

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



**“ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD ENTRE LOS PAVIMENTOS
DE ASFALTO Y HORMIGÓN APLICADOS A NUESTRA
REGIÓN”**

Por:

ALTAMIRANO BRAVO LUISA NATALY

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL

SEMESTRE II - 2019
TARIJA – BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD ENTRE LOS PAVIMENTOS
DE ASFALTO Y HORMIGÓN APLICADOS A NUESTRA
REGIÓN”**

Por:

ALTAMIRANO BRAVO LUISA NATALY

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502

SEMESTRE - II - 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M. Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez Gozalvez

DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

.....
Ing. Ada López Rueda

.....
Ing. Moisés Días Ayarde

DEDICATORIA

A Dios, quien me dio fe, sabiduría, fortaleza y esperanza para poder culminar este trabajo.

A mis padres Marina Bravo e Ivar Altamirano por haber depositado su confianza en mí y tenido la paciencia en los momentos más difíciles de esta etapa de mi vida a mis hermanos José Luis Altamirano y Ivar Matías Altamirano por su apoyo incondicional; a mis tíos y mis primos por ser las personas que depositaron su cariño en mí; a todo el grupo de amigos Marcelo, Oscar, María René, Silvia, Mariela, Vanessa y Fernando mi más sincero afecto y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me dio la fuerza para concluir lo que me parecía imposible, terminar. A mis padres y hermanos que me sostuvieron y apoyaron en todo momento de mi vida.

PENSAMIENTO

La actividad más importante que un ser humano puede lograr es aprender para entender, porque entender es ser libre.

Baruch Spinoza

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria
Agradecimientos
Pensamiento
Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.4.1 Situación problemática.....	3
1.4.2 Problema	4
1.5 HIPÓTESIS.....	4
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES	5
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO.....	6
1.8 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADOS	7
1.9 ALCANCE.....	11

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS

	Pág.
2.1 CARRETERAS.....	13
2.2 PAVIMENTOS.....	14
2.2.1 Pavimentos Flexibles.....	15
2.2.1.1 Capa de fundación o subrasante.....	16
2.2.1.2 Capa sub-base.....	18
2.2.1.3 Capa base.....	20
2.2.1.4 Capa asfáltica.....	21
2.2.1.4.1 Mezcla asfáltica.....	21
2.2.1.4.2 Componentes en las mezclas asfálticas.....	24
2.2.1.4.3 Caracterización del cemento asfáltico.....	25
2.2.1.4.4 Diseño de mezclas por el método Marshall.....	27
2.2.2 Pavimentos Rígidos.....	28
2.2.2.1 La subrasante.....	29
2.2.2.2 La sub-base.....	29
2.2.2.3 Capa de hormigón.....	30
2.2.2.3.1 Componentes de las mezclas de hormigón.....	31
2.2.2.3.2 Características de las mezclas de hormigón.....	33
2.2.2.3.3 Juntas.....	36
2.3 CICLO DE VIDA DE UN PAVIMENTO.....	39
2.3.1 Conservación vial.....	41
2.4 COMPETITIVIDAD.....	44
2.5 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS (ASTM C 42, AASHTO T 24).	45
2.6 ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	46

CAPÍTULO III
RELEVAMIENTO DE DATOS

	Pág.
3.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS EN ANÁLISIS	48
3.1.1 Tramos de pavimento flexible	49
3.1.2 Tramos de pavimento rígido.....	51
3.1.3 Descripción del banco	55
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	56
3.2.1 Aspectos técnicos de los materiales en pavimento flexible	57
3.2.1.1 Caracterización de los agregados de mezcla asfáltica	57
3.2.1.2 Caracterización del cemento asfáltico.....	66
3.2.2 Aspectos técnicos de los materiales en pavimento rígido	72
3.2.2.1 Caracterización de los agregados para mezcla de hormigón	72
3.2.2.2 Caracterización del cemento portland	80
3.3 DATOS DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE LOS PAVIMENTOS.....	83
3.3.1 Obtención de datos de la extracción de núcleos de pavimentos flexibles	83
3.3.2 Obtención de datos de la extracción de núcleos de pavimentos rígidos	85
3.3.3 Disponibilidad de agregado	88
3.3.4 Disponibilidad de cemento	91

