UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMÉTRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ABRAHAM CELEDONIO VERAMENDI VIDAL

RICARDO LUIS DOMINGUEZ QUISPE

PUCALLPA – PERU

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 35-2025

GRADUANDO : VERAMENDI VIDAL, ABRAHAM CELEDONIO
DOMINGUEZ QUISPE, RICARDO LUIS

TEMA : ***"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMÉTRICA PARA LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"***

ASESOR : **Mg. Devyn Omar DONAYRE HERNANDEZ**

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACION				
* MOTIVACION		X		
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD		X		
* A LA PROFESION		X		

EVALUACION

- EXCELENCIA — 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD — 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA — 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO — 15 A MENOS

CALIFICACION FINAL:
PUNTAJE : **20** / 30

CONCLUSIONES:
APROBADO POR : **MAYORIA**
DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR

Dr. David Abel GONZALEZ MANRIQUE DE LARA
PRESIDENTE

Dr. Walter Gilberto ROMAN CLAROS
MIEMBRO

Mg. Augusto Cecilio QUIROZ PANDURO
PRESIDENTE

M.SC. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 06 DE NOVIEMBRE DEL 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Esta tesis: **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMÉTRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"**

Elaborado por:

Bach. Abraham Celedonio Veramendi Vidal

Bach. Ricardo Luis Dominguez Quispe

Aprobado por:

.....
Dr. David Abel GONZALEZ MANRIQUE DE LARA
Presidente del Jurado Evaluador

.....
Dr. Walter Gilberto ROMAN CLAROS
1er Miembro del Jurado Evaluador

.....
Mg Augusto Cecilio QUIROZ PANDURO
2do Miembro del Jurado Evaluador

Asesor:

.....
Mg. Devyn Omar DONAYRE HERNANDEZ
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/027-2025**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMÉTRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022**"

Autor(es)	:	**VERAMENDI VIDAL, ABRAHAM CELEDONIO**
		DOMINGUEZ QUISPE, RICARDO LUIS
Facultad	:	**INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
Escuela	:	**ING. CIVIL**
Asesor(a)	:	**Mg. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 21/01/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCION INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Abraham Celedonio Veramendi Vidal

Autor de la tesis de pregrado titulada : "Evaluación de la calidad de los agregados y mejora granulométrica de las canteras del distrito de Nueva Requena para la elaboración de pavimento flexible, Ucayali 2022"

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Mg. Devyn Omar Donayre Hernandez

Facultad: Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 07 / 11 / 2025

Email: abrahamvidol303@gmail Firma: Abraham Veramendi V.

Teléfono: 993 434 954 DNI: 10411250

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCION INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Ricardo Luis Domínguez Ruipa

Autor de la tesis de pregrado titulada : "Evaluación de la calidad de los agregados y mejora granulométrica de las canteras del distrito de Nueva Requena para la elaboración de pavimento flexible, Ucayali 2022"

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Mg. Devyn Omar Donayre Hernández

Facultad: Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 07/11/2025

Email: DOMINGUEZUNU_17@HOTMAIL.COM Firma: 

Teléfono: 929744547 DNI: 70694060

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita misericordia y sus grandes bendiciones, a mi papá Celedonio que me heredó el esfuerzo y la paciencia, a mi madre Justina que en todo momento encuentra factibilidad, a mis 7 extrañados hermanos Máxima, Jenner, Elio, Reyna, Susy, Rossy, Ermila. A mis tíos en especial a mi tío Víctor, a mi amada esposa y su familia, vivo muy agradecido de todos ellos.

Dedico a mis padres por la educación brindada y por inculcarme los valores que han sido base para mi formación personal y profesional.

A mi hermana, por ser mi ejemplo de superación, y por la perseverancia e insistencia para lograr esta meta.

Y a mis abuelitos, Juan y Rosa, por su apoyo inquebrantable.

A mis profesores por su sabiduría y orientación durante mi proceso académico, contribuyendo de manera fundamental al desarrollo de mis conocimientos.

Y finalmente dedico a todas aquellas personas que, de una manera u otra me acompañaron en este camino de aprendizaje y superación.

AGRADECIMENTO

A Dios, por ser nuestro faro en este viaje académico, brindándonos la fortaleza, la bendición para enfrentar cada etapa de nuestra formación académica.

A nuestras familias, cuyo apoyo constante e incondicional han sido la base de nuestro éxito, permitiéndonos culminar nuestra carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Ucayali, institución de investigación y formación profesional, por brindarnos el espacio y los recursos necesarios para desarrollarnos profesionalmente.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por compartir con nosotros sus conocimientos, guías y experiencias que serán esenciales en el ejercicio de nuestra vida profesional.

A nuestro asesor, el Ingeniero Devyn Omar Donayre Hernández, por su profesionalismo, su generosa dedicación, paciencia y orientación en la realización de esta tesis.

Finalmente a nuestros amigos y compañeros, cuya compañía y apoyo hicieron de esta experiencia universitaria en trayecto inolvidable y enriquecedor.

RESUMEN

La calidad y adecuada granulometría de los agregados son factores determinantes en el desempeño estructural de los pavimentos flexibles. En este contexto, la presente investigación, tuvo como finalidad analizar las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados de las principales canteras del distrito de Nueva Requena, y proponer una intervención granulométrica para pavimento flexible. Se realizó una caracterización de los materiales provenientes de las canteras de Sheshea y Zanja Seca, mediante ensayos de laboratorio conforme al Reglamento de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (RD Nº 10-2014 – MTC/14). Los resultados evidenciaron un predominio de materiales arenosos, con un contenido promedio de 37.97% para Zanja Seca y 42.69% para Sheshea de pasantes en malla 3/8, la cual se puede usar para pavimento flexible como agregado arena natural. A continuación, se aplicaron ajustes granulométricos con piedra triturada comparando los agregados resultantes con los husos MAC-2 del MTC y ASTM D3515, orientados a la producción de capas asfálticas de 3” de espesor. Se concluyen que, mediante una explotación selectiva y control granulométrico, los agregados de las canteras evaluadas pueden ser incorporadas de manera eficiente en el diseño de pavimentos flexibles asegurando su calidad y desempeño estructural en la región Ucayali.

Palabras Clave: *Canteras, agregados, pavimento flexible, mejora granulométrica, Ucayali.*

ABSTRACT

The quality and proper gradation of aggregates are key factors in the structural performance of flexible pavements. In this context, the present research aimed to analyze the physical, mechanical, and chemical characteristics of aggregates from te main quarries of the Nueva Requena district, and to propose a gradation improvement strategy for theur use inflexible pavement design. A characterization of materials from the Sheshea and Zanja Seca quarries was carried out through laboratory test in accordance with the Road Regulations – Soils, Geology Geotechnics, and Pavements (RD Nº 10-2014 – MTC/14). The results showed a predominance of sandy materials, with and average passing content through the 3/8” sieve of 37.97% for Zanja Seca and 42.69% for Sheshea, making them suitable as natural fine aggregate in flexible pavement mixtures. Gradation adjustments were then applied using crushed stone, comparing the resulting aggregates with the MAC-2 gradation bands from the MTC and ASTM D3515 standards, aimed at producing asphalt layers with a thickness of 3 inches. It is concluded that through selective extraction and proper gradation control, the evaluated quarry aggregates can be efficiently incorporated into flexible pavement design, ensuring their quality and structural performance in the Ucayali region.

Keywords: *Quarries, aggregates, flexible pavement, gradation improvement, Ucayali.*

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **vii**
AGRADECIMENTO ..... **viii**
RESUMEN ..... **ix**
ABSTRACT ..... **x**
INDICE GENERAL ..... **xi**
INDICE DE TABLAS ..... **xvi**
INDICE DE FIGURAS ..... **xviii**
INDICE DE ANEXOS ..... **xviii**
INTRODUCCION ..... **xxi**
CAPITULO I **22**
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 22
1.1. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA 22
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA 23
1.2.1. PROBLEMA GENERAL 23
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS 23
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION 24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24
1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA 25
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA 25
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL 25
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA 26
1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA 26
1.4.5. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL 27
1.4.6. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA 27
1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES 27
1.6. HIPOTESIS 29
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL 29
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS 29
1.7. SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES 29
1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.- 29
1.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE- 29

CAPITULO II 31
MARCO TEÓRICO 31
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 31
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 31
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES 32
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES 33
2.2. BASES TEÓRICAS 34
2.2.1. GENERALIDADES 34
2.3. DEFINICION DE TÉRMINOS UTILIZADOS 59
CAPITULO III **..... 67**
METODOLOGÍA 67
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 67
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 67
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 67
3.1.3. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN 68
3.1.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 69
3.2. PROCEDIMIENTOS 71
3.1.5. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS . 71
3.1.7. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS 74
CAPITULO IV 76
RESULTADOS 76
4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA SHESHEA 76
4.1.1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422, MTC E 107 - CANTERA SHESHEA 76
4.1.2. MATERIAL QUE PASA LA MALLA NRO 200, ASTM – C117, MTC E 202 – CANTERA SHESHEA 78
4.1.3. LIMITE LIQUIDO MALLA NRO 200, ASTM D-4318, MTC E110 CANTERA SHESHEA 78
4.1.4. LIMITE PLASTICO MALLA NRO 200, ASTM D 4318, MTC E 111 – CANTERA SHESHEA 79
4.1.5. TERRONES DE ARCILLA, ASTM C-142, MTC E 212 – CANTERA SHESHEA 80

4.1.6. CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES (AGREGADO GRUESO), NTP 339.152 – CANTERA SHESHEA 81
4.1.7. CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES (AGREGADO FINO), NTP 339.152 – CANTERA SHESHEA 81
4.1.8. MATERIA ORGANICA EN ARENA, ASTM C-140, MTC E 213, CANTERA SHESHEA 82
4.1.9. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D-4791 – CANTERA SHESHEA 83
4.1.10. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821, MTC E 210 – CANTERA SHESHEA 83
4.1.11. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206, CANTERA SHESHEA .. 84
4.1.12. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-128, MTC – 205 – CANTERA SHESHEA 85
4.1.13. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-29 MTC E 203 – CANTERA SHESHEA 86
4.1.14. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C-29, MTC E-203 – CANTERA SHESHEA 87
4.2. ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA SHESHEA 88
4.2.1. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419, MTC E 114 – CANTERA SHESHEA 88
4.2.2. DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO, ASTM C-88, MTC E 209 – CANTERA SHESHEA 89
4.2.3. DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO, ASTM C-88, MTC E 209 – CANTERA SHESHEA 90
4.2.4. ENSAYO DE ABRASION LOS ÁNGELES, ASTM C-131, MTC E 207 - CANTERA SHESHEA 91
4.3. ENSAYOS ESTÁNDAR PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS CANTERA ZANJA SECA 92
4.3.1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO CANTERA, ASTM D-422, MTC E 107 - ZANJA SECA 92

4.3.2. MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº 200, ASTM C-117, MTC E 202 – CANTERA ZANJA SECA 93
4.3.3. DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, ASTM D-4318, MTC E 110 – CANTERA ZANJA SECA 94
4.3.4. DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO, ASTM D-4318, MTC E 111 – CANTERA ZANJA SECA 95
4.3.5. TERRONES DE ARCILLA, ASTM C-142, MTC E 212 – CANTERA ZANJA SECA 96
4.3.6. CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (AGREGADO GRUESO), NTP 339,152 – CANTERA ZANJA SECA 97
4.3.7. CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (AGREGADO FINO), – NTP 339.152 – CANTERA ZANJA SECA 97
4.3.8. MATERIA ORGANICA EN ARENA, ASTM C-140, MTC E 213 – CANTERA ZANJA SECA. 98
4.3.9. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS, ASTM D-4791 – CANTERA ZANJA SECA. 99
4.3.10. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821, MTC E 210 – CANTERA ZANJA S ECA 99
4.3.11. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206 – CANTERA ZANJA SECA 100
4.3.12. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO ASTM C-128, MTC – 205 – CANTERA ZANJA SECA 101
4.3.13. PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ASTM C-29 – MTC E 203 – CANTERA ZANJA SECA 102
4.3.14. PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-29, MTC E – 203 – CANTERA ZANJA SECA 103
4.4. ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA ZANJA SECA 104
4.4.1. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419, MTC E 114 – CANTERA ZANJA SECA 104
4.4.2. DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-88, MTC E-209 – CANTERA ZANJA SECA 105

4.4.3. DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO ASTM C – 88, MTC E 209 - CANTERA ZANJA SECA 106
4.4.4. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C-131, MTC E 207 – CANTERA ZANJA SECA 107
4.5. DISEÑO DE MEZCLA GRANULOMETRICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE. 108
4.5.1. CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DEL DISEÑO DE MEZCLA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE 108
4.5.2. COMPONENTES PARA PAVIMENTO FLEXIBLE 109
4.5.3. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA PIEDRA TRITURADA PARA SER ACEPTABLES EN PAVIMENTO FLEXIBLE 111
4.5.4. DOSIFICACION DE LA MEZCLA DE LOS COMPONENTES INTERVINIENTES CON LA CANTERA SHESHEA 113
COMPARACION GRAFICA DE LO RESULTADOS DE LA MEZCLA EN LOS HUSOS ASTM D3515 Y MAC-2 SOBRE DISEÑO DE MEZCLA DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA ARENA NATURAL PROVENIENTE DE SHESHEA). 114
4.5.5. DOSIFICACION DE LA MEZCLA DE LOS COMPONENTES INTERVINIENTES DE LA CANTERA ZANJA SECA 116
COMPARACION GRAFICA EN LOS HUSOS ASTM D3515 Y MAC–2 SOBRE DISEÑO DE MEZCLA DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA ARENA NATURAL PROVENIENTE DE ZANJA SECA) 117
4.6. MEJORA GRANULOMETRICAS DE LA CANTERA SHESHEA 119
4.7. MEJORAS GRANULOMETRICAS DE LA CANTERA ZANJA SECA .. 120
CAPITULO V 121
DISCUSION DE RESULTADOS 121
CONCLUSIONES 126
RECOMENDACIONES 127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 128
ANEXOS 130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición operacional de variables e indicadores. 30

Tabla 2. Requerimiento para los agregados gruesos 46

Tabla 3. Requerimientos para los agregados finos 47

Tabla 4. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC) 48

Tabla 5. Gradación para mezclas asfálticas según ASTM D3515 48

Tabla 6. Canteras de Nueva Requena. 70

Tabla 7. Granulometría, cantera Sheshea. 76

Tabla 8. Material que pasa malla Nro 200, cantera Sheshea. 78

Tabla 9. Límite líquido, cantera Sheshea. 78

Tabla 10. Límite plástico, cantera Sheshea. 79

Tabla 11. Terrones de arcilla, cantera Sheshea. 80

Tabla 12. Contenido sales solubles totales agregado grueso, cantera Sheshea. 81

Tabla 13. Contenido sales solubles totales agregado fino, cantera Sheshea. 81

Tabla 14. Materia orgánica en arena, cantera Sheshea 82

Tabla 15. Gravedad especifica y absorción del agregado grueso, cantera Sheshea. 84

Tabla 16. Gravedad especifica y absorción del agregado fino, cantera Sheshea. 85

Tabla 17. Peso unitario del agregado grueso, cantera Sheshea 86

Tabla 18. Peso unitario del agregado fino, cantera Sheshea 87

Tabla 19. Equivalente de arena, cantera Sheshea. 88

Tabla 20. Durabilidad del agregado grueso, cantera Sheshea. 89

Tabla 21. Durabilidad del agregado fino, cantera Sheshea 90

Tabla 22. Ensayo de abrasión los ángeles, cantera Sheshea. 91

Tabla 23. Análisis granulométrico, cantera Zanja Seca. 92

Tabla 24. Material que pasa malla Nº 200, cantera Zanja Seca..... 93

Tabla 25. Límite líquido, cantera Zanja Seca. 94

Tabla 26. Límite plástico, cantera Zanja Seca. 95

Tabla 27. Terrones de arcilla, cantera Zanja Seca..... 96

Tabla 28. Contenido de sales solubles en agregado grueso, cantera Zanja Seca..... 97

Tabla 29. Contenido de sales solubles en agregado fino, cantera Zanja Seca. 97

Tabla 30. Materia orgánica en arena, cantera Zanja Seca..... 98

Tabla 31. Gravedad especifica y absorción del agregado grueso, cantera Zanja Seca. 100

Tabla 32. Gravedad especifica y absorción agregado fino, cantera Zanja Seca..... 101

Tabla 33. Peso unitario del agregado grueso, cantera Zanja Seca..... 102

Tabla 34. Peso unitario del agregado fino, cantera Zanja Seca. 103

Tabla 35. Equivalente de arena, cantera Zanja Seca..... 104

Tabla 36. Durabilidad del agregado grueso, cantera Zanja Seca. 105

Tabla 37. Durabilidad del agregado fino, cantera Zanja Seca..... 106

Tabla 38. Ensayo de abrasión los ángeles, cantera Zanja Seca..... 107

Tabla 39. Evaluación de piedra triturada (material para mejora granulométrica) para las canteras Sheshea y Zanja Seca..... 111

Tabla 40. Tabla de propiedades físicas, mecánicas y químicas. 123

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayos estándar de los agregados para mezclas asfálticas. 44

Figura 2. Ensayos especiales para mezclas asfálticas. 45

Figura 3. Diseño de la investigación..... 68

Figura 4. Mapa de ubicación de las canteras en estudio 70

Figura 5. Recolección de muestra, cantera Sheshea..... 72

Figura 6. Calicata, cantera Sheshea 72

Figura 7. Recolección de muestras, cantera Zanja Seca. 72

Figura 8. Partículas no fracturadas (bordes redondeados, superficies alisadas). 77

Figura 10. Esquema de una partícula fracturada con una cara fracturada..... 83

Figura 11. Partículas fracturadas (bordes agudos, superficies rugosas)..... 84

Figura 13. Diseño de mezcla para pavimento flexible, cantera Sheshea. 113

Figura 14. Curva Granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico ASTM D3515 para mezclas asfálticas, Sheshea..... 114

Figura 15. Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico MAC-2 mezclas asfálticas, cantera Sheshea 115

Figura 16. Diseño de mezcla, pavimento flexible, cantera Zanja Seca. 116

Figura 17. Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico ASTM D3515 para mezclas asfálticas, Zanja Seca..... 117

Figura 18. Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico de MAC-2 para mezclas asfálticas, Zanja Seca 118

Figura 19. Huso granulométrico ASTM D3515 vs curva granulométrica del agregado en estado natural de la cantera Sheshea..... 119

Figura 20. Huso granulométrico ASTM D3515 con la curva de la mejora granulométrica para pavimento flexible con agregado de la cantera Sheshea 119

Figura. 21: Huso granulométrico ASTM D3515 vs la curva granulométrica del agregado natural de la cantera Zanja Seca. 120

Figura 22. Huso granulométrico ASTM D3515 con la mejora granulométrica para pavimento flexible con agregado de la cantera Zanja Seca. 120

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA 130

ANEXO 2: VISTA SATELITAL DE LAS CANTERAS DE NUEVA REQUENA... 131

ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS SHESHEA Y ZANJA SECA 132

ANEXO 4: RESULTADOS DE LA EVALUACION DE GRANULOMETRIA Y CA_ RACTERISTICAS DE LA PIEDRA TRITURADA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (CANTERA INTERVINIENTE) 160

ANEXO 5: FOTOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADOS CANTERA SHESHEA. 163

FOTOS DE LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS CANTERA ZANJA SECA ……..196

ANEXO 6: MATERIAL PREDOMINANTE DE 6” PARA PROCESO DE TRITU_ RACIÓN A FIN DE MEJORAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE NUEVA REQUENA ..... .209

ANEXO 7: CERTIFICADOS CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO.... 214

INTRODUCCION

La calidad de los pavimentos flexibles dependen en gran medida de las características de los agregados utilizados en su elaboración, siendo la granulometría uno de los factores determinantes para garantizar su resistencia, durabilidad y desempeño. En este contexto, la selección y mejora de los materiales provenientes de las canteras cobra especial relevancia, ya que una adecuada composición granulométrica contribuye directamente a la calidad de las mezclas asfálticas.

El distrito de Nueva Requena, en la región Ucayali, cuenta con diversas canteras cuya explotación podría representar una solución local para la obtención de agregados destinados a la construcción de pavimentos flexibles. Sin embargo, es necesario evaluar exhaustivamente las propiedades físicas, química y mecánicas de estos materiales así como identificar las posibles mejoras granulométricas que permitan cumplir con los estándares técnicos requeridos para este tipo de infraestructuras.

El problema radica en la limitada información técnica sobre la calidad de los agregados de las canteras locales y su aptitud para formar parte de mezclas asfálticas eficientes y sostenibles. Esto genera incertidumbre en su uso para proyectos viales y destaca la necesidad de investigaciones que proporcionen datos confiables y aplicables.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena y propone evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena y proponer mejoras granulometrías que optimicen su utilización en la fabricación de pavimentos flexibles. Este estudio no solo busca contribuir al desarrollo de infraestructura vial en la región Ucayali, sino también fomentar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales locales.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

En estos últimos años en la ciudad de Pucallpa y en los distritos aledaños como Nueva Requena se están ampliando las vías de transporte terrestre, esta expansión responde a una necesidad critica de desarrollo económico y social al facilitar el acceso a mercados, servicios y centros de producción. En este contexto la calidad de las infraestructuras viales se convierten en un factor determinante para garantizar la funcionalidad y seguridad de las obras.

El pavimento flexible depende en gran medida de los agregados pétreos utilizados en su estructura. Estos materiales forman parte del pavimento y deben cumplir las especificaciones técnicas establecidas en la norma EG – 2013 de MTC. Entre los parámetros mas relevantes destaca la granulometría, la resistencia al desgaste, la forma de las partículas entre otros aspectos físicos y mecánicos,

Sin embargo en el Distrito de Nueva Requena, a pesar de existir canteras se ha identificado una carencia de estudios sistemáticos con la que hayan evaluado los agregados disponibles. Esta falta de información técnica representa una limitación para la adecuada selección y uso de los materiales en proyectos de infraestructura vial, particularmente, la granulometría de los agregados es un factor critico en el desempeño estructural del pavimento flexible. Una distribución granulométrica

deficiente puede provocar perdida de estabilidad, deformaciones plásticas y fisuras. En este sentido la evaluación de la granulometría y la posibilidad de realizar mejoras mediante mezclas o intervenciones mecánicas se presenta como una necesidad técnica para garantizar la calidad del material utilizado.

Por tanto, el presente estudio busca no solo evaluar la calidad de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena, sino también proponer intervenciones granulométricas que permitan lograr un estándar exigido para la elaboración de pavimentos flexibles. Este trabajo de tesis contribuirá al conocimiento técnico regional, facilitando la toma de decisiones por parte de proyectistas, constructores, entidades publicas y académicos, promoviendo así una infraestructura vial mas eficiente, sostenible y duradera.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad de los agregados provenientes de las canteras del distrito de Nueva Requena en relación con el diseño de una granulometría óptima que cumpla con los requisitos técnicos para su aplicación en pavimentos flexibles en la región Ucayali?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

a) ¿Cuáles son las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena?

b) ¿Qué tipo de intervención granulométrica permite adecuar los agregados disponibles a las exigencias técnicas para pavimento flexible de un espesor de 3” según las normas vigentes?

c) ¿Cuál es el huso granulométrico entre MAC-2 del MTC y el huso del ASTM D3515 aplicable para pavimentos flexibles de 3” de espesor, con la mezcla de piedra triturada y agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras del distrito de Nueva Requena con el fin de diseñar una granulometría optima que cumpla con los requisitos técnicos para su aplicación en pavimentos flexibles en la región Ucayali.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena.

b) Establecer el tipo de ajuste granulométrico que requieren los agregados de las canteras de Nueva Requena para cumplir con las exigencias técnicas para pavimento flexible de un espesor de 3” según las normas vigentes.

c) Comparar el huso granulométricos MAC-2 del MTC y el huso granulométrico ASTM D3515 para pavimento flexible 3” de espesor, con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.

1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Las canteras en nuestra región no han sido caracterizadas de manera integral en cuanto a sus propiedades físicas y granulométricas para su uso en pavimentos flexibles, por lo tanto necesariamente deben ser evaluadas conforme a lo establecido en el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 2013), edición 2014 del MTC. Esta investigación tiene como objetivo analizar las conformidades de los agregados en su estado natural y proponer intervenciones granulométricas mediante el empleo de agregados triturados, estos agregados serán evaluados debidamente según las normas vigentes para pavimentos flexibles, la mezcla se realizará utilizando el método grafico de las curas granulométricas para obtener una distribución optima de tamaños de partículas, de esta manera se busca garantizar una mezcla que ofrezca una adecuada compactación, estabilidad estructural y resistencia al desgaste, contribuyendo a la mejora en la calidad de los pavimentos flexibles en la región.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El estudio de la presente tesis ayudará directamente a la población empresarial, estudiantes e investigadores al generar información técnica accesible sobre la calidad de los agregados de las canteras locales, ya que se contará con un conjunto de datos sobre la canteras de Nueva Requena; e indirectamente aportará a la población

ya que se tendrán vías con pavimento flexible que cumple con las normas por lo tanto tendrá una mayor durabilidad de la estructura vial de las ciudades de nuestra región y aumento de la calidad de vida de los ciudadanos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Se pretende mostrar un estudio técnicamente confiable que ayude como guía metodológica a optimizar las explotaciones de las canteras en la construcción de pavimentos flexibles reduciendo costos asociados al transporte de agregados externos y la garantía de calidad en otros proyectos dedicados a realizar pavimentos flexibles en nuestra región, además proporciona una base metodológica confiable para futuras evaluaciones y explotaciones de canteras, fomentando una planificación mas eficiente y sustentable de los recursos materiales en obras viales.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El estudio plantea una metodología basada en normativas técnicas vigentes y herramientas gráficas de análisis granulométrico, lo cual refuerza su validez científica. La investigación propone un enfoque replicable que puede ser aplicado en otras zonas geográficas con características similares, constituyéndose como un modelo metodológico de referencia para estudios de adecuación de materiales en ingeniería vial.

1.4.5. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La evaluación y adecuación de agregados locales también tienen un enfoque ambiental, al fomentar el aprovechamiento racional de los recursos de la zona y reducir la huella de carbono asociada al transporte de materiales desde otras regiones. Asimismo, al garantizar pavimentos de mayor durabilidad, se disminuye la frecuencia de intervenciones de mantenimiento y, por ende, la generación de residuos y el consumo de recursos naturales a largo plazo.

1.4.6. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

El uso de métodos gráficos para el diseño granulométrico de mezclas (husos granulométricos) y la aplicación de estándares normativos actualizados permiten incorporar herramientas tecnológicas modernas en la evaluación de materiales. Esta tesis promueve el desarrollo tecnológico local al fortalecer las capacidades técnicas en la caracterización y adecuación de agregados para obras de infraestructura vial.

1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES

La presente investigación se enfocó en la evaluación técnica de la calidad de los agregados provenientes de las canteras Sheshea y Zanja Seca las cuales se encuentran ubicadas en el distrito de Nueva Requena, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

Se realizaron ensayos de laboratorio conforme a lo establecido en el Reglamento de Carreteras – Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos (RD Nº 10-2014-MTC/14) para determinar las **propiedades físicas, mecánicas y químicas** de los agregados.

Se realizaron una mezcla de arena natural y piedra triturada cuyas curvas granulométricas se compararon con husos de diseño MAC-2 Y ASTM D3515 (TMN 1/2) con el objetivo de evaluar la viabilidad de su uso en pavimentos flexibles de 3” de espesor.

Se propusieron dosificaciones óptimas para mezclas asfálticas, empleando arena natural, arena de trituración, piedra triturada y cal hidratada, con base en los resultados obtenidos, lo que constituye un aporte practico al diseño de estructuras de pavimento flexible

Las limitaciones del presente estudio, es que los agregados fueron analizados y dosificados en el aspecto granulométrico de acuerdo a las normas para su uso en los pavimentos flexibles a nivel regional.

El alcance que se tienen está ligada las características geográficas selva baja, de la región Ucayali, para nuestra zona de estudio, las rocas tienen un génesis común teniendo como rio fuente al rio Aguaytía que proviene de las zonas altas del boquerón de Padre Abad que ha logrado acumular estos materiales en épocas de creciente en los ríos, por lo tanto, el alcance de la tesis será en el ámbito local, se realizará trabajos con las siguientes canteras de acuerdo a su disponibilidad y potencia:

- **Cantera Sheshea** (Nueva Requena).
- **Cantera Zanja Seca** (Nueva Requena).

1.6. HIPOTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena presentan características físicas, mecánicas y químicas que permiten su uso en pavimentos flexibles, siempre que se ajusten a una granulometría óptima según las normas técnicas vigentes.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

a) Los agregados de las canteras de Nueva Requena cumplen con las propiedades físicas, mecánicas y químicas necesarias para su utilización en mezclas asfálticas para pavimentos flexibles.

b) Los agregados de las cantera de Nueva Requena requieren un ajuste granulométrico que los adecúe a las especificaciones técnicas establecidas para pavimentos flexibles de un espesor de 3” según las normas vigentes.

c) El huso granulométrico ASTM D3515 resulta más adecuado en el diseño de mezcla para pavimentos flexibles de 3” de espesor con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.

1.7. SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES

1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.- Calidad de los agregados:

- Propiedades físicas / mecánicas y químicas.

1.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE- Granulometría para pavimentos flexibles para un espesor de 3”:

Tabla 1.
Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE Calidad de los agregados	En esta investigación, la calidad de los agregados será evaluada a través de ensayos de laboratorio normados que permitan determinar sus características segun el Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnica y pavimentos, seccion suelos y pavimentos - RD Nº 10 - 2014 - MTC/14	Propiedades físicas	Granulometría	% que pasa por tamices	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E 107, tamiz, balanza, agitador.
			Pasante malla Nº 200	% en masa	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E 202, probeta y balanza.
			Límite Líquido	% humedad	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E 110, horno y balanza.
			Límite Plástico	% humedad	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E 111, balanza, vidrio,
			Terrones de arcilla	% en masa	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E 212, balanza, horno.
			Chatas y alargadas	% de partículas	Cuantitativa	Razón contínua	ASTM D-4791, calibrador o
			Caras fracturadas	% partículas > 1 fracturada	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-2010, lupa, plantilla.
			Grav. Especifica y	Adimensional / Absorción %	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-205 / 205, canasta metálica.
			Peso Unitario del agregado	kg/m3	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-203, cilindro metálico, varilla.
			Equivalente de arena	% valor equiv. de arena	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-114, cilindro de sedimentación.
			Durabilidad del agregado	% pérdida de masa	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-207, mq. Los Angeles.
		Prop. mecánicas	Abrasión	% de desgaste	Cuantitativa	Razón contínua	NTP 339.152, frascos, balanzas.
		Propiedades químicas	Sales solubles	% / peso	Cuantitativa	Razón contínua	MTC E-213, tubo de sedimentacion.
			Mat. orgánica en arena	Comparacion visual -	Cuantitativa	Razón contínua	NTP 339.177, frascos/disolucion.
			Cloruros	% en peso	Cuantitativa	Razón contínua	Analítica.
			Sulfatos	% en peso	Cuantitativa	Razón contínua	Analítica.
VARIABLE DEPENDIENTE Diseño de la granulometría para pavimento flexible de 3" de espesor.	Esta variable será analizada comparando las curvas granulometricas de los agregados de las canteras de Nueva Requena y piedra chancada con los requisitos de los husos granulometricos para pavimento flexible.	Adecuación al diseño normativo	Porcentaje que pasa, rango de cumplimiento óptimo / no óptimo, grado de cumplimiento con la norma vigente.	Porcentajes	Cuantitativa	Nominal	MAC-2 del MTC y ASTM D3515

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Investigaciones referentes al tema en el ámbito internacional, nacional y local, son:

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Hernández, G & Ramírez, F., (2016), en sus estudios de investigación “Análisis de la Influencia del Grado de Compactación de una Mezcla Asfáltica en su deformación permanente y la Susceptibilidad a la humedad”, concluyen: “Al analizar los distintos grados de compactación y sus respectivas resistencias, se concluye que para obtener materiales con una resistencia superior al 80% del valor máximo, es indispensable compactar el suelo a un nivel de 96.1%. Los ensayos de campo corroboran esta relación, mostrando una clara dependencia entre la compactación y la resistencia a la formación de ahuellamientos. Por lo tanto se recomienda garantizar los niveles mínimos de compactación especificados para asegurar la durabilidad del pavimento”.

León, O., (2017). “Diseño de explotación para materiales pétreos en el rio Jubones de la concesión minera Sánchez”. Cuenca – Ecuador. Universidad de Azuay, esta investigación propone un diseño que contribuirá a optimizar la actividad de explotación de materiales pétreos en la concesión minera Sánchez, Rio Jubones.

Amendaño, J., (2021), en su tesis, “Análisis teórico comparativo del diseño de mezclas asfálticas calientes por los métodos RAMCODES (polígono de vacíos), superpave y modulo dinámico, aplicado en superficies de rodadura de pavimentos flexibles”, concluye que el diseño de mezclas asfálticas implica el conocimiento y cumplimiento de los procedimientos, así como un grado de experiencia.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Chilon, D., & Palomino, W., (2020), en su investigación. “Evaluación de calidad de materiales pétreos para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo, Cajamarca 2020”, realiza estudios de tres canteras cercanas a la obra para realizar la comparación de las propiedades físicas y químicas respecto a las especificaciones técnicas.

Montoya, D., (2017). “Importancia de los Agregados Pétreos para la Estabilidad de Carreteras en la Carpeta Asfáltica de la Vía Chupaca Roncha 2015 (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil) – Universidad Peruana Los Andes Huancayo. “… Abordar consideraciones técnicas para las propiedades físico mecánicas de los agregados pétreos en la mezcla asfáltica, y así lograr opciones de solución contra la susceptibilidad de fallas, deformaciones y ahuellamientos”.

Calsín, L. (2022). “Relación de cargas vehiculares en la formación de cuencos de deflexión en la estructura del pavimento

flexible, Huancayo – 2020” concluyen con un dosificación 19% de grava 1/2”, 22% de grava 3/8”, 39% de Arena Triturada y 20% de Arena Natural, y cemento asfaltico de 6.1%. para pavimento flexible.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Pérez, S. & Vásquez, E. (2020), tesis “Análisis y Evaluación de Agregados de las Canteras Del Distrito De Curimaná para la Elaboración de la Estructura de Base Granular de Pavimentos Rígidos En La Ciudad De Pucallpa”, en su investigación realizan ensayos en laboratorio, sobre las cuales, recogen valores porcentuales que ayudan a diseñar un agregado de mejor calidad.

Panduro, P., tesis (2017) “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie de las principales losas deportivas de los parques del distrito de Manantay, Provincia Coronel Portillo, Región Ucayali, año – 2017”. Concluye, que, la causa de las fallas de pavimentos es por la excesiva manipulación o presencia de agregados de mala calidad, por ello es necesario controlar el proceso constructivo y la calidad de los agregados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. GENERALIDADES

Los agregados pétreos son componentes importantes en las mezclas asfálticas. Por lo que conocer sus propiedades son de mucha importancia para poder ser usadas en las mezclas asfálticas ya que influyen en la calidad del pavimento flexible.

