

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE LA COMUNICACIÓN



**"ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS FIBRAS DE POLIETILENO DE
TEREFTALATO (PET) EN LA RESISTENCIA A LA FLEXO-
TRACCIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA VEHICULOS
LIVIANOS"**

POR:

ORTEGA IQUIZA JUAN PABLO

SEMESTRE I - 2022

TARIJA – BOLIVIA

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

**ANALISIS DEL EFECTO DE LAS FIBRAS DE POLIETILENO DE
TEREFTALATO (PET) EN LA RESISTENCIA A FLEXO-
TRACCIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA VEHICULOS
LIVIANOS**

Por:

ORTEGA IQUIZA JUAN PABLO

Proyecto elaborado en la asignatura de CIV 502, presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2022
TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIAS

A mis padres Víctor Hugo Ortega Molina y Eugenia Carmen Iquiza Ramírez por haberme apoyado incondicionalmente en toda mi formación académica, a mi segunda mama Angelica Ramírez, que sin su apoyo esto no sería posible. A mi abuelo Juan Iquiza (+) que desde el cielo sé que me da fuerzas para salir adelante.

CONTENIDO

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1.Antecedentes	1
1.2.Situación problémica.....	1
1.2.1.Problema.....	2
1.2.2.Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3.Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3.Justificación.....	4
1.4.Objetivos.....	5
1.4.1.Objetivo general.....	5
1.4.2.Objetivos específicos.....	5
1.5.Hipótesis.....	5
1.6.Operacionalización de las variables.....	6
1.6.1.Variable independiente.....	7
1.6.2.Variable dependiente.....	7
1.7.Identificación del tipo de investigación.....	7
1.8.Unidades de estudio y decisión muestral.....	8
1.8.1.Unidad de estudio.....	8
1.8.2.Población.....	8
1.8.3.Muestra.....	9
1.8.4.Selección de las técnicas de muestreo.....	9
1.9.Métodos y técnicas empleadas.....	11
1.9.1.Métodos.....	11

	Página
1.9.2. Técnicas.....	12
1.10. Procesamiento de la información.....	12
1.11. Alcance de la investigación.....	13

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

	Página
2.1. Fundamento teórico.....	15
2.2. Pavimento.....	15
2.1.2. Clasificación del pavimento.....	16
2.3. Pavimentos rígidos.....	16
2.3.1. Clasificación de los pavimentos de concreto.....	17
2.3.2. Capas del pavimento rígido.....	19
2.3.3. Cargas en el pavimento rígido.....	21
2.3.4. Esfuerzos en el pavimento rígido.....	21
2.3.5. Propiedades estructurales.....	25
2.4. El hormigón.....	27
2.4.1. Cemento.....	28
2.4.2. Agregados.....	33
2.4.3. Agua... ..	36
2.5. Fibras.....	37
2.6. Polietileno de tereftalato (PET).....	38
2.6.1. Proceso de elaboración de fibra de polietileno de tereftalato (PET).....	42

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1. Ubicación geográfica.....	46
3.1.1. Ubicación en el contexto nacional.....	46
3.1.2. Ubicación en el contexto departamental.....	46
3.1.3. Ubicación en el contexto regional.	47
3.1.4. Ubicación del banco de materiales.....	47
3.2. Materiales usados.	48
3.2.1. Muestreo de agregados.....	48
3.2.2. Fibras de polietileno de tereftalato (PET).	50
3.2.3. Lavado de material.	51
3.3. Ensayos de Laboratorio.....	52
3.3.1. Ensayo de granulometría.....	52
3.3.2. Ensayo desgaste máquina de los ángeles.	56
3.3.3. Ensayo peso específico en el agregado grueso.....	58
3.3.4. Ensayo peso específico en el agregado fino.....	59
3.3.5. Ensayo peso unitario agregado grueso.	61
3.3.6. Ensayo peso unitario agregado fino.	63
3.3.7. Ensayo contenido de humedad agregado grueso y fino.	65
3.3.8. Ensayo finura del cemento.	67
3.3.9. Ensayo peso específico del cemento.	68
3.4. Dosificación de mezcla de hormigón.	70
3.4.1. Dosificación de hormigones para pavimentos rígidos con cemento ip-30.....	70
3.3.11. Dosificación de hormigones para pavimento rígido con cemento ip-40.....	70

	Página
3.5. Ensayos para determinar la resistencia a flexo-tracción.....	72
3.5.1. Ensayos del asentamiento del cono de abrams.....	72
3.5.2. Ensayos de resistencia a flexión de probetas prismáticas.	79
3.5.2. Ensayos de resistencia a compresión de probetas cilíndricas.....	89

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1. Análisis de los resultados de asentamiento.	91
4.2. Análisis estadístico de la resistencia a la flexo-tracción.	92
4.3. Análisis general de resultados.	95
4.4 Análisis individual de resultados.....	96
4.5. Porcentaje óptimo de fibras de polietileno de tereftalato (PET).	98
4.6. Análisis del efecto de la fibra de PET en la resistencia a flexo tracción.....	101
4.7. Análisis de costos.	103
4.8. Prueba de hipótesis.	106

