

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



**“IDENTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTE CARGAS DE TRÁNSITO
APLICADAS A PAVIMENTOS RÍGIDOS POROSOS CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO”**

Por:

ARCE MARAZ LIZ BET.

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 I 2022
TARIJA - BOLIVIA

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

**“IDENTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTE CARGAS DE TRÁNSITO
APLICADAS A PAVIMENTOS RÍGIDOS POROSOS CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO”**

Por:

ARCE MARAZ LIZ BET.

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 I 2022
TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA:

El presente proyecto se los dedico a mis padres que se esforzaron para poderme sacar adelante y los cuales son los pilares fundamentales de mi vida.

CONTENIDO

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PENSAMIENTO
RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
1.4.1. Formulación del problema.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
1.6. HIPÓTESIS.....	4
1.6.1. Identificación de variables.....	4
1.7. CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	5
1.8. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.9. UNIDAD DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	6
1.9.1. Unidad de estudio.....	6
1.9.2. Población.....	6
1.9.3. Muestra.....	6
1.9.4. Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.10. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	7
1.11. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	8
1.12. ALCANCE.....	9

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL PAVIMENTO RÍGIDO POROSO

	Página
2.1. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.1. Pavimento.....	10
2.1.2. Tipos de pavimentos.....	10
2.1.2.1. Pavimentos flexibles o asfálticos.....	10
2.1.2.2. Pavimentos rígidos o de concreto.....	11
2.1.3. Pavimento rígido poroso.....	12
2.1.3.1. La escorrentía.....	12
2.1.4. Hormigón poroso o concreto permeable.....	14
2.1.4.1. Definición.....	14
2.1.4.2. Aplicaciones de los pavimentos.....	14
2.1.4.3. Países y ciudades que aplicaron hormigón poroso.....	15
2.1.4.4. Ventajas y desventajas.....	19
2.1.4.5. Ventajas convenientes y desafíos del pavimento de hormigón poroso.....	21
2.1.4.6. Componentes del hormigón poroso.....	22
2.1.4.7. Aditivos.....	27
2.1.5. Propiedades.....	28
2.1.5.1. Propiedades en estado fresco.....	28
2.1.5.2. Propiedades en estado endurecido.....	28
2.1.5.3. Propiedades mecánicas.....	28
2.1.6. Sistema de infiltraciones o drenajes.....	29
2.1.6.1. Sistemas de infiltración total.....	29
2.1.7. Ensayos y caracterización de materiales.....	31
2.1.7.1. Contenido total de agua de los áridos por secado (ASTM C 566).....	31
2.1.7.2. Método para determinar la granulometría (ASTM C 136 AASHTO T27).....	32
2.1.7.3. Método para la densidad en áridos gruesos y áridos finos.....	35
2.1.7.4. Métodos para determinar el peso unitario (ASTM C 30 ASTM C 29).....	36
2.1.7.5. Método para el desgaste de los ángeles (ASTM C 131 AASHTO T96).....	36
2.1.8. Dosificación del hormigón convencional.....	37

2.1.8.1. Método de Dosificación ACI 211.....	37
2.1.8.2. Cálculo del contenido de cemento.....	39
2.1.8.3. Estimación del contenido de agregado fino.....	40
2.1.9. Cargas.....	41
2.1.9.1. Cargas de diseño.....	41
2.1.9.2. Cargas de tránsito.....	41
2.2. MARCO NORMATIVO.....	43
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	43
2.4. ANÁLISIS DEL APORTE TEÓRICO.....	43

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	44
3.1.1. Unidad de Estudio o Muestra.....	44
3.1.2. Población y muestra.....	44
3.1.3. Tamaño de muestra.....	45
3.2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	46
3.3. MUESTREO DE MATERIALES.....	46
3.3.1. Muestreo de grava y arena.....	46
3.3.2. Muestreo del cemento.....	47
3.3.3. Muestreo de las fibras de polipropileno.....	47
3.4. CARACTERIZACIÓN AGREGADOS PARA EL HORMIGÓN.....	47
3.4.1. Contenido de humedad de la grava y gravilla.....	47
3.4.2. Granulometría de la grava.....	48
3.4.2.1. Tamaño máximo de la grava.....	50
3.4.2.3. Módulo de finura de la grava.....	50
3.4.3. Peso unitario de la grava.....	50
3.4.3.1. Método de compactado.....	50
3.4.3.2. Método de suelto.....	51
3.4.4. Peso específico y absorción de la grava.....	52
3.4.5. Desgaste de los Ángeles.....	53