El rendimiento de un pavimento está condicionado por la correcta elección del agregado, ya que este material es el principal responsable de brindar las propiedades de capacidad portante del pavimento.

No existe un caso en que el material agregado en estado natural tenga las granulometrías adecuadas para pavimento flexible, para solucionar este problema, se realiza un trabajo triturado y diseño de mezcla granulométrica la cual debe cumplir con las normas, en nuestro caso tomamos la ASTM D3515 y MAC-2 con la intención de verificar la distribución y curva granulométrica específicamente para pavimento flexible.

La gradación final a la que se desea llegar se realiza buscando un huso granulométrico adecuado la cual garantiza una aceptable mezcla asfáltica compactada en caliente.

Es por eso que el estudio de las canteras es muy importante, en ella se definirá la ubicación, potencia de las canteras, las calidades físicas químicas y mecánicas las cuales van a definir los costos, el

volumen de material disponible y las características de calidad es decir las prestancias para el trabajo que se desea realizar en este caso el pavimento flexible.

2.2.2. ESTUDIO DE CANTERAS

El estudio de las canteras se realizan con el fin de determinar si los agregados son aptos o no para la obra que se desea realizar, por lo tanto es necesario analizar en laboratorio estos agregados para conocer sus características. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014).

2.2.3. MUESTREO

Se realizan calicatas en las canteras, la cuales son excavadas hasta encontrar el nivel freático ubicando los puntos de excavación a distancias distribuidas en forma uniforme.

La muestra extraídas de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar con el fin de determinar sus características mecánicas, físicas y químicas.

2.2.4. AGREGADOS

2.2.4.1. DEFINICIÓN DE AGREGADOS

Los agregados, son conocidos también como áridos, constituyen alrededor del 90% en volumen de una mezcla asfáltica, razón por la cual sus características son importantes e impactan directamente en la calidad de una mezcla.

Deben tener características que beneficien las propiedades del concreto asfaltico. Los agregados desarrollan propiedades tales como la trabajabilidad, la exigencia del contenido del cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de las resistencias mecánicas, entre otras. Por lo que cabe mencionar que la limpieza, sanidad, resistencia y la forma de las partículas son importantes en cualquier agregado.

2.2.4.2. TIPOS DE AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

a) PIEDRA OVER

Se llama over al agregado en estado natural que en nuestro caso se tomará a los que no pasen la zaranda de 2” que una vez zarandeado es trasladado directamente de la cantera a la planta de procesamiento.

b) AGREGADO DE GRADACION FINA

Se considera agrega do fino, a los agregados pasantes del tamiz 3/8”; tenemos agregado de cantera de rio extraídos en forma natural y arenas que provienen de minas, estas arenas tienen una gradación continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos (manual de ensayo de materiales 2016 - MTC)

c) ARENA DE TRITURACIÓN

Es tipo de agregado fino que se obtiene en la trituración mecánica de la chancadora terciaria la cual produce partículas angulares y de tamaños controlados, estos pasan la zaranda 3/8.

d) AGREGADO GRUESO (PIEDRA TRITURADA)

Se considera agregado de gradación gruesa al material cuya gradación es continua desde tamaños gruesos a finos (manual de ensayo de materiales 2016 – MTC) que no pasa por las mallas del tamiz #4, así mismo se agrega el termino de triturado por que provienen de un proceso de trituración mecánica con el fin de obtener material con superficie rugosa y angulosas de formas irregulares que son recomendadas por las normas para mejorar la adherencia con el bitumen (cemento asfaltico) en la elaboración de pavimento flexible.

2.2.4.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DE LOS AGREGADOS

a) GRANULOMETRIA

(Ñahui y Sedano, 2018) Mencionan que la granulometría de una masa de agregados se define como la distribución del tamaño de sus partículas, y se determina haciendo pasar una muestra representativa del material por una serie de tamices ordenados por abertura, de mayor a menor. La granulometría relaciona directamente con la trabajabilidad del concreto, y así con todas las propiedades ligadas a ésta.

La granulometría de la arena tiene mayor influencia sobre la trabajabilidad que el agregado grueso en razón de su mayor valor de superficie especifica.

b) TAMAÑO MÁXIMO.

(Reynoso & Zelaya,2014) Afirma lo siguiente: El tamaño máximo del agregado generalmente esta condicionado por las exigencias de que pueda ingresar fácilmente en los encofrados y entre las barras de las armaduras de la estructura. Se define como tamaño máximo de un agregado la abertura del tamiz o malla menor a través del cual debe pasar como mínimo 95% o más del material cernido.

c) PESO ESPECIFICO

(Reynoso & Zelaya,2014) Define al peso específico como el peso del cuerpo dividido entre su volumen. Los materiales granulométricos tienen dos tipos de pesos específicos: el aparente, que es el peso de un conjunto de agregados dividido entre su volumen incluyendo los espacios vacíos entre granos, y el absoluto: peso de un grano dividido entre su volumen.

d) PESO UNITARIO

El peso unitario se refiere a la densidad total de un agregado, obtenida al dividir su masa en estado seco por el volumen que ocupa, considerando tanto los vacíos de aire entre las partículas como los vacíos de absorción, esta medida se expresa en kg/m3.

e) HUMEDAD Y ABSORCIÓN

(Reynoso & Zelaya, 2014) define como la diferencia entre el peso del material húmedo y el mismo, secado al horno. Se calcula como porcentaje en peso en referencia al material seco. Esta humedad se encuentra en los poros microporos de los granos y la otra forma es en forma de película envolvente más o menos gruesa. La absorción, o diferencia entre grano seco y el húmedo, o entre el seco y el saturado con superficie seca; puede retirar, por el contrario, importantes cantidades de agua de la mezcla. Estos aportes o retiros alteran consecuentemente la relación agua-cemento, o valor de alfa. El agua de mojado superficial de los granos del agregado hace que estos pueden ligeramente separados entre sí por la película que los rodea, lo que da lugar a que, en su conjunto, el material se “hinche”. En los agregados gruesos este efecto es poco perceptible, mientras que las arenas, debido a su mayor superficie específica, el fenómeno es notable.

f) SEGREGACIÓN

La segregación es la separación o distribución no homogénea de los componentes del hormigón que perjudica a las prestancias finales de una obra civil.

2.2.5. EL ASFALTO

El asfalto es un material de color negro característico que varía su estado físico ante cambios de temperatura, a temperatura ambiente, el asfalto presenta una consistencia entre sólido y semisólido (o sólido blando) que al ser calentado, se ablanda y se convierte en un liquido permitiendo recubrir las partículas del agregado. El asfalto, según la American Society for Testing and Materials (ASTM), es un material cementante color café oscuro a negro, en el cual los constituyentes predominantes son los bitúmenes los cuales existen en la naturaleza o son obtenidos por el procesamiento del petróleo. En algunos países como Estados Unidos es producido por refinerías modernas de petróleo y es llamado asfalto de petróleo. El grado de control permitido por los equipos modernos de refinería permite la producción de asfaltos con características distintas, que se prestan para usos específicos. Como resultado, se producen asfaltos para pavimentación, techado y otros usos especiales. (M.O.P., Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, 2010).El asfalto utilizado en pavimentación, comúnmente conocido como cemento asfáltico, es un material viscoso y adhesivo. Su capacidad para adherirse fácilmente a las partículas de agregado lo convierte en un excelente cemento para unirlas en pavimentos. Además, el cemento asfáltico es un

material altamente impermeabilizante y resistente a los ácidos y álcalis (bases) o las sales.

2.2.5.1. ORIGEN Y NATURALEZA

Existe confusión acerca del origen del asfalto, pero en general, el asfalto es un cementante que ha sido utilizado desde hace muchos siglos en actividades de obras civiles, entre estos la construcción de carreteras. Al respecto, arqueólogos han documentado el uso de asfaltos como un adhesivo o material impermeabilizante en el Valle de Éufrates, cuatro mil años antes de Cristo, el uso del mismo en Babilonia durante el reinado de Nabucodonosor, es por eso que en épocas pasadas el asfalto que se utilizó fue el natural: el cual se encuentra en la naturaleza en forma de yacimiento que pueden explotarse sin dificultad alguna y cuyo empleo no requiere de operaciones industriales de ningún tipo para su preparación.

2.2.5.2. CLASIFICACIONES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

Existen varios criterios de clasificación de mezclas asfálticas que permiten distinguir las diferentes mezclas, y estos pueden ser variados:

a) Por Fracciones de agregado pétreo empleado.

Masilla asfáltica: Se compone de polvo mineral con ligante.

Mortero asfáltico: Se compone de agregado fino mezclado con masilla.

Concreto asfáltico: Es agregado grueso combinado con mortero.

Macadam asfáltico: Se forma a partir de agregado grueso mezclado con ligante asfaltico.

b) Por Temperatura de aplicación.

Las mezclas asfálticas en caliente: se elaboran utilizando asfaltos a altas temperaturas, generalmente alrededor de 150 grados, dependiendo de la viscosidad del ligante. Los agregados también se calientan para evitar que el asfalto se enfrié al entrar en contacto con ellos. La colocación de estas mezclas se realiza a temperaturas significativamente superiores a la ambiental, ya que de lo contrario, el material no podría ser extendido ni compactado adecuadamente (Maldonado Merino, 2006).

c) Mezclas asfálticas en frío.

En estas mezclas, el ligante suele ser una emulsión asfáltica, aunque en algunos casos todavía se utilizan asfaltos fluidificados. La aplicación se realiza a temperatura ambiente.

d) Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica

De acuerdo con (Maldonado Merino, 2006), este factor es crucial para evitar deformaciones plásticas causadas por el tránsito y las fluctuaciones térmicas.

- Mezclas cerradas o densas: Proporción de vacíos inferior al 6%.
- Mezclas semi-cerradas o semi-densas: La proporción de vacíos oscila entre el 6% y el 10%.

- Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos presentes en la mezcla supera el 12%.
- Mezclas Porosas o drenantes: La proporción de vacíos en la mezcla es superior al 20%.

e) Según el Tamaño máximo del agregado pétreo.

- Mezclas gruesas: El tamaño máximo del agregado pétreo es superior a 10 mm.

  El tamaño máximo del agregado pétreo se elige a partir del espesor de la carpeta asfáltica que es generalmente el espesor de la carpeta asfáltica dividido entre 3, pero, para mejorar la compactación se elige menores a este criterio.
- Mezclas Finas: Conocidas como microaglomerados o morteros asfálticos, son mezclas compuestas principalmente por áridos finos, incluyendo mineral y un ligante asfáltico.

f) Según la estructura del agregado pétreo

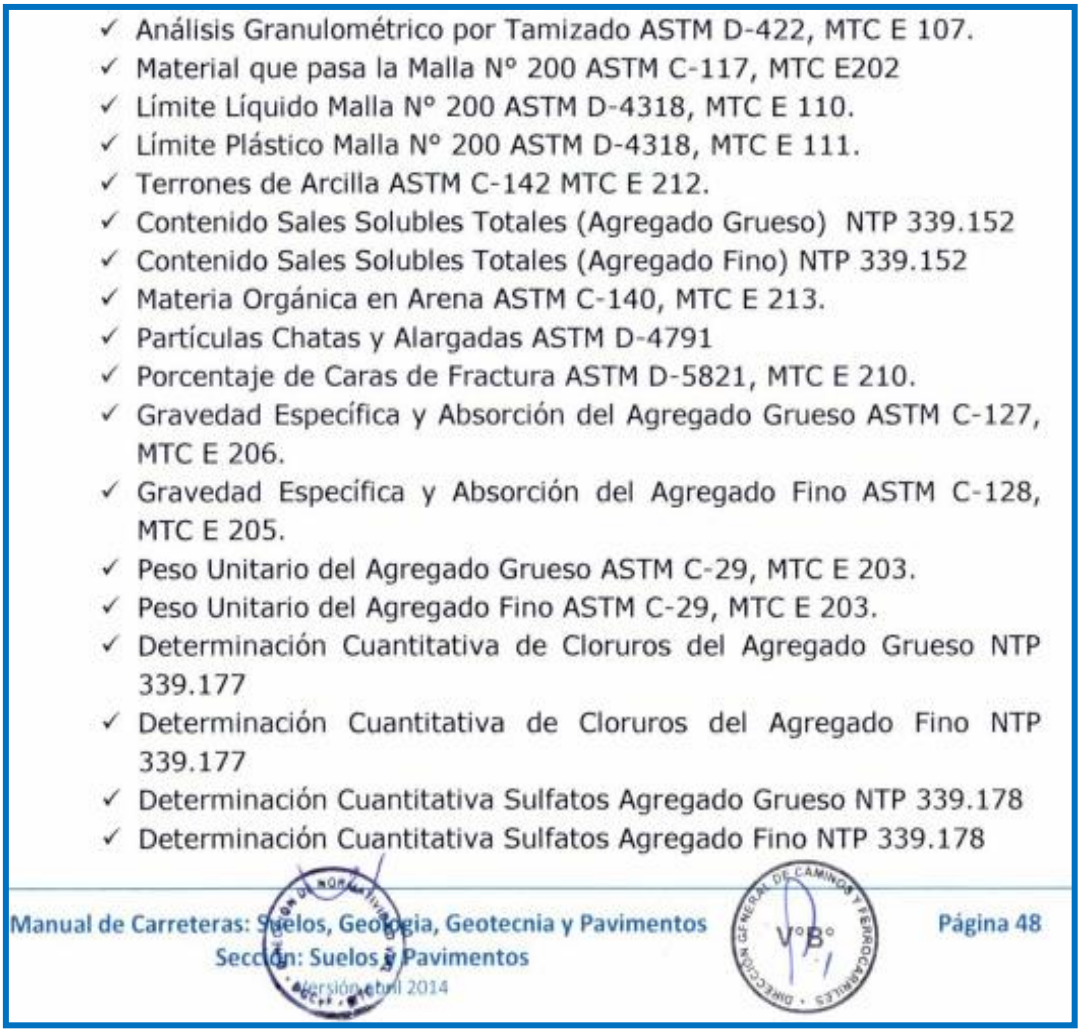
- Mezclas con esqueleto mineral: Estas mezclas cuentan con un esqueleto mineral resistente, y su resistencia proviene del rozamiento interno entre los agregados.
- Mezclas sin esqueleto mineral: Carecen de un esqueleto mineral resistente, y su resistencia se debe únicamente a la cohesión de la masilla.

g) Según la granulometría

(Maldonado Merino, 2006) establece las siguiente definiciones:

- Mezclas Continuas: Se caracteriza por tener una distribución uniforme de diferentes tamaños de agregado pétreo dentro de la curva granulométrica.
- Mezclas Discontinuas: Se distinguen por tener una cantidad limitada de tamaños de agregados pétreo en la curva granulométrica.

Figura 1.
Ensayos estándar de los agregados para mezclas asfálticas.



Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos R.D. Nro 10 – 2014 – MTC/14.

Figura 2.
Ensayos especiales para mezclas asfálticas.



Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos R.D. Nro 10 – 2014 – MTC/14.

2.2.6. REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DE AGREGADOS PARA EL USO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Según la **EG 2013 PAVIMENTOS FLEXIBLES. Sección 415 disposiciones generales; sub sección 415.02 a (Materiales),** los agregados utilizados para mezclas bituminosas deben ser de tal propiedad que, al aplicarles una capa de material asfáltico, ésta no se desprenda de su superficie bajo la acción del agua y del tránsito.

El agregado GRUESO debe provenir de la trituración de roca; con fragmentos limpios, duraderos y resistentes. Estos no deben contener un exceso de partículas planas, alargadas. Además, deben estar libres de polvo, tierra, terrones de arcilla. (Manual de Carreteras, Especificaciones técnicas generales para construcción R.D. Nº 22 – 2013 – MTC/14 – Sección 415 – Disposiciones generales – 415.02. Materiales)

Tabla 2.
Requerimiento 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 solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.
- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3,000 msnmn será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la sub sección 430.02.
- Notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tienen 2 caras fracturadas.

Fuente: Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013) R.D. Nº 22-2013-MTC (Edición Marzo de 2014).

EL AGREGADO FINO estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta ultima será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

Tabla 3.
Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 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 Nº 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice durabilidad	MTC E 214	35 mín	35 mín
Índice de Plasticidad (malla Nº 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 solo si se aseguran las propiedades de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3,000 msnmn será evaluada mediante la performance de la mezcla sub sección 430.02.

Fuente: Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013) R.D. Nº 22-2013-MTC (Edición Marzo de 2014).

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC), La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la siguiente tabla.

Tabla 4.
Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25, mm (1”)	100		
19,9 mm	80-100	100	
12,5 mm	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8”)	60-77	70-88	100
4,75 mm (Nº 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (Nº 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (Nº 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (Nº 80)	8-17	8-17	0-19
75 µm (Nº 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013) R.D. Nº 22-2013-MTC (Edición Marzo de 2014).

Tabla 5.
Gradación para mezclas asfálticas según ASTM D3515

TAMIZ	MEZCLA DENSA								
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL								
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
Gradación de agregados (Grava; fino y filler si se requiere) Porcentaje en Peso									
2 1/2" (63 mm)	100	-	-	-	-	-	-	-	-
2" (50 mm)	90-100	100	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2" (37.5 mm)	-	90-100	100	-	-	-	-	-	-
1" (25.0 mm)	60-80	-	90-100	100	-	-	-	-	-
3/4" (19.00 mm)	-	56-80	-	90-100	100	-	-	-	-
1/2" (12.5 mm)	35-65	-	56-80	-	90-100	100	-	-	-
3/8" (9.5 mm)	-	-	-	56-80	-	90-100	100	-	-
N°4 (4.75 mm)	17-47	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85	80-100	-	-
N°8 (2.38 mm)	10-36	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67	65-100	-	100
N°16 (1.18 mm)	-	-	-	-	-	-	40-80	-	85-100
N°30 (600 µm)	-	-	-	-	-	-	25-65	-	70-95
N°50 (300 µm)	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23	7-40	-	45-75
N°100 (150 µm)	-	-	-	-	-	-	3-20	-	20-40
N°200 (75 µm)	0-5	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10	2-10	-	9-20

Fuente: Diseño de mezcla asfáltica ASTM D3515

2.2.7. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE MATERIALES DE AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

A. ENSAYOS ESTÁNDAR PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.2.7.1. Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E 107

Este ensayo consiste en determinar la distribución de tamaños de partículas en los agregados para el cual se utiliza tamices de diferentes tamaños, este análisis es importante para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente ya que una buena gradación (distribución granulométrica), permite una buena compactación y estabilidad de la mezcla, una buena distribución granulométrica disminuye los vacíos de aire en la mezcla lo que mejora la durabilidad y resistencia del pavimento flexible.

2.2.7.2. Material que pasa la malla Nro 200 ASTM C-117, MTC E 202

Este ensayo determina la cantidad de material fino que pasa a través del tamiz Nro 200 (75 micrones), la presencia de este material define las características de la durabilidad y resistencia del pavimento flexible y el concreto, un contenido elevado de finos aumenta la demanda de asfalto y afecta la trabajabilidad y cohesión de la mezcla final, por lo tanto, es importante el contenido de finos para asegurar la calidad y durabilidad del pavimento.

2.2.7.3. Límite líquido malla Nro 200 ASTM D-4318, MTC E 110

El límite líquido determina el contenido de agua al cual un suelo pasa de un estado plástico a líquido es importante por que caracteriza la propiedad de los finos sometidos al ensayo. Este limite evalúa la plasticidad y la capacidad de deformación de los suelos. Esta información nos ayuda a evaluar el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad.

2.2.7.4. Límite plástico malla Nro 200 ASTM D-4318, MTC E 111

El límite plástico determina el contenido de agua al cual el suelo ensayado pasa del estado semisólido a uno plástico, define la consistencia y manejabilidad del suelo a cierta cantidad de humedad, este ensayo nos ayuda a determinar si el suelo es idóneo o no como agregado en proyectos civiles, el ensayo de límite plástico junto con el límite liquido se utiliza para calcular el índice de plasticidad del material.

2.2.7.5. Terrones de arcilla ASTM C-142 MTC E 212

Con este ensayo se determina la cantidad de terrones de arcilla en los agregados la cual puede afectar en forma negativa la cohesión, resistencia y durabilidad del concreto y mezclas asfálticas, los terrones de arcilla pueden absorber agua y causar expansiones o generar vacíos en el concreto y en el pavimento flexible, la arcilla se considera como un material contaminante en pavimentos flexibles.

2.2.7.6. Contenido sales solubles totales (agregado grueso) NTP 339.152

Este ensayo se realiza a los agregados gruesos y mide la cantidad de sales solubles presentes en el agregado grueso, estas sales solubles como los cloruros y sulfatos influyen en la durabilidad y resistencia del concreto, pueden causar eflorescencias y deteriorar las estructuras de concreto, por lo tanto, este análisis ayuda a prevenir los problemas estructurales a futuro.

2.2.7.7. Contenido sales solubles totales (agregado fino) NTP 339.152

Este ensayo se realiza a los agregados finos y mide la cantidad de sales solubles existentes en el agregado fino, estas sales solubles como el cloruro y sulfatos deterioran la estabilidad química de los pavimentos, por lo tanto, este ensayo nos ayuda prever posibles problemas de durabilidad y estética en las estructuras de los pavimentos por lo tanto la presencia de estos contenidos perjudican a la durabilidad de la misma.

2.2.7.8. Materia orgánica en arena ASTM C-140, MTC E 213

Este ensayo determina la cantidad de materia orgánica presente en la arena, la presencia de materia orgánica en la construcción afecta negativamente a la adherencia por lo tanto afecta a la resistencia y durabilidad de los pavimentos flexibles y

que causa problemas de fraguado y endurecimiento de las mezclas.

2.2.7.9. Partículas chatas y alargadas ASTM D-4791

Este ensayo determina la proporción de partículas chatas y alargadas en los agregados, esta forma particular de los agregados influyen la trabajabilidad y la compactación, las partículas chatas y alargadas pueden crear vacíos y puntos débiles en el pavimento flexible reduciendo su resistencia y durabilidad.

2.2.7.10. Porcentaje de caras fracturadas ASTM D-5821, MTC E 210

Este ensayo determina el porcentaje de partículas con caras fracturadas en los agregados, es un indicador de la angularidad y rugosidad de los agregados, estas caras mejoran la adherencia entre el agregado y el bitumen asfaltico la cual influye en forma positiva la resistencia final del pavimento flexible, este análisis asegura una mejor adherencia, cohesión y durabilidad en la mezcla las cuales son necesarias para soportar las cargas de trafico y resistir el desgaste.

2.2.7.11. Gravedad especifica y absorción del agregado grueso ASTM C-127, MTC E 206.

Este ensayo determina la gravedad especifica y la capacidad de absorción de agua del agregado grueso, la absorción del agregado grueso afecta la cantidad de asfalto

necesario para cubrir las partículas, controlar esta característica influye en la calidad en los pavimentos flexibles.

2.2.7.12. Gravedad especifica y absorción del agregado fino ASTM C-128, MTC E 205.

El ensayo de la gravedad especifica y absorción del agregado fino son parámetros que influyen en el diseño de la mezcla asfáltica por que se utiliza en el diseño de la mezcla asfáltica, la absorción del agregado fino afecta la cantidad de asfalto que se adhiere a la superficie de los agregados influyendo directamente en la durabilidad y la resistencia de la mezcla. Un agregado fino con alta absorción requiere mas asfalto para cubrir las partículas de esa forma incrementa el costo y afecta la estabilidad de la mezcla, es importante conocer estos valores para diseñar una mezcla asfáltica que cumplan los requisitos de resistencia y durabilidad.

2.2.7.13. Peso unitario del agregado grueso ASTM C-29, MTC E 203.

El ensayo de peso unitario del agregado grueso es un factor para el diseño de mezcla asfáltica en caliente ya que asegura que la mezcla asfáltica tenga la densidad y la estabilidad necesaria para soportar la cargas del trafico es decir va influir en la trabajabilidad y compactación asegurando una superficie uniforme y duradera, este factor influye en la cantidad de agregado requerido por un volumen de mezcla la cual es

importante para lograr una mezcla homogénea y bien compactada, el peso unitario influye en la trabajabilidad de la mezcla asfáltica.

2.2.7.14. Peso unitario del agregado fino ASTM C-29, MTC E 203.

El ensayo de peso unitario del agregado fino determina la distribución de las partículas y la estabilidad de una mezcla asfáltica, este parámetro es esencial para calcular la cantidad de agregado fino y para garantizar que la mezcla tenga una buena consistencia y densidad, si se desea una mezcla asfáltica mas resistente y con un superficie uniforme un buen peso unitario será determinante.

2.2.7.15. Determinación cuantitativa de cloruros del agregado grueso NTP 339.177

Este ensayo determina la presencia de cloruros en el agregado grueso, esta sustancia puede afectar las propiedades adhesivas del asfalto sobre todo en presencia de humedad o ambientes con sales, además, valores en exceso de esta sustancia puede afectar la durabilidad de la mezcla asfáltica, por lo tanto, es importante la cuantificación de los cloruros para asegurar la calidad del agregado.

2.2.7.16. Determinación cuantitativa de cloruros agregado fino NTP 339.177

Este ensayo determina la presencia de cloruros en el agregado fino, la presencia de cloruros puede afectar las propiedades adhesivas del asfalto, sobre todo en ambientes con humedad y sales, además, los cloruros pueden afectar la durabilidad de la mezcla asfáltica por lo tanto es importante cuantificar los cloruros en el agregado para asegurarse que no haya efectos adversos a largo plazo.

2.2.7.17. Determinación cuantitativa sulfatos agregado grueso NTP 339.177

Este ensayo es importante para las mezclas asfálticas en caliente ya que los sulfatos influyen en la estabilidad química de los agregados, un alto contenido de sulfatos puede causar reacciones expansivas en los agregados afectando seriamente la integridad de la mezcla asfáltica, el control de los niveles de sulfatos previenen problemas de durabilidad y mantiene la calidad de la mezcla.

2.2.7.18. Determinación cuantitativa sulfatos agregado fino NTP 339.178

Este ensayo cuantifica la cantidad de sulfatos presentes en el agregado fino la que en excesivas cantidades causa expansiones en los agregados que afectan la cohesión y

estabilidad de la mezcla asfáltica afectando la calidad del pavimento flexible.

B. ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS

2.2.7.19. Equivalente de arena ASTM D-2419, MTC E 114

El ensayo de equivalente de arena es un método con el que se evalúa la proporción de polvo o arcilla en comparación con la arena, este método define la limpieza del agregado fino ya que la presencia excesiva de material fino puede afectar la estabilidad y durabilidad de la mezcla asfáltica, el ensayo se realiza con una solución de cloruro de calcio dejándose sedimentar, se mide la altura de arcilla sedimentada y de arena el equivalente de arena es el porcentaje de la altura de arena sobre la altura total de la muestra sedimentada.

2.2.7.20. Durabilidad del agregado grueso ASTM C-88, MTC E 209

Este ensayo evalúa la resistencia del agregado grueso a la desintegración colocando al agregado en una solución de sulfato de sodio o de magnesio, luego se coloca a ciclos de secado en un horno, la perdida de masa después de varios ciclos indica su durabilidad definida por un porcentaje de su masa original este ensayo define la durabilidad del agregado en condiciones climáticas adversas y degradación en condiciones reales.

2.2.7.21. Durabilidad del agregado fino ASTM C-88, MTC E 209

El ensayo de durabilidad del agregado fino evalúa la resistencia del agregado fino a la desintegración bajo ciclos de humectación y secado, la muestra de agregado fino se sumergen en una solución de sulfato y se someten a ciclos de secado en un horno, la pérdida de masa del agregado fino después de los ciclos de prueba se utiliza para evaluar su calidad y su capacidad para mantener la integridad estructural del pavimento flexible.

2.2.7.22. Ensayo de abrasión los ángeles ASTM C-131, MTC E 207

Este ensayo mide la resistencia de desgaste de los agregados la cual es colocado en un tambor giratorio con bolas de acero, al momento que el tambor va girando las bolas de acero impactan en los agregados, después de realizar el giro, se retira el material y se tamiza para determinar la cantidad de material que se ha desgastado, el cálculo se realiza como un porcentaje de la masa original.

2.2.7.23. Adherencia de piedra MTC E 519

Este ensayo evalúa la capacidad que tienen los agregados para su adhesión a los ligantes bituminosos, este nivel de adherencia define la calidad, durabilidad y estabilidad de los pavimentos flexibles, en el momento del ensayo se recubre la muestra con ligante bituminoso luego se someten a pruebas

que simulan condiciones de trabajo sumergiendo la muestra en el agua y colocando a cambios de temperatura, tracción y cizalla.

2.2.7.24. Riedel Weber MTC E 220

Este ensayo evalúa la cohesión y estabilidad de la mezcla bituminosa por lo tanto evalúa la calidad de la mezcla asfáltica y su resistencia a deformaciones bajo cargas repetidas. Se compacta una muestra de la mezcla bituminosa y se somete a cargas y deformaciones controladas, los resultados determinan la resistencia de la mezcla asfáltica la cual va a garantizar una calidad y estabilidad en su vida útil.

2.2.7.25. Ensayo Marshall ASTM D-1559 AASHTO T225. MTC E 504

Este ensayo se realiza con el fin de determinar la estabilidad y el flujo de la mezcla asfáltica definida por las proporciones adecuadas de los componentes. En este ensayo se compacta una muestra asfáltica en un molde cilíndrico la cual es sometido a una carga de compresión hasta que se produzca la falla, la estabilidad es medida como la carga máxima que soporta la muestra y el flujo como la deformación que sufre la muestra bajo esa carga, con este ensayo se garantiza la resistencia y flexibilidad adecuada para los pavimentos flexibles.

2.2.7.26. Ensayo para evaluar el efecto del agua sobre agregados con recubrimientos bituminosos usando agua en ebullición, MTC E 521

Este ensayo evalúa el daño que puede ocasionar el agua en la mezcla asfáltica, se sumerge la muestra en agua en ebullición, se evalúa la perdida del recubrimiento bituminoso y la desintegración de los agregados sucedido por el agua en ebullición este ensayo permite identificar mezclas susceptibles a daños de esta forma se selecciona aditivos o tratamientos que mejoren la durabilidad de la mezcla asfáltica.

2.2.7.27. Índice de durabilidad de agregado MTC E 214

Con este ensayo se calcula la resistencia de los agregados a la desintegración bajo ciertas condiciones la cual dará una idea si el agregado mantendrá su integridad estructural a lo largo del tiempo sometiendo a la muestra a ciclos de humectación y secado, la perdida de masa se calcula como un porcentaje de la masa original, si el índice de durabilidad es muy alto es un indicador que el agregado es adecuado para su aplicación en pavimentos flexibles.

2.3. DEFINICION DE TÉRMINOS UTILIZADOS

- **Adherencia:** Es una propiedad por el cual se unen dos superficies de sustancias iguales o diferentes.
- **Admisible:** Es un valor limite permitido de una propiedad de material o condición de diseño que asegura su desempeño adecuado.

- **Agregado fino:** Se conoce como agregado fino a la roca desintegrada por diversos fenómenos naturales o artificiales los cuales pasan el tamiz 3/8 y queda retenido en el tamiz Nro 200.
- **Agregado grueso:** Se conoce como agregado grueso a la roca desintegrada por diversos fenómenos que queda retenido en el tamiz Nro 4.
- **Agregado pétreo:** El agregado pétreo esta conformado por agregado fino y agregado grueso con superficie dura, limpia, rugosa y angular, libre de sustancias que impidan la adhesión con el asfalto. (Manual de carreta, especificaciones técnicas generales para la construcción – EG 2013, R.D. Nº 22-2013 – MTC, Edición – Marzo 2014).
- **Ahuellamiento:** Deformaciones permanente en las superficies del pavimento en forma de huellas longitudinales producidas por el transito pesado, ocasionada por falta de control granulométrico de los agregados. (AASHTO T324 – Wheel Tracking Test y Manual de Carreteras MTC – 2014)
- **Análisis granulométrico:** Conjunto de operaciones que se realizan con la finalidad de determinar la distribución de los tamaños de los elementos que componen una muestra.
- **Angularidad:** Propiedad de los agregados de tener aristas y superficies angulares propios de la piedra triturada.

- **Áridos:** Todo material granular inerte que conforman un mortero (arena natural, arena de trituración, piedra triturada).
- **Asfalto:** Material bituminoso derivado del petróleo mezclado con áridos para el conformado de carpetas asfálticas.
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials, (sociedad americana para ensayos y materiales) es una organización de estándares internacionales de materiales, productos y servicios.
- **Bitumen asfáltico:** Producto derivado de la destilación del petróleo empleado como ligante asaltico.
- **Cal hidratada:** Es un producto obtenido al añadir agua a la cal viva la cual es empleado en estabilización de suelos y mezclas asfálticas como filler mineral (relleno mineral) y mejora su estabilidad, densidad, resistencia y adherencia.
- **Canteras:** Son fuentes de recursos minerales (gravas, arenas, rocas) los cuales pueden ser y son destinados para la construcción.
- **Carreteras:** Infraestructura vial compuestas por capas de suelo y pavimentos para el transito vehicular (Ley general de caminos del Perú D.L. 1354).
- **Cloruro de Calcio ($CaCl_2$):** Es una sal inorgánica empleada como reactivo en el ensayo de equivalente de arena para dispersar partículas final. MTC E 202 – Equivalente de arena)

- **Cloruros:** Iones de cloro en sales solubles que en cantidades excesivas afectan la durabilidad de los materiales de construcción (ASTM D152, MTC 2014).
- **Cohesión:** Fuerza interna que mantiene unidas los componentes del material del bitumen asfaltico (Terzagui & Peck, 1967).
- **Compactación:** Proceso de densificación de los agregados y mezclas asfálticas mediante fuerzas mecánicas (ASTM D1557)
- **Composición granulométrica:** Distribución de los tamaños de las partículas que conforman un agregado o mezcla.
- **Concreto asfaltico:** Es una mezcla de agregados y asfalto diseñada para resistir cargas de transito y condiciones ambientales (ASTM D3515, MTC 2014).
- **Consistencia:** Es la capacidad que tiene un material granular para mantener una estructura estable. (glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC – 2013).
- **Deformación:** Es el cambio en la forma, dimensiones o posición de un elemento de pavimento o de los agregados bajo la acción de cargas de transito, (glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC - 2013)
- **Densidad:** Es la relación entre masa de un material y el volumen que ocupa, esta puede ser densidad aparente seca, compactada, etc., (glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC – 2013)

- **Diseño de estructuras:** Es un proceso de planificación técnica en la cual se determina los elementos y capas de componen un pavimento, sus materiales, espesores y características mecánicas. (Manual de suelos, geotécnica y pavimentos del MTC).
- **Diseño granulométrico de mezclas asfálticas:** Se define como la selección y ajuste de la distribución de tamaños de partículas (granos) de los agregados que compondrán la mezcla asfáltica para asegurar que la curva granulométrica se encuentre dentro de los rangos establecidos, (Manual de suelos, geotécnica y pavimentos del MTC).
- **Dosificación:** Son las proporciones relativas entre los componentes de la mezcla asfáltica (piedra triturada, agregado grueso, finos, filler) para conseguir propiedades necesarias (estabilidad, durabilidad, resistencia al desgaste, vacíos controlados).
- **Durabilidad:** Es la capacidad que tiene un material o estructura de pavimento para mantener sus propiedades funcionales a lo largo del tiempo frente al transito, clima, humedad o agentes químicos, etc.
- **Ensayo de abrasión los ángeles:** Este ensayo consiste en realizar abrasión, impacto y fricción para determinar el porcentaje de degradación que sufren los agregados

- **Equivalente de arena:** Este ensayo determina la proporción de materiales finos (especialmente limos o arcillas) presentes en un agregado fino. (Manual de ensayo de materiales del MTC – 2013).
- **Estabilidad estructural:** Es la capacidad de la estructura del pavimento para resistir cargas sin fallas estructurales significativas como colapsos, fisuras, deformaciones excesivas, etc.
- **Estructura:** Es el conjunto de capas dispuestas y diseñadas para distribuir cargas, proteger la subrasante y proporcionar una superficie adecuada de rodadura.
- **Fluctuaciones térmicas:** Son las variaciones de temperatura del ambiente y de los materiales del pavimento que producen expansión y contracción.
- **Geotécnica:** Es una ciencia aplicada encargada del estudio de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos y rocas.
- **Granulometría / Granulométrica:** Es una distribución de tamaños de las partículas de un agregado o mezcla, expresada en porcentaje en masa que pasa/queda retenido en cada tamiz estandarizado.
- **Grava:** Es un tipo de árido cuyo grosor es de 2 a 64 mm
- **Huso granulométrico:** Rango o banda definida de tamaño de partículas usada en diseño de mezclas granulométricas, estas

bandas agrupan un conjunto de fracciones entre dos tamices consecutivos que cumplen ciertos limites.

