



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica
en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Pérez Camones King Ely (ORCID: 0000-0001-8865-337X)

Silva Lezama Estefani Milagros (ORCID: 0000-0001-6432-167X)

ASESOR(ES):

Mg. Horna Araujo Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

Mg. Villar Quiroz Josualdo Carlos (ORCID: 0000-0003-3392-9580)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestros padres, por ser el pilar más importante y demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional. A nuestros amigos por no dejar que nos agobiamos, siempre darnos las buenas vibras y consejos para hacerme crecer como persona.

Silva Lezama Estefani Milagros

Dedico el presente trabajo de investigación a mis madres y hermano, por su comprensión y apoyo incondicional para lograr un objetivo más dentro de mi vida profesional.

Al Ing. Josualdo Villar Quiroz, por ser mi asesor y brindarme sus conocimientos y consejos con los que pude llevar adelante la presente investigación.

Perez Camones King Ely

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por brindarme salud y bienestar, por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, de este sueño que es tan importante.

Silva Lezama Estefani Milagros

Agradezco a mis padres por brindarme constantemente su apoyo ya que siempre estuvieron conmigo en todo el transcurso de la elaboración de mi investigación.

También a la Universidad, por darme educación para lograr mis aspiraciones y llegar a ser un buen profesional

Perez Camones King

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE ECUACIONES.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	8
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. TIPO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	22
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	23
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	24
3.5 PROCEDIMIENTOS.....	26
3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	30
3.7 ASPECTOS ÉTICOS	30
3.8 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	30
IV. RESULTADOS.....	43
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	43
4.1.1. AGREGADOS GRUESOS.....	43

4.1.2.	AGREGADOS FINOS.....	44
4.1.3.	CEMENTO ASFÁLTICO	45
4.1.4.	ESCORIA DE ACERO	46
4.2.	MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL.....	51
4.2.1.	APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS	51
V.	DISCUSIONES	78
VI.	CONCLUSIONES	83
VII.	RECOMENDACIONES.....	84
	REFERENCIAS.....	85
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas de la escoria de Acero	12
Tabla 2. Clasificación de los agregados según ASTM.....	15
Tabla 3: <i>Tabla de intensidad de tránsito pesado</i>	16
Tabla 4. Grados de penetración de betunes asfálticos para mezcla caliente. ...	16
Tabla 5. Partículas que pasan por diferentes tamices	18
Tabla 6. Matriz de clasificación de variable	22
Tabla 7: Número de ensayos.....	24
Tabla 8: Recolección de datos	25
Tabla 9: <i>Granulometría propuesta para mezcla cerradas (ASTM D3515)</i>	27
Tabla 10. <i>Criterio de diseño de mezclas Marshall</i>	27
Tabla 11. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)	28
Tabla 12. Requisitos mínimos en los pesos de las masas.	33
Tabla 13. Durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado fino.	39
Tabla 14. Durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado grueso.	40
Tabla 15. Cuadro resumen del Análisis Granulométrico (Norma: ASTM C136 / ASTM C 117)	43
Tabla 16. Resumen de ensayos para el agregado grueso	44
Tabla 17. Resumen del Análisis Granulométrico (Norma: ASTM C136 / ASTM C 117).....	44
Tabla 18. Resumen de ensayos para el agregado fino	45
Tabla 19. Análisis Granulométrico de la escoria de acero (ASTM C 136)	46
Tabla 20. <i>Gradación</i>	47

Tabla 21. Pesos unitarios y pesos compactados – escoria de acero	48
Tabla 22. Análisis granulométrico adicionando 3% de escoria de acero	48
Tabla 23. Análisis granulométrico adicionando 4% de escoria de acero	49
Tabla 24. Análisis granulométrico adicionando 5% de escoria de acero	50
Tabla 25. Resultados del diseño patrón y de las mezclas asfálticas con escoria de acero	55
Tabla 26. Dosificación de los diseños.....	56
Tabla 27. Cuadro resumen de resultados de vacíos y densidad	65
Tabla 28. Resumen del diseño patrón de la mezcla asfáltica con cemento asfáltico.....	70
Tabla 29. Tabla de resumen de resultados	74
Tabla 30. Comparación de estabilidad y flujo de la mezcla patrón y modificada	76
Tabla 31. <i>Matriz de operacionalización de variable – escoria de acero.....</i>	92
Tabla 32. Matriz de operacionalización de variable – diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escoria de acero.....	12
Figura 2. Propiedades físicas de la escoria de acero	13
Figura 3. Composición química de SS en %	14
Figura 4. Mezcla asfáltica en caliente.....	16
Figura 5. Ensayo Marshall.....	20
Figura 6. Requerimientos de agregados gruesos.....	52
Figura 7. Requerimientos de agregados fin.....	52
Figura 8. Parámetros de diseño para mezcla de concreto bituminoso EG-2013	53
Figura 9. Criterios del instituto de asfalto para el diseño Marshall.....	54
Figura 10. Peso específico aparente – 4.5% de asfalto	57
Figura 11. Peso específico teórico – 4.5% de asfalto	57
Figura 12. Resultados de vacíos de aire y densidad – 4.5% de asfalto	57
Figura 13. Peso específico aparente - 5% de asfalto	58
Figura 14. Peso específico teórico – 5% de asfalto	58
Figura 15. Resultados de vacíos de aire y densidad – 5% de asfalto.....	58
Figura 16. Peso específico aparente – 5.5% de asfalto	59
Figura 17. Peso específico teórico – 5.5% de asfalto.....	59
Figura 18. Resultados de vacíos de aire y densidad – 5.5% de asfalto	59
Figura 19. Peso específico aparente – 6.0% de asfalto	60
Figura 20. Peso específico teórico – 6.0% de asfalto	60

Figura 21. Resultado de vacíos de aire y densidad – 6.0% de asfalto	60
Figura 22. Peso específico aparente - 3% de escoria de acero.....	61
Figura 23. Peso específico teórico – 3% de escoria de acero.....	62
Figura 24. Resultado de vacíos de aire y densidad – 3% de escoria de acero.	62
Figura 25. Peso específico aparente - 4% de escoria de acero.....	63
Figura 26. Peso específico teórico – 4% de escoria de acero.....	63
Figura 27. Resultados de vacíos de aire y densidad- 4% de escoria de acero.	63
Figura 28. Peso específico aparente - 5% de escoria de acero.....	64
Figura 29. Peso específico teórico – 5% de escoria de acero.....	64
Figura 30. Resultados de vacíos de aire y densidad - 5% de escoria de acero	64
Figura 31. Fluencia (y) - % de cemento asfáltico (x)	67
Figura 32. Resultados de la fluencia de los tres diseños de escoria.....	68
Figura 33. Resultado de la estabilidad	71
Figura 34. Resultados de estabilidad con 4% de escoria.....	72
Figura 35. Resultados de estabilidad con 5% de escoria.....	72
Figura 36. Recojo de la escoria	135
Figura 37. Recojo de agregados de la cantera de Rumichuco – Tacllan.	135
Figura 38. Se cuartea el agregado grueso	136
Figura 39. Lavado y secado del agregado grueso	136
Figura 40. Tamizado del agregado grueso.....	137
Figura 41. Pesado de los agregados	137
Figura 42. Mezclas a 150°C para luego ser compactadas.....	138

Figura 43. Adición de asfalto a la mezcla	138
Figura 44. Mezclas de los agregados	139
Figura 45. Briquetas en proceso de saturación	139
Figura 46. Briqueta N°1 – Ensayo Marshall.....	140
Figura 47. Briqueta N°2 – Ensayo Marshall.....	140
Figura 48. Briqueta 1 deformada después del ensayo	141
Figura 49. Briqueta 2 deformada después del ensayo	141

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de Humedad (%).....	34
Ecuación 2. Degaste (%)	34
Ecuación 3. Sales solubles	36
Ecuación 4. Pérdida total %.....	39
Ecuación 5. Perdida corregida %.....	39
Ecuación 6. Pérdida total %.....	40
Ecuación 7. Pérdida corregida %.....	40
Ecuación 8. % de Equivalente de arena	42

RESUMEN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el distrito de Huaraz, provincia Carhuaz, departamento Ancash; con el propósito de brindar unos porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash.

La investigación según el propósito es aplicada; por diseño es experimental – cuasi experimental y con un nivel descriptivo. Los instrumentos empleados fueron fichas técnicas, el cual se examinó. La problemática de la intransitabilidad de la vía principal conecta la localidad de Huaraz – Carhuaz. La fabricación de todo tipo de materiales de acero crea grandes porcentajes de escoria las cuales no tienen ningún uso. Por otro lado, la intransitabilidad la carretera que conecta los pueblos de Huaraz Carhuaz es un problema que viene acechando a los transportistas, ciudadanos y conductores con moviidades privadas, la carretera está muy desgastada, algo que se puede visualizar es la falla de la carpeta asfáltica, esta falla se da porque el diseño y construcción de este aglomerado no cumple con los requisitos apropiados. Por ello, las nuevas tecnologías de diseño deben implementar como material la escoria de acero, ya que las propiedades de la escoria aumentan la estabilidad de la mezcla asfáltica. Se verifica que el porcentaje agregado en la mezcla asfáltica cumpla con los parámetros requeridos según la norma ASTM, EG -2013.

Palabras clave: escoria de acero, cemento asphaltico, mezcla asfáltica, agregados, Marshall.

ABSTRACT

The research project was carried out in the district of Huaraz, Carhuaz province, Ancash department; with the purpose of providing percentages of steel slag in the hot mix asphalt design of the Huaraz - Carhuaz, Ancash highway.

Research by purpose is applied; by design it is experimental - quasi-experimental and with a descriptive level. The instruments used were technical sheets, which were examined. The problem of the impassability of the main road connects the town of Huaraz - Carhuaz. The manufacture of all types of steel materials creates large percentages of slag which have no use. On the other hand, the impassability of the road that connects the towns of Huaraz Carhuaz is a problem that has haunted transporters, citizens and drivers with private mobility, the road is very worn, something that can be seen is the failure of the asphalt layer, this failure occurs because the design and construction of this agglomerate does not meet the appropriate requirements. For this reason, new design technologies must implement steel slag as a material, since the properties of slag increase the stability of the asphalt mixture. It is verified that the percentage added in the asphalt mix complies with the parameters required according to the ASTM standard, EG -2013.

Keywords: steel slag, asphalt cement, asphalt mix, aggregates, Marshall.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel mundial las infraestructuras de transporte son parte del eje estratégico para el desarrollo económico y social. Ningún País se desarrolla sin la inversión en Infraestructura productiva de la cual forman parte las obras viales. Por ende, se busca que las nuevas tecnologías ofrezcan soluciones más innovadoras y competentes no solo en el ámbito técnico de la ingeniería, también en lo ambiental, en los nuevos diseños se deberían añadir elementos reciclables como la escoria de acero. En el mundo por 2 a 4 toneladas de acero que se fabrica, se genera 1 tonelada de escoria, generando grandes cantidades de residuos, es un problema y no solo de volumen, también es un contaminante muy letal del medio ambiente. Según las estadísticas sobre la producción de la UE para el año 2018, el 73% de estos subproductos se reutilizaron como agregados en la construcción y producción de carreteras y cemento, pero estos no pueden absorber la cantidad de escoria de acero producida JIMÉNEZ, EVA (2021).

Según los últimos datos estadísticos en España la producción de acero genera un volumen grande de escoria de acero. En el año 2007 se generó 500.000 tn de escoria de acero. Estos datos son muy alarmantes ya que no existe un plan para eliminar estos desechos ANDRÉS, Sara (2010).

En Colombia existe una alta producción de acero, por cada tonelada que se produce se debe producir de 0.1 a 0.3 toneladas de escoria. En el año 2012 se produjo 1,266,000.00 toneladas de acero, esta cantidad recuerda que la producción de este material en Colombia es muy voluminosa, por ello se estuvo investigando diferentes diseños para darle una técnica y un uso correcto, percatándonos que existe una alta necesidad de materiales para la construcción de obras viales y la manera de como dañaría este material a nuestro suelo si no es reutilizado. SÁNCHEZ, Héctor (2014)

En Cuba la producción del acero es muy importante ya que es una tecnología que predomina en el país por lo tanto el residuo que se estudia es la escoria de acero ya que en este país no se estuvo aprovechando este material. Por lo cual se estuvo

haciendo investigaciones para hacer diseños de pavimentos y cementos. SOTO, Orienta (2017).

En Perú la empresa Aceros Arequipa donó 3,500 toneladas de escoria de Acero con el fin de que sean proporcionadas para obras de pavimentación. Ya que el MTC (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones) viene trabajando para que la escoria de acero sea un material que se pueda añadir en las obras viales.

Existe una necesidad de romper el aislamiento que tienen los pueblos en costa, sierra y selva. La necesidad de integrarlos es importante y a la vez es una meta nacional. La construcción o habilitación de carreteras demanda un gran esfuerzo financiero y periodos largos para su ejecución; sin embargo, hay diversos factores naturales y antrópicos que causan que las infraestructuras viales no cumplan con el tiempo de vida según diseño. La causa común es el empleo de materiales que no se ajusta al diseño del proyecto y sumado a ello la falta de control de calidad de la construcción. Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones-MTC (2016), señala que el Perú cuenta 79,883 kilómetros de carreteras, de las cuales solo se encuentran asfaltadas un total de 11,768 kilómetros, es decir el 14% del total.

En el distrito de Huaraz las carreteras no brindan condiciones adecuadas de transitabilidad, por hallarse con alto grado de desgaste, causado por fenómenos naturales, incremento de vehículos livianos, de carga y el diseño de las carpetas asfálticas convencionales que no se ajustan a las necesidades de la zona.

En esta investigación se realizará un análisis experimental para cuantificar la sustitución de los agregados tradicionales con escoria de horno de arco eléctrico. Para el diseño del hormigón asfáltico se utiliza el método Ramcodes, el cual logra el objetivo propuesto en este trabajo, los resultados muestran que las características de la escoria de acero son beneficiosas para la preparación del hormigón asfáltico. OCHOA, Ricardo (2019)

CAJAS, VICENTE (2010) luego de realizar diferentes diseños con y sin escoria de acero y la fabricación de briquetas para la investigación, se analizaron los resultados y encontramos que la mezcla asfáltica fría con 11.7% de escoria de acero mejoró las características mecánicas de la mezcla. El asfalto al 25% también puede mejorar

la estabilidad, mantener la resistencia y la fluidez. En el paragón de precios de la mezcla asfáltica en frío con escoria de acero y la mezcla asfáltica en frío tradicional hay una diferencia del 1.99% en precios lo cual nos conlleva a la conclusión de que la fabricación de mezcla asfáltica en frío con escoria de acero es muy beneficiaria tanto técnicamente como económicamente además de esto añadir la escoria de acero no representa realizar ningún cambio en el proceso constructivo de una vía. (SICLANE SMITH, 2019), las carreteras necesitan que su periodo de vida útil aumente por ello se debe mejorar sus componentes para tener mejores resultados en sus características físicas y mecánicas. Se está implementando como un componente adicional la escoria de siderurgia ya que este material tiene propiedades que benefician al pavimento. Después de realizar los ensayos correspondientes notamos que la estabilidad supero los parámetros establecidos y se cumple con la norma ASTM D 3515, también el índice de rigidez supera los parámetros establecidos esto nos dará mayor resistencia a los esfuerzos y a la deformación por corte.

Conforme a lo antes mencionado por los tres autores y con fines de aprovechar las grandes cantidades de escoria de acero, se plantea incorporarlos a las mezclas asfálticas. La escoria de acero es un material que genera mucha contaminación y de la cual no se tiene un plan estratégico para disminuir el porcentaje de contaminación. De acuerdo a lo señalado se proponen los porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash.

El consorcio COLLAO 63, Ruc: 20555204371. Obra: "ESTUDIO DEFINITVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PU 135 CHECCA-MAZOCRUZ, PROVINCIA DE COLLAO – PUNO". En el expediente técnico se considera soluciones de acuerdo al clima y uso de la vía con la finalidad diseñar una mezcla asfáltica por el método MARSHALL. Se incluye todos los estudios de laboratorio donde nos muestran los porcentajes de dosificación que se usarán para la carpeta asfáltica.

El CONSORCIO VIAL SUR ANDINO, Ruc: 2052449184. Obra: “ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA YAURI NEGROMAYO – OSCOLLO – IMATA, TRAMO: DV. IMATA – OSCOLLO – NEGROMAYO”. Se diseñó el pavimento a nivel de carpeta asfáltica en caliente, considerando que la carretera se encuentra por encima de los 4600 m.s.n.m. Por lo que se consideró un diseño MARSHALL de asfaltos PEN 120 – 150, alternativamente también es una buena opción emplear los asfaltos modificados. A lo largo del tramo de estas obras viales es necesario construir con estructuras de drenaje y sub drenaje.

La contaminación ambiental que viene ocurriendo en Perú es un problema que se está subestimando ya que los porcentajes de contaminación cada vez son más mayores, desde los últimos años el país tiene dos problemas específicos, primero la contaminación a gran escala por los desechos de escoria de acero y la segunda la intransitabilidad de la vía principal que conecta la localidad de Huaraz – Carhuaz. La fabricación de todo tipo de materiales de acero crea grandes porcentajes de escoria las cuales no tienen ningún uso. Por otro lado la intransitabilidad la carretera que conecta los pueblos de Huaraz Carhuaz es un problema que viene acechando a los transportistas, ciudadanos y conductores con movi­lidades privadas, la carretera está muy desgastada, algo que se puede visualizar es la falla de la carpeta asfáltica, esta falla se da porque el diseño y construcción de este aglomerado no cumple con los requisitos apropiados, en esta época de crecimiento progresivo del parque automotor el diseño de las carpetas asfálticas tradicionales ya no cumplen con las exigencias de carga.

Actualmente, las tecnologías que emergen en los diseños de carpetas asfálticas son muy innovadoras, por ello se quiere emplear esta investigación sobre los porcentajes de escoria de acero para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz – Carhuaz – Ancash, se convierte en una solución óptima dado a que este material tiene propiedades que benefician a la estabilidad de la carpeta asfáltica. Las consecuencias de no realizar este diseño serían muy graves ya que la contaminación de los suelos del país seguiría en aumento y sin control, por otro

lado, la carretera Huaraz – Carhuaz sería diseñada y construida con una mezcla asfáltica en caliente tradicional y esta tendría poco tiempo de durabilidad.

1.2. Planteamiento del Problema

Con respecto a la realidad problemática descrita con anterioridad se formuló la siguiente pregunta al problema: ¿Cómo influye la adición de los porcentajes de escoria de acero para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación General:

La causa principal para ejecutar la presente investigación es debido al mal estado de la carretera Huaraz – Carhuaz, la cual ocasiona accidentes de tránsito y paralizaciones donde muchas personas quedan gravemente heridas o incluso fallecen y otras quedan varados con sus vehículos en medio de la nada. En tal sentido los porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash será provechoso debido a que aparte de solucionar el problema de la carretera que une a estas dos ciudades también va a solucionar la contaminación desmesurada que ocasiona la escoria en esta ciudad.

Existe la necesidad de resolver el problema de investigación a través de los porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash, con el planteamiento de esta propuesta de diseño se buscará aumentar el tiempo de durabilidad de la carretera, también se busca reducir los costos para el proceso constructivo y así implementar nuevas tecnologías de diseño a la ingeniería.

Esta investigación pretende lograr el diseño de una mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero con el fin de mejorar el tiempo de durabilidad de la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash, se propuso esta investigación con la finalidad de aportar una solución innovadora. Para llevar a cabo esta investigación debemos cumplir con las normas nacionales establecidas por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Perú,

también con las normas internacionales para realizar los diseños de carreteras.

En el marco de esta investigación, esta propuesta de solución beneficiara a los pobladores de las localidades de Huaraz - Carhuaz entre otras ya que esta es la conexión de varios pueblos y caseríos, ya que contarán con una carretera que cumplirá con todos sus requisitos necesarios para su durabilidad, así mismo se trata de obtener los indicadores necesarios para elaborar el diseño de la mezcla asfáltica en la carretera Huaraz – Carhuaz para que los futuros investigadores obtengan la suficiente información para mejorar este tipo de diseños.

1.3.2. Justificación Teórica

El estudio se justificó desde la perspectiva teórica, se trata de unos Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz - Ancash Además, se busca abordar las mezclas tradicionales con la adición de nuevos materiales que mejoren la carretera.

Así las personas tendrán la oportunidad de tener la comodidad de transitar por una buena autopista.

1.3.3. Justificación Práctica

Con fines de obtener resultados positivos para proyectar su empleo en obras viales de gran magnitud los porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash se hará de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas nacionales del MTC (Ministerio de Transportes y comunicaciones), también usaremos las normas internacionales.

1.3.4. Justificación Metodológica

Este estudio se justifica en lo metodológico porque se usarán fichas de registro, investigaciones y memorias de cálculo como sustento, las cuales se

llevarán a cabo cumpliendo las normas vigentes, nacionales e internacionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar la mezcla asfáltica en caliente con porcentajes de escoria de acero para la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1. Realizar la caracterización de los agregados, cemento asfáltico y escoria de acero para la mezcla asfáltica en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

O.E.2. Determinar la dosificación de mezclado para la mezcla asfáltica en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

O.E.3. Evaluar el diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La adición de los porcentajes de la escoria de acero influye positivamente en la mezcla asfáltica, establecidos por el método Marshall y según la norma EG-2013 en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

“Estudio del comportamiento Físico y mecánico de mezclas asfálticas, con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero”

(SEGURA, 2016) Tiene como objetivo, determinar las desventajas y ventaja de usar escoria de acero de agregado, según los métodos y puntos específicos normalizados (p.18). Aplicando una metodología científica, se obtuvo los siguientes resultados con 12.5% de escoria la estabilidad subió a 17498N y el flujo bajo a 3.43 (p. 62). En conclusión, la estabilidad entre el flujo subió a 5103.01N (p. 82).

El estudio aporta que la estabilidad de Marshall elevada, ha presentado la posibilidad de reducir las fallas de ahuellamiento. También tiene una excelente semejanza con el cemento asfáltico, lo que da a pensar que la "erosión de la mezcla" que afecta el clima y el tráfico es muy pequeña.

“Evaluación del desempeño mecánico de una mezcla asfáltica tibia modificada con escoria de alto horno estabilizada con un aditivo químico”

(Romero, 2019) Se tuvo como objetivo: Determinar los cambios mecánicos sometidos a pesos (p. 12). Aplicando un método cuantitativo de tipo experimental, se obtuvo como resultado que al realizar el reemplazo en las fracciones de los tamices 1/2" y 3/8", se presenta una mejor respuesta al medir la rigidez (p. 36). Finalmente concluimos que modificando la mezcla asfáltica tenemos una buena respuesta (p. 54).

