

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CONCRETO RECICLADO EN
LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES PARA PAVIMENTOS
ARTICULADOS DE USO PEATONAL”**

Por:

MARIA ELENA BELLIDO ZELADA

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 Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2025

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CONCRETO RECICLADO EN
LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES PARA PAVIMENTOS
ARTICULADOS DE USO PEATONAL”**

Por:

MARIA ELENA BELLIDO ZELADA

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 Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE I - 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Para mis familiares por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y también a largo de mi vida y a su vez a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Situación problemática.....	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.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1. Variable Independiente	5
1.6.2. Variable Dependiente.....	5
1.7. Identificación del tipo de investigación	6
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.8.1. Unidad de estudio	6
1.8.2. Población.....	6
1.8.3. Muestra.....	6
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo	7
1.9. Métodos y técnicas de muestreo	7
1.9.1. Métodos.....	7
1.9.1.1. Experimental	7
1.9.2. Técnicas	7
1.9.2.1. Recolección de datos	7
1.9.2.2. Ensayos	8
1.9.2.3. Procesamiento de la Información	8

1.9.2.4.Tabulación.....	8
1.9.2.5.Análisis de resultados	8
1.10. Procesamiento de la información	8
1.11. Aporte académico	9
1.12. Alcance de la investigación.....	10

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DEL PAVIMENTO ARTICULADO

2.1. Antecedentes de la pavimentación.....	11
2.2. Pavimentos Articulado.....	12
2.3. Referencia histórica de los adoquines.....	12
2.4. La subestructura: base, subbase y explanada	13
2.5. Adoquín.....	14
2.6. Aplicación de los pavimentos de adoquines	16
2.7. Tipos de adoquines	16
2.8. Propiedades mecánicas	17
2.8.1. Resistencia a la compresión	17
2.9. Propiedades físicas.....	18
2.9.1. Dimensiones	18
2.9.2. Absorción	18
2.10. Requisitos complementarios del adoquín según NTP 339.611.....	19
2.11. Composición del adoquín de concreto.....	20
2.11.1 Cemento	20
2.11.2 Clasificación de cementos Portland.....	20
2.11.3 Agua para el concreto	21
2.11.4 Agregado fino	21
2.11.5 Agregado grueso	23
2.12. Diseño de la mezcla	24
2.12.1 Método de diseño de mezcla	24
2.13. Concreto reciclado	25
2.14. Proceso constructivo	29

2.15. Adoquines de hormigón	29
2.15.1 Partes del adoquín.....	29
2.15.2 Pavimento de adoquín de concreto	30

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Ubicación geográfica	32
3.1.1. Ubicación en el ámbito nacional	32
3.1.2. Ubicación en el ámbito departamental.....	32
3.1.3. Ubicación en el ámbito regional	33
3.1.4. Ubicación del banco de materiales	34
3.2. Materiales usados	34
3.2.1. Muestreo de agregados	34
3.2.2. Lavado de material	35
3.2.3. Concreto Reciclado	36
3.3. Ensayos de Laboratorio	37
3.3.1. Ensayo de granulometría agregado grueso, fino y reciclado	37
3.3.1.1. Granulometría agregado grueso	37
3.3.1.2 Granulometría agregado fino	38
3.3.1.3. Granulometría del Concreto Reciclado	40
3.3.2. Ensayo peso específico	41
3.3.2.1. Peso específico del agregado grueso	41
3.3.2.2. Peso específico del agregado fino	42
3.3.2.3. Peso específico del concreto reciclado	43
3.3.3. Ensayo peso unitario del agregado	43
3.3.3.1 Peso unitario agregado grueso	43
3.3.3.2 Peso unitario agregado fino	44
3.3.3.3 Peso unitario del concreto reciclado.....	45
3.3.4. Ensayo contenido de humedad.....	46
3.3.4.1 Contenido de humedad agregado grueso	46
3.4. Dosificación de la mezcla del hormigón	47

3.4.1. Dosificación de hormigón método ACI.....	47
3.5. Ensayos con porcentajes de concreto reciclado	48
3.5.1. Ensayo del asentamiento del cono de Abrams.....	48
3.5.2. Ensayos de resistencia a compresión de probetas cilíndricas y moldes	52
3.5.3. Ensayos de resistencia a compresión de probetas cilíndricas y moldes	62

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resistencias según tiempo de rotura	65
4.2. Análisis de resultados de resistencias proyectadas a 28 días.....	67
4.3. Análisis de los resultados de asentamiento.....	68
4.4. Análisis de los resultados de absorción	72
4.5. Análisis del comportamiento de la resistencia según tipo de adoquín	76
4.6. Especificaciones técnicas para la elaboración de adoquines de hormigón.....	77
4.6.1. Objetivo	77
4.6.2. Materiales utilizados.....	77
4.6.3. Equipos y herramientas	78
4.6.4. Dimensiones de los moldes de Polietileno	78
4.6.5. Procedimiento de elaboración	79
4.6.5.1. Preparación de materiales	79
4.6.5.2. Dosificación y mezclado.....	79
4.6.5.3. Moldeo y compactación.....	79
4.6.5.4. Curado.....	79
4.6.6. Ensayos realizados	79
4.6.6.1. Ensayos a los materiales	79
4.6.6.2. Ensayos a los adoquines	80
4.6.7. Resultados técnicos relevantes.....	80
4.6.8. Resultados finales.....	80
4.6.9. Información sobre moldes de Polietileno	81
4.7. Análisis económico de precios unitarios	81