- **Ingeniería vial:** Disciplina de la ingeniería civil que se ocupa del diseño, construcción, operación y mantenimiento de las vías de transporte por carretera. (Glosario de términos de infraestructura vial, MTC 2013).
- **Mezcla asfáltica:** Es una mezcla compuesta por agregados, ligante asfaltico, filler y aire, diseñada para ser colocada en caliente para pavimento flexible
- **Mezcla bituminosa:** Es un sinónimo a la mezcla asfáltica (el termino mezcla bituminosa es mas usado en Europa).
- **Mezcla granulométrica:** Es una mezcla diseñada con un criterio de granulometría, donde la distribución de tamaños de agregados cumple una curva o banda especifica para lograr requerimientos de densidad.
- **Over:** Se refiere a un material rocoso que tienen un diámetro superior al requerido el cual necesita trabajos de triturado.
- **Pavimento flexible:** Es una composición de agregado grueso, agregado fino y material bituminoso derivado del petróleo.
- **RAMCODES:** Sirve para evaluar y contrastar diseño de mezclas asfálticas en caliente (como las diseñadas por Marshall y Superpave).

- **Resistencia:** Capacidad de un material o estructura (agregados, mezcla asfáltica o pavimentos) para soportar esfuerzos sin fallar.
- **Rugosidad:** Característica de la aspereza o irregularidad de la superficie de un material.
- **Segregación:** Separación no uniforme de los componentes de la mezcla asfáltica o agregados.
- **Sulfato de magnesio:** Compuesto químico formado por magnesio, azufre y oxigeno que pueden afectar la durabilidad, provocar ataques químicos o dañar la adherencia del ligante.
- **Sulfatos:** Iones de azufre en forma de sulfato presentes en agregado o en agua.
- **Tamiz:** Es una herramienta que presenta unas aberturas en el fondo que permiten separar materiales de distintas medidas.
- **Trabajabilidad:** Es la facilidad con la que una mezcla asfáltica puede ser manipulada, colocada, extendida, compactada y terminada sin segregarse los diferentes tamaños de los elementos que componen una muestra.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de la investigación fue una **investigación aplicada no experimental**, ya que se recolectó materiales en campo y analizó los datos numéricos que resultaron de los ensayos en laboratorio reales de campo (Román Claros, 2018) y de **enfoque cuantitativo** al buscar recolección de datos y análisis de datos numéricos (Román Claros, 2018, p. 107).

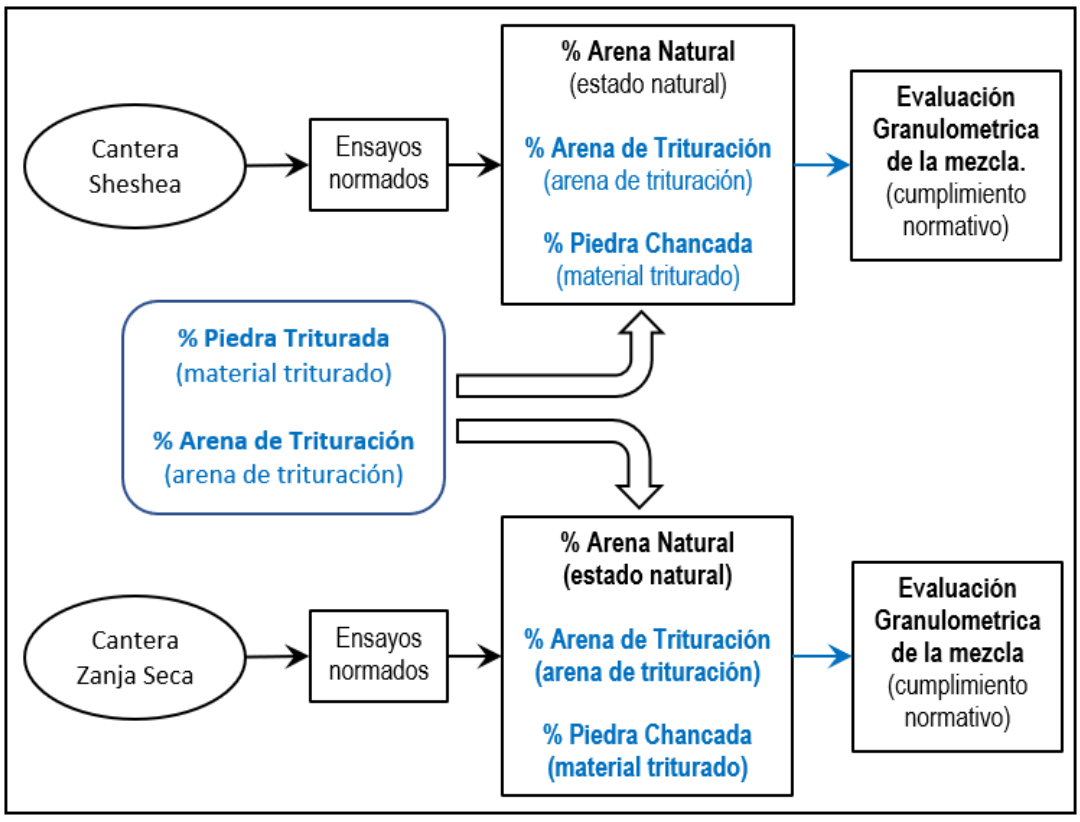
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es **descriptivo, analítico y explicativo**; **descriptivo** por que describe las cualidades fundamentales de los agregados en estudio, sin manipularlo (propiedades físicas, mecánicas y químicas); **analítico** por que se descomponen los datos para hallar patrones o discrepancias, se agrega piedra triturada para cumplir los resultados que se requieren a la MAC-2 y ASTM D3515 (TMN 1/2) para restablecer las características de los agregados y su comportamiento dentro del uso granulométrico requerido para pavimentos flexibles de 3” de espesor; **explicativo** por que se busca entender, explicar y justificar el porqué de los resultados obtenidos.

3.1.3. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental, transversal, descriptivo, explicativo y de tipo aplicado. Es no experimental porque no se manipula las variables, sino que se observa y se analizan tal como se presentan en las canteras. Es transversal porque la recolección de datos se realiza en un momento determinado. Es descriptivo al identificar y caracterizar las propiedades de los agregados; explicativo, al interpretar los resultados frente a las normas técnicas; y aplicado al proponer soluciones en el diseño de mezclas granulométricas para pavimentos flexibles de 3” de espesor.

Figura 3.
Diseño de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Está determinado por las canteras (Sheshea y Zanja Seca) ubicados en el distrito de Nueva Requena las cuales pertenecen a la cuenca del rio Aguaytía y las muestras para el tema de investigación fueron tomadas por las canteras siguientes:

Cantera 1: “Sheshea”

Cantera 2: “Zanja Seca”

El tipo de muestreo aplicado en esta investigación fue **no probabilístico** por conveniencia, debido a las condiciones logísticas, de accesibilidad geográfica y la disponibilidad de canteras activas en la zona de estudio. Se seleccionaron intencionalmente las canteras Sheshea y Zanja Seca, ubicadas en el distrito de Nueva Requena, por ser canteras las cuales se van a usar en la zonas circundantes donde se desarrollan vías con pavimentos flexibles. Esta estrategia ayudó a realizar una evaluación detallada de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales disponibles, facilitando el desarrollo de propuesta de mejora granulométrica con piedra triturada.

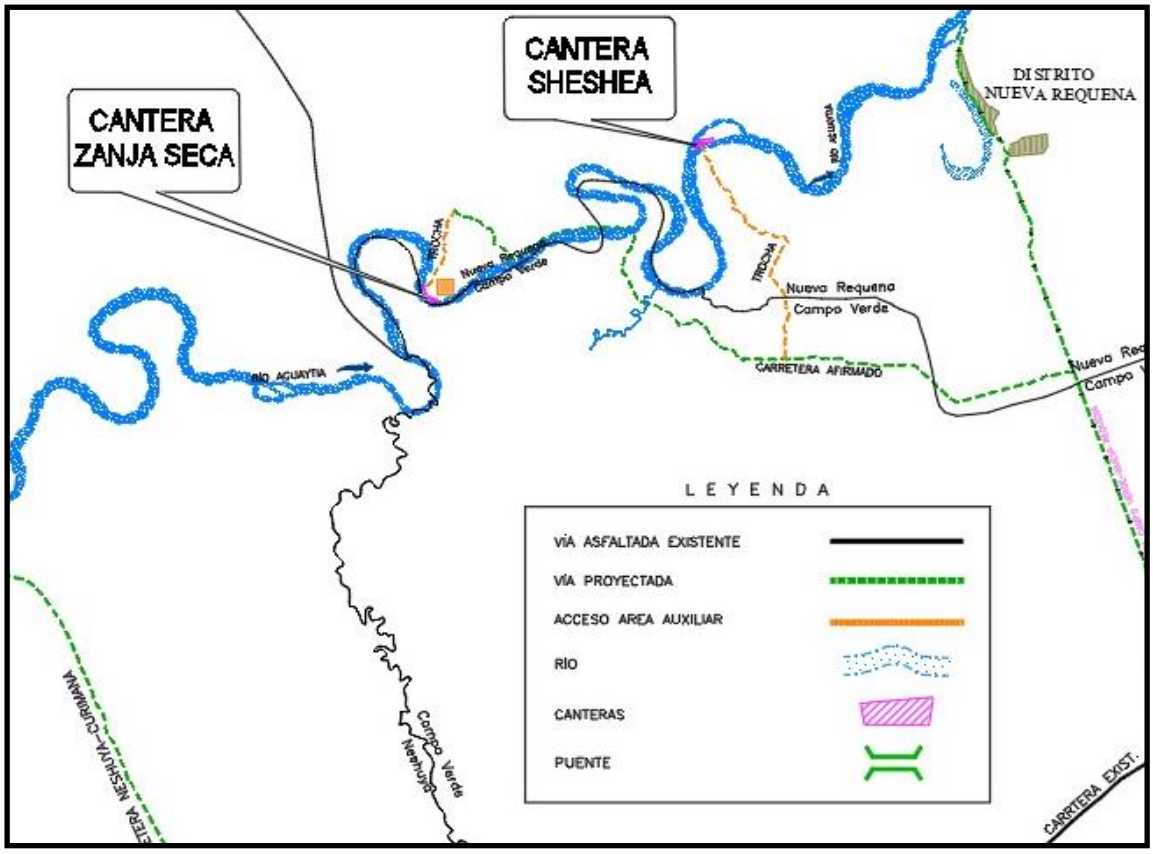
Las muestras son unidades muestrales de las 2 canteras mencionadas tomadas mediante un muestreo no probabilístico, considerando que las canteras ya han sido validadas como tal por parte de la municipalidad de Nueva Requena.

Tabla 6.
Canteras de Nueva Requena

Nro	Nombre de Cantera (de Río) / Acceso	Coordenadas	Lado
01	**Cantera Zanja Seca (Pot. 60,000.00 m3)** Campo Verde-Nueva Requena km 11+710 22.17 km hacia la izquierda (afirmado) 2.7 km hacia la cantera (trocha) 0.15 km cruce de rio (chata)	**N:** 9076189.65 **E:** 499405.93	Izquierdo (del recorrido del río)
02	**Cantera Sheshea (Pot. 350,000.00 m3)** Campo Verde-Nueva Requena km 11+710 8.76 km hacia la izquierda (afirmado) 8.6 km hacia la cantera (trocha)	**N:** 9080243.00 **E:** 506989.935	Derecho (del recorrido del río)

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4.
Mapa de ubicación de las canteras en estudio



Fuente: Elaboración Propia.

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.1.5. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Para definir el trabajo de campo, se ha utilizado el MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS R.D. Nº 10 – 2014 – MTC / 14. El cual indica en la pág. 48 y pág. 50 una lista de ensayos para validar la calidad del agregado extraídos en cantera para mezclas asfálticas, mencionando a su vez las normas que las respaldan (MTC y ASTM).

Los ensayos validaron la calidad para mezclas asfálticas, pero, en cuanto a angularidad, caras fracturadas y granulometría no es posible su uso por ser material de rio (canto rodado de tamaño máximo de 1 1/2”), por lo tanto se reemplazo los agregados gruesos con piedra triturada a partir de canto rodado retenidos con tamizado de 2” trasladados a la planta procesadora desde otras canteras.

El procesamiento del triturado y la mezcla se realizaron en la carretera del distrito de Campo Verde hacia Nueva Requena km 11 (UTM 517462 m E y 9073430 m S).

Finalmente, se compara las curvas granulométricas de la mezcla (piedra triturada, arena de trituración, arena natural) con los husos granulométricos de MAC-2 y ASTM D3515 (ambos consideradas como diseños de gradación densa).

Figura 5.
Recolección de muestra, cantera Sheshea



Fuente. Elaboración propia.

Figura 6.
Calicata, cantera Sheshea



Fuente. Elaboración propia

Figura 7.
Recolección de muestras, cantera Zanja Seca.



Fuente. Elaboración propia

ENSAYOS ESTÁNDAR PARA AGREGADOS (SEGÚN MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS R.D. Nº 10 - 2014 MTC / 14).

En el Capítulo V (fuente de materiales y fuente de agua)

ENSAYOS ESTÁNDAR:

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107
Material que pasa la Malla Nro 200 ASTM C-117, MTC E202
Límite Líquido Malla Nro 200 ASTM D-4318, MTC E 110
Límite Plástico Malla Nro 200 ASTM D-4318, MTC E 111
Terrones de Arcilla ASTM C-142 MTC E 212
Contenido Sales Solubles Totales (Agregado Grueso) NTP 339.152
Contenido Sales Solubles Totales (Agregado Fino) NTP 339.152
Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E 213
Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
Porcentaje de Caras Fracturadas ASTM D-5821, MTC E 210
Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso ASTM C-127, MTC E 206.
Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino ASTM C-128, MTC E 205.
Peso Unitario del Agregado Grueso ASTM C-29, MTC E 203.
Peso Unitario del Agregado Fino ASTM C-29, MTC E 203.
Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Grueso NTP 339.177
Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Fino NTP 339.177
Determinación Cuantitativa Sulfatos Agregado Grueso NTP 339.178
Determinación Cuantitativa Sulfatos Agregado Fino NTP 339.178

ENSAYOS ESPECIALES:

Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC E 114
Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC E 209
Durabilidad del Agregado Fino ASTM C-88, MTC E 209
Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC E 207

3.1.7. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

Se procedió a viajar a las canteras en estudio donde se realizaron calicatas y extracción de las muestras (Cantera Sheshea y Cantera Zanja Seca).

1º Primero, se trasladan las muestras al laboratorio donde se realizan los ensayos que indican el MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS R.D. Nº 10 – 2024 – MTC /14.

2º Segundo, se observa la curva granulométrica resultante en el cual se evidencia que los materiales de las canteras Sheshea y Zanja Seca tienen mayormente arenas, por lo tanto se considera que la parte explotable para pavimentos flexibles será las arenas.

3º Tercero, para cumplir con las normativas, se necesita materiales con caras fracturadas, chatas y alargadas, por lo tanto, al observar que los materiales de las canteras Sheshea y Zanja Seca no cumplen con caras fracturadas por ser materiales de canto rodado, se hace necesario realizar un trabajo adicional de triturado de piedra con material traído de otras zonas seleccionado con zarandas de 2” con predominancia de material de 6” a más triturada con un diseño de granulometría realizando ajustes con zarandas 3/8, 1/2” y 3/4” con los valores obtenidos de los husos granulométricos seleccionados de acuerdo al espesor de la carpeta asfáltica de 3”.

Para la selección de la granulometría y del huso granulométrico se inicia con el espesor de la carpeta de rodadura, generalmente, se considera que el tamaño máximo nominal del agregado debe ser el espesor de la carpeta asfáltica dividido entre 4 es decir 3” dividido entre 4 resulta 3/4" (para mezclas asfálticas finas), que sería el tamaño máximo aceptable de la granulometría del agregado grueso para una compactación optima, y para garantizar un buen compactado es recomendable emplear agregados de menor tamaño nominal al calculado lo cual aumenta la densidad de la mezcla y proporciona una superficie uniforme e impermeable, que ayudar a resistir el transito y la acción climática. En este sentido, dentro de los husos establecidos en el Manual de Carreteras – EG 2013, se seleccionó el huso MAC–2, cuyo tamaño máximo nominal es de 1/2”, con la misma técnica se eligió el huso granulométrico de la norma ASTM D3515 correspondiente al huso granulométrico de tamaño máximo nominal de 1/2".

4º Cuarto, se utiliza los husos granulométricos del MAC-2 y el ASTM D3515 TMN 1/2" para comparar y realizar ajustes granulométricos de tal forma que la curva granulométrica obtenida cumpla con los diámetros de sus partículas y porcentajes que pasan respecto a las aberturas de las mallas granulométricas y que la gráfica de esta curva no salga de los usos granulométricos mencionados.

CAPITULO IV

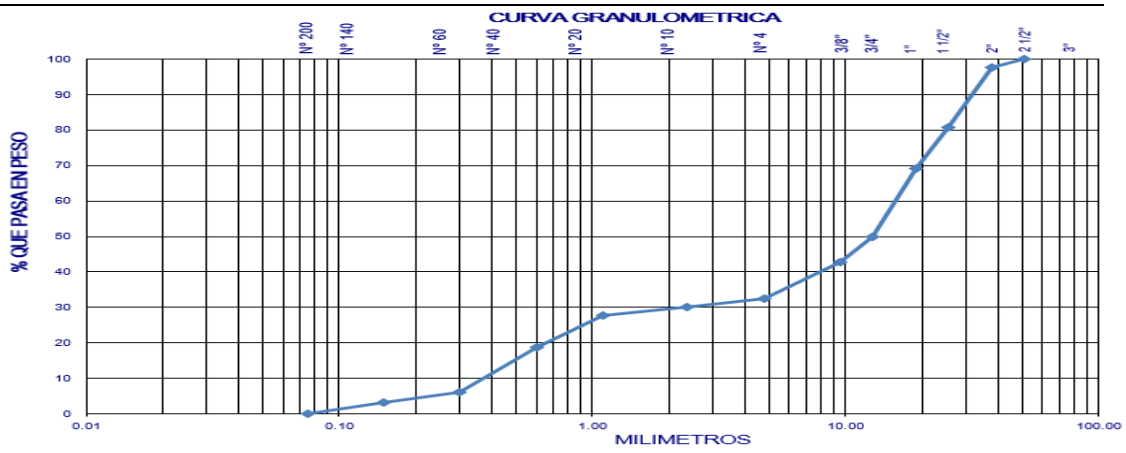
RESULTADOS

4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA SHESHEA

4.1.1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422, MTC E 107 - CANTERA SHESHEA

Tabla 7.
Granulometría, cantera Sheshea.

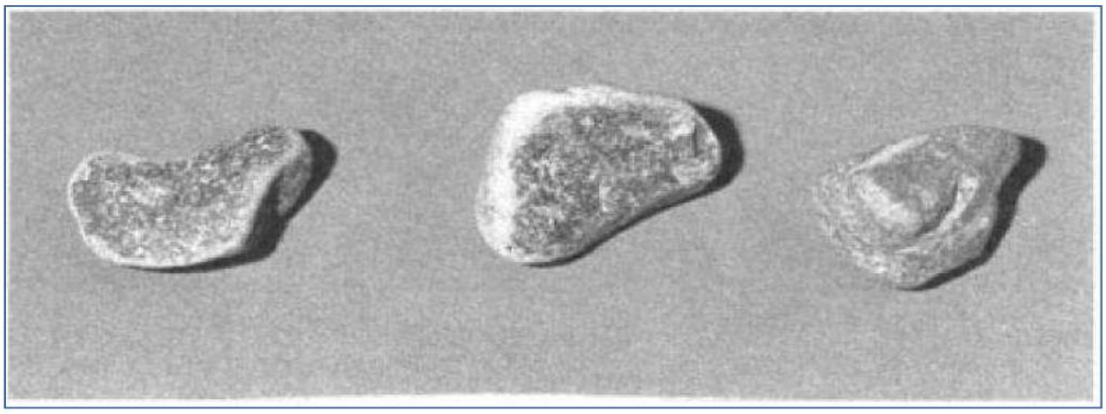
TAMIZ (Pulg)	TAMIZ (mm)	PESO RET.	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
3”	76.2				
2”	50.8				100.00
1 1/2”	38.1	120	2.43	2.43	97.57
1”	25.4	825	16.74	19.17	80.83
3/4”	19.05	575	11.67	30.84	69.16
1/2"	12.7	955	19.38	50.21	49.79
3/8	9.5	450	7.10	57.31	42.69
Nro 4	4.75	505	10.25	67.56	32.44
Nro 8	2.38	115.3	2.34	39.90	30.10
Nro 16	1.19	122	2.48	72.37	27.63
Nro 30	0.60	443.1	8.99	81.36	18.64
Nro 50	0.30	617.2	12.52	93.89	6.11
Nro 100	0.15	142	2.88	96.77	3.23
Nro 200	0.075	159	3.23	99.99	0.01
FONDO		0.4	0.01	100.00	0



Fuente. Elaboración propia.

El análisis granulométrico en estado natural de la cantera Sheshea nos indica las características del agregado, como el tamaño máximo nominal y su distribución de la curva granulométrica que se indica en el grafico anterior, se observa una curva fuertemente inclinada hacia la fracción fina lo que evidencia que el material tiene un alto porcentaje de partículas finas es decir arenas y agregados gruesos con tamaño máximo nominal (TMN) de 1 1/2” (3,85mm) de 97.5%. Respecto a los agregados gruesos se puede observar que son cantos rodados con superficie lisa, pero para la elaboración de pavimento flexible de 7cm de espesor se recomienda un material grueso con caras ásperas o rugosas y con formas angulares con el fin de obtener un esqueleto intertrabado como estructura estable, pero estos cantos rodados son muy pequeños 1 1/2” (3,85mm) que al someter a la trituración se va a obtener materiales muy finos respecto al requerido en pavimento flexible, debido a que las canteras en estudio no presentan el material de tamaño adecuado se tuvo que recurrir a proveedores de materiales (agregados con predominancia de 6”) a fin de obtener la granulometría de piedra triturada requerida.

Figura 8.
Partículas no fracturadas (bordes redondeados, superficies alisadas).



Fuente. Manual de ensayo de materiales (MTC E 210).

4.1.2. MATERIAL QUE PASA LA MALLA NRO 200, ASTM – C117, MTC E 202 – CANTERA SHESHEA

Tabla 8.
Material que pasa malla Nro 200, cantera Sheshea.

PESO DE MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO		
	M-01	**M-01**
Peso constante del suelo+ Peso de tarro	2000.0	2000.0
PESO DE MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO		
Peso constante del suelo + Peso de tarro	1965.0	1980.0
Peso de tarro	0.0	0.00
Peso que pasa la malla N°200	35.0	20.0
% de material mas fino que el tamiz N° 200	1.75%	1.00%
Promedio	**1.38%**	

Fuente. Elaboración propia.

Respecto al resultado del ensayo que pasa la malla Nro 200 es el 1.38% que indica que es un material limpio y adecuado para pavimentos flexibles según huso granulométrico de ASTM D3515 el cual indica es aceptable una granulometría pasante de la malla 200 entre el 2% al 10%.

4.1.3. LIMITE LIQUIDO MALLA NRO 200, ASTM D-4318, MTC E110 CANTERA SHESHEA

Tabla 9.
Límite líquido, cantera Sheshea.

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO	
N° Tarro	N.L.
Tarro + suelo húmedo	
Tarro + suelo seco	
Agua	
Peso del tarro	
Peso del suelo seco	
% de Humedad	
N° de golpes	

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo de limite liquido, nos permite verificar que el material tenga propiedades ligantes, pero, como es un agregado arenoso y limpio, la cual se evidencia con el valor mínimo de pasantes de la malla 200, se concluye que es un material no liquido.

4.1.4. LIMITE PLASTICO MALLA NRO 200, ASTM D 4318, MTC E 111 – CANTERA SHESHEA

Tabla 10.
Límite plástico, cantera Sheshea.

DETERMINACION DE LIMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	N.P.
Tarro + suelo húmedo	
Tarro + suelo seco	
Agua	
Peso del tarro	
Peso del suelo seco	
% de Humedad	
N° de golpes	

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo de limite plástico, nos permite verificar que el material tenga propiedades plásticas, pero, como es un agregado pétreo limpio, del cual no se pudo obtener un material pastoso para el ensayo por lo tanto se concluye que es un material no plástico.

4.1.5. TERRONES DE ARCILLA, ASTM C-142, MTC E 212 – CANTERA SHESHEA

Tabla 11.
Terrones de arcilla, cantera Sheshea.

AGREGADO GRUESO						
Tamaño		**Peso muestra antes de ensayo**	**Tamaño de tamiz para remover el residuo**	**Muestra después del ensayo**	**Peso de la pérdida del material**	**Pérdida**
Pasa	**Retiene**	**(g)**		**(g)**	**(g)**	**(%)**
3/4 (19.0 mm)	N°4 (4.75mm)	3000	N°8 (2.36 mm)	2983.1	16.88	**0.56**

AGREGADO FINO						
Tamaño		**Peso muestra antes de ensayo**	**Tamaño de tamiz para remover el residuo**	**Muestra después del ensayo**	**Peso de la pérdida del material**	**Perdida**
Pasa	**Retiene**	**(g)**		**(g)**	**(g)**	**(%)**
N°4 (4.75 mm)	N°16 (1.18mm)	150	N°20 (0.840 mm)	148.2	1.30	**0.87**

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo muestra el porcentaje de arcilla presente en las muestras, en el agregado grueso se obtuvo el valor de 0.56% en el agregado fino 0.87%, los cuales indican un material limpio aptos para aplicar en pavimentos flexibles.

4.1.6. CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES (AGREGADO GRUESO), NTP 339.152 – CANTERA SHESHEA

Tabla 12.
Contenido sales solubles totales agregado grueso, cantera Sheshea.

N°	Descripción	Und	GRUESO
1	Peso de muestra seca	(gr.)	505
2	Volumen de la muestra de aforo base	(ml)	100
3	Peso de tara	(gr.)	73.61
4	Peso de la alícuota + tara	(gr.)	173.75
5	Peso de la alícuota cristalizada + tara	(gr.)	74.80
6	Peso de la alícuota cristalizada	(gr.)	1.19
	% DE SALES SOLUBLES		**0.236**

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de contenido de sales solubles en agregado grueso está definido como un valor máximo de 0.5% (según el manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423–01 Requerimientos para los agregados gruesos, sección 423 - Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro caso se ha obtenido un 0.236% de sales solubles.

4.1.7. CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES (AGREGADO FINO), NTP 339.152 – CANTERA SHESHEA

Tabla 13.
Contenido sales solubles totales agregado fino, cantera Sheshea

N°	Descripción	Und	FINO
1	Peso de muestra seca	(gr.)	100
2	Volumen de la muestra de aforo base	(ml)	100
3	Peso de tara	(gr.)	74.18
4	Peso de la alícuota + tara	(gr.)	174.20
5	Peso de la alícuota cristalizada + tara	(gr.)	74.63
6	Peso de la alícuota cristalizada	(gr.)	0.45
	% DE SALES SOLUBLES		**0.450**

Fuente. Elaboración propia.

Las sales solubles máximo es de 0.5% (según el manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-02, Sección 423 - Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en los materiales de la cantera se obtuvo 0.450% cumpliendo la normativa.

4.1.8. MATERIA ORGANICA EN ARENA, ASTM C-140, MTC E 213, CANTERA SHESHEA

Tabla 14.
Materia orgánica en arena, cantera Sheshea

N°	Resultado de análisis en tabla de colores estándar	Descripción De Resultado
		
1	Poco o ningún contenido de componente orgánico dañino.	Aprobado para uso
2	Poco o ningún contenido de componente orgánico dañino.	
3	Contenido de componente orgánico aceptable.	
4	Posibilidad de contenido de componente orgánico dañino.	Necesita de otra prueba de verificación
5	Posibilidad de contenido de componente orgánico dañino.	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de contenido de materia orgánica en arena, es realizado con una solución química que revela un tono de color en relación a la cantidad de materia orgánica en la muestra. En nuestro experimento comparando el resultado del color con la tabla de colorimetría, se concluye que corresponde al circulo 1, interpretándose que es un material con una cantidad insignificante de contenido de material orgánico, siendo recomendable para su uso en pavimento flexible.

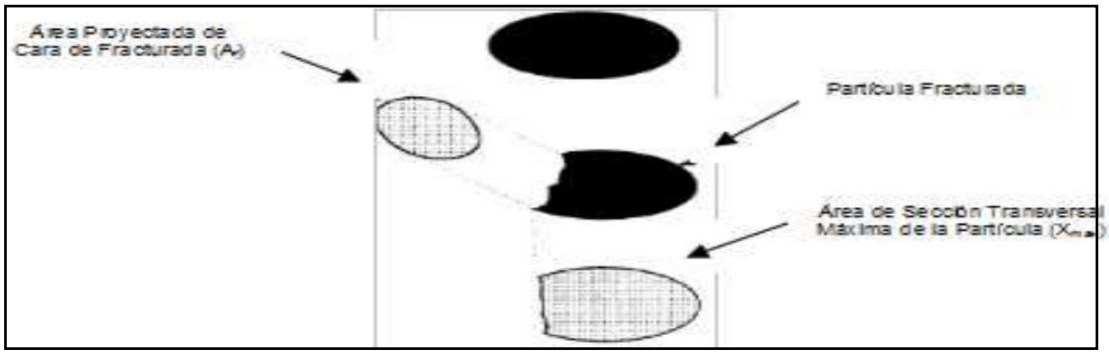
4.1.9. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D-4791 – CANTERA SHESHEA

Con este ensayo se calcula el porcentaje de chatas y alargadas según (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 - MTC 2014, Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos, sección 423 – Pavimentos de concreto asfáltico en caliente) que indica como contenido máximo de chatas y alargadas de 10%, en este caso no se logra determinar este parámetro por que el agregado es canto rodado (partículas redondas).

4.1.10. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821, MTC E 210 – CANTERA SHESHEA

Este ensayo calcula el porcentaje de caras fracturadas según el manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos, sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente) en el que se indica como contenido mínimo del 80% de agregado grueso con 1 cara fracturada y el 60% con 2 caras fracturadas a más, nuestro material es canto rodado y no es aplicable por presentar una superficie lisa y sin aristas pronunciadas.

Figura 9.
Esquema de una partícula fracturada con una cara fracturada.



Fuente. Manual de ensayo de materiales – MTC E 210.

Figura 10.
Partículas fracturadas (bordes agudos, superficies rugosas).



Fuente. Manual de ensayo de materiales – MTC E 210.

4.1.11. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206, CANTERA SHESHEA

Tabla 15.
Gravedad especifica y absorción del agregado grueso, cantera Sheshea.

Descripción	M-1	M-2	M-3	
Peso de muestra seca al horno	2715	2633	2674	
Peso de muestra saturada superf. Seca	2736	2654	2695	**PROM.**
Peso de muestra saturada superf. Seca Sumergida	1703	1653	1678	
Peso especifico sobre base seca	2.628	2.630	2.629	**2.629**
Peso especifico sobre base saturada superficialmente seca	2.649	2.651	2.65	**2.650**
Peso especifico aparente	2.683	2.687	2.685	**2.685**
Absorción de agua	0.77	0.80	0.79	**0.785**

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de gravedad especifica tiene como finalidad de determinar la relación que hay entre la densidad de material granular y la densidad del agua, el resultado de la gravedad especifica sobre base seca es de 2.629 y su absorción de agua resultó de 0.785 indicando que el material no es poroso, la porosidad máximo es del 1% (del manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para los agregados gruesos – Sección 423 - Pavimentos de concreto asfaltico en caliente).

4.1.12. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-128, MTC – 205 – CANTERA SHESHEA

Tabla 16.
Gravedad especifica y absorción del agregado fino, cantera Sheshea.

Descripción	M-1	M-2	M-3	
P. Picnómetro mas agua aforado	655	655.50	655	
P. de la muestra seca al horno	296	296.20	295.99	
P. de la muestra saturada superficialmente seca	300	299.89	300.01	**PROM.**
P. Picnómetro mas agua mas muestra aforado	842	842.01	841.98	
Peso especifico sobre base seca	2.619	2.612	2.619	**2.617**
Peso especifico sobre base saturada superficialmente seca	2.655	2.645	2.654	**2.651**
Peso especifico aparente	2.716	2.700	2.715	**2.71**
Absorción de agua	1.35	1.25	1.36	**1.318**

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de gravedad especifica y de absorción del material fino nos indica la densidad del material, en cuanto a la absorción de agua en arena el valor máximo es 0.5% (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013-MTC 2014, Tabla 423-02 – Requerimientos para los agregados gruesos – Sección 423 - Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro ensayo la absorción de agua en arena es 1.318, según la normativa se aceptan porcentajes mayores al 0.5% si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

4.1.13. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-29 MTC E 203 – CANTERA SHESHEA

Tabla 17.
Peso unitario del agregado grueso, cantera Sheshea

PESO UNITARIO SUELTO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15623	15541	15603
Peso del recipiente (gr)	6436	6436	6436
Peso de la muestra (gr)	9187	9105	9167
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario suelto (kg/ m3)	1628	1613	1624
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		**1622**	

PESO UNITARIO VARILLADO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	16310	16315	16275
Peso del recipiente (gr)	6436	6436	6436
Peso de la muestra (gr)	9874	9879	9839
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario compactado (kg/m3)	1749	1750	1743
Peso unitario compactado promedio		**1748**	

Fuente. Elaboración propia.

