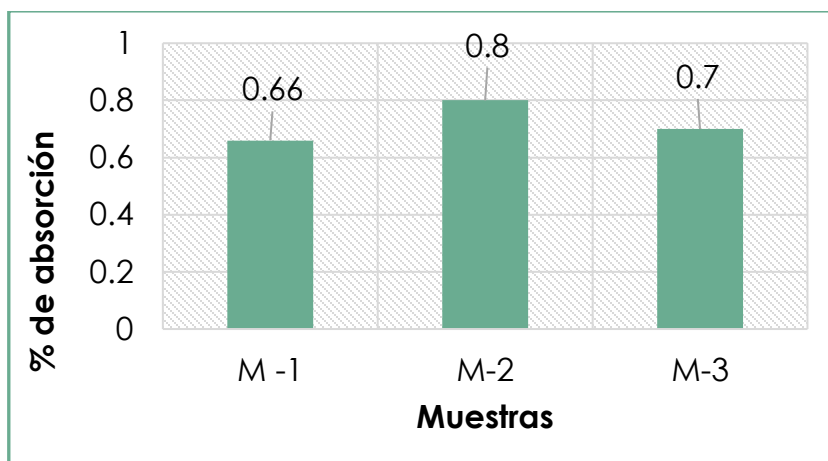
Resultados de la gravedad específica y absorción del material

		N° 82	N° 77	N° 74
1	W material saturado con superficie seca (B)	g 3030.00	3031.00	3030.00
2	W cesta adentro del agua	g 0.00	0.00	0.00
3	W material saturado+ W cesta adentro del agua	g 3030.00	3031.00	3030.00
4	W material saturado sumergido (c)	g 1896.00	1895.00	1896.00
5	W bandeja	g 509.00	491.00	479.00
6	W bandeja + material seco	g 3519.00	3498.00	3488.00
7	W material seco (6-5) (A)	g 3010.00	3007.00	3009.00

RESULTADOS			M1	M2	M3	Prom.
8	Ge S ((A/(B-C)))	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	2.65
9	Ge (S.S.S) (B/(B-C))	g/cm ³	2.67	2.67	2.67	2.67
10	Pe aparente (A/(A-C))	g/cm ³	2.70	2.70	2.70	2.70
11	% de absorción ((B-A) /A)*100)	%	0.66	0.80	0.70	0.72

Figura 10

Porcentaje de absorción del agregado grueso



El espécimen grueso de la cantera de Ocroyo estudio contiene un % promedio de absorción 0.72% y de acuerdo con lo indicado en el Manual de ensayo de mariales (2016), como máximo es 1%. Por lo que se determina que el material ensayado si cumple.

5.7. Gravedad específica y absorción del material natural fino

Tabla 46

Requerimiento del ensayo de absorción

PRUEBA	MANUAL	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 205	0.5 % máx.	0.5 % máx.

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560).

Tabla 47

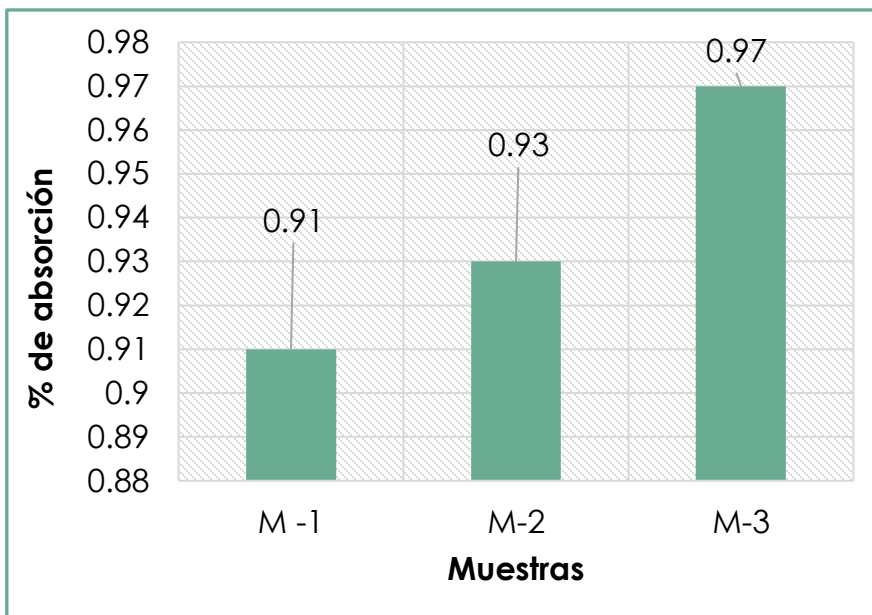
Resultados sobre peso específico del material natural fino

Material Fino		M1	M2	M3
1 W material seco una vez eliminado las burbujas de aire (A)	g	495.50	495.60	495.20
2 W picnómetro + agua hasta la marca 500cm ³ (B)	g	644.80	644.70	644.70
3 W picnómetro + espécimen saturada agua hasta la marca (C)	g	953.40	953.50	953.40
4 W espécimen inicial saturada sss (S)	g	500.00	500.00	500.00

RESULTADOS		M1	M2	M3	
5	Ge seca ((A/(B+S-C)) Gm	g/cm ³	2.59	2.59	2.59
6	Ge saturada (S.S.S) (S/(B+S-C))	g/cm ³	2.61	2.62	2.61
Gsss					
7	Ge aparente (A/(B+A-C)) Gs	g/cm ³	2.65	2.65	2.65
8	% de absorción ((S-A)/A)*100)	%	0.91	0.93	0.97
9	Promedio %		0.94		

Figura 11

porcentaje de absorción del material fino natural



El material natural fino de la cantera de Ocroyo tiene un tanto por ciento promedio de absorción 0.94% y de acuerdo con lo indicado en el Manual de ensayo de materiales (2016), como máximo es 0.5%. Por lo que se determina que el material ensayado no cumple.

5.8. Prueba para establecer el porcentaje de partículas fracturadas

Tabla 48

Requerimiento de la prueba de partículas fracturadas

PRUEBA	MANUAL	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Partículas fracturadas	MTC E 210	≤ 3000	> 3000
		87/50	90/70

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560).

Tabla 49

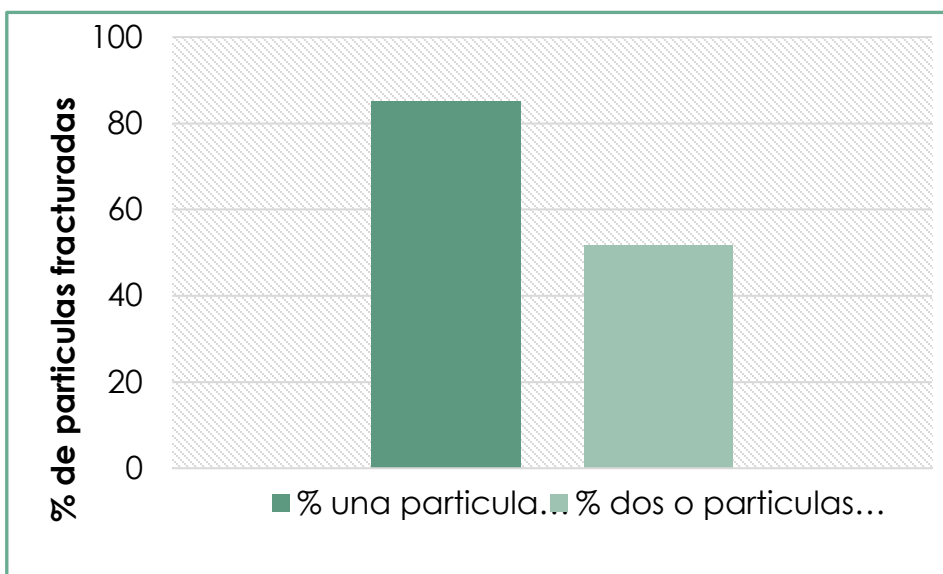
cálculos de porcentaje de las partículas fracturadas