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	89
5.2. Recomendaciones	91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo A. Caracterización de los Agregados

Anexo B. Planillas de Dosificación Método ACI

Anexo C. Planillas de Rotura de probetas

Anexo D. Respaldos Fotográficos

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Conceptualización y operacionalización de la variable independiente	5
Tabla 1.2. Conceptualización y operación de la variable dependiente	5
Tabla 1.3. Tamaño de muestra para ensayos en laboratorio	6
Tabla 2.1. Resistencia a la compresión de adoquines	17
Tabla 2.2. Rango granulométrico de hormigón reciclado	23
Tabla 3.1. Análisis granulométrico del agregado grueso	37
Tabla 3.2. Granulometría del agregado fino	38
Tabla 3.3. Análisis granulométrico del concreto reciclado	40
Tabla 3.4. Datos y resultados del peso específico del agregado grueso	41
Tabla 3.5. Datos y resultados del peso específico del agregado fino	42
Tabla 3.6. Cálculo del peso unitario suelto	43
Tabla 3.7. Cálculo del peso unitario suelto de agregado fino	44
Tabla 3.8. Cálculo del peso unitario compactado de agregado fino	44
Tabla 3.9. Cálculo del peso unitario compactado de agregado fino	45
Tabla 3.10. Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso	45
Tabla 3.11. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino	46
Tabla 3.12. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino	46
Tabla 3.13. Proporciones de mezcla para dosificación	46
Tabla 3.15. Dimensiones de los moldes a utilizar	47
Tabla 3.16. Resultados del asentamiento del hormigón patrón	48
Tabla 3.17. Resultados de asentamiento del hormigón sustituyendo 15% de reciclados	49
Tabla 3.18. Resultados de asentamiento del hormigón sustituyendo 25% de reciclados	50
Tabla 3.19. Resultados de asentamiento del hormigón sustituyendo 35% de reciclados	51
Tabla 3.20. Resistencia a compresión en los moldes cilíndricos (Patrón)	52
Tabla 3.21. Resistencia a compresión en los moldes con forma (Patrón).....	52
Tabla 3.22. Resistencia a compresión en los moldes cilíndricos (15%).....	53
Tabla 3.23. Resistencia a compresión en los moldes con forma (15%)	54

Tabla 3.24. Resistencia a compresión en los moldes cilíndricos (25%)	54
Tabla 3.25. Resistencia a compresión en los moldes con forma (25%)	54
Tabla 3.26. Resistencia a compresión en los moldes cilíndricos (35%)	55
Tabla 3.27. Resistencia a compresión en los moldes con forma (35%)	55
Tabla 3.28. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (0%)	56
Tabla 3.29. Resistencia a compresión en los moldes con formas (0%)	56
Tabla 3.30. Resistencia a compresión en los moldes cilíndricos (15%)	57
Tabla 3.31. Resistencia a compresión en los moldes con formas (15%)	57
Tabla 3.32. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (25%)	58
Tabla 3.33. Resistencia a compresión en los moldes con forma (25%)	58
Tabla 3.34. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (35%)	59
Tabla 3.35. Resistencia a compresión en los moldes con forma (35%)	59
Tabla 3.36. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (0 %)	60
Tabla 3.37. Resistencia a compresión en los moldes con forma (0 %)	60
Tabla 3.38. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (15 %)	60
Tabla 3.39. Resistencia a compresión en los moldes con forma (15 %)	61
Tabla 3.40. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (25 %)	61
Tabla 3.41. Resistencia a compresión en los moldes con forma (25 %)	61
Tabla 3.42. Resistencia a compresión en las probetas cilíndricas (35 %)	62
Tabla 3.43. Resistencia a compresión en los moldes con forma (25 %)	62
Tabla 3.44. Absorción en las probetas cilíndricas (Patrón)	62
Tabla 3.45. Absorción en moldes con formas (Patrón)	63
Tabla 3.46. Absorción en las probetas cilíndricas (15 % H.R.)	63
Tabla 3.47. Absorción en moldes con formas (15 % H.R.)	63
Tabla 3.48. Absorción en las probetas cilíndricas (25 % H.R.)	63
Tabla 3.49. Absorción en moldes con formas (25 % H.R.)	64
Tabla 3.50. Absorción en las probetas cilíndricas (35 % H.R.)	64
Tabla 3.51. Absorción en moldes con formas (35 % H.R.)	64
Tabla 4.1. Resistencia de probetas a los 7, 14 y 28 días	65
Tabla 4.2. Resistencia de Adoquines a los 7, 14 y 28 días	66
Tabla 4.3. Resistencias de probetas proyectadas a 28 días	67