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE ASFALTO Y
HORMIGÓN

	Pág.
4.1 DISEÑO DE MEZCLAS	93
4.1.1 Diseño de la mezcla de asfalto	93
4.1.1.1 Propiedades del método Marshall	94
4.1.2 Diseño de la mezcla de concreto	100
4.2 ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD DE LOS PAVIMENTOS	109
4.2.1 Análisis de calidad de los pavimentos flexibles.....	109
4.2.2 Análisis de calidad de los pavimentos rígidos	120
4.3 ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD ECONÓMICA DE PAVIMENTOS.....	136
4.3.1 Costos de los pavimentos	136
4.3.2 Chancadoras para pavimento rígido y flexible.....	139
4.3.3 Costo del cemento	140
4.3.4 Costos de mantenimiento de pavimentos	141

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1 CONCLUSIONES	147
5.2 RECOMENDACIONES	149

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1 Solicitudes de provisión de materiales y prestación de insumos y equipos
de laboratorio

ANEXO 2 Caracterización de los agregados pétreos para mezcla asfáltica

ANEXO 3 Caracterización del cemento asfáltico

ANEXO 4 Contenido óptimo de cemento asfáltico- Método Marshall

ANEXO 5 Caracterización de los agregados pétreos para pavimento rígido

ANEXO 6 Caracterización del cemento portland

ANEXO 7 Dosificación de la mezcla para pavimento rígido

ANEXO 8 Rotura de probetas del pavimento rígido

ANEXO 9 Información complementaria

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1 Variable independiente	5
Tabla 1-2 Variable dependiente	5
Tabla 2-1 Características de subrasante	17
Tabla 2-2 CBR de subrasante.....	17
Tabla 2-3 Banda granulometría para capa sub-base.....	19
Tabla 2-4 Características de capa sub-base.....	19
Tabla 2-5 Bandas granulométricas para capa base.....	20
Tabla 2-6 Características de capa base.....	21
Tabla 2-7 Graduaciones propuestas para mezcla asfáltica.....	24
Tabla 2-8 Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima	26
Tabla 2-9 Ensayos del cemento asfáltico	26
Tabla 2-10 Tipos de consistencia del hormigón.....	34
Tabla 2-11 Módulos de ruptura del hormigón	35
Tabla 3-1 Características del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga	49
Tabla 3-2 Características del tramo de Palos Blancos- Choere	51
Tabla 3-3 Características del tramo Campo Pajoso-Caraparí	52
Tabla 3-4 Características del tramo urbano de Bermejo	53
Tabla 3-5 Características del tramo urbano de Villamontes	55
Tabla 3-6 Granulometría de la grava.....	58
Tabla 3-7 Granulometría de la gravilla	59
Tabla 3-8 Granulometría de la arena.....	60
Tabla 3-9 Resultados del peso específico de la grava	61
Tabla 3-10 Resultados del peso específico de la gravilla.....	62
Tabla 3-11 Resultados del peso específico de la arena	63
Tabla 3-12 Peso específico del agregado fino filler.....	63
Tabla 3-13 Resultado de desgaste de los Ángeles de la grava.....	64

Tabla 3-14 Resultado de degaste de los Ángeles de la gravilla	64
Tabla 3-15 Valores promedio del equivalente de arena	65
Tabla 3-16 Resumen de los ensayos de caracterización de los agregados para mezcla asfáltica	66
Tabla 3-17 Resultado del ensayo de penetración	67
Tabla 3-18 Resultado del ensayo punto de inflamación	68
Tabla 3-19 Resultado del ensayo de ductilidad del asfalto	69
Tabla 3-20 Resultado del ensayo punto de ablandamiento	70
Tabla 3-21 Resultado del ensayo peso específico del cemento asfáltico.....	71
Tabla 3-22 Resumen de los ensayos del cemento asfáltico	72
Tabla 3-23 Granulometría del agregado grueso grava	73
Tabla 3-24 Granulometría del agregado fino arena	74
Tabla 3-25 Resultados del peso específico de la grava	76
Tabla 3-26 Peso específico del agregado fino arena	77
Tabla 3-27 Peso unitario del agregado grueso grava	77
Tabla 3-28 Peso unitario del agregado fino arena.....	78
Tabla 3-29 Resultados de degaste de los Ángeles grava.....	79
Tabla 3-30 Resumen de resultados de los ensayos de caracterización de los agregados para mezcla de concreto	80
Tabla 3-31 Resultados de finura del cemento	81
Tabla 3-32 Resultados del peso específico del cemento portland.....	82
Tabla 3-33 Resumen de resultados de la caracterización del cemento portland.....	82
Tabla 3-34 Obtención de datos de la extracción de testigos del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga	84
Tabla 3-35 Obtención de datos de la extracción de testigos del tramo Palos Blancos-Choere	85
Tabla 3-36 Obtención de datos de la extracción de testigos del tramo urbano de Bermejo	87
Tabla 3-37 Obtención de datos de la extracción de testigos del tramo urbano de Villamontes	87