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones.	109
5.2. Recomendaciones.	110

Bibliografía

Anexos

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración N° 1 Diferencias entre pavimento rígido y flexible.....	17
Ilustración N° 2 Esquema de pavimento de concreto simple con juntas.	18
Ilustración N° 3 Capas de un pavimento rígido	19
Ilustración N° 4 Capas del pavimento rígido y espesores comúnmente usados.	20
Ilustración N° 5 Alabeo de la losa de pavimento rígido	22
Ilustración N° 6 Alabeo causado por cambios de humedad.....	22
Ilustración N° 7 Puntos críticos de localización de las cargas.	23
Ilustración N° 8 Esquema de ensayo ASTM C-78.....	26
Ilustración N° 9 Relación de volumen típica de los materiales del hormigón.....	28
Ilustración N° 10 Bolsa de cemento fancesa Ip-30 líder.....	31
Ilustración N° 11 Bolsa de cemento fancesa Ip-40 Superior	32
Ilustración N° 12 Puntos de reciclaje de envases PET de fábricas de cementos.	41
Ilustración N° 13 Almacenamiento de botellas PET.	42
Ilustración N° 14 Proceso de lavado y secado de las botellas PET.	43
Ilustración N° 15 Proceso de fileteado y obtención de hilo de PET.	43
Ilustración N° 16 Proceso de templado y obtención de fibras de PET.	44
Ilustración N° 17 Forma de fibras.....	45
Ilustración N° 18 Mapa político del Estado Plurinacional de Bolivia	46
Ilustración N° 19 Mapa político del departamento de Tarija.....	47
Ilustración N° 20 Mapa de la provincia Cercado.....	47
Ilustración N° 21 Carretera hacia banco de materiales Charajas.	48
Ilustración N° 22 Planta de acopio de materiales Charajas.....	48
Ilustración N° 23 Extracción de agregado fino.....	49
Ilustración N° 24 Extracción de agregado grueso.....	49
Ilustración N° 25 Ficha técnica de fibras de polietileno de tereftalato (PET)	50
Ilustración N° 26 Proceso de lavado del material.....	51
Ilustración N° 27 Proceso de secado del material.....	51
Ilustración N° 28 Cuarteo y pesado de la grava.....	53

Ilustración N° 29 Proceso de tamizado de la grava.....	53
Ilustración N° 30 Pesado de material fino.....	55
Ilustración N° 31 Proceso de tamizado de material fino.....	55
Ilustración N° 32 Ensayo de desgaste mediante la máquina de los ángeles	57
Ilustración N° 33 Lavado del material para obtener resultados finales.	57
Ilustración N° 34 Preparación del agregado grueso para ensayo de peso específico.....	58
Ilustración N° 35 Proceso de obtención del peso específico	59
Ilustración N° 36 Preparación del agregado fino para ensayo de peso específico.....	60
Ilustración N° 37 Colocado de muestras en el horno para su posterior pesaje	60
Ilustración N° 38 Proceso de pesaje del molde para el ensayo de peso unitario.	62
Ilustración N° 39 Proceso de apisonado para obtención de peso unitario compactado. 62	
Ilustración N° 40 Proceso de obtención del peso unitario suelto.....	64
Ilustración N° 41 Apisonado y pesaje de muestra para peso unitario compactado	64
Ilustración N° 42 Muestra de agregado grueso para ensayo de contenido de humedad 65	
Ilustración N° 43 Muestras de agregado fino para ensayo de contenido de humedad... 66	
Ilustración N° 44 Muestras luego de un día de secado en el horno	66
Ilustración N° 45 Proceso de tamizado y pesaje del cemento.....	67
Ilustración N° 46 Peso retenido y que pasa el tamiz N°200.....	68
Ilustración N° 47 Medición de la temperatura de la gasolina.	69
Ilustración N° 48 Pesado y proceso de obtención del peso específico del cemento.....	69
Ilustración N° 49 Realización del ensayo del cono de Abrams	73
Ilustración N° 50 Medición del asentamiento.....	73
Ilustración N° 51 Medición del asentamiento a hormigón fibroso	76
Ilustración N° 52 Apisonado para ensayo de cono de abrams.....	77
Ilustración N° 53 Medición de asentamiento en hormigón fibroso al 1.4%.....	77
Ilustración N° 54. Vigas prismáticas con hormigón convencional.....	81
Ilustración N° 55 Rotura de viga prismática con hormigón convencional	81
Ilustración N° 56 Pesado y rotura de vigas con fibras al 0.6%.....	83
Ilustración N° 57 Comportamiento de la fibra en la resistencia a flexión	83
Ilustración N° 58 Pesado y posicionamiento de la viga a ser ensayada.....	85

