UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Planeamiento y gestión de materiales de demolición en obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco

Asesor:

Mag. Ing. Laime Calvo, Edixon

Autor:

Rodriguez Ttupa, Karlo Alonsodeker

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Cusco – Cusco – Perú

2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Cusco, a los 17 días del mes de julio de 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N.º 271-2026-UTEA-FI-EPIC-FC(e) de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Presidente	:	Mg. **OSCCO ORCCOHUARANCCA, John Charlie**
Dictaminante	:	Mgt. **CANAL APAZA, Jaime**
Replicante	:	Mgt. **CUNO ROJAS Eleazar**

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Planeamiento y gestión de materiales de demolición en obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br. RODRIGUEZ TTUPA , Karlo Alonsodeker

Para optar el Tituló Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO(S) ☒ o DESAPROBADO(S) ☐:

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Nota	Detalle (**)
Br. RODRIGUEZ TTUPA Karlo Alonsodeker	11	Aprobado

Siendo las 12:00 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mgt. **OSCCO ORCCOHUARANCCA, John Charlie** (Firma)

Dictaminante: Mgt. **CANAL APAZA, Jaime** (Firma)

Replicante: Mgt. **CUNO ROJAS Eleazar** (Firma)

Nota: Desaprobado: 0-10; **Aprobado:** 11-20

(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

9%	Fuentes de Internet
5%	Publicaciones
10%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Rodriguez Ttupa, Karlo Alonsodeker
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	72694159
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0007-4366-7074
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Mgt. Ing. Laime Calvo, Edixon
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	40482037
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0004-7280-0776
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible.
Rango de años en que se realizó la investigación	:	Marzo 2025 – mayo 2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	12%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, cuyo constante apoyo y fe en mí han sido la base de mi vida. Su cariño y entrega me han impulsado a enfrentar cada obstáculo con determinación. Extiendo también mi gratitud a mis profesores, quienes con su conocimiento y guía despertaron en mí la pasión por continuar en este enriquecedor recorrido en la ingeniería civil.

Rodríguez Ttupa, Karlo Alonsodeker

Agradecimientos

Deseo manifestar mi profundo agradecimiento a mis padres, cuyo afecto y respaldo incondicional han sido esenciales en cada etapa de este recorrido. También expreso mi gratitud a mis profesores, por su entrega y por transmitir sus conocimientos, los cuales han sido una orientación clave a lo largo de mi formación.

Rodríguez Ttupa, Karlo Alonsodeker

Resumen

La presente investigación, analiza y propone un modelo de gestión para la reutilización de materiales de demolición en obras de pavimento rígido en la provincia de Cusco, con el fin de caracterizar la situación actual y formular estrategias orientadas a mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la ejecución de proyectos viales. Los residuos de construcción y demolición (RCD) fueron caracterizados en quince obras de los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y Cusco, aplicando la metodología de muestreo físico-químico conforme a la Norma ASTM C33, EN 12620 y NTP 400.037 y el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

Los resultados evidenciaron que Cusco genera aproximadamente 3,165.90 m^3 de RCD de Clase A, principalmente restos de concreto, ya que estos representan más del 92 % de los residuos en Wánchaq y más del 95 % en Santiago. Se identificó la ausencia de infraestructura especializada para la disposición de RCD en cuatro de los cinco distritos evaluados, y se propuso la ubicación técnica de botaderos especializados con coordenadas UTM verificadas en campo. Asimismo, mediante el método de diseño de mezclas del ACI, se comprobó la viabilidad técnica de reutilizar los RCD de Clase A como agregado reciclado en la elaboración de concreto estructural de f'c = 210 kg/cm^2. Se concluye que la implementación de un Plan de Tratamiento de RCD que contemple caracterización, tratamiento y disposición final, contribuye a mejorar la gestión integral de los residuos, favoreciendo el desarrollo sostenible del sector construcción en Cusco.

Palabras clave: Gestión de materiales de construcción, sostenibilidad, pavimento rígido, impacto ambiental, economía circular.

Abstract

This research analyzes and proposes a management model for the reuse of demolition materials in rigid pavement construction projects in the province of Cusco, with the aim of characterizing the current situation and formulating strategies to improve sustainability and efficiency in the execution of road projects. Construction and demolition waste (CDW) was characterized across fifteen project sites in the districts of San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago, and Cusco, applying a physical-chemical sampling methodology in accordance with ASTM C33, EN 12620, and NTP 400.037 standards, as well as Supreme Decree No. 003-2013-VIVIENDA.

The results showed that Cusco generates approximately 3,165.90 m^3 of Class A construction and demolition waste (CDW)—consisting primarily of concrete debris, which accounts for over 92% of such waste in Wánchaq and more than 95% in Santiago. A lack of specialized infrastructure for CDW disposal was identified in four of the five districts evaluated; consequently, technically suitable locations for specialized disposal sites were proposed, with UTM coordinates verified in the field. Furthermore, using the ACI mix design method, the technical feasibility of reusing Class A CDW as recycled aggregate in the production of structural concrete (with a compressive strength, f'c, of 210 kg/cm^2) was confirmed. It is concluded that the implementation of a CDW treatment plan—encompassing characterization, processing, and final disposal—contributes to improved integrated waste management, thereby fostering the sustainable development of the construction sector in Cusco.

Keywords: Construction materials management, sustainability, rigid pavement, environmental impact, circular ecnomy.

Índice general

Portada i
Acta de sustentación ii
Reporte de similitud iii
Metadatos iv
Dedicatoria v
Agradecimientos vi
Resumen vii
Abstract viii
Índice general ix
Índice de tablas xi
Índice de figuras xviii
Índice de anexos xxiii
I. Introducción 24
II. Planteamiento del problema 26
2.1. Descripción y formulación del Problema. 26
2.2. Objetivos 34
2.2.1. Objetivo general 34
2.2.2. Objetivos específicos 35
2.3. Justificación e importancia 35
2.4. Hipótesis 41
2.5. Variables 42
III. Marco teórico 46
3.1. Antecedentes 46
3.2. Bases teóricas 53
3.3. Definición de términos: 93

IV. Metodología....96

4.1. Tipo y nivel de investigación....96

4.2. Ámbito temporal y espacial....97

4.3. Población y muestra....101

4.4. Instrumentos....104

4.5. Procedimientos....110

4.6. Análisis de datos....115

4.7. Consideraciones éticas....115

V. Resultados y discusión....116

VI. Conclusiones....179

VII. Recomendaciones....185

VIII. Referencias....187

IX. Anexos....194

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables 44

Tabla 2. Cuadro de ubicación de investigación de la tesis.....97

Tabla 3. Tabla de zonificación de elminación de los RCD 100

Tabla 4. Cuadro de recolección de información.....103

Tabla 5. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau comunidad Picol Orcconpucyo” de la jurisdicción del Distrito de San jerónimo.....117

Tabla 6. Identificación y estimación del RCD en la Obra ““Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas” de la jurisdicción del Distrito de San jerónimo.....119

Tabla 7. Identificación y estimación del RCD en la Obra ““Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de san jerónimo. 121

Tabla 8. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastián - Cusco”. 123

Tabla 9. Identificación y estimación del RCD en la Obra ““Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025)” de la jurisdicción del Distrito de San Sebastián. 125

Tabla 10. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión) - Forzada por la Municipalidad distrital de Santiago”. 127

Tabla 11. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas”. 129

Tabla 12. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco”. 131

Tabla 13. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva”. 133

Tabla 14. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco”. 135

Tabla 15. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata”...137

Tabla 16. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco”. 139

Tabla 17. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco”. 141

Tabla 18. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco”. 143

Tabla 19. Identificación y estimación del RCD en la Obra “Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco”.....145

Tabla 20. Resultados de la tasa de estimación Total del RCD por distrito en la Ciudad del Cusco. 147

Tabla 21. Resultados del resumen de tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco. 149

Tabla 22. Incidencia total del RCD en la ciudad del Cusco.....150

Tabla 23. Clasificación del RCD para la gestión sostenible. 151

Tabla 24. 153

Tabla 25. Determinación de la incidencia general a partir de la muestra extraída. 156

Tabla 26. Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de San Jerónimo. 158

Tabla 27. Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de San Sebastián.....159

Tabla 28. Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Wánchaq. 161

Tabla 29. Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Santiago. 162

Tabla 30. Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Cusco. 163

Tabla 31. Tabla de resultados del diseño de Mezclas usando RCD de clase A – Restos de concreto aplicando el método del ACI.....165

Tabla 32. PM – RCD de las Obras/ Actividades por distrito.....197

Tabla 33. Segregación y manejo interno. 198

Tabla 34. Intrumento - tasa de estimación tota de RCD por distrtio basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 199

Tabla 35. Intrumento - Tasa de estimación tota de RCD en la ciudad del Cusco basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 200

Tabla 36. Intrumento - Tasa clasificación del RCD para la gestión sostenible basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 201

Tabla 37. PM – RCD de la Obra de Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau (comunidad Picol Orcconpucyo) del distrito de San Jerónimo.....202

Tabla 38. Segregación y manejo interno de la Obra de Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau (comunidad Picol Orcconpucyo) del distrito de San Jerónimo.....203

Tabla 39. PM – RCD de la Obra Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas del distrito de San Jerónimo.....204

Tabla 40. Segregación y manejo interno de la Obra Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Cana del distrito de San Jerónimo.....205

Tabla 41. PM – RCD de la Obra Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa del distrito de San Jerónimo. 206

Tabla 42. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa del distrito de San Jerónimo. 207

Tabla 43. PM – RCD de la Obra de Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastían. 208

Tabla 44. Segregación y manejo interno de la Obra de Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastían. 209

Tabla 45. PM – RCD de la Obra Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025), distrito de San Sebastían. 210

Tabla 46. Segregación y manejo interno de la Obra Obra Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025), distrito de San Sebastían. 211

Tabla 47. PM – RCD de la Obra Demolición de vivienda de adobre y concreto en alto Qosqo (San Hilarión) - Forzada por la Municipalidad distrital de San Sebastian. 212

Tabla 48. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición de vivienda de adobre y concreto en alto Qosqo (San Hilarión) - Forzada por la Municipalidad distrital de San Sebastian.....213

Tabla 49. PM – RCD de la Obra Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas, distrito de Wanchaq.....214

Tabla 50. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas, distrito de Wanchaq. 215

Tabla 51. PM – RCD de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco. 216

Tabla 52. Segregación y manejo interno de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco. 217

Tabla 53. PM – RCD de la Obra Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva, distrito de Wanchaq, Cusco. 218

Tabla 54. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva, distrito de Wanchaq, Cusco. 219

Tabla 55. PM – RCD de la Obra Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco. 220

Tabla 56. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco. 221

Tabla 57. PM – RCD de la Obra Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata del distrito de Santiago - Cusco. 222

Tabla 58. Segregación y manejo interno de la Obra Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata del distrito de Santiago - Cusco. 223

Tabla 59. PM – RCD de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiango, Cusco. 224

Tabla 60. Segregación y manejo interno de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiango, Cusco. 225

Tabla 61. PM – RCD de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco. 226

Tabla 62. Segregación y manejo interno de la Obra Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco. 227

Tabla 63. PM – RCD de la Obra Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco -Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco. 228

Tabla 64. Segregación y manejo interno de la Obra Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco. 229

Tabla 65. PM – RCD de la Obra Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco. 230

Tabla 66. Segregación y manejo interno de la Obra Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco. 231

Tabla 67. Tasa de estimación tota de RCD por distrtio basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 232

Tabla 68. Tasa de estimación tota de RCD en la ciudad del Cusco basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 233

Tabla 69. Tasa de incidencia tota de RCD en la ciudad del Cusco basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 234

Tabla 70. Tasa clasificación del RCD para la gestión sostenible basado en el decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA. 235

Tabla 71. Gestión del RCD - clase a/concretos producidos en la ciudad del cusco por muestra extraida. 236

Tabla 72. Gestión del RCD - clase a/concretos producidos en la ciudad del cusco por incidencia total. 237

Tabla 73. Gestión de botaderos de RCD clasificación A - concretos - distrito de San Jerónimo. 238

Tabla 74. Gestión de botaderos de RCD clasificación A - concretos - distrito de San Sebastian. 239

Tabla 75. Gestión de botaderos de RCD clasificación A - concretos - distrito de Wanchaq. 240

Tabla 76. Gestión de botaderos de RCD clasificación A - concretos - distrito de Santiago. 241

Tabla 77. Gestión de botaderos de RCD clasificación A - concretos - distrito de Cusco. 242

Tabla 78. Reutilización del RCD CLASE A (Restos de concreto) en diseño de mezcla fc=210kgr/cm2. 243

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la Investigación a nivel departamental 98

Figura 2. Ubicación de la investigación a nivel distrital y provincial 98

Figura 3. Zonificación del área de estudio.....99

Figura 4. Zonificación Catastral de los distrito en estudio.....103

Figura 5. Herramientas manuales 104

Figura 6. Bolsas o contenedores de etiquetados.....105

Figura 7. Horno eléctrico.....105

Figura 8. Cuadrante de muestreo.....106

Figura 9. Tamices para granulometría 107

Figura 10. Agitador eléctrico de tamices normalizados 108

Figura 11. Prensa hidráulica 109

Figura 12. Molino de laboratorio.....109

Figura 13. Esquema de la economía lineal 110

Figura 14. Vista de demolición de obra en el distrito de Wanchaq 111

Figura 15. Vista de demolición de Obra en el distrito de San Sebastian.....111

Figura 16. Vista de la separación de los restos del RCD no valorizados. 113

Figura 17. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau comunidad Picol Orcconpucyo” de la jurisdicción del Distrito de San Jerónimo. 118

Figura 18. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas”. 120

Figura 19. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de san jerónimo”. 122

Figura 20. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastián - Cusco”. 124

Figura 21. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025).”. 126

Figura 22. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión)”.....128

Figura 23. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas”.....130

Figura 24. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco”. 132

Figura 25. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva”. 134

Figura 26. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco”. 136

Figura 27. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata”. 138

Figura 28. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco”. 140

Figura 29. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco”. 142

Figura 30. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco”. 144

Figura 31. Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra “Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco”. 146

Figura 32. Tasa de Incidencia de estimación Total del RCD por distrito en la Ciudad del Cusco”. 148

Figura 33. Tasa de Incidencia de estimación Total de resumen de tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco.....150

Figura 34. Tasa de incidencia de la Clasificación del RCD para la gestión sostenible.....152

Figura 35. Tasa de incidencia de la Gestión del RCD - clase a/concretos producidos en la ciudad del cusco por muestra extraída. 155

Figura 36. Evolución de la gestión del RCD en la Ciudad del Cusco.....157

Figura 37. Identificación de Botaderos informales en el lado de Sacsayhuaman – san martín, distrito de Cusco. 269

Figura 38. Identificación de Botaderos informales en el lado de Sacsayhuaman – san martín, distrito de Cusco. 269

Figura 39. Identificación del RCD de tipo de CLASE A – Restos de concreto. 270

Figura 40. Evaluación de zonas para el Planeamiento de botaderos de RCD.....270

Figura 41. Identificación de generación de RCD en la Obra Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva y demás – Distrito de Wanchaq - Cusco.....271

Figura 42. Clasificación de RCD de tipo CLASE A – Restos de concreto.....271

Figura 43. Clasificación de RCD de tipo CLASE A – Restos de concreto.....272

Figura 44. Caracterización del RCD – CLASE A – Restos de concreto en Laboratorio. 272

Figura 45. Determinación del contenido de humedad del RCD – CLASE A – Restos de concreto.....273

Figura 46. Determinación del contenido de humedad del RCD – CLASE A – Restos de concreto.....273

Figura 47. Secado después de lavado del RCD – Clase A – restos de concreto.....274

Figura 48. Determinación del peso de la muestra del RCD – CLASE A – Restos de concreto. 274

Figura 49. Selección del tipo de RCD de acuerdo a Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.....275

Figura 50. Análisis granulométrico del RCD CLASE A – restos de concreto triturado. 275

Figura 51. Tamizado del RCD CLASE A – restos de concreto triturado. 276

Figura 52. Identificación de los pesos retenidos del análisis granulométrico del RCD.....276

Figura 53. Lavado de RCD – CLASE A – restos de concreto triturado. 277

Figura 54. Triturado del RCD CLASE A – Previa selección.....277

Figura 55. Triturado del RCD CLASE A con comba de goma. 278

Figura 56. Tamizado por la malla N° 40 para límites de consistencia.....278

.**Figura 57.** Vista del RCD CLASE A – Restos de concreto triturado y seleccionado para diseño de mezcla. 279

Figura 58. Análisis del agregado fino del RCD – CLASE A – restos de concreto. 279

Figura 59. Diseño de mezcla de concreto fc=210 kg/cm2 con RCD – CLASE A – Restos de concreto.....280

Figura 60. Muestreo de mezcla de concreto con RCD – CLASE A. 280

Figura 61. Elaboración de testigos de concreto con agregado RCD – CLASE A – para control de calidad de diseño. 281
Figura 62. Solicitud de Información de botaderos formales – informales y Obras en ejecución en el distrito de San jerónimo. 281
Figura 63. Solicitud de Información de botaderos formales – informales y Obras en ejecución en el distrito de Santiago. 282
Figura 64. Solicitud de Información de botaderos formales – informales y Obras en ejecución en el distrito de San jerónimo – segunda etapa. 282
Figura 65. Solicitud de Información de botaderos formales – informales y Obras en ejecución en el distrito de Wanchaq. 283
Figura 66. Solicitud de Información de botaderos formales – informales y Obras en ejecución en el distrito de Cusco. 284

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia.....195

Anexo 2 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos. 197

Anexo 3 Caracterización y cuantificación de RCD de los diferentes distritos de la Provincia del Cusco. 257

Anexo 4 Panel fotográfico 269

Anexo 5 Solicitud de Información de botaderos formales en los distritos de la provincia de Cusco 281

Anexo 6 Manual del plan de tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD .285

I. Introducción

El crecimiento urbano en la ciudad de Cusco ha generado una mayor demanda de pavimentos rígidos, lo que subraya la importancia de una adecuada gestión de los materiales provenientes de demoliciones. Esta gestión no solo ayuda a mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente, sino que también permite un uso más eficiente de los recursos disponibles. En ausencia de una normativa clara, el manejo deficiente de estos residuos ha ocasionado tanto un aumento en los costos de construcción como impactos ambientales adversos. El presente estudio examina las prácticas vigentes y plantea estrategias orientadas a una administración sostenible de los materiales de demolición utilizados en obras de pavimentación rígida en Cusco, promoviendo principios de sostenibilidad ambiental y economía circular.

La expansión urbana en la provincia de Cusco ha impulsado la ejecución de nuevas infraestructuras viales, donde el pavimento rígido se ha consolidado como una de las soluciones más empleadas. No obstante, estas estructuras, a lo largo de su ciclo de vida, deben ser demolidas eventualmente, lo que exige un manejo eficiente de los residuos generados. De acuerdo con (Gómez, 2020), "una gestión adecuada de los materiales de demolición es esencial para reducir el impacto ambiental y optimizar los recursos utilizados en proyectos de infraestructura". Esta afirmación enfatiza la necesidad de incorporar desde las primeras etapas del proyecto un enfoque planificado para la demolición y gestión de residuos.

La carencia de una regulación específica y de prácticas estandarizadas en el tratamiento de estos materiales ha creado serias dificultades en la provincia. (Chara Melendez, 2021), advierte que "una gestión ineficiente de los residuos de demolición no solo compromete el entorno urbano, sino que también eleva los costos de ejecución de las obras" En consecuencia, es fundamental que las entidades responsables de planificar y desarrollar proyectos de pavimento rígido adopten enfoques que promuevan la sostenibilidad y el aprovechamiento responsable de los recursos.

En este marco, la presente investigación se centra en el análisis y planificación del manejo de materiales de demolición en construcciones con pavimento rígido en la provincia de Cusco. El objetivo principal es identificar las prácticas actualmente empleadas, evaluar su efectividad y formular propuestas que mejoren la gestión de estos recursos. Con ello, se aspira a impulsar un desarrollo vial sostenible en la región, alineado con criterios de economía circular y respeto ambiental.

El trabajo está dividido en nueve capítulos: el primero presenta la introducción general; el segundo aborda el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis; el tercero desarrolla el marco teórico; el cuarto describe la metodología empleada; el quinto expone los resultados y discusión; el sexto contiene las conclusiones; el séptimo las recomendaciones; el octavo las referencias bibliográficas; y el noveno los anexos

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del Problema.

A nivel internacional, los residuos de construcción y demolición (RCD) constituyen uno de los principales problemas ambientales asociados al sector construcción. Según la (Commission, 2023), los RCD representan aproximadamente el 35 % del total de residuos generados en la Unión Europea, alcanzando volúmenes superiores a los 850 millones de toneladas por año. Asimismo, la Agencia Europea de Medio Ambiente reporta que más del 80 % de estos residuos pueden ser reciclados o reutilizados mediante adecuados sistemas de gestión, contribuyendo significativamente a la economía circular. Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2022), señala que el sector construcción consume cerca del 40 % de los recursos naturales extraídos a nivel mundial y genera aproximadamente el 37 % de las emisiones globales de carbono relacionadas con la energía, situación que evidencia la necesidad de implementar mecanismos sostenibles para el aprovechamiento de los residuos generados durante las actividades constructivas.

En América Latina, diversos estudios reportan una gestión deficiente de los residuos de construcción y demolición. Es por eso que para (Mejía de-Gutiérrez, Robayo-Salazar, & Valencia-Saavedra, 2023), indican que gran parte de los RCD generados en países latinoamericanos son dispuestos en botaderos informales,

reduciendo significativamente las posibilidades de reciclaje y valorización. De igual manera, López, Pérez, Garnica y Granel (2022) sostienen que los residuos de demolición poseen propiedades físicas y mecánicas adecuadas para ser reutilizados en infraestructura vial, sin embargo, la ausencia de políticas de gestión limita su aprovechamiento. Finalmente, Hernández (2022) demuestra que los materiales reciclados provenientes de residuos de demolición pueden incorporarse exitosamente en mezclas de concreto permeable, contribuyendo a la sostenibilidad de las obras civiles.

En Mexico, (Revista tedivirtual, 2021), en un artículo denominado “Botaderos de residuos de demolición de concreto en Mexico”, menciona que se evidencia botaderos de restos de demolición de concreto en diferentes sectores del DF, esta situación potencia tiraderos ilegales de escombros y residuos de la construcción, incluyendo concretos simples, armados y tabiquerías, produciendo acumulaciones en lugares no autorizados, lo que genera contaminación y deterioro Ambiental.

A nivel nacional, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2023), reportó la existencia de más de 1,500 botaderos informales distribuidos en diversas regiones del país, muchos de ellos conformados por residuos de construcción y demolición. Asimismo, el Ministerio del Ambiente señala que el sector construcción genera miles de toneladas de residuos cada año, de los cuales solo una pequeña proporción recibe tratamiento o valorización adecuada. La Municipalidad Metropolitana de Lima (2022) identificó numerosos puntos críticos de acumulación de escombros y residuos de demolición, evidenciando problemas de contaminación visual, deterioro paisajístico y riesgos para la salud pública. Del mismo modo, Huamani (2023) concluyó que las empresas constructoras presentan

deficiencias significativas en la implementación de planes de gestión de RCD, principalmente debido a la falta de capacitación y control técnico.

En Perú, la (Municipalidad Provincial de Lima, 2022) en un estudio denominado “Identificación de áreas y botaderos” menciona que los botaderos de concreto, o sitios de disposición de residuos sólidos sin control, son un problema importante que genera contaminación Ambiental y riesgos para la salud pública, menciona También que el organismo de evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA) ha identificado más de 1585 botaderos en el país.

La investigadora (Huamani Rojas, 2023), en su investigación denominada “Gestión de residuos de construcción y demolición en la empresa Crisley Consultores y Ejecutores S.A.C. – 2023”, tuvo como objetivo proponer un modelo de gestión de residuos de construcción y demolición basado en el Decreto Supremo N.° 019-2019-VIVIENDA, orientado a mejorar el manejo de los residuos generados durante la ejecución de proyectos constructivos. La metodología empleada correspondió a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental, utilizando instrumentos de observación y análisis documental para evaluar las condiciones actuales de gestión de residuos dentro de la empresa. Los resultados evidenciaron que la gestión de residuos era deficiente debido a la ausencia de procedimientos estandarizados, insuficiente capacitación del personal y limitado cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Finalmente, concluyó que la implementación de un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición permitiría optimizar los procesos de segregación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, contribuyendo a la reducción de impactos ambientales y al fortalecimiento de la cultura ambiental dentro de la organización.

Los tesistas (Falcón & Santos, 2021), de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, desarrollaron la investigación denominada “Diseño de un pavimento rígido permeable con agregados de residuos de construcción y demolición para el drenaje urbano en estacionamientos de la ciudad de Huánuco”, cuyo objetivo fue proponer un diseño de pavimento rígido permeable utilizando agregados provenientes de residuos de construcción y demolición, con la finalidad de mejorar el drenaje urbano y promover el aprovechamiento sostenible de materiales reciclados. La metodología empleada fue de tipo aplicada y experimental, basada en el diseño de mezclas de concreto permeable mediante la incorporación de agregados reciclados y la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio. Los resultados demostraron que la mezcla diseñada alcanzó una relación agua/cemento de 0.28, un porcentaje de vacíos del 15 % y una resistencia al esfuerzo cortante de 82.73 kg/cm², evidenciando un adecuado comportamiento hidráulico y estructural para su aplicación en estacionamientos urbanos. Finalmente, concluyeron que los residuos de construcción y demolición pueden ser utilizados como agregados alternativos en pavimentos permeables, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y al aprovechamiento eficiente de materiales reciclados dentro del sector construcción.

En Cusco, el aumento de proyectos de pavimento rígido ha provocado una acumulación considerable de materiales provenientes de demoliciones. La falta de una gestión adecuada de estos residuos ha traído consigo efectos perjudiciales tanto a nivel ambiental como económico. En la actualidad, la ausencia de una planificación efectiva en el manejo de estos materiales compromete el desarrollo sostenible de futuras iniciativas de infraestructura.

La investigadora (Sánchez Valenzuela, 2023), en su tesis de posgrado denominada “Propuesta de mejora de la gestión de residuos de las actividades de

construcción y demolición para reducir los efectos de impactos negativos en las zonas periféricas de la ciudad del Cusco, 2022", tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de manejo de los residuos de construcción y demolición en la ciudad del Cusco y proponer estrategias de mejora orientadas a reducir los impactos ambientales negativos generados por su disposición inadecuada. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel descriptivo-propositivo, utilizando fichas de observación, inspecciones de campo y análisis documental de la normativa vigente relacionada con la gestión de residuos sólidos. Los resultados permitieron identificar la existencia de diversos depósitos clandestinos de residuos de construcción y demolición en las zonas periféricas de la ciudad, así como deficiencias en los mecanismos de control, fiscalización y disposición final por parte de las entidades competentes. Finalmente, concluyó que la implementación de un sistema integral de gestión de residuos de construcción y demolición, acompañado de programas de fiscalización, sensibilización ciudadana y fortalecimiento institucional, permitiría reducir significativamente los impactos ambientales y mejorar las condiciones de sostenibilidad urbana en la ciudad del Cusco

De igual forma cabe resaltar que la investigadora (Abarca Sanchez, 2022), en su tesis denominada "Gestión de residuos de construcción y demolición en espacios públicos y calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, Cusco – 2022", tuvo como objetivo determinar la relación existente entre la gestión de residuos de construcción y demolición y la calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco. La metodología empleada correspondió a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel correlacional y diseño no experimental, utilizando encuestas aplicadas a 84 viviendas, así como instrumentos de evaluación de la gestión de residuos y calidad ambiental urbana. Los resultados evidenciaron

una relación positiva y significativa entre la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición y la mejora de la calidad ambiental urbana, observándose que los sectores con mejores prácticas de manejo de residuos presentaban menores niveles de contaminación visual y ambiental. Asimismo, se identificó que la caracterización de los residuos constituye una herramienta fundamental para la planificación y ejecución de estrategias de gestión sostenible. Finalmente, concluyó que una adecuada gestión de residuos de construcción y demolición contribuye significativamente a mejorar la calidad ambiental urbana, siendo indispensable implementar procesos de caracterización, segregación y control para optimizar el manejo de estos residuos en el distrito de San Sebastián

El avance de las obras viales en la provincia ha incrementado la necesidad de demoler estructuras existentes, generando grandes volúmenes de residuos de construcción. No obstante, la gestión deficiente de estos desechos ha comenzado a impactar negativamente en el entorno natural y en la economía de la región.

Cuando estos materiales no son tratados de manera responsable, pueden causar contaminación del suelo y de fuentes hídricas, además de saturar los rellenos sanitarios. Diversos estudios han demostrado que una inadecuada gestión de los residuos de demolición incrementa los costos operativos de las obras y compromete la viabilidad de proyectos futuros.

Por estas consideraciones le hago presente el siguiente informe final de tesis de grado denominado: “Planeamiento y gestión de materiales de demolición en obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco”. Esta investigación básicamente se fundamenta en analizar y plantear modelos de gestión para la reutilización de materiales de demolición en obras de pavimento rígido en la provincia de Cusco con

el fin de mejorar las condiciones de sostenibilidad y eficiencia en la ejecución de proyectos.