3.4.6. Contenido de humedad de la arena.....	54
3.4.7. Granulometría de la arena.....	55
3.4.7.1. Módulo de finura de la arena.....	57
3.4.8. Peso unitario de la arena.....	57
3.4.8.1. Método de compactado.....	57
3.4.8.2. Método de suelto.....	58
3.4.9. Peso específico y absorción de la arena.....	59
3.4.10. Peso específico del cemento.....	60
3.4.11. Finura del cemento.....	61
3.5. DOSIFICACIÓN ACI-211.1.....	62
3.5.1. Dosificación para probetas de hormigón poroso con 0.4% de fibras.....	62
3.5.2. Dosificación para probetas de hormigón poroso con 0.5% de fibras.....	63
3.5.3. Dosificación para probetas de hormigón poroso con 0.6% de fibras.....	64
3.5.4. Dosificación para vigas de hormigón poroso con 0.4% de fibras.....	65
3.5.5. Dosificación para vigas de hormigón poroso con 0.5% de fibras.....	66
3.5.6. Dosificación para vigas de hormigón poroso con 0.6% de fibras.....	67
3.5.7. Fabricación de Moldes.....	67
3.5.8. Mezclado.....	68
3.5.9. Asentamiento de la Mezcla.....	69
3.5.10. Vaciado y Apisonado.....	71
3.5.11. Curado y Almacenamiento.....	72
3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN...	72
3.6.1. Porosidad absoluta de los hormigones.....	72
3.6.2. Resistencia a la compresión.....	73
3.6.3. Resistencia a la Flexión.....	77
3.6.4. Permeabilidad.....	81
3.6.5. Cargas de tránsito.....	83
3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
3.7.1. Análisis de la Influencia del % de vacíos en la trabajabilidad de la mezcla.....	84
3.7.2 Análisis de la porosidad en los hormigones.....	85
3.7.3. Análisis de la resistencia a compresión en los hormigones.....	85

3.7.4. Análisis de la resistencia a la flexión en los hormigones.....	88
3.7.5. Análisis de la Permeabilidad.....	90
3.7.6. Análisis de Cargas.....	91

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	93
4.1.1. Resultados de la resistencia compresión para diferentes % de fibras.....	93
4.1.2. Resultados de la resistencia flexión para diferentes % de fibras.....	94
4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	94
4.2.1. Estadística para la resistencia de compresión.....	94
4.2.1.1. Resultados de la resistencia compresión para 0.4% de fibras.....	94
4.2.1.2. Resultados de la resistencia compresión para 0.5% de fibras.....	97
4.2.1.3. Resultados de la resistencia compresión para 0.6% de fibras.....	99
4.2.2. Estadística para la resistencia de flexión.....	101
4.2.2.1. Resultados de la resistencia flexión para 0.4% de fibras.....	101
4.2.2.2. Resultados de la resistencia flexión para 0.5% de fibras.....	103
4.2.2.3. Resultados de la resistencia flexión para 0.6% de fibras.....	105
4.3. Prueba de hipótesis.....	108
4.3.1. Determinación de la prueba hipótesis en la resistencia de compresión.....	108
4.3.2. Determinación de la prueba hipótesis en la resistencia de flexión.....	109
4.4. ANÁLISIS DE COSTO.....	110
4.4.1. Precios unitarios.....	110
4.4.2. Costo referencial para un tramo de capa de rodadura de una carretera.....	113

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. CONCLUSIONES.....	114
5.2. RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.	

ANEXOS

ANEXO 1. Memoria fotográfica de los ensayos de los materiales.

ANEXO 2 Ensayos de laboratorios.

ANEXO 3 Ficha técnica del cemento Fancesa.

ANEXO 4 Ficha técnica de la fibra de polipropileno.

ANEXO 5 Ley N° 441.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Conceptualización y operacionalización de las variables.....	5
Tabla 1.2. Porcentaje de fibras de polipropileno que se consideró.....	7
Tabla 2.1. Propiedades típicas del concreto poroso.....	29
Tabla 2.2. Usos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas.....	33
Tabla 2.3. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado fino.....	34
Tabla 2.4. Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino.....	34
Tabla 2.5. Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso.....	36
Tabla 2.6. Selección de la resistencia del hormigón fck y fcm.....	37
Tabla 2.7. Selección del asentamiento.....	37
Tabla 2.8. Selección del tamaño máximo del agregado.....	38
Tabla 2.9. Selección del tamaño máximo del agregado.....	38
Tabla 2.10. Resistencia en función a la razón agua/cemento.....	39
Tabla 2.11. Volumen del agregado seco y compactado.....	40
Tabla 2.12: Peso seco y volumen absoluto.....	40
Tabla 2.13. Peso bruto máximo por eje.....	42
Tabla 3.1. Nivel de confianza.....	45
Tabla 3.2. Muestras de ensayos.....	45
Tabla 3.3. Tabla de peso de la muestra.....	47
Tabla 3.4. Contenido de humedad.....	47
Tabla 3.5. Granulometría de la grava.....	49
Tabla 3.6. Peso unitario de la grava (compactado).....	51
Tabla 3.7. Peso unitario de la grava.....	52
Tabla 3.8. Peso específico de la grava.....	52
Tabla 3.9. Método de desgaste en función a la granulometría de la grava.....	53
Tabla 3.10. Planilla de resultado del desgaste.....	54
Tabla 3.11. Tabla de peso de la arena.....	54
Tabla 3.12. Contenido de humedad.....	55
Tabla 3.13. Granulometría de la arena.....	56
Tabla 3.14. Peso unitario de la arena (compactado).....	57
Tabla 3.15. Peso unitario de la grava (suelto).....	58