Ilustración N° 59 Rotura de viga con fibra al 1 %	85
Ilustración N° 60 Pesado y acomodado de viga para ensayo a flexión.....	87
Ilustración N° 61 Rotura de viga prismática con fibra al 1.4%	87
Ilustración N° 62 Rotura de vigas con hormigón de alta resistencia.	88
Ilustración N° 63 Rotura de cilindros con hormigón convencional.....	89
Ilustración N° 64 Rotura de muestras cilíndricas con hormigón de alta resistencia.....	90

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Conceptualización y operacionalización de la variable independiente	6
Tabla 2. Conceptualización y operacionalización de la variable dependiente.	6
Tabla 3. Unidad de estudio, muestra y población.	8
Tabla 4. Población y muestra estratificada.....	8
Tabla 5. Tamaño de muestra.....	9
Tabla 6. Población y muestra estratificada.....	10
Tabla 7. Muestra estratificada	11
Tabla 8. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento.....	24
Tabla 9. Resistencias a flexión del hormigón.....	26
Tabla 10 Granulometrías de agregado grueso para pavimentos hormigón.	34
Tabla 11 Granulometría de agregado fino para pavimentos de hormigón.	36
Tabla 12 Límites permisibles máximo del agua.....	37
Tabla 13. Sistema de identificación de envases PET.	39
Tabla 14. Análisis granulométrico de la grava.....	52
Tabla 15. Análisis granulométrico de la arena	54
Tabla 16. Grados de ensayo (definidos por sus rangos de tamaño, en mm).....	56
Tabla 17. Resultados del ensayo (ASTM C 131).....	56
Tabla 18. Resultados finales del ensayo (ASTM C 131)	56
Tabla 19. Peso de muestras para determinación de peso específico	58
Tabla 20. Resultados de ensayo de peso específico	58
Tabla 21. Peso de muestras para determinación de peso específico	59
Tabla 22. Resultados de peso específico para el agregado fino	59
Tabla 23. Proceso de cálculo de peso unitario suelto.....	61
Tabla 24. Proceso de cálculo de peso unitario compactado	61
Tabla 25. Proceso de cálculo para peso unitario suelto agregado fino.....	63
Tabla 26. Cálculo y resultados de peso unitario compactado del agregado fino	63
Tabla 27. Proceso de cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.....	65
Tabla 28. Proceso de cálculo del contenido de humedad del agregado fino.....	65
Tabla 29. Proceso de cálculo para obtención de la finura del cemento.....	67

Tabla 30. Proceso de cálculo y resultados de ensayo de peso específico del cemento. .	68
Tabla 31. Proporciones en peso de materiales para moldes cilíndricos y prismáticos...	70
Tabla 32. Proporciones en peso de materiales para moldes prismáticos y cilíndricos...	71
Tabla 33. Resultados del ensayo del cono de abrams	72
Tabla 34. Resultados de asentamiento para hormigón con 0.6% de fibra.....	74
Tabla 35. Resultados del asentamiento para hormigón 1% de fibra	75
Tabla 36. Resultados del asentamiento para hormigón 1.4% de fibra	76
Tabla 37 Asentamiento de hormigón de alta resistencia para cilindros.	78
Tabla 38. Asentamiento de hormigón de alta resistencia para vigas.....	78
Tabla 39. Resultados de resistencia a flexión en vigas con hormigón convencional.	79
Tabla 40. Resultados de ensayo a flexión en vigas con hormigón fibroso al 0.6%	82
Tabla 41 Resistencia a flexión en vigas con hormigón fibroso al 1%.....	84
Tabla 42 Resistencia a flexión en vigas con hormigón fibroso al 1.4%.....	86
Tabla 43. Resistencia a flexión de vigas con hormigón de alta resistencia.....	88
Tabla 44. Resistencia a compresión a cilindros con hormigón convencional	89
Tabla 45. Resistencia a compresión a cilindros con hormigón de alta resistencia.....	90
Tabla 46. Resultado de asentamientos promedio	91
Tabla 47. Diseño estándar con hormigón convencional.....	93
Tabla 48. Diseño estándar con hormigón reforzado con 0.6 % de fibra.	93
Tabla 49. Diseño estándar con hormigón reforzado con 1 % de fibra.	93
Tabla 50. Diseño estándar con hormigón reforzado con 1.4 % de fibra.	94
Tabla 51. Diseño estándar con hormigón de alta resistencia (IP-40).	94
Tabla 52. Resistencias promedio de vigas reforzadas con fibra.....	99
Tabla 53. Porcentaje óptimo de fibra	99
Tabla 54. Proporciones de materiales óptimos.....	100
Tabla 55. Cantidad de materiales para 1 m ³ de hormigón.....	100
Tabla 56. Cantidad de fibra de polietileno de tereftalato (PET) para 1m ³	100
Tabla 57. Presupuesto general.....	105