El estudio aporta que, considerando que la escoria de alto horno manifiesta una mayor porosidad y tasa de absorción, los vacíos aumentan con la conexión de una mezcla tradicional, se domina significativamente al estabilizar este material con cemento, lo que también aumenta la rigidez de los controles la mezcla bajo cargas

monótonas (estabilidad, relación estabilidad / relación de flujo, tracción indirecta en condiciones secas y saturadas, y relación ITS / ITD) con relación a la mezcla control.

“Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas modificadas con escorias de acero”

(Morcote Católico, 2019) Se planteó como objetivo: Determinar las mejoras mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas, aplicando una metodología experimental (p. 15). Como resultados obtenemos que reemplazando el 100% del agregado no obtenemos resultados favorables según normas (p. 84). Finalmente se concluye que sustituir el 100 por ciento del agregado es una mala modificación (p. 87).

En esta investigación nuestro aporte es que se realizó la caracterización física de la escoria de acero, y se determinó que la franja granulométrica se sustituyó en la mezcla asfáltica, es producto al análisis de partícula de la muestra de escoria siderúrgicas, correspondiente a la partícula de escoria (arena gruesa); el agregado a la mezcla es retenido en el tamíz N 10 (2mm). Así mismo, se conoce su composición química, en la cual los componentes principales son: SiO₂ (22,25 %) y CaO (33.57 %), se comprueba que es similar con escorias del mismo tipo descritas por otros autores.

“Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos”

(OCHOA, 2018) Se planteó como objetivo, conocer los resultados mecánicos de utilizar escoria, utilizando la metodología cuantitativa (p. 2). Como resultado se obtuvo que con 6% satisface los parámetros de vacíos y obtiene un valor de estabilidad de 13783N con una deformación de 3.5mm, se cumple con los parámetros requeridos (p. 7). Finalmente se concluye que el diseño de mezcla es de gran eficacia por el ahorro de materiales, tiempo y resistencia (p. 12).

Además, el estudio aporta que el diseño de mezclas RAMCODES este es un método con mayor cobertura en cuanto a resultados, utilizando la misma cantidad de briquetas Marshall, se pueden realizar cinco intentos o diferentes combinaciones de tamaño de partícula, brindando una amplia gama de resultados, mejorando el comportamiento de la vía, porque puedes elegir el diseño más aceptado con las especificaciones.

“Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión”

(RONDON, 2018) como objetivo: Disminuir espacios, aplicando una metodología científica (p. 3). Se obtuvo como resultado que incrementa la estabilidad Marshall y disminuye, disminuye el flujo, aumenta la resistencia a la deformación (p. 10). Se puede concluir que la escoria es un material con gran potencial para remplazar el árido pétreo (p. 16).

El aporte de esta investigación es que las escorias BFS y SS son materiales con un extenso rango de potencia, que pueden utilizarse como sustituto de los áridos de piedra natural en la elaboración de la mezcla asfáltica. En el estudio, ambas escorias desempeñaron los rangos mínimos de calidad exigidos por cada especificación a ser utilizada, y se exhibieron características tentadoras en proyectos viales, como son partículas principalmente redondas con bordes y esquinas, superficies de fractura y bajo contenido de partículas largas y planas (un esqueleto de partículas más compacto y un índice que no se deforma fácilmente bajo una carga mecánica), alto equivalente de arena (el índice no tendrá demasiado polvo fino), y no hay arcilla ni contenido orgánico en partículas finas (estos dos materiales pretenden reducir la respuesta mecánica del material granular en el proyecto), mientras que en el caso de SS, tiene una alta resistencia al desgaste.

“Viabilidad para el uso de la escoria de acería como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote”

(CHOQUE HINOJOSA, 2012) objetivo, definir si es factible el método de uso de la escoria de acería eléctrica como agregado, de acuerdo a las normas (p.13). Aplicando una metodología científica tipo aplicada, los resultados fueron, la estabilidad Marshall es de 630 kilogramos, el flujo es de 0.279 centímetros y de vacíos es del 4% (p. 84). Finalmente, como conclusiones tenemos que la escoria puede ser usada en las mezclas asfálticas por tener muchas propiedades que favorecen a esta (p.91). El aporte de esta investigación es que escoria de la planta siderúrgica Sider Perú, proveniente de la fusión del acero en el horno eléctrico de acero, se puede utilizar como material de subbase, asfalto y mezclas asfálticas que se utilizan como adhesivos de pavimento, y cualquier otro material utilizado en las canteras, tiene ventajas y desventajas, la principal desventaja es la falta de polvo fino en su determinación del tamaño de partícula, pero se puede corregir agregando polvo fino de otra cantera, ya que recomendamos mezcla asfáltica, y la presencia de cal libre provoca hinchamiento, que daña la estructura, dicha potencia se deja reposar un periodo mínimo de seis meses tal como se practica en los lugares donde se emplea esta potencia.

2.2. BASES TEORICAS

ESCORIA DE ACERO

La escoria es un subproducto ya que se origina del arrabio, se procesa en hornos siderúrgicos. Se obtiene a lo largo de la separación del acero fundido de impurezas (se solidificará el silicato y el óxido al enfriarse). La escoria tiene un excelente rendimiento cuando se usa como tratamiento superficial, donde: su coeficiente de fricción es alto y permanente; proporciona un mayor agarre entre el pavimento y los neumáticos del vehículo, por lo tanto, hay menos posibilidades de patinar; el permanente color negro produce una mayor visibilidad a los conductores; tiene una excelente afinidad por el asfalto, en otras palabras, la adherencia no se desprenderá de la superficie tratada; la

compatibilidad con cualquier tipo de asfalto, desde la emulsión de cemento asfáltico; alta resistencia al pulimento, garantiza la forma irregular y la textura rugosa, su utilidad es la adherencia al pavimento. (SEGURA, 2016)



Figura 1. Escoria de acero

Fuente: Google

Características físicas de la escoria de acero.

Una de las propiedades destacables es que la escoria de acero no se puede “oxidar” ya que de acuerdo a la definición nos dice que es una “mezcla de óxidos y silicatos fundidos”, por lo tanto, la oxidación ya se terminó. Por su textura rugosa y angular fabrican superficies de rodamiento antiderrapantes (lo utilizan en sellos y tratamientos superficiales). Tiene la capacidad de retener calor la escoria de acero. (SEGURA, 2016)

Tabla 1. *Propiedades físicas de la escoria de Acero*

PROPIEDAD	VALOR
Gravedad específica	3.2 – 3.6

Peso unitario	166 – 1920 (100-120)
Absorción	Arriba de 3%

Los principales componentes de la escoria de acero son Cao, Fe, SiO₂, MgO y MnO. Estos añaden a la escoria de acero dureza, resistencia a cargas, monotónicas y cíclicas. Por otro lado, la gran magnitud de estos componentes hace que este material genere una mejor adherencia entre el agregado y el asfalto.

Ensayo	Unidad	Magnitud							
		[94]	[71]	[95]	[70]	[56]	[96]	[97]	[60]
Densidad	g/cm ³	-	-	3,3	-	3,92	-	-	-
Gravedad específica gruesos	-	-	3,02	-	3,01	-	-	3,25	3,35
Gravedad específica finos	-	-	3,17	-	3,06	-	-	3,15	3,7
Absorción	%	-	-	1,29	-	-	2,9-3,1	2,5-3,7	2,84-3,29
Caras fracturadas (dos caras)	%	-	-	-	97,6	-	-	100	-
Partículas alargadas y aplanadas	%	-	6,1	-	-	-	2-3	1	-
Equivalente de arena	%	-	-	-	-	83	-	86	-
Desgaste en la máquina de los ángeles	%	20-25	20	13,2	14,2	14-15	24	18,6	20
Valor de agregado fracturado	%	-	-	-	-	-	23	-	-
Resistencia a sulfato de sodio	%	<12	-	-	-	-	2,07	-	-
Ángulo de fricción interna	-	40°- 50°	-	-	-	-	-	-	-
Dureza (escala de Moh's)	-	6-7	-	-	-	-	-	-	-
CBR	%	>300	-	-	-	-	-	-	-
Stripping	%	-	-	-	-	-	>95 %	-	-

Figura 2. Propiedades físicas de la escoria de acero

Composición química de la escoria de acero

Se expresa en términos referenciales a óxidos simples, pero los compuestos predominantes son: silicatos de calcio, óxido de calcio, calcio, magnesio, óxido férrico, cal libre y magnesio libre. (SEGURA, 2016).

Componente	[69] EAF	[70] EAF	[58] BOF	[71]	[52] EAF	[52] BOF	[72] EAF	[37] EAF	[30] EAF	[30] BOF	[60] EAF
CaO [%]	0,4-52	25,58	39,0	50,5	50-50	45-60	33,2	37,78	55-60	50-55	27
SiO ₂ [%]	0,8-19	18,72	11,97	14,4	11-20	10-15	10,08	16,47	9-20	8-20	11
Al ₂ O ₃ [%]	1-14,07	2,75	2,16	1,35	10-18	1-5	1,66	5,76	2-9	1-6	5
P [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01-0,25	0,2-2	-
P ₂ O ₅ [%]	0,48-1,24	-	1	1,1	2-5	1-4	-	0,76	-	-	-
MgO [%]	0,0-10,2	7,50	1,69	4,5	8-13	3-13	13,09	4,81	5-15	5-15	5
Cr ₂ O ₃ (Cr) [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	0,1-0,5	-
Na ₂ O [%]	-	0,29	0,25	-	-	-	-	0,06	-	-	-
FeO [%]	20,4-37,2	-	30,23	14,8	8-22	7-20	-	-	15-30	10-35	25
Fe [%]	15-30	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08-2	0,05-0,15	-
SO ₂ [%]	-	-	0,12	-	-	-	-	0,34	-	-	-
Fe ₂ O ₃ [%]	24,2-37,2	35,16	-	5,2	5-6	3-9	29,64	31,02	-	-	25
MnO [%]	1,07-15,58	0,304	2,74	-	3-10	2-6	6,18	-	3-8	2-8	4
Cr ₂ O ₃	0,78-4,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂ [%]	0,35-0,6	1,595	0,4	0,5	-	-	-	-	-	0,4-2	-
K ₂ O [%]	-	0,13	0,05	-	-	-	0,06	0,02	-	-	-

Figura 3. Composición química de SS en %

Dimensiones de la escoria de acero.

Granulometría

En Cataluña se aumentaron 4 dosis granulométricas de escoria, en sustento a las siguientes medidas de áridos: de 0 a 40 mm, 40 a 70mm, 5 a 12 mm, y 12 a 18 mm; estos son aplicados a las subbases de vías, capas de rodadura, aplicaciones a granel y formulación de hormigones tener (añadir como máximo hasta el 20%). (Castells, 2012)

El método más simple para determinar el tamaño de las partículas es obtener partículas a través de una serie de mallas con diferentes diámetros de tamices, estas mallas actúan como filtros para las partículas, de esta manera lo clasificamos según su tamaño:

- Fino
- Mediano
- Grueso

Tabla 2. Clasificación de los agregados según ASTM.

Gradación de agregados	
Tamiz	% Total que pasa (por peso)
1" (25.0mm)	100
3/4" (19.0mm)	76-96
1/2" (12.5mm)	68-88
3/8" (9.5mm)	60-82
Nº4 (4.75mm)	45-67
Nº8 (2.36mm)	32-54
Nº16 (1.18mm)	22-44
Nº30 (0.60mm)	15-35
Nº50 (0.30mm)	9-25
Nº100 (0.15mm)	6-18
Nº200 (0.075mm)	3-6

Fuente: American Society Testing Materials (2004)

Dosificación

La dosificación es el grupo de procesos que permiten cargar el hormigón, respetando las proporciones fijadas por cálculos elaborados anteriormente.

- 3%
- 4%
- 5%

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Llamadas también aglomeradas, elaboradas por una mezcla de agregados pétreos y un ligante. Están compuestas por 90% de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de mineral (filler) y 5% de ligante asfáltico.

La mezcla asfáltica en caliente se define como la mezcla de un ligante hidrocarbonado, agregados, polvo mineral y aditivos. (Romero, 2019)

asfáltica = árido + ligante
(piedra + arena + filler + cemento asfáltico)



Figura 4. Mezcla asfáltica en caliente

Tabla 3: *Tabla de intensidad de tránsito pesado*

Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido	Tipo de carpeta
Mayor de 2000 vehículos/día	Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo.
1000 a 2000	Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5cm.
500 a 1000	Mezcla en el lugar o planta de 5cm como mínimo.
Menos de 500	Tratamiento superficial simple o múltiple.

Tabla 4. *Grados de penetración de betunes asfálticos para mezcla caliente.*

Tipo de Transito	Temperatura Ambientales		
	Alta	Media	Baja
liviano	70-85	70-85	70-85
mediano	60-70	70-85	70-85
pesado	50-60	60-70	60-70

Caracterización de insumos

Propiedades de agregado grueso.

El agregado grueso se compone principalmente de piedra triturada, escoria de voladura, hormigón de cemento hidráulico manual o una combinación de los anteriores, y tiene las características especificadas por la norma. Aunque se ha utilizado hormigón de cemento hidráulico triturado como agregado y se han informado los resultados satisfactorios, su uso puede requerir algunas precauciones adicionales. Debido a la rugosidad de la categoría de agregados. El uso de este tipo de agregado dará como resultado una menor resistencia a los componentes sujetos a cambios de temperatura, y también puede resultar una disminución en el desempeño del concreto durante el mezclado, procesamiento o mezclado. El agregado de piedra triturada puede contener partículas susceptibles de ser atacadas por elementos alcalinos, sulfatos y orgánicos, especialmente en los poros del hormigón de reciente fabricación.

Propiedades de agregado fino.

El agregado fino o arena representa el mayor porcentaje en peso. Dicho porcentaje suele superar el 60% del peso del hormigón fraguado y endurecido. Los áridos utilizados para deben cumplir una serie de requisitos, que habitualmente se recogen en normas como ASCE / SEI. Estas estipulaciones generalmente se refieren a la composición química, el tamaño de partícula y el factor de forma. El agregado se trae de canteras aluviales o arena producida artificialmente. Las partículas deben ser de forma cúbica o esférica y no se aceptarán partículas planas o alargadas.

La arena estará formada por fragmentos de roca, duros, densos y duraderos. Al producir artificialmente agregados finos, no se deben utilizar rocas que se fracturen en capas cabe recalcar que las partículas planas o alargadas no se tendrán en cuenta.

Tabla 5. *Partículas que pasan por diferentes tamices*

Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa (tamiz n.º 200)	(ASTM C 117)	3 %
Materiales ligeros	(ASTM C 123)	1 %
Grumos de arcilla	(ASTM C 142)	3 %
Total de otras sustancias dañinas (como álcalis, mica, limo)	-	2 %
Pérdida por <u>meteorización</u>	(ASTM C 88, método Na ₂ SO ₄)	10 %

Propiedades del cemento asfáltico.

Según la ASTM, el cemento asfáltico es un material de color oscuro - negro, cuyo elemento inicial es el asfalto natural o se obtiene del procesamiento del petróleo. La mayor parte del petróleo crudo contiene betún en diferentes proporciones.

En términos de ingeniería las características más importantes del asfalto son: consistencia, pureza y seguridad.

Consistencia

Llamada también viscosidad o fluidez a se utiliza para describir la viscosidad o fluidez del asfalto a una determinada temperatura, por lo que es útil la temperatura estándar para pasar la prueba de viscosidad o penetración (para asfalto oxigenado, utilizar la prueba del punto de reblandecimiento).

Pureza

Está compuesto casi en su totalidad por betún, que por concepto es completamente soluble de carbono. El betún después del proceso de refinado está a nada de ser puro (si todavía hay impurezas, son inertes) y generalmente son 99,5% solubles en disulfuro de carbono.

Seguridad

El betún espumado es peligroso, por lo que generalmente se requiere que el betún no forme espuma a temperaturas de hasta 175 ° C. Cuando el asfalto se sobrecalienta emitirá humo, que destellará en presencia de chispas o llamas abiertas. La temperatura a la que esto ocurre se llama punto de inflamación. Sin embargo, para garantizar un margen de seguridad suficiente, es necesario medir y controlar el punto de inflamación.

Determinación de la dosificación de mezclado

Porcentaje de agregado grueso.

Se recomienda 180 kg (3 sacos) de agregado grueso.

Porcentaje de agregado fino.

Se recomienda 300 kg (5 sacos) de agregado fino.

Porcentaje de escoria.

Se recomienda 11,4 litros (3 contenedores metálicos) de ligante asfáltico.

Porcentaje de cemento asfáltico.

Se recomienda 15 kg de material.

Evaluación de diseño de mezcla

Ensayo de Marshall.

Sirve para determinar el contenido de un óptimo del betún para una combinación de agregado específica. Se trata de una prueba mecánica que involucra una probeta cilíndrica con un diámetro de 101,6 mm y una altura de 63,5 mm preparada como se describe y compactada con un martillo con un peso y una altura de caída estándar. Posteriormente, se calentó a una temperatura de 60°C y se trituró en una prensa Marshall con una carga vertical y una tasa de deformación constante de 50,8 mm / min mediante equipos periféricos para determinar su estabilidad y deformación. Este método determina la densidad y la porosidad óptimas que deben cumplirse durante la construcción del pavimento.



Figura 5. Ensayo Marshall.

Fuente: Diseño y ensayos de mezclas bituminosas

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, enfoque y diseño de investigación

3.1.1 Enfoque de la Investigación

La tesis es de enfoque cuantitativo, se define como el enfoque que elabora un marco y realiza una hipótesis de forma anticipada, además de procesos disponibles para la ciencia, encuentra datos a fin de construir un conocimiento científico; aplicando procedimientos de recolección de datos para una posterior medición numérica, con la finalidad de otorgar un factor que ayude a determinar el comportamiento de la variable.

3.1.2 Tipo de Investigación

3.1.2.1 Tipo de Investigación por el propósito

Para la elaboración del diseño se empleó ensayos de laboratorio como el ensayo Marshall, de acuerdo a la definición observada, se clasifica del tipo aplicada. Se define que el tipo de investigación aplicada busca encontrar una solución para problemas prácticos que enfrenta la sociedad (BHUSHAN MISHRA, 2017).

3.1.2.2. Tipo de Investigación por el diseño

En relación al diseño, la investigación es de tipo experimental – cuasi experimental, porque manipularemos con diferentes porcentajes la variable independiente del estudio en un laboratorio, luego de los estudios correspondientes se analizarán los resultados de los diferentes estudios.

3.1.2.3 Tipo de investigación por el nivel

La investigación es descriptivo porque, se cuantificará el comportamiento de la mezcla asfáltica adicionando porcentajes de escoria de acero. Se busca determinar porque ocurren ciertas situaciones cuando comparamos diferentes variables (HERNÁNDEZ ESCOBAR, 2018).

3.1.3. Diseño de investigación

Según (FERNÁNDEZ COLLADO, 2014), el diseño que utilizará en el proyecto de investigación será Experimental, ya que se manipulará la variable independiente para evaluar su efecto en la variable dependiente. Analiza las consecuencias de cuando se manipula la variable independiente para compararla con la variable dependiente.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable

Escoria de acero

La escoria de acero es un subproducto que resulta de la fundición de los metales al purificarlos. La elaboración de la fundición ferroso y no ferroso producen varios tipos de escoria. Por otro lado, la escoria de acero se ha utilizado como metal para pavimentación. (UCHA, 2015)

3.2.1.1 Matriz de Clasificación de variable:

Tabla 6. *Matriz de clasificación de variable*

Variable	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Escoria de acero	Independiente	Cuantitativa	Intervalo	Multidimensional	Directa

3.2.1.2 Matriz de Operacionalización de variable

Tabla 41. *Matriz de operacionalización de variable – escoria de acero (Anexo 3.1)*

3.2.2 Variable

Diseño

La mezcla asfáltica está compuesta por una combinación uniforme de agregado de piedra y aglutinante de asfalto, de modo que el agregado está cubierto por una capa delgada y continua de asfalto. El diseño de la mezcla de asfalto tiene como objetivo determinar la combinación más adecuada de agregado de piedra y aglutinante de asfalto para garantizar el rendimiento duradero de la estructura del pavimento en condiciones ambientales y de tráfico.

Variable	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Diseño	dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Multidimensional	Directa

Tabla 42. *Matriz de operacionalización de variable – diseño de mezcla asfáltica (Anexo 3.1)*

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Se considera que la población consiste en ser lo suficientemente específica para permitir que cada componente individual muestre las mismas características definidas (JONES, 2010).

En la presente investigación comprenden los porcentajes de escoria de acero para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz-Carhuaz, Ancash. La población estará conformada por 16 briquetas.

Tabla 7: Número de ensayos

Mezclas Asfálticas en Caliente	Número de briquetas
Mezcla Marshall típica	4
Con 3% de EA.	4
Con 4% de EA.	4
Con 5% de EA.	4

3.3.2. Muestra

Se considera que la muestra es un subconjunto de la población, los cuales son seleccionados objetivamente (LANDRENEAU, 2019). En la presente investigación: Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz – Ancash. Con los objetivos trazados, las muestras están conformada por 16 briquetas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

3.4.1 Técnica de recolección de datos

Se considera que la técnica de observación directa es un método valioso y se utiliza para recopilar información de evaluaciones (TAYLOR , 2016).

La técnica que se va a emplear será la observación directa ya que se realizará el ensayo Marshall para la recopilación de información.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Con las técnicas de recolección de datos se determinó lo siguiente:

- Para cuantificar la granulometría de la escoria de acero y los agregados se usó la ficha de recolección de datos N°1.
- Para los parámetros del diseño de la mezcla asfáltica en caliente se usó la ficha de recolección de datos N°2.
- Para determinar y ajustar la mezcla de diseño se usó la ficha de recolección de datos N°3.

Tabla 8: Recolección de datos

Etapas de la investigación	Instrumentos	Validación/Confiabilidad
Granulometría	Ficha de recolección de datos N°1	Juicio de expertos, especialistas en el tema de investigación
Diseño de la mezcla asfáltica en caliente	Ficha de recolección de datos N°2	Juicio de expertos, especialistas en el tema de investigación
Evaluación y ajuste de la mezcla de diseño	Ficha de recolección de datos N°3	Juicio de expertos, especialistas en el tema de investigación

3.4.3 Validación del instrumento de recolección de datos:

Los instrumentos de investigación se validaron mediante el juicio de expertos. La validación de los datos es “Un proceso que asegura los datos finales con una serie de características de calidad” (DI ZIO, 2016).

La validación fue realizada por tres especialistas de grado académico Ingeniero civiles, colegiados y habilitados. Estos especialistas tienen un vasto conocimiento relacionado a proyectos de obras viales.