1. partícula fracturada con una cara						
Dimensión del material grueso		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Pasa	Retiene	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"					
¾"	½"	2140	1817	84.91	58.15	4937.50
½"	⅜"	1540	1320	85.71	41.85	3586.96
Total		3680	3137	170.62	100.00	8524.46
Resultado de % de una partícula fracturada con una cara ($\sum E / \sum D$)						85.2%

2. Partícula fracturada con dos caras						
Dimensión del material grueso		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Pasa	Retenido	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	%	(C*D)
2"	1 ½"					
1 ½"	1"					
1"	¾"					
¾"	½"	385	130.5	33.90	60.63	2055.12
½"	3/8"	250	197.8	79.12	39.37	3114.96
Total		635	328.3	113.02	100.00	5170.08
Resultado de % con dos o más fracturas ($\sum E / \sum D$)						51.7%

Figura 12

porcentaje de partículas fracturadas



Se visualiza en la tabla 47, que se obtuvo un 85.2% de una cara fracturada y 51.7% con dos o más caras fracturadas y de acuerdo con lo indicado en el Manual de ensayo de materiales (2016) como mínimo es 85/50. Por lo que se determina que el material ensayado si cumple.

5.9. Prueba de partículas Chatas y Alargadas

El propósito de esta prueba es calcular el porcentaje de partículas alargadas y chatas en el material granular de la cantera de Ocroyo. A porcentajes más bajos, la mezcla asfáltica se compactará mejor. Esto se hace en función del manual de ensayo de materiales (2016).

Tabla 50

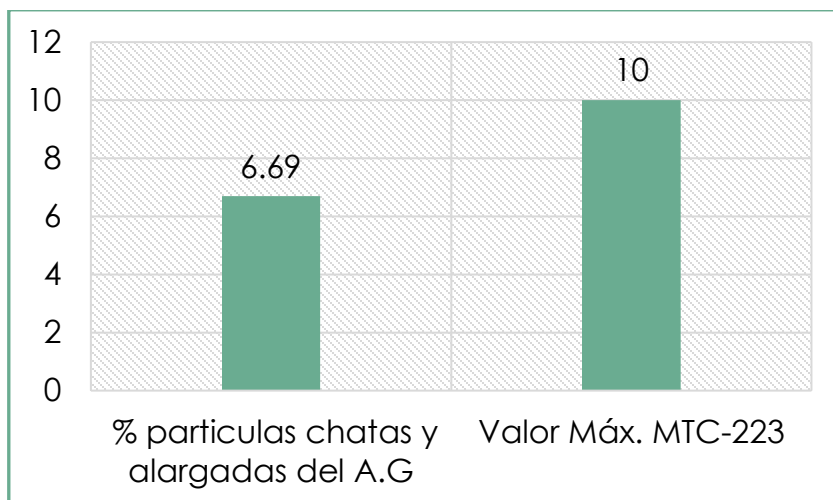
Requerimiento del agregado en el ensayo de partículas chatas y alargadas

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m)	
Partículas Chatas y		≤ 3000	> 3000
Alargadas.	MTC E-223	10% <i>max</i>	10% <i>max</i>

Nota. Del *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013* (p. 560), por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Tabla 51*Resultados de la prueba de partículas chatas y alargadas*

Material		Peso del material (g)	Partículas chatas		Partículas alargadas		
Tamiz (pulg)	Abertura (mm)		Peso (g)	%	Peso (g)	%	
3"	76.200						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	24.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700	2500	32	1.28	30	1.18	
3/8"	8.750	2500	52	2.08	50	1,96	
1/4"	6.350	2500	34	1.36	53	2.09	
						6.690	

Figura 13*Porcentaje de partículas chatas y alargadas*

En la tabla 51 el agregado de la mezcla asfáltica utilizada tiene un 0.37% de desgaste siendo menor al 10% Max. Que establece la Norma tabla 50, entonces si cumple.

5.10. Prueba de desgastes los Ángeles

La prueba determina la degradación del material grueso de la cantera de Ocroyo y establece la capacidad que tiene de resistencia a los esfuerzos de las cargas abrasivas.

Tabla 52

Requerimiento de la prueba del desgaste de los Angeles

ENSAYO	MANUAL	REQUERIMIENTO	
		ALTURA (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Desgaste de los Ángeles.	MTC E 207	40% máx.	35% máx.

Nota. Del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013 (p. 560).

Tabla 53

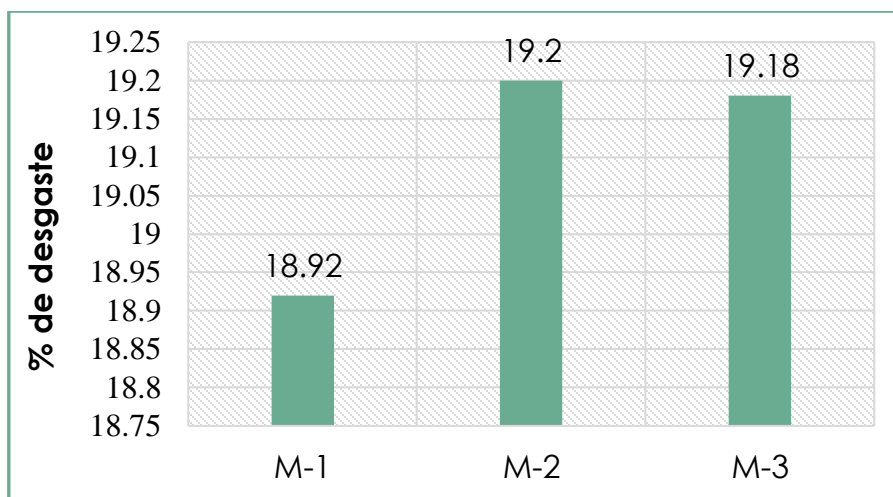
Gradación del espécimen

TAMIZ QUE PASA	TAMIZ QUE RETIENE	GRADACIÓN			
		A	B	C	D
		(12)	(11)	(8)	(6)
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"			2500.00		
⅜"			2500.00		
N° 2	N° 4				
N° 4	N° 8				

El número de esferas a usar están dentro del paréntesis

Tabla 54*Cálculos del ensayo de desgaste de los Ángeles*

N° de muestras	M-1	M-2	M-3
W inicial del material	5000.00 g	5000.00 g	5000.00 g
Gradación	B		
W material que se retiene el tamiz N° 12	4054.00 g	4040.00 g	4041.00 g
W material que pasa en el tamiz N° 12	946.00 g	960.00 g	959.00 g
Porcentaje de desgaste	18.92	19.2	19.18
Promedio del porcentaje de desgaste	19.1		

Figura 14*Porcentaje de desgaste de los Ángeles*

Según la tabla 40 el material grueso de la cantera Ocroyo se obtuvo un 19.1% de desgaste el cual es inferior al 40% Max, Rango que observa en el manual de ensayos y materiales, 2016 (p. 316). Por lo que se determina que el material ensayado si cumple

5.11. Diseño de la mezcla de asfalto según el Ensayo Marshall

Se determino las características de la mezcla de asfalto mediante el método Marshall

Tabla 55

Diseño de la mezcla de asfalto (4,5% C.A)

