

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN  
Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA UN MEJOR REAPROVECHAMIENTO EN LA  
EMPRESA CAJAS ECOLÓGICAS S.A.C.”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

LUYO ARCE, JEFFERSON LUIS

**Villa El Salvador**

**2020**

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios, por guiarme y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante en el camino de la vida y buscar mejorar cada día.

A mi madre, por su apoyo constante, por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y malos y alentarme a nunca rendirme ante los obstáculos de la vida y lograr las metas que me proponga.

A mis abuelos Mario y Alejandro, quiénes ya no están en este mundo, pero siempre los recordaré por su gran apoyo y consejos.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía y soporte en cada momento de mi vida, tanto profesional como personal.

A mi familia, por su infinito aprecio, apoyo y confianza en mi persona.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), que ha sido mi casa de estudios durante 5 años, por permitirme realizar una carrera profesional, la enseñanza de los docentes y por los gratos recuerdos que siempre tendré de mi querida universidad.

A mi asesora, la docente Carmen Aquije Dapozzo, por su apoyo, paciencia y orientaciones durante el desarrollo del presente trabajo.

A la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., por permitirme realizar el presente trabajo en su empresa.

## Índice

RESUMEN .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
OBJETIVOS.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos.....	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Bases Teóricas .....	2
1.1.1. Antecedentes de la investigación.....	2
Antecedentes Internacionales .....	2
Antecedentes Nacionales .....	5
1.1.2. Estado del arte .....	7
1.1.2.1. Residuos Sólidos .....	7
1.1.2.1.1. Concepto.....	7
1.1.2.1.2. Marco legal.....	8
1.1.2.1.3. Clasificación .....	11
1.1.2.2. Construcción .....	14
1.1.2.3. Demolición .....	15
1.1.2.4. Residuos de Construcción y Demolición (RCD) .....	16
1.1.2.4.1. Concepto.....	16
1.1.2.4.2. Marco Legal.....	18
1.1.2.5. Generación de RCD.....	19
1.1.2.6. Clasificación y composición de los RCD .....	21
1.1.2.6.1. Clasificación de RCD.....	21
1.1.2.6.2. Composición de RCD .....	25
1.1.2.7. Gestión de RCD .....	27
1.1.2.8. Manejo de RCD.....	28
1.1.2.8.1. Agentes involucrados en el manejo de RCD.....	28
1.1.2.8.2. Operaciones en el manejo de RCD .....	30

Minimización .....	30
Segregación.....	31
Almacenamiento .....	31
Comercialización .....	32
Recolección .....	32
Transporte .....	32
Tratamiento.....	33
Transferencia.....	34
Disposición Final.....	34
1.1.2.9. Reaprovechamiento de RCD.....	34
1.1.2.10. Factores contaminantes en los procesos de RCD .....	40
1.2. Definición de términos básicos .....	46
CAPÍTULO II.....	49
METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....	49
2.1. Delimitación temporal y espacial .....	49
2.1.1. Delimitación temporal .....	49
2.1.2. Delimitación espacial .....	49
2.2. Determinación y análisis del problema .....	50
2.2.1. Diagnóstico del proceso de trabajo .....	50
2.2.2. Identificación de tipos y composición de RCD .....	59
2.4.3. Alternativas que aporten en el reaprovechamiento .....	64
2.2.3. Modelo de solución propuesto .....	71
Propuesta de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) .....	71
Introducción.....	71
Alcance .....	72
Finalidad.....	72
Objetivos .....	72
Objetivo General .....	72
Objetivos Específicos .....	72
Base legal .....	73

Organización .....	73
Responsables en el manejo de RCD .....	75
Educación ambiental .....	76
Equipos de protección personal (EPP) .....	77
Equipamiento de las unidades vehiculares .....	78
Descripción de la actividad .....	79
Caracterización de RCD .....	81
Optimización en el reaprovechamiento de RCD .....	85
Operaciones en el manejo de RCD .....	88
Minimización .....	88
Recolección .....	89
Transporte.....	89
Segregación.....	90
Almacenamiento .....	91
Comercialización.....	92
Tratamiento.....	92
Transferencia.....	93
Disposición Final.....	93
Cronograma de capacitaciones .....	95
Cronograma de actividades.....	97
Presupuesto .....	99
Plan de Contingencia .....	101
Introducción.....	101
Objetivos .....	102
Objetivo general .....	102
Objetivos específicos .....	102
Alcance .....	102
Base legal .....	102
Ámbito de aplicación .....	103
Áreas de trabajo .....	103
Principales responsables.....	105

Organización del grupo de contingencia.....	105
Clasificación del nivel de una contingencia.....	108
Análisis del riesgo .....	109
Medidas de prevención .....	113
Acciones de respuesta ante una emergencia .....	114
Incendio .....	114
Desprendimiento de contenedor metálico .....	115
Derrame de residuos y/o materiales peligrosos.....	116
Emergencia durante el transporte de RCD.....	117
Sismo.....	118
Primeros auxilios.....	118
Comunicación y contactos de apoyo .....	119
Capacitaciones y simulacros .....	120
Revisión y actualización .....	123
CONCLUSIONES .....	124
RECOMENDACIONES .....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127
ANEXOS.....	133

## Listado de Figuras

Figura 1. Residuos sólidos .....	8
Figura 2. Esquema de clasificación de residuos sólidos.....	13
Figura 3. Clasificación de las etapas constructivas .....	14
Figura 4. Demolición de una edificación.....	16
Figura 5. Residuos de construcción y demolición (RCD).....	17
Figura 6. Disposición de RCD en lugares inapropiados .....	17
Figura 7. Clasificación de los desperdicios de materiales .....	21
Figura 8. Clasificación de los residuos de la actividad de la construcción y demolición .....	23
Figura 9. Composición de residuos inertes y no peligrosos en obras de construcción .....	24
Figura 10. Restos de cascajo, concreto, chatarra y madera.....	26
Figura 11. Composición de RCD en Bogotá, Colombia.....	27
Figura 12. Jerarquía de la gestión de residuos.....	28
Figura 13. Agentes que participan en el manejo adecuado de RCD .....	30
Figura 14. Esquema general de una planta de trituración y reciclaje.....	37
Figura 15. Ubicación de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.....	49
Figura 16. Logotipo de Cajas Ecológicas S.A.C. ....	50
Figura 17. Organigrama de áreas de trabajo.....	52
Figura 18. Unidad vehicular con su respectivo contenedor metálico para el recojo y transporte de RCD .....	53
Figura 19. Levantamiento de contenedor para su colocación en el suelo .....	54
Figura 20. Basculación de RCD en el área central de la planta de transferencia y reciclaje.....	55
Figura 21. Máquina trituradora para agregados reciclados .....	56
Figura 22. Macetero proveniente de madera reciclada.....	57
Figura 23. RCD basculados en el área central de acopio de la planta de transferencia y reciclaje para la segregación .....	57
Figura 24. Disposición de todos los RCD en conjunto y mezclados sin una delimitación adecuada en el área de acopio .....	58

Figura 25. RCD provenientes de obras de construcción recolectados en la planta de transferencia y reciclaje de Cajas Ecológicas S.A.C. ....	59
Figura 26. Composición de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.....	64
Figura 27. Esquema de organización de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. ....	75
Figura 28. Principales responsables en el manejo de RCD.....	76
Figura 29. Equipos de protección personal (EPP).....	78
Figura 30. Segregación de RCD recuperados y reaprovechados en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019) .....	84
Figura 31. Composición de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.....	85
Figura 32. Secuencia de las operaciones en el manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. ....	94
Figura 33. Esquema organizacional de equipo responsable ante una emergencia .....	108
Figura 34. Matriz de evaluación de riesgos .....	112
Figura 35. Nivel de riesgo .....	113

## Listado de Tablas

Tabla 1. Caracterización de los RCD en Los Estados Unidos, noviembre del 2003 .....	26
Tabla 2. Relación de residuos reutilizables o reciclables de la construcción y demolición.....	35
Tabla 3. Clasificación de RCD según su capacidad de reaprovechamiento .....	38
Tabla 4. Estrategias de prevención de impactos ambientales y medidas de prevención .....	42
Tabla 5. RCD identificados en Cajas Ecológicas S.A.C. ....	50
Tabla 6. Caracterización de RCD con respecto al volumen (m <sup>3</sup> ) y peso (Ton) en el período 2009 - 2019.....	61
Tabla 7. Segregación de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton).....	63
Tabla 8. Aprovechamiento de residuos de la construcción.....	65
Tabla 9. Costo de agregados convencionales y agregados reciclados por kilogramo .....	67
Tabla 10. Costo de adoquines de concreto convencionales y adoquines de concreto que contienen agregados reciclados por unidad .....	67
Tabla 11. Aspecto técnico, ambiental y económico de los residuos pétreos (concreto, ladrillos, piedras) y las maderas .....	69
Tabla 12. Descripción de procesos de manejo de RCD .....	79
Tabla 13. Registro de la caracterización de los RCD recolectados (m <sup>3</sup> ) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019) .....	82
Tabla 14. Registro de la caracterización de los RCD recolectados (Ton) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019) .....	82
Tabla 15. Segregación de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019) .....	83
Tabla 16. Valores de los parámetros de los RCD recolectados en un nuevo año	86
Tabla 17. Estimación de la optimización de los RCD recolectados en un nuevo año .....	87
Tabla 18. Optimización en la segregación de los residuos recuperables y reaprovechables .....	87

Tabla 19. Cronograma de temas de capacitaciones relacionados al manejo de RCD .....	95
Tabla 20. Cronograma de actividades en el plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. ....	97
Tabla 21. Presupuesto en el plan de manejo de RCD.....	99
Tabla 22. Nivel de riesgo según las áreas de trabajo y actividades.....	104
Tabla 23. Criterios de frecuencia.....	109
Tabla 24. Criterios de severidad.....	110
Tabla 25. Contactos internos .....	119
Tabla 26. Contactos externos .....	120
Tabla 27. Cronograma de capacitaciones en el plan de contingencia .....	121
Tabla 28. Programación de simulacros .....	122

## RESUMEN

En el presente trabajo se elabora una propuesta de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., a fin de que se puedan ordenar y organizar las operaciones en el manejo de los residuos como la minimización, recolección, transporte, segregación, almacenamiento, comercialización, tratamiento, transferencia y disposición final y buscar la optimización en el reaprovechamiento de dichos residuos a través de una adecuada segregación, alcanzando un valor aproximado de 82.63%. Asimismo, se incluye un plan de contingencia que permita un accionar correcto ante una situación de emergencia. Para ello, se diagnostica el proceso de trabajo que se realiza con respecto al manejo que reciben los RCD recolectados en la empresa, verificándose que se requiere de mejoras en el proceso de acopio y segregación, que el personal laboral, principalmente del área de operaciones, cuente adecuadamente con sus EPPs y reconozca la importancia de su trabajo sobre el manejo de los RCD en favor del ambiente; se identificaron los tipos y composición de los RCD recolectados y tratados durante un período de 10 años (2009 – 2019), encontrándose una mayor cantidad de residuos pétreos como concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras y restos de mezclas (27.79%) y en segundo lugar, a las maderas (24.51%). En base a ello, se determinaron alternativas que aporten en el reaprovechamiento que se brindan a los RCD, como el uso de los agregados reciclados para la fabricación de adoquines de concreto para pavimento vehicular y peatonal, como parte de la construcción de sistemas viales como carreteras, autopistas y ciclovías y también para caminos y pisos de áreas y espacios públicos como plazas y parques y, en el caso de las maderas, fomentar el uso del aserrín, generado de la elaboración de los maceteros, manualidades y otros objetos, para la preparación de compostaje, muy útil para la tierra y plantas de los maceteros dentro de la empresa y en zonas exteriores alrededor de la empresa. Es así que se busca fomentar la importancia de una mayor prolongación y permanencia de los RCD en el ciclo productivo y evitar una explotación masiva de los recursos naturales.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, es común observar la proliferación masiva de los residuos sólidos, ya sea por el rápido crecimiento demográfico, el consumo excesivo de la población de diversos productos y la explotación incontrolada de los recursos naturales, agravado por la inadecuada gestión que reciben los residuos sólidos en su gran mayoría. Muchas veces se suele confundir a los residuos sólidos con basura, pero estos dos conceptos se diferencian en que los residuos sólidos tienen un potencial de reaprovechamiento como la reutilización y el reciclaje y la basura es considerada un desecho que ya no tiene utilidad alguna y debe ser dispuesta en un relleno sanitario. Se pone énfasis en el estudio de los residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales son originados por las obras y actividades de construcción. Estos residuos se generan a diario en gran cantidad y en constante aumento debido al incremento de las actividades en el sector de la construcción, pero no existe un correcto manejo de los RCD y eso se evidencia en que gran parte de estos residuos terminan cerca de ríos y mares, zonas y terrenos inapropiados y botaderos, generando una degradación ambiental severa. A pesar que existen políticas y normativas en Perú que promueven el adecuado manejo de los RCD, muchas veces en la práctica éstas no se cumplen a cabalidad, ya sea por desconocimiento o por los costos adicionales que implique; sin embargo, estos residuos tienen una gran capacidad de reaprovechamiento, y sea como reutilización o reciclaje, y pueden ser de gran utilidad para las propias actividades de construcción o bien en otras actividades. En la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., se busca diagnosticar el proceso de trabajo, identificar los tipos y composición de los RCD y proponer alternativas que aporten en el reaprovechamiento de dichos residuos, a fin de elaborar un plan de manejo de RCD que permita un mejor orden y organización y la optimización en el reaprovechamiento de los residuos. De esta manera, se busca lograr una mejora continua, fomentar la importancia de manejar adecuadamente los RCD para una mayor permanencia en el ciclo productivo y propiciar una cultura de desarrollo sostenible.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Elaborar una propuesta de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para ordenar y organizar las operaciones de manejo y optimizar el reaprovechamiento de dichos residuos.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el proceso de trabajo con respecto a los residuos de construcción y demolición (RCD) recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.
- Identificar los tipos y composición de los residuos de construcción y demolición (RCD) recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.
- Proponer nuevas alternativas que aporten en el reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Bases Teóricas

#### 1.1.1. Antecedentes de la investigación

##### **Antecedentes Internacionales**

López (2020). *Estrategias sostenibles para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en los proyectos de las pymes constructoras de Montería*. Universidad Santo Tomás, Colombia.

Se busca brindar estrategias sostenibles a las empresas constructoras de la ciudad de Montería para un adecuado manejo de los RCD a través de la reutilización y el reciclaje, con el fin de contribuir a una cultura de conservación del ambiente y la mitigación del impacto ambiental negativo originado por estos residuos, así como el generar un beneficio económico y la creación de nuevos empleos. El trabajo se basó en el método de observación y la realización de una encuesta a la población involucrada a las empresas constructoras de Montería. Entre sus conclusiones se menciona que la mayoría de los RCD son dispuestos en lugares inadecuados, lo que ocasiona diversos daños como la contaminación ambiental, inundaciones por ser vertidas en las riberas de los ríos y los canales, focos de enfermedades, entre otros; la mayoría de los RCD pueden ser reutilizados en sus mismas propiedades o mediante su transformación; el reciclaje de los RCD es la mejor opción para contribuir con el cuidado del ambiente y las construcciones sostenibles y se destaca el uso del concreto reciclado para reducir la disposición de residuos en vertederos así como por la reducción de impuestos que demanda su descarte y su utilidad en varias aplicaciones por sus propiedades de densidad y su capacidad de compactación.

Villoria (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra*. Programa de Doctorado Innovación tecnológica en edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, España.

Se enfoca en mejorar la gestión actual de los RCD a través de la elaboración e implementación de un sistema de gestión de RCD en una obra de construcción en fase de ejecución, que involucra una herramienta de estimación de la generación de RCD y una relación de buenas prácticas según la viabilidad y eficacia de los aspectos más significativos en la gestión de dichos residuos.

Destaca el proceso de identificación y cuantificación de los RCD a través del análisis de 9 obras de edificación tomadas como muestra en base a sus semejanzas con el modelo constructivo más habitual en España, donde se determinaron las cantidades de RCD generados a partir de un método experimental (recopilando la información de los servicios de recolección de residuos a través de contenedores metálicos, que contienen el peso y volumen de los residuos, la memoria del proyecto, la medición desarrollada en el proyecto y la planificación de la obra) y un método teórico (uso del software Arquímedes Cype Ingenieros para cuantificar el peso (Kg) y volumen (m<sup>3</sup>) de los RCD generados en una obra de construcción según sus categorías y el total). Se determinó el cálculo del ratio y la fórmula para la estimación de la generación de los RCD con respecto a su peso y volumen en base al número de viviendas y por superficie total construida.

Entre las conclusiones más resaltantes están que los encuestados destacan la gestión de RCD en obra si hubiera una retribución hacia el personal encargado de separar los residuos en la fuente o bien, si el personal encargado de la supervisión aplicará las sanciones correspondientes por no cumplir con dicho proceso; también se habla de la eficacia y viabilidad de las buenas prácticas en fase de diseño, como técnicas constructivas que generen pocos residuos y un espacio para acopio de RCD. Por otro lado, se busca cuantificar la generación de residuos en obra mediante diversas

relaciones matemáticas entre la cantidad de residuos y número de viviendas, por superficie construida y relacionando ambas variables (número de viviendas y superficie construida) en la fórmula a través del factor de ponderación corregido (FPc), así como por método clásico experimental que tendría que hacer la empresa constructora. Se determina que la mayor cantidad de RCD generados tanto en peso como en volumen en la obra son el hormigón, ladrillos y otros materiales cerámicos, yeso y madera. Por último, se aprecia un gran ahorro en la disposición final a través de la segregación en fuente (en la misma obra).

Cortina (2007). *Guía para el manejo de residuos sólidos generados en la industria de la construcción*. Universidad de las Américas Puebla, México

Considera la problemática ambiental por la inadecuada disposición final de los RCD, para ello se busca elaborar un plan de manejo de residuos en la construcción, clasificación de los materiales, las técnicas del reaprovechamiento a través de la reutilización y reciclaje, la revisión de la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal y NADF-007-RNAT-2004 (Clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal) y presentación de la primera empresa mexicana relacionada al reciclaje de los escombros y restos pétreos de la construcción. Entre sus objetivos están el exponer las consideraciones mínimas necesarias en el plan de manejo, identificar las metas que se pueden lograr con un plan de manejo de RCD y los beneficios ambientales y económicos que traen consigo el reciclaje de dichos residuos.

Se concluye que, reducir las pérdidas de materiales de construcción y la generación de desechos, fortalecen el concepto de construcción sustentable; la importancia de transmitir los conocimientos al medio técnico y gestores urbanos para impulsar el reciclaje de los RCD y apoyar permanentemente a las investigaciones y acciones sobre el reaprovechamiento de los RCD para fomentar y consolidar la cultura del reciclaje.

## **Antecedentes Nacionales**

Astete (2019). *Propuesta de un plan de gestión de los residuos sólidos de la construcción y demolición depositados en espacios públicos y obras menores generadas en el distrito de Ate*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.

Se busca una adecuada gestión al manejo de los RCD generados en el distrito de Ate. Su objetivo principal es la elaboración de una propuesta de un plan de gestión de RCD depositados en espacios públicos y de obras menores para mejorar la calidad ambiental, social, económica y desarrollo urbano. Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación y una caracterización de los residuos, definiendo un volumen de 3960 m<sup>3</sup> y una mejor comprensión de la problemática del distrito. También se recogió y analizó la percepción de la población del distrito con respecto a la gestión los RCD. Las estrategias que se buscan implementar son el fomento de la segregación en la fuente y sensibilización ambiental, operaciones y procesos para el manejo de los residuos, valorización, participación ciudadana y coordinación interinstitucional para la gestión, supervisión, fiscalización y sanción e instrumentos de gestión ambiental en materia de RCD.

Entre las conclusiones están que el principal problema de los RCD es que son depositados en espacios públicos y su porcentaje de generación es significativo, por lo que se requieren medidas correctivas; los volúmenes identificados de los residuos son entre 10 a 15 m<sup>3</sup>, exceptuando los hallados en los márgenes del río Rímac; el diagnóstico realizado aporta a la gestión integral de los RCD, la población del distrito de Ate considera una planificación planteada para una mejor gestión de dichos residuos y el plan de gestión genera aspectos como estrategias, acciones, metas cuantificables, entre otros, que permitirán un manejo adecuado de los RCD.

Carrión (2018). *Planeamiento de estrategias para el adecuado manejo de los residuos sólidos de construcción y demolición generados en los laboratorios de las Facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia de la ciudad universitaria de la UNASAM- Huaraz- 2017*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú.

Busca realizar el planeamiento de estrategias para el adecuado manejo de los residuos de construcción y demolición generados en los laboratorios de las Facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM). Entre las conclusiones están que se realizó el diagnóstico situacional del manejo de los RCD en los laboratorios, siendo este manejo inadecuado; encuestas a los estudiantes que usan estos laboratorios con frecuencia relacionado al tema de los RCD, evidenciándose que desconocen sobre el tema y una caracterización en los laboratorios de las Facultades mencionadas más la Facultad de Ciencias Agrarias a través de 3 muestreos, cada uno conformado por 6 días hábiles. En la caracterización se halló un total de 0.085 m<sup>3</sup> de RCD, siendo 0.053 m<sup>3</sup> para el laboratorio de Resistencia de Materiales (76.22% aprovechable), 0.024 m<sup>3</sup> para el laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia (71.33% aprovechable), 0.008 m<sup>3</sup> para el laboratorio de Suelos y Aguas (100% aprovechable) y 0.00 m<sup>3</sup> para el laboratorio de Mecánica de rocas. Las estrategias para el para el adecuado manejo de los RCD abarcan la gestión adecuada y la sensibilización de la población involucrada, por ello se hace énfasis en los procesos del manejo de residuos como la minimización, segregación, almacenamiento, barrido y limpieza, recolección, transporte, reciclaje, aprovechamiento y disposición final. También se comparó la resistencia del concreto convencional y no convencional (reciclado), siendo casi similar y que servirá de análisis para futuras investigaciones.

Moromisato (2018). *Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en proyectos comerciales*. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Perú.

Se enfoca en el análisis de la gestión de los RCD generados en la construcción de proyectos del ámbito comercial como centros comerciales, supermercados, centros financieros y empresariales, entre otros, considerando la revisión de las leyes y normas aplicables correspondientes y la elaboración de una discusión crítica sobre la realidad del país en materia de los RCD. Se concluye que las modificaciones en las leyes sectoriales con respecto a la gestión ambiental del subsector comercio interno requieren ser claras a los proyectos no sujetos al SEIA para no generar impactos significativos negativos con el ambiente; la modificatoria del Reglamento del DS 003-2013-VIVIENDA considera las deficiencias en las instalaciones para el manejo de los RCD y se ajusta a la realidad nacional; hay un déficit de empresas de residuos sólidos relacionadas a los RCD en provincias, lo que dificulta manejo adecuado en dichas zonas; las escombreras son las infraestructuras de disposición final más adecuadas para los RCD, aunque en el país solo se cuentan con 2 instalaciones autorizadas que reciben y disponen estos residuos y se ubican en Ventanilla, Callao y la problemática por la falta de datos e información sobre la generación de RCD en las actividades de construcción así como su composición promedio, que no permiten generar propuestas y alternativas de mejora en la gestión de dichos residuos como por ejemplo el reciclaje.

## **1.1.2. Estado del arte**

### **1.1.2.1. Residuos Sólidos**

#### **1.1.2.1.1. Concepto**

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2016, p.8)

El tema de los residuos sólidos ha cobrado mucha importancia en estos últimos años, ya que un gran porcentaje de estos residuos tiene la capacidad de poder reciclarse y reutilizarse, generando así un modelo de economía circular y la sostenibilidad de los recursos. A pesar de la importancia en el reaprovechamiento que tienen los residuos sólidos, muchas veces no se gestionan adecuadamente.