) Las Fichas de observación N°01 tendrá la validación del Ing. Jhonson O. Ruíz Jiménez, CIP N° 228193.

) Las Fichas de observación N°02 tendrá la validación del Ing. Gonzales Antúnez Eugenio, CIP N° 129169.

) Las Fichas de observación N°03 tendrá la validación del Ing. Fernando Maldonado, CIP N° 106100.

3.4.4 Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

La confiabilidad se definirá con la determinación del Alfa de Cronbach. Como refiere BLOOR, Michael (2011), la confiabilidad es “La medida en la que la investigación produce los mismos resultados cuando se replica” (pág. 30).

La confiabilidad se determinará mediante las pruebas de laboratorio donde obtendremos los resultados.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Recopilación de información

Trabajo de campo

En nuestra investigación lo desarrollamos para que pueda ser aplicado en cualquier país, las pruebas realizadas en los laboratorios son muy confiables, los parámetros de diseño de las mezclas asfálticas en caliente se determinan mediante la adición de escoria de acero.

La muestra de escoria de acero se tomó en Chimbote, ya que Sider Perú lo descarta en la fundición, es un material no contaminante.

Granulometría

Para determinar la granulometría según la metodología Marshall se utiliza la gráfica semilogarítmica, en la gráfica se puede ver que la abscisa que es el tamaño de abertura de las mallas está en mm y las ordenadas están en porcentajes.

Para elegir la curva granulométrica para elaborar el diseño de la carpeta asfáltica densa o cerrada se tiene 2 parámetros: las líneas de control y el tamaño máximo nominal del agregado (Garnica Anguas, 2004).

Tabla 9: Granulometría propuesta para mezcla cerradas (ASTM D3515)

Abertura de malla	Mezcla cerrada								
	Tamaño máximo nominal del agregado								
	2 in (50 mm)	1 1/2 in (37.5 mm)	1 in (25.0 mm)	3/4 in (19.0 mm)	1/2 in (12.5 mm)	3/8 in (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 6 (2.36 mm)	No. 10 (1.18 mm)
Graduaciones para mezclas de agregados (grueso, fino y filler)									
2 1/2 in. (63.5 mm)	100	...	...	...	...	...	...	...	...
2 in. (50 mm)	90-100	100	...	...	...	...	...	...	...
1 1/2 in. (37.5 mm)	...	90-100	100	...	...	...	...	...	...
1 in. (25.0 mm)	60-80	...	50-100	100	...	...	...	...	...
3/4 in. (19.0 mm)	...	56-80	...	90-100	100	...	...	...	...
1/2 in. (12.5 mm)	55-85	...	56-80	...	90-100	100	...	...	...
3/8 in. (9.5 mm)	...	...	...	66-80	...	90-100	100	...	...
No. 4 (4.75 mm)	17-47	23-63	28-69	35-86	44-74	56-66	90-100	...	100
No. 6 (2.36 mm)	10-36	15-41	19-45	23-45	29-58	32-67	35-100	...	95-100
No. 10 (1.18 mm)	...	...	...	...	...	...	40-80	...	85-100
No. 30 (600 µm)	...	...	...	...	...	...	28-85	...	70-86
No. 50 (300 µm)	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23	7-40	...	45-75
No. 100 (150 µm)	...	...	...	...	...	...	3-20	...	20-40
No. 200 (75 µm)	0-2	0-6	1-7	2-6	2-10	2-10	2-10	...	0-20
Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla									
	2-7	3-8	3-9	4-10	4-11	6-12	8-12	7-12	8-12

Especificaciones de la metodología

Para obtener la dosificación de asfalto según el porcentaje de límites de vacíos, el cual es 4%. Las medidas y propiedades determinados según este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los parámetros de diseño (Garnica Anguas, 2004).

Tabla 10. Criterio de diseño de mezclas Marshall

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19	3/4	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Tabla 11. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		carpeta y base		carpeta y base	
Criterio de mezcla	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750	----	1200	----	1800	----
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	Ver Tabla 2.2					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Evaluación y ajuste de una mezcla de diseño

Estabilidad baja y vacíos bajos

Los porcentajes de vacíos se pueden aumentar de diferentes maneras, por ejemplo, con acercarse para determinar vacíos altos en agregado mineral, así se obtendrá los suficientes espacios para adecuar una proporción para vacíos de aire y cantidad de asfalto.

Si se tiene más contenido de asfalto y este no se necesita para reemplazar lo absorbido por el agregado, el porcentaje de asfalto deberá disminuir para añadir el porcentaje de vacíos con un adecuado VMA (Garnica Anguas, 2004).

Vacíos bajos y estabilidad satisfactoria

Los bajos contenidos de vacíos pueden terminar en una disminución de la estabilidad debido a un flujo plástico.

La insuficiencia de vacíos puede resultar por la necesidad del asfalto ya que esta proporciona mayor durabilidad a la carpeta asfáltica (Garnica Anguas, 2004).

Vacíos satisfactorios y estabilidad baja

Cuando se tiene una baja estabilidad y los porcentajes de agregado y vacíos son adecuados se debe mejorar las partículas de los agregados, por ejemplo, se puede utilizar material triturado o se puede incrementar el agregado grueso (Garnica Anguas, 2004).

Vacíos altos y estabilidad satisfactoria

Cuando se tiene altos contenidos de vacíos quiere decir que se tiene una carpeta asfáltica permeable por donde la circulación del agua causa endurecimiento del asfalto prematuramente, así tengamos una estabilidad recomendable se debe rediseñar el porcentaje de vacíos (Garnica Anguas, 2004)

Vacíos altos y estabilidad baja

Si sucede esto se debe evaluar el volumen de vacíos, si después de hacer los ajustes la estabilidad no mejora se debe mejorar la calidad del material (Garnica Anguas, 2004).

Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas

Determinación de la gravedad específica

Una vez que se enfría la probeta puede desarrollarse la prueba de gravedad específica. La prueba se realiza de acuerdo a la norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas empleando parafina, también se puede realizar según la norma ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando superficies saturadas de especímenes secos (Garnica Anguas, 2004).

Prueba de estabilidad y flujo

Luego de realizar todos los pasos para la preparación de la mezcla asfáltica, procede a realizar la prueba de flujo y estabilidad, esta prueba se trata de sumergir la probeta en un baño maría a $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ}\text{F} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba (Garnica Anguas, 2004).

Luego de preparar el equipo de ensayo, se remueve la probeta del baño maría para que seque en la superficie. Luego se colocó entre las mordazas y se revisara que estén bien centradas.

Consecutivamente se aplicará la carga a la probeta con una deformación constante de 51mm por minuto, hasta llegar a la falla. El valor tal de Newtons (lb) requeridos para producir la falla de la probeta se debe registrar como el valor de estabilidad Marshall.

Análisis de densidad y vacíos

Terminando de realizar la prueba de estabilidad Marshall se procederá a realizar el análisis de vacíos y densidad para cada serie de probetas de prueba (Garnica Anguas, 2004).

3.6 Métodos de análisis de datos

3.6.1 Técnicas de análisis de datos

Esta tesis, siendo de tipo experimental, se aplicará la estadística descriptiva para cuantificar la frecuencia, también se usará parámetros de tendencia central y parámetros de tendencia variaciones.

3.7 Aspectos éticos

El proyecto de investigación se respetará los resultados de la valides y confiabilidad obtenidos por el juicio de los 3 expertos.

En la presente investigación enfocamos este aspecto como principal ya que se respeta la autenticidad de cada información extraída referenciándola mediante el uso del manual ISO 600 y ISO 690-2 y para corroborar lo mencionado se adjunta en el Anexo 07 la similitud otorgada por el programa TURNITIN con un porcentaje de coincidencias del 24%.

ANEXO 07

3.8 Desarrollo del proyecto

3.8.1 Elaboración de las briquetas

Para este ensayo se elaboraron 16 probetas cilíndricas por cada contenido de asfalto evaluado, las probetas se fabrican en un recipiente o mezcladora mecánica hasta obtener una mezcla homogénea con el árido completamente recubierto por el ligante asfáltico, luego estas probetas son preparadas en los moldes, para luego ser compactadas asegurándonos de que se apliquen 75 golpes por cada lado en un tiempo no superior de 90s, después de que las probetas se enfríen a temperatura ambiente, se desmoldan y se determinan los espesores, luego se determina la densidad real de las probetas de mezcla asfáltica compactada por medio de la masa de la probeta pesada al aire en condición seca, saturada superficialmente seca y sumergida en agua. Continuando para el acondicionamiento del ensayo, las probetas se sumergen apoyadas sobre la cara plana en un baño de agua de un tiempo de 30 min a 40 min, manteniendo una temperatura de $60 \pm 1^\circ\text{C}$. Las Briquetas son extraídas del baño de agua y secadas superficialmente, Transcurrido este proceso se somete a carga a una velocidad constante de $50 \pm 1\text{mm/min}$ hasta que se produzca la falla.

3.8.2. Ensayos en el Laboratorio

3.8.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

La función principal es de dividir las partículas para así poder aprender a identificar el tamaño y peso de las partículas del material granular donde se emplearán 2 kg de muestra.

3.8.2.1.1. Equipos utilizados.

Báscula con una sensibilidad de 0,01gramo. (con un índice de error de +- 2 décimas).

-) Tamices ASTM de mallas catalogadas con números 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N° 8, N° 10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200 y la bandeja.
-) Brochón de cerda de aluminio.

-) Horno de deshidratación con gradación de 110°.
-) fuente de aluminio.

3.8.2.1.2. Procedimiento del ensayo

-) Apuntar el peso de la muestra seca inicial.
-) Lavar la muestra seca inicial.
-) Secado de la muestra en el horno graduado en $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
-) Apuntar el peso de la muestra seca ya lavada.
-) Apuntar el peso perdido de la muestra seca ya lavada.
-) Organizar de más a menos la medida de los tamices para el pasado manualmente.
-) Apuntar el peso contenido en cada tamiz.
-) El peso global del material luego del tamizado, tiene que ser comparado y verificado con el peso real.

Para finalmente con los datos conseguidos determinar la curva granulométrica, coef. de uniformidad y coef. de curvatura.

3.8.2.2. Contenido de Humedad de los agregados gruesos y finos.

El ensayo se conoce como la conexión con la humedad de la superficie, con relación de masa de la superficie húmeda en relación con la masa de la superficie seca donde se representa en forma de % del peso de agua.

3.8.2.2.1. Equipos utilizados.

Báscula con una sensibilidad de 0.01gramo. (con un índice de traspie de maso menos de 2 décimas).

Envases pesados y numerados perdurable al desgaste y a las temperaturas altas.

Horno para secado con una gradación de 110°.

-) Artefactos para manipular envases como guanteletes, cuchillos, paletas, cucharon, divisores de muestra.

El material de muestreo que se utilizarán para el ensayo debe ser trasladada en recipientes herméticos de acuerdo al parámetro del MTC E 215. Para los estudios

según reglamento no se empleará muestras menos de 20 gr. como muestra distintiva.

Tabla 12. Requisitos mínimos en los pesos de las masas.

máximo tamaño de partículas (pasa el 100%)	tamaño de malla estándar	masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenido de humedad reportados a $\pm 1\%$
2mm o menos	2.00mm(N°10)	20g.	20g.
4.75mm.	4.760mm(N°4)	100g.	20g.
9.5mm.	9.525mm($\frac{3}{8}$ "	500g	50g
19mm.	19.050mm($\frac{3}{4}$ "	2.5kg	250g
37.5mm.	38.1mm(1 $\frac{1}{2}$ "	10kg.	1kg.
75.0mm.	76.200mm(3"	50kg.	5kg.

3.8.2.2.2. Procedimiento del ensayo

-) Apuntar el peso del envase que se utilizara (M_c).
-) Codificar los envases con rotulaciones del laboratorio.
-) Anotar el peso de la tara junto con el muestrario húmedo.
-) Ingresar la muestra mojada al horno a una temperatura a $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$, para su secado del elemento a estudiar.
-) Después que la modelo se haya secado en un tiempo de 16 horas, se saca del horno y se debe calmar a temperatura ambiente.
-) Por último, se calcula el % de humedad (%W).

3.8.2.2.3. Cálculo de contenido de humedad

Fórmula para el cálculo:

- 1) Peso del recipiente o tara más Peso la superficie húmeda.
- 2) Peso del recipiente o tara más Peso de la superficie seca.
- 3) Peso del agua contenida = (1) – (2).

- 4) Peso del recipiente o tara.
- 5) Peso de la superficie seca = (2) – (4).

Ecuación 1. Contenido de Humedad (%)

$$W = \frac{\text{Peso del h2O}}{\text{Peso de la superficie seca}} \times 100$$

3.8.2.3. Abrasión de los ángeles del agregado grueso.

El ensayo radica en la puesta del modelo en el artefacto de abrasión de los ángeles donde obtendremos el desgaste de la muestra ensayada donde obtener este resultado es fundamental para la elaboración de pisos y pavimentos.

3.8.2.3.1. Equipos utilizados.

-) Máquina de los Ángeles.
-) Carga: Constituidos en bolas de acero de aproximadamente (1 27/32pulg) de diámetro con peso un peso mínimo de 390 g. y con un peso máximo de 445 g.
-) Tamices.
-) Báscula con exactitud al 0,1 %.
-) Horno eléctrico con temperatura constante de 110 + 5 °C.

3.8.2.3.2. Procedimiento del ensayo

-) Lavar la muestra que será ensayada y secar en el horno con temperatura constante de 110+5 °C.
-) Colocar la muestra en el tambor de la maquina luz ángeles.
-) Activar la función de girar de la maquina a una velocidad constante de 30 a 35 r.p.m. hasta lograr 500 revoluciones.
-) Retiramos la muestra en una bandeja para que el material sea tamizado por la malla N° 12 (1.70mm) y Registrar el peso de la muestra retenida.

3.8.2.3.3. Cálculos.

Ecuación 2. Degaste (%)

$$\text{Degaste (\%)} = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

P.1: Peso muestra seca antes de ser ensayada.

P.2: Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado antes sobre la malla n°12

3.8.2.4. Sales solubles.

Es el tratamiento de cristalización para obtener la cantidad de sulfatos y cloruros que se disuelven en agua, donde serán utilizados en bases y mezclas asfálticas.

3.8.2.4.1. Equipos utilizados

-) Balanza de precisión de 0,01 gramos
-) cocina, de temperatura constante de 105 ± 5 °C.
-) Plancha de calentamiento.
-) Encendedores.
-) Matraces.
-) Copas de precipitado.
-) Pipetas.
-) Agua destilada.
-) Tubos de ensayo.
-) Disolución de Nitrato de Plata.
-) Disolución de Cloruro de Bario.

3.8.2.4.2. Procedimiento del ensayo

-) Deshumedecer el material muestreado con horno a 110 ± 5 °C. (Registre esta masa como A.)
-) Situar el material muestreado en una copa de precipitado, añadir líquido que esté destilada hasta tapar 3 cm encima del nivel del material muestreado y calentar hasta ebullición.

- J Sacudir a lo largo de 1 minuto, repetir el procedimiento de sacudir por intervalos hasta lograr cuatro veces el proceso por un periodo de 10 minutos.
- J Depurar por lo menos diez minutos hasta visualizar que el líquido esté transparente, localizar en forma separada, los 2 tubos de ensayo, las sales solubles con cada reactivo químico.
- J Repetir los puntos anteriores hasta no visualizar las sales.
- J Una vez fríos, vaciar los líquidos retenidos, a un matraz aforado y envase con agua destilada. (Anotar el aforo como B).
- J Agarrar una alícuota con capacidad de 50 y 100 mililitros, el material muestreado será homogeneizada, del matraz aforado y anote su capacidad. (Registre su volumen como C.)
- J Cristalizar la alícuota en el horno a 100 ± 5 °C, hasta que el material muestreado sea constante y registrar el peso del material. (registre la masa como D)

4.3. Cálculos.

A = Muestra seca inicial.

B = Aforo de todos los líquidos sobrenadantes acumulados

C= Volumen del material muestreado homogeneizada.

D= Muestra Cristalizada de la alícuota seca.

Ecuación 3. Sales solubles

$$\text{Sales solubles (\%)} = \frac{1}{\frac{C * A}{D * B} - 1} * 100$$

3.8.2.5. Durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado grueso y fino.

El ensayo nos proporciona una información valiosa para apreciar la alterabilidad de la muestra ensayada con la acción de la intemperie para así obtener el cuidado en plantear los límites adecuados en especificaciones.

3.8.2.5.1. Equipos utilizados

Tamices de tamaño de malla N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 5, N° 4.

Contenedor.

Regulación de la temperatura.

Se usará una balanza con capacidad mayor o igual a 5 kg con precisión de 0.1g.

Horno eléctrico con temperatura constante de 110 ± 5 °C

Reactivo solución de sulfato de magnesio.

3.8.2.5.2. Procedimiento del ensayo para el agregado fino y grueso.

3.8.2.5.2.1. Procedimiento del ensayo para el agregado fino.

-) El material a ensayar deberá pasar por el tamiz N° 3/8 hasta obtener 100 g.
-) Lavar el material a ensayar por la malla N° 50, proceder al secado en el horno con temperatura constante de 110 ± 5 °C y registrar su peso.
-) Sumersión de la muestra en la solución de magnesio, en un lapso de tiempo no menor de 16 hrs donde la solución deber obtener un nivel de 13

mm sobre la muestra, cubrir el contenedor para impedir la evaporación y contaminación, mantener la temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) en el lapso que está sumergida la muestra.

-) Secado del ensayo en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, subsiguiente a la sumersión, dejar reposar para que tome temperatura ambiente en un lapso no menor de 4 hrs y mayor de 18 hrs hasta alcanzar un peso constante y registrar el peso.
-) Luego sumergir el material ensayado en la solución como indica el numeral.

3.8.2.5.2.2. Procedimiento del ensayo para el agregado grueso.

-) El material a ensayar deberá pasar por el tamiz N° 4 hasta obtener 7 000 g.
-) Lavar el material a ensayar, proceder al secado en el horno con temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, registrar su peso.
-) Sumersión de la muestra en la solución de magnesio, en un lapso de tiempo no menor de 16 hrs donde la solución deber obtener un nivel de 13 mm sobre la muestra, cubrir el contenedor para impedir la gasificación y contaminación, conservar la temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) en el lapso que esta sumergida la muestra.
-) Secado de la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, subsiguiente a la sumersión, dejar reposar para que tome temperatura ambiente en un lapso no menor de 4 hrs y mayor de 18 hrs hasta alcanzar un peso constante y registrar el peso.

) Luego sumergir el material ensayado en la solución como indica el numeral

3.8.2.5.3. Cálculo para el agregado fino y grueso.

3.8.2.5.3.1. Cálculo para el agregado fino.

Tabla 13. Durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado fino.

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida Corregida %

(2) Fracciones pesadas con límites.

(3) Fracciones pesadas después del ensayo.

(4) Pérdida total %

Ecuación 4. Pérdida total %

$$\frac{\text{Peso de la fracción ensayada} - \text{Peso retenido después del ensayo}}{\text{Peso de la fracción ensayada}} * 100$$

(5) Pérdida Corregida %

Ecuación 5. Perdida corregida %

$$\frac{\text{Pérdida total \%} - \text{Gradación original \%}}{100}$$

3.8.2.5.3.2. Cálculo para el agregado grueso

Tabla 14. Durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado grueso.

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %	N° de partículas

(2) Fracciones pesadas de acuerdo con límites.

(3) Contadas antes del ensayo.

(4) Fracciones pesadas después del ensayo.

(5) Pérdida total %

Ecuación 6. Pérdida total %

$$\frac{\text{Fracciones pesadas de acuerdo con límites} - \text{Fracciones pesadas después del ensayo}}{\text{Fracciones pesadas de acuerdo con límites}} * 100$$

(6) Pérdida corregida %

Ecuación 7. Pérdida corregida %

$$\frac{\text{Gradación original \%} - \text{Pérdida total \%}}{100}$$

(7) Se cuentan todas aquéllas no desintegradas después del ensayo.

3.8.2.6. Equivalente de arena.

Tiene como objetivo de indicar las proporciones de un suelo arcilloso o polvos en el suelo donde son partículas no aptas para el uso de pavimento y a la vez dar a conocer la cantidad permisible de partículas no aptas en el agregado.

3.8.2.6.1. Equipos utilizados.

Z Un cilindro graduado de color transparente.

Z Horno con temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Z Agitador mecánico.

Z Agitador de operación manual.

Z Lata de $85 \pm 5\text{mL}$.

Z Tamiz número 4.

Z Embudo.

Z Botellas con una capacidad de 3,8 L.

Z Platillo plano.

Z Reloj.

Z Papel filtro.

Z Cloruro cálcico Anhidro.

Z Glicerina USP.

Z Formaldehído.

Z Agua destilada.

Z Solución de trabajo de cloruro cálcico.

3.8.2.6.2. Procedimiento del ensayo.

) Secar el modelo ensayado y tamizar con un tamiz número 4 y así obtener el peso 100g para el ensayo.

) Llenar el agua destilada a la probeta graduada.

) Llenar la muestra pesada a la probeta graduada mediante el embudo.

) Dejar reposar en un lapso de tiempo de 10 minutos (muestra de 100g conjunto con el agua dentro de la probeta).

-) Mover la probeta hasta lograr tenerla en forma horizontal con 90 movidas en 30 segundos.
-) Sacudir y dejar reposar 20 minutos.
-) Proceder a tomar lectura fina y de arena cuando ha transcurrido 20 minutos

3.8.2.6.3. Cálculos.

Ecuación 8. % de Equivalente de arena

$$\frac{\text{LECTURA DE ARENA}}{\text{LECTURA DE FINOS}} * 100$$

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los agregados

El agregado primero debe pasar el control calidad, posteriormente utilizada en el diseño a estudiar, la clasificación es por calidad y parámetros que cumplen con las condiciones que estipula la norma. (Espinosa Feliz, 2016)

4.1.1. Agregados gruesos

En este análisis contemplaremos el retenido del agregado grueso en cada tamiz para así determinar el tamaño máximo del agregado y el tamaño nominal según lo especifica la norma.

Tabla 15. Cuadro resumen del Análisis Granulométrico (Norma: ASTM C136 / ASTM C 117)

Tamiz	Abertura (mm)	Agregado % pasa	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
1 1/2"	37.5	100.00	
1"	25	100.00	100 ----- 100
3/4"	19	100.00	
1/2"	12.5	81.10	
3/8"	9.5	68.50	60 ----- 100
Nº4	4.75	54.70	50 ----- 85
Nº8	2.36	43.91	
Nº16	1.1	33.89	
Nº30	0.6	27.52	
Nº50	0.297	21.18	
Nº100	0.149	14.29	
Nº200	0.075	12.60	8 ----- 15
FONDO	Fondo	0.00	

De la tabla 13 podemos apreciar que el % que pasa por los tamices 1", 3/8", Nº 4 y Nº200 cumplen según la especificación técnica es por ello que se dice que la granulometría está bien dada.