N°	muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	% cemento asfalto	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
2	% agregado grueso	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
3	% agregado fino	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	% cemento	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Pe del asfalto	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Pe bulk seco – material grueso	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
7	Pe bulk seco – material fino	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
9	Altura promedio de la muestra	6.67	6.5	6.65	6.7	6.72	6.45	6.52	6.6	6.4	6.5
10	W de la muestra al aire	1220.6	1161.5	1184.3	1201.3	1206.1	1166.7	1189.7	1204.3	1193.2	1206.7
11	W de la muestra SSS al aire	1220.7	1162.6	1284.9	1202.3	1206.8	1167.2	1190.7	1205.1	1193.8	1208.1
12	W de la muestra SSS al agua	690	661	648	670	672	648	671	661	669	673
13	W del agua absorbida	0.1	1.1	0.6	1	0.7	0.5	1	0.8	0.6	1.4
14	V de la muestra SSS	530.7	501.6	536.9	532.3	534.8	519.2	519.7	544.1	524.8	535.1
16	Pe de la muestra	2.30	2.32	2.21	2.26	2.26	2.25	2.29	2.21	2.27	2.26
17	Pe máxima	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
18	Pe bulk del material total	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
19	Pe efectiva del material total	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
20	Asfalto absorbido por el material total	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
21	% asfalto efectivo	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35
22	El flujo	6	5	6	7	6	7	8	6	8	7
23	Estabilidad	1459	1459	1278	1278	1429	853	1051	1024	1027	866

Tabla 56*Diseño de la mezcla de asfalto (5,0% C.A)*

N°	muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	% cemento asfalto	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	% agregado grueso	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
3	% agregado fino	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	% cemento	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Pe del asfalto	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Pe bulk seco – material grueso	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
7	Pe bulk seco – material fino	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
9	Altura promedio de la muestra	6.45	6.5	6.4	6.5	6.5	6.4	6.3	6.3	6.4	6.3
10	W de la muestra al aire	1199	1200.6	1192.2	1198.3	1200.8	1201.5	1199.3	1195	1198.8	1199
11	W de la muestra SSS al aire	1199.9	1201.1	1192.7	1199.2	1201.9	1197	1199.8	1195.8	1199.5	1199.9
12	W de la muestra SSS al agua	683	677	688	677	684	673	681	664	654	678
13	W del agua absorbida	0.9	0.5	0.5	0.9	1.1	0.7	0.5	0.8	0.7	0.9
14	V de la muestra SSS	516.9	524.1	504.7	522.2	517.9	528.1	518.8	531.8	545.5	521.9
16	Pe de la muestra	2.32	2.29	2.36	2.29	2.32	2.27	2.31	2.25	2.20	2.297
17	Pe máxima	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
18	Pe bulk del material total	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
19	Pe efectiva del material total	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
20	Asfalto absorbido por el material total	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
21	% asfalto efectivo	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
22	El flujo	5	6	5	7	6	8	6	9	7	6
23	Estabilidad	1415	983	1408	1227	897	897	1415	1404	986	1230

Tabla 57*Diseño de la mezcla de asfalto (5,5 % C.A)*

N°	muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	% cemento asfalto	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
2	% agregado grueso	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
3	% agregado fino	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	% cemento	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Pe del asfalto	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Pe bulk seco – material grueso	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
7	Pe bulk seco – material fino	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
9	Altura promedio de la muestra	6.70	6.71	6.55	6.61	6.75	6.64	6.61	6.55	6.55	6.65
10	W dela muestra al aire	1201.7	1202.4	1201.4	1202.4	1201.5	1201.5	1191.8	1199.9	1198.5	1195.3
11	W de la muestra SSS al aire	1202.3	1203.1	1202.3	1203.2	1202.6	1197	1192.8	1200.5	1199.3	1196.6
12	W de la muestra SSS al agua	678	687	678	676	671	688	670	682	680	665
13	W del agua absorbida	0.6	0.7	0.9	0.8	1.1	0.6	1	0.6	0.6	1.3
14	V de la muestra SSS	524.3	516.1	524.3	527.2	531.6	509	522.8	518.5	519.3	531.6
16	Pe de la muestra	2.29	2.33	2.29	2.28	2.26	2.35	2.28	2.31	2.31	2.25
17	Pe máxima	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
18	Pe bulk del material total	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
19	Pe efectiva del material total	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
20	Asfalto absorbido por el material total	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
21	% asfalto efectivo	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
22	El flujo	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
23	Estabilidad	746	897	1390	1223	942	1000	1141	1388	1350	1285

Tabla 58*Diseño de la mezcla asfalto (6,0 % C.A)*

N°	muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	% cemento asfalto	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	% agregado grueso	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
3	% agregado fino	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	% cemento	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Pe del asfalto	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Pe bulk seco – material grueso	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
7	Pe bulk seco – material fino	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
9	Altura promedio de la muestra	6.58	6.55	6.35	6.60	6.58	6.52	6.50	6.51	6.50	6.40
10	W de la muestra al aire	1200	1202.6	1194.1	1204	1197.8	1195.9	1194.4	1199.9	1199.8	1203.9
11	W de la muestra SSS al aire	1202.2	1201.7	1194.3	1204.2	1198.3	1196	1194.7	1200.5	1200.2	1204.3
12	W de la muestra SSS al agua	682	682	698	687	680	690	686	682	694	695
13	W del agua absorbida	0.2	0.9	0.2	0.2	0.5	0.1	0.3	0.6	0.4	0.4
14	V de la muestra SSS	518.2	516.1	524.3	527.2	531.6	509	522.8	518.5	519.3	531.6
15	% de absorción	0.1	1.2	0.1	0.18	0.22	0.35	0.45	0.46	0.12	0.5
16	Pe de la muestra	2.32	2.31	2.41	2.33	2.31	2.36	2.348	2.31	2.37	2.36
17	Pe máxima	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
18	Pe bulk del material total	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
19	Pe efectiva del material total	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
20	Asfalto absorbido por el material total	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
21	% asfalto efectivo	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85
22	El flujo	6	8	7	7	7	6	8	9	8	8
23	Estabilidad	1161	1206	887	1257	1360	2424	979	1021	1806	1388

Tabla 59*Diseño de la mezcla de asfalto (6,5 % C.A)*

N°	muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	% cemento asfalto	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
2	% agregado grueso	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
3	% agregado fino	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	% cemento	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	Pe del asfalto	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Pe bulk seco – material grueso	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
7	Pe bulk seco – material fino	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
9	Altura promedio de la muestra	6.5	6.5	6.55	6.62	6.5	6.45	6.6	6.6	6.65	6.4
10	W dela muestra al aire	1197.3	1196.4	1192.5	1188.8	1203.8	1199.3	1192.8	1198.9	1202.6	1211
11	W de la muestra SSS	1197.3	1196.5	1192.7	1189.1	1204.6	1199.6	1193	1199.5	1203.1	1211.3
12	W de la muestra SSS al agua	687	691	683	670	697	696	685	684	676	692
13	W del agua absorbida	0.4	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	0.2	0.6	0.5	0.3
14	V de la muestra SSS	510.7	505.5	509.7	519.1	507.1	503.6	508	515.5	527.1	519.3
16	Pe de la muestra	2.34	2.37	2.34	2.29	2.37	2.38	2.35	2.32	2.28	2.33
17	Pe máxima	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29
18	Pe bulk del material total	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
19	Pe efectiva del material total	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
20	Asfalto absorbido por el material total	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
21	% asfalto efectivo	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
22	El flujo	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
23	Estabilidad	746	897	1390	1223	942	1000	1141	1388	1350	1285

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

El presente estudio abarca un análisis bibliográfico de varios autores involucrando las variables descritas como es la variable independiente las propiedades físicas y mecánicas del agregado de la cantera de Ocroyo, para ello se tuvieron en cuenta los parámetros indicados en el manual de ensayo de materiales (2016) y el manual de carreteras- Especificaciones técnicas generales para construcción (2013). Con respecto a las propiedades de la cantera de Ocroyo, no existen datos de pruebas en laboratorio para poder comparar, ya que por lo general las investigaciones trabajan con canteras conocidas que ya tiene un estudio definido.