*Figura 1. Residuos sólidos (Narave, 2018)*

#### **1.1.2.1.2. Marco legal**

Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

Se basa en garantizar una adecuada gestión ambiental y protección del ambiente, para así mejorar la calidad de vida del ser humano y alcanzar el desarrollo

sostenible del país, aplicando diversos principios y normas. Destacan el principio de sostenibilidad, que integra el funcionamiento del aspecto económico, social y ambiental en el desarrollo nacional y el principio de responsabilidad ambiental, que obliga al responsable de una degradación ambiental a adoptar medidas para su restauración, rehabilitación o reparación, o bien, medidas para la compensación ambiental en caso el daño no se pueda reponer. En el art. 119, se menciona sobre el manejo de residuos sólidos, cuyos responsables para los residuos municipales son los gobiernos locales y para residuos no municipales es el generador.

Decreto Legislativo que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos – D.L. N° 1278

Busca la máxima eficiencia en el uso de materiales y una adecuada gestión y manejo económica, sanitaria y ambiental de residuos sólidos. Para ello, se enfoca en la prevención o minimización en la generación de residuos como primera opción y la valorización material y energética (como reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas) de los residuos sólidos generados. Además, menciona a la disposición final adecuada como última alternativa en el manejo de los residuos sólidos.

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (Reglamento del D.L. N° 1278)

Busca asegurar la máxima eficiencia en el uso de materiales, así como regular la gestión y manejo de los residuos sólidos municipales y no municipales a través de una óptima minimización, la valorización material y energética, una adecuada disposición final y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública. Involucra a las municipalidades, al generador y a las empresas operadoras de residuos sólidos (EO-RS) en la adecuada gestión integral de los residuos sólidos que les compete y también resalta las características de las infraestructuras de residuos sólidos como los centros de acopio de residuos municipales, plantas de valorización, plantas de transferencia e infraestructuras de disposición final.

Resolución Ministerial N° 191- 2016- MINAM (Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016 – 2024)

Destacan tres ejes estratégicos, que son el fortalecimiento de capacidades, desarrollo institucional y fomento de las inversiones, los cuales sirvieron como una de las bases para establecer los objetivos en dicho plan: fomentar y alcanzar una cobertura general en el servicio de limpieza pública, promover el aumento e implementación de los mecanismos de minimización, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos con el fin de generar una gestión sostenible y fortalecer la gestión integral de residuos sólidos a través de las empresas, instituciones competentes, participación ciudadana y el libre acceso de información.

Decreto Legislativo N° 1501 (Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos)

Modifica los artículos 9, 13, 16, 19, 23, 24, 28, 32, 34, 37, 52, 60, 65 y 70 del Decreto Legislativo N° 1278, donde resaltan aspectos como en el art. 9, que habla sobre el aprovechamiento del material de descarte (subproducto, merma u otro de similar naturaleza) generado en actividades productivas, extractivas y de servicios; el art. 32, que añade la operación de acondicionamiento y modifica el término de recolección por recolección selectiva en las operaciones de los residuos, además que pone en primer lugar a la segregación y establece un nuevo y mejorado orden de las operaciones para el adecuado manejo de los residuos; el art. 34, establece que la segregación de residuos de gestión municipal y no municipal es obligatoria y debe realizarse en la fuente de generación y el art. 37, donde define a la valorización como la transformación química y/o biológica de los residuos sólidos para constituirse de manera total o parcial como insumos, materiales o recursos y también en la recuperación componentes o materiales. También se menciona en las Disposiciones complementarias finales en el tercer punto sobre la aprobación de los documentos técnicos y normativos relacionados a los RCD por parte del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) para el ejercicio de las funciones de los gobiernos locales.

### 1.1.2.1.3. Clasificación

Se clasifican en base a 3 aspectos:

#### Origen

De acuerdo a MINAM (2010), citado por Mendoza (2019), los residuos sólidos según su origen son:

- Residuos domiciliarios: Son los residuos generados en viviendas, casas, oficinas y otros establecimientos similares; se generan restos de comida, papeles, botellas, latas, etc.
- Residuos comerciales: Son los residuos generados en establecimientos comerciales de bienes y servicios como centros comerciales, restaurantes, entre otros; se generan plásticos, bolsas, restos orgánicos, etc.
- Residuos de limpieza de espacios públicos: Son los residuos generados del barrido y limpieza de espacios públicos como calles, plazas y parques. Se generan papeles, envolturas, malezas, restos de plantas.
- Residuos de establecimientos de salud: Se generan los residuos patógenos y biocontaminados como jeringas, gasas contaminadas, bolsas con restos de sangre o fluidos humanos, algodones, entre otros. Requieren un tratamiento especial.
- Residuos industriales: Son los residuos generados por las industrias como la minería, energía, manufactura, química, entre otras.
- Residuos de Construcción y Demolición (RCD): Son los residuos inertes generados por las actividades de construcción y demolición como restos de concreto, desmonte, maderas, metales, etc.
- Residuos agropecuarios: Son los residuos generados por actividades agrícolas y agropecuarias. Se generan restos y envases de pesticidas, fertilizantes, plaguicidas, etc.
- Residuos de actividades especiales: Son los residuos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, entre otros.

## Gestión

En este aspecto, se identifican dos tipos:

- Residuos municipales: Son aquellos cuya responsabilidad es de las municipalidades. Abarcan a los residuos domiciliarios, no domiciliarios o comerciales, lo cual incluye también a los residuos del barrido y limpieza de espacios públicos, y los residuos especiales.

De acuerdo al art. 28, los residuos especiales son aquellos que requieren un manejo particular y son los residuos generados en laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales, conciertos, concentraciones y movilizaciones temporales humanas, ferias, actividades de construcción y demolición de obras menores no comprendidas dentro del ámbito del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (Decreto Legislativo N° 1278, 2016)

- Residuos no municipales: Tal como su nombre lo indica, son los residuos de carácter no municipal, los cuales se generan en actividades económicas y sectores como las industrias, agropecuarias, establecimientos de salud, construcción y demolición, instalaciones y/o actividades especiales, entre otras.

De estos residuos, se pueden incluso separar en aprovechables y no aprovechables, tanto orgánicos como inorgánicos, a través de una adecuada segregación en la fuente.

## Peligrosidad

Se clasifican en:

- Residuos no peligrosos: Para Burgos (2010), citado por Saavedra (2017), los residuos no peligrosos son aquellos que pueden ser agrupados con los residuos domiciliarios y pueden ser recolectados, almacenados y tratados en una determinada instalación industrial, ya que tienen un gran potencial para

el reciclaje, formando parte en la obtención de ciertos materiales que pueden ser beneficiosos y aprovechados para actividades como la construcción. Cabe resaltar que tanto la reutilización como el reciclaje de los residuos permiten una reducción de la disposición final y genera beneficios en diversos rubros de trabajo al poder generar y/o utilizar diversos materiales o fuentes energéticas.

- Residuos peligrosos: Son los residuos que, por sus características y propiedades, tienen el potencial de generar daños a la salud y al ambiente. (D.L. N° 1278, 2016)

“(...) se consideran residuos peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radioactividad o patogenicidad”. (art. 30)

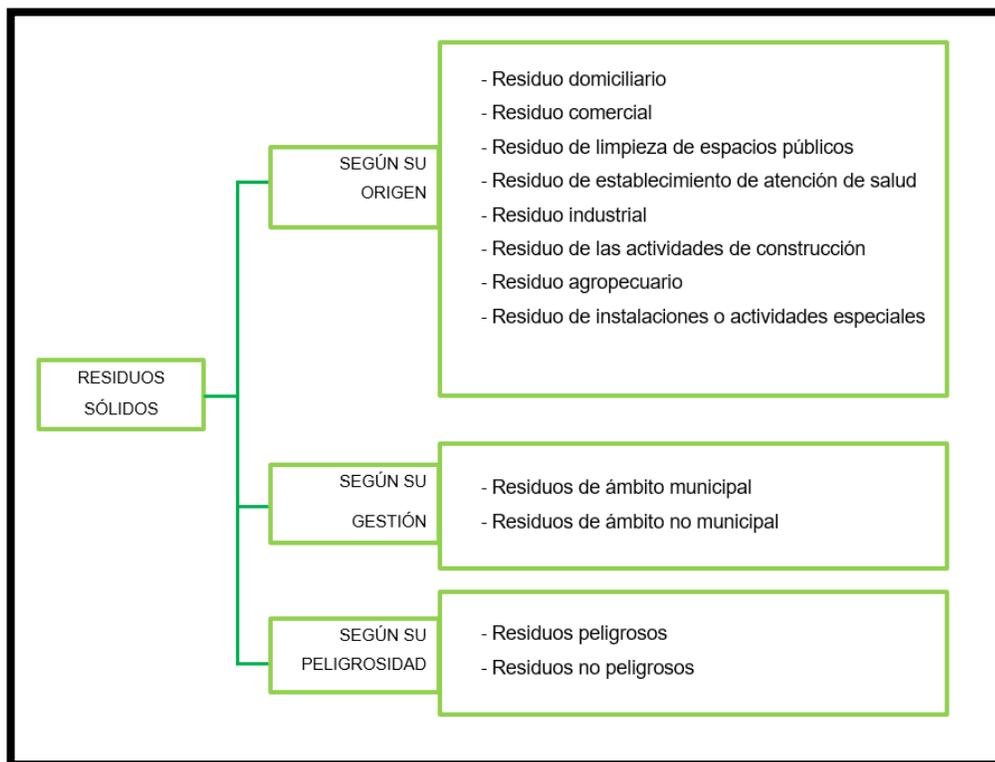


Figura 2. Esquema de clasificación de residuos sólidos (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2009, p.2)

### 1.1.2.2. Construcción

La construcción es el arte o técnica construir, es decir, de hacer o realizar las obras de un edificio o de hacer y llevar a buen fin la realización de una obra pública o de ingeniería civil como una carretera, un puerto, etc. (Menjívar, 2007, p.4)

Construir significa crear, implementar o realizar una determinada infraestructura que sea de utilidad para alguna determinada actividad económica, el beneficio de un grupo de personas o para la sociedad en general.

Entre las infraestructuras están los edificios, colegios, puentes, bancos, fábricas, hospitales, carreteras, obras de saneamiento, centros comerciales, entre otras. En una obra o actividad de construcción, se siguen usualmente determinadas etapas que permiten reconocer el estado y desarrollo de un proyecto de construcción.

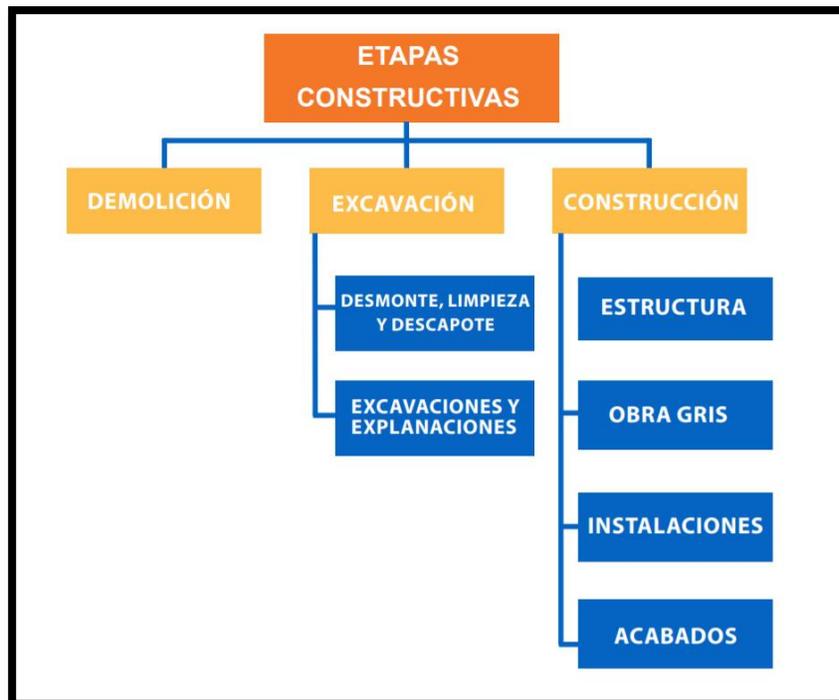


Figura 3. Clasificación de las etapas constructivas (Orozco et al., 2014, p.14)

El sector Construcción es muy influyente en la economía del país, presenta un crecimiento y desarrollo progresivo y constante, generando mayores puestos de trabajo y una alta demanda en la creación, remodelación y ampliación de diversas infraestructuras a nivel nacional, pero ello también ha traído consigo el consumo de mayores recursos y materiales y, por ende, la generación de más residuos de construcción y demolición (RCD).

### 1.1.2.3. Demolición

Según el Grupo Español del Hormigón (1997), citado por Aguilar y Loo (2017), la demolición es *“todas aquellas actuaciones realizadas en una estructura que se encaminan hacia la desaparición parciales o total de la misma en la ubicación donde se sitúa y el traslado posterior de los productos restantes”* (p.7).

“(…) podemos considerar a la demolición como la eliminación de una estructura en forma total o parcial, según el método más adecuado, considerando la disposición final de los residuos que esta genere” (Aguilar y Loo, 2017, p.7).

La demolición implica una gran generación de residuos en un corto tiempo, de los cuales se puede aprovechar para su correcta reutilización y reciclaje.



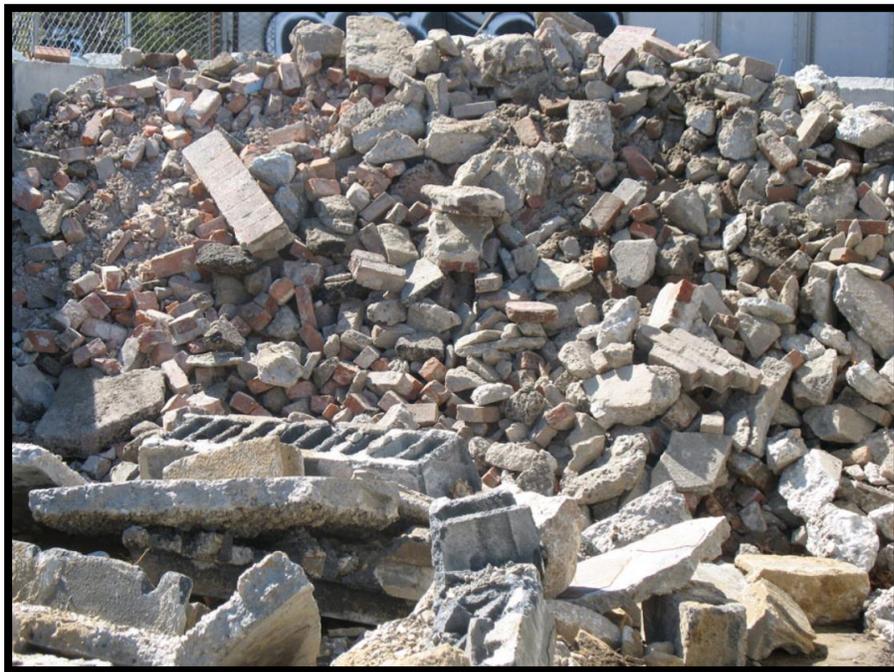
*Figura 4. Demolición de una edificación (Asociación Española de Empresarios de Demolición, 2011, p.2)*

#### **1.1.2.4. Residuos de Construcción y Demolición (RCD)**

##### **1.1.2.4.1. Concepto**

Se consideran residuos sólidos de la construcción y demolición a aquellos que cumpliendo la definición de residuo sólido dada en la Ley General de Residuos Sólidos, son generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura. (Decreto Supremo N° 003- 2013- VIVIENDA, 2013, art. 6)

Es un concepto general relacionado con la construcción, ya que son los materiales generados en una obra civil, que varían en cantidad, volumen y proporción según la actividad o proyecto que se realiza como la construcción, renovación o ampliación. (Bazán, 2018)



*Figura 5. Residuos de construcción y demolición (RCD) (Concreto reciclado, 2015)*

Los residuos sólidos de construcción y demolición (RCD) son aquellos residuos en su mayoría inertes, los cuales se originan en las actividades y obras de construcción, como edificios, puentes, viviendas, entre otras infraestructuras, que constituyen un pilar clave e importante en la economía del país en general. Se pueden evidenciar residuos como restos de concreto, morteros, ladrillos, metales, maderas, cartones, papeles, plásticos, entre otros.

Los RCD se generan en gran cantidad tanto en volumen como en peso, pero muchas veces no reciben un tratamiento adecuado antes de su disposición final, la cual, en su mayoría, es en sitios inapropiados e ilegales, como los mares, ríos, suelos y botaderos, generando así un gravísimo impacto ambiental negativo.



*Figura 6. Disposición de RCD en lugares inapropiados (León, 2017)*

Según León (2017), tomando como referencia la información de la Cámara Peruana de Construcción (CAPECO), menciona que en Lima se generan cada día 30000 m<sup>3</sup> o 19000 Toneladas de desmonte (...) y que el 70% de los RCD termina en mares y ríos y el 30% restante se disponen en puntos autorizados.

#### **1.1.2.4.2. Marco Legal**

Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA (Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición)

Se refiere a la adecuada gestión y manejo de los residuos de construcción y demolición generados en las obras y/o actividades de construcción, con el fin de proteger el ambiente, la salud humana y favorecer al desarrollo sostenible del país. Se enfoca en el proceso de manejo de residuos no peligrosos y peligrosos de la construcción y demolición, menciona también las obligaciones y responsabilidades del generador, operadores de residuos sólidos e instituciones fiscalizadoras, entre otros aspectos.

Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA (Modificación del D.S. 003-2013-VIVIENDA)

Modifica el reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición en algunos aspectos, de lo cual resaltan algunos artículos como el art. 23, donde destaca la importancia del reaprovechamiento para la reducción de la disposición final de residuos, así como los beneficios que genera a partir del reciclaje y reutilización y en caso no se pueda aplicar el reaprovechamiento, el generador debe aplicar métodos preventivos para minimizar al máximo la generación de residuos. Otro artículo que resalta es el art. 25, donde menciona algunos puntos adicionales como la disposición final de residuos sólidos no reaprovechables, la utilidad que se le puede brindar al desmonte limpio siempre y cuando se cumplan con determinados requisitos y el reaprovechamiento de los RCD para el Plan de cierre de minas de extracción no metálica y/o para el Plan de cierre de pasivos ambientales mineros según los criterios y normativas que establece la autoridad correspondiente. Este decreto ha modificado 36 artículos y 2 anexos.

## Norma Técnica Peruana NTP 400.050:2017 - MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades

Se enfoca en presentar las directrices de las operaciones para el adecuado manejo de los RCD, estableciendo las consideraciones y principios rectores (como la minimización de residuos, 3R- reducir, reutilizar y reciclar y de protección a la salud pública y el ambiente) en el desarrollo de la actividad y la aplicación de normas específicas. Entre los procesos para el adecuado manejo de los RCD están la minimización, segregación, almacenamiento, transporte, reaprovechamiento y disposición final. También se determinan los principales aspectos ambientales asociados a los procesos del manejo de los RCD para así poder aplicar las medidas de seguridad y prevención correspondientes y evitar o mitigar los impactos ambientales negativos generados en las actividades de construcción. Por otro lado, define la clasificación y tipos de RCD en tres grupos: Excedentes de remoción, excedentes de obra y escombros y otros residuos.

### **1.1.2.5. Generación de RCD**

Según Rocha (2020), en base al estudio realizado por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) de Colombia, los 3 grandes productores o generadores de RCD son:

- Grandes proyectos de construcción
- Obras públicas
- Obras de origen domiciliario

En el caso de Europa, la agencia de estadística de la Unión Europea, Eurostat (2015), provee información acerca de las cantidades de RCD generadas a lo largo del año 2012. La alarmante cifra asciende a un total de 821 millones de toneladas, donde encabezan la lista países como Alemania con 197 millones de toneladas, Francia con 246 millones y el Reino Unido

con 100 millones. Del mismo modo, en los Estados Unidos, la Environmental Protection Agency (2009), en su informe más actualizado acerca de la estimación de la cantidad de RCD generados en el 2003, ofrece una cifra de 170 millones de toneladas, de las cuales un 49% está relacionado solo al ámbito de la demolición. (Aguilar y Loo, 2017, p.3)

En Perú, la información sobre la generación de RCD es todavía insuficiente, aunque se viene impulsando diversas medidas para impulsar dicha información. Se puede encontrar datos sobre los RCD en el Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú (Gestión, 2009), que especifica un total de 18729 toneladas de RCD mezclados mensuales y 224748 toneladas en el año. (Aguilar y Loo, 2017)

Según lo planteado por Galarza (2011, p.13), la generación del desperdicio de materiales se divide en 3 grandes categorías:

- Desperdicio Directo: Son los residuos de materiales que se eliminan de la obra como desmonte.
- Desperdicio Indirecto: Son los materiales que se incluyen dentro de la obra sin que este indicado en los documentos técnicos del proyecto.

- Otros Desperdicios: Son los causados por motivos extraordinarios como robo, vandalismo, etc.

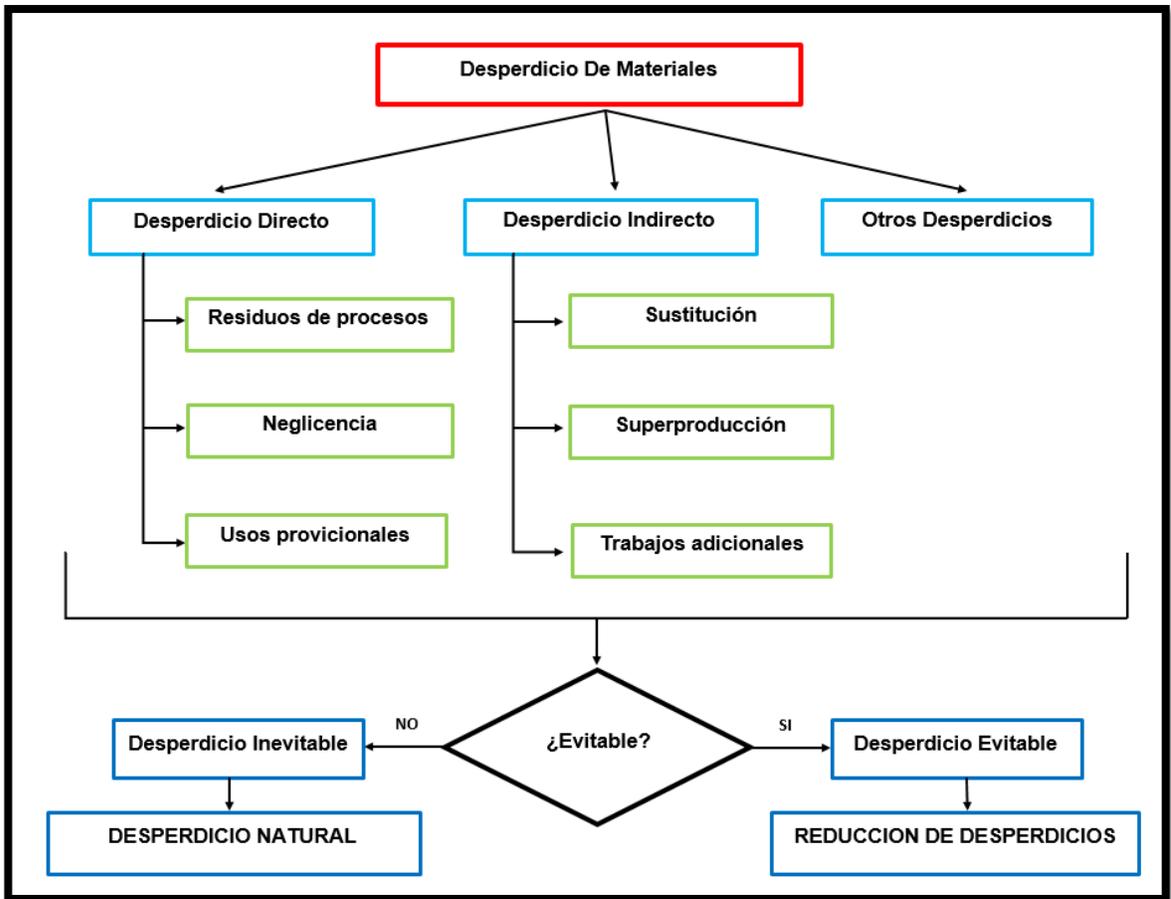


Figura 7. Clasificación de los desperdicios de materiales (Galarza, 2011, p.13)

La generación de los RCD es propia de las obras y actividades de construcción, como productos sobrantes, desperfectos, propios de la actividad realizada, equipos de protección personal (EPPs), productos vencidos, entre otros elementos.