Tabla 3-38 Obtención de datos de la extracción de testigos del tramo Campo Pajoso- Caraparí.....	87
Tabla 3-39 Chancadoras para pavimento flexible.....	88
Tabla 3-40 Chancadoras de pavimento rígido.....	89
Tabla 3-41 Empresas cementeras de pavimentos rígidos y flexibles.....	91
Tabla 4-1 Porcentaje de la mezcla.....	93
Tabla 4-2 Pesos de los agregados y porcentaje de cemento asfáltico	94
Tabla 4-3 Resultados de estabilidad vs contenido de asfalto	96
Tabla 4-4 Resultados de fluencia vs contenido de asfalto	97
Tabla 4-5 Resultados de densidad vs contenido de asfalto	99
Tabla 4-6 Resultados de vacíos vs contenido de asfalto	100
Tabla 4-7 Resumen de las propiedades Marshall.....	100
Tabla 4-8 Características de los agregados	101
Tabla 4-9 Características del diseño.....	102
Tabla 4-10 Cálculo de la dosificación.....	102
Tabla 4-11 Peso seco de los ingredientes por (m ³) de hormigón.....	103
Tabla 4-12 Peso húmedo de los materiales	103
Tabla 4-13 Peso húmedo de los ingredientes por (m ³) de hormigón	103
Tabla 4-14 Proporciones de mezcla	103
Tabla 4-15 Dosificación de las cuatro probetas	104
Tabla 4-16 Dosificación de las dos vigas.....	104
Tabla 4-17 Asentamientos de las mezclas de concreto	105
Tabla 4-18 Rotura de probetas de concreto.....	106
Tabla 4-19 Rotura de vigas de concreto.....	107
Tabla 4-20 Peso volumétrico de las probetas de hormigón	108
Tabla 4-21 Resumen de las propiedades de concreto	109
Tabla 4-22 Datos de la extracción de núcleos del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga	111
Tabla 4-23 Determinación de la eficiencia del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga....	112
Tabla 4-24 Determinación de la desviación del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga ..	112

Tabla 4-25	Extracción de núcleos del tramo Palos Blancos-Choere	116
Tabla 4-26	Determinación de la eficiencia del tramo Palos Blancos-Choere.....	117
Tabla 4-27	Determinación de la desviación del tramo Palos Blancos-Choere	117
Tabla 4-28	Extracción de núcleos del tramo urbano de Bermejo	121
Tabla 4-29	Determinación de la eficiencia del tramo urbano de Bermejo.....	122
Tabla 4-30	Determinación de la desviación del tramo urbano de Bermejo	122
Tabla 4-31	Extracción de núcleos del tramo urbano de Villamontes	126
Tabla 4-32	Determinación de eficiencia del tramo urbano de Villamontes.....	127
Tabla 4-33	Determinación de la desviación del tramo urbano de Villamontes	127
Tabla 4-34	Extracción de núcleos del tramo Campo Pajoso-Caraparí.....	130
Tabla 4-35	Determinación de la eficiencia del tramo Campo Pajoso-Caraparí.....	131
Tabla 4-36	Determinación de la desviación del tramo Campo Pajoso-Caraparí	132
Tabla 4-37	Valores de T Student y eficiencia de los tramos.....	135
Tabla 4-38	Costo del pavimento del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga.....	136
Tabla 4-39	Costo del pavimento del tramo Palos Blancos-Choere.....	136
Tabla 4-40	Costo del pavimento del tramo urbano de Bermejo	136
Tabla 4-41	Costo del pavimento del tramo urbano de Villamontes.....	136
Tabla 4-42	Costo del pavimento del tramo Campo Pajoso-Caraparí.....	137
Tabla 4-43	Valores del costo por km y eficiencia de los tramos	137
Tabla 4-44	Chancadoras de la región de Tarija.....	139
Tabla 4-45	Precio de los cementos por tonelada.....	140
Tabla 4-46	Costo de mantenimiento y actividades de un pavimento flexible	141
Tabla 4-47	Costo de mantenimiento y actividades de un pavimento rígido	142
Tabla 4-48	Costo de mantenimiento de pavimentos	143
Tabla 4-49	Ventajas y desventajas de los pavimentos flexibles y rígidos	144