Tabla 4.4. Resistencias de adoquines proyectadas a 28 días	67
Tabla 4.5. Composición de las mezclas	68
Tabla 4.6. Cuadro resumen del asentamiento de la mezcla 7 días	69
Tabla 4.7. Cuadro resumen del asentamiento de la mezcla 14 días	69
Tabla 4.8. Cuadro resumen del asentamiento de la mezcla 28 días	69
Tabla 4.9. Absorción de probetas con 0% de concreto reciclado	72
Tabla 4.10. Absorción de adoquines con 0% de concreto reciclado	72
Tabla 4.11. Absorción de probetas con 15% de concreto reciclado	73
Tabla 4.12. Absorción de adoquines con 15% de concreto reciclado	73
Tabla 4.13. Absorción de probetas con 25% de concreto reciclado	74
Tabla 4.14. Absorción de adoquines con 25% de concreto reciclado	74
Tabla 4.15. Absorción de probetas con 35% de concreto reciclado	75
Tabla 4.16. Absorción de adoquines con 35% de concreto reciclado	75
Tabla 4.17. Absorción de adoquines con 35% de concreto reciclado	76
Tabla 4.18. Dimensiones de los moldes.....	78
Tabla 4.19. Cuadro comparativo de precios unitarios	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 3.1. Curva granulométrica del agregado grueso	37
Gráfico 3.2. Curva granulométrica del concreto grueso	39
Gráfico 3.3. Curva granulométrica del concreto reciclado	40
Gráfico 4.1. Comportamiento de la resistencia de probetas a los 7, 14 y 28 días	65
Gráfico 4.2. Comportamiento de la resistencia de adoquines a los 7, 14 y 28 días	66
Gráfico 4.3. Comportamiento de la resistencia de las probetas y adoquines	68
Gráfico 4.4. Asentamiento promedio 7 días.....	70
Gráfico 4.5. Asentamiento promedio 14 días.....	70
Gráfico 4.6. Asentamiento promedio 28 días.....	71
Gráfico 4.7. Asentamiento promedio final.....	71
Gráfico 4.8. Absorción al 0% de concreto reciclado	73
Gráfico 4.9. Absorción al 15% de concreto reciclado	74
Gráfico 4.10. Absorción al 25% de concreto reciclado	75
Gráfico 4.11. Absorción al 35% de concreto reciclado	76
Gráfico 4.12. Resistencias según tipos de adoquín.....	77
Gráfico 4.13. Variación de precios unitarios.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Pavimento articulado.....	12
Figura 2.2. Estructura del pavimento articulado de adoquines	14
Figura 2.3. Estructura del pavimento articulado de adoquines	15
Figura 2.4. Tipos de aplicación de los pavimentos en adoquines.....	16
Figura 2.5. Concreto reciclado	25
Figura 2.6. Instalación de pisos de adoquín	26
Figura 2.7. Aparejo en formación de hilera	28
Figura 2.8. Aparejo en formación de espina de pescado	28
Figura 2.9. Aparejo en formación diagonal.....	28
Figura 2.10. Aparejo en formación de bloque o parque.....	29
Figura 2.11. Partes de un adoquín tipo	30
Figura 2.12. Sección típica de pavimento en adoquín de concreto	30
Figura 3.1. Ubicación en el ámbito nacional.....	32
Figura 3.2. Ubicación en el ámbito departamental.....	33
Figura 3.3. Ubicación en el ámbito regional	33
Figura 3.4. Ubicación del banco de materiales.....	34
Figura 3.5. Extracción del agregado grueso (izq.) y fino (der.....	35
Figura 3.6. Lavado de agregados.....	35
Figura 3.7. Ubicación de recolección de concreto reciclado.....	36
Figura 3.8. Recojo de escombros afuera de la vivienda	36
Figura 3.9. Agregado grueso listo para empezar el tamizado	38
Figura 3.10. Tamizado de agregado fino	39
Figura 3.11. Tamizado del concreto reciclado triturado	41
Figura 3.12. Ensayo de peso específico del agregado grueso	42
Figura 3.13. Ensayo de peso específico del agregado fino	42
Figura 3.14. Ensayo de peso específico del concreto reciclado	43
Figura 3.15. Ensayo de peso unitario del agregado grueso	44

Figura 3.16. Ensayo de peso unitario del agregado fino	45
Figura 3.17. Ensayo de peso unitario del concreto reciclado	46
Figura 3.18. Dimensiones de los moldes de adoquín	47
Figura 3.19. Ensayo del cono de Abrams	48
Figura 3.20. Introducción de la mezcla al cono.....	49
Figura 3.21. Retiro del cono para medir el asentamiento	50
Figura 3.22. Medición del asentamiento del hormigón	51
Figura 3.23. Rotura de probetas patrón.....	53
Figura 4.1 Dimensiones de los moldes de adoquín	78