Diversos estudios científicos han demostrado que los residuos de construcción y demolición (RCD) constituyen uno de los flujos de residuos más importantes a nivel mundial, ya que estos residuos de construcción y demolición representan más de un tercio de todos los residuos generados, alcanzan tasas de recuperación altas y aún más esperando poden lograr que existe un elevado potencial de reciclaje y valorización. Asimismo, (Mejía de Gutierrez, Robayo Salazar, & Valencia Saavedra, 2022), señalan que la generación de RCD a nivel mundial representa aproximadamente entre el 25 % y 30 % del total de residuos sólidos producidos, superando los 3 billones de toneladas anuales. Por su parte, (Mercader Moyano, 2022), indica que el sector construcción consume alrededor del 40 % de las materias primas y energía primaria a nivel mundial, además de generar cerca del 35 % de los residuos industriales. Estas cifras demuestran la necesidad de implementar estrategias de gestión sostenible que permitan reducir la presión sobre los recursos naturales y minimizar los impactos ambientales asociados a la disposición inadecuada de los residuos de construcción y demolición.

De no abordarse oportunamente esta problemática, la generación de residuos de construcción y demolición en la provincia de Cusco continuará incrementándose de manera proporcional al crecimiento de las obras de pavimentación y edificación, siguiendo la misma tendencia mundial identificada por el Banco Mundial, que proyecta un aumento de la generación global de residuos sólidos de 2,010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3,400 millones de toneladas hacia el año 2050 (Kaza, Tata, & Woerden, 2018)

En el ámbito local, mantener el actual modelo de disposición informal implicaría la proliferación de nuevos botaderos clandestinos, la saturación de los espacios públicos y cauces hídricos ya identificados como puntos críticos, el incremento de los costos de transporte y disposición final para las obras futuras, y una mayor exposición de la población a riesgos sanitarios y ambientales derivados de la acumulación de escombros sin tratamiento. Asimismo, se perdería la oportunidad de aprovechar un recurso con alto potencial técnico y económico, como lo demuestran los estudios previos que evidencian la viabilidad de reincorporar los residuos de concreto demolido en nuevas obras de pavimento rígido. En este sentido, la presente investigación cobra relevancia porque no se limita a diagnosticar el problema, sino que propone un modelo de gestión aplicable que puede ser adoptado por los gobiernos locales y las empresas constructoras de la provincia, contribuyendo al cumplimiento de la normativa ambiental vigente, a la reducción de la huella ambiental del sector construcción y a sentar un precedente técnico replicable en contextos similares dentro de la región.

Formulación del problema de investigación.

Actualmente la ciudad del cusco presenta una inadecuada gestión de materiales de demolición en las obras de pavimento rígido, generando insostenibilidad ambiental y perjuicio económico. (Abarca Sanchez, 2022)

2.1.1. Problema general

- **P.G.** ¿En qué medida el Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) contribuye a la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

2.1.2. Problemas específicos.

- **P.E. 01** ¿Cómo contribuye la caracterización de los residuos de construcción y demolición en la planificación de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?
- **P.E. 02** ¿De qué manera el tratamiento de los residuos de construcción y demolición se relaciona con el control de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?
- **P.E. 03** ¿Cómo se relaciona la disposición final de los residuos de construcción y demolición con la eficiencia de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?
- **P.E. 04** ¿Qué propuesta técnica de un Plan de Tratamiento puede optimizar la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

2.2. Objetivos.

2.2.1. Objetivo general

- **O.G.** Analizar el aporte del Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

2.2.2. Objetivos específicos

- **O.E. 01** Establecer cómo la caracterización de los residuos de construcción y demolición favorece en la planificación de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco, 2024.
- **O.E. 02** Analizar de qué manera el tratamiento de los residuos de construcción y demolición se relaciona con la mejora del control de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.
- **O.E. 03** Determinar cómo la disposición final de los residuos de construcción y demolición contribuye a la eficiencia de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.
- **O.E. 04** Proponer un Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para optimizar la gestión de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

2.3. Justificación e importancia

La justificación de una investigación consiste en detallar por qué es relevante y necesaria la realización del estudio. En esta sección, se presentan los motivos que respaldan la investigación, con el propósito de demostrar su importancia al lector. Además, el investigador debe ser capaz de comunicar claramente la idea central del estudio, enfocándose en destacar los beneficios que se esperan alcanzar con su desarrollo. (Fernandez Collado, 219)

2.3.1. Justificación

2.3.1.1. Justificación teórica

Según, (Hernández Sampieri, 2014) la justificación teórica busca demostrar la relevancia de un problema exponiendo la magnitud del fenómeno estudiado a partir de evidencia existente. En ese sentido, diversos estudios recientes evidencian que los residuos de construcción y demolición constituyen uno de los flujos de residuos más importantes a nivel mundial: (Mejía de-Gutiérrez, Robayo-Salazar, & Valencia-Saavedra, 2023), señalan que la generación de RCD representa entre el 25% y 30% del total de residuos sólidos producidos a nivel global, superando los 3 billones de toneladas anuales. A nivel nacional, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2023), reportó la existencia de más de 1,500 botaderos informales distribuidos en el país, muchos de ellos conformados por RCD. Esta problemática se confirma a nivel local: la caracterización realizada en quince obras de los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y Cusco evidenció que el RCD de Clase A (restos de concreto) es el tipo de residuo predominante, con incidencias superiores al 92% en Wánchaq y al 95% en Santiago, alcanzando una generación estimada de 3,165.90 m^3 en la ciudad del Cusco. Esta magnitud, junto con la comprobación técnica —mediante el método de diseño de mezclas del American Concrete Institute (ACI)— de que dichos residuos pueden reutilizarse como agregado reciclado en concreto estructural de f'c = 210 kg/cm^2, sustenta teóricamente la necesidad de esta investigación.

2.3.1.2. Justificación practica

Según (Hernández Sampieri, 2014), la justificación práctica se orienta a resolver problemas concretos, ofreciendo soluciones que pueden ser aplicadas para mejorar sectores o situaciones específicas de la realidad. Se identificó la ausencia de infraestructura formal especializada para la disposición de RCD en cuatro de los cinco distritos evaluados, situación que en la práctica se traduce en botaderos informales dispersos por la provincia. Frente a esta carencia, la investigación propone la ubicación técnica de botaderos especializados con coordenadas UTM verificadas en campo, y un Plan de Tratamiento aplicable directamente por las municipalidades distritales y las empresas contratistas en sus expedientes técnicos, en concordancia con el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA, cumpliendo así con el criterio de aplicabilidad real que exige este tipo de justificación.

2.3.1.3. Justificación por viabilidad

De acuerdo con Rivas (2022), la justificación metodológica implica la propuesta de nuevas técnicas o enfoques para mejorar la generación de conocimiento, aportando métodos más eficientes o innovadores en la recolección de datos. Esta investigación cumple dicho criterio en varios niveles: aplica un procedimiento de muestreo y clasificación de RCD conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 400.050:2017 y a la NTP 400.052, en concordancia con el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA, lo que garantiza que la caracterización de los RCD sea comparable con otros estudios realizados bajo el mismo marco normativo nacional; adopta un diseño descriptivo-propositivo en el cual la fase descriptiva y caracterización de 15 obras en 5 distritos, alimenta directamente la fase propositiva y el Plan

de Tratamiento, estableciendo una relación metodológica explícita entre datos de campo y propuesta técnica; desarrolla instrumentos replicables y fichas de caracterización de RCD por clase, protocolo de muestreo en obra y en botaderos, y el procedimiento de diseño de mezclas del ACI aplicado a agregados reciclados, conforme a las normas ASTM C33, EN 12620 y NTP 400.037,que quedan disponibles como base metodológica para investigaciones futuras en provincias con condiciones similares; y combina trabajo de campo georreferenciado (coordenadas UTM) con ensayos de laboratorio controlados, validando los resultados desde dos fuentes independientes de evidencia.

2.3.1.4. Justificación social

Chara Meléndez (2021) sostiene que una gestión ineficiente de los residuos de demolición compromete el entorno urbano y eleva los costos de ejecución de las obras. Consistente con ello, la disposición inadecuada de escombros identificada en la mayoría de los distritos evaluados genera contaminación visual, riesgos sanitarios y deterioro del entorno urbano en una ciudad cuya economía depende en gran medida del turismo. Promover un modelo de gestión que reduzca los botaderos informales y optimice el gasto público en infraestructura vial beneficia directamente a la población de los cinco distritos evaluados: San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y Cusco.

2.3.2. Importancia

2.3.2.1. Importancia teórica

L La importancia teórica de este estudio radica en que sus resultados aportan evidencia empírica actualizada sobre la generación y composición

de los RCD en un contexto urbano andino como la provincia de Cusco, complementando los hallazgos de investigaciones previas sobre el tema en la región, como las de (Sánchez Valenzuela, 2023) y (Abarca Sanchez, 2022), que abordaron la problemática desde perspectivas descriptiva y correlacional respectivamente, sin llegar a comprobar técnicamente la viabilidad de reincorporar estos residuos en obras nuevas. Al demostrar —mediante el método de diseño de mezclas del ACI— que los RCD de Clase A, predominantes en más del 92% en Wánchaq y 95% en Santiago, son aptos para su uso como agregado reciclado en concreto estructural de f'c = 210 kg/cm², esta investigación añade un componente técnico-experimental que profundiza el conocimiento disponible sobre la gestión de RCD en la provincia.

2.3.2.2. Importancia practica

Según (Hernández Sampieri, 2014), la importancia práctica de una investigación se evidencia cuando sus resultados se traducen en soluciones de aplicación directa frente a un problema real, más allá del aporte académico. En ese sentido, esta investigación se traduce en herramientas de aplicación inmediata: la ubicación técnica de botaderos especializados con coordenadas UTM verificadas en campo, y el Plan de Tratamiento propuesto, pueden ser adoptados directamente por las municipalidades distritales y las empresas contratistas de Cusco en sus próximos expedientes técnicos de obras de pavimento rígido, sin necesidad de estudios previos adicionales, atendiendo así la ausencia de infraestructura formal identificada en cuatro de los cinco distritos evaluados.

2.3.2.3. Importancia metodológica

Según (Hernández Sampieri, 2014), la importancia metodológica se refleja en la disponibilidad de instrumentos y procedimientos que otros investigadores puedan retomar o adaptar para generar conocimiento en condiciones similares. En ese sentido, los instrumentos desarrollados y aplicados en este estudio ,las fichas de recolección de datos de laboratorio, el procedimiento de muestreo en campo mediante cuadrantes delimitados, y el procedimiento operativo de nueve etapas (identificación, planificación, separación en origen, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final) elaborado en conformidad con el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA ,quedan documentados y disponibles como referencia replicable para investigaciones futuras sobre gestión de RCD en otras provincias con condiciones urbanas y geográficas similares a las del Valle del Cusco.

2.3.2.4. Importancia Social

Para (Chara Melendez, 2021)sostiene que una adecuada gestión de los residuos de demolición contribuye directamente a preservar la calidad del entorno urbano. En línea con ello, la importancia social de esta investigación radica en que sus resultados permiten reducir la proliferación de botaderos informales identificados en los distritos evaluados, disminuyendo riesgos sanitarios y el deterioro del paisaje urbano en una ciudad cuya economía depende en gran medida del turismo, beneficiando directamente a la población de San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y Cusco.

Limitaciones

Durante el desarrollo de esta investigación se presentaron algunas limitaciones que conviene reconocer. El trabajo de campo se concentró entre abril y julio de 2025, un periodo breve que no permitió observar si la generación de RCD cambia según la temporada del año o el ritmo de ejecución de obras públicas en Cusco. Además, parte de los ensayos se realizó en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de los Andes, filial Cusco, y otra parte en laboratorios externos, lo que dependió de horarios y disponibilidad ajenos al investigador. Por tratarse de un estudio de alcance descriptivo-propositivo, los resultados buscan caracterizar la situación actual y proponer mejoras, sin establecer relaciones estadísticas entre variables, por lo que no deben tomarse como una validación generalizable a otras provincias. Finalmente, al no contar con registros municipales completos sobre botaderos formales, buena parte de la identificación de botaderos informales se basó en el levantamiento propio en campo. Aun con estas limitaciones, las condiciones generales fueron favorables para cumplir los objetivos planteados.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- **H.G.** El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se relaciona favorablemente con la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

2.4.2. Hipótesis específica

- **H.E.01** La caracterización de los residuos de construcción y demolición favorece la planificación de la gestión de los residuos de construcción y

demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

- **H.E.02** El tratamiento de los residuos de construcción y demolición se relaciona con el control de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.
- **H.E.03** La disposición final de los residuos de construcción y demolición fortalece la eficiencia para la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.
- **H.E.04** La propuesta de un Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituye un instrumento técnico viable para la gestión de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

2.5. Variables

2.5.1. Variable 1 (Independiente)

- ✓ **Plan de tratamiento del RCD.**

El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un instrumento técnico y de gestión que establece los procedimientos, acciones y medidas necesarias para la identificación, clasificación, segregación, almacenamiento, valorización, transporte y disposición final de los residuos generados durante las actividades de construcción, rehabilitación y demolición de infraestructuras, con la finalidad de minimizar los impactos ambientales, optimizar el aprovechamiento de recursos y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente aplicable al manejo de residuos sólidos (MVCS, 2022)

2.5.2. Variable 2 (Dependiente)

- ✓ **Gestión del RCD.**

La Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) comprende el conjunto de actividades administrativas, técnicas, operativas y de control orientadas a planificar, organizar, ejecutar, supervisar y mejorar el manejo integral de los residuos generados durante las actividades de construcción y demolición, promoviendo su reducción, reutilización, reciclaje y disposición ambientalmente adecuada, bajo criterios de sostenibilidad, eficiencia y cumplimiento normativo Decreto Legislativo N° 1278 (2016), (Rafael & Oviedo, 2022)

2.5.3. Operacionalización de variables

Ver Tabla 1.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independientes Plan de tratamiento del RCD.	El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un instrumento técnico y de gestión que establece los procedimientos, acciones y medidas necesarias para la identificación, clasificación, segregación, almacenamiento, valorización, transporte y disposición final de los residuos generados durante las actividades de construcción, rehabilitación y demolición de infraestructuras, con la finalidad de minimizar los impactos ambientales, optimizar el aprovechamiento de recursos y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente aplicable al manejo de residuos sólidos (MVCS, 2022)	El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición se define operacionalmente como el conjunto de procedimientos técnicos aplicados para la caracterización, clasificación, tratamiento y disposición final de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco. Su evaluación se realizará mediante las dimensiones de caracterización del RCD, tratamiento del RCD y disposición final del RCD, considerando indicadores relacionados con la cantidad de residuos generados, tipos de residuos, segregación, reutilización, reciclaje, valorización, almacenamiento, transporte y disposición final autorizada.	D1: Caracterización del RCD. D2: Tratamiento del RCD D3: Disposición final del RCD	□ Cantidad total de RCD generados. □ Tipos de residuos generados. □ Porcentaje de residuos clasificados en origen. □ Tasa de tratamiento del RCD. □ Porcentaje de residuos reutilizados. □ Porcentaje de residuos reciclados. □ Porcentaje de residuos valorizados. □ Métodos de reciclaje aplicados. □ Porcentaje de residuos enviados a disposición final. □ Cumplimiento de disposición autorizada. □ Sistema de almacenamiento temporal. □ Sistema de transporte de residuos.

Variables dependientes Gestión del RCD.	La Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) comprende el conjunto de actividades administrativas, técnicas, operativas y de control orientadas a planificar, organizar, ejecutar, supervisar y mejorar el manejo integral de los residuos generados durante las actividades de construcción y demolición, promoviendo su reducción, reutilización, reciclaje y disposición ambientalmente adecuada, bajo criterios de sostenibilidad, eficiencia y cumplimiento normativo Decreto Legislativo N° 1278 (2016), (Rafael & Oviedo, 2022).	La Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición se define operacionalmente como el nivel de planificación, control y eficiencia aplicado al manejo de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco. Su medición se realizará mediante las dimensiones de planificación de la gestión, control de la gestión y eficiencia de la gestión, considerando indicadores relacionados con la existencia y cumplimiento de planes de gestión, seguimiento y monitoreo de residuos, control de procesos, valorización de residuos, aprovechamiento de materiales y cumplimiento de los objetivos de gestión establecidos para cada proyecto.	D1: Planificación de la gestión D2: Control de la gestión D3: Eficiencia de la gestión	I1: • Existencia del plan de gestión. • Cumplimiento del plan. • Programación de actividades. • Asignación de responsabilidades. I2: • Monitoreo de residuos. • Registro de generación de residuos. • Seguimiento de valorización. • Supervisión técnica. I3: • Porcentaje de residuos aprovechados. • Porcentaje de residuos valorizados. • Reducción de residuos enviados a disposición final. • Cumplimiento de objetivos de gestión

Nota. Fuente: Elaboración Propia

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel Internacional

Según los investigadores colombianos (Mejía de Gutierrez, Robayo Salazar, & Valencia Saavedra, 2022), en su investigación denominada “Residuos de construcción y demolición como materia prima de concretos y elementos de construcción obtenidos mediante activación alcalina” trazan como objetivo demostrar la viabilidad técnica y ambiental de producir concretos híbridos activados alcalinamente utilizando residuos de construcción y demolición (RCD) como materia prima y reducir el impacto ambiental asociado al uso de cemento Portland convencional, en cumplimiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y principios de economía circular, utilizando como metodología la utilización de polvos obtenidos de la trituración de RCD como materia prima para elaborar concretos híbridos, obteniendo los siguientes resultados: Los concretos híbridos cumplieron los requisitos estructurales de resistencia mecánica establecidos por la NSR-10; Se logró una reducción de hasta el 68 % del PCG en comparación con concretos tradicionales basados en OPC; Los concretos fueron usados con éxito para fabricar elementos prefabricados como bloques macizos, bloques perforados verticalmente y adoquines, cumpliendo con las normas técnicas colombianas. Finalmente concluye que los concretos híbridos activados alcalinamente a partir de residuos de construcción y demolición representan una alternativa viable y sostenible al concreto tradicional. No

solo cumplen con los requerimientos estructurales, sino que también ofrecen una reducción significativa del impacto ambiental, promoviendo la reutilización de materiales y el cumplimiento de los ODS mediante la implementación de unas estrategias de economía circular en el sector de la construcción.

Para (Laguna & Piedrahita, 2019) Laguna y Piedrahita, egresados de la Universidad de Cartagena de Colombia, en su investigación denominada “Estudio corporativo de mezclas de concreto poroso usando materiales disponibles RCD en Cartagena para uso de pavimentos en parqueaderos” plantearon como uno de sus objetivos elaborar concretos con RCD de la zona que le permitan aumentar su porosidad tomando en cuenta su viabilidad económica, usando como metodología el diseño de mezclas establecido por el ACI, teniendo como resultados concretos elaborados con aditivos reciclados 12% más porosos y 15% menos resistentes que los concretos convencionales llegando a concluir que si bien, los aditivos podrían aumentar la porosidad, al mismo tiempo pueden reducir la capacidad de resistencia a la compresión.

El investigador Mexicano (Juan, 2022), en su artículo denominado “Concreto permeable reforzado con un aditivo a base de reciclados de Poliestireno y RCD” plantea como objetivo principal la permeabilización del concreto incrementando su porosidad usando como método el Poliestireno expandido y RCD reciclado en mezclas de concreto obteniendo resultados basados en las consideraciones técnicas del diseño indicando que la selección de agregados para este tipo de concretos será de 3/8” y ½”. Así mismo par el peso volumétrico se utilizará gravas de ½” y 3/8”.

Los investigadores mexicanos (Lopez Dominguez, Perez Salazar, Garnica Anguas, & Granel Covarrubias, 2022) , en su artículo denominado “Reaprovechamiento de residuos de demolición y construcción en la infraestructura

de caminos", trazan como objetivo resaltar la importancia y el potencial del aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RDC) como materiales viables para la construcción de infraestructura vial, en el marco de la sostenibilidad y la optimización de recursos materiales, usando como metodología el análisis de propiedades físicas y mecánicas como resistencia al desgaste, compactibilidad, módulo y deformación, obteniendo resultados como la buena gradación granulométrica, alta resistencia al desgaste y a la abrasión. Concluyendo finalmente que el RCD puede contribuir significativamente a una construcción sustentable y a la reducción del uso de materiales nuevos.

Los investigadores colombianos, (Ceballos Medina, Rincón, Carolina, & Sanchez, 2021), en su investigación denominada "Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines" traza como objetivo proponer y evaluar una alternativa de aprovechamiento y reciclaje de residuos de construcción y demolición (RC&D) generados en la Escuela de Ingeniería de Materiales (EIMAT) de la Universidad del Valle, para producir adoquines a partir de agregados reciclados, usando como metodología la Identificación y clasificación de los puntos de generación y concentración de escombros dentro del campus universitario así mismo la Selección y procesamiento de residuos (mortero, ladrillos, concreto) para convertirlos en agregados reciclados, obteniendo como resultado que la absorción de agua es de 3.52%, la densidad de 1608.21 kg/m3 y la resistencia a la flexo tracción de 3.5 Mpa. Finalmente concluye que los agregados reciclados provenientes de residuos como morteros, ladrillos y concretos presentan buen desempeño en la fabricación de adoquines, así mismo que el reciclaje de RC&D es viable como alternativa sostenible dentro del entorno universitario.

3.1.2. A nivel nacional.

La investigadora (Huamani Rojas, 2023), de la Universidad Continental, en su investigación denominada “Gestión de residuos de construcción y demolición en la empresa Crisley Consultores Y Ejecutores S. A. C. – 2023”, traza como objetivo proponer un modelo de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) para la empresa Crisley Consultores y Ejecutores S.A.C., basado principalmente en el Decreto Supremo N.º 019-2019-VIVIENDA, con el fin de mejorar la gestión de estos residuos, reducir su impacto ambiental y promover una cultura ambiental dentro del proyecto de construcción, utilizando una metodología de enfoque deductivo de diseño no experimental, determinado como resultado que la gestión de RCD en la empresa es inadecuada, así mismo el personal carece de conocimientos y formación sobre el manejo de residuos. Finalmente concluye que es necesario implementar y ejecutar un Plan de Gestión de RCD en los proyectos de construcción de la empresa, de igual manera el plan debe incluir estrategias ambientales claras y mecanismos de formación del personal.

Los tesistas (Jorge & Alexander, 2021), egresados de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, en su investigación denominada: “Diseño de concreto permeable para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67, arena gruesa de la cantera la ponderosa y RCD, para la ciudad de Arequipa” plantean como objetivo principal diseñar un concreto poroso capaz de ser usado como pavimento rígido comparando la inclusión o no del RCD en la mezcla, usando como método el diseño de mezclas por ACI, obteniendo resultados favorables con resistencias promedio de fc=334 kg/cm2, concluyendo que este tipos de aditivos permite el aumento de porosidad y resistencia a la compresión del concreto.

Los tesistas (Francy & Juan, 2016), egresados de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, en su investigación denominada “Diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de residuos de construcción y demolición, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco” plantean como objetivo proponer un diseño de pavimento rígido permeable, con agregados de residuos de construcción y demolición para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco, usando como método la incorporación de espacios vacíos a través e agregados de baja densidad, obteniendo resultados positivos para el pavimento poroso con a/c=0.28, % vacíos=15 y resistencia al esfuerzo cortante de 82.73 kg/cm2 concluyendo que los agregados de baja densidad pueden contribuir en la porosidad de los concretos convencionales.

Los tesistas (Cesar & Paconpia, 2015), egresados de la Universidad del Altiplano, en su investigación denominada “Diseño de mezclas de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos fc=175 kg/cm2 Y RCD en la ciudad de Puno”. Platean como objetivo evaluar la influencia que se tiene al incorporar tiras de plástico y RCD en las propiedades del concreto poroso diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno, el método de diseño que aplican es el del ACI, obteniendo como resultados porosidades 12% más efectivos que los concretos convencionales, concluyendo que al incorporar fibras de plástico se reduce la tendencia a la permeabilidad.

La tesista (Vargas Chang, 2020), egresada de la Universidad Nacional federico Villareal, en su investigación denominada “El reciclaje de residuos por demolición de edificaciones menores en el desarrollo sostenible caso distrito Jesús María, Lima”, planteó como objetivo el analizar y evaluar la aplicación del reglamento para la gestión y manejo de los residuos de demoliciones de edificaciones menores

en el distrito de Jesús María (Lima), con el fin de proponer acciones que favorezcan su cumplimiento y el aprovechamiento de los residuos a través del reciclaje, contribuyendo así al desarrollo sostenible, tomando como metodología el tipo de investigación cuantitativa de carácter descriptivo correlacional, obteniendo como resultado que los generadores de residuos juegan un papel clave en el manejo adecuado de los residuos de demolición, así mismo que el reglamento vigente no se está aplicando adecuadamente. Finalmente concluye que existe un bajo nivel de cumplimiento del reglamento de residuos de demolición en edificaciones menores en el distrito.

3.1.3. Antecedente regional.

La investigadora (Sánchez Valenzuela, 2023), en su tesis de post grado denominado “Propuesta de mejora de la gestión de residuos de las actividades de la construcción y demolición para reducir los efectos de impactos negativos en las zonas periféricas de la ciudad del Cusco en el año 2022”, traza como objetivo hacer un diagnóstico de las condiciones actuales de los depósitos clandestinos de residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad del Cusco, y así elaborar una propuesta de mejora para la gestión de estos residuos, basada en la normativa nacional vigente, con el fin de minimizar los impactos ambientales negativos y mejorar el control sobre su manejo, aplicando una metodología de carácter descriptiva aplicada, obteniendo un resultado donde se constató la existencia de depósitos clandestinos de RCD en zonas periféricas, generando impactos negativos en el ambiente y la salud pública, asi mismo se identificó que la normatividad nacional no está siendo aplicada adecuadamente en la gestión local. Finalmente se concluyó que es necesario implementar un plan integral de gestión de residuos de construcción y demolición en

la ciudad del Cusco, también concluye que se requiere un mejor control y fiscalización por parte de las autoridades municipales, acorde con la normatividad vigente.

3.1.4. Antecedente local.

Según (Abarca Sanchez, 2022) investigadora Cusqueña de la universidad Continental, en su tesis denominada “Gestión de residuos de construcción y demolición en espacios públicos y calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, Cusco – 2022”, tomó como objetivo determinar la relación entre la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) y la calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, ciudad del Cusco, usando como metodología la aplicación de encuestas a 84 viviendas, obteniendo como resultado una relación positiva entre la gestión de residuos de construcción y demolición y la calidad ambiental urbana en la mayoría de las dimensiones estudiadas, así mismo la excepción fue el estudio de caracterización de residuos, que se considera más una información previa necesaria para la planificación adecuada y gestión de los residuos. Finalmente concluye que la adecuada gestión de RCD influye positivamente en la mejora de la calidad ambiental urbana, de igual manera el estudio de caracterización es fundamental como base informativa para planificar y ejecutar una gestión eficiente.

La investigadora (Sánchez Valenzuela, 2023), en su tesis de posgrado denominada "Propuesta de mejora de la gestión de residuos de las actividades de la construcción y demolición para reducir los efectos de impactos negativos en las zonas periféricas de la ciudad del Cusco en el año 2022", trazó como objetivo realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de los depósitos clandestinos de residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad del Cusco, y elaborar una propuesta de mejora para la gestión de estos residuos, basada en la normativa nacional vigente, con el fin de minimizar los impactos ambientales negativos y mejorar el control sobre

su manejo, aplicando una metodología de carácter descriptiva aplicada, obteniendo un resultado donde se constató la existencia de depósitos clandestinos de RCD en zonas periféricas, generando impactos negativos en el ambiente y la salud pública, así mismo se identificó que la normatividad nacional no está siendo aplicada.

Los investigadores (Arnado Suca, 2021), egresado de la Universidad César Vallejo, filial Cusco, en su tesis denominada "Diseño de mezcla de concreto F'c=175 kg/cm² utilizando agregado grueso obtenido de residuos de demolición para la construcción de pavimentos peatonales en Cusco, 2021", plantearon como objetivo diseñar una mezcla de concreto empleando agregado grueso proveniente de residuos de demolición, aplicable a la construcción de pavimentos peatonales en la ciudad del Cusco, aplicando como metodología el diseño de mezclas del ACI con ensayos de laboratorio sobre el agregado reciclado. Obtuvieron como resultado que la mezcla diseñada con agregado reciclado de demolición cumplió con los parámetros técnicos requeridos para f'c=175 kg/cm². Finalmente concluyen que el aprovechamiento del agregado grueso proveniente de residuos de demolición constituye una alternativa técnica viable para la construcción de pavimentos en la ciudad del Cusco.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Variable Independiente

3.2.1.1. Plan de tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición:

Definición del Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición

El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituye un instrumento técnico de planificación y gestión orientado a establecer

procedimientos adecuados para el uso integral de los residuos generados durante las actividades de construcción, rehabilitación, remodelación y demolición de infraestructuras. Su finalidad principal es minimizar la generación de residuos, promover su reutilización y valorización, asegurar una adecuada disposición final y reducir los impactos ambientales derivados de las actividades constructivas.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), el Plan de Tratamiento de los RCD comprende el conjunto de acciones destinadas a identificar, caracterizar, segregar, almacenar, transportar, valorizar y disponer adecuadamente los residuos generados durante el ciclo de vida de un proyecto de construcción. Este instrumento constituye una herramienta fundamental para la implementación de estrategias de sostenibilidad dentro del sector construcción, permitiendo optimizar el uso de recursos y reducir la presión sobre los ecosistemas naturales. (MVCS, 2022)

Desde una perspectiva de gestión ambiental, el plan de tratamiento constituye un mecanismo preventivo que permite anticipar la generación de residuos y establecer medidas de control antes de que estos produzcan efectos negativos sobre el ambiente. En este sentido, el plan no solo busca gestionar los residuos una vez generados, sino también promover prácticas constructivas orientadas a la reducción de desperdicios desde la etapa de planificación de los proyectos.