Como ya tenemos el ensayo de la granulometría, pasamos a determinar diversos ensayos como los que tenemos a continuación:

Tabla 16. Resumen de ensayos para el agregado grueso

Ensayo	NORMA o Especificación	Agregado
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	37%
Adherencia	MTC E 517	95
Índice de durabilidad	MTC E 214	35%
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	3.55%
Absorción	MTC E 206	1.2%
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	0.72%

En la tabla 17 podemos apreciar los diferentes ensayos que cumplen según la norma indicada, podemos decir, que el agregado grueso es óptimo para utilizarlo en el método Marshall.

4.1.2. Agregados finos

Se hace el mismo procedimiento del agregado grueso para el agregado fino.

Tabla 17. Resumen del Análisis Granulométrico (Norma: ASTM C136 / ASTM C 117)

Tamiz	Abertura (mm)	Agregado % pasa	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
1 1/2"	37.5	100.00	
1"	25	100.00	100 ----- 100
3/4"	19	100.00	
1/2"	12.5	100.00	
3/8"	9.5	99.42	60 ----- 100
Nº4	4.75	85.00	50 ----- 85
Nº8	2.36	70.32	
Nº16	1.1	62.98	

Nº30	0.6	53.20	
Nº50	0.297	44.27	
Nº100	0.149	4.33	
Nº200	0.075	8.00	8 ----- 15
FONDO	Fondo	0.00	

De la tabla 18 podemos apreciar que el % que pasa por los tamices 3/8", N° 4 y N°200 cumplen según la especificación técnica es por ello que se dice que la granulometría está bien dada.

Como ya tenemos el ensayo de la granulometría, pasamos a determinar diversos ensayos como los que tenemos a continuación:

Tabla 18. Resumen de ensayos para el agregado fino

Ensayo	NORMA	Agregado
Equivalente de arena	MTC E 114	70%
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18%
Sales solubles totales	MTC E 219	0.15%
Absorción	MTC E 205	0.45%

En la tabla 19 podemos apreciar los diferentes ensayos que cumplen según la norma indicada, podemos decir, que el agregado fino es óptimo para utilizarlo en el método Marshall.

4.1.3. Cemento asfáltico

Los ensayos a realizar fueron 3 a continuación lo mencionaremos:

-) Penetración (Norma: ASTM D – 5)
-) Ductilidad (Norma: ASTM D – 113)

) Punto de inflamación (Norma: ASTM D-92)

Debemos de tener en cuenta que el distrito de Huaraz, provincia Cahuaz, departamento Ancash tiene una altitud de 3238 m.s.n.m. Para determinar el tipo de estudio tuvimos que tener en cuenta la altitud, según el TDM asfaltos SAC, nos dice que el PEN 85/100 se considera para una altitud >2000 m.s.n.m. y si lo comparamos con la altitud que presenta Huaraz cumple según lo requiera, puesto que tiene una mejor penetración a las mezclas asfálticas, este tipo de cemento asfáltico.

4.1.4. Escoria de acero

En esta tesis se usará la escoria de acero para remplazar parte del agregado grueso para la mezcla asfáltica en caliente. En el uso de proyectos de construcción la escoria de acero ha causado una buena impresión en estabilización de suelos y han sido empleados como materiales granulares en pavimentos.

Lo que primero se realizó fue la granulometría, para determinar que gradación realizaremos.

Tabla 19. *Análisis Granulométrico de la escoria de acero (ASTM C 136)*

Tamiz	Abertura	Porcentaje
ASTM	mm	Pasante
3"	76.2	
2 1/2"	63	
2"	50	
1 1/2"	37.5	

1"	25	
3/4"	19	100
1/2"	12.5	99.66
3/8"	9.5	96.61
1/4"	6.35	
#4	4.75	62.28
#8	2.36	
#10	2	27.80
#16	1.18	
#20	0.84	
#30	0.6	
#40	0.42	2.94
# 50	0.3	
# 80	0.18	0.38
# 100	0.15	
# 200	0.075	0.23
>200		0.00

Podemos observar en la tabla que el tamiz de ¾" en su pasante está al 100, nos lleva a pensar que cumple con la gradación MAC – 2 según lo indica la siguiente tabla.

Tabla 20. Gradación

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	Mac-1	Mac-2	Mac-3
25,00 mm(1")	100		
19,00 mm (3/4")	80-100	100	
12,500 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8)	60-77	70-88	100
4,75 mm (Nº4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (Nº10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (Nº40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (Nº80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (Nº200)	4-8	4-8	5-10

En la tabla 21 nos muestra la gradación que queda en cada tamiz de acuerdo a los parámetros establecidos para el MTC a través de la norma EG – 2013, establece

tres tipos de degradaciones para hacer el diseño de la mezcla asfáltica en caliente las cuales deberán ser cumplidas: MAC – 1, MAC – 2 y MAC – 3.

Después de haber realizado los respectivos ensayos de la mezcla asfáltica se eligió el tipo de gradación que se utilizará en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero, de acuerdo a los estudios realizados llegamos a la conclusión de que usaremos la gradación del MAC – 2.

Tabla 21. Pesos unitarios y pesos compactados – escoria de acero

ESCORIA DE ACERO			
Ensayos	Norma	Unidad	Promedio
Pesos Unitarios	MTC E 203	Kg/m ³	2001
Pesos Compactados	MTC E 109	Kg/m ³	2158

Después de realizar los ensayos se procederá a determinar el óptimo contenido de asfalto para esto se realizará gradaciones de mezclas asfálticas, todos estos diseños fueron evaluados en base a la norma EG – 2013, parámetros de diseño. El diseño patrón se abordó utilizando dos tipos de arenas, el porcentaje óptimo del cemento asfáltico es de 5.50%, PEN – 85/100 es utilizado para los diseños de mezclas asfálticas.

-) El método a utilizar fue el MAC – 2 ya que cumple nuestra gradación según la tabla 21. En el primer diseño tuvimos esta dosificación, arena zarandeada 50%, escoria de acero 3% y grava triturada 47% sumando un 100%

Tabla 22. Análisis granulométrico adicionando 3% de escoria de acero

Tamiz ASTM	Abertura mm	Porcentaje Pasante	MAC - 2	
3"	76.2			
2 1/2"	63			
2"	50			
1 1/2"	37.5			
1"	25			
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12.5	92.13	80	100

3/8"	9.5	80.31	70.00	88.00
1/4"	6.35			
#4	4.75	59.47	51	68
#8	2.36			
#10	2	45.32	38	52
#16	1.18			
#20	0.84			
#30	0.6			
#40	0.42	20.31	17	28
# 50	0.3			
# 80	0.18	13.67	8	17
# 100	0.15			
# 200	0.075	6.15	4	8
>200		0.00		

En la tabla 23 podemos observar el análisis granulométrico adicionando 3% de escoria, los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4, #10, #40, #80, #200 que se tiene en cuenta cumplen con el porcentaje de pasante que se encuentra dentro de los rangos establecidos según lo indica MAC – 2, se puede decir que la escoria con la dosificación planteada cumple con los parámetros.

-) En el segundo diseño tuvimos esta dosificación, arena zarandeada 50%, escoria de acero 4% y grava triturada 46% sumando un 100%

Tabla 23. *Análisis granulométrico adicionando 4% de escoria de acero*

Tamiz	Abertura	Porcentaje	MAC - 2	
ASTM	mm	Pasante		
3"	76.2			
2 1/2"	63			
2"	50			
1 1/2"	37.5			
1"	25			
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12.5	92.54	80	100
3/8"	9.5	81.31	70.00	88.00
1/4"	6.35			
#4	4.75	61.47	51	68

#8	2.36			
#10	2	47.77	38	52
#16	1.18			
#20	0.84			
#30	0.6			
#40	0.42	19.48	17	28
# 50	0.3			
# 80	0.18	12.90	8	17
# 100	0.15			
# 200	0.075	5.84	4	8
>200		0.00		

En la tabla 24 podemos observar el análisis granulométrico adicionando 4% de escoria, los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4, #10, #40, #80, #200 que se tiene en cuenta cumplen con el porcentaje de pasante que se encuentra dentro de los rangos establecidos según lo indica MAC – 2, se puede decir que la escoria con la dosificación planteada cumple con los parámetros.

-) En el tercer diseño tuvimos esta dosificación, arena zarandeada 50%, escoria de acero 5% y grava triturada 45% sumando un 100%

Tabla 24. *Análisis granulométrico adicionando 5% de escoria de acero*

Tamiz	Abertura	Porcentaje	MAC - 2	
ASTM	mm	Pasante		
3"	76.2			
2 1/2"	63			
2"	50			
1 1/2"	37.5			
1"	25			
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12.5	92.51	80	100
3/8"	9.5	81.30	70.00	88.00
1/4"	6.35			
#4	4.75	61.76	51	68
#8	2.36			
#10	2	47.02	38	52
#16	1.18			
#20	0.84			

#30	0.6			
#40	0.42	19.39	17	28
# 50	0.3			
# 80	0.18	12.78	8	17
# 100	0.15			
# 200	0.075	6.11	4	8
>200		0.00		

En la tabla 25 podemos observar el análisis granulométrico adicionando 5% de escoria, los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4, #10, #40, #80, #200 que se tiene en cuenta cumplen con el porcentaje de pasante que se encuentra dentro de los rangos establecidos según lo indica MAC – 2, se puede decir que la escoria con la dosificación planteada cumple con los parámetros.

4.2. Método de diseño Marshall

Este método se empleó para elaborar mezclas asfálticas con un tamaño de 25 mm (1"). La metodología Marshall se desarrollada netamente a mezclas asfálticas en caliente donde se usará cemento asfáltico clasificado mediante la penetración y/o viscosidad. Esta metodología nos muestra resultados concernientes a los tipos de mezclas asfálticas que nos da contenidos óptimos de vacíos y densidades (Maila Paucar, 2013).

En los ensayos de mezclas asfáltica en caliente ejecutados en laboratorios, como primer ensayo se requiere determinar el óptimo contenido de asfalto, por ello concluimos que el mayor beneficio de esta metodología es hallar el óptimo contenido de asfalto para tener una perfecta combinación de asfalto con agregados.

4.2.1. Aplicación de los métodos de análisis

Después de realizar los ensayos correspondientes y ya teniendo todos los resultados de los materiales y ensayos de las mezclas asfálticas en caliente modificada con escoria de acero, continuamos con el análisis de los objetivos de este proyecto de investigación.

Determinar la dosificación de mezclado para la mezcla asfáltica en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash.2021.

El método Marshall es la metodología aplicada para este diseño de mezcla asfáltica en caliente, se hizo una dosificación ideal que nos permite obtener un diseño que cumpla con los requerimientos estructurales que genera el tráfico vehicular para que la carretera no tenga deformaciones plásticas.

La caracterización de materiales, rangos tolerables son determinados mediante la norma EG-2013 y la metodología Marshall.

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.

Figura 6. Requerimientos de agregados gruesos

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

Figura 7. Requerimientos de agregados fin

Los materiales provienen de la cantera Rumichuco y fueron analizados según los parámetros establecidos por la norma, los cuales se puede observar en

la figura 9 y 10. Los agregados resultaron aceptables para la elaboración de la mezcla asfáltica, con esta conformidad se pudo avanzar con el diseño.

Para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente modificadas, estamos rigiéndonos a la norma EG-2013 Sección 423 y a la metodología Marshall, las cuales nos presentan los parámetros de diseño para carreteras de diferentes clases. Nosotros en este diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huaraz-Carhuaz, Ancash utilizamos el tipo de carretera A. Así mismo a continuación presentaremos las imágenes de los parámetros de diseño.

Parámetros de diseño	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 KN	5,44 KN	4,53 KN
3. Flujo 0,01 ^o (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral			
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm) (3)		1.700-4.000	
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283		80 Mín.	

Figura 8. Parámetros de diseño para mezcla de concreto bituminoso EG-2013

Criterios para mezcla del Método Marshall	Tránsito liviano Carpeta y Base		Tránsito Mediano Carpeta y Base		Tránsito Pesado Carpeta y Base	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta.	35		50		75	
Estabilidad N.	3336		5338		8006	
(lb)	(750)		(1200)		(1800)	
Flujo, 0.25 mm. (0.01 plg.)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA)	(Ver tabla adjunta.)					
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

Figura 9. Criterios del instituto de asfalto para el diseño Marshall

En la figura 33 nos muestra los resultados que se obtuvo en los ensayos elaborados en el laboratorio y analizando cada uno de estos diseños realizamos un cuadro resumen de estos resultados de las mezclas asfálticas en caliente modificada con escoria de acero, dichos resultados obtenidos en los ensayos abordados por el laboratorio y analizando cada uno de estos diseños realizamos un cuadro resumen de resultados de las mezclas asfálticas en caliente modificada con escoria de acero.

Tabla 25. Resultados del diseño patrón y de las mezclas asfálticas con escoria de acero

Parámetros de diseño	Und	Diseño Patrón (sin escoria)	Diseño con 3% escoria	Diseño con 4% escoria	Diseño con 5% escoria	Especificaciones Eg-213	Especificaciones Metodología Marshall
Golpes	N°	75	75	75	75	75	75
Cemento asfáltico	%	5.5	5.5	5.5	5.5		
Peso Unitario	Kg/m3	0.946	0.954	0.955	0.956		
Flujo	mm	9.88	11.12	12.44	13.39	8-14	8-14

Como podemos observar en la tabla N° 25, los resultados del diseño patrón y de las mezclas asfálticas modificadas con escoria de acero cumplen con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 y la metodología Marshall.

Los agregados que usamos en la preparación de la mezcla asfáltica en caliente corresponden a la cantera de Rumichuco y la escoria de acero fue obtenida de Sider Perú - Chimbote, y la obtención del cemento asfáltico fue de una ferretería ubicada cerca de la zona de estudio.

El diseño de la mezcla asfáltica patrón fue de 30% arena zarandeada, 30% de arena triturada y 40% de grava triturada, estas tres conforman el 100%, por otro lado, el porcentaje óptimo de asfalto es de 5.5%, por ende, este valor de asfalto se utilizó también en los diseños de mezcla con escoria de acero.

Tabla 26. Dosificación de los diseños

Proporciones de los agregados en las mezclas asfálticas				
Materiales	Porcentajes del diseño Patrón	Diseños con escoria (%)		
		A	B	C
Cantera Rumichuco (Arena Triturada)	30			
Cantera Rumichuco (Arena Natural)	30	50	50	50
Cantera Rumichuco(Grava Triturada)	40	47	46	45
Escoria de Acero		3	4	5
Cemento Asfáltico (Sider Perú)	5.5	5.5	5.5	5.5

Luego se realizaron los ensayos de laboratorio para determinar el porcentaje de vacíos de aire en el diseño de las mezclas asfálticas en caliente en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash. Se ejecutó el ensayo Marshall al diseño patrón con diferentes proporciones de asfalto. Al diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional o patrón.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	258.5	242.1	255.2
Masa del espécimen + parafina (g)	259.5	258.4	271.0
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	142.4	134.2	138.5
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.228	2.258	2.200
GS aparente promedio	2.229		

Figura 10. Peso específico aparente – 4.5% de asfalto

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4200
Peso de la mezcla (g)	1686
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8711
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.409

Figura 11. Peso específico teórico – 4.5% de asfalto

Porcentaje de vacío de aire (%)	7.475
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.222

Figura 12. Resultados de vacíos de aire y densidad – 4.5% de asfalto

De acuerdo a los resultados del diseño patrón de la mezcla asfáltica en caliente con 4.5% de asfalto podemos observar los resultados de peso específico aparente y peso específico teórico y como datos finales obtenemos que con 4.5% de asfalto se obtiene un porcentaje de vacíos de

aire de 7.475% y una densidad de 2.222 g/cm³. Analizando estos resultados nos pudimos percatar que los vacíos de aire no cumplen con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 (3 – 5) y tampoco cumplimos con los parámetros de la metodología Marshall (3 – 5). En conclusión, el diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de asfalto no es recomendable para realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente de una carretera tipo A.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	275.4	272.5	256.8
Masa del espécimen + parafina (g)	275.5	279.4	270.1
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	151.3	153.6	140.3
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.219	2.297	2.214
GS aparente promedio	2.243		

Figura 13. Peso específico aparente - 5% de asfalto

Peso del picnómetro (g)	2559
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4125
Peso de la mezcla (g)	1566
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8641
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.409

Figura 14. Peso específico teórico – 5% de asfalto

4

Porcentaje de vacío de aire (%)	6.889
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.237

Figura 15. Resultados de vacíos de aire y densidad – 5% de asfalto

De acuerdo a los resultados del diseño patrón de la mezcla asfáltica en caliente con 5.0% de asfalto podemos observar los resultados de peso específico aparente y peso específico teórico y como datos finales obtenemos que con 5.0% de asfalto se obtiene un porcentaje de vacíos de

aire de 6.889% y una densidad de 2.237 g/cm³. Analizando estos resultados nos podemos percatar que los vacíos de aire no cumplen con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 (3 – 5) y tampoco cumplimos con los parámetros de la metodología Marshall (3 – 5). En conclusión, el diseño de mezcla asfáltica con 5.0% de asfalto no es recomendable elaborar el diseño de mezcla asfáltica de una carretera tipo A.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	243.2	264.5	231.2
Masa del espécimen + parafina (g)	247.2	269.4	231.9
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	140.4	140.4	131.6
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.371	2.136	2.323
GS aparente promedio	2.276		

Figura 16. Peso específico aparente – 5.5% de asfalto

5

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4137
Peso de la mezcla (g)	1623
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8657
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.349

Figura 17. Peso específico teórico – 5.5% de asfalto.

Porcentaje de vacío de aire (%)	3.078
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.270

Figura 18. Resultados de vacíos de aire y densidad – 5.5% de asfalto

Según los resultados del diseño patrón de la mezcla asfáltica con 5.5% de asfalto podemos observar los resultados del peso específico aparente y del peso específico teórico y como datos finales obtenemos que con un 5.5% de

asfalto se obtiene un porcentaje de vacíos de aire de 3.078% y una densidad de 2.270 g/cm³. Analizando estos resultados nos podemos percatar que los vacíos de aire cumplen con los parámetros establecidos en la norma EG-2013 (3%– 5%) y la metodología Marshall (3%– 5%). En conclusión, el diseño de mezcla asfáltica en caliente con 5.5% de asfalto es recomendable para realizar el diseño de la mezcla asfáltica para una carretera tipo A.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	238.7	240.8	200.4
Masa del espécimen + parafina (g)	243.2	248.1	212.2
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	139.2	132.1	115.4
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.403	2.221	2.373
GS aparente promedio	2.332		

Figura 19. Peso específico aparente – 6.0% de asfalto

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4159
Peso de la mezcla (g)	1645
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8694
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.433

Figura 20. Peso específico teórico – 6.0% de asfalto

6

Porcentaje de vacío de aire (%)	4.159
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.325

Figura 21. Resultado de vacíos de aire y densidad – 6.0% de asfalto

Según los resultados del diseño patrón de la mezcla asfáltica en caliente con 6.0% de asfalto podemos observar los resultados del peso específico aparente y del peso específico teórico y como datos finales obtenemos que con un 6.0% de asfalto se obtiene un porcentaje de vacíos de aire de 4.159%

y una densidad de 2.325g/cm³. Analizando estos resultados nos podemos percatar que los vacíos de aire cumplen con los parámetros establecidos en la norma EG-2013 (3%– 5%) y la metodología Marshall (3%– 5%). En conclusión, el diseño de mezcla asfáltica en caliente con 6% de asfalto es recomendable para realizar el diseño de la mezcla asfáltica para una carretera tipo A. Tener en cuenta que el porcentaje establecido sobrepasa.

De acuerdo a los resultados que obtuvimos con los 4 porcentajes de cemento asfáltico obtuvimos que con 4.5% y 5.0% de asfalto no cumplimos con los parámetros establecidos, pero con 5.5% y 6.0% de asfalto obtenemos resultados que cumplen los parámetros requeridos por la norma EG-2013 y la metodología Marshall. Después de un análisis se optó realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente con un 5.5% de asfalto.

Luego de realizar la elección del óptimo asfalto se ejecutaron los ensayos para determinar los porcentajes de vacíos con el aumento de escoria de acero en diferentes porcentajes (3%, 4% y 5%). A continuación, veremos las figuras de los resultados de los ensayos elaborados con un 3% de escoria de acero.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	249.2	239.2	335.1
Masa del espécimen + parafina (g)	252.5	249.1	343.5
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	138.4	158.4	125.2
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.251	2.976	1.599
GS aparente promedio	2.275		

Figura 22. Peso específico aparente - 3% de escoria de acero

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4142
Peso de la mezcla (g)	1628
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8664
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.363

Figura 23. Peso específico teórico – 3% de escoria de acero

Porcentaje de vacío de aire (%)	3.699
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.269

Figura 24. Resultado de vacíos de aire y densidad – 3% de escoria de acero

Luego de realizar el primer diseño de la mezcla asfáltica adicionando 3.0% de escoria de acero obtenemos los resultados del peso específico aparente como podemos apreciar en la figura N° 23, también se obtuvo los resultados del peso específico teórico la cual se puede observar en la figura N° 23, continuando podemos apreciar en la figura N° 24 los resultados de los vacíos de aire y la densidad de la mezcla asfáltica, en el porcentaje de vacíos tenemos un valor de 3.699% de aire y en la densidad obtenemos un valor de 2.269 g/cm³. Después del análisis, el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con un 3.0% de escoria de acero cumple con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 (3%– 5%) y la metodología Marshall (3%– 5%).

Luego de haber analizado los resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con un 3.0% escoria de acero, se continuó a realizar los ensayos de

la mezcla asfáltica con un 4.0% de escoria de acero. A continuación, les presentaremos unas imágenes con los diferentes resultados obtenidos.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	235.1	257.4	225.4
Masa del espécimen + parafina (g)	244.8	263.9	232.5
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	148.0	128.6	124.3
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.711	2.003	2.236
GS aparente promedio	2.317		

Figura 25. Peso específico aparente - 4% de escoria de acero

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4178
Peso de la mezcla (g)	1664
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8698
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.408

Figura 26. Peso específico teórico – 4% de escoria de acero

7

Porcentaje de vacío de aire (%)	3.795
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.310

Figura 27. Resultados de vacíos de aire y densidad- 4% de escoria de acero

Después de realizar el primer diseño de la mezcla asfáltica adicionando 4.0% de escoria de acero obtenemos los resultados del peso específico aparente como podemos apreciar en la figura N° 25, también se obtuvo los resultados del peso específico teórico la cual se puede observar en la figura N° 26, continuando podemos apreciar en la figura N° 27 los resultados de los vacíos

de aire y la densidad de la mezcla asfáltica, en el porcentaje de vacíos tenemos un valor de 3.795% de aire y en la densidad obtenemos un valor de 2.310 g/cm³. Después del análisis, el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con un 4.0% de escoria de acero cumple con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 (3%– 5%) y la metodología Marshall (3%– 5%).