En el ensayo de peso unitario del agregado grueso se ha realizan en 2 partes, a) peso unitario suelto y b) peso unitario compactado, en el caso de peso unitario suelto se ha obtenido un promedio de 1,622 kg/m3 y en el peso unitario compactado un promedio de 1748 kg/m3.

4.1.14. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C-29, MTC E-203 – CANTERA SHESHEA

Tabla 18.
Peso unitario del agregado fino, cantera Sheshea

PESO UNITARIO SUELTO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15120	15028	15087
Peso del recipiente (gr)	6486	6486	6486
Peso de la muestra (gr)	8634	8542	8601
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario suelto (kg/m3)	1530	1513	1524
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		**1522**	

PESO UNITARIO VARILLADO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15896	15812	15856
Peso del recipiente (gr)	6486	6486	6486
Peso de la muestra (gr)	9410	9326	9370
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario compacto (kg/m3)	1667	1652	1660
Peso unitario compacto promedio (kg/m3)		**1660**	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de peso unitario del agregado fino se ha realizado en 2 partes a) peso unitario suelto y b) peso unitario compactado, en el caso de peso unitario suelto se ha obtenido el valor de 1,522 kg/m3 y en peso unitario compactado es de 1660 kg/m3.

4.2. ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA SHESHEA

4.2.1. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419, MTC E 114 – CANTERA SHESHEA

Tabla 19.
Equivalente de arena, cantera Sheshea.

EQUIVALENTE DE ARENA			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Tamaño máximo (pasa malla N°4)	<N°4	<N°4	<N°4
Hora de entrada a saturación	02:27	02:29	02:31
Hora de salida de saturación (mas 10”)	02:37	02:39	02:41
Hora de entrada a decantación	02:39	02:41	02:43
Hora de salida de decantación (mas 20”)	02:59	03:01	03:03
Altura máxima de material fino	4.5	4.6	4.6
Altura máxima de arena	3.5	3.6	3.5
Equivalente de Arena (%)	78.0	78.0	76.0
PROMEDIO %		**78.0**	

Fuente. Elaboración propia.

En el ensayo de equivalente de arena refleja la calidad en cuanto a la limpieza de agregado fino (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013-MTC 2014 , Tabla 423-02 – Requerimientos para agregados finos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico y caliente) en nuestro ensayo se ha obtenido un valor del 78% la cual es aceptable para pavimentos flexibles.

4.2.2. DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO, ASTM C-88, MTC E 209 – CANTERA SHESHEA

Tabla 20.
Durabilidad del agregado grueso, cantera Sheshea.

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO						
Tamiz		Gradación original	Peso de fracción ensayada	Retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 ½"	2"					
2"	1 ½"					
1 ½"	1"	8.1	800.0	775.0	3.1	**0.25**
1"	¾"	12.6	723.0	658.0	9.0	**1.13**
¾"	½"	41.3	684.0	658.0	3.8	**1.57**
½"	3/8"	18.3	416.0	393.0	5.5	**1.01**
3/8"	N°4	19.7	353.0	320.0	9.3	**1.84**
TOTAL		**100**	**2976.0**	**2804.0**		**5.81**
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: 5.81%						

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de durabilidad del agregado grueso se realiza con el fin de obtener la característica de resistencia de agregado al ataque de sulfatos de un 18% como máximo para una altitud menores 3000 metros (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), se obtuvo el 5.8% la cual es aceptable para pavimentos flexibles.

4.2.3. DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO, ASTM C-88, MTC E 209 – CANTERA SHESHEA

Tabla 21.
Durabilidad del agregado fino, cantera Sheshea

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO						
Tamiz		Gradación original	Peso de fracción ensayada	Retenido después del ensayo (g)	Perdida total	Perdida corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)		(%)	(%)
3/8”	Nº 4					
Nº 4	Nº 8	12.3	102.0	100.0	1.96	**0.24**
Nº 8	Nº 16	32.0	103.0	99.0	3.88	**1.24**
Nº 16	Nº 30	13.0	102.0	97.0	4.90	**0.64**
Nº 30	Nº 50	17.0	101.0	90.0	10.89	**1.85**
Nº 50	N° 100	9.8	105.0	94.0	10.48	**1.03**
TOTAL		**84.1**	**513.0**	**480.0**		**5.00**
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: 5.0%						

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de durabilidad del agregado fino se realiza con el fin de obtener la característica de resistencia del agregado de sulfatos en este caso para altitudes menores a 3000 msnm no se exige un valor determinado (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-02 – Requerimientos para agregados finos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro caso se obtuvo el 5%, la cual se considera aceptable para pavimentos flexibles.

4.2.4. ENSAYO DE ABRASION LOS ÁNGELES, ASTM C-131, MTC E 207 - CANTERA SHESHEA

Tabla 22.
Ensayo de abrasión los ángeles, cantera Sheshea.

ENSAYO DE ABRASIÓN				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**ENSAYOS**		
NUMERO DE ENSAYO	**N°**	**M-1**	**M-2**	**M-3**
GRADACIÓN	**N°**	**B**	**B**	**B**
1 ½" – 1"				
1" – ¾"				
¾" – ½"	g	2512.0	2532.0	2515.0
½" – 3/8"	g	2509.0	2505.0	2504.0
3/8" – ¼"				
¼" – N°4				
N°4 – N°8				
PESO TOTAL	g	5021.0	5037.0	5019.0
MAT.RETENIDO TAMIZ N° 12	g	3511.0	3532.0	3519.0
MAT. PASANTE TAMIZ N° 12	g	1510.0	1505.0	1500.0
PORCENTANJE OBTENIDO		**30.07%**	**29.88%**	**29.89%**
PROMEDIO			**29.95%**	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de abrasión verifica la desintegración mecánica dentro de un tambor giratorio (máquina los ángeles) y según el (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente) el cual contempla un valor aceptable máximo de 40%, obteniéndose para nuestro material un valor promedio del 29.95% la cual se interpreta como un material aceptable para pavimentos flexibles.

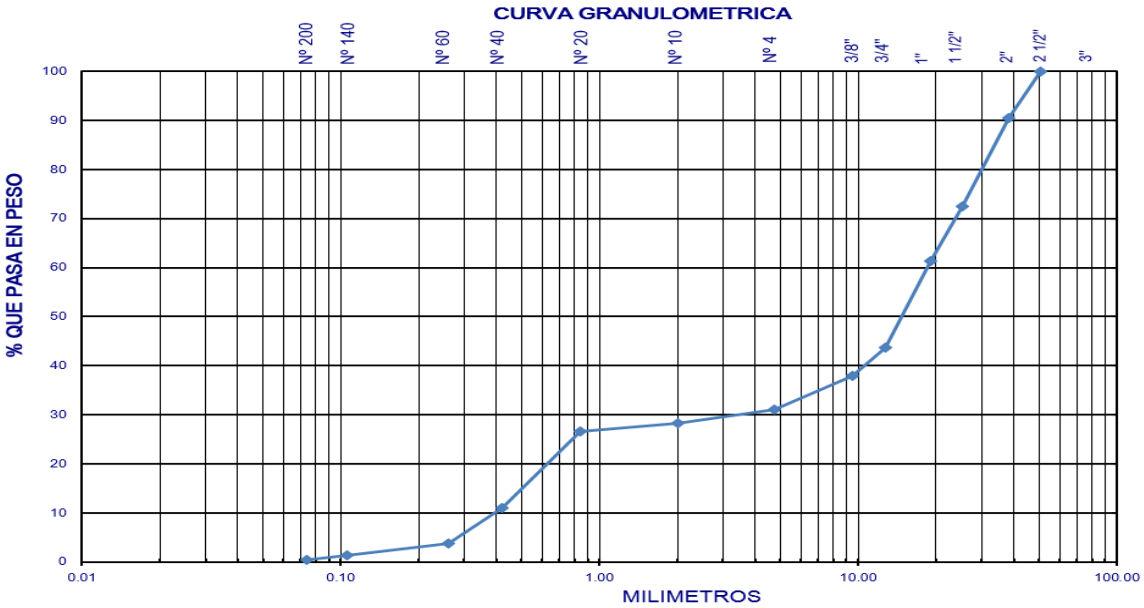
4.3. ENSAYOS ESTÁNDAR PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS CANTERA ZANJA SECA

4.3.1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO CANTERA, ASTM D-422, MTC E 107 - ZANJA SECA

Tabla 23.

Análisis granulométrico, cantera Zanja Seca.

TAMIZ (Pulg)	TAMIZ (mm)	PESO RET.	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
3”	76.2				100.0
2”	50.8				100.0
1 1/2”	38.1	555.0	9.5	9.50	90.50
1”	25.4	1056.0	18.08	27.58	74.42
3/4”	19.05	654.0	11.19	38.77	61.23
1/2"	12.7	1023.0	17.51	56.28	43.72
3/8	9.5	336.0	5.75	62.03	37.97
Nro 4	4.75	404.0	6.92	68.95	31.05
Nro 10	2.38	168.0	2.88	71.82	28.18
Nro 20	1.19	91.0	1.56	73.38	26.62
Nro 40	0.60	909.0	15.56	88.94	11.06
Nro 60	0.30	433.0	7.41	96.35	3.65
Nro 140	0.15	136.0	2.33	98.68	1.32
Nro 200	0.075	55.0	0.94	99.62	0.38
FONDO		22.0	0.38	100	0.00



Fuente. Elaboración propia.

El análisis granulométrico en estado natural de la cantera de Zanja Seca nos indica las características del agregado, como que se observa en el grafico anterior, se puede apreciar una curva fuertemente inclinada hacia la fracción fina indicando que el material tiene un alto porcentaje de partículas finas es decir arenas y con tamaño máximo nominal (TMN) de 1 1/2" (3,85mm) de 97.5%, en los agregados gruesos se observa cantos rodados con superficie lisa, pero para pavimento flexible de 7cm de espesor se recomienda un material grueso con caras ásperas o rugosas y formas angulares con el fin de obtener un esqueleto intertrabado, pero estos cantos rodados son muy pequeños 1 1/2" (3,85mm) que al someterse a la trituración se va a obtener materiales muy finos; debido que la cantera en estudio no presentan material de tamaño adecuado se tendrá que recurrir a un proveedor de materiales del que se pueda obtener agregados del tamaño mencionado con predominancia de 6".

4.3.2. MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº 200, ASTM C-117, MTC E 202 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 24.
Material que pasa malla Nº 200, cantera Zanja Seca.

PESO DE MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO		
	M-01	**M-01**
Peso constante del suelo+ Peso de tarro	2000.0	2000.0
PESO DE MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO		
Peso constante del suelo + Peso de tarro	1972.0	1995.0
Peso de tarro	0.0	0.00
Peso que pasa la malla N°200	28.0	5.0
% de material mas fino que el tamiz N° 200	1.40%	0.25%
Promedio	**0.83%**	

Fuente. Elaboración propia.

Respecto al resultado del ensayo que pasa la malla Nro 200 es el 0.83% que indica que es un material limpio y adecuado para pavimentos flexibles según el huso granulométrico de la norma ASTM D3515 el cual indica que es aceptable una granulometría pasante de la malla 200 entre el 2% al 10%

4.3.3. DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, ASTM D-4318, MTC E 110 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 25.
Límite líquido, cantera Zanja Seca.

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO	
N° Tarro	N.P.
Tarro + suelo húmedo	
Tarro + suelo seco	
Agua	
Peso del tarro	
Peso del suelo seco	
% de Humedad	
N° de golpes	

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo de limite liquido, nos permite verificar que el material tenga propiedades ligantes, pero, como es un agregado arenoso y limpio, la cual se evidencia con el valor mínimo pasantes de la malla Nro 200, se concluye que es un material no liquido.

4.3.4. DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO, ASTM D-4318, MTC E 111 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 26.
Límite plástico, cantera Zanja Seca.

DETERMINACION DE LIMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	N.P.
Tarro + suelo húmedo	
Tarro + suelo seco	
Agua	
Peso del tarro	
Peso del suelo seco	
% de Humedad	
N° de golpes	

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo de limite plástico, nos permite verificar que el material tenga propiedades plásticas, pero, como es un agregado pétreo limpio, del cual no se pudo obtener un material pastoso para el ensayo por lo tanto se concluye que es un material no plástico.

4.3.5. TERRONES DE ARCILLA, ASTM C-142, MTC E 212 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 27.
Terrones de arcilla, cantera Zanja Seca.

AGREGADO GRUESO						
Tamaño		**Peso muestra antes de ensayo**	**Tamaño de tamiz para remover el residuo del ensayo**	**Peso de la muestra después del ensayo (g)**	**Peso de la pérdida del material**	**Pérdida**
Pasa	**Retiene**	**(g)**			**(g)**	**(%)**
¾ (19.0 mm)	N°4 (4.75mm)	3000	N°8 (2.36 mm)	2998.1	1.88	**0.06**

AGREGADO FINO						
Tamaño		**Peso muestra antes de ensayo**	**Tamaño de tamiz para remover el residuo del ensayo**	**Peso de la muestra después del ensayo (g)**	**Peso de la pérdida del material**	**Pérdida**
Pasa	**Retiene**	**(g)**			**(g)**	**(%)**
N°4 (4.75 mm)	N°16 (1.18mm)	150	N°20 (0.840 mm)	149.2	0.80	**0.53**

Fuente. Elaboración propia.

Este ensayo muestra el porcentaje de arcilla presente en las muestras, en el agregado grueso se obtuvo los valores de 0.06% en el agregado grueso y 0.56% en agregado fino, los cuales indican que es un material limpio y apto para aplicar en pavimentos flexibles.

4.3.6. CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (AGREGADO GRUESO), NTP 339,152 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 28.
Contenido de sales solubles en agregado grueso, cantera Zanja Seca.

N°	Descripción	Und.	GRUESO
1	Peso de muestra seca	(gr.)	516
2	Volumen de la muestra de aforo base	(ml)	100
3	Peso de tara	(gr.)	73.61
4	Peso de la alícuota + tara	(gr.)	173.80
5	Peso de la alícuota cristalizada + tara	(gr.)	74.90
6	Peso de la alícuota cristalizada	(gr.)	1.29
	% DE SALES SOLUBLES		**0.250**

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de contenidos de sales solubles en agregado grueso esta definido como un valor máximo de 0.5% (del manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para los agregados gruesos, sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro caso se ha obtenido un 0.250% de sales solubles el cual muestra que el material es apto para pavimento flexible.

4.3.7. CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (AGREGADO FINO), – NTP 339.152 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 29.
Contenido de sales solubles en agregado fino, cantera Zanja Seca.

N°	Descripción	Und.	FINO
1	Peso de muestra seca	(gr.)	100
2	Volumen de la muestra de aforo base	(ml)	100
3	Peso de tara	(gr.)	74.18
4	Peso de la alícuota + tara	(gr.)	174.20
5	Peso de la alícuota cristalizada + tara	(gr.)	74.63
6	Peso de la alícuota cristalizada	(gr.)	0.45
	% DE SALES SOLUBLES		**0.450**

Fuente. Elaboración propia.

Los sales solubles en agregado fino máximo es de 0.5% (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-02 – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro ensayo se obtuvo 0.450% de sales solubles.

4.3.8. MATERIA ORGANICA EN ARENA, ASTM C-140, MTC E 213 – CANTERA ZANJA SECA.

Tabla 30.
Materia orgánica en arena, cantera Zanja Seca.

N°	Resultado de análisis en tabla de colores estándar	Descripción De Resultado
		
1	Poco o ningún contenido de componente orgánico dañino.	Aprobado para uso
2	Poco o ningún contenido de componente orgánico dañino.	
3	Contenido de componente orgánico aceptable.	
4	Posibilidad de contenido de componente orgánico dañino.	ADVERTENCIA, necesita de otra prueba de verificación
5	Posibilidad de contenido de componente orgánico dañino.	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de contenido de materia orgánica en arena, es realizado con una solución química que revela un tono de color en relación a la cantidad de materia orgánica en la muestra. En nuestro experimento comparando el resultado de color con la tabla de colorimetría, se concluye que corresponde al circulo 1, interpretándose que es una muestra con una cantidad insignificante de contenido de material orgánico, siendo recomendable para su uso en pavimento flexible.

4.3.9. PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS, ASTM D-4791 – CANTERA ZANJA SECA.

Con este ensayo se calcula el porcentaje de chatas y alargadas según (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para agregados gruesos, sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente) en el que se indican como contenido máximo de chatas y alargadas de 10%, este ensayo busca limitar la cantidad de partículas chatas y alargadas por ser prejudicial en pavimento flexible, en nuestro caso no se logra determinar estos parámetros por que el agregado es canto rodado (partículas redondas).

4.3.10. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821, MTC E 210 – CANTERA ZANJA S ECA

Este ensayo calcula el porcentaje de caras fracturadas según el manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 Requerimientos para los agregados gruesos, sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente, en el que se indica como contenido mínimo del 80% de agregado grueso con 1 cara fracturada y el 60% como mínimo con 2 caras fracturadas a mas. En nuestro caso encontramos que nuestro material es canto rodado que no es aplicable por presentar una superficie lisa pronunciada por lo tanto no corresponde realizar el ensayo.

4.3.11. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 31.
Gravedad especifica y absorción del agregado grueso, cantera Zanja Seca.

Descripción	M-1	M-2	M-3	
Peso de muestra seca al horno	2726.0	2641.0	2683.5	**PROM.**
Peso de muestra saturada superf. Seca	2736.0	2654.0	2695.0	
Peso de muestra saturada superf. Seca Sumergida	1703.0	1653.0	1678.0	
Peso especifico sobre base seca	2.639	2.638	2.639	**2.639**
Peso especifico sobre base saturada superficialmente seca	2.649	2.651	2.650	**2.650**
Peso especifico aparente	2.665	2.673	2.669	**2.669**
Absorción de agua	0.37	0.49	0.43	**0.429**

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de gravedad especifica tiene como finalidad de determinar la relación que hay entre la densidad de material granular y la densidad del agua, en nuestro caso el resultado de peso especifico sobre base seca es de 2.639 y su absorción de agua resulto 0.429 que, comparando con el valor máximo del 1% (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimiento para los agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente).

4.3.12. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO ASTM C-128, MTC – 205 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 32.
Gravedad especifica y absorción agregado fino, cantera Zanja Seca.

Descripción	M-1	M-2	M-3	
P. Picnómetro mas agua aforado	658.0	660.0	662.0	
P. de la muestra seca al horno	296.0	296.2	295.99	**PROM.**
P. de la muestra saturada superficialmente seca	300.0	299.89	300.01	
P. Picnómetro mas agua mas muestra aforado	842.0	842.01	841.98	
Peso especifico sobre base seca	2.552	2.513	2.466	2.510
Peso especifico sobre base saturada superficialmente seca	2.586	2.544	2.499	2.543
Peso especifico aparente	2.643	2.594	2.551	2.596
Absorción de agua	1.35	1.25	1.36	1.618

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de gravedad especifica y de absorción de material fino nos va a indicar la densidad del material, en nuestro caso el valor obtenido de peso especifico en base seca en el laboratorio es de 2.510, el valor mínimo es 0.5% (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 - MTC 2014, Tabla 423-02 – Requerimientos para los agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente).

4.3.13. PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ASTM C-29 – MTC E 203 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 33.
Peso unitario del agregado grueso, cantera Zanja Seca.

PESO UNITARIO SUELTO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15685	15589	15642
Peso del recipiente (gr)	6436	6436	6436
Peso de la muestra (gr)	9249	9153	9206
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario suelto (kg/ m3)	1639	1622	1631
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		**1622**	

PESO UNITARIO VARILLADO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	16389	16385	16312
Peso del recipiente (gr)	6436	6436	6436
Peso de la muestra (gr)	9953	9949	9876
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario compactado (kg/m3)	1763	1763	1750
Peso unitario compactado promedio		**1759**	

Fuente. Elaboración propia.

En el ensayo de peso unitario del agregado grueso se ha realizado en 2 partes, a) pero unitario suelto y b) peso unitario compactado, en el caso de peso unitario suelto se ha obtenido un valor promedio de 1,622 kg/m3 y en el peso unitario compactado un promedio de 1749 kg/m3.

4.3.14. PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-29, MTC E – 203 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 34.
Peso unitario del agregado fino, cantera Zanja Seca.

PESO UNITARIO SUELTO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15186	15145	15187
Peso del recipiente (gr)	6486	6486	6486
Peso de la muestra (gr)	8700	8659	8701
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario suelto (kg/m3)	1541	1534	1542
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		**1539**	

PESO UNITARIO VARILLADO			
Descripción	**M-1**	**M-2**	**M-3**
Peso del recipiente + muestra (gr)	15915	15896	15902
Peso del recipiente (gr)	6486	6486	6486
Peso de la muestra (gr)	9429	9410	9416
Volumen (cm3)	5644	5644	5644
Peso unitario compacto (kg/m3)	1671	1667	1668
Peso unitario compacto promedio (kg/m3)		**1669**	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de peso unitario del agregado fino se ha realizado en 2 partes a) peso unitario suelto y b) peso unitario compactado, en el caso de peso unitario suelto se ha obtenido el valor de 1,539 kg/m3 y un peso unitario compactado de 1669 kg/m3.

4.4. ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS CANTERA ZANJA SECA

4.4.1. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419, MTC E 114 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 35.
Equivalente de arena, cantera Zanja Seca.

EQUIVALENTE DE ARENA			
Descripción	M-1	M-2	**M-3**
Tamaño máximo (pasa malla N°4)	<N°4	<N°4	<N°4
Hora de entrada a saturación	02:27	02:29	02:31
Hora de salida de saturación (mas 10”)	02:37	02:39	02:41
Hora de entrada a decantación	02:39	02:41	02:43
Hora de salida de decantación (mas 20”)	02:59	03:01	03:03
Altura máxima de material fino	4.55	4.70	4.67
Altura máxima de arena	3.55	3.60	3.50
Equivalente de Arena (%)	77.0	77.0	75.0
PROMEDIO		76.3	

Fuente. Elaboración propia.

En el ensayo equivalente de arena refleja la calidad en cuanto a la limpieza del agregado fino la cual se realiza con una probeta (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-02 – Requerimientos para agregados finos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente) en nuestro ensayo se ha obtenido un valor del 78%, la cual es aceptable para pavimentos flexibles.

4.4.2. DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-88, MTC E-209 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 36.
Durabilidad del agregado grueso, cantera Zanja Seca.

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO						
Tamiz		Gradación original	Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 ½"	2"					
2"	1 ½"					
1 ½"	1"	8.1	800.0	775.0	3.1	0.25
1"	¾"	12.8	723	658.0	9.0	1.15
¾"	½"	41.0	684.0	658.0	3.8	1.56
½"	3/8"	18.8	416.0	393.0	5.5	1.04
3/8"	N°4	19.3	353.0	320.0	9.3	1.80
TOTAL		100	2976.0	2804.0		5.80
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO:				5.8%		

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de durabilidad del agregado grueso se realiza con el fin de obtener la característica de resistencia del agregado al ataque de sulfatos de un 19% como máximo para una altitud menores a 3000 msnm (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro caso en el experimento se obtuvo el 5.8% la cual es aceptable para pavimentos flexibles.

4.4.3. DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO ASTM C – 88, MTC E 209 - CANTERA ZANJA SECA

Tabla 37.
Durabilidad del agregado fino, cantera Zanja Seca.

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO						
Tamiz		Gradación original	Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
3/8”	N°4					
N°4	N°8	12.9	103.0	100.0	2.91	0.38
N°8	N°16	31.9	105.0	99.0	5.71	1.82
N°16	N°30	12.5	104.0	97.0	6.73	0.84
N°30	N°50	18.9	102.0	90.0	11.76	2.22
N°50	N°100	8.7	106.0	94.0	11.32	0.98
TOTAL		84.9	520.0	480.0		6.25
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: 6.25%						

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de durabilidad del agregado fino se realiza con el fin de obtener las características de resistencia del agregado al ataque de sulfatos. En este caso para altitudes menores a 3000 msnm no se exige un valor determinado (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-02 – Requerimientos para agregados finos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente), en nuestro caso se obtuvo el 6.25%, la cual se considera aceptable para pavimentos flexibles.

4.4.4. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C-131, MTC E 207 – CANTERA ZANJA SECA

Tabla 38.
Ensayo de abrasión los ángeles, cantera Zanja Seca.

ENSAYO DE ABRASIÓN				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**ENSAYOS**		
NUMERO DE ENSAYO	**N°**	**M-1**	**M-2**	**M-3**
GRADACIÓN	**N°**	**B**	**B**	**B**
1 ½" – 1"				
1" – ¾"				
¾" – ½"	g	2516.0	2531.0	2523.0
½" – 3/8"	g	2517.0	2517.0	2512.0
3/8" – ¼"				
¼" – N°4				
N°4 – N°8				
PESO TOTAL	g	5033.0	5048.0	5035.0
MAT.RETENIDO TAMIZ N° 12	g	3523.0	3543.0	3535.0
MAT. PASANTE TAMIZ N° 12	g	1510.0	1505.0	1500.0
PORCENTANJE OBTENIDO		**30.00%**	**29.81%**	**29.79%**
PROMEDIO			**29.87%**	

Fuente. Elaboración propia.

El ensayo de abrasión verifica la desintegración mecánica dentro de un tambor giratorio (máquina los ángeles) y según el (manual EG 2013 R.D. Nº 22-2013 – MTC 2014, Tabla 423-01 – Requerimientos para agregados gruesos – Sección 423 – Pavimentos de concreto asfaltico en caliente) el cual contempla un valor aceptable máximo de 40%, obteniéndose para nuestro material un valor promedio del 29.95% la cual se interpreta como un material aceptable para pavimentos flexibles.

4.5. DISEÑO DE MEZCLA GRANULOMETRICA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.

4.5.1. CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DEL DISEÑO DE MEZCLA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

Para elegir las características de los componentes del diseño de mezcla para pavimento flexible, se considera el espesor de la carpeta asfáltica que en nuestro caso será de 3”, por lo tanto corresponde analizar bajo dos husos granulométricos que son ASTM D3515 y MAC-2, el diseño de la mezcla granulométrica estará conformado por:

a) **Arena de Trituración,** Sub producto del triturado de la piedra triturada.

b) **Arena Natural,** de la cantera Sheshea o Zanja Seca.

c) **Piedra Triturada,** Material de un proveedor, triturado y zarandeado en forma controlada.

d) **Cal Hidratada,** Como filler.

Al mezclar estos cuatro componentes van a intervenir en forma simultanea en una hoja de calculo previamente preparada de tal forma que los husos granulométricos que corresponden analizar (ASTM D3515 y MAC-2) sirven de guía grafica para la curva granulométrica que será un resultado de la mezcla de los 4 componentes descritos a), b), c), d).

4.5.2. COMPONENTES PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

4.5.2.1. Componente Arena de Trituración.- Este componente proviene como subproducto del triturado de la piedra triturada, se analiza su granulometría y se ingresa sus respectivos valores en la columna definida como Arena de Trituración.

4.5.2.2. Componente Arena Natural.- Este componente proviene de la cantera Sheshea o Zanja Seca la que ha sido sometido a los ensayos en laboratorio en dos grupos:

a) Ensayos estándar para mezclas asfálticas.

b) Ensayos especiales para mezclas asfálticas.

En la que se ha demostrado que estos materiales puede participar como componente en diseño de la mezcla granulométrica para pavimento flexible; se ingresa los valores que corresponden a su granulometría en la columna definida como Arena Natural.

4.5.2.3. Componente Piedra Triturada.- Este componente es un material adquirido de un proveedor porque según los estudios granulométricos realizados las piedras de la cantera Sheshea y Zanja Seca no cumplen con el tamaño suficiente para ser triturados y poder abarcar la granulometría, por lo tanto es necesario la obtención de piedra triturada a partir de material con predominancia de 6”, el tamaño máximo nominal de la piedra triturada se deduce a partir del espesor de la carpeta asfáltica la cual se planteó de 3”,

para estimar el tamaño máximo de piedra triturada se procedió a dividir entre 4 que resulta 3/4” como tamaño máximo nominal (para mezclas asfálticas finas), sin embargo, para garantizar un buen compactado es recomendable trabajar con agregados de menor tamaño al calculado, en este caso se ha asumido el tamaño máximo nominal 1/2”, de esta forma se aumenta la densidad de la mezcla y proporciona una superficie uniforme e impermeable que ayuda a resistir el transito y la acción climática.

Los valores teóricos de la granulometría se toman desde el centro de los husos granulométricos (ASTM D3515 y MAC-2), (curva ideal), estos valores son referenciales para iniciar el diseño de mezcla, se procede a dosificar los valores en la columna piedra triturada de la hoja de cálculo de acuerdo a la granulometría obtenida.

4.5.2.4. Componente Cal Hidratada.- Como filler.

Estos valores son dosificados con valores tentativos para la mezcla final para pavimento flexible en porcentajes (arena de trituración, arena natural, piedra triturada, cal hidratada) de tal forma que la nueva mezcla debe formar una nueva curva granulometría cuya geometría debe encontrarse dentro de los gráficos de los husos granulométricos ASTM D3515 y MAC-2 como se muestra en las hojas de cálculo.

4.5.3. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA PIEDRA TRITURADA PARA SER ACEPTABLES EN PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla 39.
Evaluación de piedra triturada (material para mejora granulométrica) para las canteras Sheshea y Zanja Seca.

TAMIZ Nº (A.S.T.M)	ABERTURA EN. mm.	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.000				100
3/4"	19.050				100
1/2"	12.500	1143.00	18.48	18.48	81.52
3/8"	9.500	3258.00	52.67	71.14	28.86
Nº 4	4.750	1785.00	28.86	100.00	0.00
Nº 8	2.360				
Nº 10	2.000				
Nº 16	1.180				
Nº 30	0.595				
Nº 40	0.420				
Nº 50	0.300				
Nº 60	0.250				
Nº 100	0.149				
Nº 200	0.075				
		TOTAL:	100.00		

1 CARA FRACTURADA							
Tamiz	Peso g	1 Cara g	% 1 Cara	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	1118.00	97.81	18.48	18.07	% min:	80.0 %
3/8	3258.00	3198.76	98.18	52.67	51.71	Tenemos:	97.9 %
Nº 4	1785.00	1737.21	97.32	28.86	28.08	**Cumple!!!**	
				100.00	97.87		

2 CARAS FRACTURADAS A MAS							
Tamiz	Peso g	2 Caras g	% 2 Caras	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	1112.00	97.29	18.48	17.98	% min:	60.0 %
3/8	3258.00	3148.00	96.62	52.67	50.89	Tenemos:	96.7 %
Nº 4	1785.00	1718.94	96.30	28.86	27.79	**Cumple!!!**	
				100.00	96.65		

CHATAS Y ALARGADAS							
Tamiz	Peso g	Peso g	% del conteo	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	34.00	2.97	18.48	0.55	% max:	10.0 %
3/8	3258.00	186.17	5.71	52.67	3.01	Tenemos:	5.0 %
Nº 4	1785.00	91.36	5.12	28.86	1.48	**Cumple!!!**	
				100.00	5.04		

Fuente. Elaboración propia.

4.5.3.1. Piedra triturada con 01 Caras fracturada.- Las características físicas en el aspecto de caras fracturadas se evalúan de muestras retenidas según los tamices 1/2”, 3/8” Nº 4 que según las normas nos exigen como mínimo un 85.0% de 01 cara fracturada como porcentaje de su contenido en peso total de (1/2”, 3/8” y Nº 4), en los ensayos se obtuvo un 97.9% por lo que se califica optimo.

4.5.3.2. Piedra triturada con 02 Caras fracturadas a mas.- Las características físicas requeridas en el aspecto de 2 caras a mas se realiza con la misma muestra del experimento del párrafo anterior, las normas nos exigen como mínimo un 60.0% de piedra triturada con 02 caras fracturadas a mas como porcentaje de su contenido en peso total de (1/2", 3/8”, Nº 4) en los ensayos se obtuvo un 96,7% por lo que se califica como un material optimo.

4.5.3.3. Chatas y alargadas.- Se continua el experimento con el mismo material separando las partículas chatas y alargadas, se coloca los valores en los cuadros correspondientes para proceder a analizar, en este aspecto las normas nos exigen como máximo un 10.0% de chatas y alargadas como porcentaje de su contenido en peso total de (1/2”, 3/8” y Nº 4) en los ensayos se obtuvo de 5.0% de chatas y alargadas, por lo que respecto a las formas de chatas y alargadas es un material optimo.

4.5.4. DOSIFICACION DE LA MEZCLA DE LOS COMPONENTES INTERVINIENTES CON LA CANTERA SHESHEA

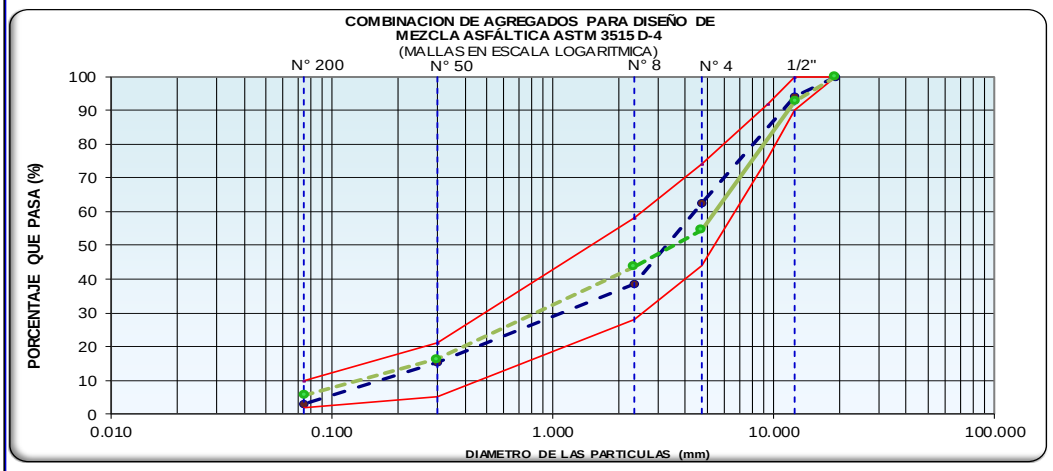
Figura 11.

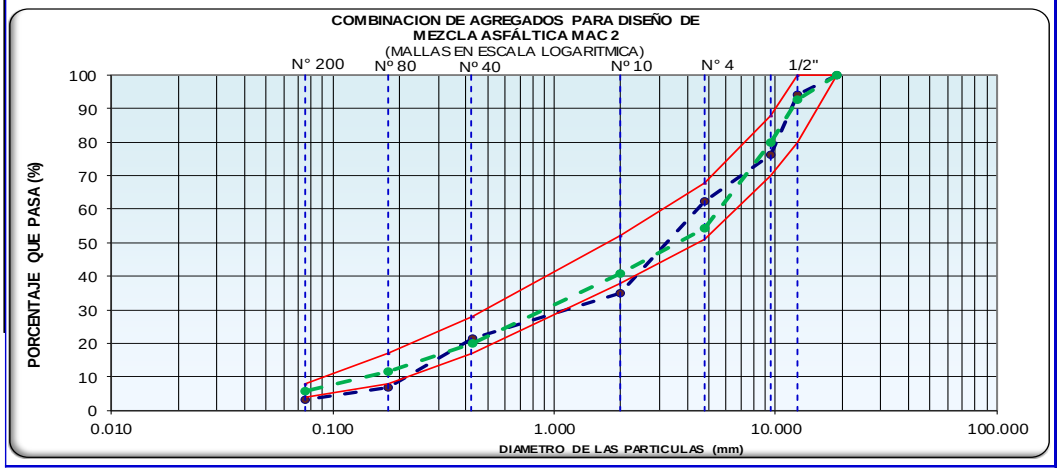
Diseño de mezcla para pavimento flexible, cantera Sheshea.