Asimismo, el Plan de Tratamiento de los RCD se encuentra estrechamente relacionado con los principios de economía circular, los cuales promueven el aprovechamiento máximo de los materiales mediante estrategias de reducción, reutilización, reciclaje y valorización. Bajo este enfoque, los residuos dejan de ser considerados simples desechos para convertirse en recursos potenciales

susceptibles de reincorporarse a nuevos procesos productivos. productivos (Rafael & Oviedo, 2022)

Objetivos del Plan de Tratamiento de los RCD

El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición tiene como objetivo principal establecer procedimientos que permitan gestionar de manera eficiente los residuos generados durante las actividades constructivas, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y promoviendo el aprovechamiento sostenible de los materiales.

Entre los objetivos específicos más importantes se encuentran:

- ✓ Identificar y cuantificar los residuos generados durante la ejecución de obras.
- ✓ Clasificar los residuos de acuerdo con sus características físicas, químicas y potencial de aprovechamiento.
- ✓ Implementar procedimientos de segregación en la fuente.
- ✓ Promover la reutilización y reciclaje de materiales recuperables.
- ✓ Reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final.
- ✓ Minimizar los impactos ambientales asociados a la actividad constructiva.
- ✓ Optimizar los costos relacionados con el manejo de residuos.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y sectorial vigente.
- ✓ El cumplimiento de estos objetivos permite mejorar el desempeño ambiental de los proyectos de construcción, incrementar la eficiencia operativa y contribuir al desarrollo sostenible del sector.

Importancia del Plan de Tratamiento de los RCD

La creciente generación de residuos de construcción y demolición constituye uno de los principales desafíos ambientales asociados al desarrollo urbano y la ejecución de proyectos de infraestructura. Frente a esta problemática, el Plan de

Tratamiento de los RCD adquiere una importancia estratégica debido a su capacidad para organizar y optimizar las actividades relacionadas con el manejo de residuos. (PNUMA, 2022)

Desde el punto de vista ambiental, permite reducir la contaminación del suelo, agua y aire, evitando la disposición inadecuada de materiales en espacios públicos, quebradas, riberas de ríos y áreas naturales. Asimismo, contribuye a disminuir la extracción de recursos naturales mediante el aprovechamiento de materiales reciclables y reutilizables.

Desde la perspectiva económica, el tratamiento adecuado de los residuos permite reducir costos asociados al transporte, disposición final y adquisición de nuevos materiales. Diversas investigaciones han demostrado que la reutilización de materiales provenientes de demoliciones puede representar ahorros significativos en proyectos de infraestructura vial y edificaciones. (Falcón & Santos, 2021)

En el ámbito social, una adecuada gestión de residuos contribuye a mejorar la calidad ambiental urbana, reducir riesgos para la salud pública y promover una cultura de responsabilidad ambiental dentro de las organizaciones vinculadas al sector construcción.

Por estas razones, el Plan de Tratamiento de los RCD constituye actualmente uno de los instrumentos más importantes para la implementación de modelos de construcción sostenible y economía circular.

Componentes del Plan de Tratamiento de los RCD

Todo Plan de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición debe estructurarse sobre una serie de componentes técnicos que permitan garantizar una administración eficiente de los residuos generados durante la ejecución de las obras.

Entre los principales componentes se encuentran:

a. Diagnóstico inicial

Consiste en la identificación preliminar de los residuos que serán generados durante las actividades constructivas. Esta etapa permite determinar cantidades estimadas, tipos de materiales y potencial de aprovechamiento.

b. Caracterización de residuos

Comprende la clasificación técnica de los residuos de acuerdo con su naturaleza, composición y potencial de reutilización o reciclaje.

c. Estrategias de tratamiento

Incluye las acciones orientadas a la segregación, reutilización, reciclaje y valorización de los materiales recuperables.

d. Sistema de almacenamiento temporal

Establece las condiciones necesarias para el almacenamiento seguro de los residuos antes de su transporte o tratamiento.

e. Transporte de residuos

Define los procedimientos y medios utilizados para trasladar los residuos hacia centros de valorización o disposición final autorizados.

f. Disposición final

Comprende las actividades destinadas a garantizar que los residuos no aprovechables sean depositados en instalaciones autorizadas y ambientalmente seguras.

g. Seguimiento y control

Permite verificar el cumplimiento de los objetivos del plan mediante indicadores de desempeño y mecanismos de monitoreo continuo.

La adecuada integración de estos componentes constituye la base para el desarrollo de sistemas eficientes de gestión de residuos dentro del sector construcción.

⇒ **Dimensión 1: Caracterización de los Residuos de Construcción y Demolición**

La caracterización de los residuos de construcción y demolición constituye una de las etapas más importantes dentro del Plan de Tratamiento de los RCD, debido a que permite conocer las características físicas, cuantitativas y cualitativas de los residuos generados durante las actividades constructivas. La información obtenida mediante la caracterización constituye la base para la toma de decisiones relacionadas con la segregación, reutilización, reciclaje, valorización y disposición final de los materiales.

Diversos organismos internacionales coinciden en señalar que una adecuada caracterización de residuos representa el primer paso para implementar sistemas eficientes de gestión, ya que permite determinar las cantidades generadas, los tipos de materiales presentes y su potencial de aprovechamiento. Asimismo, facilita la elaboración de indicadores de gestión y la planificación de estrategias orientadas a minimizar los impactos ambientales asociados a la generación de residuos. (Huamani Rojas, 2023)

Concepto de Caracterización de Residuos

La caracterización de residuos puede definirse como el proceso técnico mediante el cual se identifican, clasifican y cuantifican los materiales generados durante una determinada actividad productiva o constructiva. Este proceso permite conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los residuos, así como su potencial de reutilización, reciclaje o valorización. (Chara Melendez, 2021)

En el ámbito de la construcción, la caracterización de los RCD comprende la identificación de materiales como concreto, ladrillo, acero, madera, plástico, vidrio, materiales cerámicos, mezclas asfálticas y otros elementos provenientes de actividades de construcción, rehabilitación o demolición.

La caracterización constituye una herramienta fundamental para el diseño de planes de gestión debido a que permite establecer procedimientos diferenciados para cada tipo de residuo, optimizando los procesos de tratamiento y disposición final.

Identificación y Clasificación de los Residuos

La identificación de residuos consiste en determinar el origen y naturaleza de los materiales generados durante las actividades constructivas. Por su parte, la clasificación permite agrupar dichos residuos de acuerdo con criterios técnicos previamente establecidos.

Una clasificación adecuada facilita la implementación de procesos de segregación en la fuente y mejora las posibilidades de aprovechamiento de los materiales recuperables.

Los residuos de construcción y demolición suelen clasificarse en:

- **Residuos inertes**

Corresponden a materiales que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas cuando son depositados en el ambiente. Entre ellos destacan:

  - Concreto demolido.
  - Morteros.
  - Ladrillos.
  - Materiales pétreos.
  - Cerámicos.

Estos residuos representan generalmente el mayor porcentaje de los materiales generados durante las obras de pavimentación rígida.

- **Residuos reciclables**

Incluyen materiales susceptibles de reincorporarse a nuevos procesos productivos mediante procedimientos de transformación o recuperación.

Entre ellos destacan:

  - Acero.
  - Aluminio.
  - Cobre.
  - Madera.
  - Vidrio.
  - Plásticos.

- **Residuos no aprovechables**

Corresponden a aquellos materiales cuyo aprovechamiento resulta técnica o económicamente inviable y que deben ser destinados a infraestructura autorizada para disposición final.

- **Residuos peligrosos**

Comprenden materiales que presentan características corrosivas, inflamables, tóxicas o reactivas, requiriendo procedimientos especiales para su manejo.

- **Cuantificación de los Residuos Generados**

La cuantificación consiste en determinar la cantidad de residuos producidos durante la ejecución de una obra. Este proceso constituye uno de los principales indicadores utilizados para evaluar la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos.

La cuantificación puede realizarse mediante diferentes métodos, entre los cuales destacan:

- Pesaje directo.
- Medición volumétrica.
- Factores de generación.
- Estimaciones basadas en metrados de obra.

En proyectos de pavimentación rígida, la generación de residuos suele estar asociada principalmente a actividades de demolición de estructuras existentes, cortes de concreto, excavaciones y manejo de materiales excedentes.

La cuantificación adecuada permite planificar la capacidad de almacenamiento temporal, estimar costos de transporte y definir estrategias de tratamiento acordes con las cantidades generadas.

Composición de los Residuos de Construcción y Demolición

La composición de los residuos depende del tipo de proyecto ejecutado, los materiales utilizados y las técnicas constructivas empleadas.

En obras de pavimento rígido, la composición típica de los residuos incluye:

- Concreto hidráulico demolido.
- Agregados pétreos.
- Acero de refuerzo.
- Materiales granulares.
- Tierra excedente.
- Elementos prefabricados.
- Materiales de señalización vial.

Diversas investigaciones han demostrado que el concreto demolido representa uno de los materiales con mayor potencial de reutilización, pudiendo

emplearse como agregado reciclado para la construcción de bases, subbases y rellenos estructurales. (Mejía de-Gutiérrez, Robayo-Salazar, & Valencia-Saavedra, 2023)

El conocimiento de la composición de los residuos permite seleccionar tecnologías de tratamiento apropiadas y mejorar la eficiencia de los procesos de valorización.

Importancia de la Clasificación en Origen

La clasificación en origen constituye una de las estrategias más eficientes para optimizar la gestión de residuos de construcción y demolición. Consiste en separar los materiales directamente en el lugar donde son generados, evitando la mezcla de residuos aprovechables con residuos no aprovechables. (Ceballos Medina, Rincón, Carolina, & Sanchez, 2021)

La correcta clasificación en origen proporciona múltiples beneficios:

- Incrementa las tasas de reutilización y reciclaje.
- Reduce los costos de tratamiento posterior.
- Facilita el transporte y almacenamiento.
- Disminuye la cantidad de residuos destinados a disposición final.
- Mejora la trazabilidad de los materiales generados.

Asimismo, la clasificación en origen permite implementar programas de economía circular dentro de los proyectos de construcción, promoviendo el aprovechamiento eficiente de recursos y reduciendo los impactos ambientales asociados a la generación de residuos.

Por estas razones, el porcentaje de residuos clasificados en origen constituye uno de los principales indicadores utilizados para evaluar el desempeño de un Plan de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición.

⇒ **Dimensión 2: Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición**

El tratamiento de los residuos de construcción y demolición constituye el conjunto de procedimientos técnicos destinados a modificar, transformar o acondicionar los residuos generados durante las actividades constructivas, con la finalidad de facilitar su reutilización, reciclaje, valorización o disposición final adecuada. Esta etapa representa uno de los componentes más importantes dentro de la gestión integral de residuos, debido a que permite reducir significativamente la cantidad de materiales destinados a botaderos o rellenos autorizados.

La implementación de estrategias de tratamiento adecuadas contribuye directamente a la reducción del consumo de materias primas, disminución de costos operativos y mitigación de impactos ambientales asociados a la actividad constructiva. Asimismo, favorece la aplicación de los principios de economía circular mediante el aprovechamiento eficiente de materiales que anteriormente eran considerados desechos.

Concepto de Tratamiento de Residuos

El tratamiento de residuos puede definirse como el conjunto de operaciones físicas, mecánicas, químicas o biológicas aplicadas a los residuos sólidos con el propósito de reducir su volumen, modificar sus características, recuperar materiales aprovechables o facilitar su disposición final. (Falcón & Santos, 2021).

En el caso de los residuos de construcción y demolición, el tratamiento está orientado principalmente a la recuperación de materiales que puedan reincorporarse

a nuevos procesos constructivos, tales como agregados reciclados, acero, madera y otros elementos reutilizables.

El tratamiento adecuado de los residuos constituye una alternativa sostenible frente a la disposición indiscriminada de materiales, permitiendo transformar los residuos en recursos con valor económico y técnico.

Segregación de los Residuos

La segregación consiste en la separación de los residuos de acuerdo con sus características físicas, químicas o potencial de aprovechamiento. Esta actividad constituye la primera etapa del tratamiento y representa uno de los factores más importantes para garantizar la eficiencia de los procesos posteriores de reciclaje y valorización. (Ceballos Medina, Rincón, Carolina, & Sanchez, 2021).

La segregación puede realizarse directamente en la fuente de generación o en instalaciones especializadas de tratamiento. Sin embargo, diversos estudios demuestran que la segregación en origen proporciona mayores niveles de eficiencia debido a que evita la contaminación cruzada entre materiales aprovechables y no aprovechables.

Entre los principales beneficios de la segregación se encuentran:

- Incremento de las tasas de reciclaje.
- Reducción de costos de tratamiento.
- Disminución de residuos enviados a disposición final.
- Mejora de la calidad de los materiales recuperados.
- Mayor eficiencia de los procesos de valorización.

En obras de pavimento rígido, la segregación permite separar concretos demolidos, acero de refuerzo, materiales granulares y otros residuos con potencial de reutilización.

Reutilización de Materiales

La reutilización consiste en volver a emplear un material para el mismo propósito o para una función diferente sin necesidad de someterlo a procesos significativos de transformación.

Dentro del sector construcción, la reutilización representa una de las estrategias más eficientes para reducir la generación de residuos debido a que prolonga la vida útil de los materiales y disminuye la demanda de nuevas materias primas.

Algunos ejemplos de reutilización aplicados a los residuos de construcción y demolición incluyen:

- Uso de elementos prefabricados recuperados.
- Reutilización de materiales pétreos en rellenos.
- Aprovechamiento de bloques y ladrillos recuperados.
- Reutilización de acero estructural.
- Uso de concreto triturado como material granular.

La reutilización permite reducir costos de adquisición de materiales y disminuir significativamente el impacto ambiental asociado a los procesos constructivos.

Reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición

El reciclaje corresponde al proceso mediante el cual los residuos son transformados física o mecánicamente para obtener nuevos materiales con potencial de uso en actividades productivas. (Lopez Dominguez, Perez Salazar, Garnica Anguas, & Granel Covarrubias, 2022).

Actualmente, el reciclaje constituye una de las principales estrategias utilizadas para la gestión sostenible de los residuos de construcción y demolición.

Diversos estudios han demostrado que materiales como concreto, asfalto, acero y vidrio pueden reincorporarse exitosamente a nuevas obras de infraestructura.

El reciclaje de concreto demolido generalmente comprende las siguientes etapas:

- Recolección del material.
- Trituración primaria.
- Trituración secundaria.
- Clasificación granulométrica.
- Eliminación de impurezas.
- Obtención de agregados reciclados.

Los agregados reciclados obtenidos pueden utilizarse en:

- Bases granulares.
- Subbases de pavimentos.
- Rellenos estructurales.
- Obras de drenaje.
- Elementos prefabricados.

El reciclaje contribuye a reducir la extracción de agregados naturales y favorece la conservación de los recursos geológicos.

Valorización de los Residuos

La valorización constituye el proceso mediante el cual los residuos adquieren nuevamente utilidad económica, técnica o ambiental mediante procedimientos de recuperación, reutilización o reciclaje.

Según la legislación peruana, la valorización comprende todas aquellas operaciones orientadas a obtener beneficios a partir de residuos que anteriormente eran considerados materiales de descarte. Decreto Legislativo N.° 1278 (2016)

Entre las principales modalidades de valorización se encuentran:

- Reutilización.
- Reciclaje.
- Recuperación de materiales.
- Aprovechamiento energético.
- Recuperación de componentes reutilizables.

La valorización permite disminuir la cantidad de residuos destinados a disposición final y mejorar la sostenibilidad de los proyectos constructivos.

En obras de pavimentación rígida, la valorización del concreto demolido constituye una alternativa técnicamente viable para la producción de agregados reciclados utilizados en nuevas estructuras viales.

Métodos de Reciclaje Aplicados a los RCD

Los métodos de reciclaje empleados para los residuos de construcción y demolición dependen de la naturaleza de los materiales generados y de los objetivos establecidos dentro del plan de tratamiento. (Gómez, 2020)

Entre los métodos más utilizados destacan:

a. Trituración mecánica

Consiste en la reducción del tamaño de los residuos mediante equipos de trituración primaria y secundaria. Este método es ampliamente utilizado para el reciclaje de concreto y materiales pétreos.

b. Clasificación granulométrica

Permite separar los materiales reciclados de acuerdo con su tamaño y características físicas, facilitando su utilización en diferentes aplicaciones constructivas.

c. Separación magnética

Se emplea para recuperar materiales ferrosos presentes en los residuos de demolición, especialmente acero de refuerzo proveniente de estructuras de concreto armado.

d. Selección manual

Consiste en la separación directa de materiales aprovechables por parte del personal encargado del tratamiento. Generalmente se utiliza como complemento de los procesos mecánicos.

e. Plantas de reciclaje especializadas

Corresponden a instalaciones diseñadas específicamente para procesar grandes volúmenes de residuos de construcción y demolición, obteniendo materiales reciclados con características controladas para su reutilización en obras de infraestructura.

La selección del método de reciclaje depende de factores como la composición de los residuos, volumen generado, disponibilidad tecnológica y viabilidad económica del proceso.

Importancia del Tratamiento de los RCD

El tratamiento adecuado de los residuos de construcción y demolición constituye una herramienta fundamental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad dentro del sector construcción. Su aplicación permite reducir la cantidad de residuos enviados a disposición final, optimizar el uso de recursos naturales y promover la implementación de modelos de economía circular. (PNUMA, 2022).

Asimismo, el tratamiento contribuye a mejorar la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos, reducir costos operativos y fortalecer el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Por estas razones, la tasa de tratamiento, el porcentaje

de reutilización, reciclaje y valorización constituyen indicadores fundamentales para evaluar el desempeño de un Plan de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición.

- ⇒ **Dimensión 3: Disposición Final de los Residuos de Construcción y Demolición**

La disposición final constituye la última etapa dentro del Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y comprende el conjunto de procedimientos orientados a garantizar que aquellos residuos que no pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados sean depositados en instalaciones autorizadas, bajo condiciones técnicas y ambientales adecuadas.

La correcta disposición final de los residuos representa uno de los principales desafíos para el sector construcción debido a los elevados volúmenes generados durante las actividades de demolición, rehabilitación y ejecución de obras de infraestructura. Cuando estos residuos son eliminados de manera inadecuada pueden ocasionar impactos significativos sobre el ambiente, el paisaje urbano, la salud pública y los ecosistemas naturales.

Por esta razón, la normativa nacional e internacional establece la obligación de implementar sistemas de disposición final técnicamente controlados que permitan minimizar los riesgos asociados al manejo de residuos de construcción y demolición.

Concepto de Disposición Final

La disposición final puede definirse como el conjunto de operaciones destinadas al confinamiento permanente de residuos sólidos en infraestructuras autorizadas y diseñadas para prevenir impactos ambientales negativos.

Según la legislación peruana, la disposición final constituye la última alternativa dentro de la jerarquía de gestión de residuos, siendo aplicable únicamente

a aquellos materiales que no pueden ser objeto de reutilización, reciclaje o valorización. Decreto Legislativo N.° 1278 (2016).

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la disposición final debe considerarse como una medida complementaria dentro de la gestión integral de residuos, priorizando previamente las estrategias de reducción, reutilización y reciclaje.

En el caso de los residuos de construcción y demolición, la disposición final adecuada permite evitar la formación de botaderos informales, reducir los riesgos de contaminación y garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

Almacenamiento Temporal de los Residuos

El almacenamiento temporal corresponde al conjunto de actividades destinadas a conservar los residuos en condiciones seguras antes de su transporte hacia centros de valorización o disposición final.

Esta etapa constituye un componente fundamental del manejo de residuos debido a que permite organizar y controlar los materiales generados durante la ejecución de las obras.

Las áreas de almacenamiento temporal deben cumplir determinados criterios técnicos, entre los cuales destacan:

- Ubicación estratégica dentro de la obra.
- Accesibilidad para vehículos de transporte.
- Separación de residuos según su clasificación.
- Protección contra la dispersión de materiales.
- Señalización adecuada.
- Medidas de seguridad ocupacional.

Una gestión deficiente del almacenamiento temporal puede generar pérdidas de materiales valorizables, contaminación cruzada entre residuos y dificultades en las etapas posteriores de tratamiento.

Asimismo, el almacenamiento temporal adecuado facilita el monitoreo y control de las cantidades generadas, permitiendo mejorar la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos.

Transporte de los Residuos

El transporte constituye el proceso mediante el cual los residuos son trasladados desde el lugar de generación hasta instalaciones de tratamiento, valorización o disposición final.

El objetivo principal del transporte es garantizar que los residuos sean movilizados de manera segura, eficiente y conforme a las disposiciones establecidas por la normativa vigente.

Durante esta etapa deben considerarse aspectos relacionados con:

- Tipo de residuo transportado.
- Cantidad de residuos generados.
- Distancia de transporte.
- Capacidad de carga de los vehículos.
- Condiciones de seguridad.
- Rutas autorizadas.

En el caso de los residuos de construcción y demolición, el transporte representa uno de los componentes que mayor incidencia tiene sobre los costos operativos de la gestión de residuos.

Por ello, una adecuada planificación de las rutas y frecuencias de transporte permite optimizar recursos y reducir gastos asociados al manejo de los materiales.

Infraestructura Autorizada para la Disposición Final

De acuerdo con él (Ministerio de Vivienda, 2022), la disposición final de los residuos sólidos debe realizarse exclusivamente en instalaciones autorizadas por las autoridades competentes. Estas infraestructuras están diseñadas para minimizar los impactos ambientales derivados del confinamiento permanente de los residuos sólidos. (Municipalidad Provincial de Lima, 2022)

Entre las principales instalaciones utilizadas para la disposición final de residuos se encuentran:

a. **Rellenos de seguridad**

   Destinados principalmente al confinamiento de residuos peligrosos que requieren condiciones especiales de manejo.

b. **Rellenos sanitarios**

   Infraestructuras diseñadas para la disposición controlada de residuos sólidos bajo condiciones que minimicen los impactos ambientales y sanitarios.

c. **Centros autorizados de disposición de RCD**

   Instalaciones especializadas para la recepción, clasificación, valorización y disposición de residuos de construcción y demolición.

   Estas infraestructuras permiten garantizar la trazabilidad de los residuos y asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales establecidos por la legislación vigente.

Disposición Final Ambientalmente Adecuada

La disposición final ambientalmente adecuada constituye un principio fundamental de la gestión integral de residuos. Su objetivo es minimizar los riesgos de contaminación y garantizar la protección de los recursos naturales.

Para que una disposición final sea considerada ambientalmente adecuada debe cumplir criterios relacionados con:

- Control de emisiones de polvo.
- Prevención de contaminación del suelo.
- Protección de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
- Estabilidad física de los residuos confinados.
- Control de acceso y seguridad.
- Monitoreo ambiental permanente.

La aplicación de estos criterios contribuye a reducir los impactos negativos asociados al manejo de residuos y favorece el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad establecidos para los proyectos de infraestructura.

Impactos de una Disposición Final Inadecuada

La disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición puede generar múltiples efectos negativos sobre el ambiente y la sociedad.

Entre los principales impactos destacan:

- Contaminación del suelo por acumulación de residuos.
- Alteración del paisaje urbano y rural.
- Obstrucción de drenajes naturales.
- Incremento de procesos erosivos.
- Contaminación de cuerpos de agua.
- Generación de focos de proliferación de vectores.
- Incremento de costos asociados a la recuperación ambiental.

En la provincia de Cusco, al igual que en muchas ciudades del país, la presencia de botaderos informales de residuos de construcción constituye una

problemática recurrente que afecta la calidad ambiental y dificulta la implementación de sistemas eficientes de gestión de residuos. (Sánchez Valenzuela, 2023)

Importancia de la Disposición Final en la Gestión de los RCD

La disposición final representa la etapa de cierre dentro del ciclo de gestión de residuos y constituye un elemento fundamental para garantizar el manejo integral de los materiales generados durante la construcción y demolición de infraestructuras.

Su adecuada implementación permite complementar las actividades de caracterización, tratamiento y valorización, asegurando que los residuos no aprovechables sean gestionados bajo criterios técnicos y ambientales adecuados.

Por ello, indicadores como el porcentaje de residuos enviados a disposición final, el cumplimiento de disposiciones autorizadas, las condiciones de almacenamiento temporal y los sistemas de transporte constituyen parámetros fundamentales para evaluar el desempeño de un Plan de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición.

3.2.2. Variable dependiente:

3.2.2.1. Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición:

La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) comprende el conjunto de actividades técnicas, administrativas, operativas y de control orientadas a planificar, organizar, ejecutar, supervisar y mejorar continuamente el manejo integral de los residuos generados durante las actividades de construcción, remodelación, rehabilitación y demolición de infraestructuras.

La gestión de residuos constituye actualmente uno de los componentes fundamentales de la gestión ambiental moderna debido a la creciente necesidad de reducir los impactos asociados a la generación de residuos y promover el aprovechamiento sostenible de los recursos disponibles.

Según el Decreto Legislativo N.° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la gestión de residuos comprende todas aquellas acciones destinadas a asegurar el manejo adecuado de los residuos desde su generación hasta su disposición final, incorporando principios de sostenibilidad, prevención de la contaminación y protección ambiental.

En el ámbito de la construcción, la gestión de los RCD adquiere una importancia particular debido al elevado volumen de materiales generados durante la ejecución de obras civiles y al significativo potencial de aprovechamiento que presentan materiales como concreto, acero, agregados pétreos y elementos prefabricados.

Gestión Integral de los Residuos de Construcción y Demolición

La gestión integral de residuos constituye un enfoque sistemático que considera todas las etapas involucradas en el manejo de los residuos, desde su generación hasta su disposición final o aprovechamiento. (PNUMA, 2022).

Este enfoque busca optimizar la utilización de recursos, minimizar la generación de residuos y reducir los impactos ambientales asociados a las actividades productivas.

La gestión integral de los RCD comprende las siguientes etapas:

- Generación de residuos.
- Identificación y caracterización.
- Segregación.
- Almacenamiento temporal.
- Transporte.
- Tratamiento.
- Reutilización.

- Reciclaje.
- Valorización.
- Disposición final.

La adecuada integración de estas etapas permite desarrollar sistemas eficientes de gestión que favorecen el cumplimiento de los objetivos ambientales y económicos de los proyectos de construcción.

Principios de la Gestión de Residuos

La gestión de residuos se fundamenta en diversos principios que orientan la toma de decisiones y la implementación de estrategias de manejo sostenible. Decreto Legislativo N.º 1278 (2016).

a. Principio de prevención

Establece que la mejor forma de gestionar residuos consiste en evitar o reducir su generación desde el origen.

b. Principio de minimización

Busca disminuir la cantidad y peligrosidad de los residuos generados mediante la optimización de procesos constructivos.

c. Principio de valorización

Promueve el aprovechamiento de los residuos mediante estrategias de reutilización, reciclaje y recuperación de materiales.

d. Principio de responsabilidad ambiental

Establece que los generadores de residuos son responsables de garantizar un manejo adecuado de los materiales producidos durante sus actividades.

e. Principio de sostenibilidad

Orienta la gestión de residuos hacia modelos que permitan satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las futuras generaciones.

Gestión Sostenible de los Residuos de Construcción y Demolición

La gestión sostenible de los residuos de construcción y demolición se basa en la aplicación de estrategias orientadas a maximizar el aprovechamiento de materiales y minimizar los impactos ambientales asociados a las actividades constructivas. (Mercader Moyano, 2022).

Este enfoque incorpora principios de economía circular, eficiencia de recursos y responsabilidad ambiental, promoviendo la reutilización de materiales y reduciendo la dependencia de materias primas vírgenes.

La gestión sostenible de los RCD permite:

- Reducir la generación de residuos.
- Disminuir el consumo de recursos naturales.
- Reducir costos de disposición final.
- Mejorar la eficiencia operativa de los proyectos.
- Incrementar las tasas de reciclaje y reutilización.
- Disminuir las emisiones asociadas al transporte y procesamiento de materiales.

Actualmente, la sostenibilidad constituye uno de los principales criterios utilizados para evaluar el desempeño ambiental de proyectos de infraestructura a nivel internacional.