Luego de haber analizado los resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con un 4.0% escoria de acero, se continuó a realizar los ensayos de la mezcla asfáltica con un 5.0% de escoria de acero. A continuación, les presentaremos unas imágenes con los diferentes resultados obtenidos.

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	243.5	240.5	255.0
Masa del espécimen + parafina (g)	258.3	258.9	272.5
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	144.5	133.6	139.7
Gravedad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Gravedad específica aparente	2.475	2.267	2.225
GS aparente promedio	2.322		

Figura 28. Peso específico aparente - 5% de escoria de acero

8

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4220
Peso de la mezcla (g)	1706
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aforado (g)	8724
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
GS teórico máximo	2.413

Figura 29. Peso específico teórico – 5% de escoria de acero

9

Porcentaje de vacío de aire (%)	3.759
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm³)	2.315

Figura 30. Resultados de vacíos de aire y densidad - 5% de escoria de acero

Luego de realizar el primer diseño de la mezcla asfáltica en caliente con una adición de 5.0% de escoria de acero obtenemos los resultados del peso específico aparente como podemos apreciar en la figura N° 28, también se obtuvo los resultados del peso específico teórico la cual se puede observar en la figura N° 29, continuando podemos apreciar en la figura N° 30 los resultados de los vacíos de aire y la densidad de la mezcla asfáltica, en el porcentaje de vacíos tenemos un valor de 3.759% de aire y en la densidad obtenemos un valor de 2.315 g/cm³. Después del análisis, el diseño de la mezcla asfáltica en caliente con un 5.0% de escoria de acero cumple con los parámetros establecidos por la norma EG-2013 (3%– 5%) y la metodología Marshall (3%– 5%).

Después del análisis de los tres diseños de mezcla asfáltica en caliente adicionando escoria de acero, llegamos a la conclusión de que los 3 diseños cumplen con los parámetros requeridos por la norma y la metodología Marshall. A continuación, presentaremos un cuadro resumen del porcentaje de vacíos.

Tabla 27. Cuadro resumen de resultados de vacíos y densidad

Parámetros de diseño	Mezcla asfáltica con 3% de escoria de acero	Mezcla asfáltica con 4% de escoria de acero	Mezcla asfáltica con 5% de escoria de acero
Porcentajes de vacíos (%)	3.699	3.795	3.759
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.269	2.310	2.315

Evaluar el diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021.

Para cuantificar la forma en la que influye la adición de escoria de acero en la fluencia de las mezclas asfálticas en caliente elaboramos las briquetas asfálticas luego estas fueron sometidas al ensayo Marshall, después de realizar este estudio, el ensayo nos determinó varios resultados como el de fluencia y el de estabilidad. Al hallar los datos de la fluencia de la biqueta, observamos que la fluencia es la deformación vertical del espécimen. Continuando, mostraremos una imagen del flujo del diseño patrón.

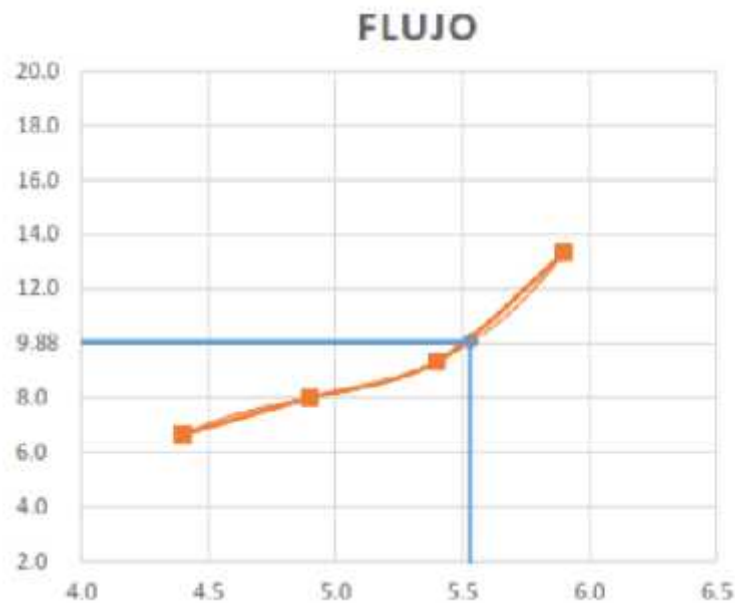


Figura 31. Fluencia (y) - % de cemento asfáltico (x)

Como podemos observar en la figura 31 obtuvimos diferentes fluencias con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico. Con un porcentaje de 4.5% de cemento asfáltico obtuvimos un flujo de 6.24mm, luego el segundo ensayo con un porcentaje de 5% de cemento asfáltico obtuvimos un flujo de 7.32mm, el tercer ensayo con un porcentaje de 6% de cemento asfáltico obtuvimos un flujo de 16.32%, por último, el cuarto ensayo con un porcentaje de 5.5% de cemento asfáltico obtuvimos un flujo de 9.88mm. Entonces el resultado óptimo de la fluencia del diseño patrón fue de

9.88mm con un porcentaje de 5.5% de asfalto por lo tanto cumple con el parámetro designado de la norma que es de 8 – 14mm.

Continuando con la evaluación de los resultados de laboratorio podemos apreciar los diferentes resultados del flujo de las tres mezclas asfálticas con adición de escoria de acero. A continuación, presentaremos una imagen donde podemos apreciar los distintos resultados de la fluencia.

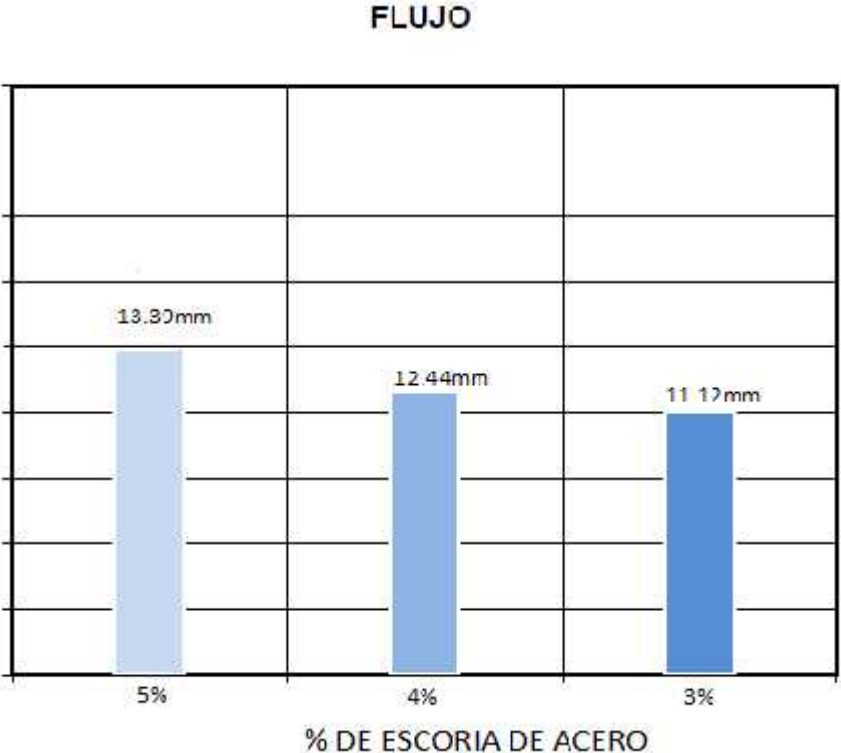


Figura 32. Resultados de la fluencia de los tres diseños de escoria

En la figura 32 podemos observar que el primer resultado del flujo con 3% de escoria de acero en las mezclas asfáltica en caliente, se obtuvo una fluencia de 11.12mm la cual cumple con los parámetros establecidos según la norma EG – 2013 sección 423 y la metodología Marshall (8-14mm), en el segundo resultado del flujo con 4% de escoria de acero en las mezclas asfálticas en caliente, se obtuvo una fluencia de 12.44% la cual cumple con los parámetros establecidos según la norma EG – 2013 sección 423 y la metodología Marshall (8-14mm), por último como tercer resultado del flujo con 5% de escoria de acero en las mezclas asfálticas en caliente,

se produjo una fluencia de 13.39mm la cual cumple con los parámetros establecidos según la norma EG – 2013 sección 423 y la metodología Marshall (8-14mm).

Analizando la figura anterior podemos concluir que con 3% de escoria de acero tenemos un comportamiento estable, al adicionar 4% de escoria de acero también se obtiene un comportamiento estable y con 5% de escoria de acero nos acercamos al límite del parámetro de diseño, pero también cumplimos con la norma y la metodología Marshall.

Estabilidad

En la tabla 28 que presentaremos a continuación se visualizarán los resultados de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 4 porcentajes de cemento asfáltico PEN 85/100 (4.5% C.A, 5% C.A, 5.5% C.A Y 6% C.A), con estos porcentajes determinamos el contenido óptimo de cemento asfáltico. Así mismo presentamos la figura de la determinación de la estabilidad.

Tabla 28. Resumen del diseño patrón de la mezcla asfáltica con cemento asfáltico.

N°	N° de Briquetas	Und	1A	2A	3A	1B	2B	3B	1C	2C	3C	1D	2D	3D
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.5			5.0			5.5			6		
2	Diámetro de la briqueta	Cm	10.10	10.04	10.03	10.01	10.01	10.02	10.05	10.04	10.03	10.04	10.05	10.04
4	Altura de la briqueta	Cm	6.01	6.02	5.99	6.01	6.00	5.99	7.01	7.02	7	6.02	6.02	6.01
5	Estabilidad	KN	5.65	5.74	5.39	6.94	7.05	7.21	8.94	8.57	8.69	7.45	7.84	7.45
6	Estabilidad Promedio	KN	5.59			7.07			8.73			7.587		
7	Flujo	Mm	6.15	6.37	6.19	7.51	7.19	7.27	10.05	9.74	9.84	16.84	15.84	16.27
8	Flujo Promedio	Mm	6.24			7.32			9.88			16.32		

ESTABILIDAD

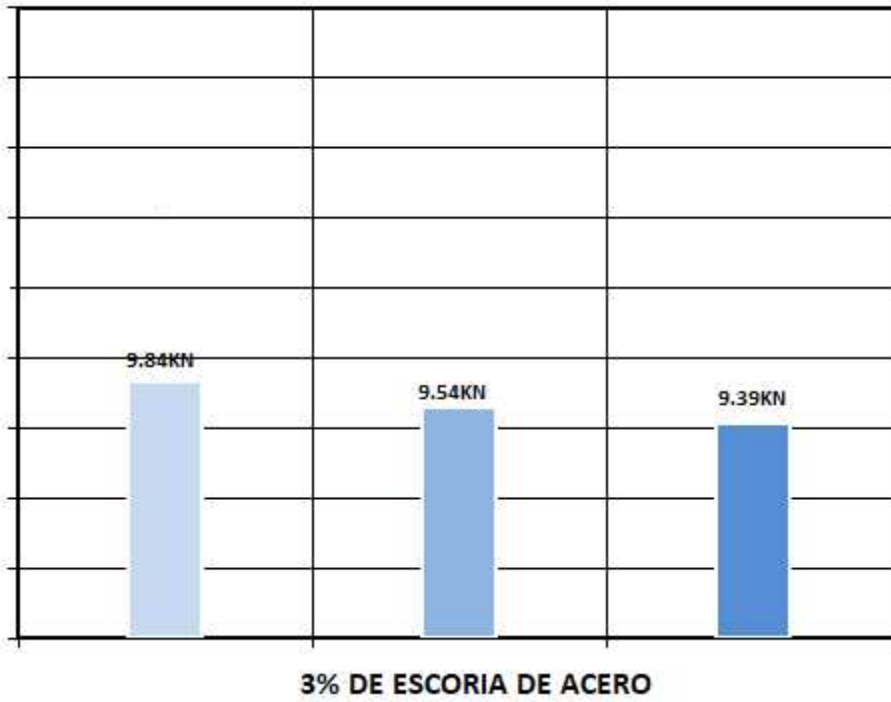


Figura 33. Resultado de la estabilidad

ESTABILIDAD

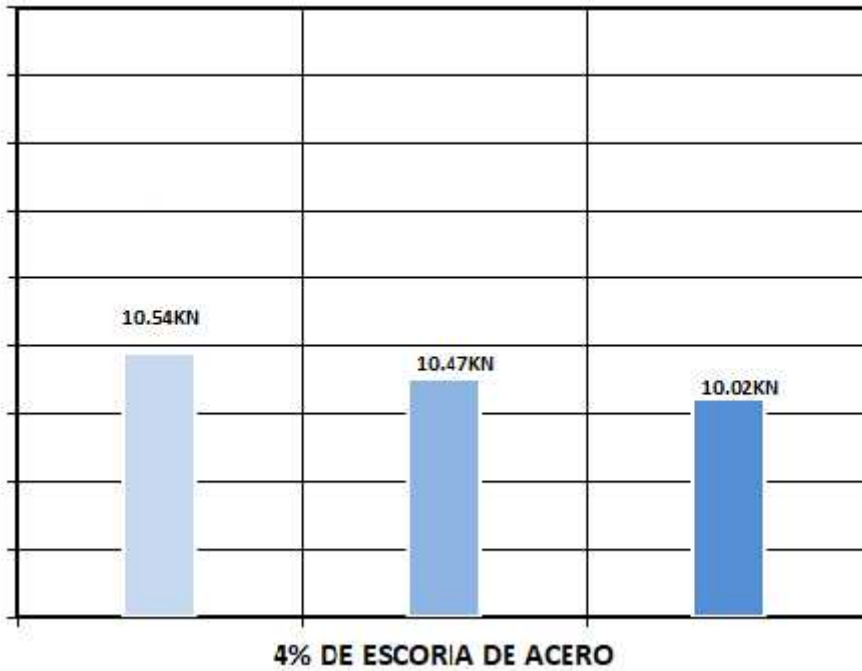


Figura 34. Resultados de estabilidad con 4% de escoria

ESTABILIDAD

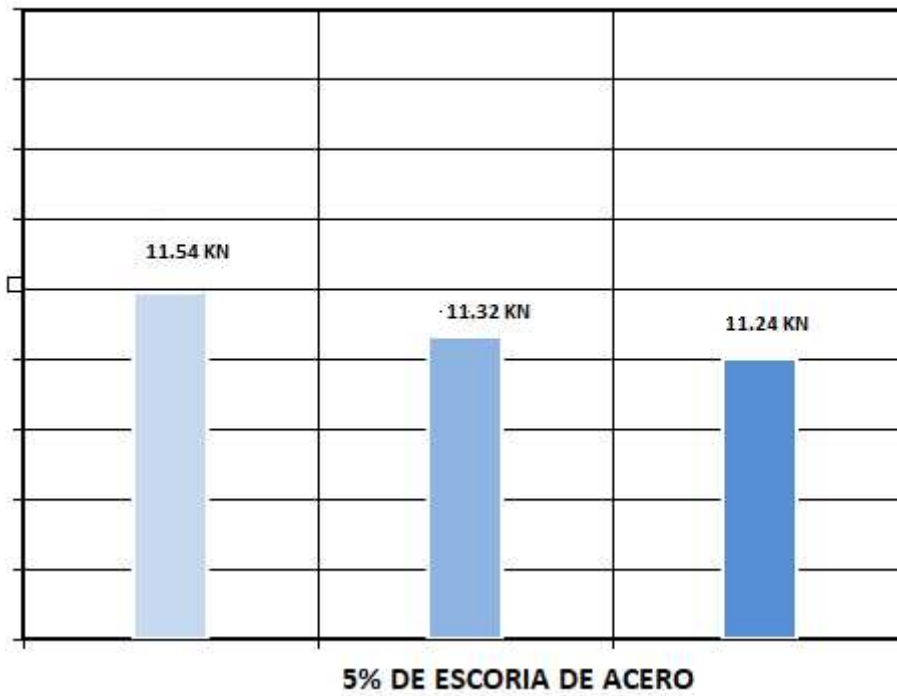


Figura 35. Resultados de estabilidad con 5% de escoria

En las figuras 33; 34 y 35 se observa los diferentes resultados según los porcentajes de escoria de acero: 3% de escoria de acero se obtiene 9.59 KN de estabilidad, 4% de escoria de acero se obtiene 10.34 KN de estabilidad y 5% de escoria de acero se obtiene 11.37 KN de estabilidad. Según los resultados de estabilidad que acabamos de observar, se llega a la conclusión de que mientras más adicionamos escoria de acero mayor es la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.

Continuando con la investigación presentaremos una tabla resumen de los resultados.

Tabla 29. Tabla de resumen de resultados

N°	N° de briquetas	Und	1A	2A	3A	1B	2B	3B	1C	2C	3C
1	Porcentaje de escoria	%	3			4			5		
2	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5			5.5			5.5		
3	Diámetro de la briqueta	Cm	10.03	10.03	10.03	10.05	10.04	10.03	10.03	10.02	10.03
4	Altura de la briqueta	Cm	6.00	6.00	6.00	6.02	6.01	6.00	6.01	6.02	6.01
5	Estabilidad	KN	9.54	9.39	9.84	10.02	10.54	10.47	11.32	11.24	11.54
6	Estabilidad Promedio	KN	9.59			10.34			11.37		
7	Flujo	Mm	11.06	11.21	11.08	12.57	12.41	12.34	13.51	13.24	13.41
8	Flujo Promedio	Mm	11.12			12.44			13.39		

Como podemos observar en la tabla N°29 tenemos los resultados de los diferentes ensayos elaborados a los 3 tipos de mezclas asfálticas modificadas con escoria de acero (A, B y C) las cuáles cumplen con los parámetros establecidos según la norma EG-2013 y la metodología Marshall que nos dicen que la estabilidad mínima debe ser de 8.15KN. De los resultados analizados tenemos: El diseño A con 3% de escoria de acero tiene un valor de estabilidad de 9.59KN, este valor cumple por los parámetros requeridos de la norma y la metodología Marshall, en el diseño B de mezcla asfáltica con una adición de 4% de escoria de acero obtenemos que la estabilidad tiene un resultado de 10.34KN, este resultado también cumple con los parámetros establecidos según la norma y la metodología Marshall, continuando con la investigación, tenemos el diseño C de la mezcla asfáltica con la adición de 5% de escoria de acero en la cual se obtuvo que la estabilidad tiene un valor de 11.37%, este resultado también cumple con los parámetros requeridos de la norma y la metodología Marshall.

Continuando con la investigación y habiendo obtenido los resultados de la estabilidad del diseño patrón y de los tres tipos de escoria de acero (A, B y C) procederemos a realizar la comparación de los diferentes resultados obtenidos, también recordemos que el diseño fue elaborado con 5.5% de asfalto PEN 85/100

Tabla 30. Comparación de estabilidad y flujo de la mezcla patrón y modificada

Parámetros de diseño	Und	Diseño Patrón	Diseño con 3% de escoria	Diseño con 4% de escoria	Diseño con 5% de escoria	Especificaciones EG-2013	Metodología Marshall
Estabilidad	KN	8.73	9.59	10.34	11.37	Min 8.15	Min 8
Flujo	Mm	9.88	11.12	12.44	13.39	8-14	8-14

De acuerdo a la tabla N°30 los resultados de estabilidad en los diseños ejecutados varían por ejemplo con 3% de escoria de acero obtenemos una estabilidad de 9.59KN, en el segundo diseño con adición de 4% de escoria de acero se obtiene una estabilidad de 10.34KN, en el tercer diseño con 5% de escoria de acero se obtiene una estabilidad de 11.37KN.

Analizando los resultados obtenidos de los diseños investigados, podemos decir que los diseños de mezcla asfáltica en caliente con 3%, 4% y 5% de escoria de acero cumplen con los parámetros requeridos por la norma EG-2013 y la metodología Marshall.

Para concluir, de los resultados presentados podemos definir que la influencia de la escoria de acero en la estabilidad de las mezclas asfálticas en caliente es muy favorable, cuando tenemos solo una gradación de arena fina, también se llegó a la conclusión de que la adherencia de agregado y asfalto se contrae demasiado favoreciendo así a la estabilidad.

V. DISCUSIONES

-) En el objetivo específico uno, realizar la caracterización de los agregados, cemento asfáltico y escoria de acero para la mezcla asfáltica en la carretera Huaraz, se realizaron diferentes ensayos para realizar la caracterización de los agregados comparando con la tesis de Segura, él toma en cuenta estos en ensayos de abrasión de los ángeles del agregado grueso nosotros en los ensayos que realizamos el abrasión lo estamos considerando con 37% cumple según lo indica la norma MTC E 207 y ASTM C -131 ya que su máximo valor está en un rango de 35% - 40%, por otro lado, en el ensayo de equivalente de arena los resultados nos da un valor de 63% el cual se encuentra dentro del rango ya que el mínimo es 60 y el máximo es 70 según lo indica la norma MTC E 114 y para la escoria de acero cumple según su granulometría según ASTM C – 136. Por lo tanto, estos agregados son óptimos para el diseño de la mezcla asfáltica, ya que se hallará a través del método Marshall. Resultados que al ser comparados con el estudio por (SEGURA, 2016; CHOQUE HINOJOSA, 2012) en su tesis titulada: “Viabilidad para el uso de la escoria de acería como agregado en la mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote” en el ensayo de abrasión de los ángeles el agregado grueso considera 17.36 cumple según lo indica la norma ASTM C -131, en el ensayo de equivalente de arena los resultados que nos presenta Segura nos da un valor de 71.40% el cual se encuentra dentro del rango ya que el mínimo es de 35% según lo indica la norma AASHTO T -176 y para la escoria de acero cumple según su granulometría según ASTM C – 136. Por lo tanto, ambas concuerdan con las mismas normas establecidas y los datos son similares a lo que nos presenta Segura en su tesis.
-) Del objetivo específico dos, para ver de qué manera se determinó la dosificación para la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas modificadas se realizó la caracterización de los

agregados donde podemos observar que cumplimos con los parámetros establecidos por la norma EG-2013. Luego se hizo el ensayo para obtener el óptimo asfalto, donde se obtuvo un resultado de 5.5% de cemento asfáltico, luego se realizó el ensayo Marshall para obtener el porcentaje de vacíos con el diseño patrón y los diseños modificados, los resultados del porcentaje de vacíos cumplieron con los parámetros de diseño. Para el diseño de la mezcla asfáltica nos regimos a la norma EG-2013 sección 423 y a la metodología Marshall, después de obtener los resultados de los ensayos de laboratorio y analizando cada uno de estos, obtuvimos la siguiente dosificación para el diseño patrón 30% de arena triturada + 30% de arena natural + 40% de grava triturada + 5.5% de cemento asfáltico, para A (3% escoria de acero) 50% de arena natural + 47% de grava triturada + 3% de escoria de acero + 5.5% de cemento asfáltico, continuando en el diseño B (4% de escoria de acero) 50% de arena natural + 46% de grava triturada + 4% de escoria de acero + 5.5% de cemento asfáltico y en el diseño C (5% de escoria de acero) 50% de arena natural, 45% de grava triturada + 5% de escoria de acero + 5.5% cemento asfáltico. Estos resultados son fidedignos ya que se siguieron al pie de la letra la normal del MTC EG_2013 y la metodología Marshall y los equipos que se usaron cuentan con un certificado de calibración.