### 1.1.2.6. Clasificación y composición de los RCD

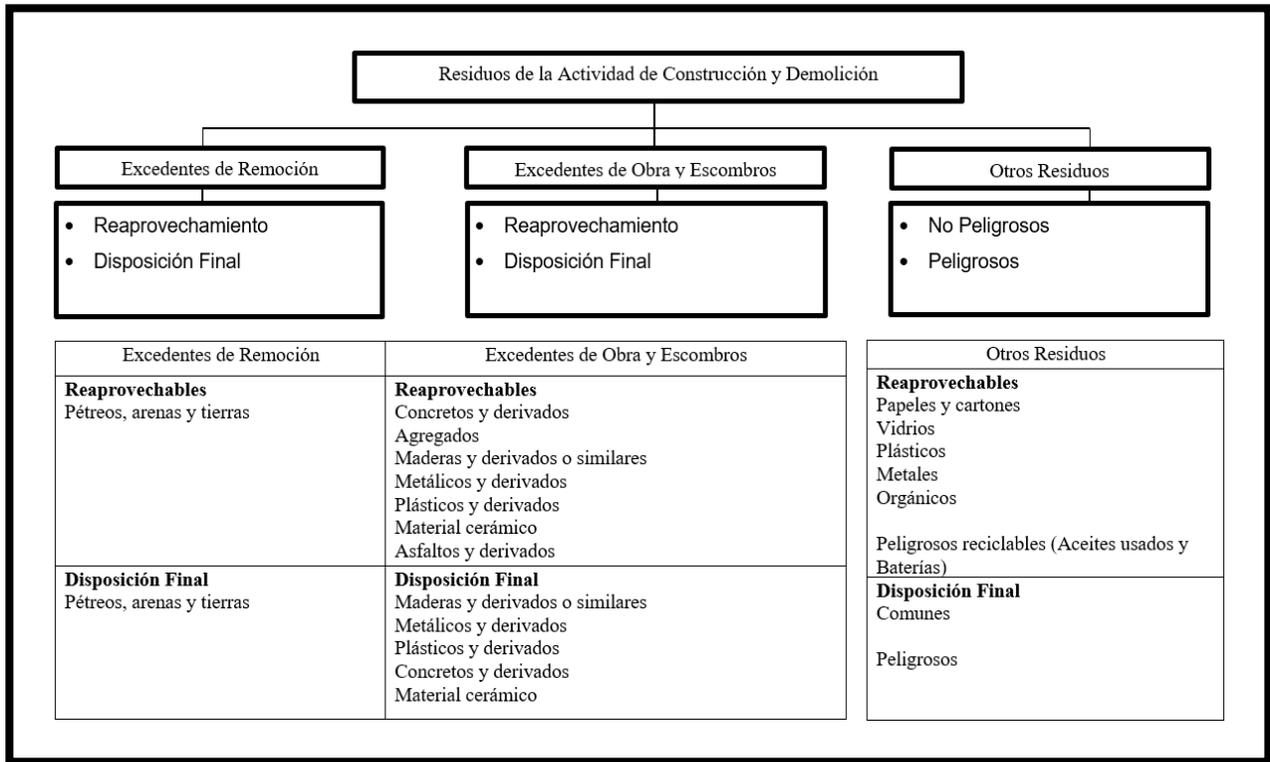
#### 1.1.2.6.1. Clasificación de RCD

Cconislla (2014, p.25), indica que los RCD se clasifican de la siguiente manera:

- Según su origen o fuente de generación  
Pueden ser obtenidos producto de la limpieza de terreno, como tocones o ramas de árboles; materiales de excavación, como residuos inertes de naturaleza pétreo; residuos de obras viales, como trozos de losas o asfalto y residuos de renovación o reparación de estructuras.
- Según su naturaleza  
Se pueden presentar como residuos inertes, sin riesgo de polución al agua, suelo o aire; residuos no peligrosos, como residuos domésticos y residuos especiales, como sustancias inflamables o tóxicas.

Según la NTP 400.050:2017 - MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN, la clasificación de los RCD se divide en:

- Excedentes de remoción
- Excedentes de obra y escombros
- Otros residuos



*Figura 8.* Clasificación de los residuos de la actividad de la construcción y demolición (NTP 400.050:2017 – MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN, p.6)

Se presenta un gráfico que detalla la clasificación de los RCD.

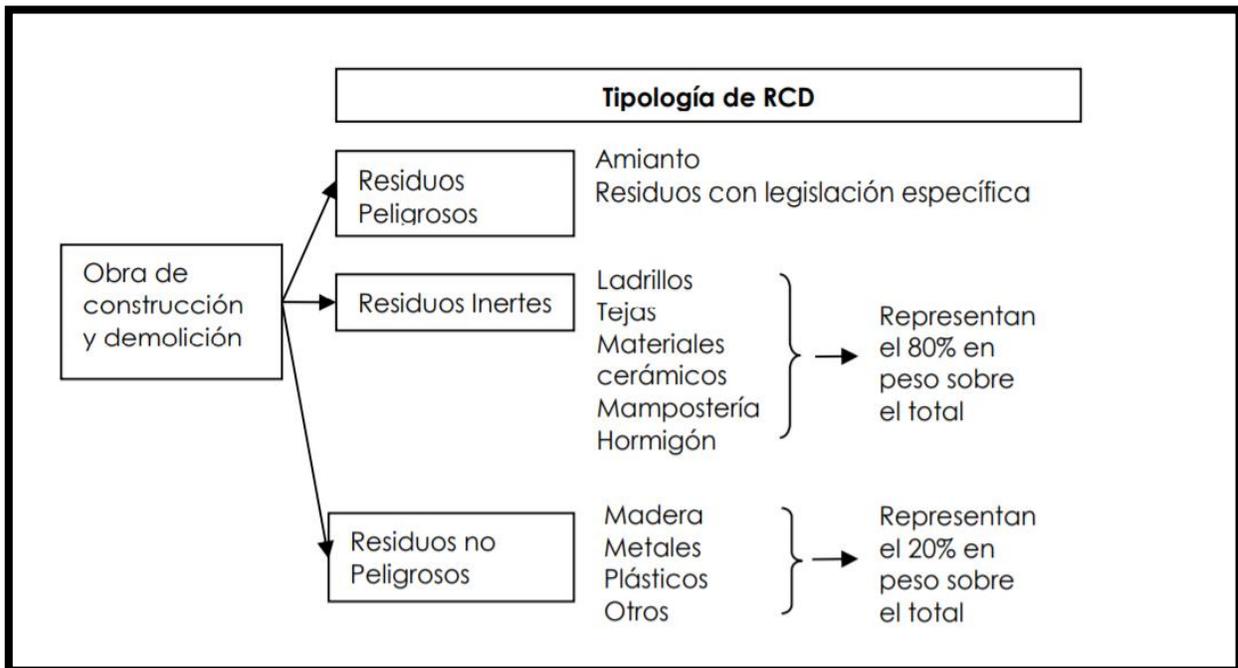


Figura 9. Composición de residuos inertes y no peligrosos en obras de construcción (Comunidad de Madrid, 2006, tomado por Villoria, 2014, p.18)

La clasificación de los RCD permite identificar los tipos de residuos que contienen y mediante una caracterización se pueden determinar otros aspectos como el volumen, peso y composición.

Se puede mencionar en un nivel más amplio y general que la clasificación de los RCD es en residuos peligrosos y no peligrosos, pero a un nivel más específico y de mejor representación, la clasificación de los RCD es:

- Residuos pétreos: Concreto, ladrillos, yeso, mampostería, morteros, tierra, piedras, arena. También conocidos como escombros o residuos inertes.
- Residuos no peligrosos: Plásticos, metales, papeles, cartones, vidrios, maderas, entre otros.
- Residuos peligrosos: Residuos que presentan características de peligrosidad.

### 1.1.2.6.2. Composición de RCD

Según el D.S. 003-2013-VIVIENDA (2013, p.25), establece la composición de los RCD de forma general en base a los tipos de residuos a ser monitoreados:

- Ladrillos y cerámicos (ladrillos de arcilla, productos cerámicos sin níquel, tejas, lavaderos e inodoros).
- Suelo, arena, cal.
- Agregados (grava, piedras).
- Metales (radiadores, puertas y ventanas, cables).
- Empaques (separar envases de pintura como peligrosos, brochas, plásticos para envolturas diversas, láminas de polietileno).
- Plásticos (separar envases de pegamentos como peligrosos, tuberías, ventanas o puertas con PVC, accesorios eléctricos como zoquetes e interruptores).
- Papel y cartones (si hay cantidades importantes, separarlos).
- Concreto (tuberías de concreto, pavimentos, bloques de concreto).
- Calefacción (fibra de vidrio, lana acrílica y tecnopor separados como peligrosos y corcho).
- Planchas, morteros de cemento (fibrocemento, cemento, morteros y separando como peligrosos los que contengan asbesto).
- Retazos de planchas u otras (que pueden ser recicladas).
- Madera (pisos, ventanas, puertas, aserrín, fibra de densidad media MDF, fibrablock, aglomerados de madera).

- Aditamentos arquitectónicos (chimeneas, ladrillos refractarios sin asbesto, parrillas, cubiertas, molduras).



*Figura 10. Restos de cascajo, concreto, chatarra y madera (Martel, 2008, pp.69, 70, 71 y 72)*

Se determina la composición en base a una caracterización de los RCD hecha en Estados Unidos.

Tabla 1

*Caracterización de los RCD en Los Estados Unidos, noviembre del 2003*

<b>Componente</b>	<b>Composición (%)</b>
Concreto y Escombros mezclados	40 – 50
Madera	20 – 30
Tabla roca	5 – 15
Asfalto	1 – 10
Metales	1 – 5
Ladrillos	1 – 5
Plásticos	1 - 5

Fuente. Agencia de Protección Ambiental (EPA), 2003, tomado por Martel, 2008

Otro estudio hecho en un caso de Colombia establece los tipos y el porcentaje de la composición de los RCD.

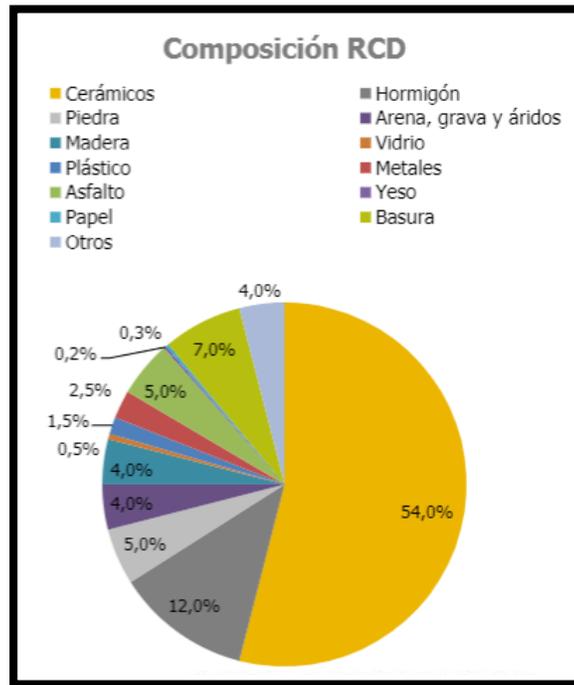
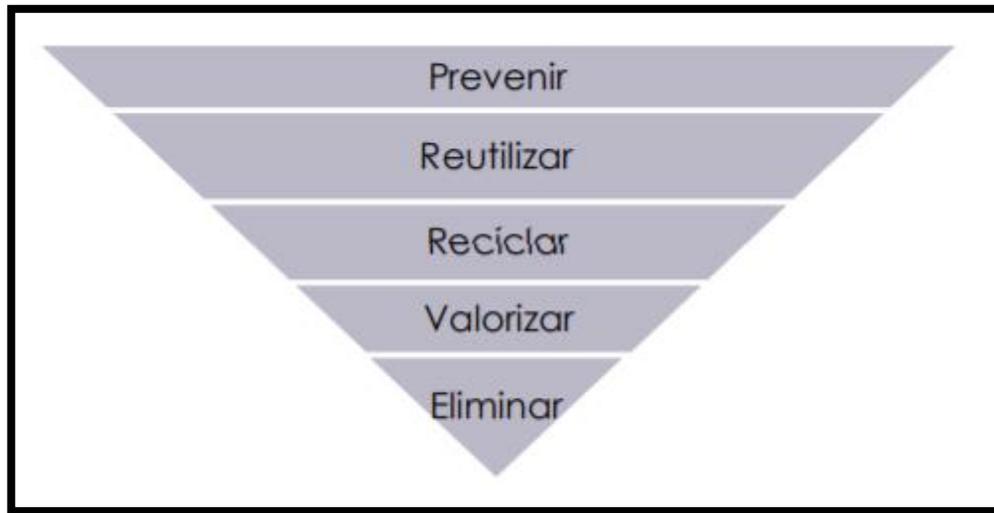


Figura 11. Composición de RCD en Bogotá, Colombia (Salvany, 2012)

#### 1.1.2.7. Gestión de RCD

Para Erias y Álvarez-Campana (2007), citado por Villoria (2014), la gestión:

Se entiende por gestión al conjunto de sistemas, herramientas y planes conducentes al logro de un objetivo. El manejo de los residuos debe gestionarse de forma integral; esto es, registrar el camino definido por el residuo, desde su generación hasta su disposición final de forma controlada y segura para el medio ambiente (trazabilidad).



*Figura 12.* Jerarquía de la gestión de residuos (Directiva Europea 2008/98/CE, reportado por Villoria, 2014, p.38)

La gestión involucra el eficiente y adecuado manejo de los RCD, con el fin de poder tratar y valorizar dichos residuos para su correcto reaprovechamiento y disposición final, alcanzando mejores niveles de eficiencia en la empresa y contribuyendo a mitigar y reducir la contaminación ambiental y los efectos adversos que pueden ocasionar un mal control de los RCD tanto para el ecosistema, los recursos y los seres vivos.

#### **1.1.2.8. Manejo de RCD**

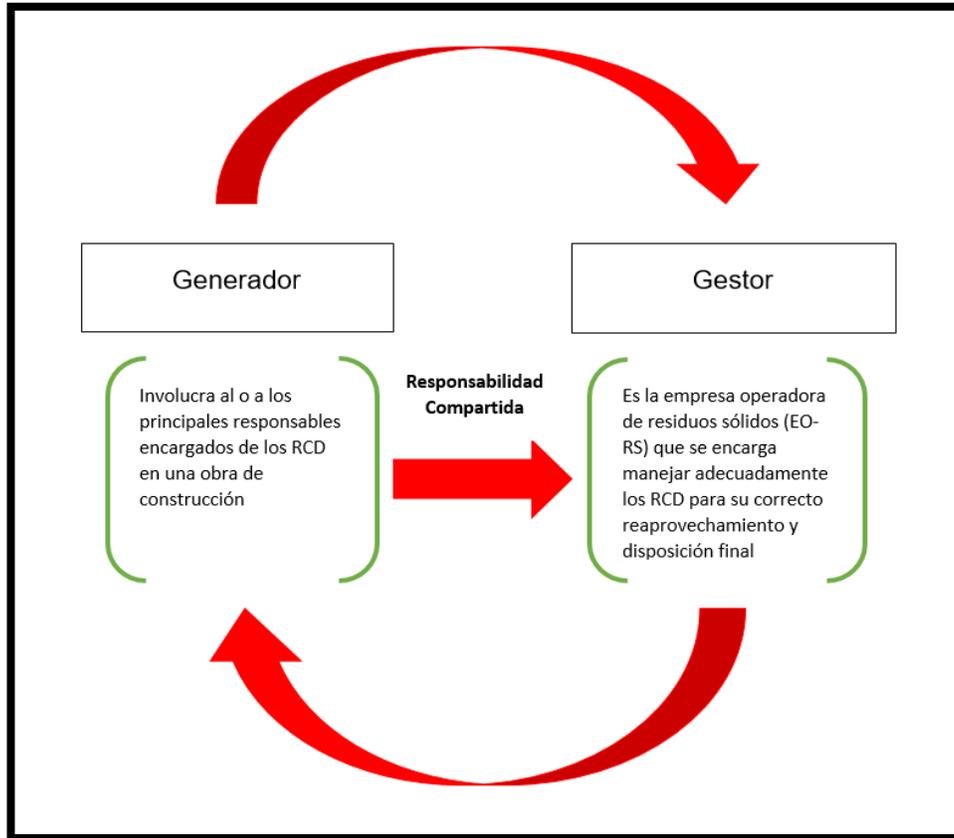
##### **1.1.2.8.1. Agentes involucrados en el manejo de RCD**

Se refiere a las personas que participan y son parte importante en el adecuado manejo de los RCD, tienen la responsabilidad conjunta de poder manejar adecuadamente los residuos desde que se generan hasta que se disponen, involucrando también su proceso de reaprovechamiento.

De manera concisa, se puede mencionar que las personas responsables en el correcto manejo de los RCD son:

- **Generador:** Involucra al propietario de la obra de construcción, residente de la obra y jefe de SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente). También están involucradas las empresas contratistas de la obra de construcción según los residuos que generen.
- **Gestor de RCD:** Se refiere a la empresa operadora de residuos sólidos (EO-RS) autorizada y encargada de gestionar y manejar adecuadamente los RCD con el fin de poder reaprovecharlos y disponer los residuos que ya no tengan utilidad alguna.

Ambos agentes se caracterizan porque tienen 'responsabilidad compartida' en el proceso de manejo de los RCD.



*Figura 13. Agentes que participan en el manejo adecuado de RCD*  
(Propia, 2020)

#### 1.1.2.8.2. Operaciones en el manejo de RCD

El manejo de los RCD es desarrollado de manera selectiva, sanitaria y ambientalmente óptima, teniendo en cuenta la clasificación y el destino de los mismos, con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana. (MINAM, 2015, p. 18)

Se basa en las operaciones del manejo de residuos sólidos.

*Minimización*

“Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora”. (MINAM, 2016, p. 11)

La minimización es considerada una primera opción para evitar la generación masiva de los RCD y como parte de una adecuada gestión de residuos.

### *Segregación*

La segregación de los residuos es una estrategia para facilitar el reaprovechamiento y/o comercialización, ésta se puede realizar en obra o en la instalación designada para su tratamiento. Esta actividad podrá ser efectuada por una EPS-RS o una EC-RS cuando se encuentre prevista la operación básica de acondicionamiento de los residuos previamente a su comercialización. (D.S. 003-2013-VIVIENDA, 2013, art. 25)

Las EPS-RS (Empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos) son conocidas actualmente como EO-RS (Empresas operadoras de residuos sólidos), las cuales pueden gestionar cierto tipo o tipos de residuos, sean del ámbito municipal o no municipal.

La segregación es básicamente la separación selectiva de los residuos generados o recolectados según las características propias de cada tipo de residuo.

### *Almacenamiento*

El almacenamiento de residuos de construcción dentro del predio del proyecto únicamente debe ser temporal, por lo que se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada en las áreas de mayor movimiento, y además debe retirarse los residuos en el plazo que establezcan las disposiciones jurídicas correspondientes. (Martel, 2008, p. 44)

El DS 014-2017-MINAM establece en el art. 53 los tipos de almacenamiento para los residuos no municipales:

- Almacenamiento inicial o primario: Se realiza de forma inmediata en el área de trabajo.
- Almacenamiento intermedio: Se realiza en espacios estratégicos dentro del área de trabajo, es opcional y depende del volumen de residuos, frecuencia de traslado y las áreas disponibles que se cuenten.
- Almacenamiento central: Se realiza este almacenamiento previo al traslado de residuos hacia las infraestructuras correspondientes para su tratamiento.

### *Comercialización*

“Se refiere a la compra y/o venta de los residuos sólidos recuperables para obtener un beneficio económico”. (MINAM, 2016, p.13)

Es la operación o procedimiento donde se venden o comercializan los residuos según su tipo y su calidad. Se comercializan los residuos que tienen una mayor demanda por sus características de reaprovechamiento, que son utilizados por otras industrias o cadenas de reciclaje, lo que permite la continuidad de su tratamiento y valorización, generando beneficios económicos y nuevos productos útiles para otras actividades.

### *Recolección*

“Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado y continuar su posterior manejo en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada” (MINAM, 2016, p. 13).

Se recolectan los residuos reaprovechables y no reaprovechables para su adecuado transporte y así continuar con la adecuada gestión de los residuos.

### *Transporte*

Bonilla y Nuñez (2012), citado por Mendoza (2019), definen que:

El transporte de los residuos está dado desde la fuente de producción o desde la estación de transferencia hasta el lugar de disposición final. Se realiza en vehículos destinados para su efecto caracterizados por ser impermeables lo que evita derrames de líquidos además que deben ser cubiertos para evitar malos olores.

“El medio de transporte dependerá de las políticas de la empresa, en la mayoría de los casos las empresas constructoras cuentan con camiones o contratan compañías de transporte que se encargan de esta función”. (Arce y Tapia, 2014, p. 39)

Las unidades vehiculares deben estar debidamente equipadas con sus contenedores para poder transportar la carga de los residuos con seguridad, evitando posibles derrames, pérdida de materiales o escurrimiento de material húmedo. (Arce y Tapia, 2014)

### *Tratamiento*

Son los procesos, métodos o técnicas que permiten modificar las características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido, para reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud o al ambiente y orientados a valorizar o facilitar la disposición final. Deben ser desarrollados por las municipalidades o las Empresa Operadoras de Residuos Sólidos en las instalaciones autorizadas. (D.L. 1278, 2017, art. 40)

Viene orientado con la valorización y el reaprovechamiento de los RCD a través de técnicas como la reutilización y reciclaje, para así recuperar la mayor cantidad posible de residuos y alargar la vida de los rellenos sanitarios con menos disposiciones diarias.

Los procesos de reciclaje y reutilización de los elementos constructivos se vuelven eficientes en el ámbito ecológico, social y económico por la generación de mercados alternativos de productos reciclados, reintroduciendo los componentes de

dichos residuos al ciclo productivo para beneficio de las actividades económico y con un precio más cómodo en comparación con materiales vírgenes. (Cortina, 2007)

### *Transferencia*

“Instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad”. (MINAM, 2016, p. 13)

Es un proceso que busca abarcar una mayor concentración de los desechos a su disposición final a través de un camión más grande y con mayor capacidad de espacio, lo que también permite un ahorro económico con respecto al transporte.

### *Disposición Final*

Es considerado el último procedimiento u operación del manejo de los RCD (también se aplica a los residuos sólidos en general), que busca disponer en una infraestructura adecuada los residuos sobrantes considerados basura, ya que no tienen potencial de utilidad o reaprovechamiento.

El DS 003-2013-VIVIENDA (2013, art. 48), mencionado sobre la disposición final lo siguiente:

Los excedentes de residuos no reaprovechables que resulten luego de realizado el proceso de segregación, reciclaje, selección y clasificación para efectos de reutilización, serán transportados a una escombrera autorizada por la municipalidad correspondiente para su disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada.

Los sitios más adecuados para la disposición final de los RCD son las escombreras y los rellenos sanitarios.

#### **1.1.2.9. Reaprovechamiento de RCD**

El reaprovechamiento es un proceso que busca volver a darle una utilidad a los residuos que se desechan producto de la actividad humana, a través de la

reutilización y reciclaje, con el fin de poder recuperar al máximo posible aquellos residuos y así fomentar una circulación aprovechable y constante de dichos elementos dentro de las actividades. Los RCD tienen un gran potencial de reaprovechamiento que, mediante diversas técnicas, herramientas, tecnologías y procesos adecuados, pueden servir como materia prima o productos de gran utilidad para las actividades de construcción y en otras áreas de trabajo.

Para Cortina (2007), la reutilización equivale al reuso de un producto o material la cantidad de veces que se pueda, en su misma condición y sin alterar o modificar sus propiedades. Pero también menciona los tipos de reutilización de los RCD, que son la reutilización directa (se utilizan en la misma obra de construcción que se generan), reutilización en otras obras (se transportan los residuos generados a otra obra de construcción a manera de venta para otra empresa o para otra obra de la misma empresa donde se generaron dichos residuos) y la reutilización previa transformación (se modifican las características de los materiales para la creación de nuevos productos y herramientas de trabajo).

La reutilización se refiere a volver a darle uso a los productos que son descartados de una actividad productiva o de servicios, ya sea para el uso que tenían en un principio o bien para otra actividad o proceso, a fin de poder alargar su vida útil y promover la conservación de los recursos.

El reciclaje es un proceso donde los residuos sólidos son recolectados y reciben una transformación para convertirse en nuevos productos o materias primas que se pueden utilizar o vender. (Cortina, 2007)

Tabla 2

*Relación de residuos reutilizables o reciclables de la construcción y demolición*

Áreas o infraestructuras	Elementos reutilizables o reciclables
	Mobiliario fijo de cocina
Instalaciones	Mobiliario fijo de cuartos de baño
Cubiertas	Tejas

	Tragaluces y claraboyas
	Soleras prefabricadas
	Tableros
	Placas sándwich
	Puertas
	Ventanas
Fachada	Revestimientos de piedra
	Elementos prefabricados de hormigón
	Mamparas
	Tabiquerías móviles o fijas
Particiones interiores	Barandillas
	Puertas
	Ventanas
	Cielo raso (escayola)
	Pavimentos flotantes
Acabados interiores	Alicatados
	Elementos de decoración
	Vigas y pilares
Estructura	Elementos prefabricados de hormigón

---

Fuente. D.S. 003-2013-VIVIENDA

Los RCD, en su mayoría están compuestos de elementos reutilizables y reciclables, como los residuos inertes e inorgánicos, llámese restos de concreto, ladrillos, morteros, muros de mampostería, tierra, piedras, arenas, fierro (metales), maderas, plásticos, cartones, entre otros, los cuales tienen un valor económico establecido en el mercado y también se pueden reaprovechar para la elaboración

de nuevos materiales e insumos útiles tanto para la construcción como en otros rubros de trabajo.

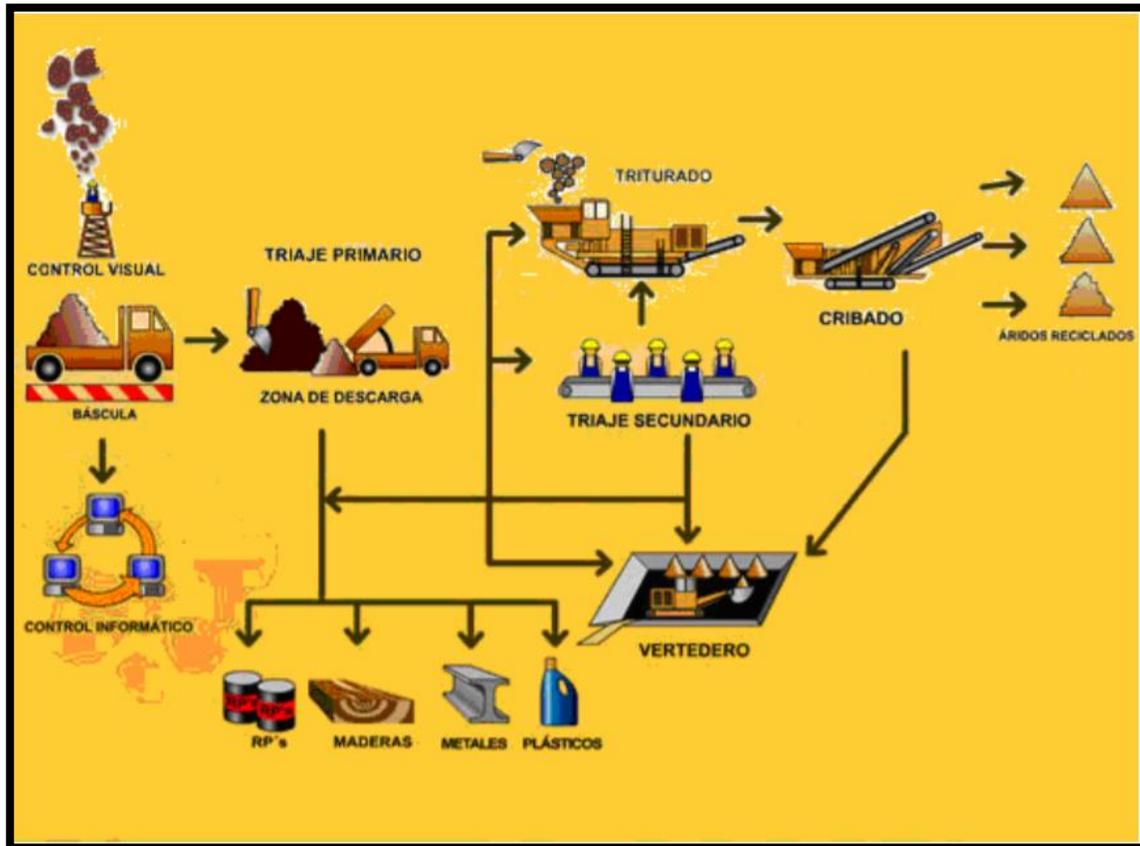


Figura 14. Esquema general de una planta de trituración y reciclaje (García y Molina, 2008)

Para Valdivia (2009), citado por Carbajal (2018, p.9), responde que:

En países industrializados, principalmente de la región europea, los porcentajes de reciclaje de RCD son bastante altos; tal es el caso de Holanda, Suecia y Alemania donde los porcentajes son de 85%, 50% y 60% respectivamente; en cambio, los países no industrializados las cuotas de reciclaje son casi nulas.

Tabla 3

*Clasificación de RCD según su capacidad de reaprovechamiento*

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD aprovechables	Residuos comunes inertes mezclados	Residuos Pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz #200 de granulometría.
	Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limo y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometría.
RCD aprovechables	Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometría.
	Residuos metálicos	Residuos de carácter metálico	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
	Residuos orgánicos	Residuos de pedones	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc
			Residuos de tierra negra.

---

		Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
			Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, bitúmenes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos y otros elementos peligrosos.
RCD no aprovechables	Residuos contaminantes	Residuos peligrosos	Poliestireno-Icopor, drywall, lodos residuales de compuestos.
		Residuos especiales	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos especiales.
		Residuos contaminados	

---

Fuente. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., reportado por Carbajal, 2018

El reaprovechamiento de los restos de concreto se puede dar a través de cuatro fuentes como áridos reciclados o parte de los agregados gruesos y finos, parte para la fabricación de bloques divisorios y tuberías, utilidad en bases y sub-bases de carreteras y pavimentos y como materia prima para productos

relacionados con la construcción, infraestructuras y mantenimiento. (Beltrán y Chica, 2018)

#### **1.1.2.10. Factores contaminantes en los procesos de RCD**

Existen algunos factores o agentes que promueven la contaminación ambiental dentro de la actividad de construcción, tanto en la generación como en los procesos de manejo de los RCD. Ello también trae como consecuencia efectos negativos en la salud de las personas. Entre ellos están:

##### **Material Particulado**

Se denomina material particulado a una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire. (Instituto para la Salud Geoambiental, párr. 1)

Hay dos tipos de material particulado según su diámetro, que son el PM<sub>10</sub>, cuyo diámetro es menor o igual a 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y el PM<sub>2.5</sub>, cuyo diámetro es menor o igual a 2.5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). (EPA, 2020)

Dentro de las actividades de construcción, se encuentran el polvo y algunos gases que se generan por las maquinarias y vehículos que se utilizan.

##### **Ruido**

Según Estrucplan, citado por Martel (2008), se define al ruido como el sonido desordenado y molesto que produce efectos no deseados en las personas, donde también se indica que las obras de construcción son ruidosas por lo general debido a los procesos constructivos, ocasionando ruido por sobre el límite permitido y por un tiempo prolongado, causando daños en la audición.

De acuerdo al ECA ruido (2003), en Perú, para las zonas industriales el nivel máximo permitido para horario diurno es 80 decibeles (dB) y para horario nocturno es 70 decibeles (dB).

#### Vibraciones

Según la Organización Internacional del Trabajo, citado por Martel (2008), se transmiten las vibraciones al cuerpo de las personas por el uso de las máquinas y herramientas de mano, generando lesiones en los músculos y articulaciones, así como afecciones en la circulación de la sangre.

#### Aguas residuales

Se refiere a las aguas provenientes de las actividades de construcción, que contienen partículas de polvo, restos de aceites, plásticos, restos tóxicos, así como por el contacto de las fuentes de agua con los RCD dispuestos inadecuadamente.

#### Deterioro de suelos

Se degradan los suelos y áreas verdes por la inadecuada disposición de los RCD en áreas inapropiadas y sin un adecuado tratamiento, lo cual ocasiona erosiones y deterioros en las superficies terrestres.

Tabla 4

*Estrategias de prevención de impactos ambientales y medidas de prevención*

ASPECTO	IMPACTO	ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN (antes que suceda el evento)	MEDIDAS DE CONTROL (cuando ya sucede el evento)
EMISIONES AL AIRE	Emisiones atmosféricas (material particulado, gases y olores)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control para el almacenamiento y manejo de materiales.</li> <li>-Control de emisiones atmosféricas.</li> <li>-Malla cortaviento para el cerramiento de la obra.</li> <li>-Control para la reducción de la emisión de material particulado.</li> <li>-Manejo de silos para el almacenamiento de cemento o similares.</li> <li>-Reducción de la emisión de gases de combustión.</li> <li>-Barrido de vías circundantes.</li> <li>-Correcto almacenamiento del material producto de excavaciones en sacos de polipropileno, plástico o lona impermeable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control de emisiones atmosféricas.</li> <li>-Plástico o lonas para la cobertura de materiales susceptibles de generar emisiones fugitivas de material particulado.</li> <li>-Revisión y mantenimiento periódico de maquinaria que pueda generar emisiones gases y material particulado.</li> </ul>

<p>Generación de escombros y otros residuos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guía de procedimientos para el manejo de residuos sólidos ordinarios, reciclables, residuos sólidos reutilizables, residuos de construcción y demolición (RCD), manejo de sobrantes de excavación, manejo de residuos peligrosos y no peligrosos.</li> <li>-Pago de servicio público por parques y jardines.</li> <li>-Control de los permisos ambientales de los proveedores de materiales de construcción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Registros para la entrega de escombros de cada una de las cargas de escombros salientes en sitios autorizados, residuos peligrosos, etc.</li> <li>-Revisión técnico-mecánica de cada uno de los vehículos involucrados con el desarrollo de la obra.</li> </ul>
<p>Aumento en los niveles de ruido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaboración de programas de trabajo de acuerdo al tipo proyecto, obra o actividad, según la normatividad, el cual determine el nivel máximo de ruido según la actividad a realizar.</li> <li>-Notificar previamente al vecindario la programación según afectación de los equipos.</li> <li>-Establecer un horario para el carguío y descargue de materiales.</li> <li>-Elaborar programas de trabajo para la determinación del lugar del proyecto y obra a realizar.</li> <li>-De requerirse el uso de equipos muy sonoros, a más de 80 decibeles, trabajar sólo en jornada diurna y por períodos cortos de tiempo, de acuerdo a lo que indique la normatividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control de los niveles de ruido mediante un sistema de fiscalización que haga cumplir los LMPs y ECAs</li> <li>-Fiscalización por parte del órgano competente</li> </ul>

DEL AGUA	Contaminación de agua por vertimiento de sustancias inertes, tóxicas o biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control sobre el consumo de agua.</li> <li>-Tratamiento de aguas servidas y/o residuales domésticas antes de su descarga para aislar grasas y/o sedimentos o tratarlas en pozos sépticos.</li> <li>-Habilitar canales de evacuación de aguas lluvias y/o reconocer sumideros existentes en el área aledaña, previo al inicio de los trabajos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cuantificar el consumo de agua en la obra, pudiendo realizarse a través de la instalación de medidores</li> <li>-Mantener un registro del consumo de agua.</li> </ul>
CONTAMINACIÓN DEL SUELO	Alteración de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaborar una guía de procedimientos para el manejo y mantenimiento de residuos vegetales y suelo orgánico.</li> <li>-Evitar la circulación de vehículos por zonas verdes.</li> <li>-Proyectar y construir los accesos necesarios desde la fase inicial de la obra hasta las actividades de cierre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Restaurar todas las superficies intervenidas para llegar a la condición igual o mejor a la existente, antes de ejecutarse las obras.</li> <li>-Las obras paisajísticas exteriores de la obra, deberán ser aprobadas por la autoridad competente.</li> </ul>
	Derrames de combustibles, grasas y aceites	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cumplimiento de la normatividad vigente para el abastecimiento, almacenamiento y manipulación.</li> <li>-Considerar el uso de materiales absorbentes adecuados para su contención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mantener disponibles materiales absorbentes adecuados para su contención.</li> </ul>
	Pérdida o alteración de las características físicas y químicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Construcción de barreras (con pendientes), canales, zanjas u otras obras.</li> <li>-Protección el suelo para las actividades de almacenamiento y preparación de materiales de construcción.</li> <li>-Adecuación de pavimentos, barreras de contención o cercos perimetrales forrados con material impermeable para el almacenamiento de insumos peligrosos.</li> <li>-Almacenamiento transitorio de materiales producto de las excavaciones y demoliciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restaurar el terreno afectado y terrenos adyacentes intervenidos</li> </ul>

- Actividades para la prevención de procesos erosivos.
  - Compactación del suelo.
  - Prevención de procesos erosivos y control sobre los flujos.
  - Elaboración de procedimientos para el manejo de la capa orgánica del suelo.
  - Adecuación de la infraestructura (piso rígido, cerco perimetral, trampa de grasas o sedimentador) para la recolección, conducción y tratamiento de aguas procedentes del lavado de vehículos.
- 

Fuente. Chávez, 2014

## **1.2. Definición de términos básicos**

### **Escombros**

Son aquellos residuos que provienen de las actividades de construcción, compuestos principalmente por restos de concreto, mortero, ladrillos, mampostería, tierras, rocas, arena y en menor proporción por plástico, metales, madera, cartones y restos derivados. También se le conoce como desmonte o cascajo.

### **Pavimentos**

Se refiere a las capas de las bases y sub-bases de una superficie terrestre en una construcción y deben tener una buena resistencia. Su importancia radica en la construcción de carreteras, pistas y sistemas viales.

### **Concreto de demolición**

Son aquellos fragmentos de concreto provenientes de las demoliciones de elementos de construcción como el concreto simple o armado, pavimentos de concreto y también el concreto excedente de la obra. (D.S. 003-2013-VIVIENDA)

### **Construcción sostenible**

Se refiere a los proyectos de construcción que generan un impacto ambiental positivo, una adecuada planificación y proceso constructivo, minimización y reúso de los materiales que genera, un adecuado manejo de los RCD enfocados en su valorización y control y preservación de los recursos naturales.

## **Agregados reciclados**

También conocidos como áridos reciclados, son los materiales granulares provenientes de restos de concreto, morteros y ladrillos provenientes de actividades de construcción que han pasado por procesos como la clasificación, trituración y cribado y que sirven como materia prima para la elaboración de concreto, bloques, muros dependiendo sus consideraciones, probetas, construcción de carreteras, veredas, entre otras aplicaciones que se le pueda dar.

## **Residuos pétreos**

Se refiere a los elementos provenientes de las canteras de extracción y generados de la elaboración con los elementos de canteras, como el concreto, ladrillos, muros de mampostería, cerámicos, piedras, arena, gravas, tierra, yeso, morteros, restos de mezclas y rocas. También son considerados como residuos inertes.

## **Mampostería**

Es la construcción de muros mediante la superposición de piedras y ladrillos o bloques de concreto y empleando una mezcla de mortero de cemento o cal, arena y agua.

## **Caracterización de residuos sólidos**

Es el proceso o procedimiento donde se recolecta información mediante determinadas acciones y una metodología que permiten identificar y determinar valores de los residuos sólidos como el volumen, peso, composición y propiedades en determinados escenarios. (Runfola y Gallardo, 2009, citado por Bazán, 2018)

## **Economía Circular**

Se define como un nuevo modelo económico que busca mantener y hacer circular los materiales, productos y componentes a través de su reintegración en la cadena de valor cuando son desechados o culminan su vida útil en una actividad o proceso de trabajo, maximizando el aprovechamiento de los recursos y minimizando los residuos no aprovechables. (Marcet, Marcet y Vergés, 2018)

## **Contenedor**

Recipiente utilizado para el almacenamiento o transporte de los residuos sólidos, cuya ubicación en determinada área no debe alterar el ornato, vías públicas y tránsito y aspectos de la higiene, seguridad y calidad ambiental. (Astete, 2019)

## **Bascular**

Es el proceso mediante el cual se inclina el contenedor metálico o tolva de los camiones para que pueda resbalar o caer el contenido o carga por su propio peso.

## **Escombrera**

Es el lugar cuya infraestructura está habilitada para la disposición final y ordenada de los residuos inertes no reaprovechables procedentes y derivados de las obras y actividades de construcción y demolición. (D.S. 003-2013-VIVIENDA)

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

#### 2.1. Delimitación temporal y espacial

##### 2.1.1. Delimitación temporal

El desarrollo del presente trabajo se realizó desde el 01 de agosto al 02 de diciembre de 2020.

##### 2.1.2. Delimitación espacial

El presente trabajo se realizó en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., ubicada en la Av. Mariano Pastor Sevilla Mz. D1 Lt. 3A, San Juan de Miraflores- Lima.



*Figura 15.* Ubicación de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. (Google Earth Pro, 2020)

## 2.2. Determinación y análisis del problema

### 2.2.1. Diagnóstico del proceso de trabajo

La empresa Cajas Ecológicas S.A.C. es una empresa operadora de residuos sólidos enfocada en el rubro de los RCD, los cuales recolectan, transportan y tratan en su planta de transferencia y reciclaje, también llamada su planta de tratamiento. A través de estos procesos, se busca segregar y reaprovechar los RCD y llevar a disposición final en el relleno sanitario los residuos que ya no tengan utilidad.



Figura 16. Logotipo de Cajas Ecológicas S.A.C. (Cajas Ecológicas S.A.C., 2020)

Dentro de su proceso de gestión, se hallan residuos sólidos provenientes de las obras y actividades de construcción como los residuos pétreos, maderas, metales, plásticos, papeles, cartones, otros reaprovechables como vidrios, mangueras, algunos equipos o herramientas en buen estado y bolsas film y restos de basura y no reaprovechables.

Tabla 5

*RCD identificados en Cajas Ecológicas S.A.C.*

---

#### **Residuos de construcción y demolición (RCD)**

---

Residuos pétreos (concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras, arena, restos de mezclas)

Maderas

Metales

Plásticos

Papel y cartón

Otros

Restos de basura y no reprovechables

---

Fuente. Cajas Ecológicas S.A.C., 2020

La empresa Cajas Ecológicas S.A.C. está organizada según su jerarquía en diversas áreas de trabajo, que abarcan principalmente:

- Gerencia General
- Jefatura de administración, recursos humanos y logística
- Jefatura de gestión comercial
- Jefatura de operaciones
- Jefatura de calidad, seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental

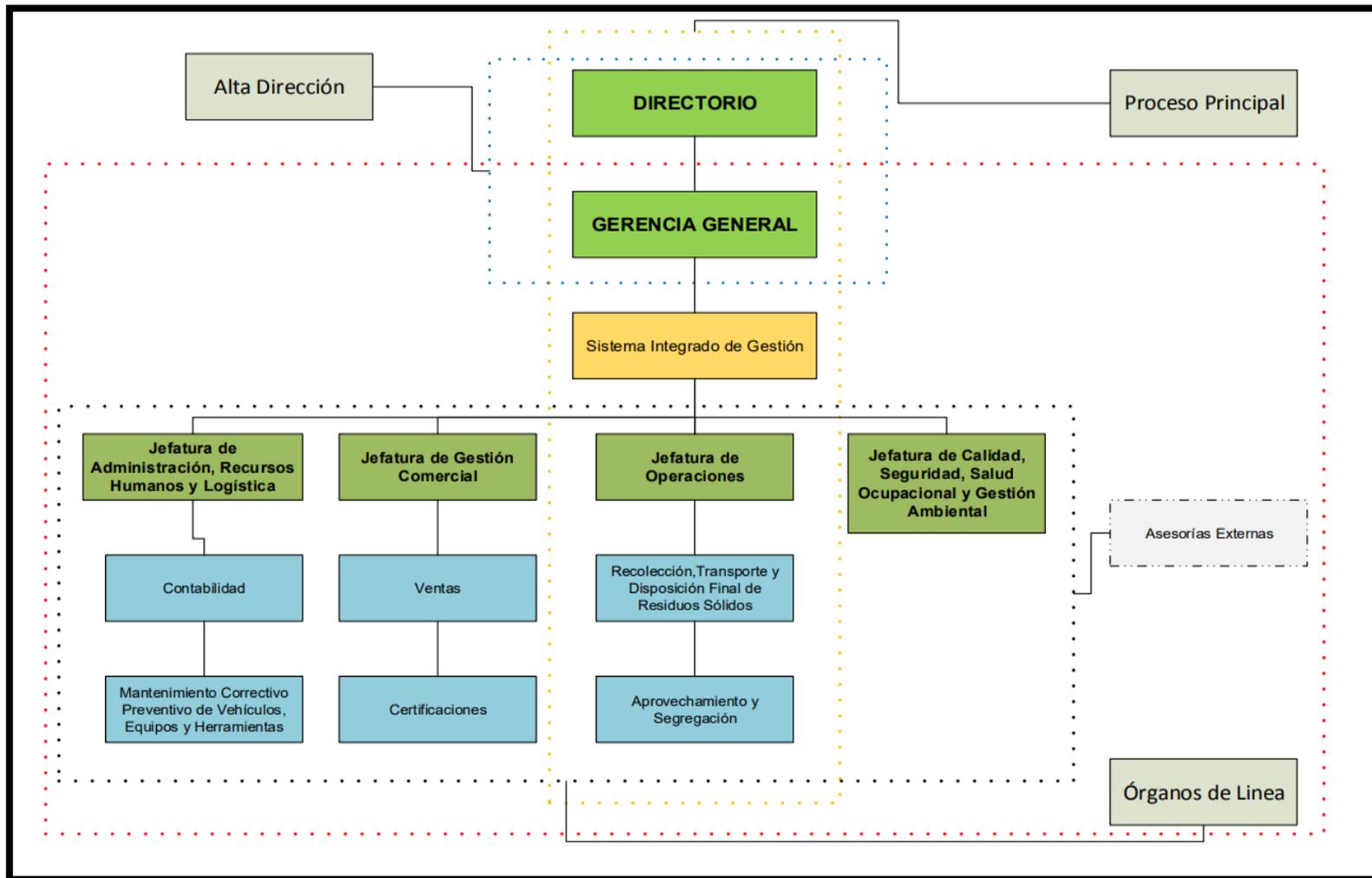


Figura 17. Organigrama de áreas de trabajo (Cajas Ecológicas S.A.C., 2020)

Se recolectan y transportan los RCD mediante contenedores metálicos de forma trapezoidal, cuya capacidad es de 8 m<sup>3</sup> y están cubiertos con una malla raschel para evitar el desprendimiento de los residuos y la generación de polvo. El recojo de los residuos se realiza de una manera breve pero segura, donde tanto el conductor de la unidad vehicular como el ayudante son los principales responsables de este proceso, razón por la cual deben ser capacitados constantemente.

Se presenta la unidad vehicular (camión portacontenedores) con su respectivo contenedor, que se encarga de recolectar los RCD y transportarlos desde el punto de generación (obra o actividad de construcción) hacia la planta de transferencia y reciclaje de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., para continuar con el manejo de los RCD.



*Figura 18.* Unidad vehicular con su respectivo contenedor metálico para el recojo y transporte de RCD (Cajas Ecológicas S.A.C., 2019)

El procedimiento de maniobra para situar o cargar el contenedor se realiza con ayuda de las cadenas, argollas y pericos de seguridad y el sistema de izaje que porta el camión en su parte posterior o trasera, que es manejado por unas palancas de ajuste y se requiere un espacio de entre 7 a 10 metros de radio a la redonda para realizar dicha maniobra. Está maniobra se realiza por el conductor y ayudante y

también permite la basculación o disposición de los residuos en la planta de tratamiento, para su posterior segregación.



*Figura 19.* Levantamiento de contenedor para su colocación en el suelo (Cajas Ecológicas S.A.C., 2018)

Una vez realizado el servicio de recojo de los RCD, éstos son basculados o dispuestos y recolectados en la planta de tratamiento (planta de transferencia y reciclaje), para su segregación manual a través de los operarios de reciclaje. Los residuos que se han podido segregar y recuperar como los metales, papeles, cartones, plásticos, una parte de la madera y otros reaprovechables son comercializados a empresas recicladoras para continuar con la cadena de reciclaje, reaprovechando así los residuos.



*Figura 20.* Basculación de RCD en el área central de la planta de transferencia y reciclaje (Propia, 2019)

Los residuos pétreos, en su mayoría como el concreto, ladrillos y piedras se reciclan a través de la trituración a gránulos en una máquina trituradora, convirtiéndose en agregados reciclados, que son una fuente importante para la creación de veredas, tramos de pistas, lozas deportivas, probetas de concreto, experimentaciones para otros usos y recientemente utilizados para la fabricación de bloques de concreto (derivados de los agregados reciclados de concreto) mezclados en la dosificación con agregados naturales, cemento y agua, para usos como en muros no portantes, tabiques de cerramiento y cercos perimétricos.



Figura 21. Máquina trituradora para agregados reciclados (Propia, 2019)

En el caso de la madera, se gestiona de diferentes formas, ya que se comercializa, se dona y se recicla a través de la creación de maceteros, mesas, sillas, pequeños estantes, entre otros accesorios manuales.



*Figura 22. Macetero proveniente de madera reciclada (Cajas Ecológicas S.A.C., 2019)*

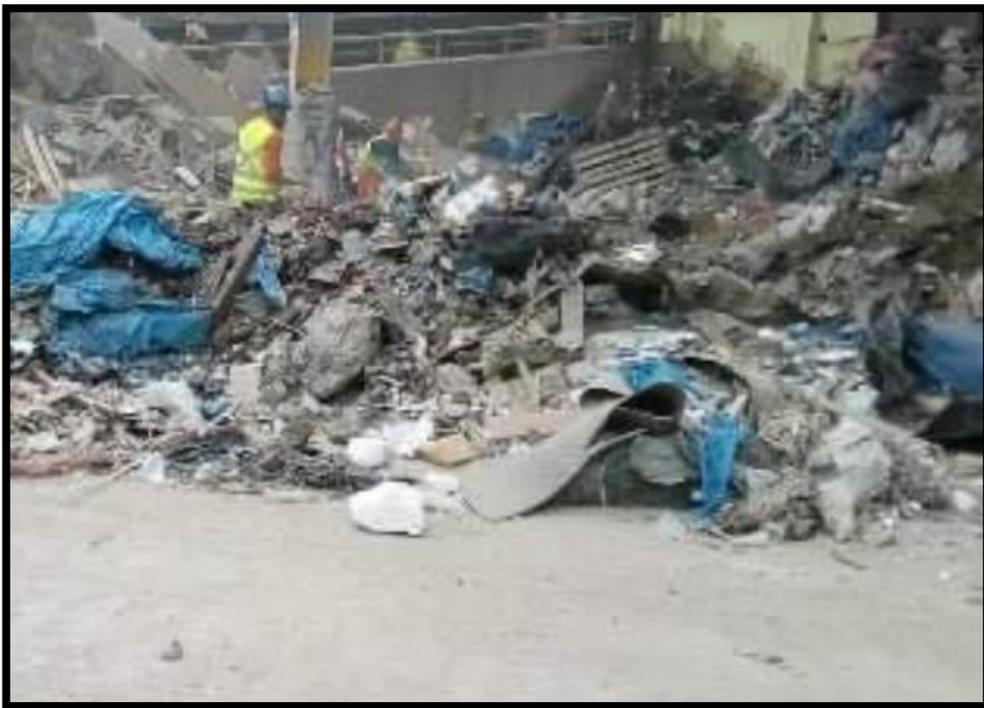
Básicamente, el tratamiento que se le brinda a los RCD se realiza en el área central de acopio de la planta de transferencia y reciclaje, donde entran y salen los camiones portacontenedores para bascular o disponer los residuos y luego, los operarios de reciclaje, con ayuda del cargador frontal para dispersar y remover los residuos, segregan de forma manual, llevando los residuos reaprovechables a su respectiva área de almacenamiento para su posterior comercialización y reaprovechamiento, mientras que los residuos considerados como basura o inservibles y los que no se pudieron segregar y recuperar, son puestos para su disposición final en el relleno sanitario.



*Figura 23. RCD basculados en el área central de acopio de la planta de transferencia y reciclaje para la segregación (Propia, 2020)*

De la situación observada y analizada, se puede decir que la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. cumple con su rol de recolectar, transportar y tratar los RCD, pero dentro de su proceso de trabajo, se necesita ordenar y organizar las operaciones para un adecuado manejo de los RCD y se basculan todos los RCD provenientes

de las obras de construcción en el centro de acopio de la planta de transferencia y reciclaje, generando mezclas de los residuos pétreos con los residuos no pétreos y generales, lo que genera mayor dificultad y tiempo en la segregación. También se debe realizar una correcta identificación y delimitación de los residuos reaprovechables en sus respectivas áreas de almacenamiento, se evidencia que los trabajadores, principalmente del área de operaciones, no usan correctamente sus EPPs y a veces no lo utilizan y requieren de un mayor conocimiento sobre la gran importancia de su labor en favor del ambiente. Por otro lado, se deben plantear otras opciones de reaprovechamiento, principalmente en el reciclaje de los residuos pétreos como el concreto, ladrillos y piedras y reutilización de los restos que sobran de la madera (aserrín) cuando se elaboran las macetas y otras manualidades y objetos.



*Figura 24.* Disposición de todos los RCD en conjunto y mezclados sin una delimitación adecuada en el área de acopio (Propia, 2020)

Para ello, se busca elaborar un plan de manejo de RCD, buscando una mejora continua y así también poder reducir la cantidad de residuos, que muchas veces por el mismo proceso de trabajo y el tiempo en los procesos de segregación, no se logran recuperar por completo y son llevados al relleno sanitario para su disposición final.

Así, se favorece también que los trabajadores puedan reconocer las etapas y la importancia de un plan de manejo con respecto a los RCD para el correcto desempeño laboral y cómo este instrumento de gestión ambiental contribuye a la mejora ambiental.



*Figura 25.* RCD provenientes de obras de construcción recolectados en la planta de transferencia y reciclaje de Cajas Ecológicas S.A.C. (Propia, 2020)

### **2.2.2. Identificación de tipos y composición de RCD**

A partir de la información recopilada y los datos brindados, se puede identificar los tipos y composición de los RCD recolectados en la empresa Cajas Ecológicas

S.A.C. durante un período de 10 años, que abarcan del año 2009 al 2019; estos datos consideran la recolección y caracterización de los RCD.

También se evidencian mejoras a lo largo del tiempo, así como aspectos que se pueden mejorar para optimizar el reaprovechamiento de los RCD, a fin de promover y fortalecer la economía circular y la sostenibilidad de los recursos naturales.

De la caracterización producto de la información brindada, se resume en la siguiente tabla la recolección, recuperación y reaprovechamiento y disposición final de los RCD, del año 2009 al 2019, en volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y peso en toneladas (Ton).

Cabe mencionar que los RCD son recuperados para su respectivo reaprovechamiento.

Tabla 6

*Caracterización de RCD con respecto al volumen (m<sup>3</sup>) y peso (Ton) en el período 2009 - 2019*

<b>Residuos de construcción y demolición (RCD)</b>	<b>Recolección</b>		<b>Recuperación y reaprovechamiento</b>		<b>Disposición Final</b>	
	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Ton)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Ton)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Ton)</b>
Residuos pétreos (concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras, arena, restos de mezclas)						
Maderas						
Metales	462776	476471.32	276467.86	281243.53	186308.14	195227.79
Plásticos						
Papel y cartón						
Otros						
Restos de basura y no reaprovechables						

Fuente. Cajas Ecológicas S.A.C., 2020

A partir de la información brindada en la tabla 6, con respecto al volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ), se puede estimar una recolección de 46277.60  $m^3$ /año, 3856.47  $m^3$ /mes, 964.12  $m^3$ /semana y 128.55  $m^3$ /día.

Por otro lado, con respecto al peso en toneladas (Ton), se puede estimar una recolección de 47647.13 Ton/año, 3970.59 Ton/mes, 992.65 Ton/semana y 132.35 Ton/día.

Si bien la cantidad de los RCD recolectados y manejados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. es significativa e importante, la generación de los RCD que se dan en las distintas actividades constructivas, incluidas obras grandes y obras menores, es aún mayor, tal como lo menciona el Diagnóstico de residuos sólidos de la construcción y demolición en el Perú (MVCS), citado por Rojas (2020), donde se evidencia que en el año 2007 se generaron 2098562 Ton/año solo en Lima y a nivel nacional (en el Perú) se dio una generación de 5663062 Ton/año. En otro caso, según CAPECO, citado por León (2017), se menciona una generación de 30000  $m^3$  o 19000 ton por día RCD. Todo ello sumado a que muchas veces en las actividades de construcción, no se tiene un plan para el manejo adecuado de los RCD, que además fomenta la valorización o el reaprovechamiento, razón por la cual se evidencia la disposición de estos residuos en botaderos, espacios públicos, a orillas de mares y ríos, generando una mayor degradación ambiental.

Por tal motivo, se busca promover un adecuado manejo de los RCD, que tenga como principal meta el máximo reaprovechamiento a través de la reutilización y el reciclaje, siendo de utilidad para las mismas actividades de construcción y para otros sectores. Es así que, a través de la propuesta de un plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., se brinda un adecuado orden y organización en el proceso de manejo y la optimización en el reaprovechamiento de los residuos, tal manera que se brinde una mayor prolongación de los residuos en el ciclo productivo y así disminuir la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario. Con ello, también se busca fomentar una mayor concientización en la población y agentes involucrados en las obras y actividades de construcción. Asimismo, se recopiló la información con respecto a la segregación de los RCD

recuperados y reaprovechados expresada en peso (Ton), en el mismo período de 2009 – 2019.

Tabla 7

*Segregación de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton)*

<b>Residuos de construcción y demolición (RCD)</b>	<b>Segregación (Ton)</b>	<b>Recuperación y reaprovechamiento (Ton)</b>
Residuos pétreos (concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras, arena, restos de mezclas)	78147.43	
Maderas	68946.10	
Metales	33252.97	281243.53
Plásticos	47270.40	
Papel y cartón	40606	
Otros	13020.63	

Fuente. Cajas Ecológicas S.A.C., 2020

A partir de la información establecida en la tabla 7, se puede identificar y determinar la composición de los RCD recuperados y reaprovechados.

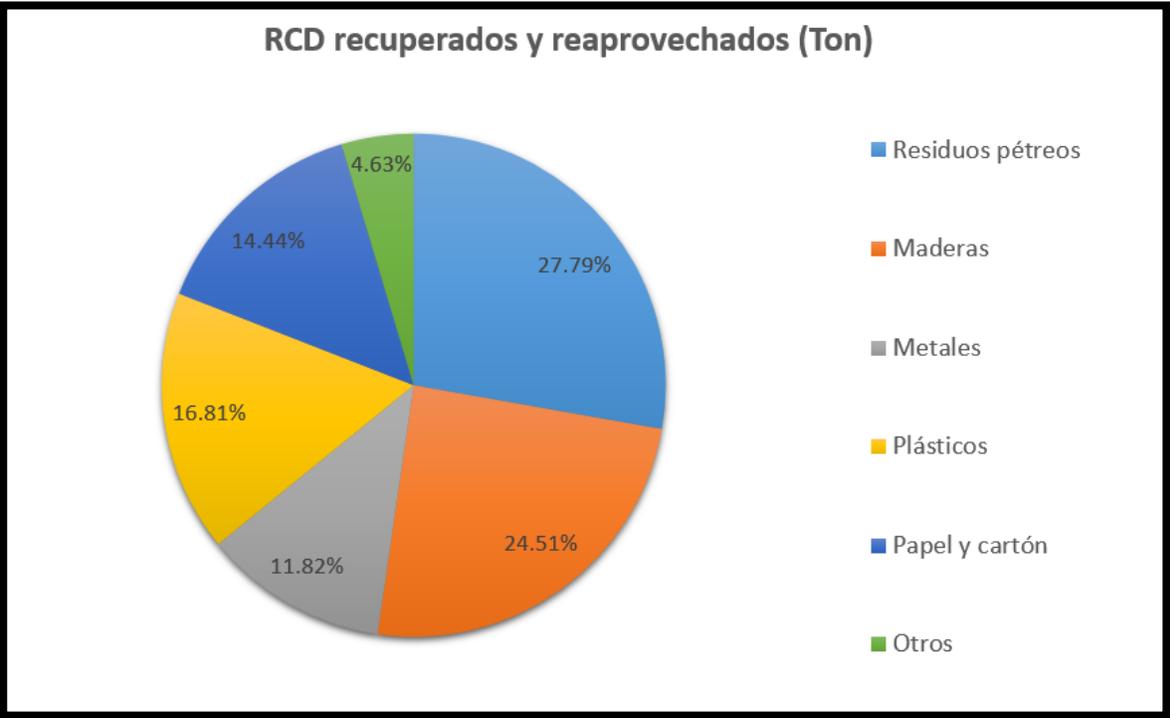


Figura 26. Composición de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. (Propia, 2020)

Se observa, de acuerdo a la segregación y composición de los RCD que se han podido recuperar y reaprovechar, una mayor recolección de los residuos pétreos (27.79%), seguido de las maderas (24.51%).

### 2.4.3. Alternativas que aporten en el reaprovechamiento

Se proponen nuevas alternativas que aporten en el reaprovechamiento de los RCD recolectados en la planta de transferencia y reciclaje de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., principalmente en los residuos pétreos como el concreto, restos de ladrillos y piedras, así como con el uso que se le puede brindar a los restos de

aserrín, generado producto de las maderas usadas para la elaboración de maceteros y demás manualidades y objetos.

Para ello, en la siguiente tabla, se conoce un poco más de las características y la importancia del reaprovechamiento de estos elementos.

Tabla 8

*Aprovechamiento de residuos de la construcción*

Residuos	Descripción	Aprovechamiento de residuos
<b>Escombros</b> Compuesto por concreto, ladrillos, roca, piedra y residuos de demolición.	Los escombros están compuestos por materiales que tienen gran potencial de aprovechamiento; sin embargo, pese a que en muchos países éstos tienen un alto porcentaje de recuperación, en Perú no se aprovechan tanto como podrían, pues no contamos con escombreras.	<b>Aprovechamiento:</b> Para que puedan ser aprovechados, los escombros deben ser trasladados a plantas de tratamiento en las que pasarán por procesos de selección, trituración y cribado, ello con el fin de obtener el árido reciclado. <b>Usos:</b> Los escombros reciclados pueden ser usados en muros y bloques de concreto reciclado, ladrillos reciclados, material para la construcción de carreteras, entre otros.
<b>Madera</b> Compuesto por madera limpia y restos de madera utilizada en encofrados.	La situación de la madera es similar a la de los escombros en Perú; ello, debido a que es un material que tiene gran potencial de aprovechamiento. Cabe señalar que la madera es utilizada por países europeos en gran cantidad	<b>Aprovechamiento:</b> Para su aprovechamiento, la madera pasa por procesos de selección y de trituración. <b>Usos:</b> La madera reciclada puede ser usada como fertilizantes, energía de biomasa, tableros de aglomerados, entre otros.

y que alcanza índices de reciclaje de hasta el 80%. No obstante, esta situación no se replica en nuestro país, pues su aprovechamiento es mínimo.

---

Fuente. Bazán, 2018

Ahora bien, se mencionan las alternativas que aportan en el reaprovechamiento de los RCD (residuos pétreos como el concreto, ladrillos y piedras y las maderas) a fin de poder darles una mayor utilidad.

- Concreto, ladrillos, piedras

Se pueden reciclar los restos de concreto, ladrillos y piedras mediante la generación de agregados reciclados y usarlos para la fabricación de adoquines de concreto para pavimento peatonal y vehicular y usados en la construcción de sistemas viales como carreteras, autopistas y ciclovías y para caminos y pisos de áreas y espacios públicos como plazas y parques. Para ello, estos residuos deben pasar por un proceso de selección, clasificación, trituración y cribado, con la finalidad de poder obtener los agregados reciclados (gruesos y finos) en óptimas condiciones. De esta manera, se promueve un mayor reciclaje y utilidad de los agregados reciclados, reduciendo la cantidad de residuos que van a disposición final y permitiendo la continuidad de estos elementos en el ciclo productivo, lo que genera un impacto ambiental positivo.

Los agregados reciclados que se obtienen de los residuos pétreos como el concreto, ladrillos y piedras, en comparación con los agregados convencionales, son más económicos, rentables y significan una menor contaminación ambiental.

Según Moreno, Ospina y Rodríguez (2017), un porcentaje óptimo del agregado reciclado en la mezcla de preparación del concreto es de un 30%, ya que garantiza una adecuada resistencia a la compresión en comparación con la preparación del concreto usando agregados convencionales.

Sánchez (2019) menciona que la resistencia a la compresión ( $f_c$ ), a los 28 días de curado, para pavimentos es de 175 Kg/cm<sup>2</sup> y para las zapatas (tipo de cimentación superficial) y muros es de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los agregados convencionales, también conocidos como agregados vírgenes o naturales, extraídos de canteras, suelen costar entre S/.0.50 y S/. 0.80 por Kilogramo, mientras que el precio que se fija para los agregados reciclados es de S/. 0.30 por kilogramo.

Tabla 9

*Costo de agregados convencionales y agregados reciclados por kilogramo*

Descripción	Agregados convencionales	Agregados reciclados
Costo (Por Kg)	S/. 0.50 – S/. 0.80	S/. 0.30

Fuente. Propia, 2020

Se pueden fabricar adoquines de concreto a partir de los agregados reciclados de concreto, reduciendo las cantidades de agregados convencionales que se emplearían en la fabricación de dichos adoquines de concreto, lo que también disminuye la explotación de los recursos naturales extraídos de canteras. Por otro lado, representan un menor costo en comparación con los adoquines de concreto convencionales.

En la siguiente tabla, se aprecia el costo de los adoquines de concreto convencionales y los adoquines de concreto que contienen agregados reciclados por unidad.

Tabla 10

*Costo de adoquines de concreto convencionales y adoquines de concreto que contienen agregados reciclados por unidad*

Descripción	Adoquines de concreto convencionales	Adoquines que contienen agregados de concreto reciclados
Costo (Por unidad)	S/. 0.85 – S/. 1.10	S/. 0.60 – S/. 0.80

Fuente. Propia, 2020

- Madera

Uso del aserrín, generado del reciclaje de la madera para la creación de maceteros y otras manualidades y objetos, para el compostaje, a modo de reutilización del sobrante de madera usada como el aserrín, lo que permite minimizar la generación y disposición de residuos. En el compostaje, el aserrín se puede usar como la parte seca en la preparación del compostaje, el cual es un abono natural que sirve como fuente de nutrientes para la tierra y el desarrollo de plantas y cultivos. Se pueden usar en los maceteros que están dentro de la empresa, así como para algunas zonas exteriores alrededor de la empresa, lo cual trae beneficios para la propia empresa y para las zonas circundantes y cercanas a la empresa con respecto al compostaje.

Tabla 11

*Aspecto técnico, ambiental y económico de los residuos pétreos (concreto, ladrillos, piedras) y las maderas*

RCD reaprovechables	Aspecto técnico	Aspecto ambiental	Aspecto económico
Residuos pétreos (concreto, ladrillos, piedras)	<p>-Mayor utilidad de los agregados reciclados (participan en la mezcla de preparación del concreto) en actividades de construcción.</p> <p>-Continuidad del uso prolongado de los productos o materiales procedentes de los RCD en el ciclo productivo.</p>	<p>-Mayor reciclaje de los residuos pétreos como agregados reciclados.</p> <p>-Prolongación de la vida útil de los rellenos sanitarios al haber una menor disposición final de los RCD.</p> <p>-Menor contaminación ambiental en ríos, mares y suelos y mitigación del impacto ambiental negativo.</p>	<p>-Ahorro económico con respecto al uso de agregados convencionales o vírgenes.</p> <p>-Representan un menor gasto de disposición final, ya que se reaprovechan más residuos y se desechan menos residuos.</p> <p>-Impulso de la economía circular.</p>
Maderas	<p>-Uso del aserrín derivado de la madera como fuente o insumo seco para la</p>	<p>-Uso del aserrín como parte de la preparación para la generación de compostaje</p>	<p>-Ahorro económico con respecto a la obtención de la fuente o insumo seco</p>

preparación del compostaje natural.	natural en beneficio de la tierra y plantas.	(aserrín) en la preparación del compostaje natural.
-El aserrín aporta una fuente de energía y favorece un adecuado equilibrio en la relación de Carbono/Nitrógeno (C/N) en el compostaje natural.	-Fomento de la reutilización del aserrín de las maderas.  -Menor contaminación ambiental en ríos, mares y suelos y mitigación del impacto ambiental negativo.	-Impulso de la economía circular.

---

Fuente. Propia, 2020

### **2.2.3. Modelo de solución propuesto**

Se elaboró una propuesta de un plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.

#### **Propuesta de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD)**

##### **Introducción**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son generados día a día y en grandes cantidades, provenientes de las obras y actividades de construcción. Muchas veces su inadecuado manejo, terminan generando un grave problema ambiental. La empresa Cajas Ecológicas S.A.C. está enfocada en el rubro del manejo y gestión de los RCD, donde se encargan de recolectar, transportar y tratar dichos residuos en su planta de transferencia y reciclaje, y luego, los residuos descartables son llevados a su disposición final en el relleno sanitario. Si bien la iniciativa de la empresa en este rubro es considerable, se evidencia de la necesidad de poder ordenar y organizar los procedimientos u operaciones con respecto al manejo de los RCD, optimizar el reaprovechamiento de los residuos que se recolectan y plantear alternativas para aportar en el reaprovechamiento a través de la reutilización y reciclaje de los residuos, enfocados principalmente en los residuos pétreos como el concreto, ladrillos y piedras, y las maderas, a través de un plan de manejo. Con esta propuesta, se busca minimizar la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario, alargar la vida útil de los residuos en el ciclo productivo, conocer la importancia de la utilidad y beneficios de los productos obtenidos de los RCD, concientizar a los agentes involucrados en el sector de la construcción sobre el adecuado manejo de los RCD y promover la sostenibilidad de los recursos naturales.

## **Alcance**

Se propone un plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. como una propuesta de mejora que permita ordenar y organizar las operaciones en el proceso de manejo y optimizar el reaprovechamiento de los RCD, así como la importancia de incrementar los diferentes usos que se le pueden brindar a los RCD para resaltar sus beneficios, principalmente en los residuos pétreos y las maderas, fomentando la sostenibilidad de los recursos y la calidad ambiental.

## **Finalidad**

Ordenar y organizar las operaciones en el manejo de RCD, optimizar el reaprovechamiento y proponer alternativas que aporten en un mayor uso de los RCD recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., cumpliendo con las normativas establecidas con respecto a RCD.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Elaborar un plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para ordenar y organizar sus operaciones de manejo y optimizar el reaprovechamiento de los residuos.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los tipos y composición de los RCD.
- Describir las operaciones para el adecuado manejo de RCD y buscar el máximo reaprovechamiento de los RCD en el ciclo productivo.
- Promover una cultura de desarrollo sostenible a través de un adecuado manejo de los RCD.

## **Base legal**

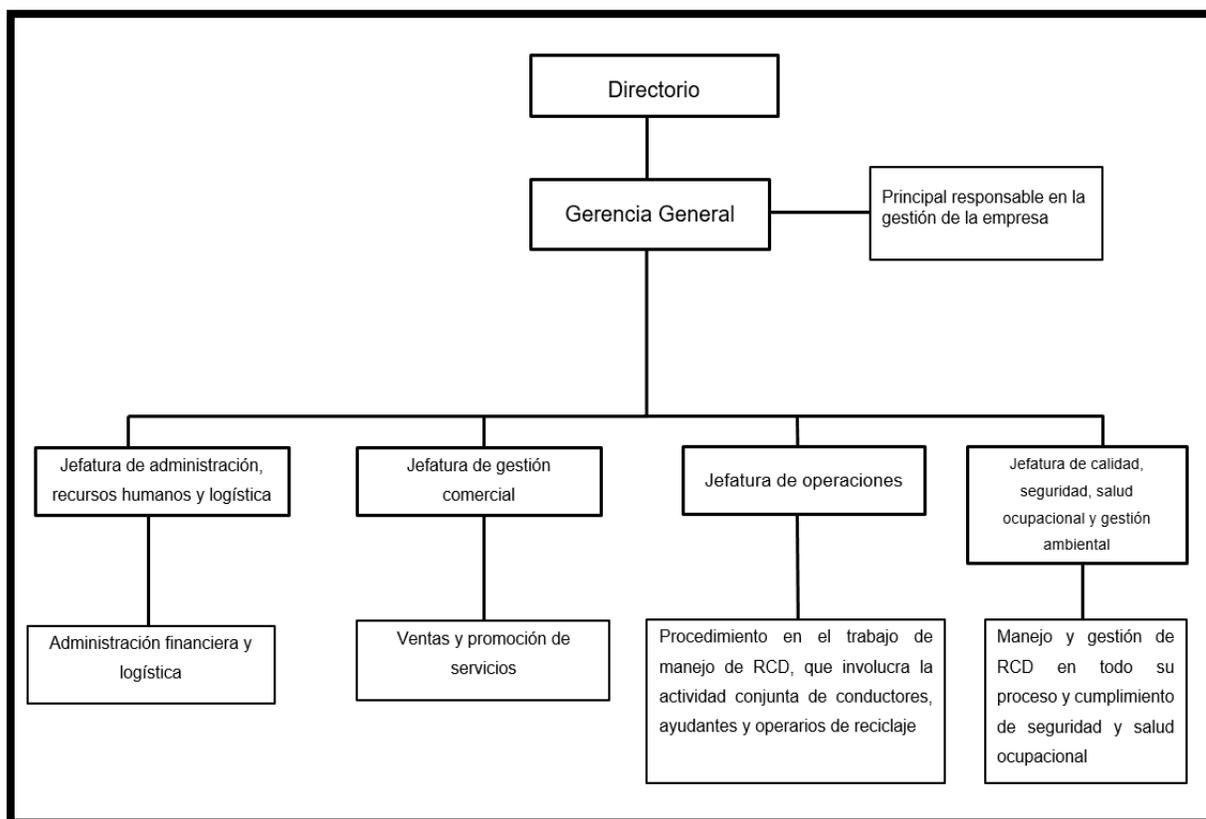
- Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente
- Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM – Reglamento de la Ley de gestión integral de residuos sólidos
- Decreto Legislativo N° 1501 – Modificatoria de la Ley de gestión integral de residuos sólidos
- Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA - Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición
- Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA - Modificatoria del D.S. 003-2013-VIVIENDA
- Norma Técnica Peruana NTP 400.050:2017. MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades
- NTP 900.058:2019. GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos
- Ley N° 29783 – Ley de seguridad y salud en el trabajo
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR – Reglamento de la ley de seguridad y salud en el trabajo

## **Organización**

La organización en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. se presenta de la siguiente manera:

- Gerencia General  
Es área de mayor jerarquía y responsabilidad, representa legal y administrativamente a la empresa y verifica el procedimiento general de la empresa.

- Jefatura de administración, recursos humanos y logística  
Responsable de la correcta administración de la empresa con respecto a la programación de servicios, contabilidad y logística.
- Jefatura de gestión comercial  
Responsable del manejo de ventas y promoción de los servicios de recolección de RCD.
- Jefatura de operaciones  
Responsable de los procesos de trabajo en el manejo de los RCD durante la recolección, transporte, acopio y tratamiento en Planta, que involucra el trabajo conjunto del conductores, ayudantes y operarios de reciclaje.
- Jefatura de calidad, seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental  
Responsable del manejo y gestión de los RCD y con respecto a la seguridad y salud ocupacional de todos los trabajadores en la empresa.



*Figura 27.* Esquema de organización de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.  
(Propia, 2020)

### **Responsables en el manejo de RCD**

La responsabilidad en el manejo y gestión de los RCD está dada principalmente por la gerencia general, jefatura de calidad, seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental y jefatura de operaciones.

Si bien cada área tiene una determinada función, están interrelacionadas con el fin de cumplir con el adecuado manejo de los RCD.

Por ello, se busca permanentemente la mejora continua en los procesos de manejo de los RCD, capacitaciones periódicas y la evaluación de las actividades de reaprovechamiento para sostenibilidad de los materiales y recursos en el ciclo de producción.

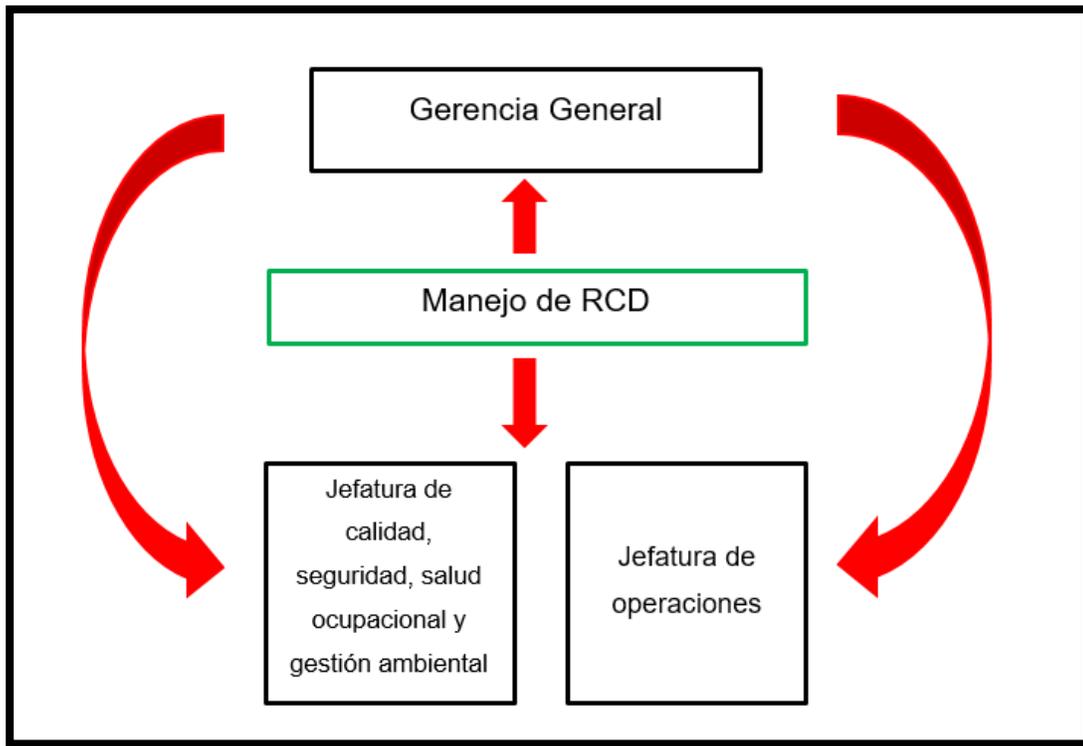


Figura 28. Principales responsables en el manejo de RCD (Propia, 2020)

### **Educación ambiental**

Se enfoca en temas relacionados con la conservación y protección del ambiente, así como la sostenibilidad de los recursos y la adecuada armonía que debe haber entre las actividades que realiza el hombre y la naturaleza.

Por ello, se busca brindar capacitaciones del aspecto ambiental relacionadas con las actividades en el manejo de los RCD al personal laboral de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., las cuales deben estar a cargo del Jefe PDRGA o una entidad externa, con el fin de concientizar y generar hábitos y conductas proactivas que fomenten la sostenibilidad ambiental en el desarrollo de las actividades de trabajo.

Entre los principales temas que se pueden abordar, están:

- Desarrollo sostenible
- Equilibrio en el desarrollo económico, social y ambiental
- Fomento de la economía circular en el desarrollo de las actividades
- Prácticas de minimización y reaprovechamiento
- Consumo responsable
- Biodiversidad
- Importancia de la reutilización y reciclaje en el manejo de RCD

### **Equipos de protección personal (EPP)**

Durante el manejo de los RCD, el personal laboral involucrado directamente en la supervisión, operaciones y control, tanto dentro de la planta de tratamiento como cuando se recogen los residuos, como el jefe de operaciones, jefe de prevención de riesgos y gestión ambiental (PDRGA), conductores, ayudantes y operarios de reciclaje, deben contar con los siguientes implementos.

- Casco
- Barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Protector o tapón auditivo
- Guantes de seguridad multiflex
- Mascarilla KN95
- Guantes de cuero amarillos (para operarios de reciclaje)
- Respirador con filtro (para operarios de reciclaje)
- Polo manga larga
- Chaleco reflectivo
- Pantalón drill reflectivo
- Zapatos industrial punta de acero



Figura 29. Equipos de protección personal (EPP) (Freepik, 2017)

### **Equipamiento de las unidades vehiculares**

Las unidades vehiculares, conocidas como camiones portacontenedores, son los medios que permiten el recojo y transporte de los RCD, considerados elementos importantes dentro del manejo de los residuos, sus rutas están definidas desde la planta de transferencia y reciclaje (planta de tratamiento) de Cajas Ecológicas S.A.C. hacia la obra de construcción que solicita el servicio y viceversa. Para ello, las unidades vehiculares deben contar con sus respectivos materiales, tener un mantenimiento constante y estar bien equipadas. Estos aspectos ofrecen seguridad durante el transporte y en el proceso de trabajo. Asimismo, el conductor y ayudante deben estar capacitados para verificar el estado de la unidad vehicular.

Entre los materiales y equipos que deben tener las unidades vehiculares están:

- Contenedor metálico trapezoidal
- Cuatro cadenas de seguridad con sus respectivas argollas para sostener la carga
- Dos ganchos metálicos o ‘pericos’ de seguridad (ubicados en la parte posterior o trasera del camión)
- Una gata mecánica
- Una llanta de repuesto
- Una malla raschel
- Una paleta con letrero de ‘pare’ y ‘siga’ (usado como referencia cuando se realiza el proceso de carga o descarga del contenedor)
- Dos conos de seguridad
- Un extintor PQS ABC de 9 Kg
- Un botiquín de primeros auxilios

### **Descripción de la actividad**

La empresa Cajas Ecológicas S.A.C. se encarga de recolectar, transportar, segregar y tratar los RCD para luego enviarlos a disposición final y culminar con el ciclo de manejo y gestión de los RCD.

Tabla 12

#### *Descripción de procesos de manejo de RCD*

Procesos de manejo	Descripción
Recolección	Consiste en dejar un contenedor metálico, cuya capacidad es de 8 m <sup>3</sup> , en la obra de construcción a fin de que el generador deposite sus residuos en el recipiente y una vez llenado el contenedor, la unidad vehicular pase a recoger los RCD, cumpliendo con el proceso de recojo en el tiempo adecuado y siguiendo su procedimiento de trabajo.

## Transporte

Consiste en transportar los RCD a través del contenedor metálico en la unidad vehicular. Este proceso lo realiza el conductor acompañado del ayudante, quién también cumple la función de copiloto, se verifica el adecuado estado del contenedor y se transporta el contenedor con RCD hacia la planta de tratamiento de la empresa o un contenedor vacío para dejarlo en la obra de construcción.

## Segregación

Se da cuando los RCD llegan a la planta de tratamiento (planta de transferencia y reciclaje) de la empresa, se acopian en el área central y empieza la separación de los residuos a través de los operarios de reciclaje, donde separan los residuos según sus tipos y características y son llevados a sus respectivas áreas o zonas de almacenamiento para su posterior comercialización a empresas recicladoras, continuando la cadena de reciclaje. Entre los RCD que se segregan están los residuos pétreos como (concreto, ladrillos, piedras y residuos mezclados de la albañilería), maderas, plásticos, metales, papeles, cartones y otros residuos que se puedan recuperar.

## Tratamiento y reaprovechamiento

Los RCD recuperados son almacenados en sus respectivas áreas y se reciclan los residuos pétreos como restos de concreto, ladrillos, piedras y residuos mezclados de la albañilería, a través de la trituración en una máquina trituradora para convertirlos en agregados reciclados que serán de utilidad para la creación de veredas, tramos de pistas, lozas deportivas y fabricación de bloques de concreto. También se recicla la madera a través de la

creación de maceteros, mesas, sillas, estantes y otras manualidades.

Disposición Final

Una vez segregados y reaprovechados los RCD que se han podido recuperar, el resto de residuos considerados inservibles y que no se hayan podido recuperar, son llevados a disposición final en el relleno sanitario.

---

Fuente. Propia, 2020

### **Caracterización de RCD**

Se caracterizaron los RCD para identificar los tipos y composición de dichos residuos, en base a la información brindada y recolectada durante un período de 10 años, de 2009 al 2019, con respecto al volumen (m<sup>3</sup>) y peso (Ton) de los residuos recolectados y gestionados.

Los RCD identificados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. se clasifican en:

- Residuos pétreos (concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras, arena, restos de mezclas)
- Maderas
- Metales
- Plásticos
- Papel y cartón
- Otros
- Restos de basura y no reaprovechables

Del análisis de la caracterización de los RCD con respecto al volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), se registró y agrupó lo siguiente:

Tabla 13

*Registro de la caracterización de los RCD recolectados (m<sup>3</sup>) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019)*

Concepto	Volumen (m <sup>3</sup> )		
	Recolección	Recuperación y reaprovechamiento	Disposición final en relleno sanitario
RCD	462776	276467.86	186308.14

Fuente. Propia, 2020

Según lo indicado en la tabla 10, con respecto al volumen de RCD, durante el período de 2009 – 2019, se recolectaron 462776 m<sup>3</sup>. A partir de este resultado, se puede estimar una recolección de 46277.60 m<sup>3</sup>/año, 3856.47 m<sup>3</sup>/mes, 964.12 m<sup>3</sup>/semana y 128.55 m<sup>3</sup>/día.

De igual forma, con respecto a la recuperación y reaprovechamiento de un total de 276467.86 m<sup>3</sup> de RCD, se puede estimar la recuperación y reaprovechamiento de 27646.79 m<sup>3</sup>/año, 2303.90 m<sup>3</sup>/mes, 575.97 m<sup>3</sup>/semana y 76.80 m<sup>3</sup>/día.

Del análisis de la caracterización de los RCD con respecto al peso en toneladas (Ton), se registró lo siguiente:

Tabla 14

*Registro de la caracterización de los RCD recolectados (Ton) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019)*

Concepto	Peso (Ton)		
	Recolección	Recuperación y reaprovechamiento	Disposición final en relleno sanitario
RCD	476471.32	281243.53	195227.79

Fuente. Propia, 2020

Según la tabla 11, con respecto al peso de los RCD, durante el período de 2009 – 2019, se recolectaron 476471.32 Ton. A partir de este resultado, se puede estimar una recolección de 47647.13 Ton/año, 3970.59 Ton/mes, 992.65 Ton/semana y 132.35 Ton/día.

Asimismo, se observa la recuperación y reaprovechamiento de un total de 281243.53 Ton y con ello, se puede estimar la recuperación y reaprovechamiento de 28124.35 Ton/año, 2343.70 Ton/mes, 585.92 Ton/semana y 78.12 Ton/día.

Por otro lado, en base a la información brindada, se observó la segregación según su clasificación de los RCD recolectados que han sido recuperados y reaprovechados en la planta de tratamiento de Cajas Ecológicas S.A.C.

Tabla 15

*Segregación de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019)*

Residuos de construcción y demolición (RCD)	Segregación (Ton)	Recuperación y reaprovechamiento (Ton)
Residuos pétreos (concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, piedras, arena, restos de mezclas)	78147.43	
Maderas	68946.10	
Metales	33252.97	281243.53
Plásticos	47270.40	
Papel y cartón	40606	
Otros	13020.63	

Fuente. Propia, 2020

También se presenta una gráfica que representa la segregación de los RCD recuperados y reaprovechados.

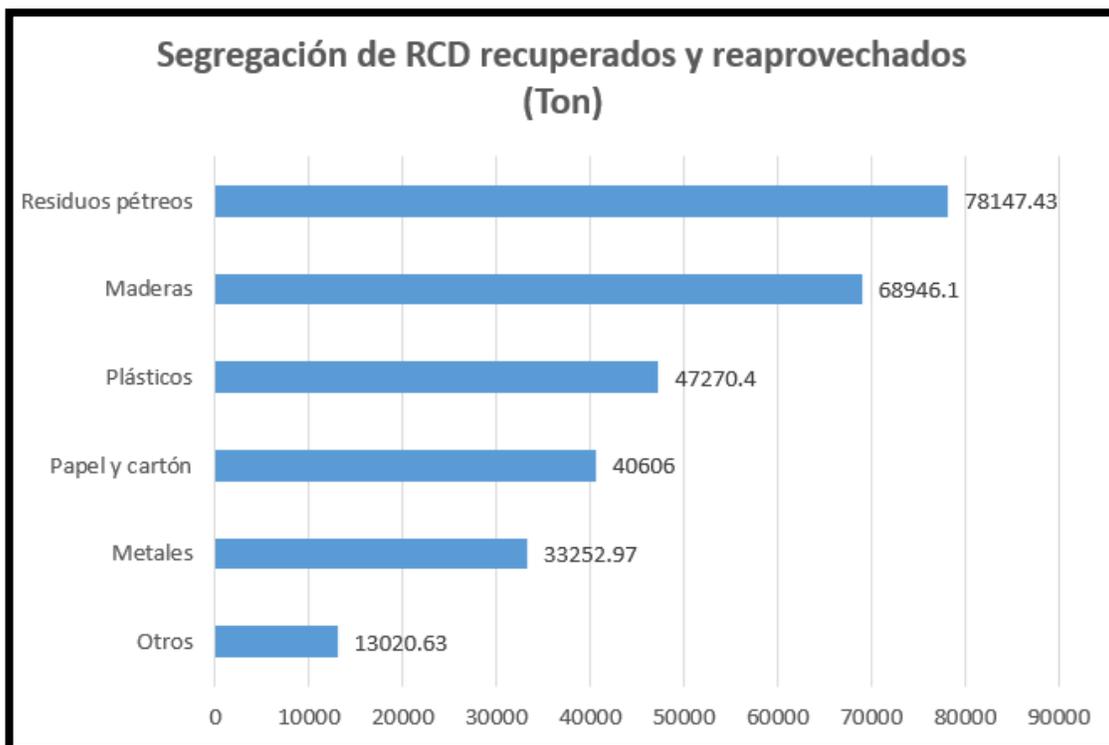


Figura 30. Segregación de RCD recuperados y reaprovechados en Cajas Ecológicas S.A.C. (2009 – 2019) (Propia, 2020)

Con los resultados obtenidos, se expresa la composición de los RCD recuperados y reaprovechados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. durante el período 2009 – 2019.

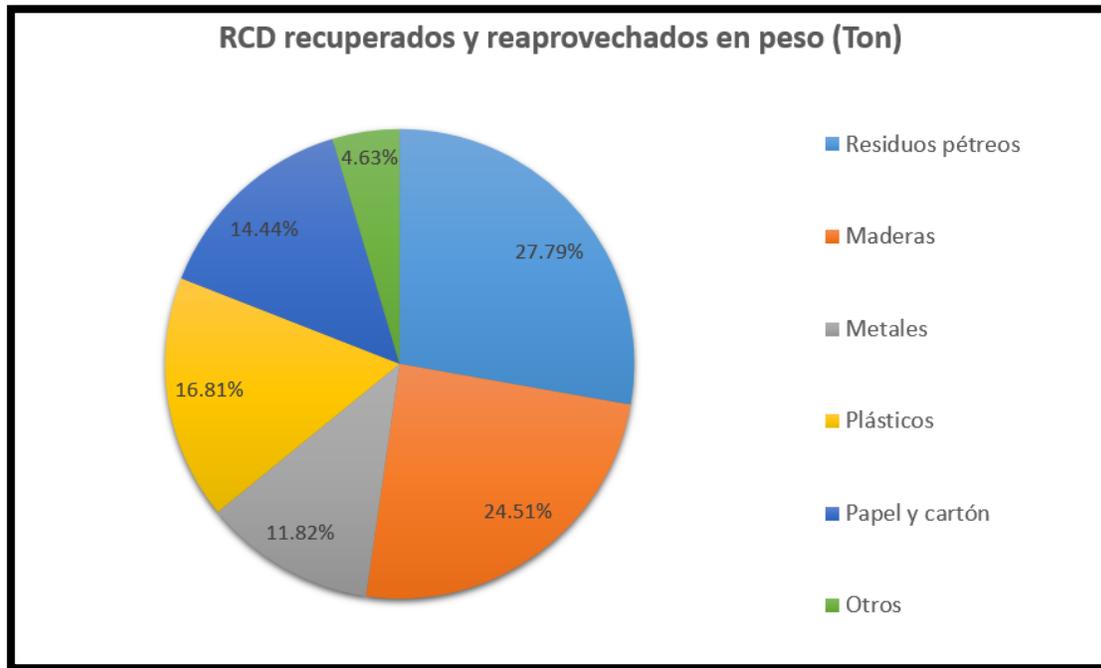


Figura 31. Composición de los RCD recuperados y reaprovechados (Ton) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. (Propia, 2020)

Se puede deducir una mayor tasa de recuperación y reaprovechamiento de los residuos pétreos (27.79%) y en segundo lugar de las maderas (24.51%).

### Optimización en el reaprovechamiento de RCD

En base a los datos y resultados obtenidos de la caracterización de los RCD, se obtiene una recolección promedio anual de 46277.60 m<sup>3</sup>/año y 47647.13 Ton/año. Considerando un nuevo año, una mayor información de los resultados obtenidos y una proyección en la recolección y acopio de los RCD, se estima un incremento del 15%, dando un valor de 53219.24 m<sup>3</sup>/año. Se obtiene una densidad promedio

estimada de 1.0296 Ton/m<sup>3</sup> y con ello, el valor con respecto al peso es 54794.20 Ton/año.

Tabla 16

*Valores de los parámetros de los RCD recolectados en un nuevo año*

Concepto	Peso (Ton)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )
RCD	54794.20	53219.24	1.0296

Fuente. Propia, 2020

A partir de este resultado con respecto al peso, considerando el rendimiento anual de reaprovechamiento aproximado de un 59.03% según los valores obtenidos de la caracterización analizada, la cantidad de RCD que se recuperan y reaprovechan es 32345.02 Ton/año y se disponen 22449.18 Ton/año en el relleno sanitario.

Para ello, con el fin de optimizar el reaprovechamiento de los RCD, se divide el área central donde se basculan o disponen y acopian los RCD en 2 partes iguales, un área para los residuos pétreos y la otra para los residuos no pétreos y generales, permitiendo una mejor planificación, organización y ahorro de tiempo en el proceso de segregación de los residuos que entran a la planta de transferencia y reciclaje, con lo cual se busca recuperar y tratar una mayor cantidad de residuos para su respectivo reaprovechamiento.

En base al dato anual de la recuperación y reaprovechamiento de los RCD en peso, se tiene un reaprovechamiento de RCD de 2695.42 Ton/mes y 673.85 Ton/semana.

Esto significa que durante el proceso de segregación y tratamiento que permite la recuperación y reaprovechamiento de los RCD durante una semana, equivalente a un tiempo de 45 horas, se logra recuperar y reaprovechar 673.85 Ton, obteniendo un promedio de recuperación y reaprovechamiento de 14.97 Ton/hora.

Con una adecuada planificación, organización y diferenciación de los RCD en 2 áreas según los tipos de residuos que llegan a la planta, se busca optimizar el

proceso de segregación para una mayor recuperación y reaprovechamiento de los RCD, obteniéndose un mejor tratamiento.

El tiempo en que se logra optimizar la segregación para un mayor reaprovechamiento es un promedio de 3 horas por día, considerando que se trabaja 6 días a la semana, se tiene un tiempo de mejora de 18 horas a la semana traducidos en recuperación y reaprovechamiento de los residuos, dando un aumento de 269.46 Ton/semana.

Ante ello, se tiene una mejor eficiencia en la segregación y tratamiento de los RCD, ya que la tasa de recuperación y reaprovechamiento aumenta a 943.31 Ton/semana, estimando un aumento a 3773.24 Ton/mes y 45278.88 Ton/año.

Tabla 17

*Estimación de la optimización de los RCD manejados en un nuevo año*

Concepto	Peso (Ton)		
	Recolección	Recuperación y reaprovechamiento	Disposición final en relleno sanitario
RCD	54794.20	45278.88	9515.32

Fuente. Propia, 2020

Estos valores se traducen en un aumento del porcentaje anual de recuperación y reaprovechamiento en un 23.60%, alcanzando un porcentaje aproximado de optimización de los RCD de 82.63%, lo cual indica un resultado positivo en el manejo de los RCD y la optimización de la recuperación y reaprovechamiento.

Esta optimización también trae mejoras en una mayor captación para la recuperación y reaprovechamiento de los residuos pétreos, maderas, plásticos, papel y cartón, metales y otros residuos reaprovechables.

Tabla 18

*Optimización en la segregación de los residuos recuperables y reaprovechables en un nuevo año*

RCD	Segregación (Ton)	Recuperación y reaprovechamiento total (Ton)
Residuos pétreos	12583	
Maderas	11097.85	
Metales	5351.96	45278.88
Plásticos	7611.38	
Papel y cartón	6538.27	
Otros	2096.42	

Fuente. Propia, 2020

### **Operaciones en el manejo de RCD**

Se describen las operaciones en el manejo de RCD para mejorar el orden y organización del manejo de los residuos recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.

### **Minimización**

Se acopian los RCD provenientes de las obras y actividades de construcción de manera ordenada y siguiendo el proceso de disposición o basculación correspondiente en el centro la planta de transferencia y reciclaje, luego el cargador frontal acomoda y esparce los residuos dispuestos en la planta, siempre guiándose con un operario de reciclaje. Después, los operarios de reciclaje separan manualmente la mayor cantidad posible de residuos para acoplarlos a sus respectivas áreas de almacenamiento, minimizando y recuperando una mayor cantidad de RCD reaprovechables y reduciendo la disposición final de RCD en el relleno sanitario. También se busca fomentar en las obras y actividades de construcción (zonas de trabajo de los clientes) la minimización de sus residuos a través de charlas técnicas y capacitaciones, explicando sobre importancia y beneficios de los RCD y brindar las alternativas necesarias para aplicar la minimización, como darle el mayor uso posible a una herramienta o material, control

de los materiales e insumos que solicitan para sus actividades y de lo que van desechando, reusar materiales que todavía conservan condiciones aceptables y se pueden utilizar, segregación en la fuente de los residuos que generan y que tienen potencial de reciclaje como metales, maderas, papel y cartón, plásticos, entre otros, en recipientes diferenciados según su color, pudiéndose guiar de la NTP 900.058:2019. GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos.

### **Recolección**

Se realiza la recolección de los RCD a través de un contenedor metálico de forma trapezoidal, cuya capacidad es 8 m<sup>3</sup>, ubicado en un sitio estratégico en la obra de construcción, para que se puedan ir depositando los residuos generados hasta alcanzar la capacidad máxima del contenedor y luego ser transportado a la planta de transferencia y reciclaje de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para su posterior tratamiento. Cuando se recoge el contenedor con los residuos, se realiza el cambio por un contenedor vacío para que el generador pueda seguir depositando sus residuos. Para la recolección de los RCD, tanto el conductor como el ayudante deben trabajar en conjunto para maniobrar la colocación y recojo del contenedor cuando lo dejan y recogen de la obra de construcción. Para asegurarse del cuidado de la carga o cualquier tipo de accidente durante su transporte, el ayudante deberá cubrir la parte superior del contenedor con una malla raschel color verde.

### **Transporte**

Se realiza el transporte de RCD desde su punto de generación en la obra de construcción hasta la planta de transferencia y reciclaje de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para su debido tratamiento y posterior disposición final. El transporte también se realiza cuando se sale de la planta con un contenedor vacío hacia la obra de construcción para dejarlo adecuadamente en un sitio específico de

la obra para su recolección, realizándose el cambio de contenedor dependiendo el caso (dejar un contenedor vacío y recoger el contenedor lleno o simplemente dejar un contenedor vacío). Este proceso lo realizan el conductor y ayudante (que está de apoyo), los cuales deben estar permanentemente capacitados y contar las herramientas y EPPs adecuados.

## **Segregación**

Una vez transportados los RCD a la planta de transferencia y reciclaje, se deben disponer y acopiarlos de manera ordenada, diferenciados mediante una separación en dos áreas en el centro de acopio, visualizadas y delimitadas por medio de líneas de pintura de tráfico amarilla y una línea divisoria en el centro con base de pintura amarilla de tráfico y una estructura metálica compuesta por mallas metálicas olímpicas y un marco metálico compuesto por tubos estructurales cuadrados, planchas metálicas como placas de sujeción, ángulos estructurales y platinas metálicas, donde en un área se dispongan los residuos pétreos como concreto, ladrillos, cerámicos, tierra, arena, piedras y restos de mezclas (provenientes mayormente de demoliciones, excavaciones, remodelaciones, estructuras y muros de albañilería confinada) y la otra área donde se dispongan los residuos no pétreos y generales como maderas, papeles, cartones, metales, plásticos, vidrios, tuberías, equipos y herramientas, entre otros residuos que se recolecten (provenientes mayormente de las fases de estructuración, instalaciones y acabados de las obras de construcción). Con ello, se obtiene una primera separación según sus características y utilidad que se brindan a los residuos, que permite una segregación más ordenada y eficiente por parte de los operarios de reciclaje, en apoyo y coordinación con el cargador frontal, diferenciando más rápido los tipos de residuos y optimizando el reaprovechamiento. Luego, se clasifican y separan los residuos reaprovechables para llevarlos a sus respectivas áreas de almacenamiento, las cuales deben estar debidamente delimitadas mediante líneas de pintura de tráfico amarilla en las bases (piso) y estructuras metálicas compuestas por mallas metálicas olímpicas y un marco metálico que contiene tubos estructurales

cuadrados, planchas metálicas como placas de sujeción, ángulos estructurales y platinas metálicas, cuyas formas, medidas e imágenes de referencia se pueden visualizar en los anexos 1, 2 y 3. También deben estar identificadas y señalizadas por medio de carteles que indican el nombre de los residuos reaprovechables (madera, cartones, papeles, metales, plásticos, restos de ladrillos, piedras, tierra, cerámicos, arena y mezclas, restos de concreto y otros residuos reaprovechables), dando un total de 8 áreas para almacenar los residuos reaprovechables.

Para identificar los contenedores con mayoría de residuos pétreos o con mayoría de residuos no pétreos y generales, el ayudante deberá observar el contenedor para verificar el contenido y luego, cuando llegue a planta, coordinar con el operario de reciclaje para la basculación en el área respectiva. Así se busca diferenciar mejor los residuos y obtener una mayor segregación de éstos para potenciar la recuperación y reaprovechamiento y reducir la cantidad de residuos a disposición final.

### **Almacenamiento**

Se clasifican y almacenan los residuos según su tipo y características, como residuos pétreos (restos de concreto y restos de ladrillos, piedras, tierra, cerámicos, arena y mezclas), maderas, metales, plásticos, papeles, cartones y otros residuos reaprovechables. Se almacenan correctamente los residuos en sus respectivas áreas, las cuales deben estar señalizadas con el respectivo nombre de los residuos reaprovechables y delimitadas por líneas de pintura de tráfico amarilla y estructuras metálicas como se mencionó en la parte de Segregación, para así evitar la mezcla de residuos, presentando un mayor orden y organización en planta y se puedan reaprovechar la mayor cantidad posible de residuos.

## **Comercialización**

Una vez segregados y almacenados los RCD en sus respectivas áreas, los residuos reaprovechables como los metales, papeles, cartones, plásticos, parte de la madera y los otros residuos reaprovechables, son comercializados a empresas recicladoras, que continúan la cadena de reciclaje para su posterior tratamiento y reaprovechamiento, brindándoles una nueva utilidad y su continuidad en el ciclo productivo.

## **Tratamiento**

Se realiza el proceso de reciclaje de los residuos pétreos. Se separan y clasifican los residuos pétreos como el concreto, ladrillos, cerámicos, arena, piedras y restos de materiales mezclados.

Luego, se procede a la trituración del concreto y el resto de elementos pétreos utilizando una máquina trituradora para obtener los agregados reciclados, que servirán para la creación de veredas, tramos de pistas, lozas deportivas y bloques de concreto.

También se busca implementar el uso de los residuos pétreos como el concreto, ladrillos y piedras, que pasan por un proceso de selección, clasificación, trituración y cribado, para generar los agregados reciclados (gruesos y finos) y sirvan como parte de la fabricación de adoquines de concreto para pavimento peatonal y vehicular, así como en la construcción de carreteras, autopistas y ciclovías y en caminos y pisos de áreas y espacios públicos como plazas y parques, promoviendo un mayor reciclaje de los residuos pétreos a través de los agregados reciclados y mayores beneficios.

Con respecto a la madera, una parte se comercializa, se dona y también se utiliza para su conversión en maceteros de diferentes formas y tamaños, elaboración de mesas, sillas, escritorios, entre otras manualidades y objetos que pasan por un

proceso de reciclaje. Producto de este proceso de reciclaje en la madera, se generan fragmentos derivados de la madera como el aserrín, el cual se puede juntar y usar como fuente o insumo seco en la preparación de compostaje natural, utilizado para el mejoramiento y desarrollo de tierras y plantas. Se puede utilizar en los maceteros dentro de la empresa y en algunas zonas exteriores alrededor de la empresa. De esta forma, se fomenta la reutilización de los restos generados de la madera derivada en aserrín y la conservación de las plantas y maceteros (puntos verdes) de la empresa en buen estado y de beneficio en las zonas cercanas exteriores para el desarrollo de las tierras, plantas y áreas verdes.

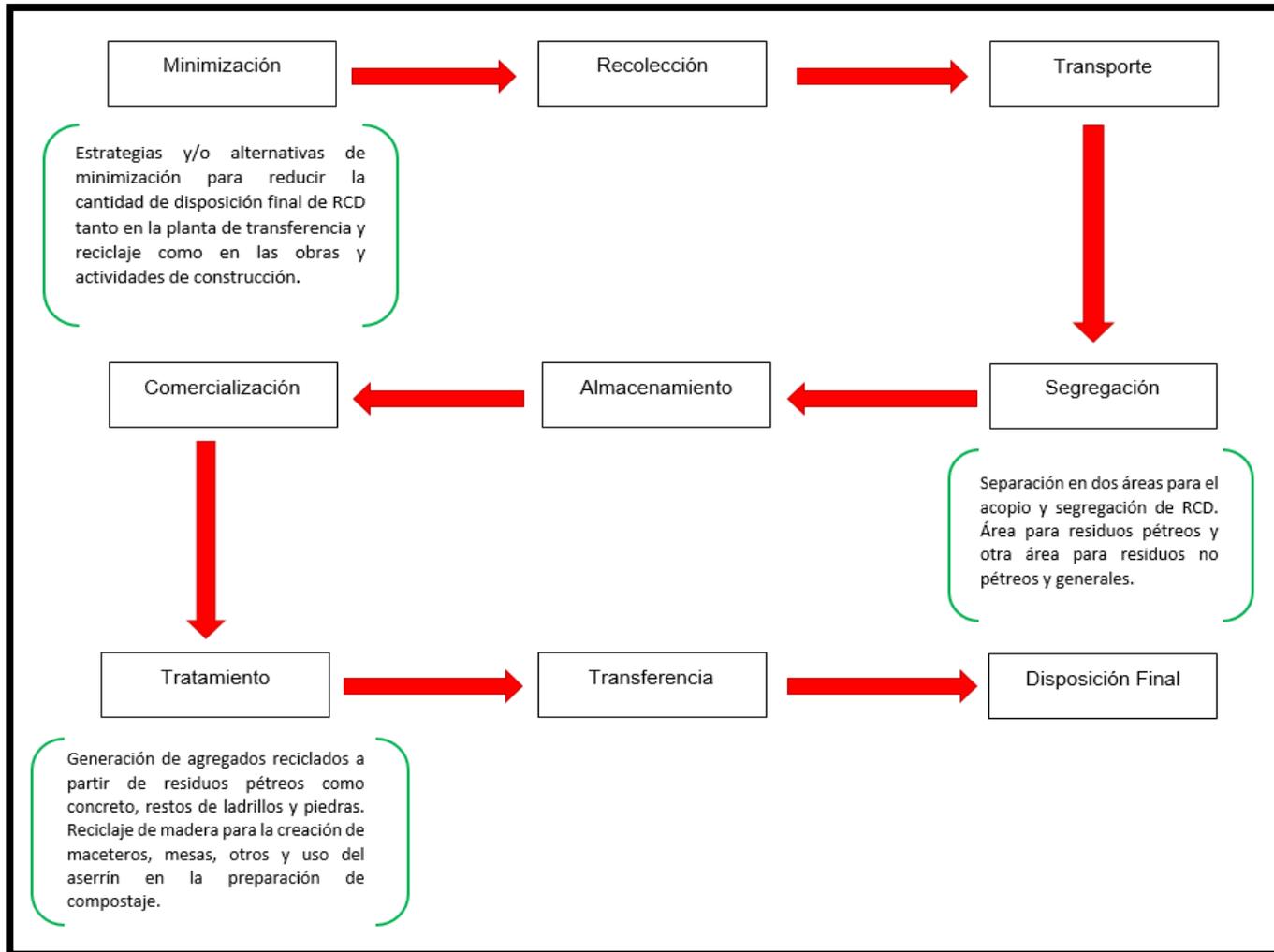
### **Transferencia**

Después de haber recuperado la mayor cantidad posible de RCD tanto para su comercialización reaprovechamiento, los residuos sobrantes, que ya no se puedan recuperar o que hayan perdido por completo su capacidad de reaprovechamiento (ya en mínima cantidad), deben ser llevados hacia la disposición final en un relleno sanitario.

### **Disposición Final**

Se disponen adecuadamente los RCD que ya no tienen utilidad alguna en el relleno sanitario, lugar donde se compactan y disponen los residuos de manera segura y sanitaria, respetando los aspectos ambientales, generando un impacto ambiental positivo y cumpliendo con el ciclo de manejo de los RCD.

Se presenta una gráfica que detalla la secuencia de las operaciones en el manejo de los RCD que debe seguir la empresa Cajas Ecológicas S.A.C., donde se resume brevemente las acciones que se deben realizar en algunas operaciones como la minimización, segregación y tratamiento.



*Figura 32.* Secuencia de las operaciones en el manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. (Propia, 2020)

## Cronograma de capacitaciones

Con la finalidad de fomentar y fortalecer los conocimientos del personal laboral dentro del trabajo en el manejo de los RCD, se establece un cronograma con los temas de las capacitaciones relacionados al manejo de los RCD. Este aspecto promueve una mayor confianza y unión en el equipo de trabajo. Las capacitaciones pueden ser brindadas por el jefe PDRGA de la empresa o por una institución externa.

Tabla 19

*Cronograma de temas de capacitaciones relacionados al manejo de RCD*

Temas de capacitaciones	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Residuos sólidos y su clasificación	■											
Residuos de construcción y demolición (RCD)		■							■			
Clasificación de los RCD			■								■	
Manejo adecuado de los RCD: Importancia y beneficios				■								
Reaprovechamiento de los RCD					■					■		
Importancia del equipo de trabajo para lograr el adecuado manejo de RCD						■						
Gestión adecuada de RCD para impulsar la economía circular							■					■
Agregados reciclados			■					■				
Equipos de protección personal (EPP) y verificación de									■			

herramientas de trabajo										■			
Reducir, Reusar, Reciclar (3R)	■										■		
Segregación en la fuente												■	
Transporte adecuado de RCD													■
Recojo adecuado de RCD en obra de construcción										■			
Residuos peligrosos y no peligrosos						■							
Coordinación efectiva				■									
Construcción sostenible								■					

Fuente. Propia, 2020

## Cronograma de actividades

Se presentan y organizan las actividades que se realizaron en el plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.

Tabla 20

*Cronograma de actividades en el plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.*

Cronograma de actividades		Año 2020																
		Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre
Semanas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Nº	Actividades																	
01	Definición del trabajo de investigación	■	■															
02	Visita a la empresa para dialogar e informar sobre la propuesta del trabajo de investigación			■														
03	Observación y descripción de las actividades realizadas en la empresa				■	■												
04	Análisis de la situación de la empresa con respecto al manejo de los RCD					■	■											
05	Recopilación de datos e información sobre la recolección, clasificación y manejo de los RCD							■										

06	Determinación de alternativas, enfocadas en los residuos pétreos y maderas, que aporten en el reaprovechamiento de los RCD																	
07	Trabajo de gabinete- Elaboración del plan de manejo de RCD																	
08	Trabajo de gabinete- Elaboración del plan de contingencia																	
09	Planificación de las capacitaciones con respecto al enfoque ambiental en las actividades de trabajo, manejo de los RCD y en el plan de contingencia																	
10	Determinación de la delimitación del área central de acopio para residuos pétreos y no pétreos y generales; y de la delimitación de las áreas para los residuos reaprovechables mediante mallas metálicas																	

Fuente. Propia, 2020

## Presupuesto

El presupuesto se basa en los equipos y materiales que requiere la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para que se pueda complementar con el plan de manejo de RCD.

Tabla 21

*Presupuesto en el plan de manejo de RCD*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
Pintura de tráfico color amarillo	Galón	4	60	240
Brocha multiuso de 5"	Unidad	1	23	23
Malla metálica olímpica	m <sup>2</sup>	360	15	5400
Ángulos estructurales (1 ½" x 3/16")	Pieza de 6 m	41	45	1845
Tubos estructurales cuadrados (4" x 4" x 3mm)	Pieza de 6 m	17	160.70	2731.90
Platinas metálicas (1 ½" x 3/16")	Pieza de 6 m	23	28.80	662.40
Planchas como placas de sujeción (25cm x 25cm x 3/8")	Pieza	18	36	648
Pernos expansivos (1/2" x 6")	Unidad	72	3.50	252
Base de zincromato	Galón	5	35	175
Thinner	Galón	4	15	60
Pintura Gloss amarilla	Galón	9	57	513
Instalación de mallas metálicas para delimitación de áreas	Fuerza de trabajo		4500	4500

para residuos reaprovechables				
Carteles que indican el nombre de los residuos reaprovechables	Unidad	8	10	80
Capacitaciones externas de enfoque ambiental, manejo de RCD y en el plan de contingencia	Institución externa	3	600	1800
Botiquín de primeros auxilios	Unidad	1	43	43
Camilla de emergencia	Unidad	1	200	200
Kit antiderrames	Unidad	1	120	120
Mascarillas KN95	Unidad	80	5	400
Guantes de cuero amarillos	Par	7	10	70
Respirador con filtro	Unidad	7	100	700
TOTAL (S/.)				20463.30

Fuente. Propia, 2020

En el presupuesto se incluye los materiales que necesita la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. para la identificación y delimitación del área central de acopio en 2 partes (residuos pétreos y residuos no pétreos y generales) por medio de líneas de pintura de tráfico amarilla y una estructura metálica solo en el centro del área conformada por mallas metálicas olímpicas y un marco metálico estructural compuesto por tubos estructurales cuadrados, planchas metálicas como placas de sujeción, ángulos estructurales y platinas metálicas. Por otro lado, se usa la pintura de tráfico amarilla como líneas para la delimitación de las 8 áreas de almacenamiento de los residuos reaprovechables (maderas, cartones, papeles,

plásticos, metales, restos de ladrillos, piedras, tierra, cerámicos, arena y mezclas, restos de concreto y otros residuos reaprovechables) y se implementan estructuras metálicas como medio de separación de las áreas de almacenamiento de los residuos reaprovechables dentro de la planta de transferencia y reciclaje, a través de mallas metálicas olímpicas y un marco metálico estructural formado también por tubos estructurales cuadrados, planchas metálicas como placas de sujeción, ángulos estructurales y platinas metálicas pintados en color amarillo con pintura Gloss.

También incluye los materiales y EPPs que le faltan a la empresa para la continuidad del adecuado proceso de trabajo y según lo establecido en el plan de manejo de RCD.

## **Plan de Contingencia**

### **Introducción**

Se establece un plan de contingencia con el fin de poder prevenir, responder y controlar oportunamente una emergencia o evento no deseado que pueda suscitarse durante el manejo de RCD, evitando o mitigando posibles accidentes y aspectos negativos y dañinos que puedan poner en peligro el proceso de trabajo y la integridad del trabajador. Para ello, se debe contar con un procedimiento a aplicar en caso se suscite una emergencia, tener un personal laboral capacitado y organizado para afrontar esas situaciones, notificación y comunicación oportuna de la emergencia, equipos y materiales en buen estado y su verificación permanente, evaluación del riesgo y buscar la mejora continua en el desarrollo de las actividades, controlando y evitando posibles daños a la infraestructura y aspectos materiales, al personal laboral y el ambiente.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Elaborar un plan de contingencia para poder planificar y organizar los procedimientos a seguir cuando se genere una emergencia durante el manejo de RCD.

### **Objetivos específicos**

- Establecer acciones de prevención para minimizar los riesgos de accidentes, lesiones, emergencias y eventos no deseados durante el desarrollo del trabajo en el manejo de RCD.
- Determinar la organización del personal laboral responsable en caso de situaciones de emergencia o eventos no deseados que puedan generarse durante el manejo de RCD.
- Establecer los procedimientos de respuesta y control a seguir cuando se presente una emergencia.
- Propiciar capacitaciones permanentes y simulacros en la empresa para el personal laboral.

## **Alcance**

El plan de contingencia abarca las acciones y procedimientos de prevención y respuesta ante una emergencia o evento adverso durante el manejo de RCD que perjudique la infraestructura de la empresa, equipos y herramientas de trabajo, daño a la salud e integridad de los trabajadores y daños al ambiente.