Importancia de la Gestión de los RCD en Obras de Pavimento Rígido

Las obras de pavimento rígido generan importantes cantidades de residuos debido a actividades de demolición de estructuras existentes, cortes de concreto, excavaciones y manejo de materiales excedentes. (Chara Melendez, 2021)

La implementación de sistemas eficientes de gestión de residuos permite optimizar el uso de recursos, reducir costos operativos y minimizar impactos ambientales asociados a la ejecución de las obras.

Asimismo, la adecuada gestión de los residuos favorece el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y contribuye al desarrollo de proyectos de infraestructura más sostenibles y competitivos.

En este contexto, la gestión de los RCD se convierte en una herramienta estratégica para mejorar el desempeño técnico, económico y ambiental de las obras de pavimentación rígida ejecutadas en la provincia de Cusco.

⇒ **Dimensión 1: Planificación de la Gestión**

La planificación constituye una de las funciones fundamentales de la gestión y representa el punto de partida para la implementación eficiente de cualquier sistema organizacional. En el ámbito de los residuos de construcción y demolición, la planificación permite establecer objetivos, definir estrategias, asignar recursos y organizar actividades destinadas a garantizar el manejo adecuado de los residuos generados durante la ejecución de proyectos constructivos.

Una adecuada planificación facilita la toma de decisiones, reduce la incertidumbre operativa y permite anticipar posibles problemas asociados a la generación, tratamiento y disposición de residuos. Asimismo, constituye una herramienta esencial para asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Concepto de Planificación

La planificación puede definirse como el proceso mediante el cual se determinan los objetivos que se desean alcanzar y se establecen las acciones necesarias para lograrlos de manera eficiente y organizada.

Según diversos autores de la administración moderna, la planificación constituye la primera función administrativa, debido a que orienta todas las actividades posteriores de organización, dirección y control. (Koontz H., Weihrichn H; Cannice M., 2012).

Aplicada a la gestión de residuos de construcción y demolición, la planificación permite definir procedimientos específicos para la segregación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final de los materiales generados durante las actividades constructivas.

Asimismo, permite identificar recursos necesarios, establecer cronogramas de ejecución y determinar responsabilidades dentro de la organización encargada de la gestión de residuos.

Planificación Estratégica Aplicada a los RCD

La planificación estratégica constituye un proceso orientado a definir la visión, misión y objetivos de largo plazo relacionados con la gestión de residuos. (Koontz H., Weihrichn H; Cannice M., 2012).

En el caso de los residuos de construcción y demolición, la planificación estratégica busca garantizar que las actividades de manejo de residuos se encuentren alineadas con los objetivos ambientales, económicos y operativos del proyecto.

Entre los principales elementos de la planificación estratégica aplicada a los RCD destacan:

- Diagnóstico de la situación actual.
- Identificación de oportunidades de mejora.
- Establecimiento de metas de valorización.
- Definición de indicadores de desempeño.
- Asignación de recursos humanos y financieros.
- Implementación de mecanismos de seguimiento.

La aplicación de herramientas de planificación estratégica permite incrementar la eficiencia de los sistemas de gestión y mejorar el desempeño ambiental de las obras de infraestructura.

Elaboración de Planes de Gestión

El Plan de Gestión de Residuos constituye el principal instrumento de planificación utilizado para organizar las actividades relacionadas con el manejo de los residuos de construcción y demolición. (MVCS, 2022).

Este documento debe contener información detallada respecto a:

- Identificación de residuos generados.
- Cantidades estimadas de generación.
- Procedimientos de segregación.
- Métodos de tratamiento.
- Estrategias de valorización.
- Sistemas de almacenamiento.
- Procedimientos de transporte.
- Mecanismos de disposición final.
- Indicadores de seguimiento y control.

La elaboración de planes de gestión permite establecer procedimientos estandarizados que facilitan la implementación de buenas prácticas ambientales durante la ejecución de las obras.

Asimismo, contribuye a mejorar la coordinación entre los diferentes actores involucrados en la gestión de residuos y facilita el cumplimiento de las obligaciones legales establecidas por la normativa vigente.

Programación de Actividades

La programación de actividades consiste en la organización temporal de las acciones necesarias para implementar adecuadamente la gestión de residuos dentro de un proyecto de construcción. (Chiavenato, 2019)

La programación permite determinar:

- Fechas de ejecución.
- Secuencia de actividades.
- Recursos requeridos.
- Responsables de ejecución.
- Metas de cumplimiento.

Una programación adecuada contribuye a optimizar el uso de recursos y minimizar retrasos asociados al manejo de residuos.

Asimismo, facilita la coordinación entre las diferentes áreas involucradas en el proyecto y permite realizar ajustes oportunos cuando se presentan desviaciones respecto a los objetivos inicialmente establecidos.

En obras de pavimentación rígida, la programación resulta especialmente importante debido a la necesidad de coordinar actividades de demolición, transporte, reciclaje y disposición final de materiales.

Asignación de Responsabilidades

La asignación de responsabilidades constituye un componente esencial de la planificación debido a que permite definir claramente las funciones y obligaciones de cada integrante involucrado en la gestión de residuos. (Chiavenato, 2019)

La definición de responsabilidades contribuye a:

- Mejorar la coordinación organizacional.
- Incrementar la eficiencia operativa.
- Reducir errores de ejecución.
- Fortalecer los mecanismos de control.
- Garantizar el cumplimiento de procedimientos establecidos.

Dentro de un sistema de gestión de residuos, las responsabilidades suelen distribuirse entre:

- Gerencia del proyecto.
- Residentes de obra.
- Supervisores ambientales.
- Responsables de seguridad.
- Operadores de maquinaria.
- Personal encargado de la segregación y almacenamiento.

La claridad en la asignación de funciones constituye un factor determinante para el éxito de los programas de gestión de residuos.

Cumplimiento del Plan de Gestión

El cumplimiento del Plan de Gestión representa el grado en que las actividades ejecutadas durante la obra se desarrollan de acuerdo con los procedimientos, objetivos y metas previamente establecidos.

Este aspecto constituye uno de los principales indicadores utilizados para evaluar la efectividad de la planificación dentro de los sistemas de gestión de residuos.

Entre los factores que influyen en el cumplimiento del plan destacan:

- Disponibilidad de recursos.
- Capacitación del personal.
- Compromiso de la organización.
- Supervisión continua.
- Coordinación entre áreas involucradas.

Un alto nivel de cumplimiento permite maximizar el aprovechamiento de residuos, reducir costos operativos y mejorar el desempeño ambiental del proyecto.

Por el contrario, un bajo nivel de cumplimiento puede generar ineficiencias operativas, incremento de costos y dificultades para alcanzar los objetivos establecidos dentro del sistema de gestión.

En consecuencia, la existencia del plan de gestión, la programación adecuada de actividades, la asignación de responsabilidades y el nivel de cumplimiento constituyen indicadores fundamentales para evaluar la dimensión de planificación dentro de la gestión de residuos de construcción y demolición.

⇒ **Dimensión 2: Control de la Gestión**

El control constituye una de las funciones esenciales dentro de cualquier sistema de gestión, debido a que permite verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos durante la fase de planificación. En el ámbito de la gestión de residuos de construcción y demolición, el control tiene como finalidad supervisar, monitorear y evaluar permanentemente las actividades relacionadas con la generación, tratamiento, valorización y disposición final de los residuos.

La implementación de mecanismos adecuados de control permite identificar desviaciones, corregir deficiencias operativas y mejorar continuamente el desempeño de los sistemas de gestión de residuos. Asimismo, contribuye al cumplimiento de la normativa ambiental vigente y facilita la toma de decisiones basada en información objetiva y verificable.

Concepto de Control de Gestión

El control de gestión puede definirse como el conjunto de procedimientos orientados a medir, evaluar y verificar el desempeño de las actividades ejecutadas dentro de una organización, con el propósito de asegurar el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos. (Koontz H., Weihrichn H; Cannice M., 2012).

Desde la perspectiva administrativa, el control permite comparar los resultados obtenidos con las metas programadas, identificar desviaciones y adoptar medidas correctivas cuando sea necesario.

En el caso de la gestión de residuos de construcción y demolición, el control se enfoca en verificar que los procedimientos de segregación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final sean ejecutados conforme a los estándares técnicos y ambientales establecidos.

Asimismo, el control permite generar información confiable sobre la eficiencia de los procesos implementados, facilitando la mejora continua de la gestión.

Monitoreo de Residuos

El monitoreo constituye un proceso sistemático de observación y recopilación de información relacionado con la generación y manejo de residuos.

Su objetivo principal consiste en obtener datos actualizados que permitan evaluar el comportamiento de los residuos a lo largo de las diferentes etapas de gestión.

El monitoreo puede incluir aspectos como:

- Cantidad de residuos generados.
- Tipos de residuos producidos.
- Frecuencia de generación.
- Volúmenes almacenados.
- Cantidades recicladas.
- Cantidades valorizadas.
- Cantidades enviadas a disposición final.

La información obtenida mediante el monitoreo constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones y para la evaluación del desempeño ambiental de los proyectos.

Asimismo, permite identificar oportunidades de mejora y establecer medidas correctivas cuando se detectan incumplimientos o ineficiencias en los procesos de gestión.

Registro de Generación de Residuos

El registro de generación de residuos corresponde al proceso de documentación y almacenamiento de información relacionada con las cantidades y características de los residuos producidos durante la ejecución de una obra.

Estos registros constituyen una fuente importante de información para la gestión y control de los residuos debido a que permiten:

- Cuantificar la generación real de residuos.
- Identificar tendencias de producción.
- Evaluar la eficiencia de las estrategias implementadas.
- Verificar el cumplimiento de objetivos de reducción.
- Sustentar reportes ambientales y auditorías.

Los registros pueden realizarse mediante formatos físicos, hojas de control, bases de datos o sistemas digitales de gestión ambiental.

La precisión y actualización permanente de los registros son factores determinantes para garantizar la confiabilidad de la información utilizada en los procesos de evaluación y toma de decisiones.

Seguimiento de la Valorización de Residuos

El seguimiento de la valorización consiste en verificar y evaluar el destino de los residuos que han sido sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o recuperación.

Este proceso permite determinar el nivel de aprovechamiento alcanzado por los materiales generados durante la ejecución de las obras.

Entre los aspectos evaluados durante el seguimiento destacan:

- Cantidad de residuos valorizados.
- Tipos de materiales recuperados.
- Procesos de valorización utilizados.
- Rendimiento de los procesos de recuperación.
- Beneficios económicos obtenidos.
- Reducción de residuos enviados a disposición final.

El seguimiento adecuado permite identificar oportunidades para incrementar las tasas de valorización y mejorar la eficiencia general del sistema de gestión.

Asimismo, proporciona información relevante para evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos dentro del Plan de Tratamiento de los RCD.

Supervisión Técnica

La supervisión técnica constituye el conjunto de actividades orientadas a verificar que los procedimientos relacionados con la gestión de residuos sean

ejecutados conforme a los estándares técnicos, ambientales y normativos aplicables. (OEFA, 2023)

La supervisión puede ser realizada por personal especializado dentro de la organización o por entidades externas encargadas de verificar el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes.

Entre las principales funciones de la supervisión técnica se encuentran:

- Verificar la correcta segregación de residuos.
- Evaluar las condiciones de almacenamiento temporal.
- Controlar los procesos de transporte.
- Supervisar las actividades de reciclaje y valorización.
- Verificar el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Identificar incumplimientos y proponer medidas correctivas.

La supervisión permanente contribuye significativamente a mejorar la calidad de la gestión y reducir los riesgos asociados al manejo inadecuado de residuos.

Importancia del Control en la Gestión de los RCD

El control constituye un componente fundamental para garantizar la eficacia de los sistemas de gestión de residuos de construcción y demolición. Su implementación permite verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos, evaluar el desempeño de las actividades ejecutadas y promover procesos de mejora continua.

La ausencia de mecanismos de control adecuados puede generar pérdidas de materiales valorizables, incremento de costos operativos, incumplimiento normativo y mayores impactos ambientales.

Por el contrario, un sistema de control eficiente favorece la optimización de recursos, mejora la trazabilidad de los residuos y fortalece la sostenibilidad de los proyectos de construcción.

Por estas razones, el monitoreo de residuos, el registro de generación, el seguimiento de valorización y la supervisión técnica constituyen indicadores fundamentales para evaluar el nivel de control dentro de la gestión de los residuos de construcción y demolición.

⇒ **Dimensión 3: Eficiencia de la Gestión**

La eficiencia constituye uno de los principales criterios utilizados para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de residuos de construcción y demolición. En términos generales, la eficiencia se refiere a la capacidad de alcanzar los objetivos establecidos utilizando adecuadamente los recursos disponibles, minimizando costos, tiempos y desperdicios durante la ejecución de las actividades.

En el contexto de la gestión de los residuos de construcción y demolición, la eficiencia se encuentra relacionada con el grado de aprovechamiento de los materiales generados, la reducción de residuos destinados a disposición final y el cumplimiento de las metas establecidas dentro de los planes de gestión implementados en los proyectos de infraestructura.

Una gestión eficiente permite optimizar recursos humanos, económicos y materiales, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad de las actividades constructivas y reducir los impactos ambientales asociados a la generación de residuos.

Concepto de Eficiencia

La eficiencia puede definirse como la relación existente entre los resultados obtenidos y los recursos empleados para alcanzarlos. Desde la perspectiva de la gestión organizacional, una actividad es eficiente cuando logra cumplir sus objetivos

utilizando la menor cantidad posible de recursos y generando el máximo beneficio esperado. (Koontz H., Weihrichn H; Cannice M., 2012),

En materia de gestión de residuos, la eficiencia implica implementar procedimientos que permitan maximizar el aprovechamiento de materiales recuperables, minimizar las pérdidas de recursos y reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final.

Asimismo, la eficiencia se encuentra estrechamente vinculada con los principios de mejora continua y sostenibilidad, debido a que promueve la optimización permanente de los procesos de gestión.

Aprovechamiento de los Residuos

El aprovechamiento de residuos corresponde al conjunto de acciones orientadas a recuperar valor económico, técnico o ambiental de los materiales generados durante las actividades constructivas.

El objetivo principal del aprovechamiento consiste en reincorporar los residuos a nuevos ciclos productivos, evitando su eliminación prematura y reduciendo la necesidad de extraer nuevas materias primas.

Entre las principales modalidades de aprovechamiento se encuentran:

- Reutilización directa de materiales.
- Reciclaje de residuos.
- Recuperación de componentes reutilizables.
- Aprovechamiento energético.
- Uso de materiales reciclados en nuevas obras.

En proyectos de pavimentación rígida, el aprovechamiento del concreto demolido mediante trituración y clasificación permite obtener agregados reciclados

que pueden ser utilizados en capas de base, subbase y rellenos estructurales. (Lopez Dominguez, Perez Salazar, Garnica Anguas, & Granel Covarrubias, 2022).

El porcentaje de residuos aprovechados constituye uno de los indicadores más importantes para evaluar la eficiencia de un sistema de gestión de residuos.

Valorización de los Residuos

La valorización constituye un proceso mediante el cual los residuos adquieren nuevamente utilidad económica o técnica a través de actividades de recuperación, reutilización o reciclaje. (Mercader Moyano, 2022)

La valorización representa una de las estrategias más importantes dentro de la gestión moderna de residuos debido a que permite transformar materiales considerados desechos en recursos con potencial de uso productivo.

Entre los beneficios asociados a la valorización destacan:

- Reducción de residuos enviados a disposición final.
- Disminución del consumo de recursos naturales.
- Reducción de costos de adquisición de materiales.
- Incremento de la sostenibilidad de los proyectos.
- Generación de beneficios económicos.

La valorización de residuos de construcción y demolición constituye actualmente una práctica ampliamente promovida por organismos internacionales debido a su contribución a la economía circular y al desarrollo sostenible.

Reducción de Residuos Enviados a Disposición Final

Uno de los principales objetivos de la gestión eficiente de residuos consiste en reducir progresivamente la cantidad de materiales destinados a disposición final.

La reducción de residuos enviados a rellenos sanitarios o instalaciones autorizadas se logra mediante la implementación de estrategias de:

- Segregación en origen.
- Reutilización de materiales.
- Reciclaje.
- Recuperación de componentes.
- Valorización de residuos.

La disminución de residuos destinados a disposición final permite prolongar la vida útil de las infraestructuras de confinamiento, reducir costos operativos y minimizar los impactos ambientales asociados al transporte y almacenamiento de residuos.

Por esta razón, la reducción de residuos enviados a disposición final constituye uno de los indicadores más utilizados para medir la eficiencia de los sistemas de gestión de RCD.

Cumplimiento de Objetivos de Gestión

El cumplimiento de objetivos representa el grado en que los resultados obtenidos coinciden con las metas establecidas durante la fase de planificación de la gestión.

La evaluación del cumplimiento de objetivos permite determinar la efectividad de las estrategias implementadas y medir el desempeño general del sistema de gestión de residuos.

Entre los objetivos más frecuentes dentro de los planes de gestión destacan:

- Incrementar el porcentaje de residuos valorizados.
- Reducir la generación de residuos.
- Mejorar la segregación en origen.
- Incrementar las tasas de reciclaje.
- Reducir los costos asociados a la gestión.

- Garantizar el cumplimiento normativo.

La medición periódica de estos objetivos permite identificar oportunidades de mejora y fortalecer los procesos de toma de decisiones.

Mejora Continua de la Gestión

La mejora continua constituye un principio fundamental de los sistemas modernos de gestión y se basa en la búsqueda permanente de oportunidades para optimizar el desempeño organizacional. (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015)

En la gestión de residuos de construcción y demolición, la mejora continua implica evaluar constantemente los resultados obtenidos, identificar deficiencias y aplicar medidas correctivas orientadas a incrementar la eficiencia de los procesos.

La implementación de programas de mejora continua permite:

- Incrementar el aprovechamiento de residuos.
- Reducir costos operativos.
- Mejorar el cumplimiento de la normativa.
- Fortalecer los mecanismos de control.
- Optimizar el desempeño ambiental de los proyectos.

Asimismo, la mejora continua favorece la consolidación de una cultura organizacional orientada hacia la sostenibilidad y el uso responsable de los recursos.

Importancia de la Eficiencia en la Gestión de los RCD

La eficiencia constituye uno de los pilares fundamentales para garantizar el éxito de los sistemas de gestión de residuos de construcción y demolición. Su adecuada evaluación permite determinar el grado de aprovechamiento alcanzado, medir la efectividad de las estrategias implementadas y promover la optimización permanente de los procesos de gestión.

En consecuencia, indicadores como el porcentaje de residuos aprovechados, el nivel de valorización alcanzado, la reducción de residuos enviados a disposición final y el cumplimiento de los objetivos de gestión constituyen herramientas fundamentales para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de residuos en proyectos de infraestructura vial.

3.3. Definición de términos:

- **Planificación integral**: Incluir desde el inicio del proyecto estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de residuos.
- **Economía circular**: Fomentar la reincorporación de materiales reciclados a nuevas obras, lo que reduce costos y dependencia de materias primas vírgenes.
- **Incentivos fiscales o financieros**: Para empresas que gestionen adecuadamente sus residuos o inviertan en tecnologías limpias.
- **Educación y capacitación**: Del personal técnico y de obra en manejo eficiente de los RCD.
- **Alianzas público-privadas**: Para desarrollar plantas de tratamiento de residuos, centros de acopio y puntos verdes.
- **Efectos operativos de los residuos de construcción y demolición**

  Los residuos de construcción y demolición (RCD) representan una de las fracciones más grandes dentro de los residuos sólidos generados a nivel mundial. Su mala gestión no solo afecta al medio ambiente o genera costos económicos, sino que también impacta directamente en la operatividad de las obras. La acumulación, manipulación, transporte y disposición inadecuada de estos materiales puede entorpecer procesos constructivos, generar riesgos laborales, reducir la eficiencia en obra y afectar los cronogramas establecidos.

Esta monografía aborda los principales efectos operativos que generan los RCD en los proyectos de edificación y desarrollo urbano.

- **Tipos de efectos operativos**

  a. Obstrucción de áreas de trabajo

  La acumulación de residuos en zonas activas de obra genera interferencias físicas que dificultan el movimiento de trabajadores, maquinarias y materiales. Esto puede provocar retrasos en las actividades programadas, incrementar los tiempos de ejecución y afectar la productividad general del proyecto.

  b. Desorganización y pérdida de eficiencia

  La falta de una estrategia clara para clasificar, almacenar o evacuar los residuos genera desorden operativo. El descontrol en la logística de residuos contribuye a que se pierda tiempo en tareas improductivas como el despeje constante de zonas de trabajo o la búsqueda de accesos alternos.

  c. Aumento de los riesgos laborales

  Los residuos dispersos o mal almacenados representan un riesgo directo para la seguridad del personal. Clavos, vidrios, bordes cortantes, polvo o materiales pesados pueden causar accidentes como caídas, cortaduras, esguinces o inhalación de partículas nocivas. Esto puede derivar en lesiones, paralización de actividades y mayores costos por atención médica o sanciones legales.

  d. Incremento en el uso de recursos logísticos

  La gestión deficiente de residuos implica mayores requerimientos de maquinaria, mano de obra y tiempo para su recolección, traslado y disposición. Esto afecta la asignación de recursos, ya que se desvía personal y equipos que podrían estar ejecutando tareas productivas.

e. Retraso en la cadena de suministro

En obras donde no se establece un adecuado sistema de salida de RCD, estos pueden ocupar áreas clave como accesos, zonas de carga y descarga, lo cual afecta la fluidez del abastecimiento de materiales. Este cuello de botella retrasa actividades críticas y genera descoordinación entre etapas del proyecto.

f. Impacto en la calidad del trabajo

Cuando se trabaja en entornos desordenados o saturados de residuos, es más probable que se produzcan errores en la ejecución, disminuyendo la calidad final de la obra. También puede afectar el control de calidad, dificultando inspecciones y supervisiones técnicas.

g. Relevancia del manejo operativo en los RCD

Un manejo operativo eficiente de los RCD mejora notablemente la productividad en obra, la seguridad, la eficiencia logística y la calidad del trabajo. Además, permite un mejor uso del espacio y la planificación de actividades, asegurando el cumplimiento de plazos sin sobrecostos innecesarios. Para lograr esto, es esencial la implementación de planes de manejo de residuos, cronogramas de evacuación, señalización, zonas de acopio temporal y personal capacitado.

h. Normativa relacionada

El Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA del Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción, vigente en Perú, establece la obligación de elaborar un Plan de Manejo de RCD como parte de los estudios ambientales del proyecto. Este plan debe prever los aspectos operativos, desde la generación hasta la disposición final, minimizando su impacto en la ejecución de obra.

IV. Metodología

En esta investigación, el método empleado será el Hipotético – Deductivo - Inductivo. Para lo cual se ha planteado la hipótesis siguiente: El Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) contribuye en la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

El método empleado “Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos” (Bernal, 2018).

4.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel descriptivo-propositivo, con diseño no experimental. No se creó ninguna situación ni se manipularon deliberadamente las variables de estudio; los datos fueron recolectados en campo durante el período de ejecución de obras en la provincia de Cusco, con el propósito de describir las características actuales de la generación y gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y proponer estrategias de manejo sostenible aplicables al contexto local. (Méndez Álvarez, 2018).

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. *Ámbito de influencia espacial de la tesis*

- ***Ubicación geográfica***

La tesis denominada “Planeamiento y gestión de materiales de demolición en obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco”, dentro de la ciudad del Cusco, integrando al distrito de San jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y el propio distrito de Cusco.

Tabla 2.

Cuadro de ubicación de investigación de la tesis

	Ubicación geográfica
Región	: Cusco
Provincia	: Cusco
Distritos	: San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq; Santiago y Cusco.
Altitud	: 3380.00 m.s.n.m.m.
Coordenadas UTM	: N: 182922.27; E: 8505256.71

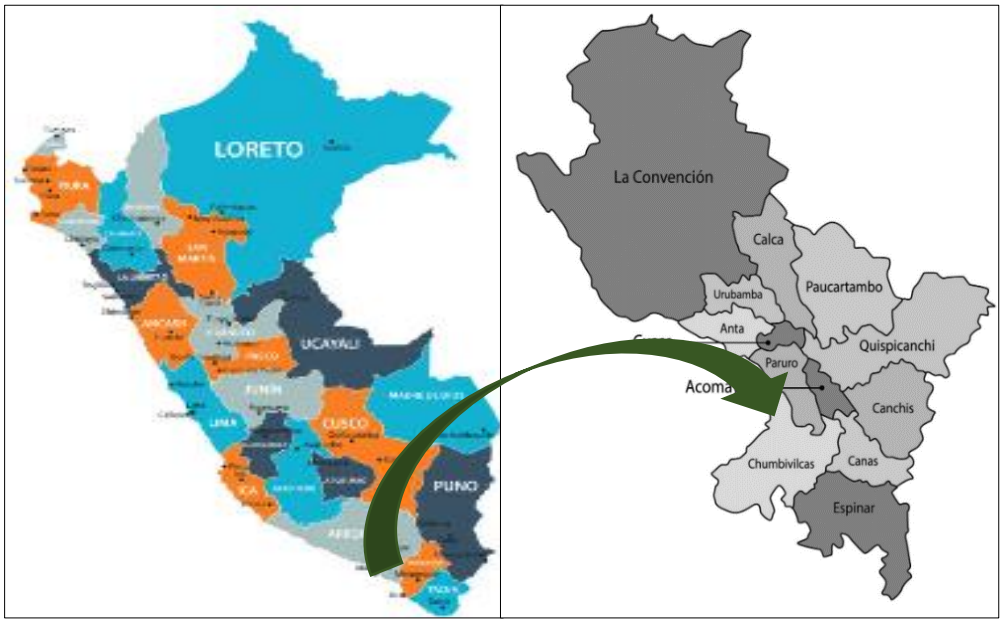
Nota. La presente investigación se desarrolla en la región Cusco, ubicada al sur del territorio peruano, específicamente en la provincia y distritos mencionados.

Fuente: Elaboración propia.

La tesis de investigación se encuentra dentro de la región Cusco al sur del territorio peruano, en la provincia del mismo nombre, en el cual las áreas de investigación integran a los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Santiago y Cusco como distrito.

Figura 1.

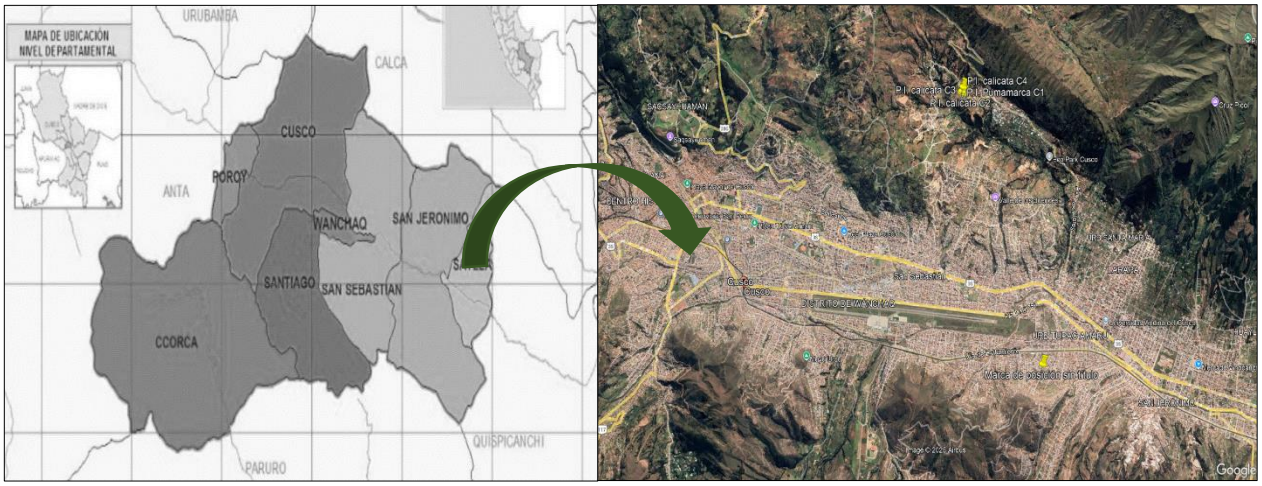
Ubicación de la Investigación a nivel departamental



Nota. Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Figura 2.