Abertura Malla	AASHTO T-27(mm)	Granulometría de los Agregados							GRADACIÓN MAC 2		GRADACIÓN ASTM 3515 T.M.N 1/2"	
		# 1 ARENA CHANCADA	# 2 ARENA NATURAL	# 3 GRAVA CHAN. 3/4"		# 5 FILLER	% que pasa Teórico	% que pasa Físico	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1"	25.000	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00	100		100	
1/2"	12.500	100.0	100.0	86.9			94.06	92.60	80	100	90	100
3/8"	9.500	100.0	100.0	48.2			76.43	79.80	70	88		
N° 4	4.750	94.3	76.0	29.9			62.49	54.50	51	68	44	74
N° 8	2.360	64.4	70.0	5.0		100.0	38.51	43.50			28	58
N° 10	2.000	59.4	70.5	3.1			34.76	40.80	38	52		
N° 16	1.180	45.7	64.7	0.0			27.10	33.20				
N° 40	0.420	38.7	43.7	0.0			21.41	20.10	17	28		
N° 50	0.300	31.0	14.3	0.0		99.9	15.23	16.30			5	21
N° 80	0.177	15.2	5.0	0.0			6.71	11.40	8	17		
N° 200	0.075	5.0	0.0	0.0		99.3	2.97	5.60	4	8	2	10

COMBINACION

ARENA	%	GRAVA	%	FILLER	%	TOTAL
# 1 Arena Chancada	39.50	# 3 Grava Trit. 3/4"	45.50	# 5 Filler	1.00	
# 2 Arena Natural	14.00	--				
Sub Total	**53.50**	**--**	**45.50**		1.00	**100.00**





Fuente. Elaboración propia.

4.5.4.1. En el cuadro de combinación de la hoja de calculo se ingresan valores tentativos de los porcentajes de cada componente a participar verificando en forma simultanea el comportamiento de la curva granulométrica resultante la cual se encuentra limitada por los husos granulométricos (ASTM D3515 y MAC-2), resultando los siguientes valores para la cantera Sheshea.

a) Arena de Trituración 39.5%
b) Arena Natural 14.0% (cantera Sheshea)
c) Piedra Triturada 45.5%
d) Cal Hidratada (Filler) 1.0%

Total: 100%

COMPARACION GRAFICA DE LO RESULTADOS DE LA MEZCLA EN LOS HUSOS ASTM D3515 Y MAC-2 SOBRE DISEÑO DE MEZCLA DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA ARENA NATURAL PROVENIENTE DE SHESHEA).

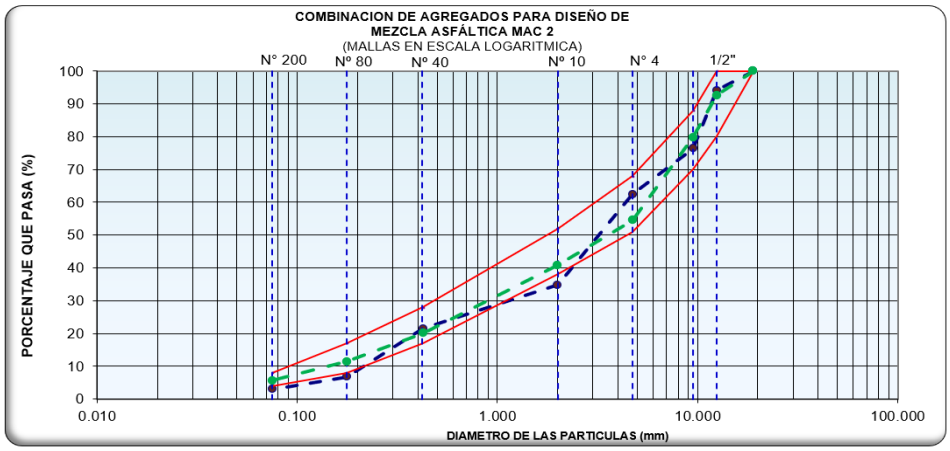
Figura 12.
Curva Granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico ASTM D3515 para mezclas asfálticas, Sheshea



Fuente. Elaboración propia.

En la grafica del huso granulométrico de ASTM D3515, se observa que la curva granulométrica de la mezcla (curva discontinua de color azul), se encuentra dentro de los limites del huso granulométrico (curva continua de color rojo), por lo tanto se garantiza que la granulometría obtenida puede ser usada para mezclas calientes en pavimento flexible.

Figura 13.
Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico MAC-2 mezclas asfálticas, cantera Sheshea



Fuente. Elaboración propia.

De la grafica del huso granulométrico de MAC-2 se observa que la curva granulométrica para la mezcla asfáltica (curva discontinua de color azul) no se encuentra dentro de los limites del huso granulométrico (curva continua de color rojo), por lo tanto la mezcla granulométrica no es adecuado para pavimento flexible según el huso granulométrico de MAC-2.

4.5.5. DOSIFICACION DE LA MEZCLA DE LOS COMPONENTES INTERVINIENTES DE LA CANTERA ZANJA SECA

Figura 14.

Diseño de mezcla, pavimento flexible, cantera Zanja Seca.

COMBINACION DE AGREGADOS: ARENA NATURAL ZANJA SECA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

CONCEPTC : COMBINACION DE DE AGREGADO PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

MUESTRA : MUESTRA REPRESENTATIVA DE FAJA PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

CANTERA : ARENA NATURAL ZANJA SECA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

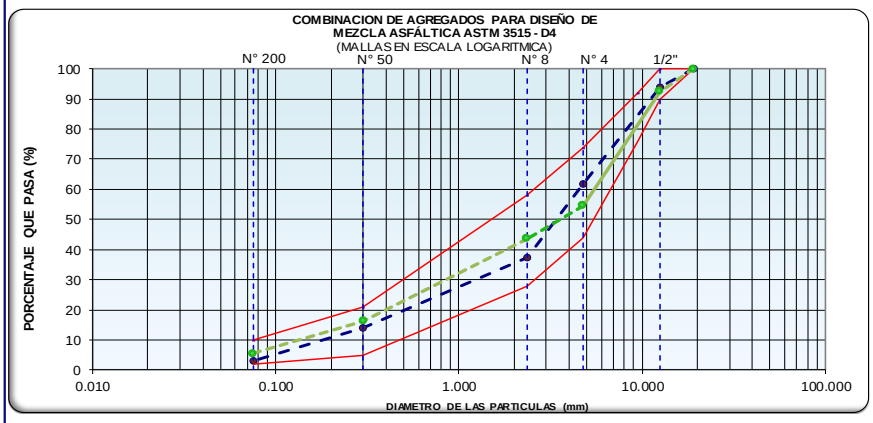
SOLICITANTES BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE

FECHA: 17/01/2024

Abertura Malla	AASHTO T-27(mm)	Granulometría de los Agregados							GRADACIÓN MAC 2		GRADACIÓN ASTM 3515 T.M.N 1/2"	
		# 1 ARENA CHANCADA	# 2 ARENA NATURAL	# 3 GRAVA CHAN. 3/4"		# 5 FILLER	% que pasa Teórico	% que pasa Físico	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1"	25.000	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00	100		100	
1/2"	12.500	100.0	100.0	86.9			93.73	92.60	80	100	90	100
3/8"	9.500	100.0	100.0	48.2			75.13	79.80	70	88		
N° 4	4.750	94.3	81.8	29.9			61.81	54.50	51	68	44	74
N° 8	2.360	64.4	74.2	5.0		100.0	37.51	43.50			28	58
N° 10	2.000	59.4	72.0	3.1			33.43	40.80	38	52		
N° 16	1.180	45.7	70.1	0.0			26.47	33.20				
N° 40	0.420	38.7	92.1	0.0			26.69	20.10	17	28		
N° 50	0.300	31.0	9.6	0.0		99.9	14.01	16.30			5	21
N° 80	0.177	15.2	3.0	0.0			6.18	11.40	8	17		
N° 200	0.075	5.0	1.0	0.0		99.3	3.02	5.60	4	8	2	10

COMBINACION

ARENA	%	GRAVA	%	FILLER	%	TOTAL
# 1 Arena Chancada	38.00	# 3 Grava Trit. 3/4"	48.00	# 5 Filler	1.00	
# 2 Arena Natural	13.00	--				
Sub Total	**51.00**	**--**	**48.00**		1.00	**100.00**





Fuente. Elaboración propia.

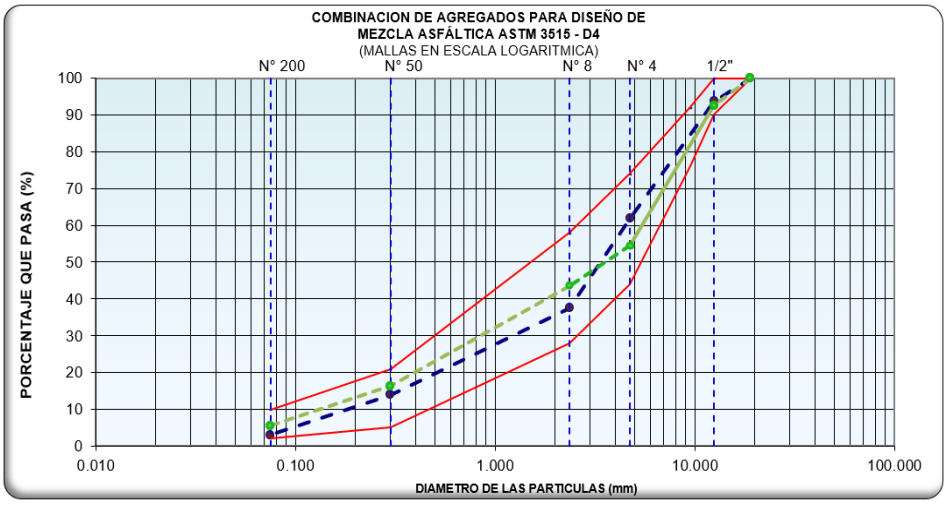
4.5.4.1. En el cuadro de combinación de la hoja de calculo se ingresan valores tentativos de los porcentajes de cada componente a participar verificando en forma simultanea el comportamiento de la curva granulométrica resultante la cual se encuentra limitada por los husos granulométricos (ASTM D3515 y MAC-2)

a) Arena de Trituración 38.0%
b) Arena Natural 13.0% (cantera Zanja Seca)
c) Piedra Triturada 48.0%
d) Cal Hidratada (Filler) 1.0%

Total: 100%

COMPARACION GRAFICA EN LOS HUSOS ASTM D3515 Y MAC–2 SOBRE DISEÑO DE MEZCLA DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA ARENA NATURAL PROVENIENTE DE ZANJA SECA)

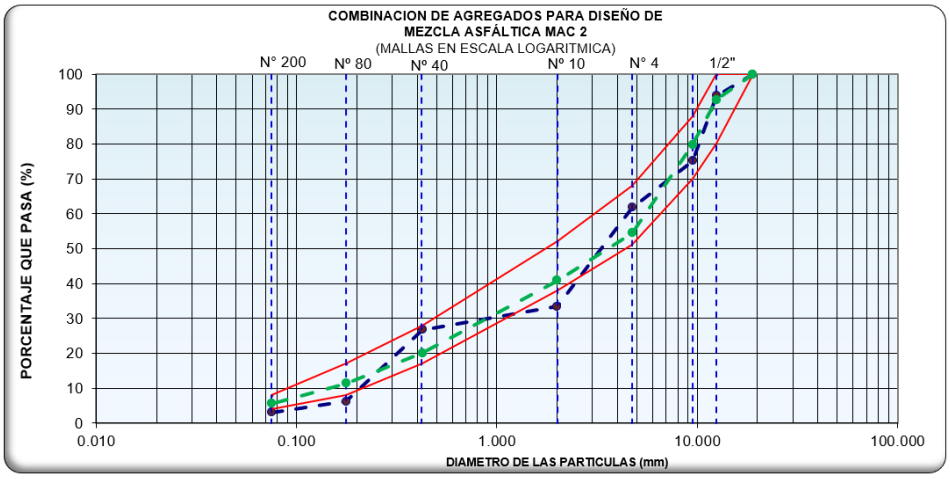
Figura 15.
Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico ASTM D3515 para mezclas asfálticas, Zanja Seca



Fuente. Elaboración propia.

En la grafica del huso granulométrico de ASTM D3515, se observa que la curva granulométrica de la mezcla (curva discontinua de color azul), se encuentra dentro de los limites del huso granulométrico (curva continua de color rojo), por lo tanto se garantiza que la granulometría obtenida puede ser usada para mezclas calientes en pavimento flexible.

Figura 16.
Curva granulométrica de la combinación de agregados vs el huso granulométrico de MAC-2 para mezclas asfálticas, Zanja Seca

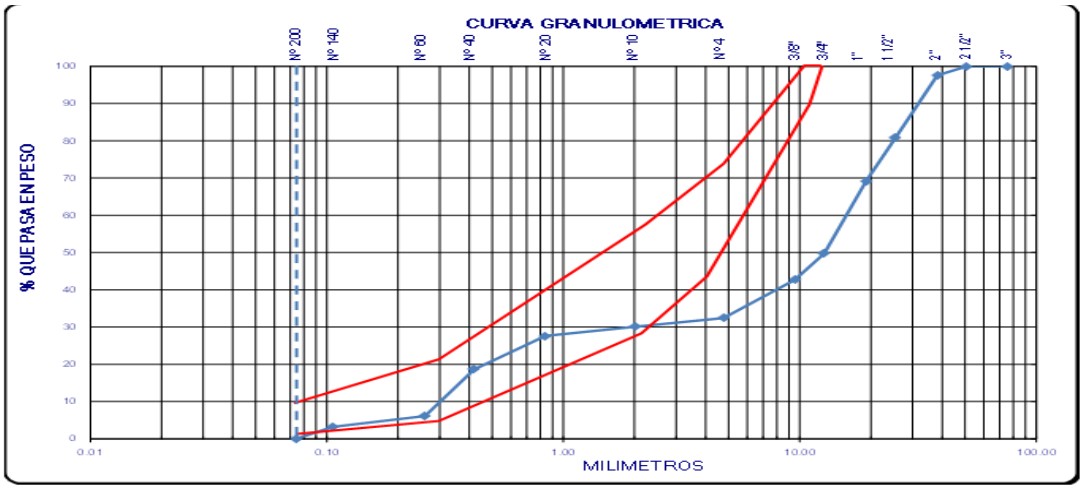


Fuente. Elaboración propia.

De las graficas del huso granulométrico MAC-2 se observa que la curva granulométrica para mezcla asfáltica (curva discontinua de color azul) no se encuentra dentro de los limites del huso granulométrico (curva continua de color rojo), por lo tanto la mezcla granulométrica no es adecuado para pavimento flexible según el huso granulométrico de MAC-2.

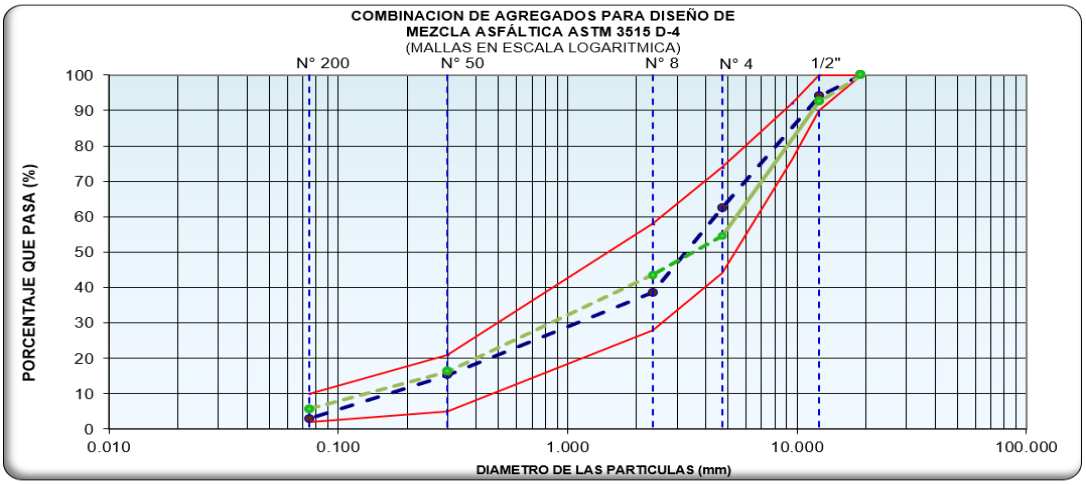
4.6. MEJORA GRANULOMETRICAS DE LA CANTERA SHESHEA

Figura 17.
Huso granulométrico ASTM D3515 vs curva granulométrica del agregado en estado natural de la cantera Sheshea.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 18.
Huso granulométrico ASTM D3515 con la curva de la mejora granulométrica para pavimento flexible con agregado de la cantera Sheshea

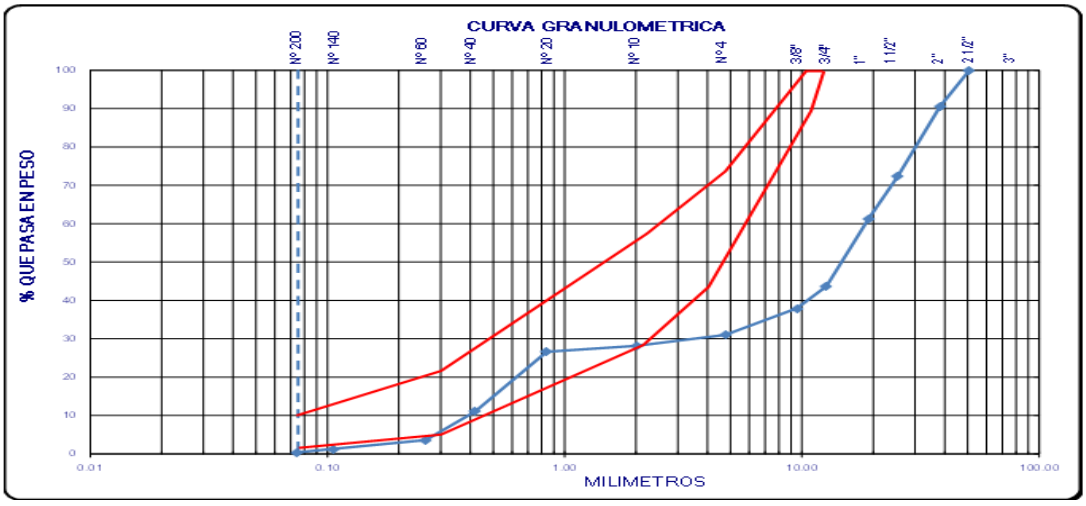


Fuente. Elaboración propia.

De la **figura 19** y **20**, se muestra una mejora granulométrica, la cual resulta de realizar una dosificación de acuerdo al huso granulométrico ASTM D3515 la cual garantiza densidad, estabilidad y resistencia mecánica del pavimento flexible.

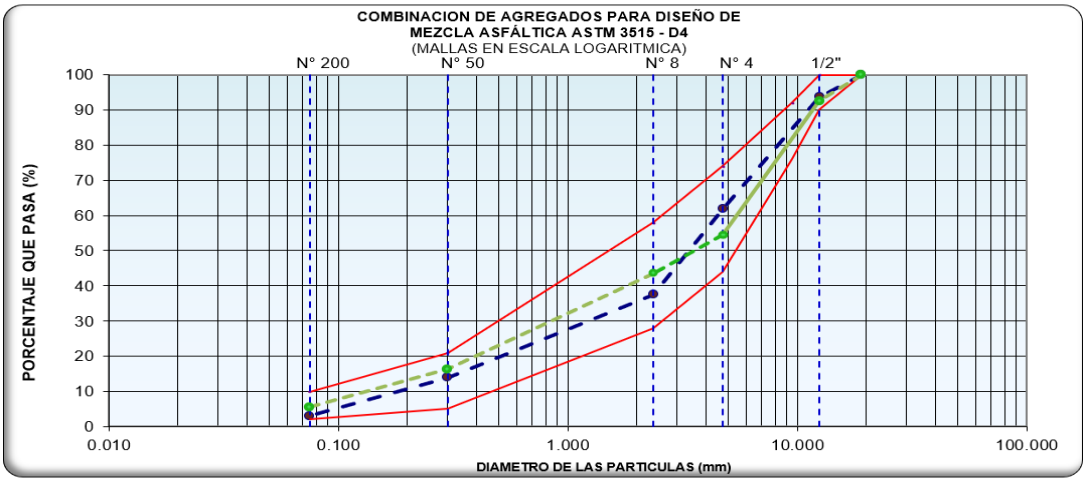
4.7. MEJORAS GRANULOMETRICAS DE LA CANTERA ZANJA SECA

Figura. 19:
Huso granulométrico ASTM D3515 vs la curva granulométrica del agregado natural de la cantera Zanja Seca.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 20.
Huso granulométrico ASTM D3515 con la mejora granulométrica para pavimento flexible con agregado de la cantera Zanja Seca.



Fuente. Elaboración propia.

De la **figura 21** y **22**, se muestra una mejora granulométrica, la cual resulta de realizar una dosificación de acuerdo al huso granulométrico ASTM D3515 la cual garantiza densidad, estabilidad y resistencia mecánica del pavimento flexible.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

En base al objetivo general de evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras del distrito de Nueva Requena con el fin de diseñar una granulometría óptima que cumpla con los requisitos técnicos para su aplicación en pavimentos flexibles, las investigaciones fueron realizadas a las muestras extraídas de las canteras Sheshea y Zanja Seca a las que se aplicaron dos grupos de ensayos: ensayos estándar para mezclas asfálticas y ensayos especiales para mezclas asfálticas que se mencionan en el *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos R.D. Nro 10 – 2024 – MTC/14*, de esta forma se llega a la conclusión, que, para poder cumplir al 100% del requisito pedido en el manual mencionado es necesario que el agregado grueso sea piedra triturada es decir que tenga caras fracturadas, y superficie rugosa con esquinas angulosas que pueden garantizar una formación esquelética y estable, el análisis granulométrico evidencia que el canto rodado material de la cantera Sheshea y Zanja Seca tiene dimensiones muy pequeñas 1 1/2” como TMN y que no es posible obtener una granulometría de TMN 1/2” de piedra triturada, por lo tanto es necesario adquirir este material de otro lugar y poder realizar la mejora granulométrica, este trabajo técnico requiere del conocimiento y cumplimiento de los procedimientos y un grado de experiencia, por lo tanto estamos de acuerdo con Amendaño, J., (2021) en su tesis, “Análisis teórico comparativo del diseño de mezclas asfálticas calientes por los métodos RAMCODES (polígono de vacíos), superpave y modulo dinámico, aplicado en superficies de rodadura de pavimentos flexibles”, concluyó que el diseño de

mezclas asfálticas implica el conocimiento y cumplimiento de los procedimientos, así como un grado de experiencia.

Panduro, P., también concluye, que, la causa de las fallas de pavimentos es por la excesiva manipulación o presencia de agregados de mala calidad, por ello es necesario controlar el proceso constructivo y la calidad de los agregados.

En el primer objetivo específico de determinar las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena, se trabaja en laboratorio con muestras de las canteras de Sheshea y Zanja Seca según la normativa que se menciona en el Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos R.D. Nro 10 – 2024 – MTC/14 se evidencia que los resultados son favorables para la elaboración de pavimento flexible solo se tiene observaciones en cuanto a la granulometría y sus características geométricas que debería de ser piedra triturada, es importante que los agregados pétreos cumplan con los requisitos para evitar fallas y deformaciones en la carpeta asfáltica del pavimento flexible tal como indica Montoya, D., (2017). en su tesis “Importancia de los Agregados Pétreos para la Estabilidad de Carreteras en la Carpeta Asfáltica de la Vía Chupaca Roncha 2015” en el que recomienda “aborda consideraciones técnicas para las propiedades físico mecánicas de los agregados pétreos en la mezcla asfáltica, y así lograr opciones de solución contra la susceptibilidad de fallas, deformaciones y ahuellamientos”.

Tabla 40.
Tabla de propiedades físicas, mecánicas y químicas.

DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS
Propiedades Físicas.	Granulometría	% que pasa por tamiz	Con observaciones
	Pasante Malla Nº200	% en masa	Optimo
	Limite Liquido	% humedad	Optimo
	Limite Plástico	% humedad	Optimo
	Terrones de arcilla	% en masa	Optimo
	Partículas chatas y alargadas	% de partículas fuera de relación (e.g.,>3:1)	Optimo
	Caras Fracturadas	% de partículas con >1 cara fracturada	Optimo
	G. Especifica y absorción	Adimensional / Absorción: %	Optimo
	Peso Unitario del agregado	Kg/m3	Optimo
	Equivalente de arena	% Valor de equivalente de arena	Optimo
	Durabilidad del agregado	% de perdida de masa	Optimo
Propiedad mecánica	Abrasión	% de desgaste	Optimo
Propiedades químicas	Sales solubles	% en peso	Optimo
	Materia orgánica en arena	Valor relativo (color), comparación visual	Optimo
	Cloruros	% en peso	Optimo
	Sulfatos	% en peso	Optimo

Fuente. Elaboración propia a partir de los ensayos de laboratorio.

El segundo objetivo especifico es establecer el tipo de ajuste granulométrico que requieren los agregados de las canteras de Nueva Requena para cumplir con las exigencias técnicas para pavimentos flexibles de un espesor de 3” según las normas vigentes, el ajuste granulométrico necesario corresponde a la dosificación de la mezcla de los agregados para pavimento flexible, como sabemos, en las canteras del rio tanto en Sheshea y Zanja Seca solamente existe material de rio en estado natural (canto rodado), por lo que se hace necesario de adquirir piedra triturada de otro proveedor, sin embargo es posible utilizar los pasantes del tamiz 3/8” (arena natural) de las canteras en estudio.

El primer ajuste fue la gradación de la piedra triturada a utilizar, para ello nos apoyamos en las normas de los pavimentos flexibles (Huso de la ASTM D3515 y MAC–2) para carpetas asfálticas de 3” de espesor.

El segundo ajuste es la dosificación para obtener la combinación en porcentajes de las granulometrías de (arena de trituración, arena natural, piedra triturada y cal hidratada), esta mezcla es aceptada en cuanto la curva de la mezcla granulométrica se encuentre dentro del huso granulométrico en nuestro caso ha cumplido para ASTM D3515, y en el caso del huso granulométrico MAC–2 no se logra que la curva de la mezcla granulométrica quede dentro del mismo por lo tanto el MAC–2 es descartado.

El porcentaje de la mezcla para la cantera Sheshea queda de la siguiente manera, arena de trituración 39.50%, arena natural 14.00%, piedra triturada 45.50%, filler 1.00%; para la cantera Zanja Seca se obtuvo: arena de trituración 38.00%, arena natural 13.00%, piedra triturada 48.00%, filler 1.00%. Que es similar a los valores que concluyo Calsín, L. (2022); arena de trituración 20%, arena natural 20%, piedra triturada 41% cemento asfaltico 6.1%. Los valores tienen una proporción aproximada, pero, en caso de Calsín, ha tomado como valor del porcentaje total también al cemento asfaltico.

El tercer objetivo especifico es comparar los husos granulométricos MAC-2 del MTC y el huso del ASTM D3515 (TMN 1/2) para pavimento flexible 3” de espesor, con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.

Una vez realizado la comparación de los husos granulométricos, se llega a la conclusión de que no se logró cumplir con los limites que exige el huso granulométrico MAC-2 del MTC. Pero, se logró cumplir con los limites exigidos por el huso granulométricos ASTM D3515 por lo tanto es aplicable para pavimentos flexibles de 3” con arena natural que puede ser explotado de las canteras de nueva requena (Sheshea y Zanja Seca) complementando con piedra triturada, arena de trituración proveniente de una cantera complementaria.

Se valida la hipótesis general planteada en la investigación, ya que la mejora granulométrica que se aplicó permitió que la mezcla cumpla con los limites establecidos según las normas vigentes en esta caso la norma ASTM D3515 para pavimentos flexibles de 3”.

Asimismo, las hipótesis especificas se validan de la siguiente manera:

H1; Se confirma que los agregados de las canteras presentan propiedades físicas mecánicas y químicas adecuadas salvo que en granulometría que requiere ajustes.

H2; Se valida al demostrarse que la dosificación y el ajuste granulométrico con piedra triturada permiten cumplir con las exigencias técnicas de la norma ASTM D3515.

H3; se valida ya que la mezcla mejorada cumple con los requisitos del huso ASTM D3515, pero no cumple con el huso MAC-2 por lo tanto, el huso ASTM D3515 resulta mas adecuado para pavimentos flexibles de 3” de espesor con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.

CONCLUSIONES

- La evaluación de los materiales de las canteras en los ensayos de laboratorio demostraron que los agregados naturales pueden ser empleados para pavimentos flexibles siempre y cuando se realice un ajuste granulométrico, principalmente por deficiencia en su granulometría, bajo porcentaje de caras fracturadas y falta de angularidad.
- Se ha determinado que las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras de Nueva Requena (Sheshea y Zanja Seca), son adecuadas para el uso en pavimento flexible, pero, en cuanto a piedra triturada no se encuentra en estado natural, por lo que es necesario añadir este componente para cumplir con los requisitos exigidos en las normas vigentes.
- El ajuste granulométrico se realizó con el fin de obtener una mezcla de agregados para pavimento flexible de 3” con la ayuda de los husos granulométricos ASTM D3515 y MAC–2 que nos permitieron ajustar las proporciones granulométricas para cada cantera Sheshea y Zanja Seca. Estas configuraciones permitieron cumplir con el huso granulométrico establecido por las normas vigentes.
- Se concluye que el huso granulométrico ASTM D3515 es el mas adecuado para el diseño de mezclas asfálticas con agregados de las canteras de Nueva Requena, ya que su mayor amplitud en los rangos granulométricos facilita el encaje de la curva del diseño de mezcla

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un proceso de trituración, clasificación y control granulométrico para complementar los agregados de las canteras Nueva Requena, esto permitirá optimizar sus características y asegurar que cumplan con los estándares exigidos para su uso en pavimentos flexibles. Además, se recomienda utilizar el huso granulométrico para pavimento flexible según ASTM D3515.
- Se recomienda realizar los ensayos estandarizados y especiales mencionados en el Manual de Carreteras Geología, Geotecnia y Pavimentos antes de la explotación de las canteras para asegurar que los agregados utilizados en los pavimentos flexibles cumplan con las especificaciones técnicas establecidas.
- Se recomienda establecer un plan de monitoreo y mejora continua en la extracción y procesamiento de agregados, priorizando el aprovechamiento responsable de los recursos y la reducción del desperdicio.
- Se recomienda utilizar el huso granulométrico de la norma ASTM D3515 la cual es ideal para la fabricación del pavimento flexible en nuestra región al presentar un huso con mayor tolerancia en comparación con la MAC–2.
- Es recomendable realizar investigaciones adicionales para explorar nuevas combinaciones de agregados de diferentes canteras y su impacto a corto y largo plazo en la calidad del pavimento flexible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chilon Infante, D. O., (2020), *Evaluación de calidad de materiales pétreos para la elaboración de asfalto en la carretera otuzco – Combayo, Cajamarca,* Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca; Universidad Privada del Norte. 64pp.

Donett Armas, C. A., (2020), *Calidad del pavimento flexible y su relación con el nivel de transitabilidad de las calles de Trujillo,* Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Trujillo; Universidad Cesar Vallejo de Trujillo. 59pp.

Fonseca Montejo, Alfonso., (2002), Ingeniería de pavimentos para carreteras, (2da Edición), Bogotá – Colombia: Agora Editores.

Hernández Cabrera, G. H., Ramírez Rodríguez, F., (2016). *Análisis de la influencia del grado de compactación de una mezcla asfáltica en su deformación permanente y la susceptibilidad a la humedad,* Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá; Universidad Católica de Colombia. 47 pp.

Lozada Tiglla, E.F., (2018), *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba,* Tesis (Ingeniero Civil). Pimentel, Chiclayo; Universidad Señor de Sipán. 173pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2014), Manual de carreteras, Especificaciones técnicas generales para construcción (Edición Marzo 2014). Lima - Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2014), Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección suelos y pavimentos (Edición Abril 2014). Lima - Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2016), Manual de ensayo de materiales (Edición Mayo 2016). Lima - Perú.

Montoya Tovar, D. D., (2015), *Importancia de los agregados pétreos para la estabilidad de carreteras en la carpeta asfáltica de la vía Chupaca roncha 2015,* Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo; Universidad Peruana Los Andes. 117pp.

Ñahui Sacha, S. M., (2018), 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, Tesis (Ingeniero Civil). Huancavelica; Universidad Nacional de Huancavelica. 151pp.

Reynoso Hilario, Z. C., (2014), 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, Tesis (Ingeniero Civil). Huancavelica; Universidad Nacional de Huancavelica. 151pp.