En relación el presente estudio y la investigación titulada: “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba” Lozada (2018), de los resultados conseguidos en laboratorio se concluye que el agregado grueso presenta mala resistencia a la abrasión ya que el % por desgaste a la abrasión es 68.6%, mayor a lo que estipula el manual de carreteras del MTC (Máx 40%) y respecto a los resultados obtenidos de la cantera de ocroyo en el porcentaje de desgaste de Angeles nos salió un valor promedio 19.1% el cual cumple con la norma estipulada.

Así mismo en relación el presente estudio y la investigación titulada: “Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados de la Cantera Caballo Muerto para fines de control de calidad en concreto y pavimentación”. Arteaga & Torres (2021) de los resultados conseguidos en laboratorio se concluye: Respecto, al agregado fino se tiene un $P_e = 2.65 \text{ g/cm}^3$, absorción = 2.61 %, y en relación al material grueso se tiene un $P_e = 2.72 \text{ g/cm}^3$, absorción = 0.5 %, siendo aceptables y al respecto la cantera Ocroyo obtuvo en A. G un peso específico se obtuvo de 2.70 g/cm^3 y una absorción de 0.72 %.

CONCLUSIONES

- La investigación tuvo como guía las siguientes normas: el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013) y el Manual de Ensayo de Materiales (2016), donde nos indican los parámetros de las propiedades físicas y mecánicas del material de estudio para un óptima preparación del diseño de mezcla de asfalto por el Ensayo Marshall.
- El ensayo realizado para describir la propiedad física del material granular de la cantera de Ocroyo, situado a una altura de 2218 m.s.n.m, fue la prueba de Partículas chatas y alargadas que de acuerdo al manual de ensayo de materiales para una Altitud menor a 3000 m.s.n.m debe ser 10% Max, en esta investigación se obtuvo como resultado 6.7% lo que demuestra que el agregado en estudio presenta formas irregulares lo que facilita unirse correctamente con las demás partículas y con el cemento asfáltico, obteniendo así una mezcla resistente.
- El ensayo realizado, para describir la propiedad física del material grueso de la cantera de Ocroyo, situado a una altura de 2218 m.s.n.m, fue el Ensayo Partículas Fracturadas, que según el Manual de ensayo de materiales nos indica que para una altura menor a 3000 m.s.n.m debe ser 85/50 Min, en esta investigación se obtuvo como resultado 85.2/51.7 lo que demuestra que el agregado en estudio es resistente al corte aumentando la fricción entre las partículas.
- El ensayo realizado para describir la propiedad física del material granular de la cantera de Ocroyo, situado a una altura de 2218 m.s.n.m, fue el ensayo de absorción que de

acuerdo con el manual de ensayo de materiales para una Altitud menor a 3000 m.s.n.m debe ser 1% Max, en esta investigación se obtuvo como resultado 0.72%

- Se concluyó que del ensayo de peso específico se obtuvo un valor promedio de 2.70 g/cm³. Así también se obtuvo un peso unitario suelto seco 1.579 g/cm³, la NTP 400.017 indica que el rango es de (1.5 a 1.6)g/cm³ si llega a cumplir con respecto al peso unitario compacto seco de 1.696 g/cm³, la NTP 400.017 indica que el rango es de (1.6 a 1.9)g/cm³ entonces si llega a cumplir.
- Con respecto al agregado fino se concluyó que del ensayo de peso específico se obtuvo un valor promedio de 2.37 g/cm³ y una absorción de 1.51 %. Así mismo se obtuvo un peso unitario suelto seco 1.738 g/cm³, peso unitario compacto seco de 1.869 g/cm³
- El ensayo realizado, para determinar la propiedad mecánica del material grueso de la cantera de Ocroyo situada a una altura de 2218 m.s.n.m, fue la prueba de desgaste de los Ángeles, que según el Manual de ensayo de materiales (2016), para una Altitud menor a 3000 m.s.n.m debe ser 40% Max, en esta investigación se obtuvo como resultado 19.1% lo que demuestra que el agregado en estudio es resistente a los esfuerzos de las cargas abrasivas.
- De acuerdo con las propiedades de los agregados se logró establecer las proporciones y cumplir con una gradación establecida para una mezcla asfáltica en caliente que son: 67% de Agregado Grueso, 33% de Arena fina.
- Con respecto a los resultados obtenidos, se logró determinar que el parámetro de estabilidad si llega a cumplir y el parámetro del flujo no cumple con lo estipulado por la Norma, para un diseño de mezcla asfáltica en caliente bajo la metodología Marshall.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Se recomienda que al laboratorio de Geotecnia pavimento y ensayos de materiales de la FICA de la UNHEVAL se implemente más equipos para la ejecución del Diseño Marshall.
- Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones revisar la norma y adecuar los laboratorios para que puedan realizar todas las pruebas, ya que varias de ellas no se pudieron ejecutar por falta de equipos en el laboratorio de la UNHEVAL.
- Para conseguir mejor precisión en los datos obtenidos en la elaboración de briquetas para el diseño de mezcla asfáltica y obtener el porcentaje de asfalto óptimo, se recomienda que una sola persona realice los ensayos del diseño de mezcla asfáltica en caliente, evitando de esta forma la mala manipulación por personas ajenas al diseño.
- Se recomienda seguir con la investigación acerca de la mezcla asfáltica, pero usando aditivos para mejorar la estabilidad y fluencia de la mezcla asfáltica

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES N° 18-2016- MTC/14. “Manual de Ensayo de materiales”. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. MTC. 2016.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. EG - 2013.
- Guzmán, Chiquito & Torres (2015) tesis: “Diseño de mezcla asfáltica en caliente empleando agregados de la cantera San Vicente de Colonche y del río San Rafael de la provincia de Santa Elena utilizando el Método Marshall”.
- Arteaga & Torres (2021) tesis: “Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados de la Cantera Caballo Muerto para fines de control de calidad en concreto y pavimentación”.
- Lozada (2018) tesis: “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”.
- Ñahui & Sedano (2018) tesis: “Estudio de la calidad de los agregados de la cantera de Ocopa para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en el distrito de Lircay- Angaraes -Huancavelica”.

- Borja (2014) tesis: “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete – Lunahuana”.
- Melendez (2019), desarrollo un estudio titulado: “Verificación de propiedades físicas del agregado de la cantera de Molinos – San Rafael – Alcas –Pozuzo según diseño de Marshall”.
- Comités Técnicos de Normalización. (2018). NTP 400.037:2018, AGREGADOS. Agregados para concreto. 4ª Edición. Lima, Perú. Instituto Nacional de Calidad-INACAL.
- https://www.academia.edu/22601938/ENSAYO_DE_ESTABILIDAD_Y_FLUENCIA_POR_EL_M%C3%89TODO_MARSHALL

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	MUESTRA
<p>“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019”</p> <p>“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019”</p>	<p>General ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019?</p> <p>Específicos ¿Cuáles son las propiedades físicas la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019??</p> <p>¿Cuáles son las propiedades mecánicas la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019??</p>	<p>General Decribir las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019</p> <p>Específicos - Describir las propiedades físicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019</p> <p>- Describir las propiedades mecánicas de la cantera de Ocroyo, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019</p>	<p>General Las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019</p> <p>Específico - Las propiedades físicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, Huánuco - 2019</p> <p>- Las propiedades mecánicas de la cantera de Ocroyo cumplen con los parámetros permisibles, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente,</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Propiedades físicas y mecánicas de la cantera de Ocroyo.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Mezcla Asfáltica en caliente.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION Cuantitativa</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACION DESCRIPTIVO</p> <p>RECOLECCION DE INFORMACION Fuentes primarias: Datos obtenidos del laboratorio de suelos y pavimentos de la Unheval.</p> <p>Fuentes secundarias: Datos recopilados de las diferentes fuentes de información, así como: libros, revistas, manuales, tesis.</p>	<p>POBLACION Cantera de Ocroyo, del distrito de Huacar, provincia de Ambo - Huánuco.</p> <p>MUESTRA 50 espécimen de Mezcla Asfáltica.</p>

La Norma Vigente que se utilizó para realizar los ensayos de los agregados de la cantera de Ocroyo es: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES N° 18-2016-MTC/14. “Manual de Ensayo de materiales”. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. MTC. 2016.