Tabla 3.16. Peso Específico de la arena.....	59
Tabla 3.17. Peso Específico de la cemento.....	60
Tabla 3.18. Finura del cemento.....	61
Tabla 3.19. Dosificación para hormigón poroso seco.....	62
Tabla 3.20. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 15 probetas.....	62
Tabla 3.21. Proporciones de mezcla hormigón.....	62
Tabla 3.22. Dosificación para hormigón poroso seco.....	63
Tabla 3.23. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 15 probetas.....	63
Tabla 3.24. Proporciones de mezcla hormigón.....	63
Tabla 3.25. Dosificación para hormigón poroso seco.....	64
Tabla 3.26. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 15 probetas.....	64
Tabla 3.27. Proporciones de mezcla hormigón.....	64
Tabla 3.28. Dosificación para hormigón poroso seco.....	65
Tabla 3.29. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 20 probetas.....	65
Tabla 3.30. Proporciones de mezcla hormigón.....	65
Tabla 3.31. Dosificación para hormigón poroso seco.....	66
Tabla 3.32. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 15 probetas.....	66
Tabla 3.33. Proporciones de mezcla hormigón.....	66
Tabla 3.34. Dosificación para hormigón poroso seco.....	67
Tabla 3.35. Dosificación para hormigón poroso húmedo para 15 probetas.....	67
Tabla 3.36. Proporciones de mezcla hormigón.....	67
Tabla 3.37. Asentamiento mediante el cono de Abram.....	69
Tabla 3.38. Asentamiento mediante el cono de Abram.....	70
Tabla 3.39. Asentamiento mediante el cono de Abram.....	70
Tabla 3.40. Asentamiento mediante el cono de Abram.....	70
Tabla 3.41. Resultados de ensayo de porosidad con una relación a/c 0.27.....	73
Tabla 3.42. Resistencia a compresión para hormigón poroso de 0.4 % de fibra.....	75
Tabla 3.43. Resistencia a compresión para hormigón poroso de 0.5 % de fibra.....	76
Tabla 3.44. Resistencia a compresión para hormigón poroso de 0.6 % de fibra.....	77
Tabla 3.45. Resistencia a flexión para hormigón poroso de 0.4 % de fibra.....	79
Tabla 3.46. Resistencia a flexión para hormigón poroso de 0.5 % de fibra.....	80
Tabla 3.47. Resistencia a flexión para hormigón poroso de 0.6 % de fibra.....	81