Rodríguez Velásquez, E. D., (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*, Tesis (Ingeniero Civil). Piura; Universidad de Piura. 159 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Figura 1.1.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMÉTRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022

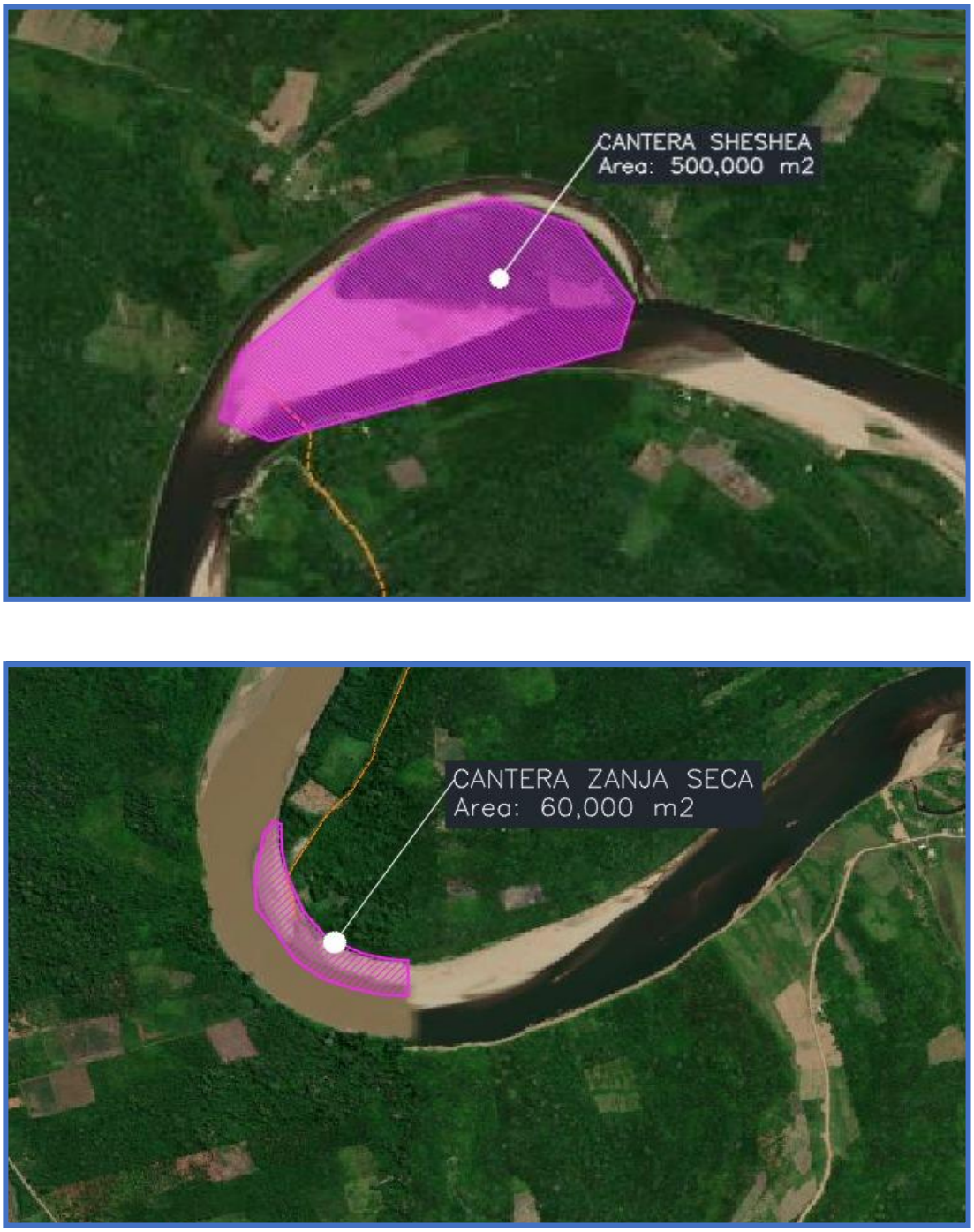
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO	METODOLOGIA
1. PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la calidad de los agregados provenientes de las canteras del distrito de Nueva Requena en relación con el diseño de una granulometría óptima que cumpla con los requisitos técnicos para su aplicación en pavimentos flexibles en la región Ucayali? **2. PROBLEMA ESPECIFICO** a. ¿Cuáles son las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena? b. ¿Qué tipo de intervención granulométrica permite adecuar los agregados disponibles a las exigencias técnicas para pavimento flexible de un espesor de 3" según las normas vigentes? c. ¿Cuál es el huso granulométrico entre MAC-2 del MTC y el huso del ASTM D3515 aplicable para pavimentos flexibles de 3" de espesor, con la mezcla de piedra triturada y agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena?	**1. OBJETIVO GENERAL** Evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras del distrito de Nueva Requena con el fin de diseñar una granulometría óptima que cumpla con los requisitos técnicos para su aplicación en pavimentos flexibles en la región Ucayali. **2. OBJETIVO ESPECIFICO** a. Determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados extraídos de las canteras del distrito de Nueva Requena. b. Establecer el tipo de ajuste granulométrico que requieren los agregados de las canteras de Nueva Requena para cumplir con las exigencias técnicas para pavimento flexible de un espesor de 3", según las normas vigentes. c. Comparar el huso granulométrico MAC-2 del MTC y el huso granulométrico ASTM D3515 para pavimento flexible 3" de espesor, con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.	**1. HIPÓTESIS GENERAL** Los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena presentan características físicas, mecánicas y químicas que permiten su uso en pavimentos flexibles, siempre que se ajusten a una granulometría óptima según normas técnicas vigentes. **2. HIPOTESIS ESPECIFICO** a. H1: Los agregados de las canteras de Nueva Requena cumplen con las propiedades físicas, mecánicas y químicas necesarias para su utilización en mezclas asfálticas para pavimentos flexibles. b. H2: Los agregados de las canteras de Nueva Requena requieren un ajuste granulométrico que los adecúe a las especificaciones técnicas establecidas para pavimentos flexibles de un espesor de 3" según las normas vigentes. c. H3: El huso granulométrico ASTM D3515 resulta más adecuado en el diseño de mezcla para pavimentos flexibles de 3" de espesor con la mezcla de piedra triturada y los agregados provenientes de las canteras de Nueva Requena.	**1.- VARIABLE INDEPENDIENTE** Calidad de los agregados de las canteras del distrito de Nueva Requena. DIMENSIÓN / Indicadores FÍSICA • Granulometría • Absorción • Humedad • Densidad MECÁNICA • Desgaste (Los Ángeles), QUÍMICA • Arcillas • Sales • Materia orgánica **2.- VARIABLE DEPENDIENTE** Diseño de granulometría para pavimento flexible para un espesor de 3". **DIMENSIÓN / INDICADORES** ADECUACIÓN AL DISEÑO Nivel de correspondencia entre la granulometría obtenida y las necesidades de una estructura de pavimento flexible de 3". OPTIMIZACIÓN Ajuste granulométrico para alcanzar una granulometría continua y estable cumpliendo los limites normativos. CUMPLIMIENTO NORMATIVO , Ajuste al huso MAC-2 del MTC. Ajuste al huso ASTM D3515.	**1. TIPO DE INVESTIGACION** El tipo de investigación es aplicada y de enfoque cuantitativo al buscar recolección de datos y análisis de datos numéricos. **2. NIVEL DE INVESTIGACION** Será una investigación descriptivo, explicativo y analítico. **3. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACION** **M1: Cantera Sheshea** **EN → AN+PTR+ATR→EGM** **M2: Cantera Zanja Seca** **EN → AN+PTR+ATR→EGM** M1 = Muestra Sheshea. M2 = Muestra Zanja Seca. EN = Ensayos Normados. AN = Arena Natural. PTR = Piedra Triturada. ATR = Arena de Trituración. EGM = Evaluación granulométrica de la mezcla	**METODOS** - Cuantitativo: Recolecta y analiza datos Numéricos. - Descriptivo: Se recopila las muestras de las canteras, ensayos en laboratorio, análisis de resultados. - Comparativo: se contrastan resultados con especificaciones MAC-2 y ASTM D3515. - Revisión documental: (MTC, ASTM) y estudios previos. - Ensayos de laboratorio: Caracterización de los agregados según MTC y ASTM. - Intervención granulométrica: mezcla de fracciones, chancado o cribado para ajuste a gradaciones requeridas. - Análisis comparativo de curvas: superposición de la curva los agregados con los husos granulométricos MAC-2 y ASTM D3515. **Población:** Canteras ubicados en el distrito de Nueva Requena **Muestra:** Cantera Sheshea Cantera Zanza Seca **Muestreo:** No Probabilístico, considerando accesibilidad y características técnicas de interés, es por conveniencia.

ANEXO 2:

VISTA SATELITAL DE LAS CANTERAS DE NUEVA REQUENA.

Figura 2.1.

Área de las canteras Sheshea y Zanja Seca



Fuente. Google Earth Pro

ANEXO 3:

ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS SHESHEA Y ZANJA SECA

Figuras 3.1.
Resultados de los ensayos de laboratorio, granulometría

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO
(ASTM D-422 - MTC E 107)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

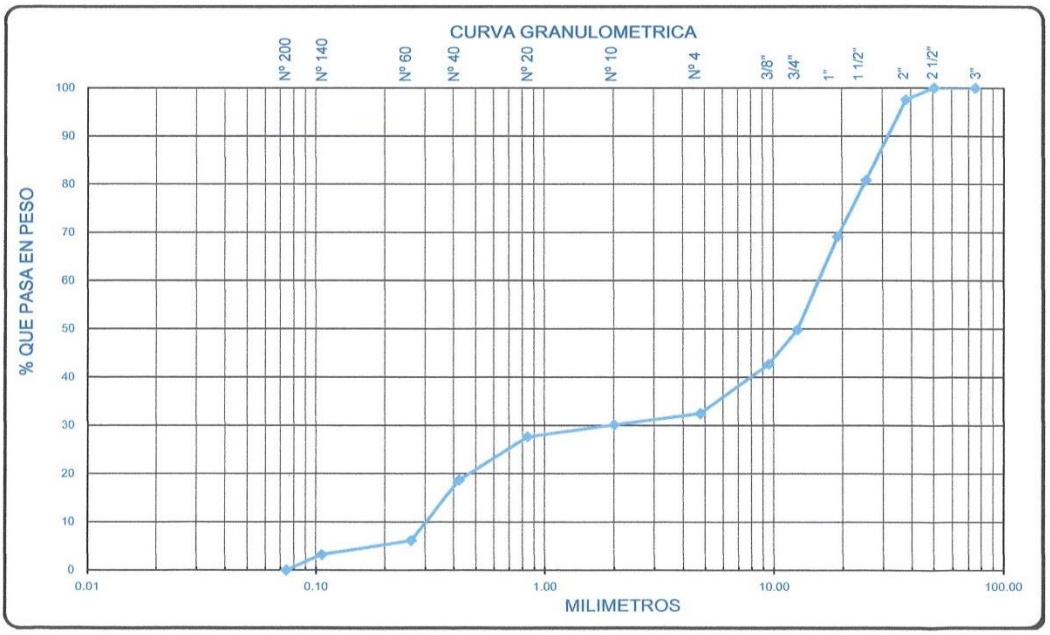
PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

TAMIZ Nº (A.S.T.M)	ABERTURA EN. mm.	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
4"	101.600								
3"	75.000				100.00				
2"	50.800				100.00		Tamaño Max.	:	1 1/2"
1 1/2"	38.100	120.00	2.43	2.43	97.57		Peso Total (gr.)	:	4929.0
1"	25.400	825.00	16.74	19.17	80.83		Peso de Grava (gr.)	:	3330.0
3/4"	19.050	575.00	11.67	30.84	69.16		Peso de Arena (gr.)	:	1599.0
1/2"	12.700	955.00	19.38	50.21	49.79		Porcentaje de Graba	:	67.56
3/8"	9.525	350.00	7.10	57.31	42.69		Porcentaje de Fino	:	32.44
Nº 4	4.760	505.00	10.25	67.56	32.44				
Nº 10	2.000	115.30	2.34	69.90	30.10		Observaciones:		
Nº 20	0.840	122.00	2.48	72.37	27.63				
Nº 40	0.420	443.10	8.99	81.36	18.64				
Nº 60	0.260	617.20	12.52	93.89	6.11				
Nº 140	0.106	142.00	2.88	96.77	3.23				
Nº 200	0.074	159.00	3.23	99.99	0.01				
< Nº 200	FONDO	0.40	0.01	100.00	0.00				



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas

Figuras 3.2.

Resultados de los ensayos, determinación de material que pasa tamiz 200

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DETERMINACION DEL MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ Nº 200
(ASTM C-117 - MTC E 202)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES **SOLICITANTES:** BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS** BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
CANTERA : **SHESHEA** **FECHA:** Noviembre 2023
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

PESO DE MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO			
Peso constante del suelo + Peso del tarro	2000.0	2000.0	
PESO DE MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO			
Peso constante del suelo + Peso del tarro	1965.0	1980.0	
Peso de tarro	0.0	0.00	**PROMEDIO**
Peso que pasa la malla Nº 200	35.0	20.0	
% de material más fino que el tamiz Nº 200	**1.75%**	**1.00%**	**1.38%**

Observaciones:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Camilo Vargas
Reg. CIP. Nº 222126

Figuras 3.3.

Resultados de los ensayos, límite líquido, límite plástico

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318 - MTC E 110)
LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318 - MTC E 111)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **SHESHEA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

DETERMINACION DEL LÍMITE LÍQUIDO

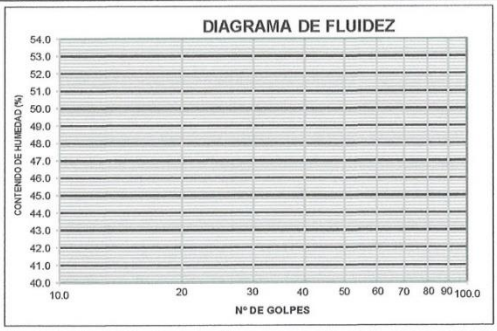
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

N.L.

DETERMINACION DEL LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P.



RESULTADOS DE CONSTANTES FÍSICAS:

LÍMITE LÍQUIDO	N.L.	%
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.	%

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP. Nº 222426

Figuras 3.4.

Resultados de los ensayos, de terrones de arcilla

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

TERRONES DE ARCILLA (ASTM C-142 - MTC E 212)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

AGREGADO GRUESO:

Tamaño de las particulas entre los tamices de :		Peso de la muestra antes del ensayo	Tamaño del tamiz para remover el residuo del ensayo	Peso de la muestra despues del ensayo	Peso de la perdida del material	Perdida
Pasa	Retiene	(g)		(g)	(g)	(%)
3/4" (19.0 m.m)	Nº 4 (4.75 m.m)	3000.0	Nº 8 (2.36 m.m)	2983.1	16.88	0.56%

ESPECIFICACION MAX.	3%

AGREGADO FINO:

Tamaño de las particulas entre los tamices de :		Peso de la muestra antes del ensayo	Tamaño del tamiz para remover el residuo del ensayo	Peso de la muestra despues del ensayo Peso Retenido después del ensayo	Peso de la perdida del material Perdida total	Perdida
Pasa	Retiene	(g)		(g)	(g)	(%)
Nº 4 (4.75 m.m)	Nº 16 (1.18 m.m)	150.0	Nº 20 (0.840 m.m)	148.2	1.80	1.20%

ESPECIFICACION MAX.	3%

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP. Nº 222426

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.5.

Resultados de los ensayos, contenido de sales solubles en agregado grueso y fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES GRUESO Y FINO (NTP 339.152)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **SHESHEA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

DATOS DE ENSAYO

	Nº DE ENSAYO		Grava	Arena	
1	PESO DE MUESTRA SECA	(gr)	505.00	100.00	
2	VOLUMEN DE LA MUESTRA DE AFORO BASE	(ml)	100.00	100.00	
3	PESO DE TARA	(gr)	73.61	74.18	
4	PESO DE LA ALICUOTA + TARA	(gr)	173.80	174.20	
5	PESO DE LA ALICUOTA CRISTALIZADA + TARA	(gr)	74.80	74.63	
6	PESO DE LA ALICUOTA CRISTALIZADA	(gr)	1.19	0.45	
7	% SALES SOLUBLES	(%)	0.236	0.45	

OBSERVACIONES : PARAMETROS

.....
.....
.....
.....

ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL SUELO NOCIVOS PARA LA CIMENTACIÓN

Presencia en el suelo de:	(p.p.m.)	Grado de Alteración	Observaciones
* Sulfatos	0 - 1,000	Leve	Ocaciona un ataque químico al concreto de la cimentación
	1,000 - 2,000	Moderado	
	2,000 - 20,000	Severo	
	> 20,000	Muy severo	
** Cloruros	> 6,000	Perjudicial	Ocaciona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos
**Sales Solubles Totales	> 15,000	Perjudicial	Ocaciona problemas de pérdida de resistencia mecánica por lixiviación

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP. N° 222426

Figuras 3.6.

Resultados de los ensayos, materia orgánica en arena

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

MATERIA ORGÁNICA EN ARENA (ASTM C-140, MTC E 213)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA
SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

EQUIPO

COLOR STANDARD CHART - MODEL CT-97

La tabla de colores estándar del aparato es utilizada en lugar de las soluciones de color estándar y elimina la necesidad de preparar una nueva solución para cada prueba.

PRUEBA

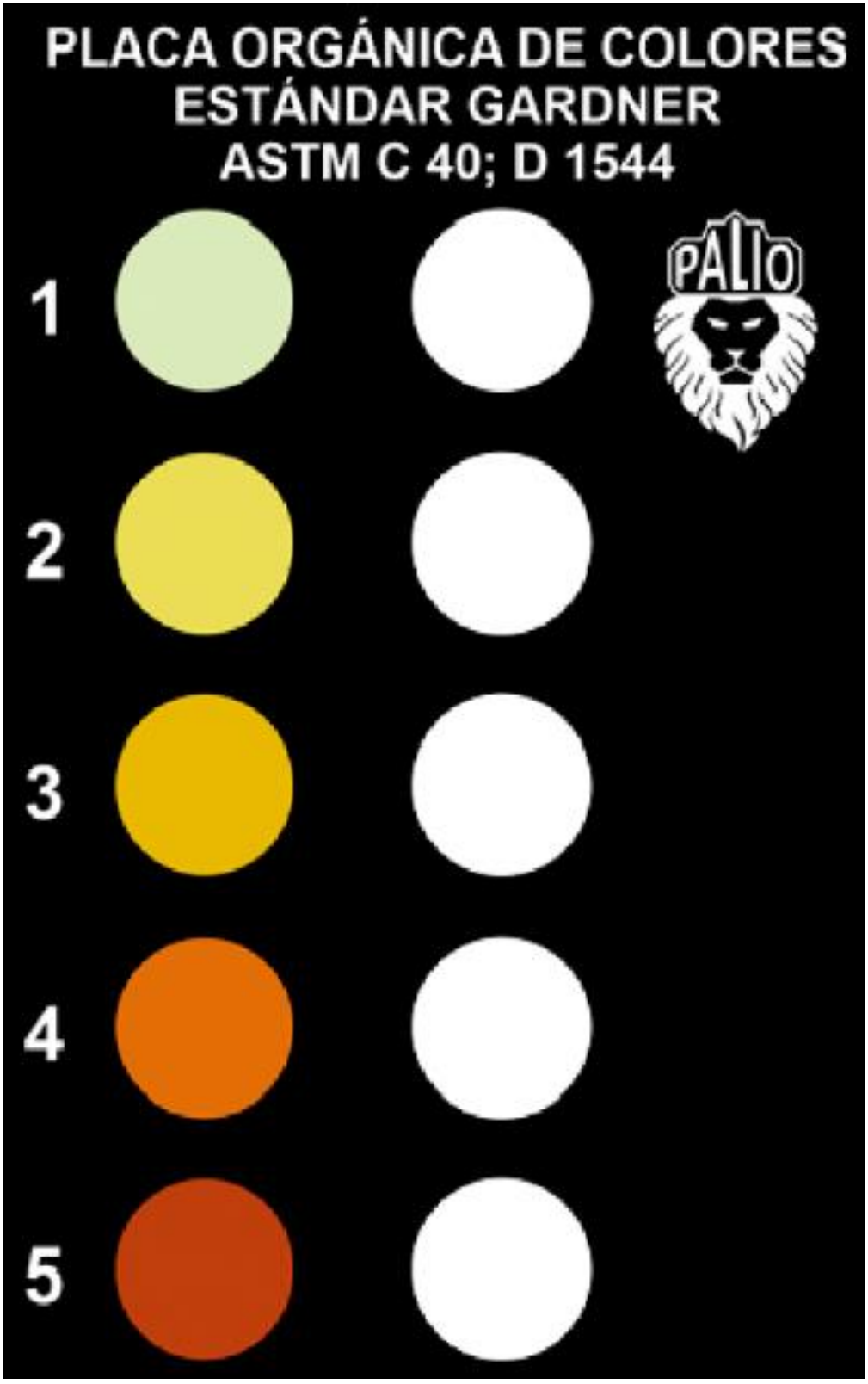
PESO MUESTRA: 250 g SOLUCION NaOH (3%): 100.00 ml
FECHA PREPARACION: HORA:
FECHA LECTURA: HORA:

TABLA DE COLORES ESTANDAR		RESULTADO DE LA PRUEBA		
		COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSION
▲ MAS CLARO	1	X	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO DAÑIÑO	APROBADO PARA USO
	2			
COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	32		CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO ACEPTABLE	
▼ MAS OSCURO	42		POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑIÑO	ADVERTENCIA! NECESITA DE OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION
	52			

OBSERVACIONES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP. N° 222126

Figuras 3.7.
Colorimetría (placa orgánica de colores estándar Gardner ASTM C 40; D 1544



Figuras 3.8.

Resultados de los ensayos, gravedad especifica y absorción del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127 - MTC E 206)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES : BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

Nº DE ENSAYOS		1	2	3	
Peso de muestra seca al horno	A gr.	2715.0	2633.0	2674.0	
Peso de muestra saturada superf. Seca	B gr.	2736.0	2654.0	2695.0	
Peso de muestra saturada superf. seca Sumergida	C gr.	1703.0	1653.0	1678.0	PROM.
Peso específico sobre base seca A/(B-C)		2.628	2.630	2.629	2.629
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)		2.649	2.651	2.650	2.650
Peso específico aparente A/(A-C)		2.683	2.687	2.685	2.685
Absorción de agua ((B-A)*100)/A		0.77	0.80	0.79	0.785

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamila Vargas
Reg. CIP. Nº 222426

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.9.

Resultados de los ensayos, gravedad especifica y absorción del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128, MTC E 205)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **SHESHEA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO
MTC E 205

Nº DE ENSAYOS			**1**	**2**	**3**	
P. Picnómetro mas agua aforado	A	gr.	**655.00**	**655.50**	**655.00**	
P. de la muestra seca al horno	B	gr.	**296.00**	**296.20**	**295.99**	
P. de la muestra saturada superficialmente seca	C	gr.	**300.00**	**299.89**	**300.01**	
P. Picnómetro mas agua mas muestra aforado	D	gr.	**842.00**	**842.01**	**841.98**	PROM.
Peso específico sobre base seca B/(C-(D-A))			2.619	2.612	2.619	**2.617**
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca C/(C-(D-A))			2.655	2.645	2.654	**2.651**
Peso específico aparente B/(B-(D-A))			2.716	2.700	2.715	**2.710**
Absorción de agua ((C-B)*100)/B			1.35	1.25	1.36	**1.318**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Camilo Vargas
CIP. Nº 222...

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.10.
Resultados de los ensayos, peso unitario del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUES (ASTM C-29 - MTC E 203)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
CANTERA : SHESHEA
FECHA: Noviembre 2023
PROCEDENCIA : Noviembre 2023

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	**15623**	**15541**	**15603**	
Peso del recipiente	(gr)	**6436**	**6436**	**6436**	
Peso de la muestra	(gr)	9187	9105	9167	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario suelto	(kg/m^3)	1628	1613	1624	
Peso unitario suelto promedio	**(kg/m^3)**	**1622**			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	16310	16315	16275	
Peso del recipiente	(gr)	6436	6436	6436	
Peso de la muestra	(gr)	9874	9879	9839	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario compactado	(kg/m^3)	1749	1750	1743	
Peso unitario compactado promedio	**(kg/m^3)**	**1748**			

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Carlos Esteban Comila Vargas

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.11.
Resultados de los ensayos, peso unitario del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-29 - MTC E 203)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15120	15028	15087	
Peso del recipiente	(gr)	6486	6486	6486	
Peso de la muestra	(gr)	8634	8542	8601	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario suelto	(kg/m^3)	1530	1513	1524	
Peso unitario suelto promedio	**(kg/m^3)**	**1522**			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15896	15812	15856	
Peso del recipiente	(gr)	6486	6486	6486	
Peso de la muestra	(gr)	9410	9326	9370	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario compactado	(kg/m^3)	1667	1652	1660	
Peso unitario compactado promedio	**(kg/m^3)**	**1660**			

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP Nº 222426

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.12.

Resultados de los ensayos, equivalente de arena

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419 - MTC E 114)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : **ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **SHESHEA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

Nº DE ENSAYOS	**1**	**2**	**3**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	< Nº 4	< Nº 4	< Nº 4
Hora de entrada a saturación	**2:27**	**2:29**	**2:31**
Hora de salida de saturación (mas 10")	2:37	2:39	2:41
Hora de entrada a decantación	2:39	2:41	2:43
Hora de salida de decantación (mas 20")	2:59	3:01	3:03
Altura máxima de material fino	**4.5**	**4.6**	**4.6**
Altura máxima de la arena	**3.5**	**3.6**	**3.5**
Equivalente de Arena (%)	78.0	78.0	76.0
PROMEDIO		**78.0**	

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamila Vargas
Reg. CIP Nº 222426

Figuras 3.13.
Resultados de los ensayos, durabilidad del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-88 - MTC E 209)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: Análisis cuantitativo.

Fracción		1	2	3	4	5
Tamiz		Gradación Original	Peso de la fracción ensayada	Peso Retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 1/2"	2"					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	8.1	800.0	775.0	3.1	0.25
1"	3/4"	12.6	723.0	658.0	9.0	1.13
3/4"	1/2"	41.3	684.0	658.0	3.8	1.57
1/2"	3/8"	18.3	416.0	393.0	5.5	1.01
3/8"	N° 4	19.7	353.0	320.0	9.3	1.84
TOTAL		100.0	2976.0	2804.0		5.81

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: 5.8 %

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Carlos Esteban Zamilla Vargas

Figuras 3.14.
Resultados de los ensayos, durabilidad del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM C-88 - MTC E 209)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : SHESHEA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: Análisis cuantitativo.

Fracción		1	2	3	4	5
Tamiz		Gradación Original	Peso de la fracción ensayada	Peso Retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
3/8"	N° 4					
N° 4	N° 8	12.3	102.0	100.0	1.96	0.24
N° 8	N° 16	32.0	103.0	99.0	3.88	1.24
N° 16	N° 30	13.0	102.0	97.0	4.90	0.64
N° 30	N° 50	17.0	101.0	90.0	10.89	1.85
N° 50	N° 100	9.8	105.0	94.0	10.48	1.03
TOTAL		84.1	513.0	480.0		5.00

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: 5.00 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP. N° 222126

OBSERVACIONES:

ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA ZANJA SECA

Figuras 3.15.
Resultados de los ensayos de laboratorio, granulometría

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO
(ASTM D-422 - MTC E 107)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

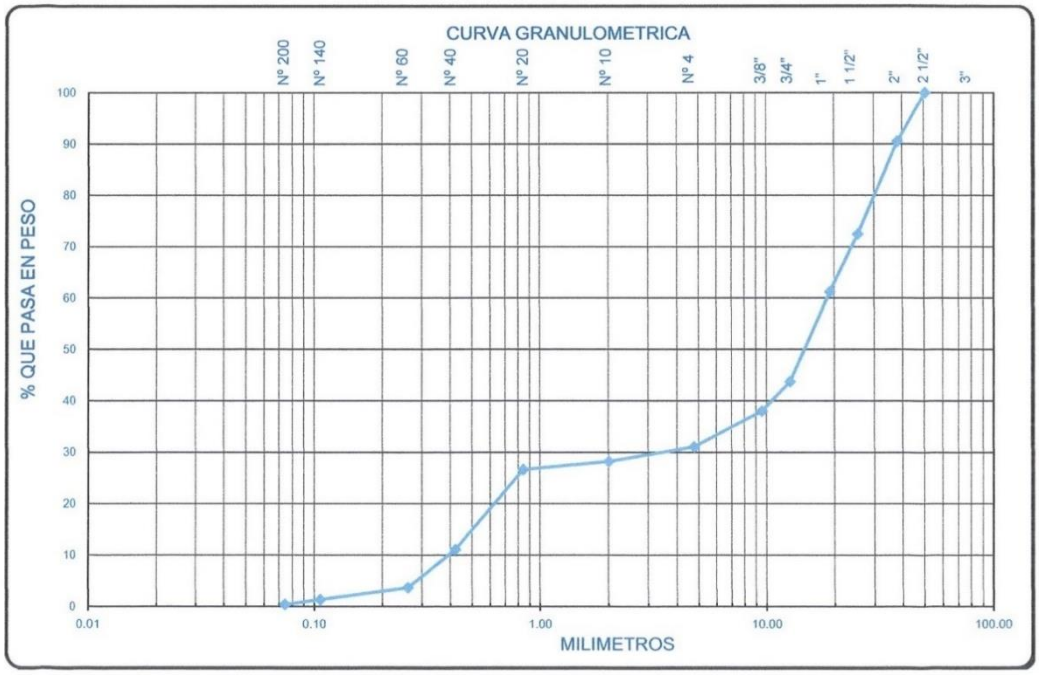
PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

TAMIZ Nº (A.S.T.M)	ABERTURA EN. mm.	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						
3"	75.000				100.00		
2"	50.800				100.00		Tamaño Max. : 1 1/2"
1 1/2"	38.100	555.00	9.50	9.50	90.50		Peso Total (gr.) : 5842.0
1"	25.400	1056.00	18.08	27.58	72.42		Peso de Grava (gr.) : 4028.0
3/4"	19.050	654.00	11.19	38.77	61.23		Peso de Arena (gr.) : 1814.0
1/2"	12.700	1023.00	17.51	56.28	43.72		Porcentaje de Graba : 68.95
3/8"	9.525	336.00	5.75	62.03	37.97		Porcentaje de Fino : 31.05
Nº 4	4.760	404.00	6.92	68.95	31.05		
Nº 10	2.000	168.00	2.88	71.82	28.18		Observaciones:
Nº 20	0.840	91.00	1.56	73.38	26.62		
Nº 40	0.420	909.00	15.56	88.94	11.06		
Nº 60	0.260	433.00	7.41	96.35	3.65		
Nº 140	0.106	136.00	2.33	98.68	1.32		
Nº 200	0.074	55.00	0.94	99.62	0.38		
< Nº 200	FONDO	22.00	0.38	100.00	0.00		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamila Vargas
Reg. CIP. Nº 222126

Figuras 3.16.
Resultados de los ensayos determinación de material que pasa tamiz 200

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DETERMINACION DEL MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ Nº 200
(ASTM C-117 - MTC E 202)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **ZANJA SECA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

PESO DE MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO			
Peso constante del suelo + Peso del tarro	2000.0	2000.0	
PESO DE MUESTRA SECA DESPUES DE LAVADO			
Peso constante del suelo + Peso del tarro	1972.0	1995.0	**PROMEDIO**
Peso de tarro	0.0	0.00	
Peso que pasa la malla Nº 200	28.0	5.0	
% de material más fino que el tamiz Nº 200	**1.40%**	**0.25%**	**0.83%**

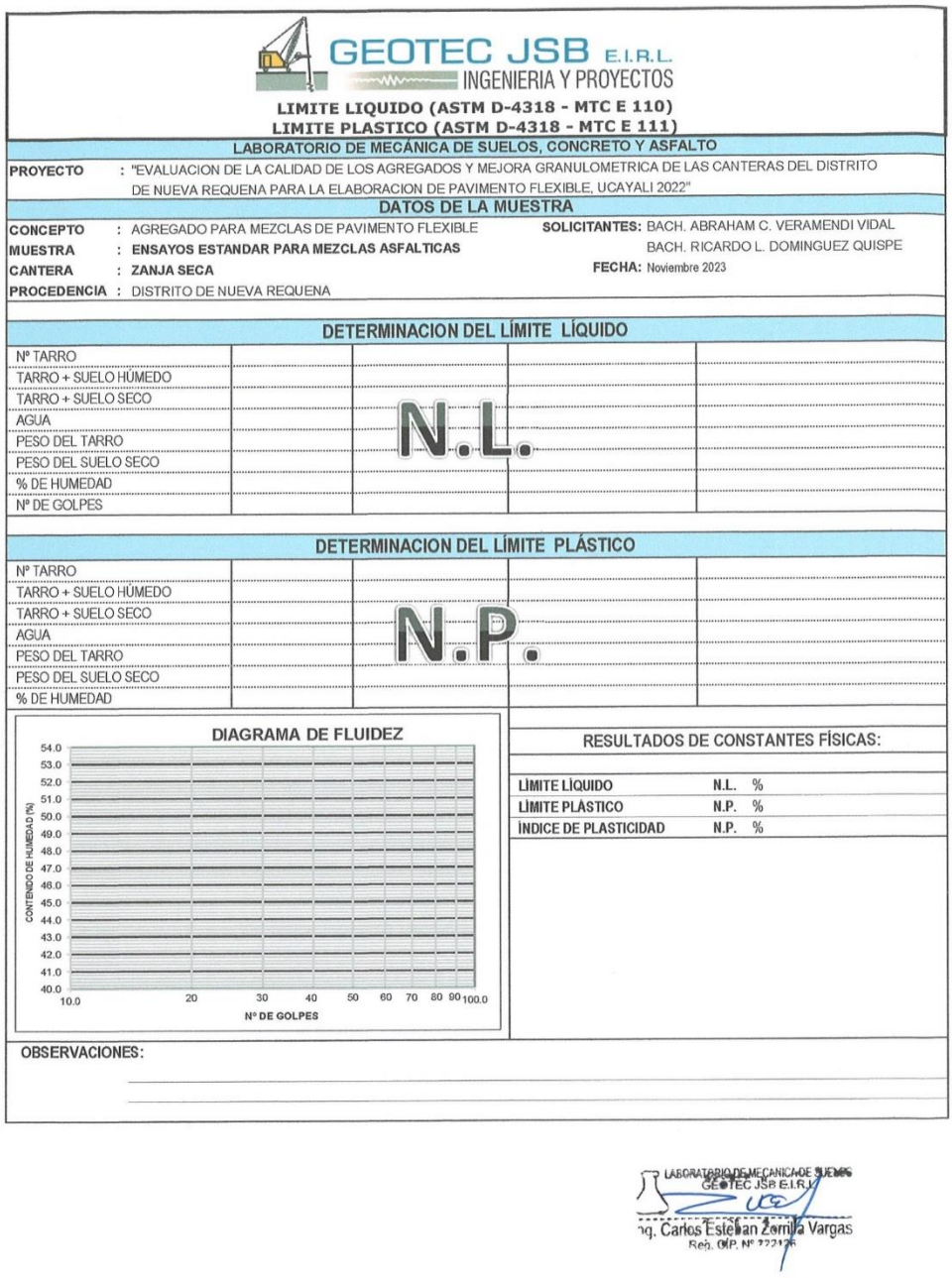
Observaciones:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP Nº 222126

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.17.

Resultados de los ensayos, límite líquido, límite plástico



GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318 - MTC E 110)
LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318 - MTC E 111)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **ZANJA SECA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

DETERMINACION DEL LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO		N.L.		
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

DETERMINACION DEL LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO		N.P.		
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

RESULTADOS DE CONSTANTES FÍSICAS:

LÍMITE LÍQUIDO	N.L.	%
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.	%

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP. Nº 222176

Figuras 3.18.

Resultados de los ensayos, de terrones de arcilla

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

TERRONES DE ARCILLA (ASTM C-142 - MTC E 212)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

AGREGADO GRUESO:

Tamaño de las particulas entre los tamices de :		Peso de la muestra antes del ensayo	Tamaño del tamiz para remover el residuo del ensayo	Peso de la muestra despues del ensayo	Peso de la perdida del material	Perdida
Pasa	Retiene	(g)		(g)	(g)	(%)
3/4" (19.0 m.m)	Nº 4 (4.75 m.m)	3000.0	Nº 8 (2.36 m.m)	2998.1	1.88	0.06%

ESPECIFICACION MAX.	3%

AGREGADO FINO:

Tamaño de las particulas entre los tamices de :		Peso de la muestra antes del ensayo	Tamaño del tamiz para remover el residuo del ensayo	Peso de la muestra despues del ensayo Peso Retenido después del ensayo	Peso de la perdida del material Perdida total	Perdida
Pasa	Retiene	(g)		(g)	(g)	(%)
Nº 4 (4.75 m.m)	Nº 16 (1.18 m.m)	150.0	Nº 20 (0.840 m.m)	149.2	0.80	0.53%

ESPECIFICACION MAX.	3%

OBSERVACIONES :

GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamila Vargas
Reg. CIP. Nº 222125

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.19.