Ubicación de la investigación a nivel distrital y provincial



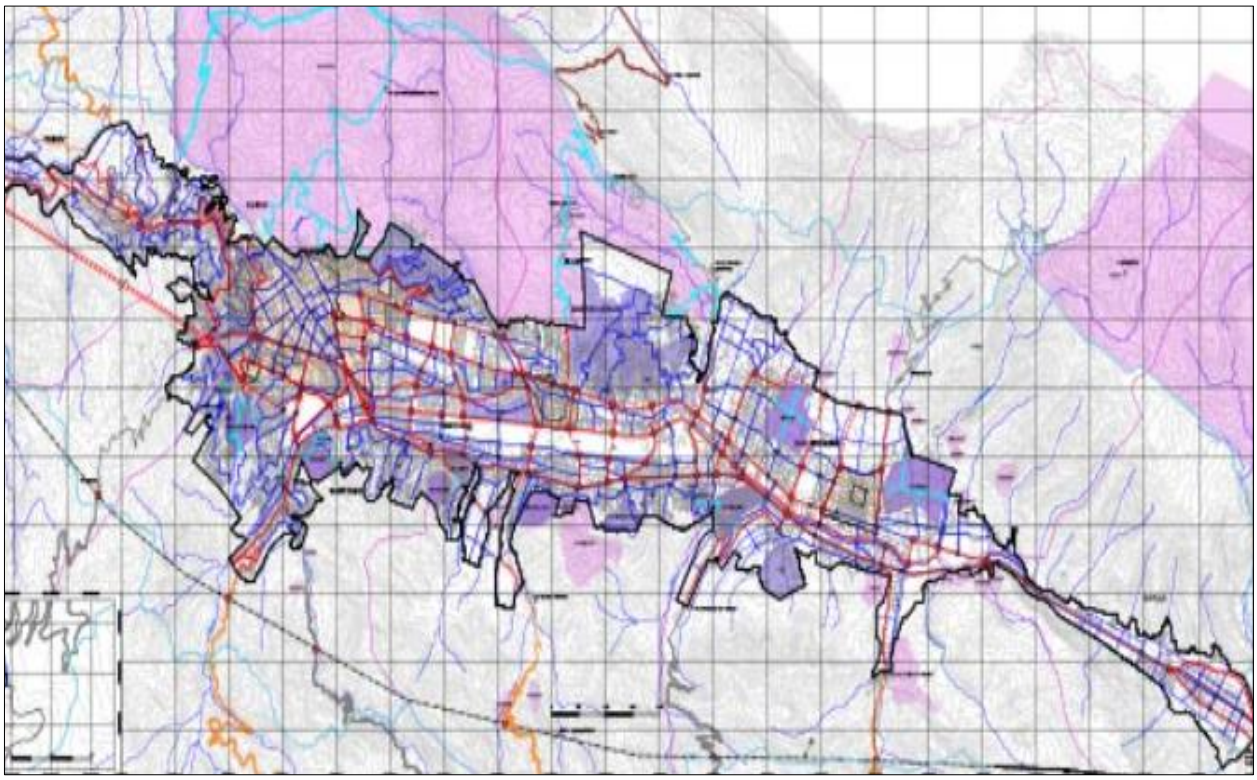
Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- ***Zonificación del área de estudio***

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de la provincia del Cusco, la zonificación presenta cierta característica, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.

Zonificación del área de estudio



Nota: Fuente: Imagen obtenida y proporcionada de ingemmet.

Tabla 3.

Tabla de zonificación de elminación de los RCD

Zona / Categoría	Descripción	Implicación sobre botaderos / RCD
ZPA-1 (Zona de Protección Ambiental 1)	Riberas de ríos como Huatanay, Cachimayo, y áreas de botadero como San Antonio, señaladas para recuperación ambiental.	Prohibida disposición o generación de botaderos; requieren tratamiento especial y clausura si existen.
ATE (Área de Tratamiento Especial)	Incluye cauces de ríos contaminados y botaderos activos como el de San Antonio.	No permite habilitación urbana; debe incluir proyectos de remediación o forestación.
AG (Área Agrícola)	Tierras agrícolas protegidas alrededor del perímetro urbano.	No se autorizan botaderos ni expansión urbana en estas áreas.
ARE (Área de Reserva Ecológica)	Parques metropolitanos, espacios verdes, zonas de forestación como Angostura y Poroy.	Restricción total a botaderos.
ZA (Zona de Patrimonio Arqueológico)	Sitios arqueológicos y monumentales intangibles.	No se permiten botaderos ni actividades destructivas.
APE (Área de Protección Ecológica)	Zonas con flora nativa protegida, consideradas intangibles.	Exclusión de botaderos; requiere salvaguarda ambiental.
Áreas de Promoción Urbana	Espacio apto para uso urbano actual o expansión proyectada.	Potenciales para instalaciones legales de disposición controlada o zonas de tratamiento.

Nota: Información adaptada con base en los criterios de zonificación ambiental e implicaciones de disposición de residuos de construcción y demolición (RCD).

Fuente: Elaboración propia.

La ciudad del Cusco, presenta sector determinados como botaderos en todos los alrededores de los diferentes distritos, tal y como se muestran en los cuadros. Sobre todo, en la Rivera del Río Huatanay.

- ***Extensión de la investigación***

Los fines de investigación de la presente tesis se enmarcan en el Planeamiento y gestión de materiales de demolición en obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

El ámbito temporal de la presente investigación está basado en el año 2025, dando inicio en abril del 2025 con la etapa de formulación del Pla de Investigación y culminándose el informe final de tesis de Grado en este mes de Julio del presente.

4.2.2. Nivel de Investigación

El alcance de la presente investigación es de carácter descriptivo de enfoque cuantitativo.

La investigación descriptiva-propositiva es un método que busca, en primer lugar, caracterizar y detallar las propiedades, rasgos y dinámicas de un fenómeno o población particular en su estado actual. Posteriormente, a partir del diagnóstico obtenido, el investigador diseña y fundamenta una propuesta teórica, modelo o plan de acción orientado a transformar, mejorar o solucionar la problemática identificada. (Ñaupas Paitán, 2018).

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población en un proyecto de investigación es el conjunto de elementos o individuos que comparten características comunes y son objeto de estudio. También se le conoce como población de estudio. (López & Pedro, 2022)

La población está constituida por los diferentes botaderos formales y no formales de RCD dentro de la provincia del Cusco, que integran específicamente a los distritos de San Sebastián, San Jerónimo, Santiago, Wánchaq y el propio distrito del Cusco.

4.3.2. Muestra

La muestra es un subconjunto de la población total que se selecciona para estudiar y hacer inferencias sobre el resto. (López & Pedro, 2022)

La Muestra se tomó en las obras en ejecución y botaderos dentro de la jurisdicción de los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wánchaq, Santiago y Cusco.

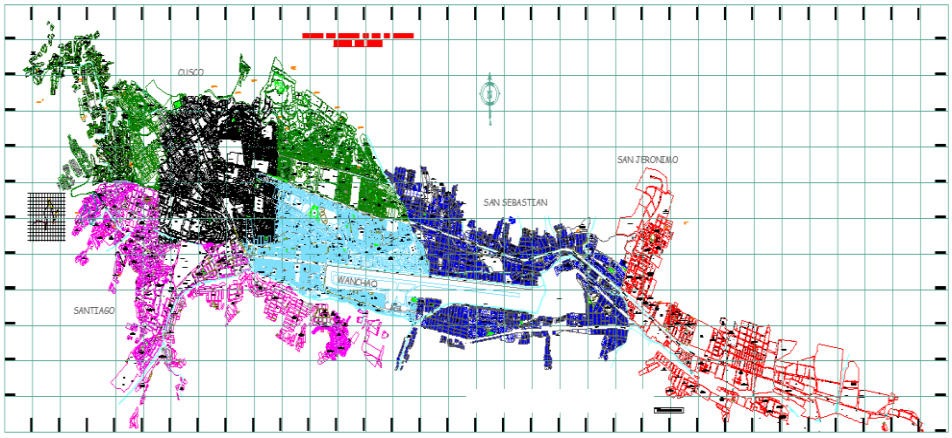
4.3.3. Muestreo

El muestreo es una técnica estadística que se utiliza en un proyecto de investigación para analizar y obtener conclusiones sobre un tema a partir de un subgrupo de elementos. La idea es que las conclusiones obtenidas de la muestra sean válidas para toda la población, es decir, que se generalicen a todo el grupo de elementos. (López & Pedro, 2022)

El muestreo se realizó en puntos estratégicos en el cual se pudieron identificar Obras Públicas de pavimento rígido en ejecución y botaderos dentro de la ciudad del cusco (Distrito de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Santiago y Cusco).

Figura 4.

Zonificación Catastral de los distrito en estudio



Nota: Realizado en AutoCAD Map 3D. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.

Cuadro de recolección de información

Distrito	Botaderos informales	Botaderos formales	Obras viales en ejecución	Obras en demolición	Puntos de gestión de los residuos
San Jerónimo	3	0	2	7	1
San Sebastián	3	0	2	5	1
Wánchaq	1	0	2	6	1
Santiago	3	1	2	4	1
Cusco	1	0	2	3	1

Nota: Datos obtenidos de la recopilación sobre infraestructura, obras y puntos de control de residuos en los distritos evaluados. Fuente: Elaboración propia

4.4. Instrumentos

⇒ **Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos está dado por fichas de laboratorio donde nos permite la recolección de datos de forma sistemática y ordenada de las pruebas o ensayos realizados.

En el presenta trabajo de investigación, los instrumentos metodológicos se encuentran en los anexos.

⇒ **Instrumentos de ingeniería**

- ***Herramientas Manuales***

  Herramientas manuales básicas para recolectar residuos en obras o botaderos.

Figura 5.

Herramientas manuales



- ***Bolsas o contenedores de etiquetados***

  Se utilizan para almacenar y transportar muestras de manera organizada.

  Las bolsas o contenedores de etiquetas son elementos utilizados para organizar, proteger y almacenar etiquetas en diversos contextos industriales,

comerciales o de laboratorio. El término puede variar dependiendo del sector, pero aquí te explico sus posibles usos más comunes.

Figura 6.

Bolsas o contenedores de etiquetados



- ***Horno eléctrico***

El Horno eléctrico es un instrumento que tiene como objetivo principal quitar la humedad del material mediante la evaporación del agua expuesto a una temperatura constante de 105 °C. (Recomendable no superar esta temperatura para no alterar la composición de la muestra).

Figura 7*.*

Horno eléctrico



- **Cuadrante de muestreo**

Marco cuadrado que delimita un área para hacer el muestreo representativo.

Figura 8.

Cuadrante de muestreo



- ***Tamices ASTM***

El ensayo de granulometría requiere el uso de una serie de tamices bajo estándares de la norma, mediante el cual se pone a tamizar la muestra de suelos para su posterior clasificación, la serie de tamices están enumerados de forma: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo, el tamiz N° 200 es el más pequeño.

Figura 9.

Tamices para granulometría



- ***Agitador mecánico de tamices***

Este instrumento nos permite realizar el tamizado de una muestra, el agitador genera un movimiento vertical para que las partículas del suelo más pequeñas pasen al siguiente tamiz.

Figura 10.

Agitador eléctrico de tamices normalizados



- ***Prensa Hidráulica***

Una prensa hidráulica para briquetas es una máquina que utiliza un sistema hidráulico para comprimir materiales sueltos (como aserrín, viruta metálica, residuos agrícolas, biomasa, papel, entre otros) y convertirlos en briquetas compactas. Estas briquetas se utilizan generalmente como combustible sólido, aunque también pueden servir para facilitar el almacenamiento o el reciclaje de materiales.

Figura 11.

Prensa hidráulica



- ***Molino de Laboratorio***

Un molino de laboratorio para concretos es un equipo utilizado en laboratorios de materiales de construcción (principalmente en obras civiles e ingeniería) para triturar, moler o reducir el tamaño de las muestras de concreto endurecido, mortero u otros materiales de construcción, con fines de análisis y ensayo.

Figura 12.

Molino de laboratorio



4.5. Procedimientos

La gestión ambiental consiste en actividades orientadas a conservar, proteger y mejorar el medio ambiente, respaldadas por normativas, y en las que participan actores públicos, privados y la sociedad civil. Este campo puede analizarse desde diversas perspectivas, como amenazas e impactos ambientales o el entorno rural. Para llevarla a la práctica, se requieren métodos efectivos, siendo uno de los más destacados la economía circular, que busca reemplazar el modelo lineal de producir, consumir y desechar, con el fin de evitar el agotamiento de los recursos.

Figura 13.

Esquema de la economía lineal



4.5.1. Procedimiento del muestreo e identificación de los RCD.

Tomando en consideración las áreas geográficas de los distritos de San jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Santiago y Cusco, se procedió a identificar los puntos críticos de generación de residuos RCD, tomando en cuenta los sectores donde se inician las demoliciones para obra nueva o simplemente para limpieza integral.

Figura 14.

Vista de demolición de obra en el distrito de Wanchaq



Figura 15.

Vista de demolcicón de Obra en el distrito de San Sebastian.



4.5.2. Planificación y diagnóstico del RCD previo a la Obra.

La planificación y diagnóstico del RCD previo a la obra se refiere al proceso de identificar, evaluar y planificar la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) antes de iniciar una obra de construcción, reforma o demolición.

Este proceso es clave para asegurar una correcta gestión ambiental, legal y económica de los residuos, y suele estar regulado por normativas locales o nacionales.

- Identificación de los tipos y cantidades estimadas de residuos.
- Elaboración de un Plan de Gestión de RCD.
- Clasificación de residuos: peligrosos, no peligrosos, reciclables, reutilizables.

4.5.3. Separación de origen del RCD.

La separación en origen del RCD (Residuos de Construcción y Demolición) es el proceso mediante el cual los residuos generados en una obra se clasifican y separan en el mismo lugar donde se producen, es decir, en el sitio de la construcción, demolición o reforma.

Consistencia:

Implica colocar los diferentes tipos de residuos en contenedores o espacios específicos, según su naturaleza, para facilitar su posterior reutilización, reciclaje o correcta disposición final.

Objetivos:

Reducir la cantidad de residuos mezclados, lo que facilita su tratamiento.

- Mejorar la eficiencia del reciclaje y recuperación de materiales.
- Evitar la contaminación cruzada, especialmente con residuos peligrosos.
- Cumplir con la normativa ambiental vigente.

- Separación de los residuos desde el punto de generación (obra).
- Uso de contenedores diferenciados por tipo de residuo (escombros, metales, madera, etc.).

Figura 16.

Vista de la separación de los restos del RCD no valorizados.



4.5.4. Almacenamiento temporal en Obra.

El almacenamiento temporal en obra de los RCD (Residuos de Construcción y Demolición) es el proceso de guardar de forma segura y ordenada los residuos generados durante la ejecución de una obra, antes de su transporte definitivo a una planta de reciclaje, valorización o vertedero autorizado.

Justificación de la necesidad:

El almacenamiento temporal permite:

- Facilitar la separación en origen.

- Evitar la acumulación desordenada de residuos.
- Prevenir impactos ambientales y riesgos para la salud y seguridad.
- Cumplir con la normativa ambiental y de residuos.

4.5.5. Transporte Autorizado de los RCD

Transportar los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en vehículos autorizados implica cumplir con una serie de requisitos técnicos, legales y de seguridad para asegurar que el traslado se realice de forma controlada, segura y conforme a la normativa ambiental vigente

Consideraciones:

- Utilizar un trasporte autorizado.
- Vehículos adecuados para el tipo de residuo.
- Clasificación y separación previa.
- Carga segura.
- Documentación Obligatoria.
- Destino final: Gestor autorizado.

4.5.6. Valorización de Residuos RCD

- Reutilización de materiales en la misma obra (por ejemplo, madera o bloques enteros).
- Reciclaje mediante el envío a plantas especializadas (áridos reciclados, metales, plásticos, etc.).

4.5.7. Eliminación de residuos no valorizados.

- Disposición final segura en rellenos sanitarios o vertederos autorizados.
- Especial cuidado con residuos peligrosos (como pinturas, solventes, amianto).

4.5.8. Control, seguimiento y documentación.

- Registro de volúmenes, tipos de residuos y destino final.
- Entrega de manifiestos o certificados de disposición según normativa local.

4.5.9. Evaluación y mejora continua.

- Análisis posterior del manejo de residuos.
- Identificación de oportunidades para reducir, reutilizar o reciclar más eficientemente en futuros proyectos.

4.6. Análisis de datos

Programa de investigación y exploración de campo

Se realizó la exploración de campo a través de la identificación de los diferentes puntos de extracción y puntos de eliminación de los RCD, tomando en cuenta las áreas de los distritos mencionados textos arriba dentro de la ciudad del Cusco.

Procesamiento de datos (cálculo).

El procesamiento de datos en la investigación es el proceso de recopilación de datos y su transformación en información utilizable para múltiples partes interesadas. Aunque los datos pueden verse de muchas maneras y a través de varios objetivos, el procesamiento de datos ayuda a probar o refutar teorías, a tomar decisiones o incluso a avanzar en la mejora del Planeamiento. (questionpro logo, 2023).

El procesamiento de cálculo para la obtención de resultados de la presente investigación se encuentra en los anexos adjuntos.

4.7. Consideraciones éticas

En la presente investigación, no se ha presentado ninguna situación controversial que haya podido afectar la ética.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

- **Resumen de resultados**

  Resultados del Plan de Intervención de residuos de Construcción y Demolición.

  Resultados del Plan de Intervención del RCD en la Jurisdicción del distrito de San jerónimo.

  a. **Proyecto: Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau (comunidad Picol Orcconpucyo).**

     El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la Obra denominada “Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau (comunidad Picol Orcconpucyo”, en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las veredas del sector derecho de la calle Rau Rau, donde se evidencia infraestructura privada de uso público construida por los vecinos como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 5.

Identificación y estimación del RCD en la Obra "Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau comunidad Picol Orcconpucyo" de la jurisdicción del Distrito de San jerónimo.

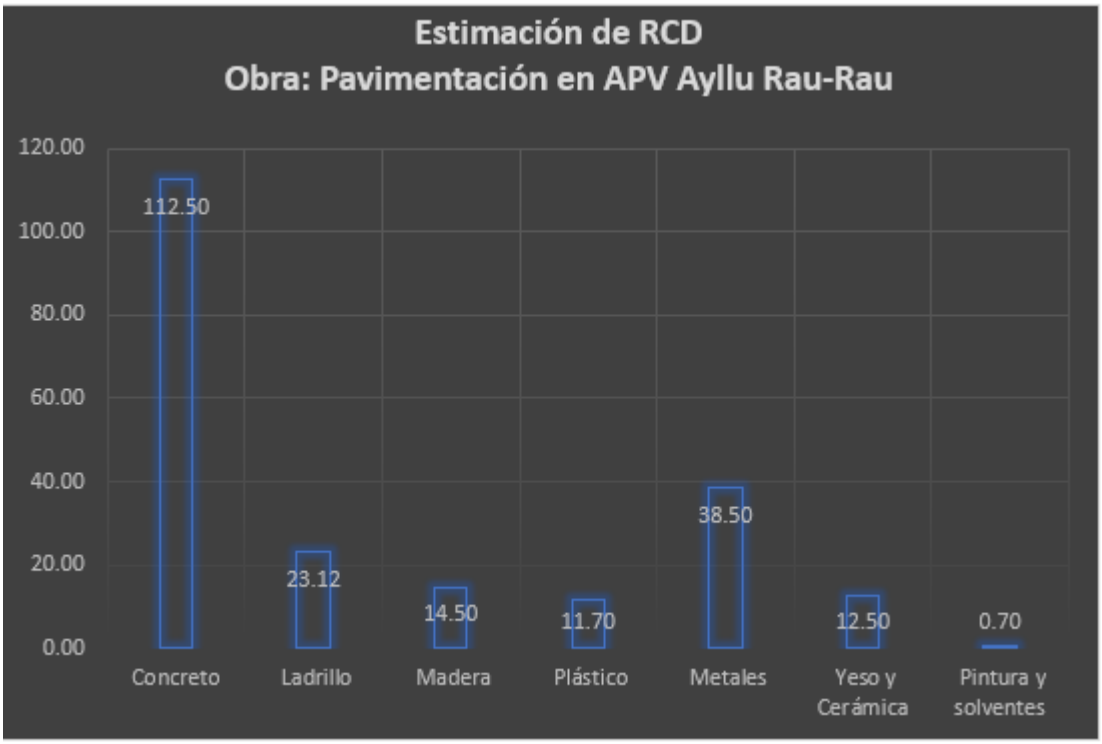
Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	112.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	23.12	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	14.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	11.70	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	38.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	12.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.70	Empresa autorizada

Nota: Datos obtenidos de la recopilación sobre infraestructura, obras y puntos de control de residuos en los distritos evaluados. Fuente: Elaboración propia

De los cuales a través de un análisis comparativo de resultados de la tipología de RCDs generados se puede evidenciar que el de mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 17.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau comunidad Picol Orcconpucyo" de la jurisdicción del Distrito de San Jerónimo.



b. Proyecto: Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la Obra denominada "Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV

Casuarinas Sur y APV Altiva Canas", en el cual, si bien no representa expresamente un mejoramiento de transitabilidad vehicular, su funcionalidad peatonal nos permite incluirlo en la presente investigación en el cual se muestra los siguientes resultados:

Tabla 6.

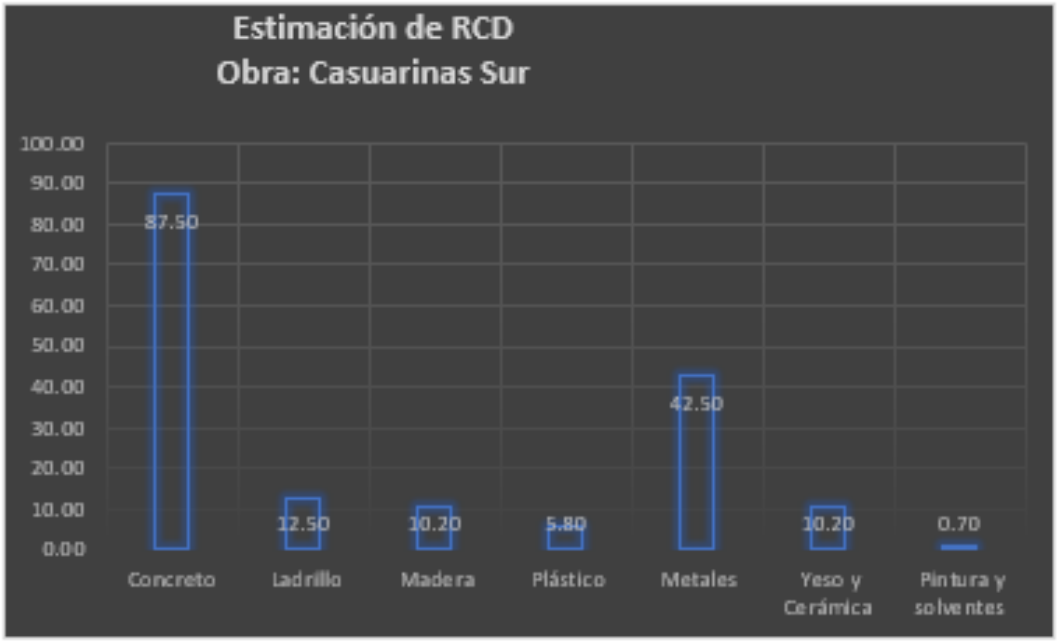
Identificación y estimación del RCD en la Obra ""Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas" de la jurisdicción del Distrito de San jerónimo.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	87.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	12.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	10.20	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	5.80	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	42.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	10.20	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.70	Empresa autorizada

De los cuales a través de un análisis comparativo de resultados de la tipología de RCDs generados, también se puede evidenciar que el de mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas".



c. Proyecto: Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de san jerónimo.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de RCD de una actividad específica de demolición. Si bien, esta actividad no es una Obra pública, así mismo, si bien no es precisamente de la demolición de una pavimentación, la presencia significativa de restos de concreto nos permite incluirlo en la presente investigación según se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 7.

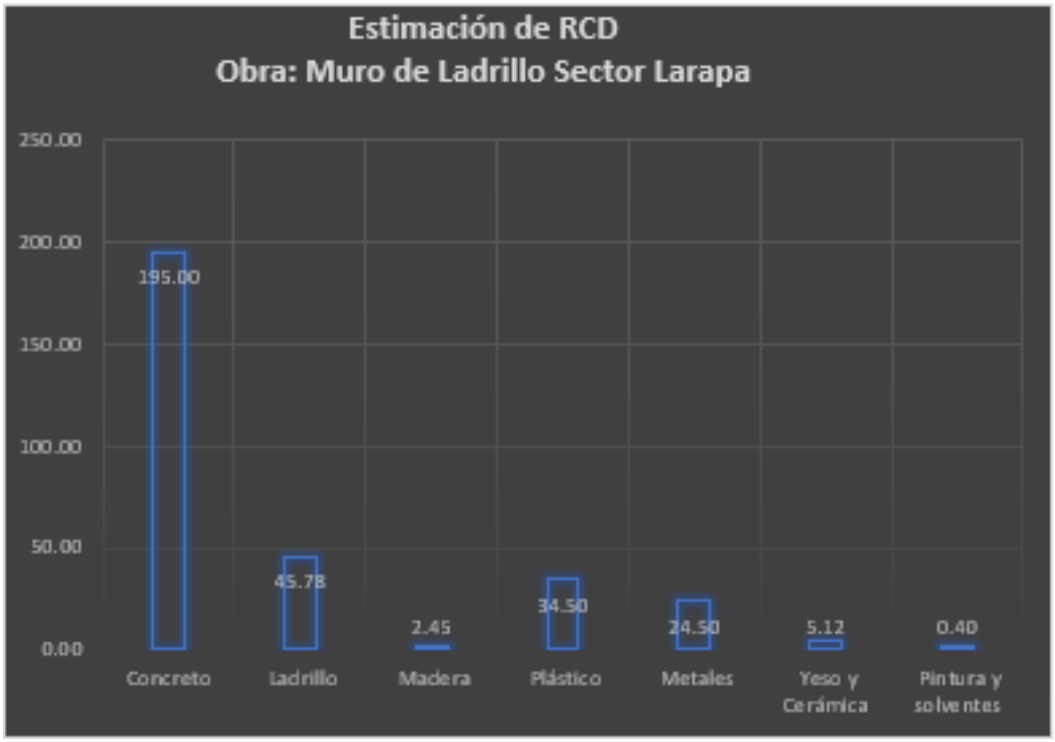
Identificación y estimación del RCD en la Obra ""Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de san jerónimo.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m³ o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	195.00	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	45.78	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	2.45	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	34.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	24.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	5.12	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.40	Empresa autorizada

De los cuales a través de un análisis comparativo de resultados de la tipología de RCDs generados, también se puede evidenciar que el de mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 19.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de san jerónimo".



Resultados del Plan de Intervención del RCD en la Jurisdicción del distrito de San Sebastián.

a. **Proyecto: Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastían - Cusco**

   El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la Obra denominada "Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastián - Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las calles e intersecciones de la A.P.V. Villa, ubicado al noreste del distrito de

San Sebastián, donde se evidencia infraestructura privada de uso público construida por los vecinos como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 8.

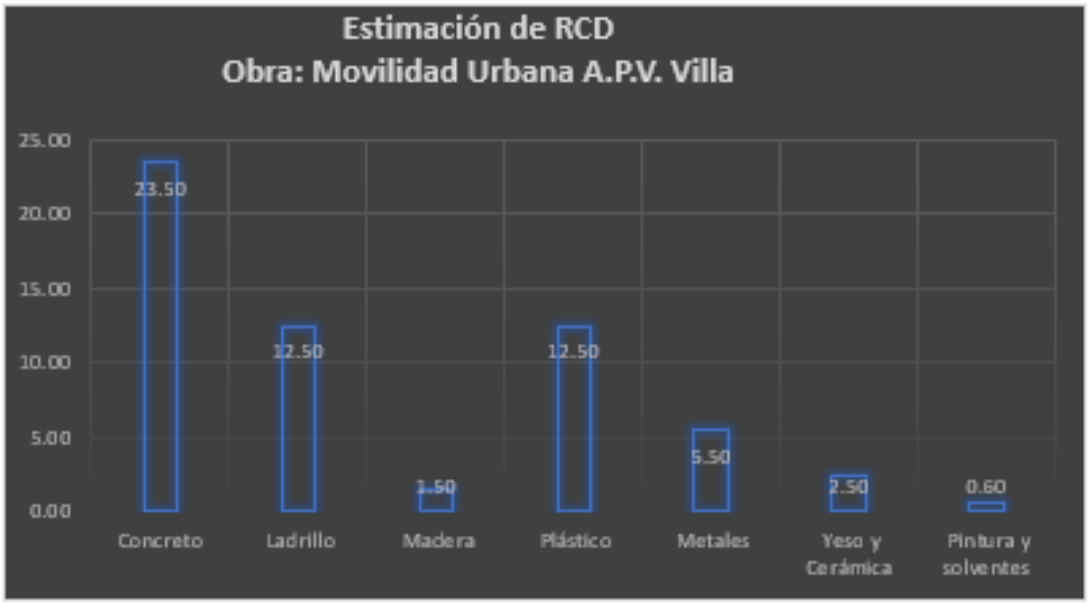
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastián - Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	**Descripción**	**Estimación (m³ o ton)**	**Destino Propuesto**
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	23.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	12.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	1.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	12.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	5.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	2.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.60	Empresa autorizada

De los cuales a través de un análisis comparativo de resultados de la tipología de RCDs generados, también se puede evidenciar que el de mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 20.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa, distrito de San Sebastián - Cusco".



b. Proyecto: Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025).

Este proyecto, fue desarrollado de manera informal en la A.P.V. Ununchis, si bien no forma parte de un proyecto de inversión pública o actividad programada por el distrito de San Sebastián Este fue ejecutado por Orden Judicial debido al riesgo de peligro común y las condiciones antitécnicas que presentaba. El proceso de demolición fue realizado de manera abrupta, en el cual se pudo identificar y estimar los siguientes RCD:

Tabla 9.