Tabla 3.48. Permeabilidad del hormigón poroso con 0.4 % de fibra.....	82
Tabla 3.49. Permeabilidad del hormigón poroso con 0.5 % de fibra.....	82
Tabla 3.50. Permeabilidad del hormigón poroso con 0.6 % de fibra.....	83
Tabla 3.51. Cargas de tránsito.....	83
Tabla 3.52. Asentamiento y trabajabilidad.....	84
Tabla 3.53. Resultados de la prueba de asentamiento y trabajabilidad.....	84
Tabla 3.54. Porosidad de la dosificación.....	85
Tabla 3.55. Resistencia a la Compresión De cada Hormigón a los 28 días.....	86
Tabla 3.56. Evolución de las resistencias a la compresión de cada hormigón.....	87
Tabla 3.57. Resistencia a la flexión de cada hormigón a los 28 días.....	88
Tabla 3.58. Evolución de las resistencias a la flexión de cada hormigón.....	89
Tabla 3.59. Correlación entre la resistencia a la flexión y la compresión.....	90
Tabla 3.60. Permeabilidad de los diferentes hormigones.....	90
Tabla 3.61. Análisis de cargas con relación de resistencia.....	91
Tabla 4.1. Resultados de la resistencia a compresión.....	93
Tabla 4.2. Resultados de la resistencia a flexión.....	94
Tabla 4.3. Tabla de Frecuencias para 0.4 %.....	95
Tabla 4.4. Tabla de Frecuencias para 0.5 %.....	97
Tabla 4.5. Tabla de frecuencias para 0.6 %.....	100
Tabla 4.6. Tabla de Frecuencias para 0.4 %.....	102
Tabla 4.7. Tabla de Frecuencias para 0.5 %.....	104
Tabla 4.8. Tabla de Frecuencias para 0.6 %.....	106
Tabla 4.9. Tabla costo referencial.....	113
Tabla 5.1. Análisis de cargas con relación de resistencia.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Sección transversal.....	11
Figura 2.2. Sección Transversal.....	12
Figura 2.3. Sección transversa.....	12
Figura 2.4. Inundación en la ciudad de Tarija.....	13
Figura 2.5. Influencia de la urbanización en el drenaje natural.....	13
Figura 2.6. a) asfalto normal y poroso, b) concreto poroso.....	14
Figura 2.7. Aplicaciones del hormigón poroso.....	15
Figura 2.8. Hormigón poroso decorativo para los juegos olímpicos, Beijing (China).....	16
Figura 2.9. Aplicación de hormigón poroso en alamedas peatonales, en Panamá.....	16
Figura 2.10. Parqueadero del estadio de Finley.....	17
Figura 2.11. Andenes en el zoológico de Oregón, Portland, OR, Estados Unidos.....	17
Figura 2.12. Parqueadero del casino Quil Ceda Creek, Estado de Washington.....	18
Figura 2.13. Hormigón poroso arquitectónico en la plaza central de Soyaló, Chiapas.....	18
Figura 2.14. Instituto de vivienda del estado de Aguascalientes.....	19
Figura 2.15. Avenida Moctezuma, en Guadalajara.....	19
Figura 2.16. Componentes del hormigón.....	22
Figura 2.17. Cemento Fancesa IP-40.....	23
Figura 2.18. Agregados.....	26
Figura 2.19. Fibras de polipropileno.....	27
Figura 2.21. Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial.....	30
Figura 2.22. Estructura del pavimento permeable de infiltración total.....	30
Figura 2.23. Condiciones de humedad de los agregados.....	31
Figura 3.1. Ubicación de la chancadora.....	46
Figura 3.2. Extracción de muestra de la chancadora.....	46
Figura 3.3. Juego de tamices.....	48
Figura 3.4. Curva granulométrica.....	49
Figura 3.5. Ensayo de peso unitario compactado.....	50
Figura 3.6. Ensayo de peso unitario suelto.....	51
Figura 3.7. Equipo para peso específico grava.....	52
Figura 3.8. Máquina del desgaste los Ángeles.....	53

Figura 3.9. Granulometría agregado fino.....	55
Figura 3.10. Curva granulométrica del agregado fino.....	56
Figura 3.11. Peso unitario de la Arena compactado.....	57
Figura 3.12. Ensayo de peso unitario suelto.....	58
Figura 3.13. Matraz graduado para peso específico aparente de la arena.....	59
Figura 3.14. Cemento Fancesa IP-40.....	60
Figura 3.15. Juego de tamices para determinar la finura del cemento.....	61
Figura 3.16. Moldes para ensayos a compresión, flexión y permeabilidad.....	68
Figura 3.17. Mezcladora de hormigón.....	68
Figura 3.18. Asentamiento mediante el cono de Abram.....	71
Figura 3.19. Varillado y compactación manual de la mezcla de hormigón.....	71
Figura 3.20. Curado de los especímenes.....	72
Figura 3.21. Porosidad de los hormigones.....	73
Figura 3.22. Rotura de testigos de hormigón a compresión.....	74
Figura 3.23. La viga en el equipo de flexión.....	78
Figura 3.24. Ensayo de permeabilidad.....	82
Figura 3.25. Gráfica de asentamiento vs tipo de hormigón.....	85
Figura 3.26. Gráfica de resistencia a la compresión de cada hormigón a los 28 días.....	86
Figura 3.27. Gráfica de evolución de las resistencias a la compresión.....	87
Figura 3.28. Gráfica de la resistencia a la flexión de cada hormigón a los 28 días.....	88
Figura 3.29. Gráfica de evolución de las resistencias a la flexión.....	89
Figura 3.30. Correlación entre la resistencia a la flexión y la compresión.....	90
Figura 3.31. Permeabilidad de los diferentes hormigones.....	91
Figura 3.32. Gráfica de análisis de cargas con relación de resistencia.....	92
Figura 4.1. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.4%.....	96
Figura 4.2. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.5%.....	98
Figura 4.3. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.5%.....	100
Figura 4.4. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.4%.....	102
Figura 4.5. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.5%.....	104
Figura 4.6. Gráfica de histograma y curvas de frecuencias para el 0.6%.....	107
Figura 4.7. Curva t-Student.....	108
Figura 4.8. Curva t-Student.....	109