Resultados de los ensayos, contenido de sales solubles en agregado grueso y fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

CONTENIDO SALES SOLUBLES TOTALES GRUESO Y FINO (NTP 339.152)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA
SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

DATOS DE ENSAYO

	N° DE ENSAYO		Grava	Arena	
1	PESO DE MUESTRA SECA	(gr)	516.00	100.00	
2	VOLUMEN DE LA MUESTRA DE AFORO BASE	(ml)	100.00	100.00	
3	PESO DE TARA	(gr)	73.61	74.18	
4	PESO DE LA ALICUOTA + TARA	(gr)	173.80	174.20	
5	PESO DE LA ALICUOTA CRISTALIZADA + TARA	(gr)	74.90	74.63	
6	PESO DE LA ALICUOTA CRISTALIZADA	(gr)	1.29	0.45	
7	% SALES SOLUBLES	(%)	0.250	0.450	

OBSERVACIONES : PARAMETROS

.....
.....
.....
.....

ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL SUELO NOCIVOS PARA LA CIMENTACIÓN

Presencia en el suelo de:	(p.p.m.)	Grado de Alteración	Observaciones
* Sulfatos	0 - 1,000	Leve	Ocaciona un ataque químico al concreto de la cimentación
	1,000 - 2,000	Moderado	
	2,000 - 20,000	Severo	
	> 20,000	Muy severo	
** Cloruros	> 6,000	Perjudicial	Ocaciona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos
**Sales Solubles Totales	> 15,000	Perjudicial	Ocaciona problemas de pérdida de resistencia mecánica por lixiviación

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP. N° 222426

Figuras 3.20.

Resultados de los ensayos, materia orgánica en arena

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

MATERIA ORGÁNICA EN ARENA (ASTM C-140, MTC E 213)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

EQUIPO

COLOR STANDARD CHART - MODEL CT-97

La tabla de colores estándar del aparato es utilizada en lugar de las soluciones de color estándar y elimina la necesidad de preparar una nueva solución para cada prueba.

PRUEBA

PESO MUESTRA: 250 g SOLUCION NaOH (3%): 100.00 ml

FECHA PREPARACION: HORA:

FECHA LECTURA: HORA:

TABLA DE COLORES ESTANDAR	RESULTADO DE LA PRUEBA		
	COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSION
▲ MAS CLARO 1	X	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO DAÑIÑO	APROBADO PARA USO
2			
COLOR ESTANDAR DE REFE-RENCIA 32		CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO ACEPTABLE	
▼ MAS OSCURO 42		POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑIÑO	ADVERTENCIA! NECESITA DE OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION
52			

OBSERVACIONES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamalloa Vargas
Resp. CIP. N° 223426

Figuras 3.21.

Resultados de los ensayos, gravedad especifica y absorción del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127, MTC E 206)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES : BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

Nº DE ENSAYOS			1	2	3	PROM.
Peso de muestra seca al horno	A	gr.	2726.0	2641.0	2683.5	
Peso de muestra saturada superf. Seca	B	gr.	2736.0	2654.0	2695.0	
Peso de muestra saturada superf. seca Sumergida	C	gr.	1703.0	1653.0	1678.0	
Peso específico sobre base seca A/(B-C)			2.639	2.638	2.639	**2.639**
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)			2.649	2.651	2.650	**2.650**
Peso específico aparente A/(A-C)			2.665	2.673	2.669	**2.669**
Absorción de agua ((B-A)*100)/A			0.37	0.49	0.43	**0.429**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamalla Vargas

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.22.

Resultados de los ensayos, gravedad especifica y absorción del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128, MTC E 205)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
MUESTRA : **ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
CANTERA : **ZANJA SECA**
FECHA: Noviembre 2023
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO
MTC E 205

Nº DE ENSAYOS			**1**	**2**	**3**	
P. Picnómetro mas agua aforado	A	gr.	**658.00**	**660.00**	**662.00**	
P. de la muestra seca al horno	B	gr.	**296.00**	**296.20**	**295.99**	
P. de la muestra saturada superficialmente seca	C	gr.	**300.00**	**299.89**	**300.01**	
P. Picnómetro mas agua mas muestra aforado	D	gr.	**842.00**	**842.01**	**841.98**	PROM.
Peso específico sobre base seca B/(C-(D-A))			2.552	2.513	2.466	**2.510**
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca C/(C-(D-A))			2.586	2.544	2.499	**2.543**
Peso específico aparente B/(B-(D-A))			2.643	2.594	2.551	**2.596**
Absorción de agua ((C-B)*100)/B			1.35	1.25	1.36	**1.318**

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.23.

Resultados de los ensayos, peso unitario del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-29, MTC E 203)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYO
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : Noviembre 2023

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	**15685**	**15589**	**15642**	
Peso del recipiente	(gr)	**6436**	**6436**	**6436**	
Peso de la muestra	(gr)	9249	9153	9206	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario suelto	(kg/m^3)	1639	1622	1631	
Peso unitario suelto promedio	**(kg/m^3)**	**1631**			

PESO UNITARIO VARILLADO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	16389	16385	16312	
Peso del recipiente	(gr)	6436	6436	6436	
Peso de la muestra	(gr)	9953	9949	9876	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario compactado	(kg/m^3)	1763	1763	1750	
Peso unitario compactado promedio	**(kg/m^3)**	**1759**			

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP. N°

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.24.

Resultados de los ensayos, peso unitario del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-29, MTC E 203)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15186	15145	15187	
Peso del recipiente	(gr)	6486	6486	6486	
Peso de la muestra	(gr)	8700	8659	8701	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario suelto	(kg/m^3)	1541	1534	1542	
Peso unitario suelto promedio	**(kg/m^3)**	**1539**			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15915	15896	15902	
Peso del recipiente	(gr)	6486	6486	6486	
Peso de la muestra	(gr)	9429	9410	9416	
Volumen	(cm^3)	5644	5644	5644	
Peso unitario compactado	(kg/m^3)	1671	1667	1668	
Peso unitario compactado promedio	**(kg/m^3)**	**1669**			

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.25.

Resultados de los ensayos, equivalente de arena

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419, MTC E 114)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : **ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS**
CANTERA : **ZANJA SECA**
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

Nº DE ENSAYOS	**1**	**2**	**3**
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	< Nº 4	< Nº 4	< Nº 4
Hora de entrada a saturación	**2:27**	**2:29**	**2:31**
Hora de salida de saturación (mas 10")	2:37	2:39	2:41
Hora de entrada a decantación	2:39	2:41	2:43
Hora de salida de decantación (mas 20")	2:59	3:01	3:03
Altura máxima de material fino	**4.55**	**4.70**	**4.67**
Altura máxima de la arena	**3.50**	**3.60**	**3.50**
Equivalente de Arena (%)	77.0	77.0	75.0
PROMEDIO		**77.0**	

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamora Vargas
Reg. CIP. Nº 222129

Figuras 3.26.

Resultados de los ensayos, durabilidad del agregado grueso

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-88 - MTC E 209)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: Análisis cuantitativo.

Fracción		1	2	3	4	5
Tamiz		Gradación Original	Peso de la fracción ensayada	Peso Retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
2 1/2"	2"					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	8.1	800.0	775.0	3.1	0.25
1"	3/4"	12.8	723.0	658.0	9.0	1.15
3/4"	1/2"	41.0	684.0	658.0	3.8	1.56
1/2"	3/8"	18.8	416.0	393.0	5.5	1.04
3/8"	N° 4	19.3	353.0	320.0	9.3	1.80
TOTAL		100.0	2976.0	2804.0		5.80

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: 5.8 %

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zamilla Vargas
Reg. CIP. N° 222170

Figuras 3.27.

Resultados de los ensayos, durabilidad del agregado fino

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM C-88 - MTC E 209)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : ZANJA SECA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: Análisis cuantitativo.

Fracción		1	2	3	4	5
Tamiz		Gradación Original	Peso de la fracción ensayada	Peso Retenido después del ensayo	Perdida total	Perdida Corregida
Pasa	Retiene	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)
3/8"	N° 4					
N° 4	N° 8	12.9	103.0	100.0	2.91	0.38
N° 8	N° 16	31.9	105.0	99.0	5.71	1.82
N° 16	N° 30	12.5	104.0	97.0	6.73	0.84
N° 30	N° 50	18.9	102.0	90.0	11.76	2.22
N° 50	N° 100	8.7	106.0	94.0	11.32	0.98
TOTAL		84.9	520.0	480.0		6.25

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: 6.25 %

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas
Reg. CIP. N° 222126

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

Figuras 3.28.

Resultados de los ensayos, de abrasión – maquina los ángeles

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

ENSAYO DE ABRASION - MAQUINA DE LOS ANGELES (ASTM C-131, MTC E 207)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS
MUESTRA : ENSAYOS ESPECIALES PARA MEZCLAS ASFALTICAS
CANTERA : MATERIAL PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
PROCEDENCIA : DISTRITO DE NUEVA REQUENA

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
FECHA: Noviembre 2023

DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYOS			
NUMERO DE ENSAYO	N°	1	2	3	4
GRADACION	N°	B	B	B	
1 1/2" - 1"	g.				
1" - 3/4"	g.				
3/4" - 1/2"	g.	2516.0	2531.0	2523.0	
1/2" - 3/8"	g.	2517.0	2517.0	2512.0	
3/8" - 1/4"	g.				
1/4" - N° 4	g.				
N° 4 - N° 8	g.				
PESO TOTAL	g.	5033.0	5048.0	5035.0	
MAT. RETENIDO TAMIZ Nº 12	g.	3523.0	3543.0	3535.0	
MAT. PASANTE TAMIZ Nº 12	g.	1510.0	1505.0	1500.0	
PORCENTAJE OBTENIDO		30.0%	29.8%	29.8%	
PROMEDIO		29.9%			

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Cerilla Vargas
Resp. CIP N° 227126

Av. Unión 754 - Callería - Cel: 920819979 - Email: geotecjsb@gmail.com - jsalasb@uni.pe

ANEXO 4:

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE GRANULOMETRIA Y CARACTERISTICAS DE LA PIEDRA TRITURADA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE (CANTERA INTERVINIENTE)

Figuras 4.1.

Evaluación de piedra triturada para pavimento flexible % caras fracturadas

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821, MTC E 210

PIEDRA CHANCADA PARA LA MEJORA GRANULOMETRICA

PROYECTO: "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : AGREGADO PARA MEZCLAS DE PAVIMENTO FLE **SOLICITANTES:** BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
MUESTRA : ENSAYOS ESTANDAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE
CANTERA : CUALQUIERA CON OVER MAYORES A 3" **FECHA:** Enero 2024
PROCEDENCIA : CANTERA AL MALIK I (CAMBIO 90) - CURIMANA

Peso Inicial:	6186.00 seco	P. Humedo:	6298.50	
Grava:	6186.00	Peso Seco:	6186.00	
Arena:	0.00	P. agua:	112.50	
		% Humedad:	1.82	%

TAMIZ Nº (A.S.T.M)	ABERTURA EN. mm.	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.000				100
3/4"	19.050				100
1/2"	12.500	1143.00	18.48	18.48	81.52
3/8"	9.500	3258.00	52.67	71.14	28.86
Nº 4	4.750	1785.00	28.86	100.00	0.00
Nº 8	2.360				
Nº 10	2.000				
Nº 16	1.180				
Nº 30	0.595				
Nº 40	0.420				
Nº 50	0.300				
Nº 60	0.250				
Nº 100	0.149				
Nº 200	0.075				
		TOTAL:	100.00		

1 CARA FRACTURADA

Tamiz	Peso g	1 Cara g	% 1 Cara	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	1118.00	97.81	18.48	18.07	% min:	80.0 %
3/8	3258.00	3198.76	98.18	52.67	51.71	Tenemos:	97.9 %
Nº 4	1785.00	1737.21	97.32	28.86	28.08		**Cumple!!!**
				100.00	97.87		

2 CARAS FRACTURADAS A MAS

Tamiz	Peso g	2 Caras g	% 2 Caras	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	1112.00	97.29	18.48	17.98	% min:	60.0 %
3/8	3258.00	3148.00	96.62	52.67	50.89	Tenemos:	96.7 %
Nº 4	1785.00	1718.94	96.30	28.86	27.79		**Cumple!!!**
				100.00	96.65		

CHATAS Y ALARGADAS

Tamiz	Peso g	Peso g	% del conteo	% Retenido	% Parciales		
1/2	1143.00	34.00	2.97	18.48	0.55	% max:	10.0 %
3/8	3258.00	186.17	5.71	52.67	3.01	Tenemos:	5.0 %
Nº 4	1785.00	91.36	5.12	28.86	1.48		**Cumple!!!**
				100.00	5.04		

Figuras 4.2.

Arena natural Sheshea + arena chancada + piedra chancada

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

COMBINACION DE AGREGADOS: ARENA NATURAL SHESHEA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

CONCEPTO : COMBINACION DE DE AGREGADO PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL
BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE

MUESTRA : MUESTRA REPRESENTATIVA DE FAJA PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

CANTERA : ARENA NATURAL SHESHEA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

FECHA: 17/01/2024

Abertura Malla	AASHTO T-27(mm)	Granulometria de los Agregados					% que pasa Teórico	% que pasa Físico	GRADACIÓN MAC 2		GRADACIÓN ASTM 3515 T.M.N 1/2"	
		# 1 ARENA CHANCADA	# 2 ARENA NATURAL	# 3 GRAVA CHAN. 3/4"		# 5 FILLER			MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1"	25.000	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00	100		100	
1/2"	12.500	100.0	100.0	86.9			94.06	92.60	80	100	90	100
3/8"	9.500	100.0	100.0	48.2			76.43	79.80	70	88		
N° 4	4.750	94.3	76.0	29.9			62.49	54.50	51	68	44	74
N° 8	2.360	64.4	70.0	5.0			37.51	43.50			28	58
N° 10	2.000	59.4	70.5	3.1			34.76	40.80	38	52		
N° 16	1.180	45.7	64.7	0.0			27.10	33.20				
N° 40	0.420	38.7	43.7	0.0			21.41	20.10	17	28		
N° 50	0.300	31.0	14.3	0.0			14.24	16.30			5	21
N° 80	0.177	15.2	5.0	0.0			6.71	11.40	8	17		
N° 200	0.075	5.0	0.0	0.0			1.98	5.60	4	8	2	10

COMBINACION

ARENA	%	GRAVA	%	FILLER	%	TOTAL
# 1 Arena Chancada	39.50	# 3 Grava Trit. 3/4"	45.50	# 5 Filler	1.00	
# 2 Arena Natural	14.00	--				
Sub Total	53.50	--	45.50		1.00	100.00





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.
Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas

Figuras 4.3.

Arena natural Zanja Seca + arena chancada + piedra chancada

GEOTEC JSB E.I.R.L.
INGENIERIA Y PROYECTOS

COMBINACION DE AGREGADOS: ARENA NATURAL ZANJA SECA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

PROYECTO : "EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS Y MEJORA GRANULOMETRICA DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE NUEVA REQUENA PARA LA ELABORACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, UCAYALI 2022"

CONCEPTO : COMBINACION DE DE AGREGADO PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

SOLICITANTES: BACH. ABRAHAM C. VERAMENDI VIDAL; BACH. RICARDO L. DOMINGUEZ QUISPE

MUESTRA : MUESTRA REPRESENTATIVA DE FAJA PARA MEZCLA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

CANTERA : ARENA NATURAL ZANJA SECA + ARENA CHANCADA + PIEDRA CHANCADA

FECHA: 17/01/2024

Abertura Malla	AASHTO T-27(mm)	Granulometría de los Agregados					% que pasa Teórico	% que pasa Físico	GRADACIÓN MAC 2		GRADACIÓN ASTM 3515 T.M.N 1/2"	
		# 1 ARENA CHANCADA	# 2 ARENA NATURAL	# 3 GRAVA CHAN. 3/4"		# 5 FILLER			MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1"	25.000	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0			100.00	100.00	100		100	
1/2"	12.500	100.0	100.0	86.9			93.73	92.60	80	100	90	100
3/8"	9.500	100.0	100.0	48.2			75.13	79.80	70	88		
N° 4	4.750	94.3	81.8	29.9			61.81	54.50	51	68	44	74
N° 8	2.360	64.4	74.2	5.0			36.51	43.50			28	58
N° 10	2.000	59.4	72.0	3.1			33.43	40.80	38	52		
N° 16	1.180	45.7	70.1	0.0			26.47	33.20				
N° 40	0.420	38.7	92.1	0.0			26.69	20.10	17	28		
N° 50	0.300	31.0	9.6	0.0			13.01	16.30			5	21
N° 80	0.177	15.2	3.0	0.0			6.18	11.40	8	17		
N° 200	0.075	5.0	1.0	0.0			2.03	5.60	4	8	2	10

COMBINACION

ARENA	%	GRAVA	%	FILLER	%	TOTAL
# 1 Arena Chancada	38.00	# 3 Grava Trit. 3/4"	48.00	# 5 Filler	1.00	
# 2 Arena Natural	13.00	--				
Sub Total	51.00	--	48.00		1.00	100.00





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTEC JSB E.I.R.L.

Ing. Carlos Esteban Zorrilla Vargas

ANEXO 5:

FOTOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADOS CANTERA SHESHEA

1. RECOLECCION DE MUESTRAS

Figura 5.1.
Visita de exploración a la cantera Sheshea



Figura 5.2.
Visita de exploración a la cantera Sheshea



Figura 5.3.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio.



Figura 5.4.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio



Figura 5.5.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio



Figura 5.6.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio



Figura 5.7.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio



Figura 5.8.

Segunda visita exploración y extracción de muestra para laboratorio (estrato característico encontrado en la zona)



Figura 5.9.

Tercera visita exploración y extracción de muestra para laboratorio, en el centro de la cantera se realiza una calicata a 1.70 m, (en la imagen se muestra un estrato característico encontrado en la zona)



Figura 5.10.

Tercera visita exploración y extracción de muestra para laboratorio, en el centro de la cantera se realiza una calicata a 1.70 m, (en la imagen se muestra un estrato característico encontrado en la zona)



Figura 5.11.

Extracción de muestra para laboratorio, en el centro de la cantera se realiza una calicata a 1.70 m.



Figura 5.12.

Cuarta visita, se extrae nuevamente la muestra.



Figura 5.13.

Extracción de muestra para laboratorio



Figura 5.14.

Foto panorámica de la cantera Sheshea



2. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422, MTC E 107:

Figura 5.15.

Uniformizado y cuarteo de muestra para pesar y realizar secado al horno por 24 horas.



Figura 5.16.

Colocado de muestra en horno para secado de la muestra



Figura 5.17.

Tamizado de la muestra seca



Figura 5.18.

Muestras tamizadas



Figura 5.19.

Muestras tamizadas obtenidas



3. TERRONES DE ARCILLA ASTM C-142, MTC E 212

Figura 5.20.

La muestra se lleva al horno a 110° ± 5° hasta lograr un peso constante.

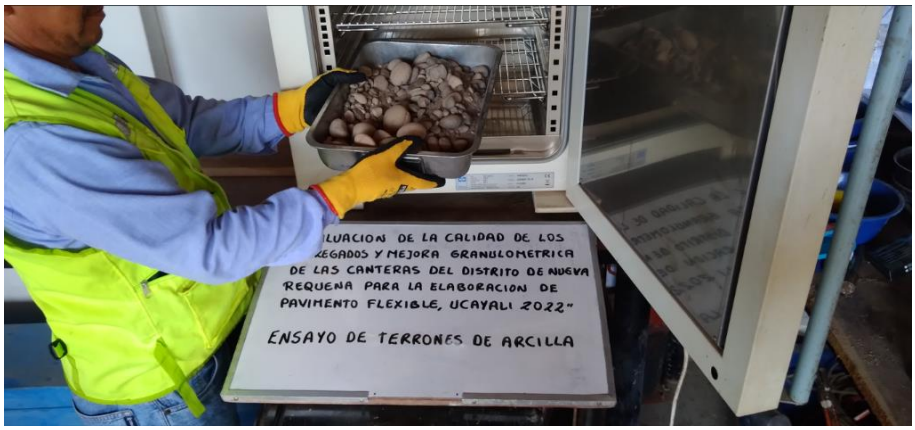


Figura 5.21.

Se separa en dos grupos fino y grueso



Figura 5.22.

Las muestras de agregado fino deben ser las retenidas en tamiz # 16 con una masa no menor a 25 g (150 g en nuestro caso). Y los agregados gruesos entre (No.4 a ⅜ pulg) 1000 g (⅜ pulg a ¾ pulg) 2000 g, las cuales son colocadas en agua destilada por 24 horas +-4 horas.

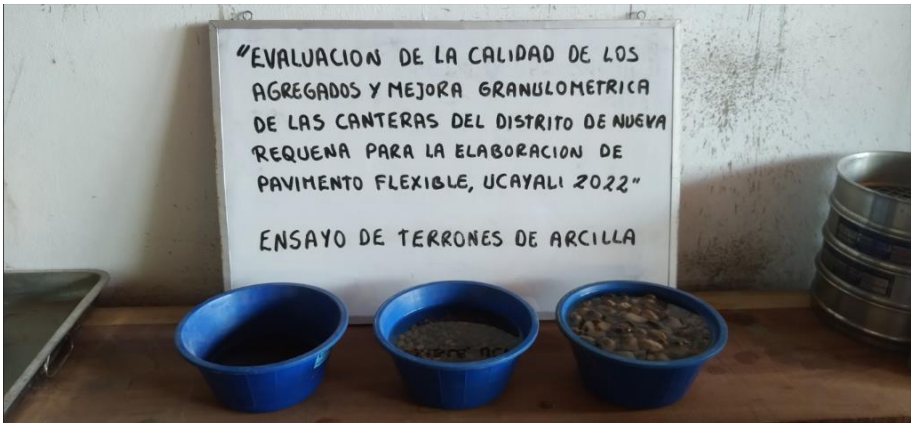


Figura 5.23.

Luego de 24 horas +- 4 horas se inicia el lavado del agregado grueso con los dedos.

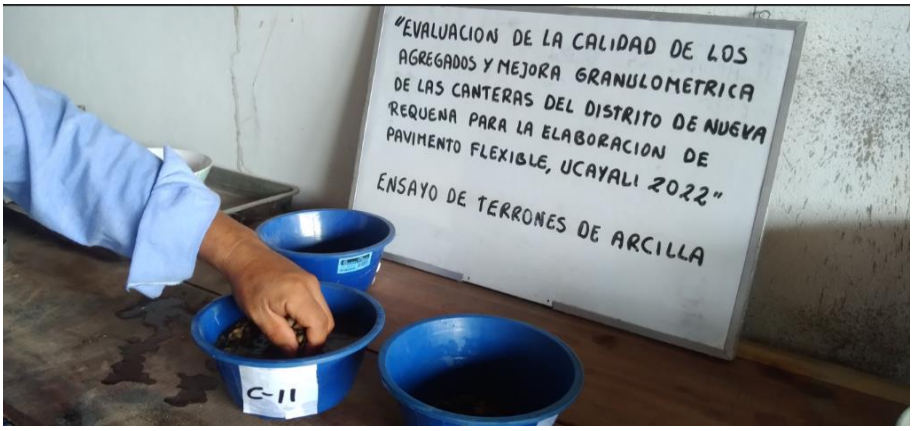


Figura 5.24.

Luego, al agregado fino se lava en una malla mas fina, posteriormente se seca al horno a 110° ± 5.



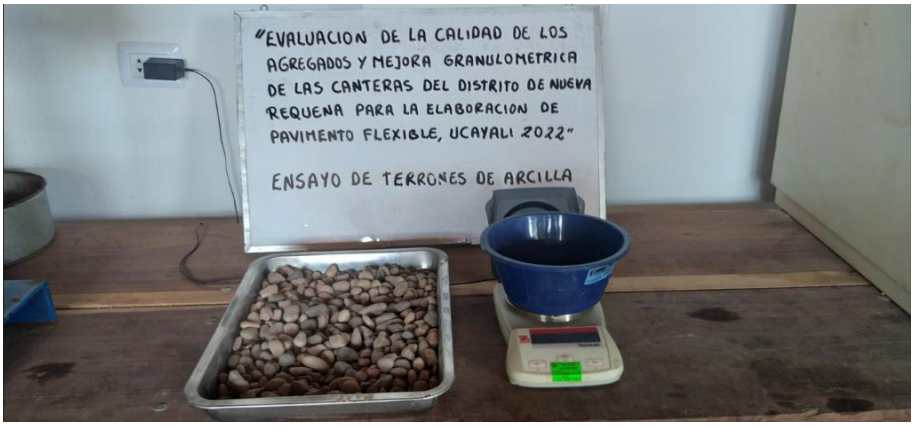
Figura 5.25.

Se procede a pesar las muestras secas y enfriadas en este caso el agregado grueso entre (Nro 4 a 3/8 pulg).



Figura 5.26.

Se pesan las muestras secas y enfriadas en este caso el agregado grueso entre (3/8 pulg a 3/4 pulg).



4. MATERIA ORGÁNICA EN ARENA ASTM C-140, MTC E 213

Figura 5.27.

Se utilizó 242.5 ml de agua destilada



Figura 5.28.

Se pesa 3% de Hidróxido de Sodio (NaOH) respecto al peso del agua 7.5 g, de un total de 250 g.



Figura 5.29.

Se separó agregado fino con peso de 450 g.



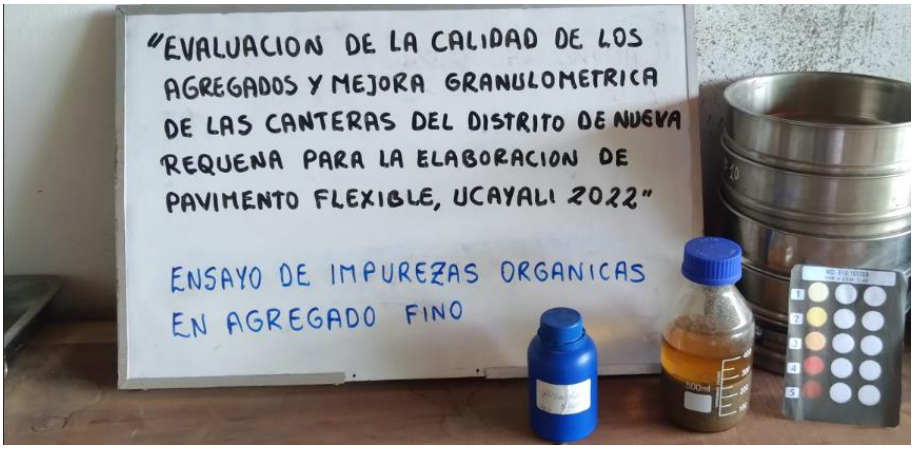
Figura 5.30.

Se agita la muestra y se deja reposar por 24 horas.



Figura 5.31.

Se compara con una tabla de colores.



5. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206

Figura 5.32.

Peso de muestra con superficie húmeda.



Figura 5.33.

Peso de muestra sumergida.



Figura 5.34.

Peso de muestra sumergida.



Figura 5.35.

Colocado de muestra al horno.



Figura 5.36.

Peso de material saturado superficialmente.



Figura 5.37.

Peso de material sumergido en agua.



Figura 5.38.

Colocado de material al horno a 100° ± 10°. Finalmente se vuelve a pesar.



6. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-29, MTC E 203.

Figura 5.39.

Se utiliza molde de metal para llenar con 3 capas de agregado, compactando cada capa con la ayuda de una varilla de metal redonda lisa realizando 25 golpes en forma uniforme.



Figura 5.40.

Se continúa el procedimiento



Figura 5.41.

Y se realizó el pesado respectivo.



Figura 5.42.

Se repite el experimento por segunda vez



Figura 5.43.

Se aplica 25 goles distribuidos en forma uniforme con la



Figura 5.44.

Se completa el agregado al ras del molde



Figura 5.45.

Se pesa y se anota el resultado.



Figura 5.46.

Se realizó el experimento por 3ra vez



Figura 5.47.

Se aplica 25 golpes distribuidos en forma uniforme las cuales se realizan en 3 etapas hasta llenar el molde.



Figura 5.48.

Se realizó en enrasado.

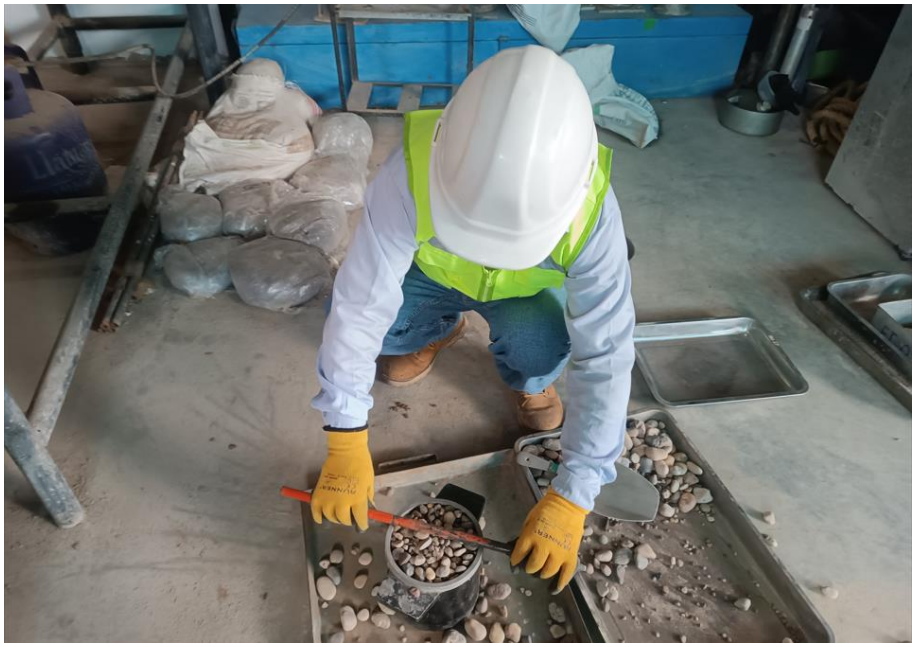


Figura 5.49.

Se realizó en pesado del tercer experimento



Figura 5.50.

Se realizó el primer ensayo sin compactar



Figura 5.51.

Se realizó el segundo ensayo sin compactar.



Figura 5.52.

Se realizó el tercer ensayo sin compactar



7. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C-29, MTC E-203.

Figura 5.53.

Se realizó el primer ensayo llenado en 3 etapas.

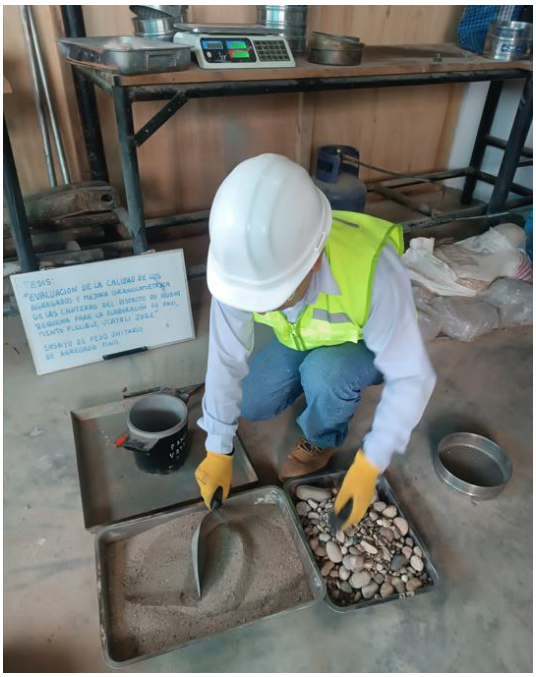


Figura 5.54.

Se realizó el tercer ensayo aplicando 25 golpes en cada etapa distribuidos en forma uniforme.

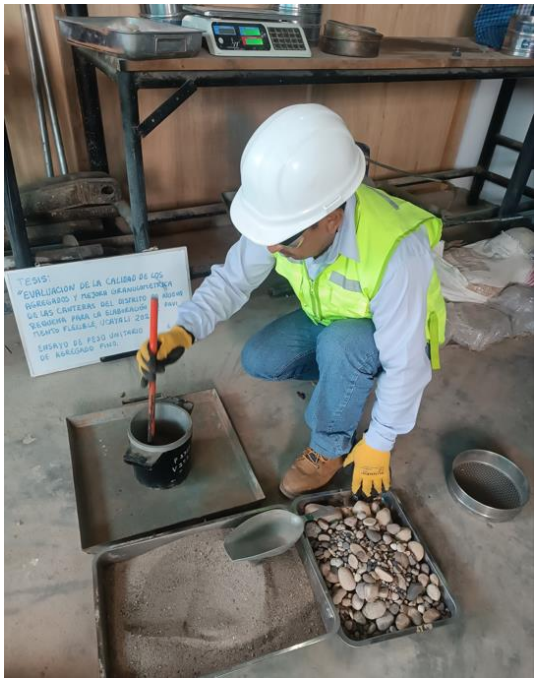


Figura 5.55.

Se realizó el enrasado del agregado fino



Figura 5.56.

Se realizó pesado del agregado fino



Figura 5.57.

Se realizó el ensayo por segunda vez



Figura 5.58.

Se pesó el agregado fino por segunda vez



Figura 5.59.

Se realiza el ensayo por tercera vez.



Figura 5.60.

Finalmente se pesa el agregado fino



8. ENSAYO ABRASION LOS ANGELES ASTM C-131, MTC E 207)

Figura 5.61.

Se realizó el ensayo de abrasión de Los Ángeles con 12 esferas de metal con muestra lavada y secada al horno a 110° ± 5°.



Figura 5.62.

Colocado de muestra a la maquina de Los Ángeles, según norma la muestra debe ser de 5000g + 25g.



Figura 5.63.

Colocado de 12 esferas de metal con peso entre 400 g y 440 g



Figura 5.64.

Muestra y 12 esferas en la maquina de los ángeles.



Figura 5.65.

Se procede a realizar el ensayo a una velocidad de 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones.



Figura 5.66.

Extracción de la muestra de la maquina de ensayo de Los Ángeles.



Figura 5.67.

Tamizado de muestra con el tamiz Nro 12.



Figura 5.68.

Pesado del material retenido en el tamiz Nro 12, se realizan los cálculos y se anotan en el formato.



FOTOS DE LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS CANTERA ZANJA SECA:

1. RECOLECCION DE MUESTRAS

Figura 5.69.

Recolección de muestra de la cantera Zanja Seca.



Figura 5.70.

Recolección de muestra de la cantera Zanja Seca.