- Peso unitario y vacíos de los agregados (MTC E-203)
- Análisis granulométrico agregado grueso y fino, (MTC E-204)
- Peso específico y absorción (MTC E-205)
- Ensayo de Abrasión los Ángeles (MTC E-207)
- Porcentaje de Caras de Fracturas (MTC E-210)
- Partículas Chatas y Alargadas (MTC E-223)

Para realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el Método MARSHALL (MTC E-504) se va usar las normas:

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES N° 18-2016- MTC/14. “Manual de Ensayo de materiales”. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- MTC. 2016. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. EG – 2013



MTC E 203

PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos.
- 1.2 El método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm (6").

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.
- 2.2 También se utiliza para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito de almacenamiento (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados

4.0 EQUIPOS, MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Balanza: con una exactitud de 0,1% con respecto al peso del material usado.
- 4.1.2 Recipiente de medida, metálico, cilíndrico, preferiblemente provisto de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y borde superior pulido, plano y suficientemente rígido, para no deformarse bajo condiciones duras de trabajo. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, y en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado a ensayar, de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 1.

El espesor del metal se indica en la Tabla 2. El borde superior será pulido y plano dentro de 0,25 mm y paralelo al fondo dentro de 0,5%. La pared interior deberá ser pulida y continua.
- 4.1.3 Equipo de calibración: una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm (1/4") de espesor y 25 mm (1") mayor del diámetro del recipiente a calibrar.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo debe ser semiesférico y de 8 mm de radio (5/16").
- 4.2.2 Pala de mano: una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Obtener la muestra de acuerdo a MTC E 201 y reducir muestra a tamaño de muestra de ensayo por cuarteo.
- 5.2 La muestra de ensayo debe ser aproximadamente 125 a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente de medida y ser manipulada evitando la segregación. Secar el agregado a peso constante, preferiblemente en un horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Llenar el recipiente de medida con agua a temperatura ambiente y cubrir con la placa de vidrio para eliminar burbujas y exceso de agua.



MTC E 204

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

La determinación del material que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) no se obtiene por este ensayo. El método de ensayo a emplear será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) por lavado" (MTC E 202).

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Balanzas: las balanzas usadas en el ensayo de agregados fino y grueso deben tener las siguientes características:
 - 4.1.1.1 Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y sensibilidad a 0,1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
 - 4.1.1.2 Para agregado grueso, con aproximación a 0,5 g y exactitud a 0,1% del peso de la muestra a ser ensayada.
- 4.1.2 Estufa: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Tamices: tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Obtener la muestra de agregado de acuerdo a MTC E 201. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en este método.
- 5.2 Mezclar completamente la muestra y reducir para ensayo por cuarteo manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos. La muestra para ensayo debe tener la cantidad deseada cuando este seca y ser resultado final de reducción. No está permitido reducir a un peso exacto determinado.
- 5.3 Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- 5.4 Agregado grueso. La cantidad de muestra de agregado grueso, después de secado, debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 1.



Tabla 1
Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

- 5.5 Mezclas de agregados grueso y fino: la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) y preparada de acuerdo con los numerales 5.3 y 5.4 respectivamente.
- 5.6 En caso se requiera determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200), por el método de ensayo MTC E 202 se procede como sigue:
- 5.6.1 En agregados con tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2") o menores utilizar la misma muestra de ensayo para MTC E 202 y este ensayo. Primero, ensayar la muestra de acuerdo con MTC E 202 completando operación de secado final y luego tamizar la muestra en seco como indica los numerales 6.2 hasta 6.8 del presente ensayo.
- 5.6.2 En agregados con tamaño máximo nominal mayor que 12,5 mm (1/2") se puede utilizar la misma muestra de ensayo como se describe en 6.1 o utilizar muestras por separado para MTC E 202 y este ensayo.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Secar la muestra a temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta obtener peso constante.

Nota 1. Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el contenido de humedad a menos que:

- El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")
 - El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz Nº 4,75 mm (Nº4).
 - El agregado grueso se a latamente absorbente (por ejemplo los agregados ligeros.)
 - Las muestra también se pueden secar a temperaturas altas usando planchas calientes sin que afecten resultados, si se mantienen los escapes de vapor sin generar presiones suficientes para fracturar las partículas y temperaturas que no sean mayores para causar rompimiento químico del agregado.
- 6.2 Seleccionar la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Encajar los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Efectuar el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.
- 6.3 Limitar la cantidad de material en un tamiz determinado, de forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.



MTC E 205

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E 203.
- 2.2 El peso específico aparente y peso específico relativo aparente atañen al material sólido de las partículas constituyentes que no incluyen el espacio poroso dentro de ellas que es accesible al agua. Este valor no es ampliamente usado en la tecnología de agregados de construcción.
- 2.3 Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial.
- 2.4 Se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en control de uniformidad de las características físicas.
- 2.5 No es aplicable para agregados ligeros por cuanto la inmersión en agua por 24 horas no asegura que los poros se llenen completamente, lo cual es un requisito necesario para poder aplicar el ensayo eficientemente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.022: Peso Específico y absorción del agregado Fino.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Balanza, con capacidad mínima de 1 000 g o más y sensibilidad de 0,1 g.
- 4.1.2 Estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm³ a 20 °C.
- 4.2.2 Molde cónico, metálico de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.
- 4.2.3 Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Muestrear el agregado de acuerdo con la MTC E 201. Mezclar uniformemente y reducir por cuarteo hasta obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg.



- 5.2 Colocar el agregado fino obtenido por cuarteo y secado a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C en un recipiente y cubrir con agua dejando reposar durante 24 horas. Decantar el agua evitando pérdida de finos y extender el agregado sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibio y remover frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Colocar en el molde cónico y golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y levantar luego el molde. Si existe humedad libre el cono de agregado fino mantiene su forma. Seguir secando, revolver constantemente y probar hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, lo que indica que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Introducir en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, llenar parcialmente con agua a una temperatura de 23 ± 2 °C hasta alcanzar la marca de 500 cm³. Agitar el frasco para eliminar burbujas de aire de manera manual o mecánicamente.
- 6.2 Manualmente rodar, invertir y agitar el frasco para eliminar todas las burbujas de aire.
- Nota 1.** Cerca de 15 a 20 minutos son normalmente requeridos para eliminar las burbujas de aire por método manual.
- 6.3 Mecánicamente, extraer las burbujas de aire por medio de una vibración externa de manera que no degrade la muestra.
- 6.4 Después de eliminar las burbujas de aire, ajustar la temperatura del frasco y su contenido a 23 ± 2 °C y llenar el frasco hasta la capacidad calibrada. Determinar el peso total del frasco, espécimen y agua.
- 6.5 Remover el agregado fino del frasco, secar en la estufa hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar a temperatura ambiente por $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{2}$ hora y determinar el peso.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Peso específico de masa (Pe_m):

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- Pe_m = Peso específico de masa
 W_0 = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;
 V = Volumen del frasco en cm³
 V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

- 7.1.2 Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100 \quad (2)$$

- 7.1.3 Peso específico aparente (Pe_a)

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100 \quad (3)$$

- 7.1.4 Absorción (Ab)

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (4)$$



MTC E 207.

ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 ½")

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½") para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

Nota 1. En el Anexo se presenta un procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños mayores que 19,0 mm (3/4 pulg).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este Modo Operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.
- 2.2 Los valores están establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

4.0 EQUIPOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Máquina de Los Ángeles: La Máquina de Los Ángeles tendrá las características esenciales que se muestran en la Figura 1 (Anexo A). La máquina consistirá en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, de dimensiones mostradas en la Figura 1, con un diámetro interior de 711 mm \pm 5 mm (28 pulg \pm 0,2 pulg) y una longitud interior de 508 mm \pm 5 mm (20 pulg \pm 0,2 pulg). El cilindro será montado sobre ejes salientes de sus costados, no pasantes, de tal manera que pueda rotar con el eje en posición horizontal, con una tolerancia en la inclinación de 1 en 100. El cilindro debe tener una abertura para la introducción de la muestra de ensayo. Tiene una cubierta hermética al polvo y provista de medios para atornillarla en su lugar. El cobertor también será diseñado para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior. Una pestaña removible de acero, que abarque toda la longitud del cilindro y se proyecte radialmente hacia adentro 89 mm \pm 2 mm (3,5 pulg \pm 0,1 pulg), será montada en el interior de la superficie cilíndrica del cilindro, de tal manera que un plano centrado en la cara mayor coincida con un plano axial. La pestaña deberá ser de 25,4 mm de espesor y montada por tornillos u otros medios de tal modo que quede firme y rígida. La localización de la pestaña se hará de tal manera que la muestra y las esferas de acero no impacten en las cercanías de la abertura y su cubierta; y, la distancia desde la pestaña hasta la abertura, medida a lo largo de la circunferencia del exterior del cilindro en la dirección de rotación, no será menor de 1 270 mm (50 pulg). Inspeccionar periódicamente la pestaña para determinar que no está inclinada a lo largo o desde su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra una de estas condiciones, repare o reemplace la pestaña antes de realizar futuros ensayos.

MTC E 210.

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO

1.0 OBJETO

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

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Algunas especificaciones contienen requerimientos relacionados al porcentaje de partículas fracturadas en los agregados gruesos. Un propósito de tales requerimientos es maximizar el esfuerzo cortante mediante incremento de fricción inter-partícula tanto en las mezclas de agregados sueltos o compactados. Otro propósito es suministrar estabilidad a los tratamientos de superficies de agregados y proporcionar fricción incrementada por la textura para los agregados usados en los pavimentos de superficies granulares. Este método de ensayo proporciona un procedimiento estándar para la determinación de la aceptabilidad del agregado grueso con respecto a tales requerimientos.
- 2.2 Las especificaciones difieren tanto en el número de caras de fractura requeridas sobre una partícula fracturada, y ellas también difieren del porcentaje por masa o porcentaje por cantidad de partícula a ser considerada. Si la especificación no lo especifica, usar los criterios de al menos una cara fracturada y calcular el porcentaje por masa.
- 2.3 Cara fracturada, n.- una superficie angular, áspera y rugosa, o rota de un agregado ocasionada por chancado u otro medio artificial, o por medio natural (Ver Terminología ASTM D 8).
- 2.4 Discusión- para esta norma, una cara se considerará "una cara fracturada" sólo si tiene un área proyectada al menos tan larga como un cuarto del área máxima proyectada (área transversal- sección máxima) de la partícula y la cara tiene borde bien definido, esta excluye picaduras o quiebres pequeños. Ver Fig. 1.
- 2.5 Partícula fracturada, n.- una partícula de agregado que tiene al menos un número mínimo de caras fracturadas especificadas (usualmente una o dos).
- 2.6 Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional serán considerados como estándar. Los valores entre paréntesis son proporcionados solo como información

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 5821: Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate.

4.0 EQUIPOS

- 4.1 EQUIPOS
- 4.1.1 Balanza.- una balanza precisa y con aproximación al menos al 0,1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso.
- 4.1.2 Tamices.- tamices conforme a la Especificación ASTM E 11.
- 4.1.3 Separador o Cuarteador.- un separador de muestras apropiado para la división de la muestra de campo a tamaño de ensayo de acuerdo con MTC E 103 (Práctica ASTM C-702).
- 4.1.4 Espátula.- una espátula o herramienta similar para ayudar en la mezcla de las partículas de agregado.

5.0 MUESTRA

5.1 Muestrear el agregado de acuerdo con la MTC E 201 (Práctica ASTM D 75).

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION DEL ENSAYO

6.1.1 Secar la muestra lo suficiente hasta obtener una separación clara entre el material fino y grueso en la operación de tamizado. Tamizar la muestra por la malla N°4 (4,75 mm), u otra malla especificada para la retención de material para este ensayo, de acuerdo con el Método de Ensayo ASTM C 136 y luego reducir la parte retenida sobre la malla usando un cuarteador de acuerdo con la Práctica MTC E 103 (ASTM C 702) hasta el tamaño apropiado para ensayo.

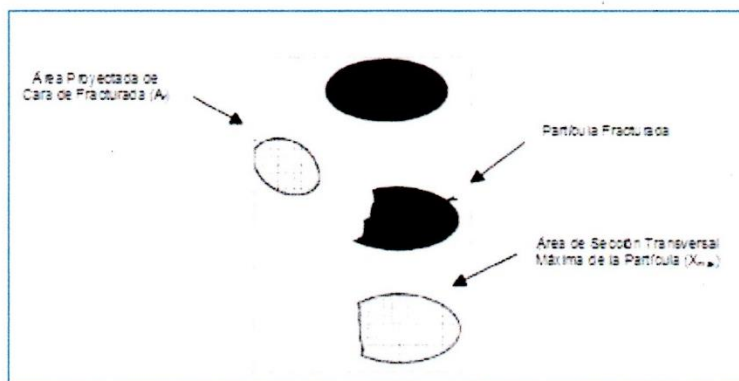


Figura 1: Esquema de una Partícula Fracturada con una Cara de fractura

Una cara será considerada como una cara fracturada solo si tiene $A_f \geq 0.25 X_{max}$

6.1.2 La masa de la muestra de ensayo debe al menos ser lo suficiente grande de modo que la partícula más grande no esté en más del 1% de la masa de muestra; o la muestra de ensayo debe ser al menos tan grande como se indica a continuación, en ningún caso más pequeño:

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)	Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 1/2")	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 1/2)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 1/2)	90 000 (198)

6.1.3 Para agregados con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm (1/4") o mayor, donde el contenido de partícula fracturada será determinado para el material retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) o uno menor, la muestra de ensayo debe ser separada por el tamiz 9,5 mm (3/8"). La parte pasante la malla 9,5 mm (3/8") puede luego ser posteriormente reducida, de acuerdo con la MTC E 103 (Práctica ASTM C 702), hasta un mínimo de 200 g (0,5 lb.). Esto reducirá el número de partículas a ser separadas durante el procedimiento. En este caso, el porcentaje de partículas fracturadas es determinado para cada porción, y el porcentaje



MTC E 223

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS

1.0 OBJETO

1.1 Método de determinación de los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Las partículas chatas o alargadas pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales.

2.2 Este método provee el medio para verificar si se cumple con las especificaciones que limitan tales partículas o, para determinar la forma característica del agregado grueso.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 4791: Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate

4.0 EQUIPOS, MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 El aparato utilizado será un equipo apropiado para ensayar las partículas de agregado para cumplir con las relaciones descritas en el capítulo 4.1.2.

4.1.2 Dispositivo calibrador proporcional: El dispositivo mostrado en las figuras 1; 2; 3, es el utilizable para método de ensayo, consiste en una base plana con dos postes fijos y un brazo giratorio entre ellos de tal modo que las distancias entre los extremos del brazo y los postes, mantengas una relación constante. La posición de eje de giro del brazo, puede ser cambiada para dar diferentes relaciones entre las distancias, figura 1 ilustra un dispositivo que puede fijarse para relaciones de 1:2,1:3,1:4 y 1:5.