Estos resultados presentados en el párrafo anterior fueron comparados con lo establecido por (Morcote Católico, 2019) en su informe de investigación titulado: "Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas modificadas con escoria de acero", primero hizo la caracterización de la escoria donde en el análisis granulométrico esta fue retenida en el tamiz N°10 (2mm). Luego se realizó 16 probetas para la evaluación de 3 contenidos de asfalto, donde determinó que el óptimo de asfalto era de 5% y 5.5%. Los resultados de nuestra investigación y el antecedente han obtenido

un mismo porcentaje de cemento asfáltico. El autor de este antecedente usa mayores porcentajes de escoria.

) Del objetivo específico tres, evaluar el diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash 2021, se diseñaron 4 diseños de mezcla asfáltica, uno de ellos fue el diseño patrón que nos servirá para realizar la comparación de resultados con los diseños de mezcla asfáltica modificada con escoria de acero. En la estabilidad del diseño patrón se obtuvo una estabilidad de 8.73KN, en el diseño de mezcla asfáltica modificada con escoria de acero A (+3% de escoria de acero) se obtuvo una estabilidad de 9.59KN obteniendo así una diferencia con el diseño patrón de 0.86KN en conclusión la estabilidad del diseño A aumenta, en el diseño de mezcla B (+4% de escoria de acero) se obtuvo una estabilidad de 10.34KN al comparar este resultado con el resultado del diseño patrón obtuvimos una diferencia de 1.61KN por lo tanto el diseño B recomendable y por último en el diseño de mezcla asfáltica C (+5% de escoria de acero) se obtuvo una estabilidad de 11.37KN al comparar este resultado con la estabilidad del diseño patrón obtenemos una diferencia de 2.64KN por lo tanto el diseño C también es recomendable para el diseño de mezcla asfáltica. Estos resultados son fidedignos ya que se realizaron en un laboratorio de prestigio con las calibraciones correspondientes.

Estos resultados al compararlos con lo establecido por (SEGURA, 2016) en su tesis titulada: “Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero”. Obtuvo los siguientes resultados de estabilidad: con un 12.5% de escoria de acero obtuvo una estabilidad de 16.922KN, luego con un 19.5% de escoria de acero obtuvo una estabilidad de 16.046KN y por último con un 37% de escoria de acero obtuvo una estabilidad de 14.441KN. Al

comparar esta investigación con los resultados de este antecedente podemos concluir que la escoria de acero aumenta la estabilidad de la mezcla asfáltica, por lo tanto, su uso es recomendable.

) Del Objetivo general, Diseño de la mezcla asfáltica en caliente con porcentajes de escoria de acero en la carretera Huaraz – Carhuaz, Ancash, se realizaron ensayos a través de la metodología Marshall, obtuvimos resultados destacables adicionando escoria de acero como parte del agregado fino, porque el resultado cumple efectivamente con los parámetros establecidos por la norma. Comparando los resultados del diseño estándar, se determinó el grado de influencia de la escoria en la mezcla, de ahí se concluyó que la escoria tiene una influencia significativa por lo tanto al adicionar escoria de acero en la mezcla asfáltica aumenta su estabilidad, pero previo a esto se debe de realizar diferentes ensayos de los agregados para determinar su óptima caracterización, luego realizaremos el diseño por el método Marshall para luego concluir que la estabilidad 11.37KN y fluencia 13.39 mm con un 5% de escoria de acero . El diseño de la mezcla asfáltica este estudio es muy confiable porque se ha seguido el método de investigación, por otro lado, es importante analizar otros diseños de mezclas asfálticas en el futuro para encontrar diseños de mezclas más favorables y aplicarlos a proyectos de pavimentos flexibles.

Los resultados al ser comparados con el estudio de (OCHOA DÍAZ, 2019) en su tesis titulada: “Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos” este estudio nos dio un resultado de fluencia de 2.6 mm con un 5.6% en la mezcla modificada. Ochoa nos dice que la adición de escoria granulada beneficia mucho a la mezcla asfáltica, aumentara su fluencia.

Se afirma que al agregar escoria de acero en la mezcla asfáltica aumenta la fluencia y la estabilidad, reduciendo vacíos de tal manera lo comprobamos en los ensayos que realizamos ya que se hizo en un laboratorio confiable.

VI. CONCLUSIONES

-) Se hizo la caracterización de los agregados finos y gruesos donde se realizó la dosificación de estos materiales. Donde los agregados pasaron desde el Tamiz N°1 1/2 "hasta el pasante del tamiz N°200.
-) El cemento asfáltico que se utilizó para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero fue el PEN 85/100, ya que la carretera está ubicada a unos 3038 msnm y este cemento es el más óptimo.
-) Par el porcentaje óptimo del cemento asfáltico se cuantifico mediante los resultados de 4 diseños con variaciones en el porcentaje de cemento asfáltico PEN 85/100, el resultado óptimo de cemento asfáltico que obtuvimos fue de 5.5%.
-) Los resultados obtenidos fueron mediante el ensayo Marshall, también se cumplió con los parámetros requeridos por la norma EG – 2013 y la metodología Marshall.
-) La dosificación de la mezcla asfáltica modificada con escoria de acero se realizó mediante la caracterización de materiales, la dosificación de estos y ensayos correspondientes para cumplen los parámetros establecidos por la Norma EG-2013 y la metodología Marshall.
-) Para la evaluación de las mezclas asfálticas se realizó el ensayo Marshall donde obtuvimos mejores resultados a comparación de la mezcla asfáltica patrón.

VII. RECOMENDACIONES

-) Se recomienda a los investigadores que hagan un estudio de la escoria de acero para realizar un diseño apropiado, con el fin de mejorar el contenido del material y tener un mejor resultado de las propiedades mecánicas de la mezcla.

-) Se recomienda a los Ingenieros utilizar los datos obtenidos en las diferentes pruebas del diseño antes expuesto para que tengan una base de datos sólida para que sigan innovando con nuevas investigaciones.

-) Se recomienda a las empresas que generan grandes cantidades de escoria de acero que se comprometan a invertir con estas investigaciones para que se pueda avanzar en la tecnología de obras viales y de paso disminuir la contaminación.

-) Se recomienda que el gobierno nacional realice una investigación profunda sobre residuos generados en el proceso de la fabricación del acero, ya que, no se utilizan para otros fines.

-) La empresa Sider Perú depositó varias toneladas de escoria de acero en su almacén el cual no lo utiliza para ningún flujo constructivo; por ello se recomienda que las entidades nacionales consideren utilizar este material como agregado fino en mezclas asfálticas, permitiendo promover el impacto ambiental.

REFERENCIAS

1. American Society Testing Materials. (2004). Norma ASTM D 3515 Mezclas en caliente de planta. EE.UU: Traducción Española.
2. Amézquita Andrade, Jesús D. Modificación de un concreto asfáltico MDC-19 mediante la sustitución del llenante mineral natural por calamina. Bogotá d.c., 2017.p. 460.
3. Andres Vizán, Sara. Valoración tecno-amibental de las escorias de acería mediante análisis dinámico de ciclo de vida – Madrid. Tesis (título de ingeniero ambiental) Oviedo. Universidad de Oviedo, Area de Proyecto de Ingeniería Ambiental.2010. 65 p.
4. Behar, Daniel. Libro de metodología investigación . S.I. : ediciones shalom, 2008.
5. Bhushan Mishra, Shanti. Handbook of research methodology - India (education publishing). 2017. p. 95.
6. Bianchetto, Hugo.Rumbos tecnológicos. [en línea] , [fecha de consulta]: 10 de octubre de 2019. Disponible en: <http://rumbostecnologicos.utnfrainvestigacionyposgrado.com/volumenes/rumbos-10/el-ensayo-fenix-una-metodologia-efectiva-para-evaluar-la-resistencia-a-la-fisuracion-en-mezclas-asfalticas/>.
7. Cajas Ramirez, Vicente Xavier y Iglesias Ramirez, Andrés Geovanny. Utilización de escorias siderúrgicas para el mejoramiento de mezclasasfálticas en frío. Ecuador. 2010. p. 256.
8. Soto Izquierdo, Orieta. Caracterización de las escoria de acería de la empresa metalurgica antillana de acero "Jose Marti" de la habana para su empleo como hárido en adición de morteros, hormigones y productos de construcción, Habana. 2017. p. 269.
9. Castells, Xavier Elías. Energía, agua, medioambiente territorialidad y sostenibilidad, Madrid. 2012. p. 125.
10. Castro, Paola. Investigación sobre mezclas asfálticas en frío 100% recicladas con adición de residuos sólidos, Barranquilla. 2018. p. 321.

11. Cecilio, Jose. Materiales de construccion universidad – Valle. Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2021]. Disponible en : <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>.
12. Choque Hinojosa, Ruben Dario. Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote – Ancash. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional de Huancavelica, Escuela Académico Profesional de Ingenieria Civil. 2012. p. 118.
13. Dudovskly, John. Writing a dissertation. “Introducción a la Metodología de la Investigación Científica”. Edit. Brujas. Córdoba, Argentina. 2017
14. Efus coronel, Victor. 2016. Slideshare. Slideshare. 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/victorefuscoronel9/asfalto-frio>.
15. Espinosa Feliz, José. Fundamentos basicos y guia en la construccion de carreteras. 2016. p.176.
16. Gómez, Marcelo M. (2006): “Introducción a la Metodología de la Investigación Científica”. Edit. Brujas. Córdoba, Argentina.
17. Sánchez Abril , Héctor Mauricio Estado del arte sobre las escorias negras de horno de arco eléctrico y sus aplicaciones en pavimentos – Tunja. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2014. p. 189.
18. Fernández Collado, Carlos. Metodología de la investigación - Santa fe : mc graw hill education. 2014. p.23.
19. Garnica Anguas, Paul. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas – Sanfandila [publicación técnica no 246]. 2004. p.155.
20. Hernández Escobar, Arturo. Metodología de la investigación científica – Alcoy(área de innovación y desarrollo), 2018. p.105.
21. Imaz, Roberto. Fundamentos experimentales de la resistencia de materiales. 2019. p.231.
22. Ingemecánica. 2020. Ingemecánica. Ingemecánica. [en línea] 2020. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>.

23. Jiménez relinque, eva. Canales sectoriales. [en línea] 16 de 04 de 2021. Disponible en: <https://www.interempresas.net/construccion/articulos/348503-puede-residuo-industria-del-acero-convertirse-material-construccion-inteligente.html>.
24. Landreneau, Kandace. Sampling strategies - California, 2019.
25. López, Danilo. Mejoramiento de la carpeta asfáltica a base de escoria siderúrgica para pavimentos flexibles (mezcla asfáltica) - Quito .Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2017. p. 201
26. Manufacturing. Terms. [en línea] 2018. Disponible en: [https://www.manufacturingterms.com/spanish/tensile-strength-\(ts\).html](https://www.manufacturingterms.com/spanish/tensile-strength-(ts).html).
27. Yongchun , Chen. Mechanical performance of warm-mixed porous asphalt mixture with steel slag and crumb-rubber-sbs modified bitumen for seasonal frozen regions – China. 2019. pg. 126.
28. Jimenez, Monica , Sibaja, Denia y Molina. Mezclas asfálticas en frío en costa rica, conceptos, ensayos y especificaciones. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional Ancash, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2009. p. 207.
29. Misra, R.P. 2017. Research methodology. S.l. : ashok kumar mittal, 2017.
30. Morcote católico, carolina andrea. 2019. Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas modificadas con escorias de acero. Bogotá. 2019. p.152
31. MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES. Intevenciones en la red vial nacional – Lima. 2016. pg.58
32. Ochoa Díaz, Ricardo. Estudio del comportamiento del concreto asfáltico con residuos siderúrgicos como agregado – Colombia. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional Colombia, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019. p. 107.
33. Ochoa, Ricardo. Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos. Tesis (título profesional de ingeniero

- civil). Universidad Nacional Colombia Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2018. p. 152.
34. Perez Acosta, Sebastián y Lemus Franco , Warsberg. Comportamiento de una mezcla asfáltica densa en frío – Bogotá. 2018. p.145.
 35. Piarc. Asociacion mundial de carreteras. Asociacion mundial de carreteras. [en línea] 2020.
 36. Sanjuán , Carlos. Que es la calamina? Enemigo oculto del acero patología+rehabilitación+construcción. 2020. p.134
 37. . Inka, Cementos. Que es la dosificacion del concreto. 2019. p. 68.
 38. Quipusco Villalobos, Frank Leonardo, Villegas Villegas y Deiby Vander. Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico - mecánicas de mezclas asfálticas en caliente – Pimentel. 2019. p. 111.
 39. Raffino, Maria. Concepto de [en línea] 18 de junio de 2020. [citado el: 07 de junio de 2021.]
 40. Romero, Romero. Evaluación del desempeño mecánico de una mezcla asfáltica tibia modificada con escoria de alto horno estabilizada con un aditivo químico – Bogotá. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad de Bogotá, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019. p. 80.
 41. Rondon, Alexander. Uso de escorias de alto horno y aceros en mezclas asfálticas; revision - Medellin. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad de Medellin, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2018. p. 27.
 42. S.A.C, Jlz logistica. Zwick/roell. Zwick/roell. [en línea] 2020. Disponible en: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-fatiga/resistencia-a-la-fatiga/>.
 43. Sajjad Kabir , Syed. Methods of data collection - Bangladesh : book zone publication, 2016.
 44. Segura, Anlly. Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas; con materiales reutilizables en la construcción como escoria de

- acero – Bogotá. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad de Bogotá, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2016. p. 181.
45. Siclane Smith, Lucen. Aplicación de escoria siderurgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el distrito de la victoria – Lima. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019. p. 189.
46. Taylor , Ellen. Collecting evaluation direct observation. Wisconsin : cooperative extension , 2016.
47. Ucha, florencia. 2015. Definición abc. [en línea] 15 de abril de 2015. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/escoria.php>
48. Elías Castells, Xavier 2012. Valoración de residuos procedentes de grandes industrias. Madrid, 2012 revista internacional de ingeniería, Vol. 978-84-9969-366-8.

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE AUTORES

Nosotros, Pérez Camones King Ely y Silva Lezama Estefani Milagros, alumnos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo sede Trujillo, declaramos bajo Juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/ Tesis titulado: “Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash”, son:

1. De nuestra autoría.
2. El presente Trabajo de Investigación no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El Trabajo de Investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Trabajo de Investigación/ Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 00 de diciembre del 2021



Pérez Camones King Ely
DNI.72725047



Silva Lezama Estefani Milagros
DNI. 71643091

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, VILLAR QUIROZ, JOSUALDO CARLOS, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo sede Trujillo revisor del Trabajo de Investigación/ Tesis titulado:

“Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash”, de los estudiantes Pérez Camones King Ely y Silva Lezama Estefani Milagros; constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reportaje de similitud del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias encontradas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad ocultamiento u omisión tanto de los documentos como la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes en la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 20 de diciembre del 2021

.....
Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
DNI. 40132759

Anexo 3.1. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 31. Matriz de operacionalización de variable – escoria de acero


VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Escoria de Acero	La elaboración de la escoria de acero en caliente se elabora en plantas, los agregados deben dividirse por tamaño. La carpeta asfáltica debe tapar todos los materiales que se le incorporen por ello se calienta a un nivel de temperatura que permita una mezcla homogénea UNAM (2019).	Operacionalmente consiste en la adición de escoria de acero, en diferentes porcentajes, como reemplazo del agregado fino para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas.	Granulometría	Tamiz N° 4-10	Intervalo
				Tamiz N° 40 - 80	
				Grueso N° 200 - Fondo	
			Dosificación	3% de escoria	Intervalo
				4% de escoria	
				5% de escoria	

Tabla 32. Matriz de operacionalización de variable – diseño de mezcla asfáltica en caliente



VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño	La mezcla asfáltica está compuesta por una combinación uniforme de agregado de piedra y aglutinante de asfalto, de modo que el agregado está cubierto por una capa delgada y continua de asfalto. El diseño de la mezcla de asfalto tiene como objetivo determinar la combinación más adecuada de agregado de piedra y aglutinante de asfalto para garantizar el rendimiento duradero de la estructura del pavimento en condiciones ambientales y de tráfico.	Para realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente Evaluamos la calidad de los insumos de acuerdo con las disposiciones normativas, luego de lo cual se determinan los porcentajes en que intervienen cada componente de la mezcla asfáltica y la obtención de la combinación más adecuada, se determina en base a los resultados del diseño de Marshall.	Caracterización de Insumos	Propiedades de agregado grueso Propiedades de agregado fino Propiedades del cemento asfáltico	Razón
			Determinación de la dosificación de mezclado	Porcentaje de agregado grueso Porcentaje de agregado fino Porcentaje de escoria Porcentaje de cemento asfáltico	Razón
			Evaluación de diseño de mezcla	Ensayo de Marshall	Razón

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4.1 Ficha Técnica

 FICHA TÉCNICA		FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		ASPECTOS DE VALIDACIÓN		
PROYECTO: "Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huacra - Carhuaz, Ancash"						
AUTORES:		Perez Camones King Ely Silva Lezama Estefani Milagros				
I.- INFORMACION GENERAL:						
UBICACIÓN:		Carretera Huacra – Carhuaz				
DISTRITO:	Huacra	ALTITUD:	3000 metros			
PROVINCIA:	Carhuaz	LATITUD:	9°21'29"			
REGIÓN:	Ancash	LONGITUD:	77°3'10"			
II.- VARIABLES DE ESTUDIO						
VI: Escoria de acero	Peso Especifico	800-1000 kg/m ³	V2: Mezclas asfálticas en caliente.	Caracterización de Insumos	Propiedades de agregado grueso	
		1000-1200 kg/m ³			Propiedades de agregado fino	
		1200-1400 kg/m ³			Propiedades de cemento Portland	
	Granulometría	Fino		Determinación de la fórmula de mezclado	Porcentaje de agregado grueso	
		Medio			Porcentaje de agregado fino	
		Grueso			Porcentaje de escoria	
			Evaluación de diseño de la mezcla	Porcentaje de cemento Portland		
				Ensayo Marshall		
IV.- DOSIFICACION DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA LA INVESTIGACION PRESENTADA						
Diseños	Arena Triturada	Arena Zarandeada	Grava Triturada	Escoria	% de cemento Portland	Resultado
Diseño Patrón	30%	30%	40%	0%	5.50%	
Gradación N°1	0%	50%	47%	3%	5.50%	
Gradación N°2	0%	50%	46%	4%	5.50%	
Gradación N°3	0%	50%	45%	5%	5.50%	
DATOS DEL EVALUADOR					Promedio de Validación	
Apellidos y nombres:	Gonzales Antunez Eugenio					
Profesión:	Ingeniero civil					
Registro CIP N°:	129109	Teléfono:	943009931			
Email:	egonzales@emvil.com					
Evaluador						

Anexo 4.1 Ficha Técnica para evaluación de expertos

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		FICHA TÉCNICA				FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		ASPECTOS DE VALIDACIÓN	
PROYECTO: "Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash"									1
AUTORES:		Pérez Camones Kieg Ely Silva Lezama Esteban Milgros							
I.- INFORMACION GENERAL:									
UBICACIÓN:		Carretera Huaraz – Carhuaz						1	
DISTRITO:		Huaraz		ALTITUD:		3038 msnm			
PROVINCIA:		Carhuaz		LATITUD:		9°31'39"			
REGIÓN:		Ancash		LONGITUD:		77°31'50"			
II.- VARIABLES DE ESTUDIO								0.9	
VI: Escoria de acero	Peso Especifico		800-1000 kg/m ³		caracterización de insumos	Propiedades de agregado grueso			
			1000-1200 kg/m ³			Propiedades de agregado fino			
			1200-1400 kg/m ³			Propiedades de cemento AS/200			
	Granulometría		Fino			Determinación de la fórmula de mezclado	Porcentaje de agregado grueso		
			Medio				Porcentaje de agregado fino		
			Grueso				Porcentaje de escoria		
				Evaluación de diseño de la mezcla	Ensayo Marshall				
III.- DOSIFICACION DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA LA INVESTIGACION PRESENTADA								1	
Diseños	Arena Triturada	Arena Zarandeada	Grava Triturada	Escoria	% de cemento asfáltico	Resultado			
Diseño Patrón	30%	30%	40%	0%	5.50%				
Gradación N°1	0%	50%	47%	3%	5.50%				
Gradación N°2	0%	50%	46%	4%	5.50%				
Gradación N°3	0%	50%	45%	5%	5.50%				
DATOS DEL EVALUADOR								Promedio de Validación	
Apellidos y nombres: Ruiz Jiménez, Johnson									
Profesión: Ing civil								2.9	
Registro CIP N°:				Teléfono:		9558 40500			
Email: jhonsonruiz@gmail.com									
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJABAMBA SUB GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA						Ing. Johnson O. Ruiz Jiménez SUPERVISOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS Evaluador			



FICHA TÉCNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL

ASPECTOS DE
VALIDACIÓN

PROYECTO: "Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de acero en la carretera Huaraz - Carhuaz, Arecah"

AUTORES: Paroz Camonoz King Ely
Sua Iczama Estefani Milagros

I.- INFORMACIÓN GENERAL:

UBICACIÓN:	Carretera Huaraz - Carhuaz		
DISTRITO:	Huaraz	ALTITUD:	3036 msnm
PROVINCIA:	Carhuaz	LATITUD:	9°51'30"
REGIÓN:	Arecah	LONGITUD:	77°45'18"