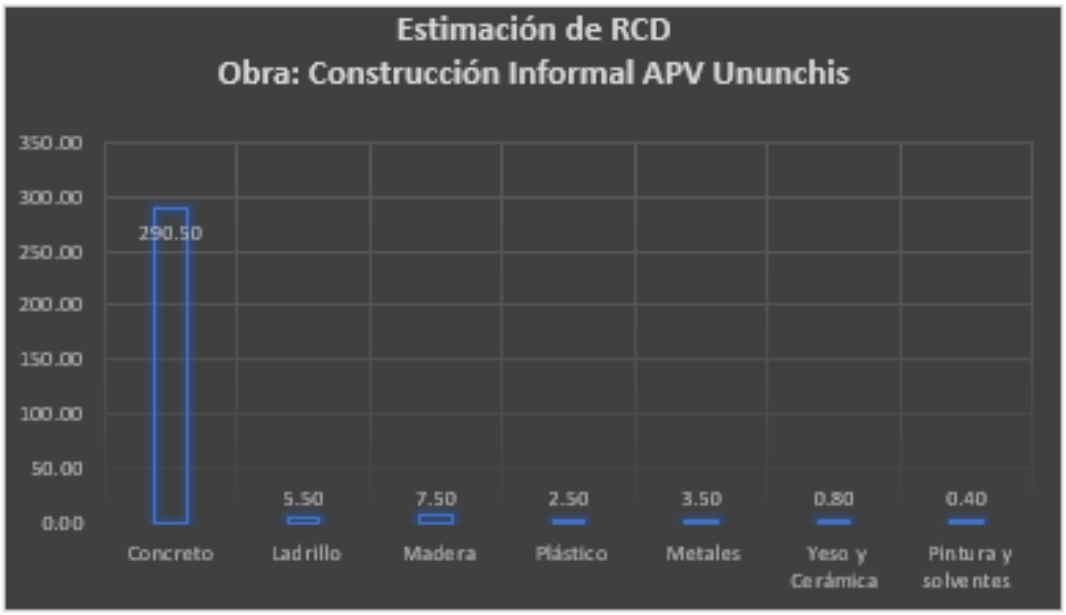
Identificación y estimación del RCD en la Obra ““Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025)” de la jurisdicción del Distrito de San Sebastián.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m³ o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	290.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	5.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	7.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	3.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	0.80	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.40	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 21.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis (abril 2025).".



c. Proyecto: Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión) - Forzada por la Municipalidad distrital de Santiago.

Este proyecto, tambien fue desarrollado de manera informal en la A.P.V. Alto Qosqo – Sector de San Hilarión, si bien no forma parte de un proyecto de inversión pública o actividad programada por el distrito de San Sebastián Este fue ejecutado por Orden Judicial debido al riesgo de peligro común y las condiciones antitécnicas que presentaba. El proceso de demolición fue realizado de manera abrupta, en el cual se pudo identificar y estimar los siguientes RCD:

Tabla 10.

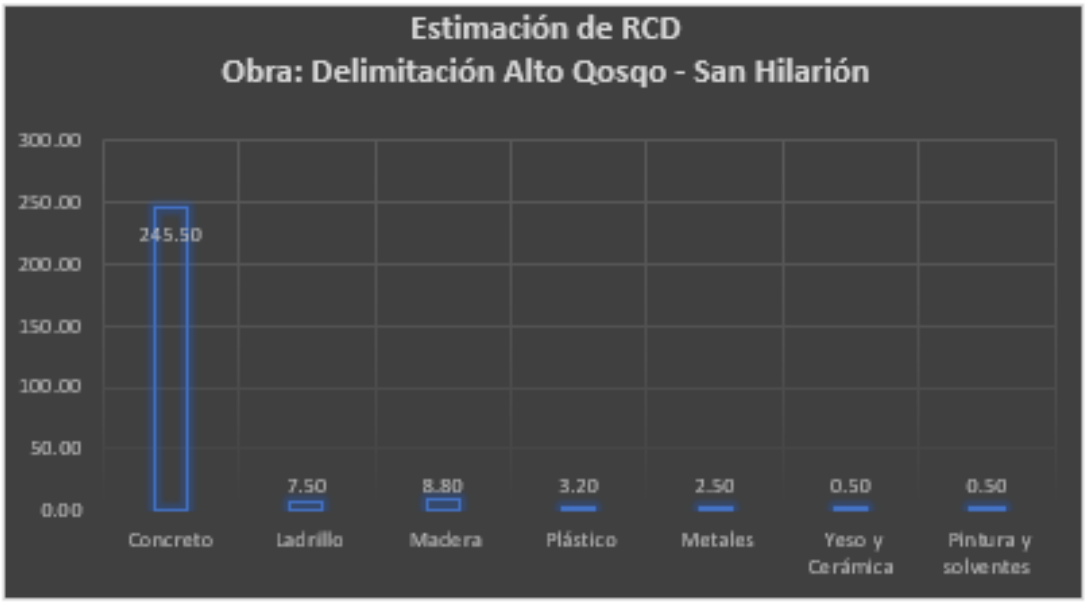
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión) - Forzada por la Municipalidad distrital de Santiago".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	245.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	7.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	8.80	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	3.20	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	2.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	0.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.50	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 22.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión)".



Resultados del Plan de Intervención del RCD en la Jurisdicción del distrito de Wanchaq.

a. **Proyecto: Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas.**

   El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las

calles e intersecciones de Av. Micaela Bastidas y Chachacomayoc, ubicado al noreste del distrito de Wanchaq.

Tabla 11.

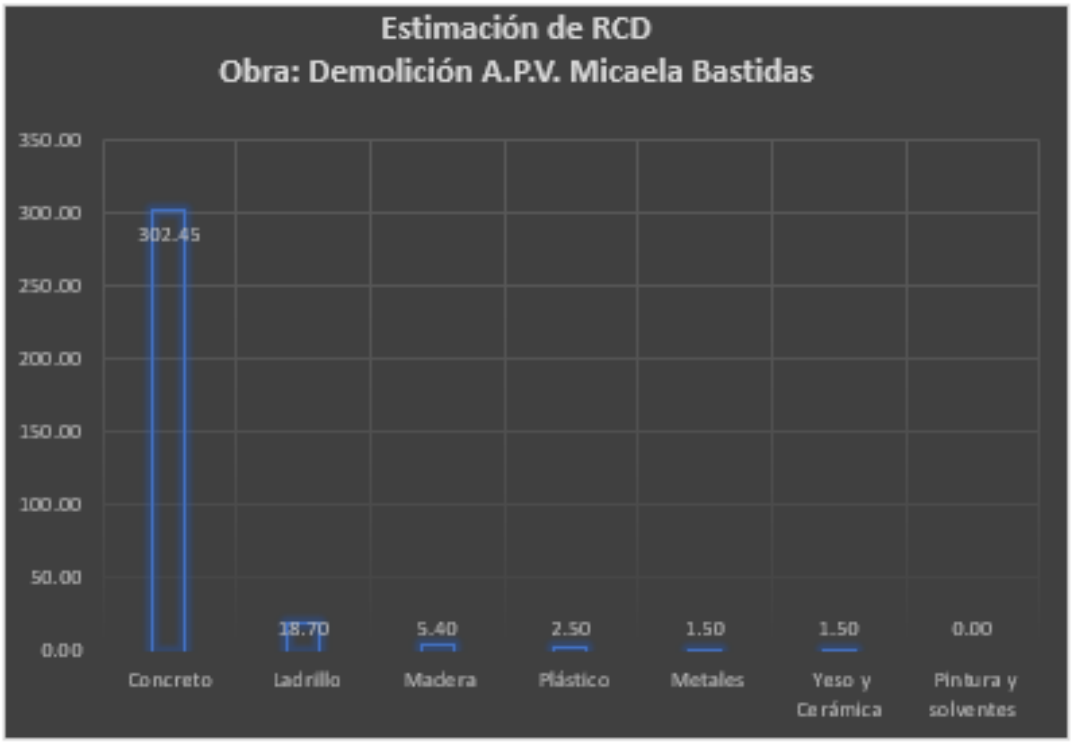
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	302.45	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	18.70	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	5.40	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	1.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	1.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 23.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas".



b. Proyecto: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la obra de inversión pública denominada "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en el

pavimento, identificando y estimando las siguientes cantidades de RCD:

Tabla 12.

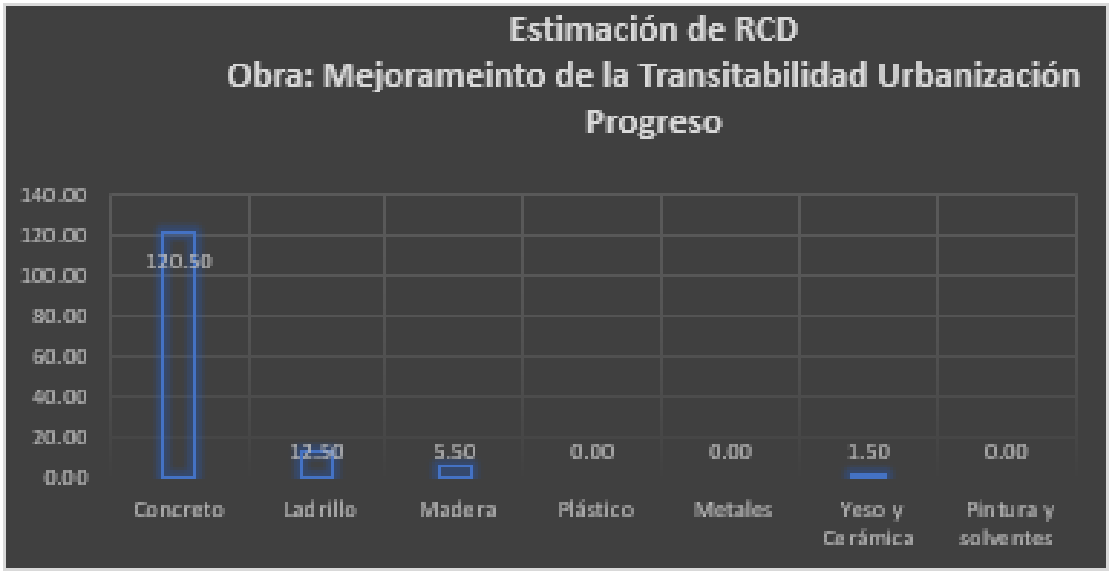
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	120.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	12.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	5.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	0.00	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	0.00	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	1.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 24.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P), distrito de Wanchaq, Cusco".



c. Proyecto: Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la obra de inversión pública denominada "Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en el pavimento, identificando y estimando las siguientes cantidades de RCD:

Tabla 13.

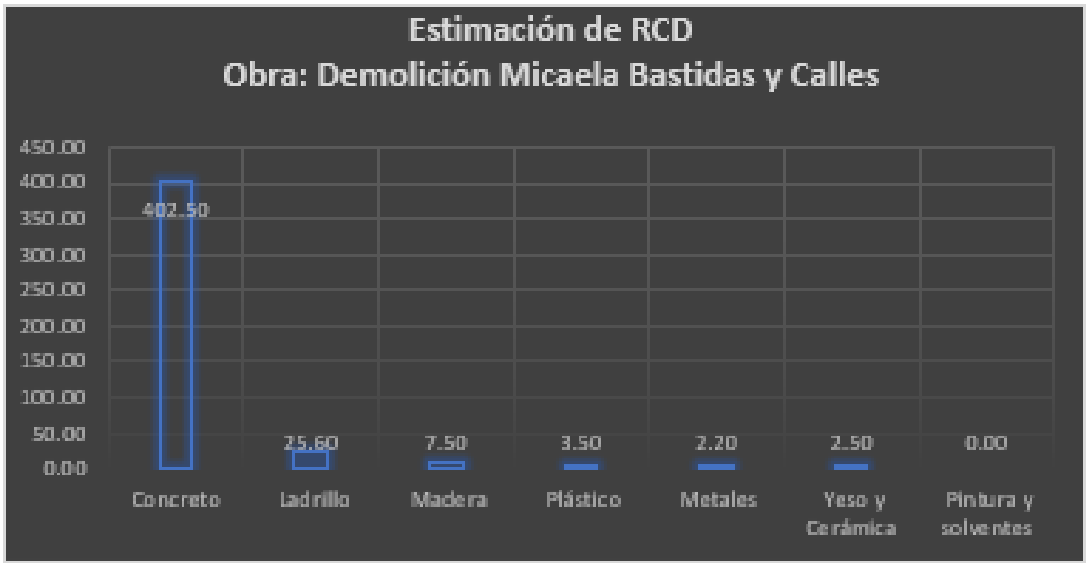
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	402.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	25.60	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	7.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	3.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	2.20	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	2.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 25.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva".



Resultados del Plan de Intervención del RCD en la Jurisdicción del distrito de Santiago.

a. **Proyecto: Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco.**

   El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las calles e intersecciones

de la Avenida Antonio Lorena, ubicado al noreste del distrito de Santiago.

Tabla 14.

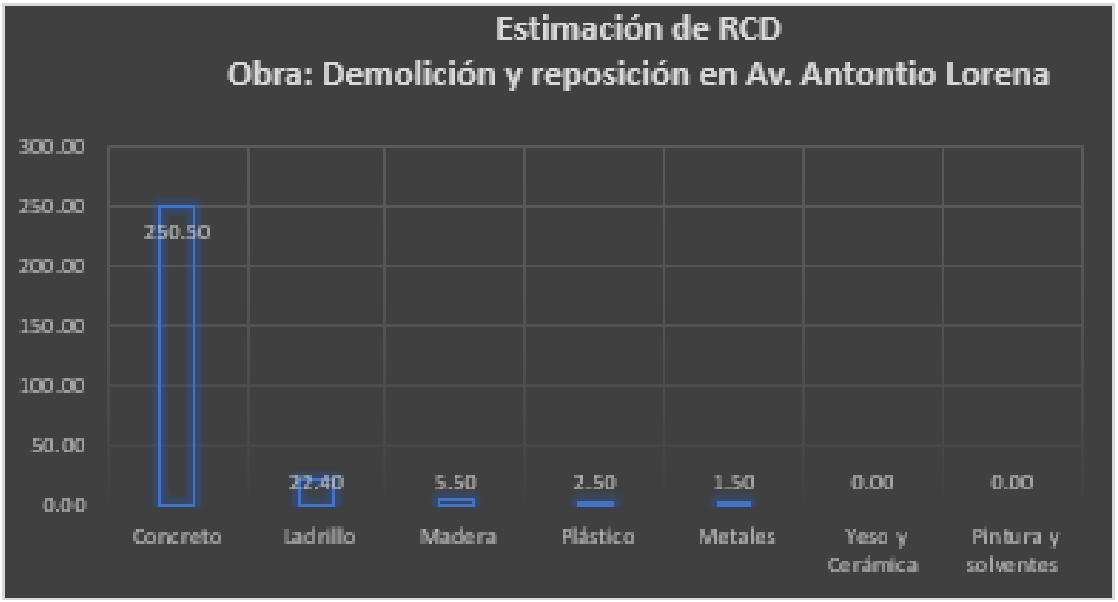
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	250.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	22.40	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	5.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	1.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	0.00	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 26.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición y reposición del pavimento en la Avenida Antonio Lorena, una de las principales arterias del distrito de Santiago - Cusco".



b. Proyecto: Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las calles e intersecciones del Sector de Qoripata, Santiago, Csuco.

Tabla 15.

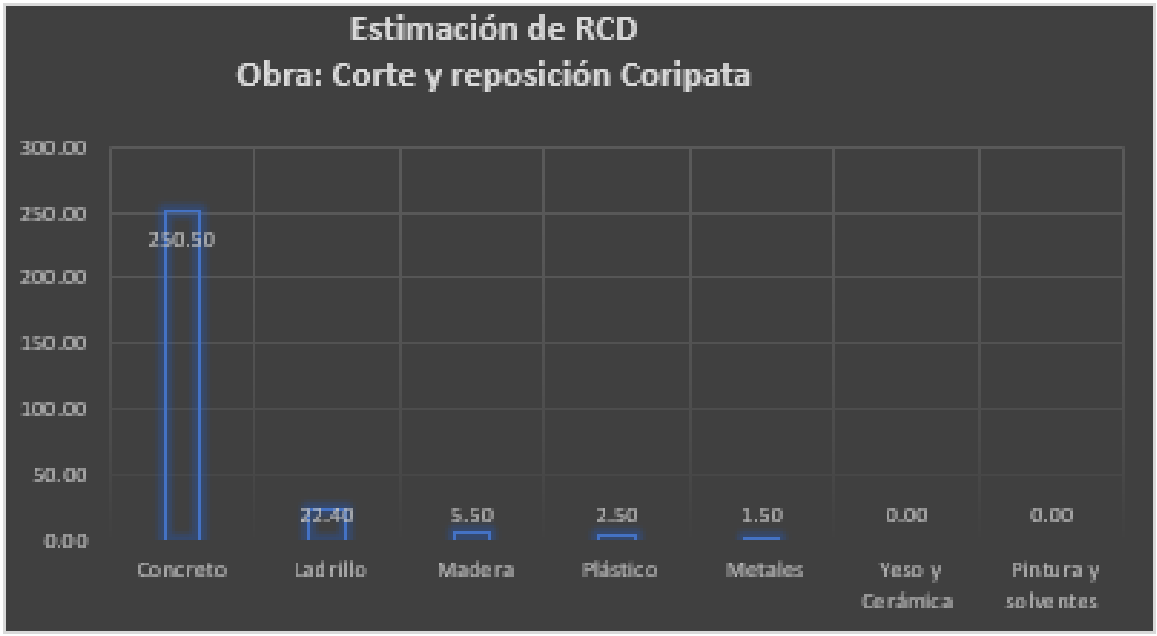
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	250.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	22.40	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	5.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	1.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	0.00	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 27.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata".



c. Proyecto: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en las calles e intersecciones del Sector de Av. Fortunato L y Abelardo Ugarte, Santiago, Cusco.

Tabla 16.

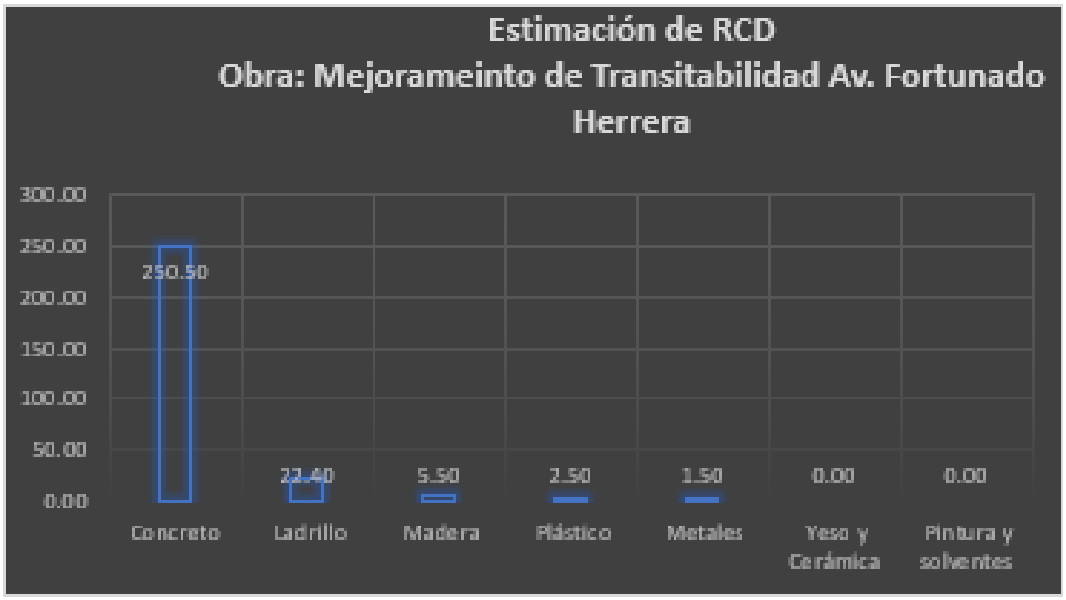
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	250.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	22.40	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	5.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	1.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	0.00	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 28.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte, distrito de Santiago, Cusco".



Resultados del Plan de Intervención del RCD en la Jurisdicción del distrito de Cusco.

a. **Proyecto: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco.**

   El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición

de infraestructuras existentes en las calles e intersecciones de la Avenida Pardo y calle San Andres.

Tabla 17.

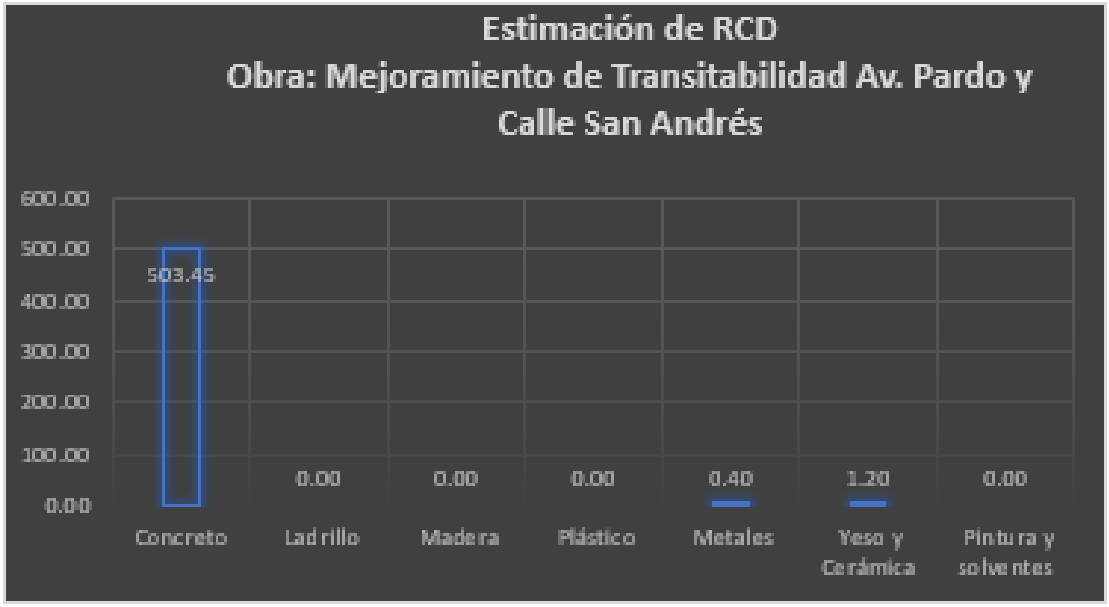
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	503.45	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	0.00	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	0.00	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	0.00	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	0.40	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	1.20	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.00	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 29.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés, distrito de Cusco, Provincia del Cusco".



b. Proyecto: Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en el sector del asentamiento urbano Sábado Baratillo.

Tabla 18.

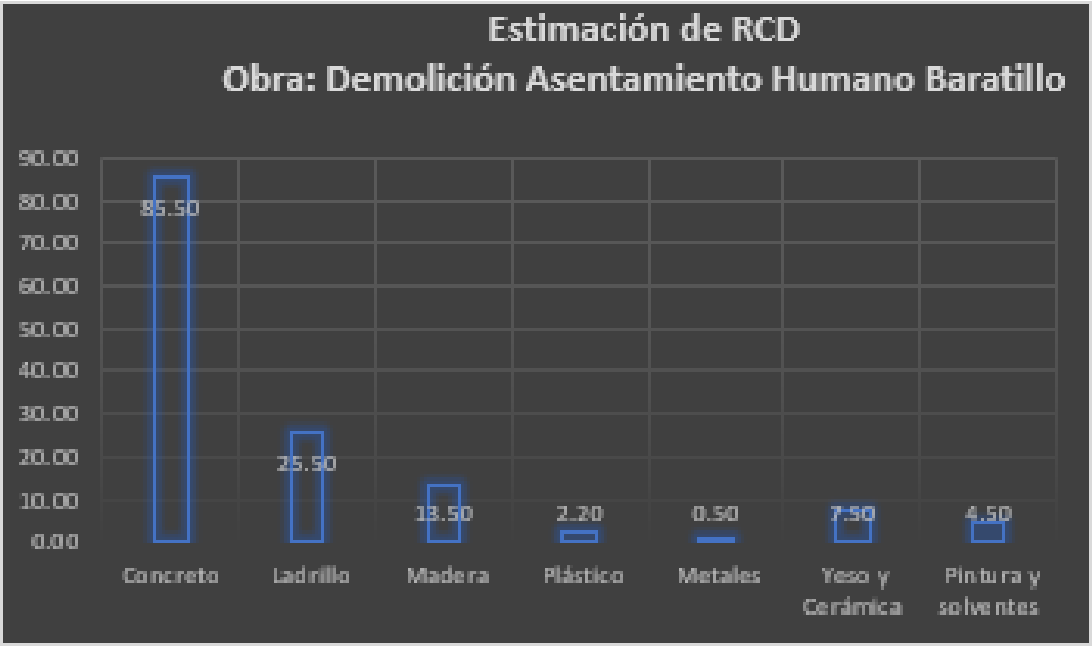
Identificación y estimación del RCD en la Obra "Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	85.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	25.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	13.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.20	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	0.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	7.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	4.50	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 30.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2), Provincia del Cusco y departamento del Cusco".



c. Proyecto: Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco.

El presente PM – RCD de analizó a partir de la generación de residuos de construcción y demolición de la actividad interpuesta denominada "Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco", en el cual, como parte del proceso de ejecución física contemplaba la demolición de infraestructuras existentes en el sector del asentamiento urbano Sábado Baratillo.

Tabla 19.

Identificación y estimación del RCD en la Obra "Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco".

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Estimación (m^3 o ton)	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	45.50	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	122.50	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	15.50	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	1.50	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	0.50	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	25.50	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	7.50	Empresa autorizada

Igual que en los casos anteriores, se pudo evidenciar una mayor generación es el de la Clase A – Restos de concreto. Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 31.

Tasa de Incidencia de la estimación del RCD en la Obra "Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2, distrito de Cusco, Provincia y departamento del Cusco".



Resultados de la tasa de estimación Total del RCD por distrito.

A continuación de muestra la tabla resumen de estimación de RCD dentro de la ciudad del Cusco:

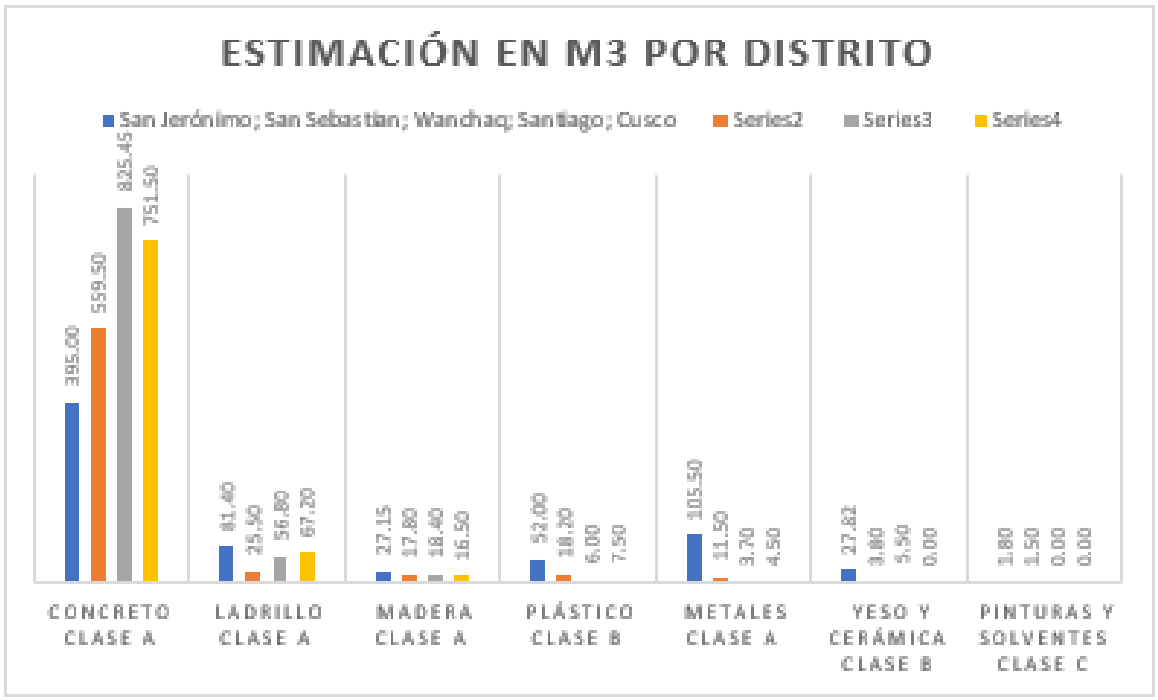
Tabla 20.

Resultados de la tasa de estimación Total del RCD por distrito en la Ciudad del Cusco.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	DISTRITO					Destino Propuesto
		Estimación (m³ o ton)					
		San Jerónimo	San Sebastián	Wanchaq	Santiago	Cusco	
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	395.00	559.50	825.45	751.50	634.45	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	81.40	25.50	56.80	67.20	148.00	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	27.15	17.80	18.40	16.50	29.00	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	52.00	18.20	6.00	7.50	3.70	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	105.50	11.50	3.70	4.50	1.40	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	27.82	3.80	5.50	0.00	34.20	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	1.80	1.50	0.00	0.00	12.00	Empresa autorizada

Figura 32.

Tasa de Incidencia de estimación Total del RCD por distrito en la Ciudad del Cusco".



Resultados del resumen de tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco.

A continuación de muestra la tabla resumen de estimación de RCD Total en Cusco.

Tabla 21.

Resultados del resumen de tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Provincia del Cusco	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	3165.90	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	378.90	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	108.85	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	87.40	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	126.60	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	71.32	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	15.30	Empresa autorizada

Figura 33.

Tasa de Incidencia de estimación Total de resumen de tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco.



Incidencia total del RCD en la ciudad del Cusco.

A continuación de muestra la tabla de incidencia del RCD en la ciudad del Cusco.

Tabla 22.

Incidencia total del RCD en la ciudad del Cusco.

Tipo de Residuo (Clase)	Descripción	Ciudad del Cusco	Destino Propuesto
Concreto (Clase A)	Escombros de demolición y obra nueva	80.06%	Planta de reciclaje / Relleno en obra
Ladrillo (Clase A)	Restos de tabiquería y muros	9.58%	Reutilización parcial
Madera (Clase A)	Encofrados y embalajes	2.75%	Venta / Donación
Plásticos (Clase B)	Embalajes, tuberías rotas	2.21%	Disposición final
Metales (Clase A)	Varillas, clavos, conductores	3.20%	Venta / Reciclaje
Yeso y cerámica (Clase B)	Restos de instalaciones	1.80%	Relleno sanitario
Pinturas y solventes (Clase C)	Restos de envases	0.39%	Empresa autorizada

Clasificación del RCD para la gestión sostenible.

En esta etapa, se procedió a realizar la clasificación de los restos del RCD recolectados en toda la ciudad del Cusco, tomando en cuenta los puntos de análisis, en el cual, de acuerdo a lo establecido en la presente investigación, se toma como punto de tratamiento los RCD del tipo CLASE A, compuesto por restos de concreto.

Tabla 23.

Clasificación del RCD para la gestión sostenible.

Categoría de RCD	Tipo de residuo	Cantidad estimada (m³ o t)		Clasificación	Destino final	Responsable de manejo	Observaciones
No peligrosos reciclables	Concreto triturado, ladrillo, cerámica, piedra	3165.90	127.15 %	Reutilizable	Planta de reciclaje / relleno estructural	Contratista / Municipalidad	Usado para rellenos de base
	Madera (sin tratar)	378.90	9.41%	Reutilizable	Venta como leña o tablas	Operador de RCD	Se separa en obra
	Metales (aluminio, fierro, cobre)	108.85	2.70%	Reutilizable	Chatarra / reciclador autorizado	Supervisor de obra	Alta demanda local
	Plásticos (tuberías, film, PVC)	87.40	2.17%	Reutilizable	Reciclador privado	Encargado ambiental	Separación manual
No peligrosos no reciclables	Escombros mezclados, yeso, mortero	126.60	3.14%	No reciclable	Relleno sanitario / botadero autorizado	Municipalidad / contratista	Separar lo reciclable previamente
	Tierra excedente (sin contaminantes)	71.32	1.77%	Reutilizable	Nivelación de terrenos	Ingeniero residente	Puede usarse para jardinería
Peligrosos	Pinturas, barnices, aceites, solventes	71.32	1.77%	Peligroso	Almacén temporal / operador autorizado	Supervisor SST / Ambiental	Manejo con EPP y hojas de seguridad
	Materiales con asbesto o amianto	15.30	0.38%	Peligroso	Eliminación especial (DS N.º 003-2013-MINAM)	Municipalidad y DIGESA	Evaluación previa

Figura 34.

Tasa de incidencia de la Clasificación del RCD para la gestión sostenible.



Extracción de la muestra para gestión del RCD Tomando 0.257 m3 para estimación de incidencia.

En esta etapa, se ha tomado una muestra representativa de identificar las incidencias producidas en el proceso de gestión del residuo de construcción, específicamente el del TIPO A – restos de concretos, el cual se encuentra directamente relacionado con la presente investigación.

Tabla 24.

Gestión del RCD - clase a/concretos producidos en la ciudad del cusco por muestra extraída.

Etapa del Proceso	Parámetro a Controlar	Método de Verificación	Frecuencia de Control	Volumen de concreto Tipo Clase A en la Ciudad del Cusco	Incidencia (%)	Observaciones
Recepción del RCD	Origen del residuo	Registro documental / inspección visual	Cada carga	**0.257000**	**100.00%**	Muestra equivalente a 5,179.96 kgr/ agregado grueso y fino de RCD
	Contaminantes (madera, yeso, metales)	Inspección visual	Cada carga	0.024415	9.50 %	Separación manual previa al procesamiento
Trituración primaria	Tamaño de salida	Cinta métrica / tamizado	Cada jornada	**0.215141**	**92.50%**	Saldo del concreto sin contaminantes
Trituración secundaria	Tamaño y forma del agregado	Análisis granulométrico	Cada lote	**0.235155**	**91.50%**	Pérdida de volumen al triturado
	Contenido de mortero adherido	Microscopía / prueba de absorción de agua	Semanal	0.012934	5.50 %	Pérdida por adherencia de mortero

Separación de impurezas	Contenido de metales	Separador magnético + inspección visual	Diaria	0.004938	2.10 %	Pérdina por volumen de metales.
	Contaminación con sulfatos u otros	Análisis químico puntual	Mensual / según requerimiento	0.002587	1.10 %	P+erdida por contaminación de sulfatos y otros
Clasificación y cribado	Distribución granulométrica	Análisis por tamices	Cada lote	0.000133	0.06 %	Pérdida por Clasificación en 3/4"y 1/2" para agregado
Almacenamiento de agregado	Contenido de Humedad	Higrómetro / secado en horno	Diaria	0.000494	0.21 %	Controla la dosificación del concreto
	Contaminación cruzada	Inspección visual	Diaria	0.000075	0.03 %	Separar por tipos y tamaños de agregado
			TOTAL, S/.	0.21	83.27%	Saldo Total de material Reciclado

Figura 35.

Tasa de incidencia de la Gestión del RCD - clase a/concretos producidos en la ciudad del cusco por muestra extraída.



Determinación de la incidencia general a partir de la muestra extraída.

El cuadro que a continuación se presenta, está basada en las incidencias identificadas en la extracción de la muestra como modelo de producción de los restos de RCD de la CLASE A – restos de concretos relacionados directamente con la presente investigación.

Tabla 25.

Determinación de la incidencia general a partir de la muestra extraída.

Etapa del Proceso	Parámetro a Controlar	Método de Verificación	Frecuencia de Control	Volumen de concreto Tipo Clase A en la Ciudad del Cusco	Incidencia (%)	Observaciones
Recepción del RCD	Origen del residuo	Registro documental / inspección visual	Cada carga	**3165.90**	**100.00%**	Extracción total dentro de la Jurisdicción de la Ciudad del Cusco
	Contaminantes (madera, yeso, metales)	Inspección visual	Cada carga	300.76	9.50 %	Separación manual previa al procesamiento
Trituración primaria	Tamaño de salida	Cinta métrica / tamizado	Cada jornada	**2650.25**	**92.50 %**	Saldo del concreto sin contaminantes
Trituración secundaria	Tamaño y forma del agregado	Análisis granulométrico	Cada lote	**2896.80**	**91.50 %**	Pérdida de volumen al triturado
	Contenido de mortero adherido	Microscopía / prueba de absorción de agua	Semanal	159.32	5.50 %	Pérdida por adherencia de mortero
Separación de impurezas	Contenido de metales	Separador magnético + inspección visual	Diaria	60.83	2.10 %	Pérdina por volumen de metales.
	Contaminación con sulfatos u otros	Análisis químico puntual	Mensual / según requerimiento	31.86	1.10 %	P+erdida por contaminación de sulfatos y otros
Clasificación y cribado	Distribución granulométrica	Análisis por tamices	Cada lote	1.64	0.06 %	Pérdida por Clasificación en 3/4"y 1/2" para agregado
Almacenamiento de agregado	Contenido de Humedad	Higrómetro / secado en horno	Diaria	6.08	0.21 %	Controla la dosificación del concreto
	Contaminación cruzada	Inspección visual	Diaria	0.93	0.03 %	Separar por tipos y tamaños de agregado
			TOTAL, S/.	2,636.12	83.27 %	Saldo Total de material Reciclado

Figura 36.

Evolución de la gestión del RCD en la Ciudad del Cusco.



Gestión de Botaderos de RCD Clasificación A – Concretos en la Ciudad del Cusco

Distrito de San Jerónimo:

Tabla 26.

Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de San Jerónimo.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
1	**Ubicación del botadero**	Coordenadas geográficas, zona urbana o rural, accesibilidad, distancia de centros urbanos.	**190026.00E / 8504340.00S**
2	**Tipo de residuos admitidos**	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera, etc.	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera.
3	**Capacidad del botadero**	Volumen total disponible (m^3), vida útil estimada.	295.67
4	**Clasificación del botadero**	Temporal / permanente / de emergencia.	Temporal
5	**Condiciones geotécnicas**	Tipo de suelo, permeabilidad, estabilidad del terreno, presencia de aguas subterráneas.	Estabilidad del terreno
6	**Gestión del ingreso de residuos**	Registro de origen, control de volumen, caracterización previa, peso por camión.	Control de volumen
7	**Zonificación interna**	Áreas de descarga, almacenamiento temporal, tratamiento, reciclaje o recuperación.	Área de descarga

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
8	**Manejo ambiental**	Control de polvo, lixiviados, ruido, emisiones, protección de cuerpos de agua.	Lixiviados
9	**Seguridad y señalización**	Cercado perimetral, señalización adecuada, acceso controlado, rutas de circulación interna.	Señalización adecuada
10	**Plan de cierre y recuperación**	Cobertura final, revegetación, uso futuro del terreno, monitoreo post-cierre.	Cobertura final
11	**Responsable de operación**	Entidad pública o privada, nombre del operador, responsabilidades legales.	Entidad pública
12	**Normativa aplicable**	Ley de gestión de residuos, reglamentos ambientales, ordenanzas locales.	Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA

Tabla 27.

Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de San Sebastián.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
1	**Ubicación del botadero**	Coordenadas geográficas, zona urbana o rural, accesibilidad, distancia de centros urbanos.	**185895.00E / 8505221.00S**
2	**Tipo de residuos admitidos**	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera, etc.	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
3	**Capacidad del botadero**	Volumen total disponible (m^3), vida útil estimada.	78.30
4	**Clasificación del botadero**	Temporal / permanente / de emergencia.	Temporal
5	**Condiciones geotécnicas**	Tipo de suelo, permeabilidad, estabilidad del terreno, presencia de aguas subterráneas.	Estabilidad del terreno
6	**Gestión del ingreso de residuos**	Registro de origen, control de volumen, caracterización previa, peso por camión.	Control de volumen
7	**Zonificación interna**	Áreas de descarga, almacenamiento temporal, tratamiento, reciclaje o recuperación.	Área de descarga
8	**Manejo ambiental**	Control de polvo, lixiviados, ruido, emisiones, protección de cuerpos de agua.	Lixiviados
9	**Seguridad y señalización**	Cercado perimetral, señalización adecuada, acceso controlado, rutas de circulación interna.	Señalización adecuada
10	**Plan de cierre y recuperación**	Cobertura final, revegetación, uso futuro del terreno, monitoreo post-cierre.	Cobertura final
11	**Responsable de operación**	Entidad pública o privada, nombre del operador, responsabilidades legales.	Entidad pública
12	**Normativa aplicable**	Ley de gestión de residuos, reglamentos ambientales, ordenanzas locales.	Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA

Tabla 28.

Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Wánchaq.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
1	**Ubicación del botadero**	Coordenadas geográficas, zona urbana o rural, accesibilidad, distancia de centros urbanos.	.....
2	**Tipo de residuos admitidos**	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera, etc.	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera.
3	**Capacidad del botadero**	Volumen total disponible (m^3), vida útil estimada.	90.40
4	**Clasificación del botadero**	Temporal / permanente / de emergencia.	Temporal
5	**Condiciones geotécnicas**	Tipo de suelo, permeabilidad, estabilidad del terreno, presencia de aguas subterráneas.	Estabilidad del terreno
6	**Gestión del ingreso de residuos**	Registro de origen, control de volumen, caracterización previa, peso por camión.	Control de volumen
7	**Zonificación interna**	Áreas de descarga, almacenamiento temporal, tratamiento, reciclaje o recuperación.	Área de descarga
8	**Manejo ambiental**	Control de polvo, lixiviados, ruido, emisiones, protección de cuerpos de agua.	Lixiviados
9	**Seguridad y señalización**	Cercado perimetral, señalización adecuada, acceso controlado, rutas de circulación interna.	Señalización adecuada
10	**Plan de cierre y recuperación**	Cobertura final, revegetación, uso futuro del terreno, monotoreo post-cierre.	Cobertura final

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
11	**Responsable de operación**	Entidad pública o privada, nombre del operador, responsabilidades legales.	Entidad pública
12	**Normativa aplicable**	Ley de gestión de residuos, reglamentos ambientales, ordenanzas locales.	Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA

Tabla 29.

Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Santiago.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
1	**Ubicación del botadero**	Coordenadas geográficas, zona urbana o rural, accesibilidad, distancia de centros urbanos.	**179710.31E / 8494230.84S**
2	**Tipo de residuos admitidos**	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera, etc.	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera.
3	**Capacidad del botadero**	Volumen total disponible (m^3), vida útil estimada.	95.70
4	**Clasificación del botadero**	Temporal / permanente / de emergencia.	Temporal
5	**Condiciones geotécnicas**	Tipo de suelo, permeabilidad, estabilidad del terreno, presencia de aguas subterráneas.	Estabilidad del terreno
6	**Gestión del ingreso de residuos**	Registro de origen, control de volumen, caracterización previa, peso por camión.	Control de volumen
7	**Zonificación interna**	Áreas de descarga, almacenamiento temporal,	Área de descarga

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
		tratamiento, reciclaje o recuperación.	
8	**Manejo ambiental**	Control de polvo, lixiviados, ruido, emisiones, protección de cuerpos de agua.	Lixiviados
9	**Seguridad y señalización**	Cercado perimetral, señalización adecuada, acceso controlado, rutas de circulación interna.	Señalización adecuada
10	**Plan de cierre y recuperación**	Cobertura final, revegetación, uso futuro del terreno, monitoreo post-cierre.	Cobertura final
11	**Responsable de operación**	Entidad pública o privada, nombre del operador, responsabilidades legales.	Entidad pública
12	**Normativa aplicable**	Ley de gestión de residuos, reglamentos ambientales, ordenanzas locales.	Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA

Tabla 30.

Gestión de botaderos del RCD Clasificación A – Concretos en el distrito de Cusco.

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
1	**Ubicación del botadero**	Coordenadas geográficas, zona urbana o rural, accesibilidad, distancia de centros urbanos.	**175487.98E / 8507295.81S**
2	**Tipo de residuos admitidos**	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera, etc.	Ladrillos, cerámica, asfalto, tierra limpia, restos metálicos, madera.
3	**Capacidad del botadero**	Volumen total disponible (m^3), vida útil estimada.	228.30
4	**Clasificación del botadero**	Temporal / permanente / de emergencia.	Temporal

Ítem	Categoría	Parámetros	Descripción
5	**Condiciones geotécnicas**	Tipo de suelo, permeabilidad, estabilidad del terreno, presencia de aguas subterráneas.	Estabilidad del terreno
6	**Gestión del ingreso de residuos**	Registro de origen, control de volumen, caracterización previa, peso por camión.	Control de volumen
7	**Zonificación interna**	Áreas de descarga, almacenamiento temporal, tratamiento, reciclaje o recuperación.	Área de descarga
8	**Manejo ambiental**	Control de polvo, lixiviados, ruido, emisiones, protección de cuerpos de agua.	Lixiviados
9	**Seguridad y señalización**	Cercado perimetral, señalización adecuada, acceso controlado, rutas de circulación interna.	Señalización adecuada
10	**Plan de cierre y recuperación**	Cobertura final, revegetación, uso futuro del terreno, monitoreo post-cierre.	Cobertura final
11	**Responsable de operación**	Entidad pública o privada, nombre del operador, responsabilidades legales.	Entidad pública
12	**Normativa aplicable**	Ley de gestión de residuos, reglamentos ambientales, ordenanzas locales.	Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA

Reutilización del RCD CLASE A – Restos de Concreto en la elaboración de concretos.

Para esta etapa, se ha realizado un diseño de mezclas con agregados reciclados del RCD del tipo CLASE A (Rest. De concreto), en el cual, después de la clasificación, triturado y tamizado según los cuadros expuestos líneas arriba, se ha procedido a realizar un diseño de mezclas de concreto fc=210, utilizando el método del ACI, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 31.

Tabla de resultados del diseño de Mezclas usando RCD de clase A – Restos de concreto aplicando el método del ACI.

Unidad de Medida / Componente	Cemento	RCD Fino	RCD Grueso	Agua
Por tandas de un metro cúbico de concreto				
Proporción	9.20 Bolsas	0.6128 m^3	0.5902 m^3	234.058 lt
Por tandas de un pie cúbico de concreto				
Proporción	1 bolsa	2.35 Pie^3	2.27 Pie^3	24.55 lt

Nota. Los valores expresan las proporciones requeridas para el diseño de mezclas con Residuos de Construcción y Demolición (RCD). El dimensionamiento para las cubetas de medida en la dosificación por pie cúbico responde a la relación: 0.300 cm x 0.300 cm x 0.314 = 1 pie^3

5.1.1. Análisis de resultados

Análisis de resultados del Plan de Intervención de residuos de construcción y demolición en la ciudad del Cusco.

⇒ **Distrito de San Jerónimo:**

Considerando que en este distrito se ha realizado la identificación y estimación del RCD de las obras: “Pavimentación en APV Ayllu Rau-Rau comunidad Picol Orcconpucyo”, “Mantenimiento de infraestructura construida de la escalinata de acceso entre APV Casuarinas Sur y APV Altiva Canas” y “Demolición de Muro de Ladrillo en el sector de Larapa - Distrito de San Jerónimo”, en el capítulo de resultados de ha podido identificar que los RCD de clase A (Restos de concreto), son los que mayor

tasa de generación presentan, sobre todo los escombros de demolición de Obra nueva. Este tipo de RCD generado representa mas del 50% de todos los restos, por lo que su tratamiento resulta imperativo. así mismo, en el distrito de San Jerónimo no se ha podido identificar Botaderos formales de RCD, lo que hace suponer que estos residuos son evacuados de manera informal, en ese sentido, también se ha investigado botaderos informales y se ha identificado a los 3 mas representativos los cuales son: Cerro San José (centro poblado Suylluacca), Faja marginal del río Huatanay y puentes del sector y Sector Petro Perú. Si bien la mayoría de estos no se encuentran 100% colmatados, corren el riesgo de colapso, por lo la presente investigación ratifica la necesidad de incorporar Botaderos formales de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en zonas que cumplan con las condiciones establecidas por el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

⇒ **Distrito de San Sebastián:**

Considerando que en este distrito se ha realizado también la identificación y estimación del RCD de las obras: “Creación del servicio de movilidad urbana en APV Villa”, “Derrumbe en construcción informal — APV Ununchis” y “Demolición de vivienda de adobe y concreto en alto Qosqo (San Hilarión)”, en el capítulo de resultados de ha podido identificar que los RCD de clase A (Restos de concreto), son los que mayor tasa de generación presentan, sobre todo los escombros de demolición de Obra nueva. Este tipo de RCD generado representa más del 75% de todos los restos, por lo que su tratamiento resulta también imperativo. así mismo, en el distrito de San Sebastián no se ha podido identificar Botaderos formales de RCD, lo que hace suponer también que estos residuos son evacuados de manera informal, en ese sentido, se ha investigado botaderos informales y se ha identificado a los 3 más representativos los cuales son: Puente Carrozable en Túpac Amaru, Asociación Villa Mercedes y Urb. Campiña Alta. Si bien la mayoría de estos no se encuentran 100% colmatados, corren el riesgo de

colapso, por lo la presente investigación ratifica la necesidad de incorporar Botaderos formales de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en zonas que cumplan con las condiciones establecidas por el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

⇒ **Distrito de Wanchaq:**

Considerando que en este distrito se ha realizado también la identificación y estimación del RCD de las obras: “Demolición de capa de concreto en avenida Micaela Bastidas y la calle Chachacomayoc, entre los cruces con la calle Pedro Vilcapaza y la avenida Los Incas”, “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en Urbanización Progreso Bajo (Manzana P)” y “Demolición de pavimentos en vías de Micaela Bastidas, Chachacomayoc, Alcides Vigo, Gastón Zapata, Óvalo Santa Rosa para obra nueva”, en el capítulo de resultados de ha podido identificar que los RCD de clase A (Restos de concreto), son los que mayor tasa de generación presentan, sobre todo los escombros de demolición de Obra nueva. Este tipo de RCD generado representa más del 92% de todos los restos, por lo que su tratamiento resulta también imperativo. así mismo, en el distrito de Wanchaq no se ha podido identificar Botaderos formales de RCD, lo que hace suponer también que estos residuos son evacuados de manera informal, en ese sentido, se ha investigado botaderos informales y se ha identificado a los 3 más representativos los cuales son: Av. Vía Expresa, a la altura de CC “El Molino, Urb. José Carlos Mariátegui y Simón Herrera y José Olaya. Si bien la mayoría de estos no se encuentran 100% colmatados, corren el riesgo de colapso, por lo la presente investigación ratifica la necesidad de incorporar Botaderos formales de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en zonas que cumplan con las condiciones establecidas por el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

⇒ **Distrito de Santiago:**

Considerando que en este distrito se ha realizado también la identificación y estimación del RCD de las obras: “Demolición y reposición del pavimento en la Avenida

Antonio Lorena", "Corte y retiro de pavimento rígido, excavación, zanja, relleno, repavimentación Línea de interconexión Vilcanota-Qoripata" y "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en Av. Fortunato L. Herrera en el AA.HH. Abelardo Ugarte", en el capítulo de resultados de ha podido identificar que los RCD de clase A (Restos de concreto), son los que mayor tasa de generación presentan, sobre todo los escombros de demolición de Obra nueva. Este tipo de RCD generado representa más del 95% de todos los restos, por lo que su tratamiento resulta también imperativo. Si bien el distrito de Santiago si cuenta con un único Botadero "Jaquira", este se encuentra completamente colapsaso, si mismo este no es un espacio exlusivo para RCD, sino más bien un botadero de general en donde toda la ciudad del Cusco deja los restos, bajo este entender se ha investigado botaderos informales y se ha identificado a los 7 más representativos los cuales son: Río Ccorimachahuayniyoc, Urb. José Carlos Mariátegui y Simón Herrera, Río Saqramayo, AA.HH. Dignidad Nacional (hito INC), Quebrada Urb. Francisco Bolognesi, Loza deportiva Av. Túpac Amaru (Zarzuela) y Puesto de Salud en Dignidad Nacional. Si bien la mayoría de estos no se encuentran 100% colmatados, corren el riesgo de colapso, por lo la presente investigación ratifica la necesidad de incorporar Botaderos formales de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en zonas que cumplan con las condiciones establecidas por el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

⇒ **Distrito de Cusco:**

Considerando que en este distrito se ha realizado también la identificación y estimación del RCD de las obras: "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Pardo y calle San Andrés", "Demolición de infraestructura existente en el distrito de Cusco - Sayari (Asent. Humano Sábado Baratillo R-2)" y "Retiro de construcciones en área verde, con sanciones en Asent. Hum. Sábado Baratillo R-2", en el capítulo de resultados de ha podido identificar que los RCD de clase A (Restos

de concreto), son los que mayor tasa de generación presentan, sobre todo los escombros de demolición de Obra nueva. Este tipo de RCD generado representa más del 82.5% de todos los restos, por lo que su tratamiento resulta también imperativo. así mismo, en el distrito de Cusco no se ha podido identificar Botaderos formales de RCD, lo que hace suponer también que estos residuos son evacuados de manera informal, en ese sentido, se ha investigado botaderos informales y se ha identificado a los 4 más representativos los cuales son: Márgenes y quebradas del río Huatanay, Carretera Sacsayhuaman - Zona X, Botadores en el sector de Tica Tica y Sector de Piccchu san Martin. Si bien la mayoría de estos no se encuentran 100% colmatados, corren el riesgo de colapso, por lo la presente investigación ratifica la necesidad de incorporar Botaderos formales de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en zonas que cumplan con las condiciones establecidas por el Decreto Supremo N.º 003-2013-VIVIENDA.

Análisis de resultados de la Tasa de estimación total del RCD por distrito.

De la tabla de resultados de la tasa de estimación total de RCD de la Ciudad del Cusco, se puede evidenciar que el distrito de Wanchaq es el que genera mayores restos de RCD de CLASE A – RESTOS DE CONCRETO, esto en definitiva es de esperarse debido a que este distrito ya cuenta con casi la totalidad de sus calles pavimentadas, por lo que las intervenciones de construcción, son usualmente sebre infraestructuras ya construidas en mal estado, en ese sentido, la ejecución de las obras conlleva necesariamente en la demolición de las obras anteriores.

Análisis de resultados de la Tasa de estimación total del RCD en la Ciudad del Cusco.

En este punto se evidencia que el cusco produce un promedio de 3165.90 m3 de RCD de CLASE A – restos de control en la Ciudad, este es una cantidad significativa

en comparación a los demás tipos de RCD. Esta cantidad exige en definitiva métodos de gestión de residuos de construcción de clase A, sobre todo en cada distrito considerado en la presente investigación. Los otros restos sobresalientes son los restos de Ladrillo, este RCD usualmente es producido en su mayoría por el distrito de Cusco.

Análisis de resultados de la extracción de muestra para gestión del RCD tomando 0.257 m3 para estimación de incidencia.

Considerando que la gestión de los residuos RCD DE CLASE A – RESTOS DE CONCRETO, requiere procesos de transformación para su utilización, se tomó una muestra equivalente a 0.257 m3, para poder triturarlo, clasificarlo y caracterizarlo en el afán de reutilizarlo en un diseño de mezclas para concreto.

Los procesos de transformación de estos tipos de RCD implican mermas, sobre todo en su clasificación, por lo que estas mermas fueron identificadas por incidencia para tomarlo como en todo en los volúmenes totales generados por la ciudad del Cusco, esto con el fin de plantear zonas de Botaderos de RCD CLASE A – RESTOS DE CONCRETO en cada Distrito.

Análisis de resultados del Planeamiento de la Ubicación de los Botaderos de RCD formales por cada distrito.

Considerando la cantidad de residuos sólidos generados en cada distrito, se ha identificado zonas geográficas con condiciones optimas para plantearlos como posibles lugares de Botaderos:

⇒ **En el distrito de San Jerónimo:**

En este distrito, se plantea la construcción de un Botadero de RCD al lado sur del Sector de Picol, en las coordenadas 190026.00E y 8504340.00S. El lugar presenta una morfología favorable para la instalación del Botadero.

⇒ **En el distrito de San Sebastián:**

En este distrito, se plantea la construcción de un Botadero de RCD al lado sur del centro poblado de Corao, en las coordenadas 185895.00E y 8505221.00S. El lugar presenta particularmente un aislamiento de la zona urbana, lo que permite su Planeamiento.

⇒ **En el distrito de Wanchaq:**

El distrito de Wanchaq se encuentra en una zona netamente Urbana, rodeado por los distritos de san Sebastián, Santiago y Cusco, lo cual hace limita la disposición de un área lo suficientemente aislada para plantear la ubicación de un botadero de RCD, en ese entender, en la presente investigación no se plantea una ubicación geográfica del Botadero de RCD.

Una opción, quizá podría ser considerar botaderos de los distritos vecinos.

⇒ **En el distrito de Santiago:**

En este distrito, se plantea la construcción de un Botadero de RCD al noreste de la capital, en el tramo de la carretera Santiago - Paruro, en las coordenadas 179710.31E y 8494230.84S. El lugar presenta particularmente un aislamiento de la zona urbana, lo que permite su Planeamiento.

⇒ **En el distrito de Cusco:**

En este distrito, se plantea la construcción de un Botadero de RCD al norte de la capital, en el tramo de la carretera a Sacsayhuaman, en las coordenadas 175487.98E y 8507295.81S. El lugar presenta particularmente un aislamiento de la zona urbana, lo que permite su Planeamiento.

Análisis de resultados de la reutilización del RCD clase A – Restos de concreto.

Tomando en cuenta los resultados de la incidencia de los tipos de RCD, la CLASE A – Restos de concreto son los mas incidentes, llegando a mas del 90% en uno de los distritos, en ese sentido la reutilización de este tipo de RCD es imperativo, por lo que en la presente investigación se ha planteado la reutilización como agregado para la elaboración del diseño de mezcla de concreto fc=210 kgr/cm2, con las dosificaciones que se muestran en la tabla de resultados.