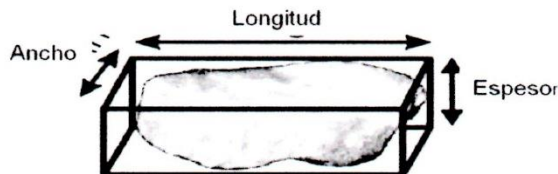
4.1.3 Balanza.- con exactitud a 0,5% del peso de la muestra

5.0 MUESTRA

5.1 Mezclar totalmente la muestra y reducir a una cantidad apropiada por cuarteo, según MTC E 201 la cantidad de agregado no será de un peso predeterminado, sino el resultante del cuarteo, una vez secado y conformará los mínimos requeridos de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

5.2 Partículas chatas y alargadas del agregado las partículas con una relación de longitud a espesor superior a un valor especificado.

5.3 Longitud: máxima dimensión de la partículas, ancho: máxima dimensión en el plano perpendicular a la longitud, espesor: máxima dimensión perpendicular a lo largo y ancho.





Tamaño máximo nominal malla cuadrada mm – (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg – (lb)
9,5 – (3/8)	1 – (2)
12,5 – (1/2)	2 – (4)
19,0 – (3/4)	5 – (11)
25,0 – (1)	10 – (22)
37,5 – (1.1/2)	15 – (33)
50 – (2)	20 – (44)
63 – (2.1/2)	35 – (77)
75 – (3)	60 – (130)
90 – (3.1/2)	100 – (220)
100 – (4)	150 – (330)
112 – (4.1/2)	200 – (440)
125 – (5)	300 – (660)
150 – (6)	500 – (1100)

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Si se requiere determinación por peso, secar la muestra al horno a peso constante a la temperatura de 110 ± 5 C, si la determinación es por número de partículas, el secado no es necesario.
- 6.2 Tamizar la muestra conforme a lo especificado a la MTC E 205, reduzca cada fracción mayor a 9,5 mm (3/8 pulg) O 4,75 N°4 si es requerido, en un 10% o más de su peso original, conforme a la MTC 201, hasta obtener aproximadamente 100 partículas.
- 6.3 Ensayar cada partícula de cada fracción medida y colocarlas en uno de los tres grupos: 1) Chatas, 2) Alargadas y 3) Ni chatas ni alargadas.
 - 6.3.1 Utilizar el calibre mostrado en el anexo B como sigue:
 - 6.3.1.1 Ensayo de partículas chatas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste, al ancho de la partículas .La partícula es chata si su espesor pasa por la abertura menor (Figura 2-a).
 - 6.3.1.2 Ensayo de partícula alargada: Ajustar la abertura mayor a la longitud de la partícula. La partícula es alargada si su ancho pasa por la abertura menor. (Figura 2-b).
 - 6.3.2 Luego de la clasificación en los grupos descritos en el apartado 6.3 determinar la proporción de la muestra por cada grupo, ya sea o por conteo, de acuerdo a lo requerido.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULO

- 7.1.1 Calcular el porcentaje de partículas chatas y alargadas con aproximación 1% para cada malla mayor de 9,5 mm (3/8" pulg) o 4,75 (N°4) según sea necesario.
- 7.1.2 Cuando se requiere el promedio de partículas chatas y alargadas de alguna muestra asumir que la medida de malla no ensayada (aquella que representa menos del 10% de la muestra) tiene el mismo porcentaje de partículas chatas y alargadas que la siguiente malla menor o la siguiente malla mayor, o utilizar el promedio de ambas mallas dado el caso.

7.2 INFORME

- 7.2.1 Identificación del agregado.
- 7.2.2 Gradación de la muestra, indicando los porcentajes retenidos en cada malla.
- 7.2.3 Para partículas Chatas y partículas Alargadas.
- 7.2.4 Número de partículas ensayadas en cada malla.



MTC E 504

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar a partir de la preparación y compactación de especímenes de mezcla bituminosa para pavimentación, de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro, el diseño de una mezcla asfáltica y calcular sus diferentes parámetros de comportamiento, por medio del método manual Marshall.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este modo operativo está destinado para su empleo con mezclas densas bituminosas de laboratorio y aquellas producidas en planta, con agregados hasta de 25 mm de tamaño máximo y para recompactación de muestras de pavimentos asfálticos.

- 2.2 Los especímenes de mezclas bituminosas compactadas, moldeadas por este procedimiento son empleados para varios ensayos físicos tales como estabilidad, flujo, resistencia a tracción indirecta y módulos. El análisis de densidad y vacíos también es conducido sobre especímenes para diseño de mezcla y evaluación de la compactación en campo.

Nota 1. Las mezclas no compactadas son empleadas para la determinación del peso específico teórico máximo.

- 2.3 Los valores de estabilidad Marshall y flujo junto con la densidad, vacíos de aire de la mezcla total, vacíos en el agregado mineral ó simplemente vacíos ó ambos, llenados con asfalto; son empleados para el diseño de mezclas en laboratorio así como para la evaluación de mezclas asfálticas. Así también la estabilidad y flujo Marshall pueden ser empleados para monitorear los procesos de producción de mezclas bituminosas en planta. También pueden ser empleados como referencia para evaluar diferentes mezclas y los efectos de acondicionamientos tales como con agua.

- 2.4 La estabilidad y flujo Marshall son características de las mezclas bituminosas determinadas a partir de especímenes compactados de una geometría específica y en una manera prescrita. La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga. La magnitud de la estabilidad Marshall varía con el tipo y gradación del agregado y grado del bitumen empleado así como su cantidad. Varias agencias establecen criterios para los valores de la estabilidad Marshall. El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad. No existe un valor ideal pero hay límites aceptables. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica ó inestable, y si está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida.

- 2.5 Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. El rango de contenido de ligante generalmente es seleccionado en base a la experiencia y datos históricos de los materiales componentes, pero puede incluir también juicio y error para incluir el rango deseable de las propiedades de la mezcla. Las mezclas densas generalmente mostrarán un pico en la estabilidad a un determinado contenido de ligante. Este pico en el contenido de ligante puede ser promediado con otros contenidos de ligante tal como el contenido de ligante en el contenido de la máxima densidad de la curva ligante-densidad y el contenido de ligante en los vacíos de aire deseados y vacíos llenados.

- 2.6 La estabilidad y flujo Marshall efectuados en laboratorio de campo, obtenida de especímenes hechos de mezclas producidas en planta pueden variar significativamente de los valores de diseño obtenidos en el laboratorio debido a las diferencias del mezclado que hay entre una

planta y la efectuada en laboratorio. Esto también incluye la eficiencia en el mezclado y el envejecimiento producido.

- 2.7 Las diferencias significativas en la estabilidad y flujo Marshall de un grupo de ensayos a otro ó de un valor promedio de un grupo numerosos de datos ó especímenes preparados de una mezcla producida en planta puede indicar pobre mezclado, técnicas incorrectas de ensayo, cambio de gradación, cambio del contenido de ligante, ó mal funcionamiento del proceso de planta. La fuente de la variación deberá ser averiguada y el problema resuelto.
- 2.8 Los especímenes a menudo serán preparados empleando el método indicado aquí, pero pueden ser preparados empleando otros tipos de procedimientos de compactación. Otros tipos de compactación pueden hacer variar las características de resistencia en comparación con los preparados por el método Marshall.
- 2.9 Los valores de estabilidad y flujo Marshall pueden ser determinados también empleando núcleos provenientes de un pavimento para información y evaluación. Sin embargo estos resultados no pueden ser comparados con resultados de especímenes preparados en laboratorio y no deberán ser empleados para propósitos de especificación ó aceptación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM-D6926: "Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus".
- 3.2 ATM D 6927: "Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures".