II.- VARIABLES DE ESTUDIO

VI: Escoria de acero	Peso Especifico	800-1000 kg/m ³	VC: Mezclas asfálticas en caliente	Caracterización de áridos	Proporciones de agregado grueso
		1000-1200 kg/m ³			Proporciones de agregado fino
		1200-1400 kg/m ³			Proporciones de cemento Portland
	Graduometría	mm		Determinación de la fórmula de mezclado	Porcentaje de agregado grueso
		Medio			Porcentaje de agregado fino
		Quinta			Porcentaje de escoria
			Evaluación de diseño de la mezcla	Porcentaje de cemento asfáltico	
				Diseño balanceado	

III.- DOSIFICACION DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA LA INVESTIGACION PRESENTADA

Diseño	Arena Triturada	Arena Zarcandeada	Cieva Triturada	Escoria	% de cemento asfáltico	Resultado
Diseño Patrón	50%	50%	40%	0%	5.50%	6.9
Gradación N°1	0%	50%	47%	3%	5.50%	
Gradación N°2	0%	50%	48%	4%	5.50%	
Gradación N°3	0%	50%	45%	6%	5.50%	

DATOS DEL EVALUADOR

Apellidos y nombres:		Gonzales Antunez Eugenio		Promedio de Validación
Profesión:		Ingeniero civil		
Registro CIP N°:	129169	Teléfono:	94.9207631	2.9
Email:	gumouansi@gmail.com			



M. Eugenio Gonzales Antunez
Ingeniero Civil
Reg. C.P. 129169



FICHA TÉCNICA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL

ASPECTOS DE
VALIDACION

PROYECTO: "Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con aceite de emers en la carretera Huancabamba - Cerro de Pasco"

AUTORES:

Pavón Gamones King Ely
Silva Lozano Estefani Mirenos

I. INFORMACION GENERAL

UBICACION:	Carretera Huancabamba - Cerro de Pasco		
DISTRITO:	Huancabamba	ALTITUD:	3028 metros
PROVINCIA:	Cerro de Pasco	LATITUD:	9°21'30"
REGION:	Ancash	LONGITUD:	77°11'00"

II. VARIABLES DE ESTUDIO

VI: Escoria de asfalto	Peso Especifico	800-1200 g/m ³	VII: Mezclas asfálticas en caliente	Caracterización de mezclas	Porcentaje de agregado grueso
		1200-1600 g/m ³			Porcentaje de agregado fino
		1600-2000 g/m ³			Porcentaje de arena, fultita
	Granulometria	Finis		Determinación de la fórmula de mezclado	Porcentaje de agregado grueso
		Medio			Porcentaje de agregado fino
		Grueso			Porcentaje de asfalto
			Evaluación de diseño de la mezcla	Porcentaje de cemento asfáltico	
				Resultado final	

IV. DOSIFICACION DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA LA INVESTIGACION PRESENTADA

Diseños	Arena Triturada	Arena Zanahorada	Grava Triturada	Escoria	% de cemento asfáltico	Resultado
Diseño Patrón	30%	30%	40%	0%	5.50%	
Gradación N°1	0%	50%	47%	3%	5.50%	
Gradación N°2	0%	50%	45%	4%	5.50%	
Gradación N°3	0%	50%	45%	5%	5.50%	

DATOS DEL EVALUADOR

DATOS DEL EVALUADOR		Promedio de Validación	
Apellidos y nombres:	FERNANDO MALDONADO		
Profesión:	Ingeniero civil		
Registro CIP N°:	106100	Teléfono:	943614905
Email:	fersamm@gmail.com		


214-4523053
Evaluador

Anexo 5. Ensayos de Caracterización del agregado

Anexo 5.1. Análisis Granulométrico - Agregado Grueso



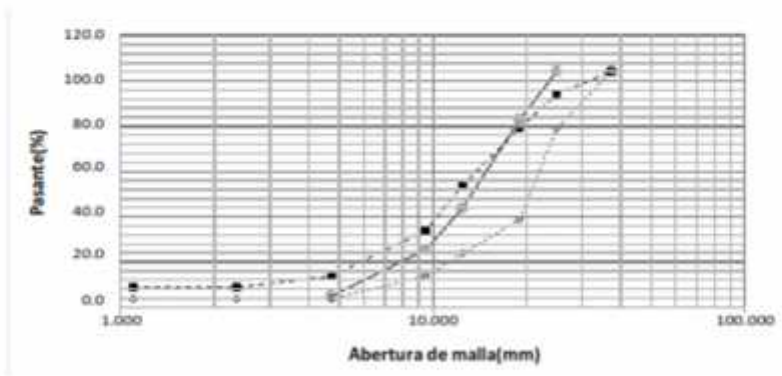
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C136

PROYECTO : "ENRHO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARRUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE : PÉREZ CAMERÓN SIND 017
SILVA LEZAMA ESTEFANI MELADROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
				RETENIDO	PASANTE	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	
1"	25	0	0	0	100	100 - 100
3/4"	19	0	0	0	100	
1/2"	12.5	305.19	15.90	15.90	81.10	
3/8"	9.5	245.7	12.61	31.50	68.50	60 - 100
Nº4	4.75	265.73	13.79	45.30	54.70	50 - 85
Nº5	2.36	210.27	10.79	56.09	43.91	
Nº10	1.1	195.29	10.02	66.11	33.89	
Nº30	0.6	124.17	6.37	72.48	27.52	
Nº50	0.297	123.56	6.34	78.82	21.18	
Nº100	0.149	134.24	6.89	85.71	14.29	
Nº200	0.075	32.9	1.69	87.40	12.60	8 - 15
FONDO	Fondo	245.5	12.60	100.00	0.00	
PESO TOTAL		1945.55				



Ing. Evelyn Torres Velasco
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197304

Anexo 5.2. Peso específico y Absorción - Agregado Grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 127

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ
CARIJAL, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE : PEREZ CAMACHO KING ELY
SILVA LEZAMA ESTEBAN MILAGROS
UBICACIÓN : HUAMAZ - ANCASH

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	g	410.28	418.04	420.03
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	262.00	263.47	294.21
Peso de bandeja	g	86.00	86.00	86.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	325.94	1000.10	1000.61
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	411.94	411.94	411.94
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2098.21	2704.54	3338.71
Peso específico aparente	kg/m ³	2097.39	1337.07	1410.49
Peso específico de masa	kg/m ³	2070	2005	3275
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³	2870		
Peso específico de masa:	2870	kg/m ³		

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	kg	407.26	418.04	380.35
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	402.71	411.94	382.74
Porcentaje de absorción (%)	%	1.1	1.5	0.9
Promedio	%	1.2		
Absorción:	1.2	%		



[Handwritten Signature]
Ing. Jorge Perdomo Huamán
ING. DE MATERIALES
E.L.P. N° 197394

Anexo 5.3. Peso unitario - Agregado Grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 29

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ
CARHUAS, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE : PEREZ CAJONES KIRO ELY
SEVA LEDRERA ESTEBANI SALGADO
UBICACIÓN : HUAMAZ - ANCASH

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diámetro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	17.846	17.793	17.849
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1570	1565	1570
Promedio	kg/m ³	1568		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1568	kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diámetro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	19.61	19.586	19.614
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1736	1734	1737
Promedio	kg/m ³	1736		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1736	kg/m ³		



[Handwritten Signature]
Ing. Agripino Torres Utrilla
CUI DE MATERIALES
E.S.P. N° 187334

Anexo 5.4. Humedad - Agregado Grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 566

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ -
CARIJAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE : PEREZ CARONEL KING ELY
SELVA LEZAMA ESTAFANI MELAGROS
UBICACIÓN : HUAMAZ - ANCASH

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Masa de Recipiente	gr.	65.56	70.54	76
Masa de Recipiente + Suelo Humedo	gr.	1532.6	1500.6	1545.7
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial	gr.	1482.1	1516.8	1506.6
Masa de Recipiente + Suelo Seco final	gr.	1490.1	1513.9	1503.1
Masa de Suelo seco	gr.	1424.54	1443.36	1425.1
Masa de agua	gr.	40.5	33.9	39.1
Contenido de Humedad	%	2.84	2.35	2.74
Contenido de Humedad Promedio	%	2.65		



[Handwritten signature]
ING. JUAN CARLOS VARGAS
ING. DE MATERIALES
E.L. N° 19734

Anexo 5.5. Abrasión de los Ángeles - Agregado Grueso



ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
MTC E 207

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CAYMAZ, ANCASH"
MUESTRA : ABRASADO GRUESO
SOLICITANTE : PEREZ CAMORÉS KING ELY
SELVA LEONIA ESTEBAN; BELMOROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

ABRASIÓN LOS ANGELES (MTC E207)		
Muestra	1	2
GRADACIÓN		
PESO MUESTRA	4000	4000
1. 1/2"-1"		
1"-3/4"		
3/4"-1/2"	2400	2400
1/2"-3/8"	2400	2400
3/8"-1/4"		
1/4"-N° 4		
referido N° 12	4409	4420
PASA N° 12	391	380
% DESGASTE	36	37.5
PROMEDIO	37%	



[Handwritten signature]
Ing. Evelyn Cecilia Viquez
ING. DE MATERIALES
E.L.P. N° 197394



**ADHERENCIA
MTCE 517**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGRIGADO GRUESO
SOLICITANTE : PEREZ CARLOS RINO ELY
SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

Datos	1	2	3
Cantidad de muestra	50	50	50
Cantidad de cemento asf mL	100	100	100
Tem CA	140 ° C	140 ° C	140 ° C
# de partículas recubiertas	47	45	47
# de partículas no recubiertas	2	2	2
Adherencia (%)	90	90	90
Adherencia (%)	90		



[Handwritten signature]
Ing. Carlos Rino Ely
LAB. DE MATERIALES
U.N.T. N° 197304



**INDICE DE DURABILIDAD
MTC E 214**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ-CABRUJAZ, ANCASH"
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO
 SOLICITANTE : PEREZ CAMARON KINGSLEY
 UBICACION : SILVIA LEZAMA ESTAFANI MELACROS
 HUAMAZ - ANCASH

DURABILIDAD							
% PASA	% RET	N° RECIPIENTE	PESOS DE ENSAYO (gr)			ESCALONADO ORIGINAL	% DE PÉRDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUÉS	% DE PÉRDIDA DE ENSAYO		
3/5"	N° 4	1A	100	86.4	13.6	17	7.31
N° 4	N° 8	2A	100	85.2	14.8	19	7.61
N° 8	N° 16	3A	100	80.5	19.5	19	6.7
N° 16	N° 30	3A	100	83.9	16.1	19	6.54
N° 30	N° 50	4A	100	91.8	8.2	9	4.74
N° 50	N° 100					7	0
N° 100	--					10	0
						100	35



[Handwritten signature]
 ING. JUAN CARLOS VARGAS
 INGE. DE MATERIALES
 E.C.P. N° 19754



**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
ASTM 4791**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASPÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO BRUTO
SOLICITANTE : PEREZ CAMACHO RINDO ELY
SEVA LEONNA ESTEFANI MILAGROS
UBICACION : HUARAZ - ANCASH

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa tamiz	Retenido Tamiz	g	g		%	
2"	1 1/2"	4000				
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	495.3	13.9	2.01	42.2	1.16
1/2"	3/8"	327.6	10	4.58	25.55	1.16
3/8"	1/4"	298.2	13.3	4.46	26.55	1.16
TOTAL:						3.55



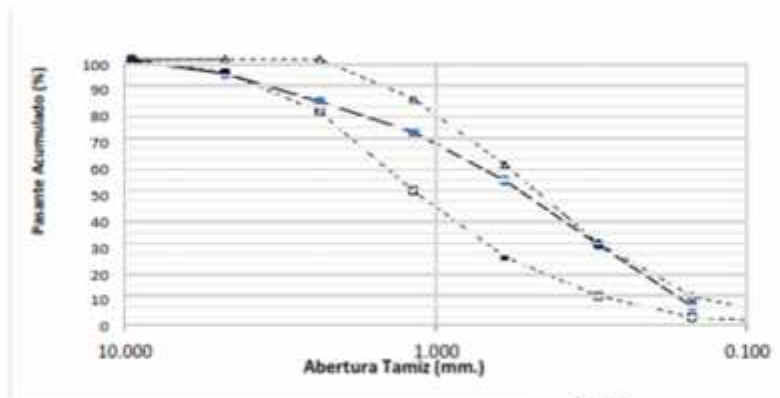
Inge. Hilda RIVERA VILLALBA
ING. DE MATERIALES
E.C.P. N° 107884



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM C136

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARHUAZ, ARECASH"
MUESTRA : AGREGADO FINO
SOLICITANTE : PÉREZ CAMACRES KINGS ELY
SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ARECASH

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
				RETENIDO	PASANTE	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	
1"	25	0	0	0	100	100 - 100
3/4"	19	0	0	0	100	
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.5	0	0.50	0.50	99.42	60 - 100
Nº4	4.75	149	14.42	15.00	85.00	50 - 85
Nº6	2.36	151.6	14.67	29.66	70.32	
Nº16	1.1	75.67	7.34	37.02	62.96	
Nº30	0.6	100.98	9.77	46.80	53.20	
Nº50	0.297	92.24	8.93	55.73	44.27	
Nº100	0.149	412.6	39.94	95.67	4.33	
Nº200	0.075	41.67	4.05	99.72	0.28	5 - 15
FONDO	Fondo	2.91	0.28	100.00	0.00	
PESO TOTAL		1033.07				



[Firma]
ING. KINGS ELY CAMACRES PÉREZ
ING. DE MATERIALES
E.O.P. N° 197394

Anexo 5.10. Peso específico y absorción - Agregado Fino



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO
ASTM C128**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO FINO
SOLICITANTE : PEREZ CABRERA KINGSLEY
SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACION : HUARAZ - ANCASH

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	159.39	159.39	159.39
B = Peso de la fiola + Agua	g	657	657	657
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	617.29	617.29	617.29
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	919.12	919.12	919.12
Peso del agua (5-4)	g	301.83	301.83	301.83
Peso de recipiente	g	114.38	114.38	114.38
Recipiente + Muestra seca	g	546.31	546.31	546.31
A = Peso de la muestra secada al horno	g	431.25	432.11	431.93
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	457.9	457.9	457.9
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2339	2339	2339
Peso específico aparente	kg/m ³	2550	2542	2544
Peso específico de masa	kg/m ³	2203	2207	2206
Promedio peso específico de masa	kg/m ³		2205	
Peso específico de masa:	2205		kg/m³	

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra SSS (4-2)	g	458.41	459.71	457.9
Peso de la muestra secada al horno	g	442.15	441.87	440.87
Porcentaje de absorción (%)	%	0.5	0.4	0.3
Promedio	%		0.45	
Absorción:	3.9		%	



ING. ESTEFANI SILVA LEZAMA
ING. DE MATERIALES
L.C.P. N° 197394



**PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO
ASTM C 29**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE SOTNO EN LA CARRETERA HUARAZ
CABIMAZ - ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO FINO
SOLICITANTE : PEREZ CAMACHO RENE ELY
SILVA LEZAMA ESTEFANI MELBROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

PESO UNITARIO SECO SUELTO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	19.372	19.443	19.323
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1714	1720	1709
Promedio	kg/m ³	1714		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1714	kg/m ³		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	21.276	21.35	21.291
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1893	1900	1895
Promedio	kg/m ³	1896		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1896	kg/m ³		



Asp. Ing. en Cerámicos y Suelos
SOL. DE MATERIALES
E. Cap. N° 197384



HUMEDAD DE AGREGADO FINO
ASTM C 566

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO FINO
SOLICITANTE : PEREZ CAMACHO RINDI ELY
SEVA LETIZIA ESTAFANI MILHORDS
UBICACIÓN : HUAMAZ - ANCASH

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	70.43	72.74	74.15
Peso de la muestra natural	g	142.90	140.67	139.20
Peso de muestra seca + Tara	g	211.94	211.87	211.64
Contenido de humedad	%	1.0	1.1	1.3
Promedio	%	1.1		
Contenido de humedad:	1.1	%		



[Handwritten signature]
Ing. Jorgelina Patricia Villanueva
CUI. DE INGENIEROS
R. N. N.º 197394



ARENA EQUIVALENTE NTP 339.146	
PROYECTO	"DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ – CARHUAZ, ANCASH"
SOLICITANTE	PEREZ CAMONES KING ELY SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN	HUARAZ – ANCASH

Datos	1	2	3
Hora de Inicio	10:30	11:40	12:10
Hora de termino	11:00	12:10	12:40
Lectura total	4	4	4
Lectura de arena	3.8	3.8	3.8
Equi. arena(%)	9	70	70
Promedio Equi. arena(%)	70		



[Handwritten signature]
Prof. Ing. Carlos Vitorino
ING. DE MATERIALES
E. 027 N° 157384

Anexo 5.14. Sales Solubles – Agregado Fino



SALES SOLUBLES TOTALES
MTC E 219

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA AMALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : AGREGADO FINO
SOLICITANTE : PEREZ CARONIS KINO ELY
SILVA LEZAMA ESTEBAN SILVINO
UBICACION : HUARAZ - ANCASH

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Masa (líquid 2000ml.)	gr.	105.35	103.25	104.52
Masa+sal+líquid 250 ml.	gr.	105.36	103.26	104.54
Masa sal	gr.	0.01	0.02	0.02
Masa de Agregado	gr.	100.00	100.00	100.00
Agua total	gr.	500.00	500.00	500.00
Volumen de agua utilizada	gr.	0.50	0.50	0.50
Salas solubles	%	0.13	0.17	0.16
PROMEDIO Sales Solubles	%	0.15		



[Handwritten signature]
Ingeniero Esteban Wilson
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384

Anexo 5.15. Durabilidad de los agregados (Sulfato de Magnesio) - Agregado Grueso y Agregado Fino



DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE SO₃Mg
ASTM - C88 (MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ – CARHUAZ, ANCASH"
SOLICITANTE	PEREZ CAMONES KING ELY SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
LUBICACIÓN	HUARAZ – ANCASH

AGREGADO GRUESO							
% PASA	% RET	M MESH/INCH	MTC DE ENSAYO (g)		% DE PENECA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PENECA CORREGIDA
			ANTES	DESPUES			
2"	1 1/2"	D-1	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	D-2	-	-	-	-	-
1"	3/4"	D-3	2500.0	2430.0	2.40	19	0.00
3/4"	1/2"	D-4	1000.0	970.0	4.32	16	0.20
1/2"	3/8"	D-5	500.0	487.2	0.50	11	0.20
3/8"	Nº4	D-6	300.0	270.0	7.00	20	0.27
TOTAL :						88.00	0.75

CANTERA: Jumbay 1

AGREGADO FINO							
% PASA	% RET	M MESH/INCH	MTC DE ENSAYO (g)		% DE PENECA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PENECA CORREGIDA
			ANTES	DESPUES			
3/8"	Nº4	16	100.0	86.4	13.60	17	0.31
Nº4	Nº5	20	100.0	85.2	14.80	16	0.31
Nº5	Nº10	20	100.0	80.5	19.50	16	0.31
Nº10	Nº20	30	100.0	83.8	16.10	18	0.20
Nº20	Nº40	40	100.0	81.0	0.20	0	1.74
Nº40	Nº60					7	0.00
Nº60	---					10	0.00
TOTAL :						100.00	18.00

NOTA : Interpretación según a estos resultados de responsabilidad de los elaboradores



Ing. King Ely Pérez Camones
Ing. Estefani Milagros Silva Lezama
L. Nº 187364

Anexo 5.16. Análisis granulométrico de la escoria de acero



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ESCORIA DE ACERO (ASTM C 130)

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAAZ - CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : escoria de acero
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
SUVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACION : HUAAZ - ANCASH

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenid.	Porcentaje		
			Retenid.	Acumul.	Pasante
3"	76.2				
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37.5				
1"	25				
3/4"	19				100
1/2"	12.5	8.72	0.34	0.34	99.66
3/8"	9.5	77.25	3.05	3.39	96.61
1/4"	6.35				
#4	4.75	870	34.32	37.72	62.28
#8	2.36				
#10	2	874.12	34.49	72.20	27.80
#16	1.18				
#20	0.84				
#30	0.6				
#40	0.42	630	24.86	97.06	2.94
# 50	0.3				
# 80	0.18	65	2.56	99.62	0.38
# 100	0.15				
# 200	0.075	3.85	0.15	99.77	0.23
>200		5.76	0.23	100.00	0.00



ING. ELY PEREZ CAMONES
ING. DE MATERIALES
I.C.P. N° 151704

Anexo 5.17. Pesos unitarios y compactados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

PESOS UNITARIOS Y PESOS COMPACTADOS

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - CARHUANZ, ANCASH"
MUESTRA : Muestra de campo
SOLICITANTE : PEREZ CAMARGO RINO ELY
SILVA LEZAMA ESTEFANI MELAGROS
UBICACION : HUARAZ - ANCASH

PESOS UNITARIOS (MTC E203)			
Muestra	1	2	3
Peso mat. + molde	7420	7480	7460
Peso molde	1824	1824	1824
Peso de Material	5596	5656	5636
Volumen del molde	2812.6	2812.6	2812.6
Peso unitario	1990	2011	2004

PROMEDIO 2001 kg/m³

PESOS COMPACTADO			
Muestra	1	2	3
Peso mat. + molde	7900	7880	7900
Peso molde	1824	1824	1824
Peso de Material	6076	6056	6076
Volumen del molde	2812.6	2812.6	2812.6
Peso unitario	2160	2153	2160

PROMEDIO 2158



Ing. Ely Rino Pérez Camargo
ING. DE MATERIALES
E. 001. 107381

Anexo 5.18. Análisis granulométrico adicionando 3% escoria de acero



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMETRICO ADICIONANDO 3% DE ESCORIA DE ACERO

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ - CARHUAZ, ANCASH
 MUESTRA : muestra de acero
 SOLICITANTE : PÉREZ CAMARÓN RINDI ESTE
 UBICACION : SILVA LEZAMA ESTANAWI MALABROS HUAMAZ - ANCASH

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenid.	Porcentaje			MAC - 2	
			Retenid.	Acumul.	Pasante		
3"	76.2						
2 1/2"	63						
2"	50						
1 1/2"	37.5						
1"	25						
3/4"	19				100	100	100
1/2"	12.5	487.6	7.87	7.87	92.13	80	100
3/8"	9.5	732.3	11.82	19.69	80.31	70.00	88.00
1/4"	6.35						
#4	4.75	1291	20.84	40.53	59.47	51	68
#8	2.36						
#10	2	876.4	14.15	54.68	45.32	38	52
#16	1.18						
#20	0.84						
#30	0.6						
#40	0.42	1549.1	25.01	79.69	20.31	17	28
# 50	0.3						
# 80	0.18	411.5	6.64	86.33	13.67	8	17
# 100	0.15						
# 200	0.075	465.8	7.52	93.85	6.15	4	8
>200		380.7	6.15	100.00	0.00		



Ing. Jorge P. Sánchez Valencia
INIC DE MATERIALES
E.C.P. N° 197384

Anexo 5.19. Análisis granulométrico adicionando 4% escoria de acero



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMETRICO ADICIONANDO 4% DE ESCORIA DE ACERO

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAAZ
CARIJAZ, ANCASH"
MUESTRA : PUNTO DE AGUAS
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES RINO ELY
UBICACION : VILLA LEONAR ESTANISLAO BELANDIERO
HUAAZ - ANCASH

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenid.	Porcentaje			MAC - 2	
			Retenid.	Acumul.	Pasante		
3"	76.2						
2 1/2"	63						
2"	50						
1 1/2"	37.5						
1"	25						
3/4"	19				100	100	100
1/2"	12.5	462.5	7.46	7.46	92.54	80	100
3/8"	9.5	696.3	11.23	18.69	81.31	70.00	88.00
1/4"	6.35						
#4	4.75	1230.1	19.84	38.53	61.47	51	68
#8	2.36						
#10	2	849.9	13.71	52.23	47.77	38	52
#16	1.18						
#20	0.84						
#30	0.6						
#40	0.42	1754.3	28.29	80.52	19.48	17	28
# 50	0.3						
# 80	0.18	407.6	6.57	87.10	12.90	8	17
# 100	0.15						
# 200	0.075	438.2	7.07	94.16	5.84	4	8
>200		361.9	5.84	100.00	0.00		



ING. WILSON VILLALBA VILLALBA
ING. DE MATERIALES
E. C. N. 171361

Anexo 5.20. Análisis granulométrico adicionando 5% escoria de acero



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMETRICO ADICIONANDO 5% DE ESCORIA DE ACERO

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARMELIZ, ANCASH"
MUESTRA : MUESTRA DE ARENA
SOLICITANTE : PEREZ CAMARONES KINGS ELY
SOLVA LEZAMA ESTIVANI MELAGRON
UBICACION : HUARAZ - ANCASH

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenid.	Porcentaje			MAC - 2	
			Retenid.	Acumul.	Pasante		
3"	76.2						
2 1/2"	63						
2"	50						
1 1/2"	37.5						
1"	25						
3/4"	19				100	100	100
1/2"	12.5	540.1	7.49	7.49	92.51	80	100
3/8"	9.5	808.7	11.21	18.70	81.30	70.00	88.00
1/4"	6.35						
#4	4.75	1409.8	19.54	38.24	61.76	51	68
#8	2.36						
#10	2	1062.9	14.73	52.98	47.02	38	52
#16	1.18						
#20	0.84						
#30	0.6						
#40	0.42	1993.5	27.64	80.61	19.39	17	28
# 50	0.3						
# 80	0.18	476.6	6.61	87.22	12.78	8	17
# 100	0.15						
# 200	0.075	481.3	6.67	93.89	6.11	4	8
>200		440.6	6.11	100.00	0.00		



PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA
ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA
CON ESCORIA DE ACERO EN LA
CARRETERA HUARAZ - ANCASH
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Anexo 5.21. Durabilidad de los agregados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE SO_3Mg ASTM - C88 (MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ – CARHUAZ, ANCASH"
SOLICITANTE	PEREZ CAMONES KING ELY SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN	HUARAZ – ANCASH

AGREGADO GRUESO							
% PASA	% RET	N° REQUERIDO	PESOS DE ENGA Y/O (gr)		% DE PERDIDA DE ENGA Y/O	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PERDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUES			
2"	1 1/2"	D-1	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	D-2	-	-	-	-	-
1"	3/4"	D-3	2000.0	2400.0	2.00	14	0.34
3/4"	1/2"	D-4	1000.0	990.0	4.00	10	0.60
1/2"	3/8"	D-5	500.0	487.2	0.36	11	0.72
3/8"	N°4	D-6	300.0	270.0	7.00	20	1.80
TOTAL :						66.00	3.00

CANTERA (arena)							
AGREGADO FINO							
% PASA	% RET	N° REQUERIDO	PESOS DE ENGA Y/O (gr)		% DE PERDIDA DE ENGA Y/O	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PERDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUES			
3/8"	N°4	1A	100.0	90.4	10.00	17	2.31
N°4	N°8	2A	100.0	89.2	11.00	19	2.81
N°8	N°16	3A	100.0	80.0	10.00	10	2.71
N°16	N°30	3A	100.0	80.0	10.00	10	3.00
N°30	N°60	4A	100.0	91.0	0.20	0	0.74
N°60	N°100					7	0.00
N°100	---					10	0.00
TOTAL :						100.00	12.62

NOTA : Interpretación según a estos resultados es responsabilidad de los interesados



APROBADO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS
COP. N° 107384

Anexo 5.22. Desgaste abrasivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

DESGASTE ABRASIVO DE LOS ANGELES ASTM C - 131

PROYECTO : "ESTUDIO DE MEZCLA ASPALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAPAZ -
CAYSHAL, ANCASH"
MUESTRA : AGRREGADO GRUESO
SOLICITANTE : HENRY CABRERA KINGSLEY
UBICACION : SALVA LEZMA ESTAFAN MLAGROS HUAPAZ - ANCASH

PRUEBAS	1
GRADACION USADA	A
Nº ESPERAS	12
Nº REVOLUCIONES	500
Pa = PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO (G.M.S.)	5,000
Pb = PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO + PESOS DE LIGAM SOBRE TAMIZ Nº 10	3,847
Pa - Pb = PERDIDA	1,093
% DESGASTE = $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	21.1%
ESPECIFICACION: MENOR DE	40%

CUMPLE NO

TAMANOS Y GRADACION DE LA MUESTRA, G.M.S.		A	B	C	D	E	F	G
3"	3.75"					2700		
2.5"	2"					2700		
2"	1.75"					3000	3000	
1.75"	1"	1200					3000	3000
1"	3/4"	1200						3000
3/4"	3/8"	1200	2700					
3/8"	3/16"	1200	2700					
3/16"	#3			2700				
#3	#4			2700				
#4	#5				3000			
Nº DE ESPERAS		12	11	8	6	12	12	12
Nº DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000



[Handwritten signature]
Ing. Jorge Enrique Morales
ING. DE MATERIALES
C.A. N° 197384

Anexo 5.23. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (40% grava + 60% arena + 4.5% cemento asfáltico)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ -
CARRUAZ, ANCASH"

MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 4.5% CEMENTO ASFÁLTICO

SOLICITANTE : PEREZ CAMORES RINDO ELY

UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEBAN MILANORIS
HUARAZ - ANCASH

Peso específico aparente

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	258.5	242.1	255.2
Masa del espécimen + parafina (g)	259.5	258.4	271.0
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	142.4	134.2	158.5
Densidad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.900	0.900	0.900
Densidad específica aparente	2.228	2.258	2.200
ES aparente promedio	2.229		

Peso específico teórico

Peso del picnómetro (g)	2514
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4200
Peso de la mezcla (g)	1686
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aflojada (g)	8713
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
ES teórica máxima	2.409

Porcentaje de vacíos de aire (%)	7.475
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.222



[Handwritten signature]
Asst. Director de Laboratorio
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MATERIALES
R.L. SUP. N° 197384

Anexo 5.24. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (40% grava + 60% arena + 5% cemento asfáltico)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 5% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : PEREZ CAMARÓN ESTEBAN ELY
UBICACIÓN : SILVIA LIZAMA ESTEBAN MILAGROS
HUARAZ - ANCASH

Peso específico aparente

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	275.5	272.5	258.8
Masa del espécimen + parafina (g)	275.5	275.4	270.2
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	153.5	155.6	140.8
Densidad específica de la parafina a 27°C (g/cm ³)	0.880	0.880	0.880
Densidad específica aparente	2.218	2.207	2.214
El promedio promedio	2.213		

Peso específico líquido

Peso del picnómetro (g)	2559
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4125
Peso de la mezcla (g)	1566
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla saturada (g)	3041
Peso del picnómetro saturado a la T° de prueba (g)	2725
El líquido realista	2.409

Porcentaje de vacío de aire (%)	6.889
Densidad del agua a 27°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.217



Arg. Ingeniero Gerente Laboratorio de Cerámicos y Suelos
C. Lic. N° 137384

Anexo 5.25. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (40% grava + 60% arena + 5.5% cemento asfáltico)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - ANCAESI"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 5.5% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING, ISY
UBICACION : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS HUARAZ - ANCAESI

Peso específico aparente

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	243.2	204.5	211.2
Masa del espécimen + parafina (g)	247.2	208.4	215.0
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	140.4	140.4	133.6
Densidad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.960	0.960	0.960
Densidad específica aparente	2.371	2.330	2.323
GE aparente promedio	2.379		

Peso específico teórico

Peso del picnómetro (g)	211.6
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	413.7
Peso de la mezcla (g)	202.1
Temperatura de la grava (°C)	23
Peso del picnómetro con mezcla aferrada (g)	303.7
Peso del picnómetro calibrado a la T° de grava (g)	77.5
GE teórica máxima	2.540

Porcentaje de agua de aire (%)	5.079
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.270



Inge. Hilda Patricia Velasco
ING. DE MATERIALES
C.C.P. N° 457384

Anexo 5.26. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (40% grava + 60% arena + 6% cemento asfáltico)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "ESTUDIO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUAMAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 8% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : RENZO CARONÉS RINÓ EL Y
UBICACION : SILVA LEZAMA ESTEBANI MILAGROS
HUAMAZ - ANCASH

Peso específico aparente

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	228.7	240.8	200.4
Masa del espécimen + parafina (g)	243.2	248.1	213.3
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	128.2	132.1	115.4
Densidad específica de la parafina a 23°C (g/cm ³)	0.980	0.980	0.980
Densidad específica aparente	2.403	2.221	2.373
DS aparente promedio	2.332		

Peso específico tabido

Peso del picnómetro (g)	221.4
Peso del picnómetro + mezcla estufa (g)	617.0
Peso de la mezcla (g)	395.6
Temperatura de la prueba (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla aferrado (g)	809.4
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	772.5
DS técnico máximo	2.433

Porcentaje de vacío de aire (%)	4.330
Densidad del agua a 23°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.325



Ing. Renzo Caronés Rinó
ING. DE MATERIALES
E.C. N° 197381

Anexo 5.27. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad
(Mezcla asfáltica con 5.5% cemento asfáltico y 3% de escoria)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "ESTUDIO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ -
CORHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : MEZCLA ASFÁLTICA CON 5.5% CEMENTO ASFÁLTICO Y 3% DE ESCORIA
SOLICITANTE : PEREZ CAMARÓN RINDO EL Y
SOLVA LEZAMA ESTEBAN MILAGROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

Peso específico aparente

	1	2	3
Massa del espécimen seco (g)	240.2	239.2	333.3
Massa del espécimen + gasoilina (g)	252.5	240.1	343.5
Massa del espécimen + gasoilina suspendida (g)	150.4	150.4	125.2
Densidad específica de la gasoilina a 25°C (g/cm ³)	0.900	0.900	0.900
Densidad específica aparente	2.214	2.070	1.569
DS aparente promedio	2.079		

Peso específico teórico

Peso del picnómetro (g)	2114
Peso del picnómetro + mezcla asfáltica (g)	4142
Peso de la mezcla (g)	3028
Temperatura de la muestra (°C)	22
Peso del picnómetro con mezcla saturada (g)	8064
Peso del picnómetro calibrado a la T° de prueba (g)	7725
DS teórico máximo	2.569

Porcentaje de vacío de aire (%)	5.888
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.268



[Handwritten signature]
ING. JUAN CARLOS VILLAR
DIR. DE MATERIALES
I.C.P. N° 197304

Anexo 5.28. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (Mezcla asfáltica con 5.5% cemento asfáltico y 4% de escoria)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ -
CARRIZAL, ANCASH"
MUESTRA : MEZCLA ASFÁLTICA CON 5.5% CEMENTO ASFÁLTICO Y 4% DE ESCORIA
SOLICITANTE : PEREZ CAMARÓN RIVERO ELY
UBICACIÓN : SILVIA LEZAMA ESTEFANI MILADROS
HUARAZ - ANCASH

Peso específico aparente

	1	2	3
Masa del espécimen seco (g)	235.3	237.4	225.4
Masa del espécimen + parafina (g)	244.8	245.9	232.5
Masa del espécimen + parafina suspendido (g)	146.0	126.5	124.5
Densidad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.900	0.900	0.900
Densidad específica aparente	2.711	2.601	2.299
DT) aparente promedio	2.517		

Peso específico teórico

Peso del pánometro (g)	2514
Peso del pánometro + mezcla asfáltica (g)	4178
Peso de la muestra (g)	1664
Temperatura de la grava (°C)	22
Peso del pánometro con mezcla afonada (g)	4048
Peso del pánometro calibrado a la T ^o de muestra (g)	7725
DT) teórico máximo	2.408

Porcentaje de vacío de aire (%)	5.785
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.516



[Handwritten signature]
LABORATORIO DE CERÁMICOS Y SUELOS
UNY - TRUJILLO

Anexo 5.29. Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas y densidad (40% grava + 60% arena + 5% cemento asfáltico y 5% de escoria)



**PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS Y DENSIDAD
NORMA ASTM D- 3203**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - AMCAISH"

MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 5% CEMENTO ASFÁLTICO Y 5% DE ESCORIA

SOLICITANTE : PEREZ CAMARONES RINDO ELLY

UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEBAN MILADROS
HUARAZ - AMCAISH

Peso específico aparente

	1	2	3
Massa del espécimen seco (g)	243.3	240.3	233.8
Massa del espécimen + parafina (g)	258.3	256.8	272.3
Massa del espécimen + parafina suspendida (g)	144.3	133.8	138.7
Densidad específica de la parafina a 25°C (g/cm ³)	0.900	0.900	0.900
Densidad específica aparente	2.875	2.267	2.323
DS aparente promedio	2.522		

Peso específico teórico

Peso del pánomoetro (g)	2134
Peso del pánomoetro + mezcla asfáltica (g)	4220
Peso de la muestra (g)	1709
Temperatura de la muestra (°C)	22
Peso del pánomoetro con mezcla aflojada (g)	8724
Peso del pánomoetro calentado a la T° de prueba (g)	7725
DS teórico máximo	2.823

Porcentaje de vacíos de aire (%)	3.798
Densidad del agua a 25°C (g/cm ³)	0.997
Densidad del espécimen (g/cm ³)	2.515



[Handwritten signature]
Ing. Jorge Esteban Miladros
Dpto. de Materiales
C.P. N° 157384

Anexo 5.30. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (40% grava + 60% arena + 4.5% cemento asfáltico)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 4.5% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
 SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

CARACTERÍSTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.12	10.05	10.04
DIAMETRO 2 (cm)	10.08	10.03	10.02
PROMEDIO D (cm)	10.10	10.04	10.03
ALTURA H1 (cm)	6.01	6.02	6.00
ALTURA H2 (cm)	6.00	6.01	5.99
PROMEDIO H (cm)	6.01	6.02	6.00
ESTABILIDAD (KN)	5.65	5.74	5.39
ESTABILIDAD (KN)	5.59		
FLUJO 0.01 (mm)	6.15	6.37	6.19
FLUJO 0.01 (mm)	6.24		

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 73 golpes por lado



[Handwritten Signature]
 ING. ELY PEREZ CAMONES
 MTC E-504

Anexo 5.31. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (40% grava + 60% arena + 5% cemento asfáltico)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ - CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 5.0% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
 HUARAZ - ANCASH

CARACTERÍSTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.01	10.01	10.01
DIAMETRO 2 (cm)	10.01	10.01	10.01
PROMEDIO D (cm)	10.01	10.01	10.01
ALTURA H1 (cm)	6.00	6.01	5.99
ALTURA H2 (cm)	6.02	5.99	5.99
PROMEDIO H (cm)	6.01	6.00	5.99
ESTABILIDAD (KN)	6.94	7.05	7.21
ESTABILIDAD (KN)		7.07	
FLUJO 0.01 (mm)	7.31	7.19	7.27
FLUJO 0.01 (mm)		7.32	

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 75 golpes por lado



[Handwritten signature]
 Ing. Ely Pérez Camones
 INGE. DE MATERIALES
 E.C. N° 197306

Anexo 5.32. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (40% grava + 60% arena + 5.5% cemento asfáltico)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ CARHUAZ, ANCASH"
 MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 5.5% CEMENTO ASFÁLTICO
 SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
 UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS HUARAZ - ANCASH

CARACTERÍSTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.04	10.04	10.04
DIAMETRO 2 (cm)	10.03	10.03	10.02
PROMEDIO D (cm)	10.07	10.04	10.03
ALTURA H1 (cm)	8.00	8.01	8.99
ALTURA H2 (cm)	8.02	8.02	8.01
PROMEDIO H (cm)	7.01	7.02	7.00
ESTABILIDAD (KN)	8.94	8.57	8.09
ESTABILIDAD (KN)		8.73	
FLUJO 0.02" (mm)	10.05	9.74	9.84
FLUJO 0.01" (mm)		9.88	

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 75 golpes por lado



[Handwritten Signature]
 Ing. [Name] Técnico Superior
 ING. DE MATERIALES
 C.P. N° 191304

Anexo 5.33. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (40% grava + 60% arena + 6% cemento asfáltico)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ-CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : 40% GRAVA + 60% ARENA + 6% CEMENTO ASFÁLTICO
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
 HUARAZ - ANCASH

CARACTERÍSTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.02	10.05	10.04
DIAMETRO 2 (cm)	10.05	10.05	10.04
PROMEDIO D (cm)	10.04	10.05	10.04
ALTURA H1 (cm)	8.01	8.01	5.99
ALTURA H2 (cm)	8.02	8.02	8.03
PROMEDIO H (cm)	8.02	8.02	8.01
ESTABILIDAD (KN)	7.45	7.84	7.45
ESTABILIDAD (KN)		7.58	
FLUJO 0.01 (mm)	16.84	15.84	16.27
FLUJO 0.01 (mm)		16.32	

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 75 golpes por lado.



ING. HÉCTOR BARRÓN VILARMA
 ING. DE MATERIALES
 N.º CIP. 14 157164

Anexo 5.34. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (Mezcla asfáltica con 5.5% cemento asfáltico y 3% de escoria)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ
CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : MEZCLA ASFALTICA AL 5.5% DE CEMENTO ASFALTICO CON 3% DE ESCORIA
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
HUARAZ - ANCASH

CARACTERISTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.02	10.02	10.03
DIAMETRO 2 (cm)	10.04	10.03	10.02
PROMEDIO D (cm)	10.03	10.03	10.03
ALTURA H1 (cm)	6.00	6.01	5.99
ALTURA H2 (cm)	5.99	5.99	6.00
PROMEDIO H (cm)	6.00	6.00	6.00
ESTABILIDAD (KN)	9.54	9.59	9.64
ESTABILIDAD (KN)	9.59		
FLUJO 0.075 (mm)	11.06	11.21	11.08
FLUJO 0.075 (mm)	11.12		

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
Compactación de 75 golpes por lado



[Handwritten signature]
Perez Camones King Ely
LAB. DE MATERIALES
C. 201 N° 197304

Anexo 5.35. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (Mezcla asfáltica con 5.5% cemento asfáltico y 4% de escoria)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : MEZCLA ASFALTICA AL 5.5% DE CEMENTO ASFALTICO CON 4% DE ESCORIA
SOLICITANTE : PEREZ CAÑONES KING ELY
 SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH

CARACTERISTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.05	10.04	10.03
DIAMETRO 2 (cm)	10.05	10.03	10.02
PROMEDIO D (cm)	10.05	10.04	10.03
ALTURA H1 (cm)	6.01	6.01	5.99
ALTURA H2 (cm)	6.02	6.00	6.00
PROMEDIO H (cm)	6.02	6.01	6.00
ESTABILIDAD (KN)	10.03	10.54	10.47
ESTABILIDAD (KN)	10.34		
FLUJO 0.02 (mm)	12.57	12.41	12.34
FLUJO 0.01 (mm)	12.44		

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 75 golpes por lado



[Handwritten signature]
 ING. DE MATERIALES
 U.C.P. N° 197364

Anexo 5.36. Ensayo de estabilidad – MARSHALL (Mezcla asfáltica con 5.5% cemento asfáltico y 5% de escoria)



**ENSAYO DE ESTABILIDAD MÉTODO MARSHALL
NORMA MTC E-504**

PROYECTO : "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ESCORIA DE ACERO EN LA CARRETERA HUARAZ CARHUAZ, ANCASH"
MUESTRA : MEZCLA ASFÁLTICA AL 5.5% DE CEMENTO ASFÁLTICO CON 5% DE ESCORIA
SOLICITANTE : PEREZ CAMONES KING ELY
UBICACIÓN : SILVA LEZAMA ESTEFANI MILAGROS
 HUARAZ - ANCASH

CARACTERÍSTICA	1	2	3
DIAMETRO 1 (cm)	10.02	10.01	10.03
DIAMETRO 2 (cm)	10.01	10.01	10.02
PROMEDIO D (cm)	10.01	10.02	10.03
ALTURA H1 (cm)	6.00	6.01	5.99
ALTURA H2 (cm)	6.02	6.02	6.02
PROMEDIO H (cm)	6.01	6.02	6.01
ESTABILIDAD (KN)	11.32	11.24	11.54
ESTABILIDAD (KN)	11.37		
FLUJO 0.02" (mm)	13.31	13.24	13.41
FLUJO 0.04" (mm)	13.39		

OBSERVACIONES

Mezcla asfáltica preparada a 140° C en estufa eléctrica
 Se elaboraron mezclas asfálticas de clase A según método MARSHALL E 504
 Compactación de 75 golpes por lado



[Handwritten signature]
 Ing. Nayra Patricia Uscari
 ING. DE MATERIALES
 U.T.P. N° 187304

Anexo 6. Registro fotográfico en el laboratorio



Figura 36. Recojo de la escoria



Figura 37. Recojo de agregados de la cantera de Rumichuco – Tacllan.



Figura 38. Se cuartea el agregado grueso



Figura 39. Lavado y secado del agregado grueso



Figura 40. Tamizado del agregado grueso.



Figura 41. Pesado de los agregados



Figura 42. Mezclas a 150°C para luego ser compactadas



Figura 43. Adición de asfalto a la mezcla



Figura 44. Mezclas de los agregados



Figura 45. Briquetas en proceso de saturación



Figura 46. Briqueta N°1 – Ensayo Marshall



Figura 47. Briqueta N°2 – Ensayo Marshall



Figura 48. Briqueta 1 deformada después del ensayo



Figura 49. Briqueta 2 deformada después del ensayo