5.2. Discusión

⇒ **Discusión del Problema General**

¿En qué medida el Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) contribuye a la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición constituye un elemento fundamental para mejorar la Gestión de los RCD en las obras de pavimento rígido desarrolladas en la provincia del Cusco. La investigación evidenció que la generación aproximada de 3,165.90 m^3 de residuos de concreto representa un volumen considerable de materiales que requieren procedimientos adecuados de caracterización, tratamiento y disposición final para evitar impactos ambientales y operativos negativos.

Los hallazgos demuestran que la ausencia de sistemas formales de gestión genera la proliferación de botaderos informales, situación observada en todos los distritos evaluados. Esta realidad coincide con lo señalado por la Municipalidad Metropolitana de Lima (2022), que identificó más de 1,585 botaderos a nivel nacional,

evidenciando que la disposición inadecuada de residuos de construcción constituye una problemática recurrente en el país.

Asimismo, los resultados obtenidos guardan relación con lo señalado por (Papamichael, I., Voukkali, I., Loizia, P., & Zorpas, A. A., 2023), quienes sostienen que los residuos de construcción y demolición representan uno de los flujos de residuos más importantes a nivel mundial y que su adecuada gestión permite alcanzar altos niveles de recuperación y reutilización. En la presente investigación se observó que los residuos de Clase A, principalmente concreto demolido, representan el mayor porcentaje de residuos generados, situación que confirma su elevado potencial de aprovechamiento mediante procesos de reciclaje y valorización.

Desde una perspectiva técnica, la influencia del Plan de Tratamiento sobre la Gestión de los RCD se explica porque dicho instrumento permite organizar de manera sistemática todas las actividades relacionadas con la identificación, clasificación, tratamiento, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos. En consecuencia, la implementación de un Plan de Tratamiento constituye una condición indispensable para mejorar la eficiencia de la gestión y fortalecer la sostenibilidad de las obras de infraestructura vial.

⇒ **Discusión del Problema Específico N.° 01**

¿Cómo contribuye la caracterización de los residuos de construcción y demolición en la planificación de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

Los resultados obtenidos evidencian que la caracterización de los residuos influye directamente en la planificación de la gestión debido a que proporciona información técnica sobre la cantidad, composición y distribución de los materiales generados durante las actividades de demolición y construcción.

La investigación permitió identificar que los residuos de Clase A constituyen el componente predominante dentro del flujo de residuos evaluado, alcanzando porcentajes superiores al 50% en San Jerónimo, 75% en San Sebastián, 82.5% en Cusco, 92% en Wanchaq y 95% en Santiago. Esta información permitió determinar que las estrategias de gestión deben orientarse prioritariamente al aprovechamiento de residuos de concreto, debido a que representan el mayor volumen generado.

Estos resultados coinciden con los Planeamientos de Rafael y Oviedo (2022), quienes señalan que la gestión eficiente de residuos requiere inicialmente procesos de identificación y caracterización que permitan conocer las propiedades y cantidades de materiales generados. Asimismo, los hallazgos son consistentes con los principios establecidos en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual reconoce que la planificación efectiva depende del conocimiento previo de las características de los residuos producidos.

Desde una perspectiva operativa, la caracterización permitió identificar las zonas con mayor generación de residuos y determinar posibles ubicaciones para futuras instalaciones de disposición final. Por tanto, se demuestra que la planificación de la gestión no puede realizarse adecuadamente sin información previa sobre las características de los residuos generados, confirmándose la importancia estratégica de la caracterización dentro de los sistemas de gestión de RCD.

⇒ **Discusión del Problema Específico N.° 02**

¿De qué manera el tratamiento de los residuos de construcción y demolición se relaciona con el control de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento de los residuos permite mejorar el control de la gestión debido a que permite establecer procedimientos de

seguimiento, monitoreo y evaluación sobre los materiales generados durante la ejecución de las obras.

La investigación demostró que los residuos de concreto provenientes de pavimentos rígidos poseen características técnicas favorables para ser sometidos a procesos de trituración, clasificación granulométrica y valorización. Los ensayos desarrollados permitieron comprobar que estos materiales pueden reincorporarse al ciclo constructivo como agregados reciclados para la elaboración de concreto estructural de f’c = 210 kg/cm², demostrando su potencial de reutilización.

Estos resultados coinciden con los Planeamientos de la economía circular aplicada al sector construcción, donde los residuos dejan de considerarse desechos para convertirse en recursos susceptibles de aprovechamiento. Asimismo, guardan relación con lo señalado por Mercader-Moyano (2022), quien sostiene que la construcción es responsable de un elevado consumo de recursos naturales y que el reciclaje constituye una alternativa necesaria para reducir la presión sobre dichos recursos.

Desde el punto de vista de la gestión, el tratamiento facilita el control porque permite registrar cantidades procesadas, monitorear porcentajes de valorización y evaluar el rendimiento de los procesos implementados. De esta manera, el control deja de centrarse únicamente en la disposición de residuos y pasa a enfocarse en indicadores de aprovechamiento y sostenibilidad, fortaleciendo la capacidad de gestión de las organizaciones responsables de las obras.

⇒ **Discusión del Problema Específico N.° 03**

¿Cómo se relaciona la disposición final de los residuos de construcción y demolición con la eficiencia de la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

Los resultados obtenidos demuestran que la disposición final constituye uno de los factores más importantes para determinar la eficiencia de la gestión de los residuos de construcción y demolición. La investigación identificó múltiples botaderos informales distribuidos en los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Santiago y Cusco, evidenciando la ausencia de infraestructura especializada para la recepción y manejo de RCD.

Esta situación coincide con los hallazgos reportados por la Municipalidad Metropolitana de Lima (2022), que identificó una importante cantidad de botaderos informales a nivel nacional, reflejando las deficiencias existentes en los sistemas de disposición final de residuos.

Los resultados permiten inferir que la eficiencia de la gestión disminuye cuando los residuos son eliminados en espacios no autorizados, debido a que se generan mayores costos ambientales, pérdidas de materiales valorizables y dificultades para el control institucional. Por el contrario, la implementación de botaderos especializados y centros de valorización permitiría optimizar el aprovechamiento de residuos y mejorar significativamente el desempeño del sistema de gestión.

Asimismo, la identificación de áreas técnicamente viables para la implementación de infraestructuras de disposición final constituye un aporte relevante de la investigación, debido a que proporciona alternativas concretas para mejorar la gestión de los residuos generados en futuras obras de pavimento rígido.

En consecuencia, se demuestra que la eficiencia de la gestión depende en gran medida de la existencia de sistemas adecuados de disposición final, capaces de garantizar el manejo ambientalmente seguro de los residuos y promover simultáneamente su aprovechamiento sostenible dentro del sector construcción.

⇒ **Discusión del Problema Específico N.° 04**

¿Qué propuesta técnica de un Plan de Tratamiento puede optimizar la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco?

Los resultados obtenidos en las dimensiones de caracterización, tratamiento y disposición final constituyen la base técnica para la formulación de una propuesta de Plan de Tratamiento aplicable a las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco. La investigación evidenció que los residuos de Clase A restos de concreto representan el componente predominante del flujo de RCD, con una generación aproximada de 3,165.90 m^3 en la ciudad del Cusco, situación que sustenta la priorización de estrategias de reciclaje y valorización dentro de la propuesta formulada.

Esta situación coincide con lo señalado por Ceballos Medina, Rincón, Carolina, y Sánchez (2021), quienes plantearon como objetivo proponer y evaluar una alternativa de aprovechamiento y reciclaje de residuos de construcción y demolición, obteniendo agregados reciclados con propiedades técnicas favorables para su reutilización en nuevos elementos constructivos. De manera similar, la propuesta desarrollada en la presente investigación se sustenta en la comprobación técnica de la viabilidad del reciclaje del concreto demolido para la elaboración de concreto estructural de f'c = 210 kg/cm^2, mediante el método de diseño de mezclas del ACI.

Los resultados permiten inferir que la ausencia de infraestructura formal especializada para la disposición de RCD, identificada en cuatro de los cinco distritos evaluados, constituye un vacío operativo que justifica la incorporación de lineamientos

específicos de almacenamiento, transporte y disposición final dentro de la propuesta. Asimismo, la definición del Plan de Tratamiento establecida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) como el conjunto de acciones orientadas a identificar, caracterizar, segregar, almacenar, transportar, valorizar y disponer adecuadamente los residuos, permitió estructurar la propuesta técnica en siete componentes y un procedimiento operativo de nueve pasos.

En consecuencia, se demuestra que la propuesta técnica de Plan de Tratamiento formulada responde directamente a la problemática identificada en las dimensiones de caracterización, tratamiento y disposición final, constituyendo un instrumento aplicable orientado a optimizar la gestión integral de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco.

VI. Conclusiones

⇒ **Conclusión 1: Hipótesis general:**

Se concluye que el Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) contribuye a mejorar la Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco durante el año 2024, confirmandose la hipótesis general planteada en la investigación. Esta afirmación se sustenta en que la caracterización, tratamiento y disposición final de los residuos permitieron establecer mecanismos técnicos orientados a mejorar la planificación, control y eficiencia de la gestión de los RCD. Los resultados obtenidos evidenciaron que la ciudad del Cusco genera aproximadamente 3,165.90 m^3 de residuos de Clase A (restos de concreto), constituyendo el tipo de residuo predominante dentro de todas las intervenciones analizadas. Asimismo, se identificó que los residuos de concreto representan más del 50% del total de residuos generados en San Jerónimo, más del 75% en San Sebastián, más del 82.5% en Cusco, más del 92% en Wánchaq y más del 95% en Santiago, demostrando que el concreto demolido constituye el principal componente del flujo de residuos de construcción y demolición en la provincia.

Estos resultados evidencian que la implementación de un Plan de Tratamiento orientado específicamente al manejo de residuos de Clase A permite optimizar la gestión integral de los residuos mediante procesos de clasificación, valorización y reutilización. Del mismo modo, se verificó la ausencia de infraestructura formal especializada para la disposición de RCD en la mayoría de distritos evaluados, situación que favorece la proliferación de botaderos informales y limita la sostenibilidad ambiental de las obras de infraestructura. En consecuencia, se confirma que la gestión eficiente de los residuos depende directamente de la implementación de un sistema

estructurado de tratamiento que contemple la caracterización, procesamiento y disposición final adecuada de los materiales generados.

⇒ **Conclusión 2: H.E.1.**

Se concluye que la caracterización de los residuos de construcción y demolición contribuye favorablemente a la planificación de la gestión de los residuos, lo cual respalda la primera hipótesis específica planteada. La identificación y estimación de los residuos generados en quince intervenciones distribuidas en los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Santiago y Cusco permitió determinar que los residuos de Clase A – restos de concreto constituyen el componente predominante dentro del flujo de RCD de la ciudad.

La caracterización efectuada permitió conocer la tipología, volumen y distribución espacial de los residuos generados, estableciendo que la mayor incidencia corresponde a actividades de demolición de pavimentos rígidos, reposición de infraestructura vial y demoliciones de edificaciones informales. Esta información constituyó la base técnica para la planificación de estrategias de gestión, permitiendo definir prioridades de intervención, estimar requerimientos de almacenamiento temporal, proyectar necesidades de transporte y establecer criterios para la implementación de futuras infraestructuras de disposición final.

Asimismo, la caracterización permitió identificar la inexistencia de botaderos formales especializados para RCD en los distritos evaluados, situación que obliga a la disposición informal de grandes volúmenes de residuos. En consecuencia, se demuestra que la planificación de la gestión depende directamente del conocimiento previo de las características y cantidades de residuos generados, siendo la caracterización una herramienta indispensable para la formulación de planes sostenibles de manejo de RCD.

⇒ **Conclusión 3: H.E.2.**

Se concluye que el tratamiento de los residuos de construcción y demolición favorece en el control de la gestión de los residuos, validándose la segunda hipótesis específica de la investigación. Los resultados obtenidos a partir de la extracción de una muestra representativa de 0.257 m^3 de residuos de Clase A – restos de concreto, permitieron desarrollar procesos de trituración, clasificación granulométrica, caracterización y valorización de los materiales recuperados.

El análisis realizado evidenció que los residuos de concreto presentan condiciones técnicas favorables para su reutilización como agregado reciclado en la elaboración de concreto estructural de f'c = 210 kg/cm^2, mediante la aplicación del método de diseño de mezclas del ACI. Esta situación demuestra que los residuos de construcción no deben ser considerados únicamente como materiales de descarte, sino como recursos potenciales susceptibles de reincorporarse al ciclo productivo de la construcción.

Asimismo, el tratamiento permitió identificar las pérdidas o mermas generadas durante los procesos de transformación, información que resulta fundamental para el control de la gestión y la evaluación de la eficiencia de los sistemas de aprovechamiento de residuos. En consecuencia, se confirma que la implementación de procesos de tratamiento mejora significativamente la capacidad de monitoreo, seguimiento y control de los residuos generados, favoreciendo el cumplimiento de los objetivos de valorización y sostenibilidad establecidos dentro de la gestión integral de RCD.

⇒ **Conclusión 4: H.E.3.**

Se concluye que la disposición final de los residuos de construcción y demolición influye significativamente en la eficiencia de la gestión de los residuos, validándose la tercera hipótesis específica planteada en la investigación. Los

resultados evidenciaron la existencia de numerosos puntos de disposición informal de residuos en todos los distritos evaluados, identificándose tres botaderos representativos en San Jerónimo, tres en San Sebastián, tres en Wanchaq, siete en Santiago y cuatro en Cusco.

La investigación determinó que ninguno de los distritos evaluados dispone de infraestructura especializada para la recepción y gestión exclusiva de residuos de construcción y demolición, con excepción del botadero de Jaquira en Santiago, el cual actualmente presenta condiciones de saturación y no opera exclusivamente para RCD. Esta situación genera riesgos ambientales asociados a la contaminación del suelo, alteración del paisaje urbano, obstrucción de drenajes naturales y ocupación de espacios públicos.

Frente a esta problemática, la investigación permitió identificar áreas técnicamente viables para la implementación de botaderos especializados de RCD en San Jerónimo, San Sebastián, Santiago y Cusco, considerando criterios de accesibilidad, estabilidad geomorfológica, disponibilidad de espacio y alejamiento de zonas urbanas consolidadas. Estos resultados demuestran que una disposición final planificada y técnicamente controlada mejora significativamente la eficiencia de la gestión, reduciendo la proliferación de botaderos informales y favoreciendo el aprovechamiento sostenible de los residuos generados.

⇒ **Conclusión 5: H.E.4**

Se concluye que la propuesta de un Plan de Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituye un instrumento técnico viable para la gestión de los residuos generados en las obras de pavimento rígido de la provincia de Cusco, confirmándose la cuarta hipótesis específica planteada en la investigación. La propuesta se sustenta en los resultados obtenidos en las quince intervenciones evaluadas, donde se determinó que los residuos de Clase A – restos de concreto

constituyen el componente predominante del flujo de RCD, alcanzando una generación aproximada de 3,165.90 m³ en la ciudad del Cusco.

La formulación de la propuesta permitió estructurar un procedimiento operativo de nueve pasos —desde la identificación y clasificación en origen hasta la disposición final y el seguimiento— así como definir siete componentes técnicos que integran los hallazgos de caracterización, tratamiento y disposición final obtenidos en la investigación. Esta estructura responde a la ausencia de infraestructura formal especializada verificada en la mayoría de distritos evaluados, situación que favorece la proliferación de botaderos informales y limita el aprovechamiento de los residuos de concreto demolido.

Asimismo, la propuesta prioriza la valorización de los residuos de Clase A mediante procesos de trituración, clasificación granulométrica y obtención de agregados reciclados, aprovechando su viabilidad técnica comprobada para la elaboración de concreto estructural de f'c = 210 kg/cm². En consecuencia, se confirma que la propuesta técnica de Plan de Tratamiento formulada constituye un aporte aplicable, orientado a optimizar la gestión integral de los residuos de construcción

⇒ **Conclusión Técnica Final**

Se concluye que los residuos de construcción y demolición de **Clase A – restos de concreto constituyen el recurso de mayor potencial para la implementación de estrategias de economía circular en la ciudad del Cusco**, debido a que representan el flujo predominante de residuos generados en las obras de pavimento rígido y poseen características técnicas adecuadas para su valorización y reutilización en nuevas aplicaciones constructivas. La generación estimada de **3,165.90 m³ de residuos de concreta evidencia** la necesidad de implementar políticas públicas orientadas a la creación de centros de acopio, plantas de reciclaje y botaderos especializados para RCD, permitiendo reducir la presión sobre los recursos naturales,

disminuir los costos asociados a la gestión de residuos y fortalecer la sostenibilidad ambiental de las futuras intervenciones de infraestructura urbana en la provincia del Cusco.

VII. Recomendaciones

- ✓ Establecer botaderos formales de RCD clase A en cada distrito, ubicados en zonas aisladas y cumpliendo con el D.S. N.º 003-2013-VIVIENDA.
- ✓ Implementar plantas móviles o fijas de trituración y clasificación de residuos para transformar los restos de concreto en agregados reciclados.
- ✓ Incluir un plan de manejo integral de RCD en los expedientes técnicos de todas las obras viales que contemple segregación, acopio, transporte, tratamiento y disposición.
- ✓ Promover normativas municipales que regulen y estandaricen el uso de agregados reciclados en mezclas para pavimentos y otras aplicaciones en obra pública.
- ✓ Capacitar a funcionarios municipales, ingenieros y contratistas sobre técnicas de demolición selectiva, manejo de RCD y beneficios de la reutilización.
- ✓ Realizar campañas de sensibilización para que la población y actores involucrados comprendan la importancia de evitar la disposición informal de RCD.
- ✓ Establecer mecanismos de control y fiscalización para evitar vertederos informales y sancionar el manejo inadecuado de residuos de demolición.
- ✓ Planificar la logística de transporte de residuos con criterios de eficiencia para reducir costos y emisiones asociadas.
- ✓ Fomentar la reutilización directa de restos de concreto triturado como base o subbase para pavimentos rígidos, respetando los estándares técnicos.
- ✓ Realizar estudios técnicos y económicos para validar mezclas de concreto con agregados reciclados con resistencia adecuada (ej. fc=210 kg/cm²).
- ✓ Diseñar políticas públicas que incluyan incentivos fiscales o bonificaciones para empresas que incorporen materiales reciclados en sus obras.
- ✓ Promover alianzas público-privadas para financiar la infraestructura necesaria para el tratamiento y valorización de RCD.

- ✓ Implementar sistemas de monitoreo y reporte periódico de la generación, tratamiento y disposición de RCD en cada distrito para mejorar la gestión.
- ✓ Incorporar el concepto de economía circular en la gestión de residuos de construcción, priorizando la reducción, reutilización y reciclaje antes que la disposición final.
- ✓ Adoptar tecnologías limpias y eficientes para la trituración y clasificación que reduzcan la generación de polvo y ruidos en áreas urbanas.
- ✓ Asegurar la correcta caracterización y segregación en origen de los residuos para maximizar la recuperación de materiales reciclables.
- ✓ Promover la investigación y desarrollo local para optimizar los procesos de reciclaje y diseñar nuevos productos a partir de los RCD.
- ✓ Establecer un sistema de certificación o etiquetado para los agregados reciclados que garanticen su calidad y aceptación en el mercado local.
- ✓ Integrar la gestión de RCD dentro de los planes de desarrollo urbano y ambiental de la ciudad, alineando objetivos con la sostenibilidad y mitigación de impactos.
- ✓ Fomentar la cooperación interinstitucional entre municipalidades, gobiernos regionales, academia y sector privado para fortalecer capacidades y recursos para la gestión adecuada de RCD.

Estas recomendaciones buscan no solo abordar las deficiencias actuales sino también impulsar un modelo sostenible y eficiente para el manejo y reutilización de residuos de demolición en Cusco, mejorando la viabilidad técnica, económica y ambiental de las obras de pavimento rígido.

VIII. Referencias

1278, D. L. (2016). Definiciones legales de valorizacion y disposicion. ¿Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/22171/RM_031-2016-VIVIENDA.pdf?v=1530741170

Abarca Sanchez, Z. (12 de mayo de 2022). Gestión de residuos de construcción y demolición en espacios públicos y calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, Cusco - 2022. Obtenido de Gestión de residuos de construcción y demolición en espacios públicos y calidad ambiental urbana en el distrito de San Sebastián, Cusco - 2022: https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12959

Arnado Suca, A. (2021). Diseño de concreto f'c = 175 kg/cm² utilizando agregado grueso obtenido de residuos de demolición para la construcción de pavimentos peatonales. Cusco – 2021. Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/81854

Bernal, C. A. (12 de Junio de 2018). Metodología de la Investigación. Obtenido de Metodología de la Investigación: https://es.scribd.com/doc/44198550/Bernal-metodologia-de-la-investigacion

Ceballos Medina, S., Rincón, G., Carolina, D., & Sanchez, J. D. (12 de enero de 2021). Reciclaje de RC&D es viable como alternativa sostenible dentro del entorno universitario. Obtenido de Reciclaje de RC&D es viable como alternativa sostenible dentro del entorno universitario.: https://www.redalyc.org/journal/3420/342068398004/html/

Cesar, F., & Paconpia, I. (2015). Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos fc=175 kg/cm2 en la ciudad de Puno. Página del respositorio de la Universidad del Altiplano de Puno., 31.

Chara Melendez, J. A. (2021). Gestión de residuos de construcción y demolición para la conservación del medio ambiente en obras de edificación, Cusco – 2021. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/72534

Chiavenato, I. (2019). Introducción a la Teoría General de la Administración. Marco teórico, sección de Planificación/gestión, 10. McGraw Hill. Obtenido de https://escuelaesam.pe/biblioteca/assets/uploads/libro_689bbd5c9f28d.pdf

Commission, E. (2023). Construction and demolition waste. European Commission. Obtenido de https://proceedings.systemdynamics.org/2022/papers/P1130.pdf

Falcón, J. C., & Santos, C. A. (2021). Gestión de residuos de construcción y demolición como agregado del concreto para optimizar costos en edificaciones. Huanuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/35b90c66-75a0-42ef-9a84-ef07b0c57124/content

Fernandez Collado, C. (14 de Enero de 219). Metodología de la Investigación - Sexta edición. Obtenido de Textos de justificación e importancia: https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Francy, F., & Juan, S. (2016). Diseño de un pavimetno rígido permeable, con agregados de la canetra chullqui, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco. Repositorio de la Universidad nacional Hermilio Valdizan, 32.

Gómez, R. (2020). La normativa para la gestión de residuos aplicada al material procedentes de pavimentos. XV Jornada Nacional de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). Obtenido de https://asefma.es/wp-content/uploads/2020/11/XVJNA_Gomez.pdf

Hernández Sampieri, R. F. (2014). Metodologia de la Investigacion. 6, 37. Mc Graw Hill Education. Obtenido de https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Huamani Rojas, K. A. (Julio de 12 de 2023). Gestión de residuos de construcción y demolición en. Obtenido de Gestión de residuos de construcción y demolición en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/15635/1/IV_FIN_107_TE_Huamani_Rojas_2024.pdf

Jorge, C., & Alexander, Y. (2021). Diseño de concreto permeable para pavimentos rígidos, utilizando piedra uso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la ciudad de Arequipa. Repositorio Universidad Catolica Santa María de Arequipa, 67.

Juan, B. H. (14 de Septiembre de 2022). Revista UAQ. Obtenido de revistas.uaq.mx: file:/// https://revistas.uaq.mx/

Kaza, Y., Tata, B., & Woerden, V. (Septiembre de 2018). Justificación del problema,cidras del Banco Mundial sobre residuos solidos. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Scientific research. doi:https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0

Koontz H., Weihrichn H; Cannice M. (2012). ADMINISTRACION- UNA PERSPECTIVA GLOBAL Y EMPRESARIAL(14). McGraw-Hill. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25798w/Administracion%20una%20perspectiva%201-300.pdf

Laguna, J., & Piedrahita, O. (24 de Octubre de 2019). Estudio corporativo de mezclas de concreto poroso usando materiales disponibles en Cartagena de indias para uso de pavimentos en parqueaderos. Respositorio Universidad Cesar Vallejo, pág. 15.

Lopez Dominguez, M. G., Perez Salazar, A., Garnica Anguas, P., & Granel Covarrubias, E. G. (22 de Marzo de 2022). Reaprovechamiento de residuos de demolición y construcción en infraestructura de caminos. doi:https://doi.org/10.59057/iberoleon.20075316.201624344

López, L., & Pedro. (Abril de 16 de 2022). Población, muestra y muestreo. Obtenido de Comunicador Social Docente UCB-Cbba: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Mejía de Gutierrez, R., Robayo Salazar, R., & Valencia Saavedra, W. (11 de Agosto de 2022). Residuos de construcción y demolcición como material prima de concreto y elemntos de construcción obtenidos mediante activación alcalina. Obtenido de Residuos de construcción y demolcición como material prima de concreto y elemntos de construcción obtenidos mediante activación alcalina: filehttp://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082023000300505&script=sci_arttext

Mejía de-Gutiérrez, R., Robayo-Salazar, R., & Valencia-Saavedra, W. (2023). Residuos de construcción y demolición como materia prima de concretos y elementos de construcción obtenidos mediante activación alcalina. 505-519. Colombia: revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. doi:https://doi.org/10.18257/raccefyn.1892

Méndez Álvarez, c. E. (09 de Agosto de 2018). Metodología de la Investigación. Obtenido de Metodología de la Investigación: https://www.alpha-editorial.com/Papel/9789587786606/Metodolog%C3%ADa+De+La+Investigaci%C3%B3n

Mercader Moyano, P. (2022). Un modelo de gestión de residuos de construcción y demolición aplicado a la vivienda social para impulsar la recuperación económica pospandémica en México. ISWA- Asociacion internacional de residuos solidos. Obtenido de https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X211052856

Ministerio de Vivienda, C. y. (22 de Abril de 2022). Ministerio de Vivienda aprueba Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición. Oficina General de Comunicaciones, 1. Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/599286-ministerio-de-vivienda-aprueba-reglamento-de-gestion-y-manejo-de-residuos-solidos-de-la-construccion-y-demolicion

Municipalidad Provincial de Lima. (12 de Agosto de 2022). Identificación de áreas y botaderos. Obtenido de Identificación de áreas y botaderos: https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/ad4e83bb51b2294c.pdf

MVCS. (06 de Abril de 2022). REGLAMENTO DE GESTIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICION. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-El Peruano. Obtenido de https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2055631-1

OEFA. (2023). Informe de fiscalización ambiental en materia de residuos sólidos: Áreas degradadas por residuos sólidos municipales (Botaderos). Peru.

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). Sistemas de gestion de calidad [ISO 9001]. ISO. Obtenido de https://www.iso.org/standard/62085.html?__cf_chl_f_tk=M1H06WIQDHBKXneNgGtR

wsf2ovRFxL6rnG3FYWioFgA-1783324283-1.0.1.1-nYlZyGYbtTa6WaSbLJBbmGGuh.iXzoubf19BzPdQeo0

Papamichael, I., Voukkali, I., Loizia, P., & Zorpas, A. A. (2023). Marco de la economía circular para los residuos de construcción y demolición: una breve revisión. 41(12). Sage Journal. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X231190804

PNUMA. (2022). Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción. Obtenido de https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction

questionpro logo. (15 de Noviembre de 2023). Procesamiento de datos de investigación: ¿Cómo realizarlo? Obtenido de Procesamiento de datos de investigación: ¿Cómo realizarlo?: https://www.questionpro.com/blog/es/procesamiento-de-datos-de-investigacion/

Rafael, A., & Oviedo. (12 de Noviembre de 2022). Manejo de residuos de construcción y demolición y economía circular, versión narrativa. Obtenido de Manejo de residuos de construcción y demolición y econompia circular, versión narrativa.: file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-ManejoDeResiduosDeConstruccionYDemolicionYEconomia-8648934.pdf

Revista tedivirtual. (12 de Octubre de 2021). Botaderos de residuos de demolición de concreto en Mexico. Obtenido de Botaderos de residuos de demolición de concreto en Mexico: https://tedivirtual.com/noticias/cementeras-en-mexico-abrazan-la-sostenibilidad-transformando-basura-en-combustible

Sánchez Valenzuela, G. (16 de Octubre de 2023). Propuesta de Mejora de la Gestión de Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición para reducir los efectos de impactos negativos en las zonas periféricas de la ciudad del Cusco en el año 2022.

Obtenido de Propuesta de Mejora de la Gestión de Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición para reducir los efectos de impactos negativos en las zonas periféricas de la ciudad del Cusco en el año 2022: https://repositorio.epnewman.edu.pe/handle/20.500.12892/773

Vargas Chang, E. J. (18 de Junio de 2020). El reciclaje de residuos por demolición de edificaciones menores en el desarrollo sostenible caso distrito Jesús María, Lima. Obtenido de El reciclaje de residuos por demolición de edificaciones menores en el desarrollo sostenible caso distrito Jesús María, Lima: https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4154

Los anexos, panel fotográficos y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica delos Andes.