2. ENSAYO DE GRANULOMETRIA

Figura 5.71.

Se inicia con el cuarteo de muestra



Figura 5.72.

Se pesa la muestra inicial.



Figura 5.73.

Se coloca la muestra en el horno de secado.



Figura 5.74.

Secado en el horno a 110° ± 5°



Figura 5.75.

Se pesó la muestra seca



Figura 5.76.

Se inicia con el colocado de la muestra



Figura 5.77.

Tamizado para determinar la granulometría



Figura 5.78.

Se realizó el tamizado para determinar la granulometría.



Figura 5.79.

Se concluye el tamizado realizando los registros correspondientes.



3. TERRONES DE ARCILLA ASTM C-142, MTC E 212

Figura 5.80.

Pesado de la muestra de agregado

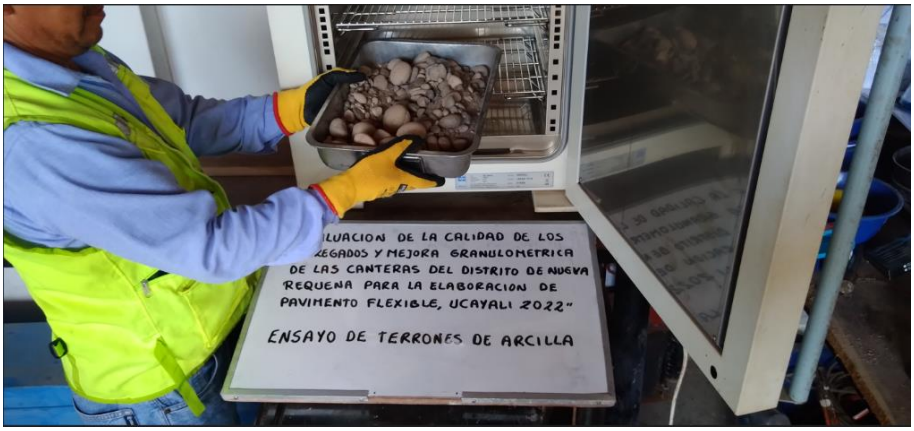


Figura 5.81.

Tamizado de #4 a 3/8



Figura 5.82.

Pesado del agregado entre tamices #4 a 3/8”

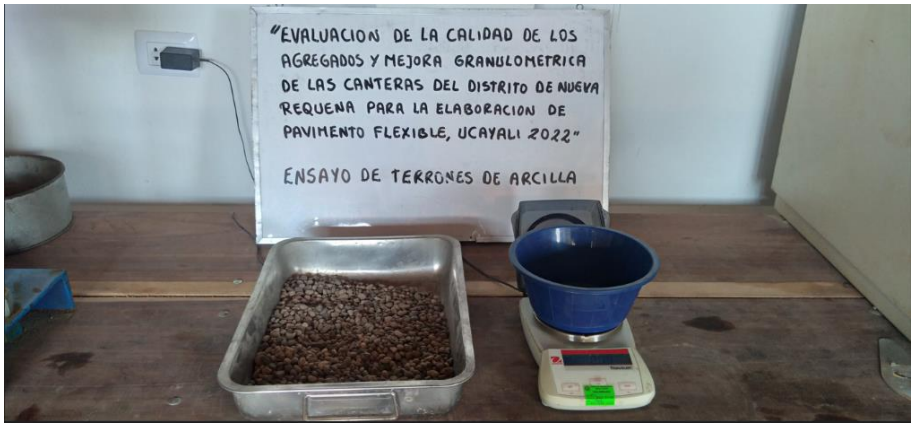


Figura 5.83.

Pesado de agregado entre tamices 3/8” a 3/4"

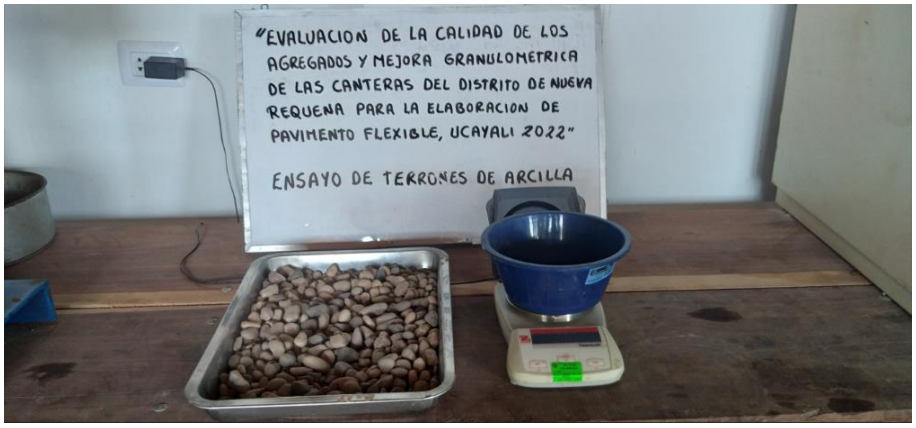
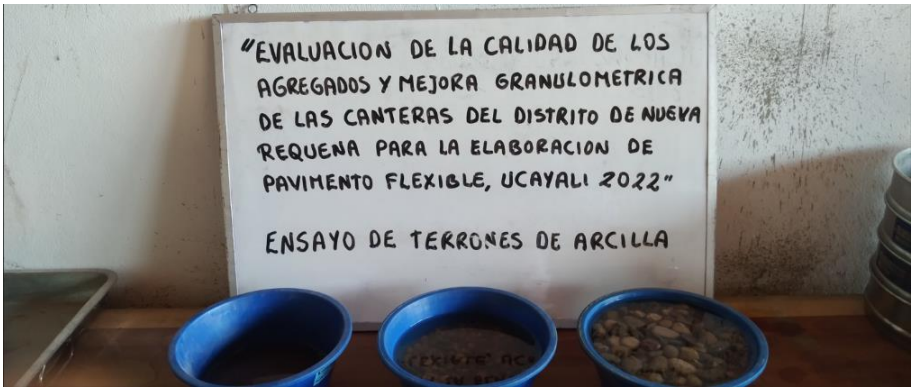


Figura 5.84.

La muestra se colocó en remojo por 24 horas +- 4horas



4. MATERIA ORGÁNICA EN ARENA ASTM C-140, MTC E 213

Figura 5.85.

Pesado de la muestra de agregado fino



Figura 5.86.

Pesado de hidróxido de sodio al 3% del peso del agua



Figura 5.87.

Solución de agua e hidróxido de sodio.



Figura 5.88.

Aplicado de agregado fino en la solución de agua e hidróxido de sodio, se agita, dejando reposar por 24 h



5. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127, MTC E 206

Figura 5.89.

Se remoja la muestra por 24 horas +- 4 horas



Figura 5.90.

Se pesa la muestra superficialmente seca



Figura 5.91.

Se coloca el material en una especie de canasta para obtener el peso sumergido



Figura 5.92.

Se pesa la muestra sumergida.



Figura 5.93.

Se coloca al horno.



Figura 5.94.

Se pesa la muestra seca.



6. ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES (ASTM C-88, MTC E 207)

Figura 5.95.

Se realizó el ensayo de abrasión de Los Ángeles con 12 esferas de metal con muestra lavada y seca al horno a 110° ± 5°.



Figura 5.96.

Colocado de muestra a la maquina de Los Ángeles, según norma la muestra debe ser de 5000g + 25g



Figura 5.97.

Colocado de 12 esferas de metal con peso entre 400 g y 440 g



ANEXO 6:

MATERIAL PREDOMINANTE DE 6” PARA PROCESO DE TRITURACIÓN A FIN DE MEJORAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE NUEVA REQUENA

Figura 6.1.

Material over zarandeado en cantera con malla 2”, de una tercera cantera para mejora granulométrica



Figura 6.2.

Carga de material over con cargador frontal a la tolva de la chancadora primaria



Figura 6.3.
Chancadora primaria móvil marca LOKOMO modelo mandíbula donde ingresa el over y sale por una abertura de 1 1/2”



Figura 6.4.
Zona de carga de la chancadora primaria.



Figura 6.5.
Chancadora secundaria móvil (a la izquierda) modelo cónico tiene abertura de 1/2" Marca KLEEMANN donde ingresa el material por la faja con el over chancado



Figura 6.6.
Chancadora terciaria móvil marca BARMAC de impacto (VSI), nos proporciona arena de trituración



Figura 6.7.
Chancadora terciaria móvil marca BARMAC de impacto (VSI), produce arena de trituración



Figura 6.8.
Zaranda azul estática marca KLEEMANN con mallas de 1”, 3/4" y 3/8”



Figura 6.9.
Zaranda azul estática marca KLEEMANN con fajas transportadoras



Figura 6.10.
Peso seco. Arena de trituración listo para su mezclar y producir el pavimento flexible



Figura 6.11.
Piedra triturada listo para producir el pavimento flexible. La capacidad de producción de la chancadora es 40% de la arena de trituración y 60% de la piedra triturada

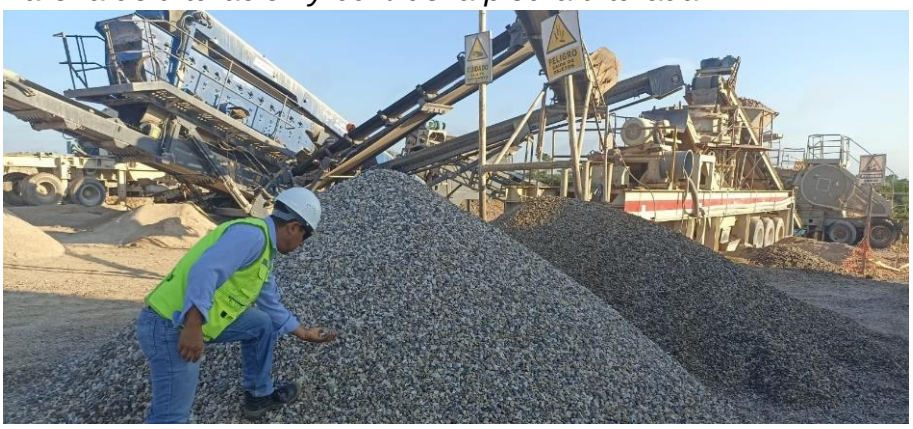


Figura 6.12.
Arena natural viene zarandeado en cantera con zaranda de 3/8”



Figura 6.13.
Colocado de materiales con cargador frontal en 3 tolvas (arena natural, arena de trituración y piedra triturada)



ANEXO 7:

CERTIFICADOS CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

Laboratorio PP

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N°LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1225-2023

Expediente	:	**383-2023**
Fecha de Emisión	:	2023-11-13
1. Solicitante	:	**GEOTEC JSB E.I.R.L.**
Dirección	:	AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI
2. Instrumento de Medición	:	**BALANZA**
Marca	:	**OHAUS**
Modelo	:	**TA302**
Número de Serie	:	**B634921445**
Alcance de Indicación	:	**300 g**
División de Escala de Verificación (e)	:	**0,01 g**
División de Escala Real (d)	:	**0,01 g**
Procedencia	:	**CHINA**
Identificación	:	**NO INDICA**
Tipo	:	**ELECTRÓNICA**
Ubicación	:	**LABORATORIO**
Fecha de Calibración	:	**2023-11-09**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración
LABORATORIO de GEOTEC JSB E.I.R.L.
AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

Laboratorio PP

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-1225-2023

5. **Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	31,0	31,4
Humedad Relativa	64,8	65,7

6. **Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

7. **Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 299,96 g para una carga de 300,00 g
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 26 °C a 34 °C.
La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. **Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	31,0	31,4

Medición	Carga L1=	150,000 g		Carga L2=	300,000 g	
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	150,00	0,007	-0,002	299,99	0,002	-0,007
2	150,00	0,005	0,000	299,99	0,004	-0,009
3	150,00	0,008	-0,003	299,99	0,001	-0,006
4	150,00	0,006	-0,001	299,99	0,002	-0,007
5	150,00	0,005	0,000	299,99	0,004	-0,009
6	150,00	0,006	-0,001	299,98	0,001	-0,016
7	150,00	0,008	-0,003	299,99	0,002	-0,007
8	149,99	0,002	-0,007	299,99	0,003	-0,008
9	149,99	0,004	-0,009	299,98	0,002	-0,017
10	150,00	0,006	-0,001	299,99	0,002	-0,007
Diferencia Máxima			0,009			0,011
Error máximo permitido	±	0,02 g		±	0,03 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Punto de Precisión SAC

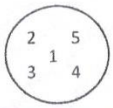
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

Laboratorio PP

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-1225-2023



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	31,4	31,4

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,10	0,006	-0,001	100,000	100,00	0,006	-0,001	0,000
2		0,10	0,007	-0,002		99,98	0,003	-0,018	-0,016
3		0,10	0,005	0,000		99,99	0,002	-0,007	-0,007
4		0,10	0,008	-0,003		100,00	0,005	0,000	0,003
5		0,10	0,006	-0,001		99,99	0,002	-0,007	-0,006
(*) valor entre 0 y 10 e					Error máximo permitido :	±	0,02 g		

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	31,4	31,4

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,007	-0,002						
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,20	0,005	0,000	0,002	0,01
1,000	1,00	0,008	-0,003	-0,001	1,00	0,008	-0,003	-0,001	0,01
5,000	5,00	0,005	0,000	0,002	5,00	0,006	-0,001	0,001	0,01
20,000	20,00	0,006	-0,001	0,001	20,00	0,009	-0,004	-0,002	0,01
50,000	50,00	0,007	-0,002	0,000	50,00	0,007	-0,002	0,000	0,01
100,000	99,99	0,002	-0,007	-0,005	99,99	0,003	-0,008	-0,006	0,02
150,000	149,98	0,004	-0,019	-0,017	149,99	0,002	-0,007	-0,005	0,02
200,000	199,98	0,003	-0,018	-0,016	199,99	0,001	-0,006	-0,004	0,02
250,000	249,98	0,002	-0,017	-0,015	249,98	0,004	-0,019	-0,017	0,03
300,000	299,98	0,003	-0,018	-0,016	299,98	0,003	-0,018	-0,016	0,03

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 7{,}09\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{4{,}40\times10^{-5}\, g^2 + 3{,}18\times10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

Laboratorio PP

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1226-2023

Expediente	:	383-2023
Fecha de Emisión	:	2023-11-13
1. Solicitante	:	GEOTEC JSB E.I.R.L.
Dirección	:	AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI
2. Instrumento de Medición	:	BALANZA
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	R31P30
Número de Serie	:	8335460396
Alcance de Indicación	:	30 000 g
División de Escala de Verificación (e)	:	10 g
División de Escala Real (d)	:	1 g
Procedencia	:	CHINA
Identificación	:	NO INDICA
Tipo	:	ELECTRÓNICA
Ubicación	:	LABORATORIO
Fecha de Calibración	:	2023-11-09

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO de GEOTEC JSB E.I.R.L.
AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N°LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-1226-2023

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	31,0	34,2
Humedad Relativa	63,8	63,8

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-052-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0776-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0777-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 988 g para una carga de 30 000 g
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 26 °C a 34 °C.
La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	31,1	31,1

Medición	Carga L1=	15 000,0 g		Carga L2=	30 000,0 g	
N°	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
2	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,5	0,0
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
4	15 000	0,7	-0,2	29 999	0,3	-0,8
5	15 000	0,7	-0,2	29 999	0,2	-0,7
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
8	15 000	0,6	-0,1	29 999	0,2	-0,7
9	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
Diferencia Máxima			0,3			0,8
Error máximo permitido	±	20 g		±	30 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033

Laboratorio PP

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N°LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-1226-2023

2		5
	1	
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	31,1	31,1

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	100,0	100	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0
2		100	0,7	-0,2		10 000	0,8	-0,3	-0,1
3		100	0,6	-0,1		10 001	0,6	0,9	1,0
4		100	0,8	-0,3		9 999	0,3	-0,8	-0,5
5		100	0,5	0,0		10 001	0,7	0,8	0,8
					Error máximo permitido :	±	20 g		

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	34,2	31,0

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100,0	100	0,5	0,0						
200,0	200	0,6	-0,1	-0,1	200	0,6	-0,1	-0,1	10
1 000,0	1 000	0,9	-0,4	-0,4	1 000	0,8	-0,3	-0,3	10
2 000,0	2 000	0,5	0,0	0,0	2 000	0,9	-0,4	-0,4	10
5 000,0	5 000	0,8	-0,3	-0,3	5 000	0,6	-0,1	-0,1	10
7 000,0	7 000	0,6	-0,1	-0,1	7 000	0,5	0,0	0,0	20
10 000,0	10 000	0,7	-0,2	-0,2	10 000	0,9	-0,4	-0,4	20
15 000,0	15 000	0,9	-0,4	-0,4	15 000	0,7	-0,2	-0,2	20
20 000,0	20 000	0,5	0,0	0,0	19 999	0,4	-0,9	-0,9	20
25 000,0	24 999	0,3	-0,8	-0,8	24 999	0,1	-0,6	-0,6	30
30 000,0	29 999	0,2	-0,7	-0,7	29 999	0,2	-0,7	-0,7	30

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 2{,}05\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{3{,}23\times10^{-1}\, g^2 + 1{,}53\times10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-4066-2023

Expediente : **383-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-13

1. Solicitante : **GEOTEC JSB E.I.R.L.**

Dirección : AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

2. Instrumento de Medición : **COPA CASAGRANDE**

Marca de Copa : **NO INDICA**
Modelo de Copa : **PT-CC**
Serie de Copa : **039**

Contómetro : **ANALÓGICO**
Marca de Contómetro : **UPGREEN**
Modelo de Contómetro : **NO INDICA**
Serie de Contómetro : **NO INDICA**

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI
09 - NOVIEMBRE - 2023

4. Método de Calibración
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	DM23-C-0239-2023	INACAL - DM
MICRÓMETRO	INSIZE	DM22-C-0281-2022	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2023	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	31,4	31,4
Humedad %	64	64

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-4066-2023

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE									
DIMENSIONES	A	B	C	E	J	K	L	M	U

DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	DISTANCIA	ALTURA	ESPESOR	LARGO	ANCHO	Copa desde la guia del espesor a base
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	56,20	2,441	25,15	54,22	59,11	52,18	150,22	125,34	47,47
	56,18	2,396	25,15	54,22	59,11	52,07	150,30	125,36	47,44
	56,19	2,357	25,15	54,22	59,11	52,11	150,16	125,33	47,48
	56,19	2,426	25,15	54,22	59,11	52,42	150,11	125,32	47,45
	56,20	2,408	25,15	54,22	59,11	52,42	150,21	125,37	47,46
	56,18	2,417	25,15	54,22	59,11	52,27	150,18	125,34	47,47
PROMEDIO	56,19	2,41	25,15	54,22	59,11	52,25	150,20	125,34	47,46
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	56,00	60,00	50,00	150,00	125,00	47,00
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0
ERROR	2,19	0,41	-1,85	-1,78	-0,89	2,25	0,20	0,34	0,46

	Rango según norma	Medida encontrada
Resiliencia	77 % a 90 %	83 %

	Rango según norma	Masa encontrada
Masa de Copa	185 g a 215 g	218,00 g

Inspección del desgaste

Desgaste de Base: El punto de la base donde la copa hace contacto no debera presentar desgaste mayor de 10 mm de diámetro.

DESCRIPCIÓN	DESGASTE DE BASE
	mm
MEDIDA TOMADA	0,98
	0,98
	0,98
	0,98
	0,98
	0,98
PROMEDIO	0,98
MEDIDAS STANDARD	<10

Desgaste de Copa: Reemplace la copa cuando la herramienta de ranurado haya originado en la copa una depresión de 0,1 mm de profundidad o cuando el reborde de la copa haya sido reducido a la mitad de su espesor original.

DESCRIPCIÓN		DESGASTE DE COPA	
		LATERALES DE LA COPA	EL CENTRO DE LA COPA
		mm	mm
MEDIDA TOMADA	1	2,440	2,438
	2	2,391	2,386
	3	2,364	2,362
	4	2,422	2,419
	5	2,401	2,395
	6	2,411	2,406
PROMEDIO		2,405	2,401
MEDIDAS STANDARD		2,000	2,000
ERROR		0,405	0,401
ERROR DE DEPRESIÓN		0,004 mm	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-4066-2023

Desgaste del sujetador de Copa: Verificar que el pivote del sujetador de copa no se trabe y que no este desgastado hasta el punto que permita más de 3 mm de movimiento lado a lado del punto más bajo de la copa

DESCRIPCIÓN	DESGASTE DEL SUJETADOR DE LA COPA	
	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm
	1,62	1,53

Desgaste de Leva: La leva no se desgastará a un punto tal que la copa descienda antes que el sujetador de la copa (manubrio de leva) pierda contacto con la leva.
DESGASTE DE LEVA
SI CUMPLE

Pie de Goma: El pie previene los rebotes en la base o deslizamiento en la superficie de trabajo. Reemplazar el pie de Goma cuando este rígido, agrietado o quebradizo por el tiempo.
PIE DE GOMA
SI CUMPLE

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-699-2023

Expediente : **383-2023**
Fecha de emisión : 2023-11-13

1. **Solicitante** : **GEOTEC JSB E.I.R.L.**

Dirección : AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

2. **Instrumento de medición** : **MEDIO ISOTERMO (HORNO)**

Marca	: **MMM GROUP**
Modelo	: **LSIS-B2V / VC 55**
Número de Serie	: **D161930**
Procedencia	: **NO INDICA**
Código de Identificación	: **NO INDICA**
Tipo de Indicador del Ind.	: **DIGITAL**
Alcance del Indicador	: **NO INDICA**
Resolución del Indicador	: **1 °C**
Marca del Indicador	: **MMM GROUP**
Modelo del Indicador	: **NO INDICA**
Serie del Indicador	: **NO INDICA**
Tipo de indicador del selc.	: **DIGITAL**
Alcance del Selector	: **NO INDICA**
División de Escala	: **1 °C**
Clase	: **NO INDICA**
Punto de calibración	: **110 °C ± 5 °C**
Fecha de calibración	: **2023-11-09**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. **Método de calibración**

La calibración se realizo según la PC-018 "Procedimiento de calibración para medios isotermicos usando aire como medio conductor".

4. **Lugar de calibración**

AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	31,9	32,5
Humedad relativa (%hr)	69,0	68,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

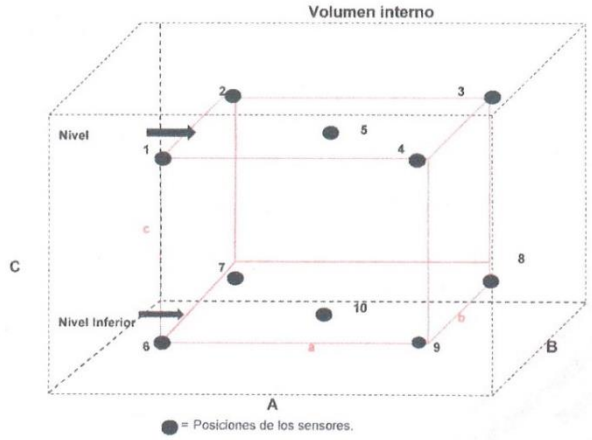
Patrón utilizado	N° de Certificado	Trazabilidad
Termómetro digital de 10 sensores termopares tipo T con una incetidumbre en el orden de 0,1 °C a 0,1 °C .	CT-1086-2023	TOTAL WEIGHT & SYSTEMS S.A.C.

7. Observaciones

- La incertidumbrede medición calculada (U), ha sido determinada apartir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura k=2. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

- Se coloco una etiqueta adherido al instrumento de medición con la indicación "CALIBRADO".
- La carga para La prueba consistio en bandeja de acero.
- Se selecciono el selector del equipo en 110 °C, para obtener una temperatura de trabajo aproximada a 110 °C .

8. Ubicación dentro del volumen interno del equipo



Volumen interno

A = 40 cm
B = 37 cm
C = 36 cm

Volumen de trabajo

a = 32 cm
b = 29,6 cm
c = 25 cm

● = Posiciones de los sensores.

A, B, C = Dimensiones del volume interno del equipo.
a, b, c = Aproximadamente 1/10 a 1/4 de las paredes de las dimensiones del volumen interno.
Los sensores ubicados en las posiciones 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Distancia de la pared inferior del equipo al nivel inferior: 6,5 cm
Distancia de la pared superior del equipo al nivel superior: 4,5 cm

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

9. Resultados de la calibración

Temperaturas registradas en el punto de calibración : 110 °C ± 2 °C

Tiempo	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. prom.	ΔT.
		Posición	Posición	Posición	Posición	Posición	Posición	Posición	Posición	Posición	Posición		
hh:mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C	°C
00:00	109	115,0	118,0	116,8	114,8	116,9	117,1	117,3	115,9	114,3	116,2	116,2	3,6
00:02	109	115,0	117,9	116,9	114,9	116,8	116,9	117,2	115,9	114,3	116,1	116,2	3,5
00:04	109	114,9	117,8	116,9	115,0	116,8	117,0	117,2	116,0	114,2	116,4	116,2	3,5
00:06	109	115,2	118,0	117,1	115,1	117,0	116,9	117,3	115,9	114,3	116,3	116,3	3,6
00:08	109	115,1	117,8	116,9	114,8	116,7	117,1	117,1	115,9	114,2	116,0	116,2	3,5
00:10	109	114,8	117,7	116,7	114,6	116,6	116,9	117,1	115,7	114,3	116,1	116,1	3,3
00:12	109	115,1	118,2	117,0	115,0	116,9	117,0	117,3	116,0	114,3	116,3	116,3	3,8
00:14	110	115,0	118,0	117,2	115,1	117,2	117,0	117,4	115,9	114,2	116,4	116,3	3,7
00:16	110	115,2	118,1	117,1	114,9	117,4	116,9	117,2	115,7	114,0	116,4	116,3	4,0
00:18	109	115,0	118,0	117,2	115,0	117,5	117,3	117,1	115,6	114,4	116,3	116,3	3,5
00:20	109	114,9	118,1	117,3	115,1	117,6	117,4	117,4	115,7	114,2	116,4	116,4	3,8
00:22	109	115,0	118,4	117,2	115,3	117,5	117,3	117,3	115,4	114,4	116,3	116,4	3,9
00:24	109	115,0	118,4	117,2	115,2	117,5	117,2	117,2	115,3	114,4	116,3	116,4	3,9
00:26	109	114,8	118,5	117,1	115,1	117,4	117,0	117,3	115,4	114,2	116,0	116,3	4,2
00:28	109	114,9	118,3	117,0	115,0	117,2	117,0	117,2	115,1	113,9	115,8	116,1	4,3
00:30	109	115,0	118,4	117,2	115,0	117,4	117,1	117,4	115,4	114,1	115,9	116,3	4,2
00:32	109	115,2	118,5	117,3	115,1	117,5	117,3	117,6	115,5	114,3	116,0	116,4	4,1
00:34	109	115,2	118,6	117,5	115,3	117,6	117,4	117,7	115,9	114,3	116,1	116,6	4,2
00:36	109	115,1	118,4	117,4	115,2	117,5	117,3	117,6	115,7	114,1	116,0	116,4	4,2
00:38	109	114,9	118,2	117,2	115,0	117,3	117,1	117,4	115,5	114,0	116,1	116,3	4,1
00:40	109	114,8	118,0	117,0	115,1	117,2	116,9	117,2	115,4	113,9	116,2	116,2	4,0
00:42	109	114,6	117,8	116,8	114,8	117,0	117,0	116,9	115,1	113,8	115,9	116,0	3,9
00:44	109	114,8	118,0	116,9	114,9	117,1	117,1	117,0	115,3	114,0	116,1	116,1	3,9
00:46	109	115,0	118,2	116,9	115,0	117,2	117,2	117,1	115,4	113,9	116,3	116,2	4,2
00:48	110	115,2	118,4	117,1	115,2	117,4	117,3	117,3	115,7	114,2	116,5	116,4	4,1
00:50	110	115,4	118,1	117,3	115,4	117,6	117,4	117,4	115,7	114,3	116,7	116,5	3,7
00:52	110	115,7	118,5	117,6	115,6	117,7	117,5	117,6	115,8	114,5	116,8	116,7	3,9
00:54	109	115,5	118,4	117,4	115,4	117,6	117,4	117,5	115,6	114,3	116,7	116,6	4,0
00:56	109	115,3	118,3	117,3	115,1	117,5	117,3	117,2	115,7	114,2	116,6	116,5	4,0
00:58	109	115,1	118,2	117,1	114,9	117,4	117,1	116,9	115,5	113,8	116,4	116,2	4,3
01:00	109	114,7	117,9	116,8	114,7	117,1	116,8	116,8	115,1	113,6	116,1	116,0	4,2

T. Promedio	115,1	118,1	117,1	115,1	117,2	117,2	117,3	115,6	114,2	116,3	Temperatura promedio general (°C)
T.Máximo	115,7	118,6	117,6	115,6	117,7	117,5	117,7	116,0	114,5	116,8	
T. Mínimo	114,6	117,7	116,7	114,6	116,6	116,8	116,8	115,1	113,6	115,8	
DTT	1,1	0,9	0,9	1,0	1,1	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0	116,3

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	118,6	0,1
Mínima temperatura registrada durante la calibración	113,6	0,1
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	1,1	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	3,9	0,1
Estabilidad (±)	0,55	0,04
Uniformidad	4,3	0,1

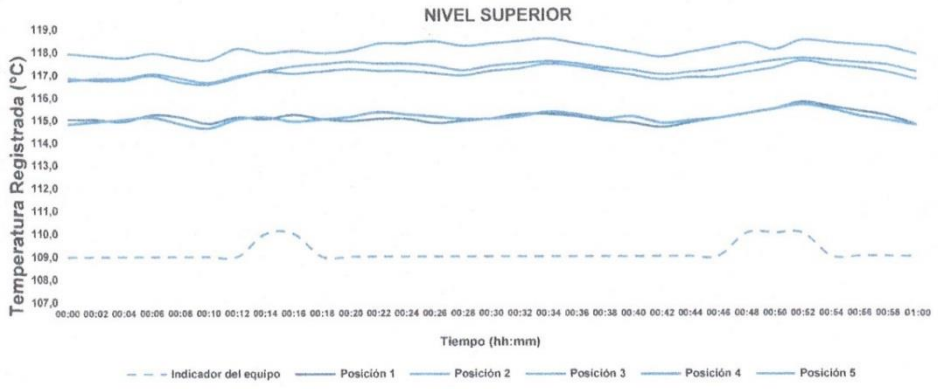
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

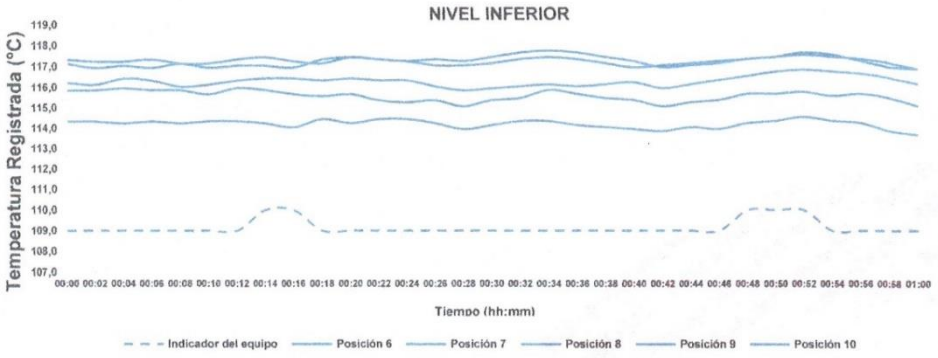
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

10. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C ± 2 °C





LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Nomenclatura

T. prom	: Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo.
ΔT.	: Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de tiempo.
T. Promedio	: Promedio de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T.Máximo	: La máxima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T. Mínimo	: La mínima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.

Fotografía interna del equipo.



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-923-2023

Expediente : **383-2023**
Fecha de emisión : 2023-11-13

1. Solicitante : **GEOTEC JSB E.I.R.L.**

Dirección : AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI

2. Descripción del Equipo : **PRENSA CBR**

Marca de Prensa : **NO INDICA**
Modelo de Prensa : **MS-9**
Serie de Prensa : **475**

Marca de Celda : **KELI**
Modelo de Celda : **A-FED**
Serie de Celda : **AGB8506**
Capacidad de Celda : **5 t**

Marca de indicador : **NO INDICA**
Modelo de Indicador : **NO INDICA**
Serie de Indicador : **NO INDICA**

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. AMAZONAS MZA. 303B LOTE. 01 - YARINACOCHA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI
10 - NOVIEMBRE - 2023

4. Método de Calibración
La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	ZEMIC	MT-8009-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	31,7	31,7
Humedad %	69	69

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-923-2023

TABLA Nº 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	498,05	499,60	0,39	0,08	498,83	0,24	-0,31
1000	1000,55	1001,80	-0,05	-0,18	1001,18	-0,12	-0,13
1500	1502,05	1501,45	-0,14	-0,10	1501,75	-0,12	0,04
2000	2002,55	2001,65	-0,13	-0,08	2002,10	-0,10	0,04
2500	2500,05	2499,95	0,00	0,00	2500,00	0,00	0,00
3000	2997,05	2996,85	0,10	0,11	2996,95	0,10	0,01
3500	3494,50	3493,25	0,16	0,19	3493,88	0,18	0,04
4000	3991,45	3990,95	0,21	0,23	3991,20	0,22	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
Ep= ((A-B) / B)* 100 Rp = Error(2) - Error(1)

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : y = 1,0025x - 3,9339

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO Nº 1

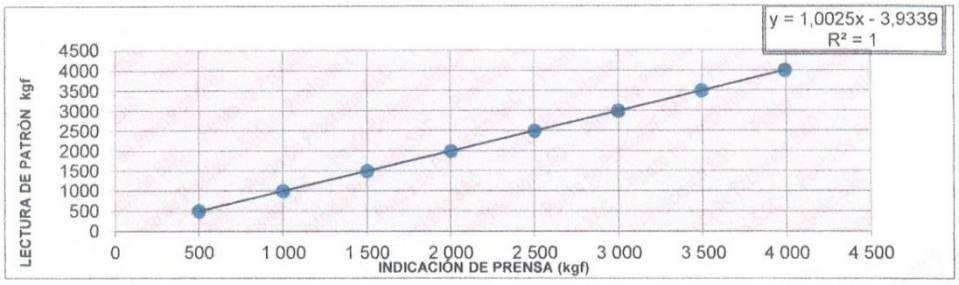
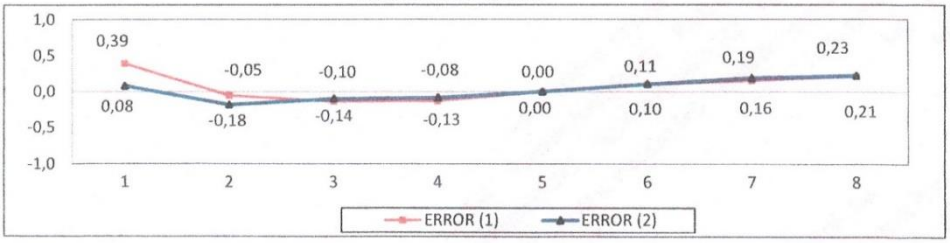


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631