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 2-1 Carretera Tarija-Potosí.....	14
Imagen 2-2 Colocación de la mezcla asfáltica en plataforma	22
Imagen 2-3 Máquina de estabilidad y fluencia de Marshall	27
Imagen 2-4 Granulometría de los agregados.....	32
Imagen 2-5 Cono de Abrams	33
Imagen 2-6 Colocación de parche en el tramo Bermejo	42
Imagen 2-7 Extracción de núcleos	45
Imagen 3-1 Tramo Puente Jarcas- Piedra Larga	50
Imagen 3-2 Tramo Palos Blancos –Choere.....	50
Imagen 3-3 Tramo Campo Pajoso – Caraparí.....	52
Imagen 3-4 Calle Belgrano en Bermejo.....	54
Imagen 3-5 Tramo urbano de Villamontes	54
Imagen 3-6 Lugares de acopio de los agregados.....	56
Imagen 3-7 Cuarteo y pesado de la muestra para determinar la curva granulométrica.....	57
Imagen 3-8 Peso específico del agregado grueso.....	61
Imagen 3-9 Determinación del peso específico de la arena	62
Imagen 3-10 Colocación de la muestra en la máquina de los Ángeles	64
Imagen 3-11 Determinación de equivalente de arena	65
Imagen 3-12 Ensayo de penetración del asfalto.....	67
Imagen 3-13 Lectura del punto de inflamación	68
Imagen 3-14 Determinación de la ductilidad del asfalto.....	69
Imagen 3-15 Punto de ablandamiento del asfalto	70

Imagen 4-11 Extracción de núcleos del tramo Palos Blancos-Choere.....	115
Imagen 4-12 Extracción de núcleos del tramo urbano de Bermejo	120
Imagen 4-13 Sellado y tapado de extracción de testigo en Bermejo	120
Imagen 4-14 Extracción de núcleos en el tramo urbano de Villamontes.....	125
Imagen 4-15 Extracción de los testigos de las calles La Paz y Potosí	125
Imagen 4-16 Extracción de núcleos del tramo Campo Pajoso-Caraparí.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1 Flujograma del proceso de aplicación.....	9
Figura 2-1 Distribución de carga en pavimentos de concreto y asfalto	15
Figura 2-2 Sección transversal de un pavimento flexible	16
Figura 2-3 Sección transversal de un pavimento rígido.....	29
Figura 2-4 Elementos de un pavimento rígido.....	30
Figura 2-5 Detalle de junta transversal de contracción.....	36
Figura 2-6 Detalle de junta transversal de construcción	37
Figura 2-7 Detalle de junta de expansión tipo 1	37
Figura 2-8 Detalle de junta de expansión tipo 2	38
Figura 2-9 Detalle de junta longitudinal de construcción	39
Figura 2-10 Condición de la vía sin mantenimiento	41
Figura 2-11 Intervalos de confianza.....	47
Figura 3-1 Ubicación de los tramos en Tarija.....	48
Figura 3-2 Curva granulométrica de la grava	58
Figura 3-3 Curva granulométrica de la gravilla.....	59
Figura 3-4 Curva granulométrica de la arena.....	60
Figura 3-5 Curva granulométrica del agregado grueso grava.....	73
Figura 3-6 Curva granulométrica del agregado fino arena	75
Figura 3-7 Ubicación de chancadoras en Tarija.....	90
Figura 3-8 Industrias cementeras en Bolivia.....	92
Figura 4-1 Curva de estabilidad vs contenido de asfalto	95
Figura 4-2 Curva de fluencia vs contenido de asfalto.....	97
Figura 4-3 Curva de densidad vs contenido de asfalto	98
Figura 4-4 Porcentaje de vacíos vs contenido de asfalto	99
Figura 4-5 Valores de estabilidad del tramo Puente Jarcas-Piedra Larga.....	111
Figura 4-6 Intervalo de confianza para el tramo Puente Jarcas-Piedra Larga	114

Figura 4-7 Valores de extracción de núcleos del tramo Palos Blancos-Choere	116
Figura 4-8 Intervalo de confianza del tramo Palos Blancos-Choere	119
Figura 4-9 Resistencia de los núcleos extraídos del tramo urbano de Bermejo	121
Figura 4-10 Intervalo de confianza del tramo urbano de Bermejo	124
Figura 4-11 Resistencia de los núcleos extraídos del tramo urbano de Villamontes	126
Figura 4-12 Intervalo de confianza del tramo urbano de Villamontes	129
Figura 4-13 Resistencia de los núcleos extraídos de Campo Pajoso-Caraparí	131
Figura 4-14 Intervalo de confianza tramo Campo Pajoso-Caraparí	134
Figura 4-15 Costo por kilómetro de los pavimentos.....	137
Figura 4-16 Eficiencia de los pavimentos.....	138
Figura 4-17 Número de chancadoras presentes en la región	139
Figura 4-18 Precio del cemento asfáltico y portland	140
Figura 4-19 Costo mantenimiento anual de pavimentos rígido y flexible.....	143