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES

- 4.1.1 Molde ensamblado para Especímenes, moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión cumplirán con los detalles mostrados en la Figura 1.
- 4.1.2 Extractor de Especímenes, Tendrá un disco de acero que encajará en el molde sin doblarse y no será menor de 100 mm de diámetro y 12,5 mm de espesor. El disco de acero es empleado para extraer los especímenes compactados de los moldes con el uso del collar del molde. Cualquier dispositivo adecuado de extracción tal como una gata hidráulica puede ser empleado, de tal manera que el espécimen no se deforme durante el proceso de extracción.
- 4.1.3 Martillos de Compactación:
 - 4.1.3.1 Martillos de Compactación con manubrio sostenido manualmente (tipo I) ó manubrio fijo (Tipo 2), ya sea operado mecánicamente ó a mano como se muestra en la Figura 2, tendrá un pie de compactación plano con un tornillo y una masa deslizante de $4,54 \pm 0,01$ kg con caída libre de $457,2 \pm 1,5$ mm (ver la Figura 2 para tolerancias en los martillos). Un martillo mecánico se muestra en la Figura 2.

Nota 2. Los martillos manuales de compactación deberán ser equipados con una protección de seguridad para los dedos.

- 4.1.3.2 Martillo de Compactación con Manubrio Fijo, con sobrecarga en la parte superior del manubrio, base de rotación constante y operado mecánicamente (Tipo 3), deberá tener la cara circular de apisonado y un peso deslizante de $4,54 \pm 0,01$ kg con una caída libre de $457,2 \pm 1,5$ mm. Posee un mecanismo de rotación en la base. La velocidad de rotación de la base y la razón de golpes será de 18 a 30 rpm y 64 ± 4 golpes por minuto respectivamente.

Nota 3. El aparato para martillo Marshall tipo 3 está disponible en versiones con más de un martillo. La operación múltiple de varios martillos afectará la densidad de un espécimen. Mejores resultados comparativos se obtendrán compactando todos los especímenes con el mismo martillo y sin la operación de ningún otro.



SECCIÓN 423

Pavimento de concreto asfáltico en caliente

Descripción

423.01 Generalidades

Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

423.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Agregados minerales gruesos

Se aplica en lo que corresponda, lo especificado en la [Subsección 415.02\(a\)](#). Los agregados gruesos, deben cumplir además con los requerimientos, establecidos en la [Tabla 423-01](#):

b. Agregados minerales finos

Se aplica en lo que corresponda, lo especificado en la [Subsección 415.02\(a\)](#). Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la [Tabla 423-02](#).



Tabla 423-01

Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Tabla 423-02

Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción**	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	<input checked="" type="checkbox"/>	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado
----------	-------------------------------------	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	INGENIERIA CIVÍL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional	INGENIERIA CIVÍL
Carrera Profesional	INGENIERIA CIVÍL
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO CIVÍL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	-----
Nombre del programa	-----
Título que Otorga	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	-----
Grado que otorga	-----

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	SANTIAGO BERROSPI LIZ YANET								
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	930247148	
Nro. de Documento:	72842503				Correo Electrónico:				Yanetsabe1915@gmail.com

Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:				

Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:				

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO					
Apellidos y Nombres:	ZEVALLOS HUARANGA JORGE			ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0003-1944-7198			
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	19836982

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	MATOS RAMIREZ ANA MARIA
Secretario:	FELIPE MATIAS ELBIO FERNANDO
Vocal:	DOMINGUEZ MAGINO ANTONIO
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	NARRO JARA LUIS FERNANDO

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO – 2019
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.



6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)		2022	
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	AGREGADOS	ASFALTICA	MARSHALL
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):		SI	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	SANTIAGO BERROSPI LIZ YANET		Huella Digital
DNI:	72842503		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha:	20/12/2022		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, tamaño de fuente **09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.



ACTA DE SUSTENTACION PRESENCIAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 15 días del mes de diciembre de 2022, siendo las 09:00 am, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N°550-2021-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°1259-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 07.DIC.2022 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 0734-2022-UNHEVAL (Titulo III - Aprobación del Trabajos de Investigación, Tesis, Tesis Proyectual..., en Acto Publico Presencial o Virtual art. 77) y Resolución Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL (se programe la sustentación de tesis de Pregrado de Manera Presencial), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de la Tesis Titulada: **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO - 2019**, para optar el Título de Ingeniero Civil el Bachiller **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI** de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Finalizado el acto de sustentación Presencial de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:


APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
SANTIAGO BERROSPI LIZ YANET	APROBADO	16	BUENO

Dándose por finalizado dicho acto a las: 10:45 del mismo día 15/12/2022 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:


ANA MARÍA MATOS RAMÍREZ
 PRESIDENTE


ELBIO FERNANDO FELIPE MATÍAS
 SECRETARIO


LUIS FERNANDO NARRO JARA
 VOCAL



RESOLUCIÓN VIRTUAL N°1259-2022-UNHEVAL-FICA-D

Cayhuayna, 07 diciembre 2022

VISTO: La solicitud virtual enviada por correo, de fecha 25.NOV.2022, de la Bachiller de Ingeniería Civil **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis;

CONSIDERANDO:

Que, con solicitud virtual enviada por correo, de fecha 25.NOV.2022, de la Bachiller de Ingeniería Civil **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis titulada ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO - 2019;

Que, con Resolución Virtual N°550-2021-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 23.SET.2021, se designo a la comisión de Revisar y Evaluar el Proyecto de Tesis a los docentes: Presidente Dra. Ing. Ana María Matos Ramírez - Secretario: Mg. Ing. Elbio Fernando Felipe Matías - Vocal: Mg. Ing. Antonio Domínguez Magino - Accesitario: Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara de la Tesis del Bachiller de Ingeniería Civil **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI**;

Que, con OFICIO N°049-2021-UNHEVAL/AMMR del Dra. Ing. Ana María Matos Ramírez, Carta N°020-2022-UNHEVAL-EFFM del Mg. Ing. Elbio Fernando Felipe Matías, CARTA N° 055-2022/Mg.LFNJ del Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara dan la conformidad a la tesis del Bachiller de Ingeniería Civil **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI**;

Que, mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412 – 2022 – UNHEVAL, de fecha 24 de octubre del 2022 en el Capitulo IV – Titulo III – Tesis – Art. 44° Una vez que los miembros de Jurado de Tesis informen al Decano acerca de la suficiencia del trabajo de tesis para su sustentación, el interesado presentará una solicitud dirigida al Decano pidiendo se fije lugar, fecha y hora para el acto de sustentación...;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

SE RESUELVE:

- 1° **SEÑALAR** Fecha y hora para la sustentación presencial de la tesis titulada: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO – 2019, de la Bachiller de Ingeniería Civil **LIZ YANET SANTIAGO BERROSPI**, para el **jueves 15 diciembre 2022 a horas 9.00 am**, manera Presencial, por los considerandos anotados.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dr. Victor Manuel Goicochea Vargas
DECANO

c.c.
Jurados, Interesado, Archivo
VGV/Sec.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

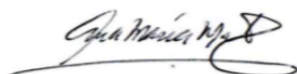
N°095-2022- DI/FICA

La directora de investigación de la Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco

HACE CONSTAR que:

La Tesis titulada “**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA DE OCROYO, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, HUÁNUCO – 2019**”, del (os) Bachiller (s) **SANTIAGO BERROSPI, LIZ YANET**, en Ingeniería Civil , Cuenta con un índice de similitud del 32 % verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 20 de diciembre del 2022



.....
Dra. Ana María Matos Ramírez
Directora de Investigación FICA

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS SANTIAGO BERROSPI docx.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

20658 Words

RECUENTO DE CARACTERES

103930 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

155 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.8MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 20, 2022 4:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 20, 2022 4:02 PM GMT-5**● 32% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 29% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 27% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico