

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“COMPARACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE FILLER EN
DESGASTE DE RESISTENCIA A TRACCIÓN EN MEZCLAS EN CALIENTE”**

Por:

JORGE LUIS ILLESCAS

Proyecto de Ingeniería Civil II CIV-502, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2020

Tarija-Bolivia

ADVERTENCIA

Al tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos modos y expresiones vertidas en el mismo siendo estas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

A mi madre Yanet

Por guiarme y ayudarme a cumplir mi meta, por ser un ejemplo de madre por sus valores inculcados a lo largo del camino, por su amor incondicional.

A mi esposa Sara e hijos

Por su apoyo incondicional, por creer en mí por ayudarme y darme fuerzas para salir adelante.

A mi hermana María Claudia

Porque jamás dejo de apoyarme.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y fortaleza para cumplir mis sueños, por darme una familia hermosa y poner a mi lado a las personas que son el soporte y la base para triunfar.

A mi madre por ser esa persona que supo apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi esposa Sara, que a pesar de las dificultades nunca dejo de creer en mí y apoyarme siempre.

A mis hijos Jorge y Ricardo

Por ser mis fuerzas para seguir adelante.

A la ingeniera Seila Ávila y a Carlos Subia por su apoyo en la elaboración de mi trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. DISEÑO TEÓRICO.....	4
1.3.1. Planteamiento del problema.....	4
1.3.1.1. Situación problemática.....	4
1.3.1.2. Determinación del problema	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	6
1.6.1. Variable independiente.....	6
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.6.3. Conceptualización y operacionalización.....	6
1.7. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	9

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y SUS PRINCIPALES PROPIEDADES

	Página
2.1. DEFINICIÓN	10
2.2. COMPONENTES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA.....	10
2.2.1. Agregados pétreos para la mezcla asfáltica	11
2.2.2. Procedencia de los agregados.....	12
2.3. FILLER MINERAL	13
2.3.1. Importancia y efecto del relleno o polvo mineral	14
2.3.2. Propiedades	14
2.3.3. El fíller y su comportamiento reológico y cohesivo como componente del sistema fíller/betún.....	15
2.4. INFLUENCIA DEL FILLER EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	18
2.4.1. Influencia de la cal hidratada en una mezcla asfáltica en caliente	19
2.4.2. Influencia del cemento portland en mezclas asfálticas en caliente	19
2.5. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS AGREGADOS	20
2.5.1. Agregado grueso	20
2.5.2. Agregado fino.....	20
2.5.3. Filler	20
2.5.4. Granulometría de agregados combinados (finos y gruesos)	21
2.6. DEFINICIÓN DE ASFALTOS	23
2.6.1. Mezclas asfálticas en caliente	24
2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA POR EL MÉTODO MARSHALL.....	25
2.7.1. Densidad.....	25
2.7.2. Vacíos de aire	25
2.7.3. Vacíos en el Agregado Mineral (VMA).....	26
2.7.4. Contenido de asfalto.....	26
2.7.5. Vacíos Llenos de Asfalto (VFA).....	27

2.8.	PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	27
2.8.1.	Estabilidad.....	28
2.8.2.	Durabilidad.....	28
2.8.3.	Impermeabilidad	30
2.8.4.	Trabajabilidad	30
2.8.5.	Flexibilidad	32
2.8.6.	Resistencia a la fatiga.....	32
2.8.7.	Resistencia al deslizamiento	33
2.9.	MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL.....	34
2.9.1.	Metodología	34
2.9.2.	Propósito	34
2.9.3.	Descripción general.....	34
2.9.4.	Especificaciones de la metodología	35
2.9.5.	Ensayos realizados a la mezcla asfáltica compactada	36
2.9.6.	Método de diseño Cántabro	37

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

		Página
3.1.	CRITERIOS DEL DISEÑO METODOLÓGICO	40
3.1.1.	Unidad de estudio, población y muestra	40
3.1.1.1.	Unidad de estudio.....	40
3.1.1.2.	Población.....	40
3.1.1.3.	Muestra.....	40
3.1.1.4.	Tamaño de muestra	41
3.1.2.	Métodos y técnicas empleadas	41
3.1.2.1.	Métodos.....	41
3.1.2.2.	Técnicas.....	41
3.2.	CRITERIOS DE SELECCIÓN, USO Y APLICACIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR	43
3.2.1.	Criterios de selección de agregados	43

3.2.2.	Criterios de selección de filler a utilizar	43
3.2.3.	Criterios de la variación de los porcentajes de filler	44
3.2.4.	Criterios de selección de asfalto.....	45
3.3.	CRITERIOS DEL NÚMERO DE ENSAYOS	45
3.3.1.	Número de ensayos para el agregado pétreo	45
3.3.2.	Número de ensayos para el cemento asfáltico	46
3.4.	EL CEMENTO PORTLAND TIPO IP-30 COMO FILLER.....	47
3.4.1.	Reemplazo del filler en la elaboración de mezclas asfálticas	47
3.4.2.	Otros usos del material.....	48
3.4.3.	Obtención del material	48
3.5.	LA ARCILLA COMO FILLER.....	48
3.5.1.	Reemplazo del filler en la elaboración de mezclas asfálticas	48
3.5.2.	Otros usos del material.....	48
3.5.3.	Obtención del material	49
3.6.	LA CAL COMO FILLER.....	49
3.6.1.	Otros usos del material.....	49
3.6.2.	Obtención de material	49
3.7.	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	50
3.7.1.	Ubicación del material a utilizar	50
3.7.2.	Caracterización de los agregados y filler	55
3.7.2.1.	Granulometría (ASTM E 40; AASHTO T27 – 99; A0506)	57
3.7.2.2.	Peso específico y absorción de los agregados	58
3.7.2.3.	Método para determinar caras fracturadas (ASTM D 5821; NTL 358), solo aplica a material procesado o chancado.	61
3.7.2.4.	Método para determinar el desgaste mediante la máquina de los ángeles (ASTM E 131; AASTHO T96 – T99; A0511).	61
3.7.2.5.	Método para determinar el índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados para carreteras (INV E – 230 – 13; NTL 354)	63
3.7.2.6.	Método para determinar el peso unitario (ASTM E 30; AASHTO T19M-00; A0518)	64

3.7.2.7.	Método para determinar el equivalente de arena (ASTM D 2419; AASHTO T176-00).....	65
3.7.3.	Caracterización del cemento asfáltico.....	66
3.7.4.	Caracterización del filler a utilizar.....	69
3.8.	DISEÑO MARSHALL	75
3.8.1.	Combinación de agregados	75
3.8.2.	Criterio del número de briquetas.....	75
3.8.3.	Elaboración de las briquetas.....	77
3.9.	RESULTADOS DEL MARSHALL	81
3.9.1.	Resumen de resultados de los diseños	81

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL DESGASTE MEDIANTE EL MÉTODO CÁNTABRO

		Página
4.1.	ANÁLISIS Y RESULTADO DEL MARSHALL	88
4.1.1.	Comparación del contenido óptimo de asfalto para los diferentes diseños con material chancado y C.A. 85/100	88
4.1.2.	Comparación de la densidad utilizando material chancado y C.A. 85/100.....	88
4.1.3.	Comparación del % de vacíos totales de la mezcla utilizando material chancado con C.A. 85/100	89
4.1.4.	Comparación de porcentaje de vacíos en el betún (% RBV) utilizando agregado chancado y C.A. 85/100	90
4.1.5.	Comparación del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VAM) utilizando agregado chancado y C.A. 85/100	90
4.1.6.	Comparación de la estabilidad utilizando material chancado y C.A. 85/100.....	91
4.1.7.	Comparación la fluencia utilizando material chancado y C.A. 85/100.....	92
4.1.8.	Comparación de contenido óptimo de asfalto para los diferentes diseños con material chancado y C.A. 60/70	92

4.1.9.	Comparación de la densidad utilizando material chancado y C.A. 60/70	93
4.1.10.	Comparación del % de vacíos totales de la mezcla utilizando material chancado y C.A. 60/70	93
4.1.11.	Comparación del porcentaje de vacíos en el betún (% RBV) utilizando agregado chancado y C.A. 60/70	94
4.1.12.	Comparación del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (% VAM) utilizando agregado chancado y C.A. 60/70	95
4.1.13.	Comparación de la estabilidad utilizando material chancado y C.A. 60/70	95
4.1.14.	Comparación de la fluencia utilizando material chancado y C.A. 60/70	96
4.1.15.	Comparación del contenido óptimo de asfalto para diferentes diseños con material de canto rodado y C.A. 85/100	96
4.1.16.	Comparación de la densidad utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100.....	97
4.1.17.	Comparación del % de vacíos totales de la mezcla utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100	98
4.1.18.	Comparación del porcentaje de vacíos en el betún (% RBV) utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100	98
4.1.19.	Comparación del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (% VAM) con material de canto rodado y C.A. 85/100.....	99
4.1.20.	Comparación de la estabilidad con material de canto rodado y C.A. 85/100	100
4.1.21.	Comparación de la fluencia utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100	100
4.1.22.	Comparación del contenido óptimo de asfalto para los diferentes diseños con material de canto rodado y C.A. 60/70.....	101
4.1.23.	Comparación de la densidad utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70	101

4.1.24.	Comparación del % de vacíos totales en mezcla utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70	102
4.1.25.	Comparación del porcentaje de vacíos en el betún (% RBV) Utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70	103
4.1.26.	Comparación del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (% VAM) utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70	103
4.1.27.	Comparación de la estabilidad utilizando material de canto rodado y C.A.60/70	104
4.1.28.	Comparación de la fluencia utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70	105
4.2.	ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL CÁNTABRO	106
4.2.1.	Ensayo de cántabro por vía seca con material chancado y C.A. 85/100	106
4.2.2.	Cántabro por vía húmeda con material chancado y C.A. 85/100.....	107
4.2.3.	Cántabro por vía seca con material chancado y C.A. 60/70	109
4.2.4.	Cántabro por vía húmeda con material chancado y C.A. 60/70.....	110
4.2.5.	Cántabro por vía seca con material de canto rodado y C.A. 85/100	112
4.2.6.	Cántabro por vía húmeda con material de canto rodado y C.A. 85/100	113
4.2.7.	Cántabro por vía seca con material de canto rodado y C.A. 60/70	115
4.2.8.	Cántabro por vía seca con material de canto rodado y C.A. 60/70	116
4.2.9.	Comparación del cántabro con todos los tipos de filler y sus porcentajes.....	118
4.2.10.	Análisis estadístico por el método descriptivo	123
4.3.	VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	126
4.4.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	128
4.5.	ESPECIFICACIONES DEL USO DE CADA TIPO DE FILLER.....	130
4.5.1.	Por propiedades en la mezcla asfáltica.....	131

CÁPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. CONCLUSIONES	132
5.2. RECOMENDACIONES	134

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1	FIGURAS DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA
ANEXO 2	PLANILLAS DE CÁLCULOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO
ANEXO 3	PRECIOS UNITARIOS PARA DISTINTOS TIPOS DE FILLER
ANEXO 4	DOCUMENTOS DE RESPALDO DE SOLICITUDES

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1.6.1. Conceptualización y operación de las variables independientes	6
Tabla 1.6.2. Conceptualización y operación de las variables dependientes.....	7
Tabla 2.5.1.Requisito de graduación para el material de relleno (filler).....	21
Tabla 2.5.2.Límites de valores nominales de graduación para pavimentos de hormigón asfáltico en caliente.....	22
Tabla 2.6.1.Requisitos específicos para cemento asfáltico clasificado por penetración (norma AASHTO M20)	24
Tabla 2.8.1. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento	28
Tabla 2.8.2.Causas y efectos de una poca durabilidad.....	29
Tabla 2.8.3.Causas y efectos de la permeabilidad	30
Tabla 2.8.4.Causas y efectos de problema en la trabajabilidad	31
Tabla 2.8.5.Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga	33
Tabla 2.8.6. Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento.....	34
Tabla 2.9.1.Criterios del instituto del asfalto para diseño Marshall.....	35
Tabla 2.9.2..Porcentaje Mínimo de VMA.....	36
Tabla 3.1.1. Datos de nivel de confianza 95%.....	41
Tabla 3.1.2. Planilla de muestreo	42
Tabla 3.3.1. Número de ensayos en agregados pétreos.....	46
Tabla 3.3.2. Número de ensayos de cemento asfáltico	47
Tabla 3.7.1. Coordenadas de la ubicación del agregado chancado.....	50
Tabla 3.7.2. Coordenadas de ubicación del agregado de canto rodado	51
Tabla 3.7.3. Coordenadas de ubicación de cemento asfáltico 85/100	52
Tabla 3.7.4. Coordenadas de ubicación del cemento asfáltico 60/70	53
Tabla 3.7.5. Caracterización del agregado grueso	55
Tabla 3.7.6.Caracterización del agregado fino.....	56
Tabla 3.7.7. Caracterización para el material de relleno filler	56
Tabla 3.7.8. Requisitos de graduación para el material de relleno (filler)	56

Tabla 3.7.9. Resumen de granulometría de agregados pétreos utilizada en los diseños	57
Tabla 3.7.10. Resumen del peso específico en el agregado grueso	59
Tabla 3.7.11. Resumen del peso específico en los agregados finos con y sin filler	60
Tabla 3.7.12. Resultado del porcentaje de caras fracturadas	61
Tabla 3.7.13. Grados de ensayo (Definidos por sus rangos de tamaño, en mm)	62
Tabla 3.7.14. Desgaste de los ángeles agregado grueso procesado	62
Tabla 3.7.15. Índice de alargamiento y aplanamiento agregado procesado.....	63
Tabla 3.7.16. Índice de alargamiento y aplanamiento agregado grueso natural	63
Tabla 3.7.17. Peso unitario suelto grava chancada y de canto rodado.....	64
Tabla 3.7.18. Resumen del equivalente de arena en agregados finos con y sin filler.....	65
Tabla 3.7.19. Caracterización del cemento asfáltico.....	66
Tabla 3.7.20. Caracterización del cemento asfáltico Estrutura Brasil Betupen Plus 85/100 (PROBISA).	67
Tabla 3.7.21. Caracterización del cemento asfáltico Petroperú Asfalto Sólido 60/70 Pen Refinería (CONCHÁN).....	68
Tabla 3.7.22. Granulometría filler arcilla.....	69
Tabla 3.7.23. Granulometría filler cemento	70
Tabla 3.7.24. Granulometría filler cal	71
Tabla 3.7.25. Resultados del límite líquido Charaja - Guadalquivir.....	72
Tabla 3.7.26. Resultados de la granulometría por el método Hidrómetro	73
Tabla 3.7.27. Porcentaje de limo y arcilla en la práctica mediante el Hidrómetro	74
Tabla 3.8.1. Dosificación de materiales	75
Tabla 3.8.2. Variaciones del porcentaje de cemento asfáltico para encontrar el óptimo.....	76
Tabla 3.8.3. Elaboración de briquetas para la investigación	76
Tabla 3.8.4. Granulometría mezcla convencional material chancado	80
Tabla 3.9.1. Resultados de la mezcla convencional.....	81
Tabla 3.9.2. Mezcla con adición de cemento utilizando material chancado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional	81

Tabla 3.9.3. Mezcla con adición de arcilla utilizando material chancado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional.....	82
Tabla 3.9.4. Mezcla con adición de cal hidratada utilizando material chancado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional.....	82
Tabla 3.9.5. Mezcla con adición de cemento utilizando material chancado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional.....	83
Tabla 3.9.6. Mezcla con adición de arcilla utilizando material chancado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional.....	83
Tabla 3.9.7. Mezcla con adición de arcilla utilizando material chancado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional.....	84
Tabla 3.9.8. Mezcla con adición de cemento utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional.....	84
Tabla 3.9.9. Mezcla con adición de arcilla utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional.....	85
Tabla 3.9.10. Mezcla con adición de cal utilizando material de canto rodado y C.A. 85/100, tomando como patrón la mezcla convencional	85
Tabla 3.9.11. Mezcla con adición de cemento utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional.....	86
Tabla 3.9.12. Mezcla con adición de arcilla utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional.....	86
Tabla 3.9.13. Mezcla con adición de cal utilizando material de canto rodado y C.A. 60/70, tomando como patrón la mezcla convencional	87
Tabla 4.2.1. Comparación de Cántabro por vía húmeda y vía seca material chancado utilizando el óptimo del C.A 85/100..	118
Tabla 4.2.2. Comparación de Cántabro por vía húmeda y vía seca material chancado utilizando el óptimo del C.A 60 - 70..	119
Tabla 4.2.3. Comparación de Cántabro por vía húmeda y vía seca material de canto rodado utilizando el óptimo del C.A 85 - 100..	120
Tabla 4.2.4. Comparación de Cántabro por vía húmeda y vía seca material de canto rodado utilizando el óptimo del C.A 60/70..	121

Tabla 4.2.5. Estadística descriptiva para el análisis de desgaste mediante	
Cántabro	123
Tabla 4.3.1. Generando hipótesis.....	126
Tabla 4.3.2. Resultados Zc.....	127
Tabla 4.4.1. Análisis de precios unitarios con material chancado para un metro	
cubico de mezcla asfáltica.....	128
Tabla 4.4.2. Análisis de precios unitarios con material de canto rodado para un	
metro cubico de mezcla asfáltica	129

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.3.1. Esquema de interacción Asfalto - Filler	16
Figura 2.3.2. A mayor relación filler/asfalto menor la cantidad de asfalto libre y mayor la resistencia del sistema	16
Figura 2.9.1. Máquina de los ángeles.....	39
Figura 3.7.1. Ubicación del banco de material chancado	50
Figura 3.7.2. Ubicación del agregado de canto rodado.....	51
Figura 3.7.3. Extracción del material de canto rodado	51
Figura 3.7.4. Recolección del cemento asfáltico 85/100	52
Figura 3.7.5. Recolección del cemento asfáltico 60/70	53
Figura 3.7.6. Cemento Portland IP-30	54
Figura 3.7.7. Recolección del filler (arcilla)	54
Figura 3.7.8. Obtención del filler (cal).....	55
Figura 4.3.1. Regla de decisiones.....	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1.6.1. Resumen de ensayos a realizar del agregado y cemento asfáltico	8
Gráfico 3.7.1. Granulometría del filler arcilla.....	69
Gráfico 3.7.2. Granulometría filler cemento	70
Gráfico 3.7.3. Granulometría filler cal.....	71
Gráfico 3.7.4. Curva granulométrica obtenida por el método Hidrómetro	74
Gráfico 3.8.1. Curva granulométrica - mezcla convencional.....	80
Gráfico 4.1.1. Comparación del contenido óptimo de cemento asfáltico	88
Gráfico 4.1.2.Comparación de la densidad	89
Gráfico 4.1.3. Comparación del % de vacíos.....	89
Gráfico 4.1.4. Comparación del % de RBV	90
Gráfico 4.1.5.Comparación del % de VAM.....	91
Gráfico 4.1.6.Comparación de la estabilidad	91
Gráfico 4.1.7. Comparación de la fluencia	92
Gráfico 4.1.8. Comparación del contenido óptimo de cemento asfáltico	92
Gráfico 4.1.9.Comparación de la densidad	93
Gráfico 4.1.10.Comparación del % de vacíos.....	94
Gráfico 4.1.11.Comparación del % de RBV	94
Gráfico 4.1.12.Comparación del % de VAM.....	95
Gráfico 4.1.13.Comparación de la estabilidad	95
Gráfico 4.1.14.Comparación de la fluencia	96
Gráfico 4.1.15.Comparación del contenido óptimo del cemento asfáltico	97
Gráfico 4.1.16.Comparación de la densidad	97
Gráfico 4.1.17.Comparación del % de vacíos.....	98
Gráfico 4.1.18. Comparación del % de RBV	99
Gráfico 4.1.19.Comparación del % de VAM.....	99
Gráfico 4.1.20.Comparación de la estabilidad	100
Gráfico 4.1.21.Comparación de la fluencia	100
Gráfico 4.1.22.Comparación del contenido óptimo del asfalto	101
Gráfico 4.1.23.Comparación de la densidad	102

Gráfico 4.1.24.Comparación del % de vacíos.....	102
Gráfico 4.1.25.Comparación del % de RBV.....	103
Gráfico 4.1.26.Comparación del % de VAM.....	104
Gráfico 4.1.27.Comparación de la estabilidad.....	104
Gráfico 4.1.28.Comparación de la fluencia	105
Gráfico 4.2.1. Cántabro vía seca al 3% con material chancado y C.A. 85/100	106
Gráfico 4.2.2. Cántabro al 5% vía seca con material chancado y C.A. 85/100	106
Gráfico 4.2.3. Cántabro al 7% seca con material chancado y C.A. 85/100	107
Gráfico 4.2.4. Cántabro al 3% húmeda con material chancado y C.A. 85/100	107
Gráfico 4.2.5. Cántabro al 5% húmeda con material chancado y C.A. 85/100	108
Gráfico 4.2.6. Cántabro al 7% húmeda con material chancado y C.A. 85/100	108
Gráfico 4.2.7. Cántabro al 3% seca con material chancado y C.A. 60/70	109
Gráfico 4.2.8. Cántabro al 5% seca con material chancado y C.A. 60/70	109
Gráfico 4.2.9. Cántabro al 7% seca con material chancado y C.A. 60/70	110
Gráfico 4.2.10. Cántabro al 3% húmeda con material chancado y C.A. 60/70	110
Gráfico 4.2.11. Cántabro al 5% húmeda con material chancado y C.A. 60/70	111
Gráfico 4.2.12. Cántabro al 7% húmeda con material chancado y C.A. 60/70	111
Gráfico 4.2.13. Cántabro al 3% seca con material de canto rodado y C.A. 85/100	112
Gráfico 4.2.14. Cántabro al 5% seca con material de canto rodado y C.A. 85/100	112
Gráfico 4.2.15. Cántabro al 7% seca con material de canto rodado y C.A. 85/100	113
Gráfico 4.2.16. Cántabro al 3% húmeda con material de canto rodado y C.A. 85/100	113
Gráfico 4.2.17. Cántabro al 5% húmeda con material de canto rodado y C.A. 85/100	114
Gráfico 4.2.18. Cántabro al 7% húmeda con material de canto rodado y C.A. 85/100	114
Gráfico 4.2.19. Cántabro al 3% seca con material de canto rodado y C.A. 60/70	115

Gráfico 4.2.20. Cántabro al 5% seca con material de canto rodado y C.A.	
60/70	115
Gráfico 4.2.21. Cántabro al 7% seca con material de canto rodado y C.A.	
60/70	116
Gráfico 4.2.22. Cántabro al 3% húmeda con material de canto rodado y C.A.	
60/70	116
Gráfico 4.2.23. Cántabro al 5% húmeda con material de canto rodado y C.A.	
60/70	117
Gráfico 4.2.24. Cántabro al 7% húmeda con material de canto rodado y C.A.	
60/70	117
Gráfico 4.2.25. Cántabro por vía húmeda y vía seca de la mezcla con a C.A.	
85/100 material chancado	118
Gráfico 4.2.26. Cántabro por vía húmeda y vía seca de la mezcla con a C.A.	
60 – 70 material chancado	119
Gráfico 4.2.27. Cántabro por vía húmeda y vía seca de la mezcla con a C.A.	
85/100material de canto rodado	120
Gráfico 4.2.28. Cántabro por vía húmeda y vía seca de la mezcla con a C.A.	
60/70 material de canto rodado	121
Gráfico 4.2.29. Distribución de los datos la forma y la variabilidad del cántabro por vía seca	124
Gráfico 4.2.30. Distribución de los datos la forma y la variabilidad del cántabro por vía húmeda	125