## **Base legal**

- Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente

- Ley N° 28551 – Ley que establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia
- Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM – Reglamento de la Ley de gestión integral de residuos sólidos
- Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA - Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición
- Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA - Modificatoria del D.S. 003-2013-VIVIENDA
- Ley N° 29783 – Ley de seguridad y salud en el trabajo
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR – Reglamento de la ley de seguridad y salud en el trabajo
- Ley N° 28256 – Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
- Decreto Supremo N° 021-2008-MTC – Reglamento Nacional de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
- Norma G.050 – Seguridad durante la construcción

### **Ámbito de aplicación**

Se aplica a una empresa que gestiona RCD a través de la recolección, transporte y tratamiento y se busca adoptar las medidas correspondientes de prevención, respuesta y control ante situaciones de emergencia o eventos no deseados dentro de la infraestructura de residuos como durante su transporte.

### **Áreas de trabajo**

Entre las áreas de trabajo identificadas, según el nivel de riesgo y las actividades que realizan, se encuentran:

- Área administrativa
- Área de operaciones

Tabla 22

*Nivel de riesgo según las áreas de trabajo y actividades*

Área	Lugar	Actividades	Nivel de riesgo
Área administrativa	Oficina administrativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad de la representación legal y administrativa de la empresa.</li> <li>• Aprobación de políticas y reglamentos en la empresa.</li> <li>• Programación y organización de los servicios de recolección y transporte de RCD.</li> <li>• Promoción y servicio de ventas.</li> <li>• Contabilidad.</li> <li>• Recursos humanos.</li> <li>• Logística.</li> <li>• Trabajo de gabinete con respecto a los procesos y gestión de RCD y procedimientos de trabajo seguro.</li> </ul>	Bajo
Área de operaciones	Planta de transferencia y reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación de la entrada y salida de los camiones portacontenedores.</li> <li>• Maniobra de basculación o disposición de los RCD en el área central de la planta.</li> <li>• Acopio, segregación y almacenamiento de los residuos según su tipo y características para su respectivo reaprovechamiento.</li> <li>• Movilización del cargador frontal para esparcir,</li> </ul>	Medio y Alto

acomodar y adecuar los residuos.

- Supervisión del adecuado proceso de trabajo y uso correcto de EPPs.
- 

Fuente. Propia, 2020

### **Principales responsables**

Se establece la responsabilidad de prevenir y responder adecuadamente ante una emergencia o evento no deseado, cuya organización es básicamente entre los propios trabajadores de la empresa, que deberán estar organizados jerárquicamente y según las funciones que se les asignen de acuerdo a su labor.

Recae la principal responsabilidad del cumplimiento del plan de contingencia en:

- Gerencia general
- Jefatura de calidad, seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental
- Jefatura de operaciones

Dichas áreas serán las encargadas de conformar una brigada de emergencias con el fin de poder brindar un mayor control y seguridad durante el manejo de RCD.

### **Organización del grupo de contingencia**

Se debe capacitar constantemente a todo el personal laboral en la empresa con respecto a situaciones de emergencia y se asigna un cargo y funciones en el grupo de trabajo de la empresa con el fin de presentar una organización, prevención y respuesta ante una situación de emergencia durante el manejo de RCD. Se da la organización de la siguiente manera:

Gerente General

- Verifica y aprueba el plan de contingencia.
- Aprueba las normativas, política y reglamentos de la empresa.

- Debe ser comunicado ante la ocurrencia de una emergencia o evento no deseado.

#### Jefe de prevención de riesgos de riesgos y gestión ambiental (PDRGA)

- Elabora y actualiza el plan de contingencia según los procedimientos establecidos.
- Coordina la organización y funciones de los agentes responsables en el grupo de contingencia.
- Verifica el cumplimiento y uso adecuado de EPPs en el personal laboral.
- Encargado de la programación y realización de las capacitaciones, charlas técnicas y simulacros.
- Comunica al gerente general ante una posible emergencia.
- Establece los procedimientos a seguir ante una situación de emergencia.

#### Jefe de operaciones

- Supervisa y verifica el proceso de trabajo en la planta de transferencia y reciclaje.
- Comunica al gerente general y jefe PDRGA ante una posible emergencia.
- Coordina con el jefe PDRGA y jefe de brigada de emergencias en la prevención y respuesta ante una situación de emergencia.
- Participa en las capacitaciones, charlas técnicas y simulacros.

#### Jefe de brigada de emergencias

- Responsable de liderar y organizar el grupo de la brigada de emergencias.
- Debe tener conocimientos sobre seguridad y salud ocupacional, sobre situaciones de emergencia y primeros auxilios.
- Se elige a un miembro del área de operaciones, que puede ser un conductor, ayudante u operario de reciclaje.
- Comunica al jefe PDRGA y jefe de operaciones ante una posible emergencia.

- Verifica que las herramientas y equipos a utilizar en una situación de emergencia estén en buen estado.
- Participa en las capacitaciones, charlas técnicas y simulacros.

#### Brigada de emergencias

- Encargados de actuar inmediatamente ante una situación de emergencia como incendio, desprendimiento del contenedor metálico, derrame de residuos y/o materiales peligrosos, sismos y conocer sobre primeros auxilios.
- Responsables de responder adecuadamente ante una emergencia para evitar o mitigar un mayor daño y lograr el bienestar del personal laboral en la empresa.
- Se asignan en el grupo de trabajo del área de operaciones (conductores, ayudantes y operarios de reciclaje).
- Se organizan y coordinan principalmente con el jefe de brigada de emergencias.
- Deben ser capacitados constantemente por el jefe PDRGA de la empresa y mediante instituciones externas en temas de seguridad y contingencia.
- Participan en las capacitaciones, charlas técnicas y simulacros.

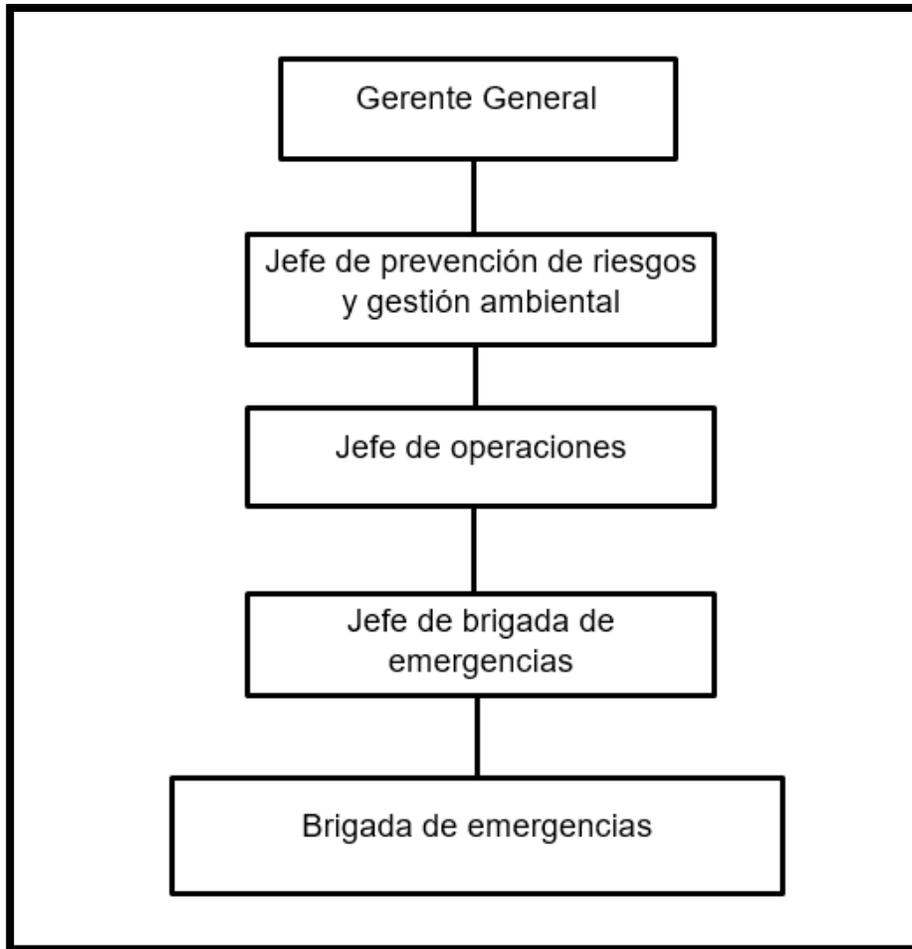


Figura 33. Esquema organizacional de equipo responsable ante una emergencia (Propia, 2020)

### **Clasificación del nivel de una contingencia**

Se clasifica una situación de contingencia o emergencia en tres niveles (1, 2 y 3) según su grado de importancia y ocurrencia del hecho.

- Nivel 1: Considerado como un incidente, se presenta una emergencia leve, no afecta la integridad del personal laboral ni daños materiales drásticos, es controlado por el mismo trabajador o trabajadores y por el jefe y brigada de emergencias. Se debe comunicar al jefe PDRGA y jefe de operaciones, los

cuales comunican al gerente general y se realiza la respectiva evaluación del evento adverso ocurrido.

- Nivel 2: Considerado como un accidente moderado, se presenta una situación de emergencia media-alta, que requiere la respuesta inmediata del jefe y brigada de emergencias para el control oportuno y adecuado, puede generar lesiones en el personal laboral y daños materiales. Se debe comunicar al jefe PDRGA y jefe de operaciones, los cuales comunican al gerente general y se realiza la respectiva evaluación del evento adverso ocurrido.
- Nivel 3: Considerado como un accidente grave, se presenta una situación de emergencia alta, grave y caótica, requiere de una respuesta inmediata del jefe y brigada de emergencias, apoyo de instituciones externas como la compañía de bomberos o servicio médico, genera lesiones y heridas de gravedad e incluso puede generar la muerte y daños materiales irreparables. Se debe comunicar de inmediato al jefe PDRGA, jefe de operaciones y gerente general y se realiza la respectiva evaluación del evento adverso ocurrido.

### **Análisis del riesgo**

Se analiza el grado de riesgo de los peligros mediante indicadores cualitativos y cuantitativos, a través de los criterios de severidad y frecuencia, que servirán de referencia para determinar el grado de los accidentes y peligros.

Tabla 23

*Criterios de frecuencia*

Frecuencia	Indicador	Criterios	
		Probabilidad de frecuencia	Frecuencia de exposición
Común (muy probable)	A	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día.
Ha sucedido (probable)	B	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.
Podría suceder (posible)	C	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente.
Raro que suceda (poco probable)	D	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.
Prácticamente imposible que suceda	E	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

Fuente. Yuli, 2017

Tabla 24

*Criterios de severidad*

Severidad	Indicador	Criterios		
		Lesión personal	Daño a la propiedad	Daño al proceso
Catastrófico	1	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto superior a US\$ 100,000.	Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.
Fatalidad (pérdida mayor)	2	Una fatalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10,000 y US\$ 100,000.	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes.
Pérdida permanente	3	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdidas por un monto entre US\$ 5,000 y US\$ 10,000.	Paralización del proceso de más de 1 día y hasta 1 semana.
Pérdida temporal	4	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica.	Pérdidas por un monto entre US\$ 1,000 y US\$ 5,000.	Paralización de 1 día.
Pérdida menor	5	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Pérdida menor a US\$ 1,000.	Paralización menor a 1 día.

Fuente. Yuli, 2017

De acuerdo a criterios de frecuencia y severidad establecidos y analizados, se determina la matriz de evaluación de riesgos para las diversas actividades.

Matriz de evaluación de riesgos

Riesgo = Severidad x Frecuencia

Severidad		Matriz de evaluación de riesgos				
Catastrófico	1	1	2	4	7	11
Fatalidad	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
		Frecuencia				

Figura 34. Matriz de evaluación de riesgos (Yuli, 2017)

Según la valoración establecida en la matriz de evaluación del riesgo, se puede determinar el nivel de riesgo (alto, medio y bajo).

Nivel de riesgo	Descripción	Plazo de corrección
Alto	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar PELIGRO se paraliza los trabajos operacionales en la labor.	0 – 24 horas
Medio	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata.	0 – 72 horas
Bajo	Este riesgo puede ser tolerable.	1 mes

*Figura 35. Nivel de riesgo (Yuli, 2017)*

### **Medidas de prevención**

Se busca establecer las medidas de prevención a fin de que se pueda tener una preparación y organización adecuada ante una emergencia y, más importante, evitar y minimizar una posible emergencia y que ésta se agrave. Entre las medidas de prevención están:

- Identificar los casos o situaciones de emergencia que puedan ocurrir durante el manejo de RCD, como incendios, desprendimiento de contenedor metálico, derrame de residuos y/o materiales peligrosos, una emergencia durante el transporte de los RCD, sismos y la aplicación de medidas de primeros auxilios en caso una persona o personas lo necesiten.
- Identificar las zonas de evacuación y tener conocimientos sobre primeros auxilios.
- Identificar los posibles peligros y riesgos dentro de cada área de trabajo.

- Designar al jefe y la brigada de emergencias, los cuales deben estar capacitados y recibir periódicamente sus capacitaciones.
- Realizar capacitaciones, charlas técnicas y simulacros de forma permanente para todo el personal laboral de la empresa.
- Contar con un listado de comunicación de las principales entidades involucradas que puedan brindar su apoyo en caso de una emergencia.
- Contar con los equipos y herramientas necesarios para utilizar en caso de emergencia, los cuales deben estar en buen estado y ubicados correctamente en su respectivo lugar, como los extintores PQS, camillas de emergencia, botiquín de primeros auxilios, kit antiderrames, un sistema de alarma, un sistema de aspersores que detecta el humo, señalizaciones, entre otros que se requiera.
- Verificar que el personal laboral cuente con sus respectivos EPPs y que los camiones portacontenedores (unidades vehiculares) cuenten con sus respectivos equipos y materiales de trabajo.

### **Acciones de respuesta ante una emergencia**

Dentro del proceso de trabajo durante el manejo de RCD, pueden suscitarse emergencias o eventos no deseados, frente a los cuales se debe actuar y responder de una manera adecuada. Entre estas emergencias, tenemos:

#### **Incendio**

- Se puede generar por un corto circuito, una explosión, conatos de fuego no controlados o por la inflamación de combustibles.
- Cuando se detecta un incendio o inicio de un fuego, se debe dar un aviso inmediato al jefe de brigada de emergencias y/o a la brigada de emergencias para que puedan controlar el siniestro usando un extintor PQS o bien una manguera con agua.

- Todo el personal de la empresa debe evacuar de inmediato y de forma ordenada, los cuales serán guiados por el jefe de operaciones o el jefe PDRGA.
- En caso el incendio se agrave más, se debe llamar inmediatamente a la central de bomberos al 116 para que se pueda controlar el siniestro.
- Si una persona tiene contacto con el fuego (empieza a quemarse), ésta debe inmediatamente tirarse y rodar en el suelo para así aplacar el fuego de su cuerpo. No se le debe rociar con el extintor PQS.
- Se debe tener en cuenta que el incendio termina cuando se haya culminado y verificado la extinción total del fuego.
- Se debe analizar la causa o causas del incendio y las consecuencias generadas a través de un informe.

### **Desprendimiento de contenedor metálico**

- Se puede generar por una mala maniobra al momento de levantar el contenedor, disponerlo en el suelo o cuando se dispongan o basculen los RCD en el centro de acopio de la planta de transferencia y reciclaje (planta de tratamiento).
- Cuando se observe esta situación, todo el personal cercano a la maniobra debe retirarse lo más alejado posible de la zona y avisar a las otras personas que estén circulando por esa área para que tengan el cuidado respectivo y transiten por otras zonas.
- Si la emergencia sucede en la planta de tratamiento, se da aviso inmediato al jefe de brigada de emergencias y/o a la brigada de emergencias para que puedan responder y controlar la emergencia. Si sucede fuera de la planta de tratamiento, como en la obra de construcción, el conductor y ayudante deben solucionar el problema o bien cuando se agrave, deben dar aviso al jefe de operaciones o al jefe PDRGA. Se puede utilizar una pequeña o mediana grúa para levantar el contenedor si éste cae al piso y se torna imposible poder levantarlo o maniobrarlo con las cadenas y argollas del camión.

- Se debe cercar el área de la emergencia con cintas o conos de seguridad para evitar el tránsito de terceros por esa zona y poder controlar la emergencia de mejor forma.
- Las personas involucradas en la emergencia (usualmente el conductor y ayudante) deben reportar las causas de lo sucedido al jefe de operaciones y jefe PDRGA para que se pueda elaborar el respectivo informe.

### **Derrame de residuos y/o materiales peligrosos**

- Se puede generar durante el mantenimiento de los camiones, una rotura de una parte del camión o de un equipo, como petróleo, gasolina, aceites o tintas de tóners de impresoras, durante la limpieza con productos químicos o el desprendimiento de residuos peligrosos del contenedor metálico.
- Cuando se detecta la emergencia, el trabajador puede controlar o reducir el avance del derrame con los recursos que tenga a la mano o si tiene el suficiente conocimiento del tema si el derrame es en menor grado, de lo contrario, dar aviso inmediato al jefe de brigada de emergencia y/o a la brigada de emergencias para que puedan controlar el evento adverso.
- Se debe cortar la fuente de generación del derrame en la zona y acordonar dicha zona con conos o cintas de seguridad.
- Evitar el contacto directo con el residuo o material derramado, ya sea por inhalación, ingestión o contacto dérmico. El personal laboral debe contar con sus respectivos EPPs.
- Si se presenta un derrame de residuos sólidos peligrosos, se puede realizar el recojo manual con los EPPs adecuados y material absorbente como trapos industriales, paños absorbentes y arena para limpiar la zona afectada y eliminar los restos de contaminantes.
- Si se presenta un derrame de residuos semisólidos o líquidos peligrosos, se deben emplear materiales absorbentes como arena, trapos industriales, paños absorbentes y uso de un kit antiderrames para limpiar la zona afectada, quitar los contaminantes y controlar la emergencia.

- Después, se deben disponer los restos de residuos y/o materiales peligrosos, la tierra contaminada y los materiales usados que ya no se puedan recuperar, a un contenedor rojo debidamente rotulado, ya que son considerados como residuos peligrosos.
- Luego, se debe limpiar la zona con detergente industrial y agua si se da el derrame en una superficie pavimentada e impermeable, pero si el derrame se da en una superficie de tierra, se debe remover y quitar el suelo contaminado hasta encontrar tierra sin contaminantes.
- Se debe reportar la emergencia ante el jefe de operaciones y el jefe PDRGA para la elaboración del respectivo informe.

### **Emergencia durante el transporte de RCD**

- Se refieren a las emergencias que pueden ocurrir durante el transporte de los RCD, ya sea camino a la obra de construcción o camino a la planta de tratamiento de la empresa.
- Involucra principalmente al conductor y ayudante del camión, los cuales deben estar debidamente capacitados en temas de seguridad, manejo de residuos y de contingencias.
- Entre las principales emergencias que pueden pasar, están el desprendimiento del contenedor o de las cadenas que sujetan el contenedor, caída de RCD hacia la pista, derrame de residuos y/o materiales peligrosos, incendio del camión, volcaduras, choques, atropellos u otro tipo de accidentes.
- Cuando se generen cualquier tipo de emergencias durante el transporte, el conductor y ayudante deben controlar la situación, pero cuando es más severo, deben avisar inmediatamente al jefe PDRGA, quién comunicará al jefe de operaciones y al jefe y grupo de brigada de emergencias para brindar una pronta y oportuna solución.
- Si la situación amerita un apoyo urgente y más grande, el conductor o ayudante deben comunicarse con la central de bomberos y/o una asistencia médica.

- En caso de accidentes como choques, atropellos, incendio del vehículo, robos y volcaduras, se debe activar la póliza de seguro del camión.
- Se recalca que se le debe de informar al jefe PDRGA para analizar las causas y consecuencias de la emergencia y realizar el respectivo informe.

## **Sismo**

- Se refiere a un fenómeno natural que puede ocurrir en cualquier momento del día y tiene diferentes grados, siendo el más severo catalogado como terremoto. Puede generar daños a los equipos, materiales e infraestructura de la empresa, así como daños a la salud humana.
- Cuando se presenta un sismo, se debe activar el sistema de alarma y el personal laboral debe evacuar cuidadosamente de sus áreas de trabajo a través de las rutas y zonas de evacuación, siguiendo las señalizaciones respectivas y ubicarse en zonas seguras, como los círculos de seguridad, que deben estar correctamente señaladas.
- La brigada de emergencias se encarga de evacuar y conducir a las zonas seguras a todos los trabajadores de la empresa. Se debe esperar hasta que el sismo culmine y se verifique que no exista algún tipo de peligro.
- En caso existan personas heridas, la brigada de emergencias debe brindar los primeros auxilios y trasladar a la persona hacia una zona segura, ayudándola a moverse o llevarlo mediante una camilla, para que luego puedan ser llevadas a un centro médico lo más pronto posible.
- El jefe PDRGA debe elaborar un informe sobre las situaciones ocurridas durante el sismo.

## **Primeros auxilios**

- Se brindan los primeros auxilios como una respuesta de acción inmediata hacia una persona afectada por un evento adverso para reducir el daño y,

dependiendo de la gravedad de su estado, sea trasladada a un centro médico u hospitalario.

- Entre los equipos y materiales que se deben tener, están el botiquín de primeros auxilios con sus debidos insumos e implementos y estar en buen estado (en la oficina administrativa, en la planta de tratamiento y en cada unidad vehicular) y dos camillas de emergencia con sus accesorios implementados en la planta de tratamiento.
- Todo el personal laboral de la empresa debe estar capacitado y tener conocimientos sobre primeros auxilios, sobre todo el grupo de la brigada de emergencias.
- En caso una persona sufra un fallo respiratorio, ahogamiento o un ataque cardíaco, se le debe brindar una reanimación cardiopulmonar (RCP) a través de la respiración boca a boca o mediante compresiones torácicas, para así poder reanimar a la persona o mantener sus pulsos vitales hasta que llegue la ambulancia médica para la atención médica correspondiente.
- Se debe comunicar al jefe de operaciones y al jefe PDRGA para que tomen cuenta de lo sucedido y se pueda elaborar el respectivo informe.

### **Comunicación y contactos de apoyo**

Se establece una lista, con sus respectivos números telefónicos de contacto, de los agentes, áreas y entidades, tanto internas como externas, involucradas en caso suceda una emergencia o contingencia. Con está lista, se podrá tener una pronta y mejor comunicación.

Tabla 25

#### *Contactos internos*

Nombre	Número
Oficina administrativa	570-6270
Jefe de prevención de riesgos y gestión ambiental (PDRGA)	933261944

Auxilio mecánico	991327845
Central de operaciones	942156306 964334421

Fuente. Propia, 2020

Tabla 26

*Contactos externos*

<b>Nombre</b>	<b>Número</b>
Central de bomberos	116
Policía Nacional del Perú (PNP)	105
Comisaría San Juan de Miraflores (Pasaje San Juan S/N, zona A)	276-3079
Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)	225-9898
Defensa Civil – INDECI Emergencias	115
Unidad de Desactivación de Explosivos (UDEX)	433-3333
ESSALUD	265-6000 265-7000
Hospital Edgardo Rebagliati Martins	265-4901
Hospital María Auxiliadora	217-1818
Cruz Roja	266-0481
Alerta médica (ambulancia)	416-6777

Fuente. Propia, 2020

### **Capacitaciones y simulacros**

Se realizan reuniones y charlas técnicas cada semana. Por otro lado, se deben considerar y programar los temas de las capacitaciones y simulacros y las fechas para tener establecido una organización adecuada de dichas capacitaciones.

Se establece el cronograma de las capacitaciones con sus respectivos temas.

Tabla 27

*Cronograma de capacitaciones en el plan de contingencia*

Temas de capacitaciones	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Manejo y uso adecuado de extintor	■						■					
Atención de primeros auxilios		■				■						
Prevención de incendios			■							■		■
Activación de alarma y comunicación				■								
Seguridad y salud en el trabajo					■							
Organización del personal y procedimientos operativos en caso de emergencia			■			■						
Derrame de materiales y/o residuos peligrosos y no peligrosos							■					
Actos y condiciones subestándar		■						■				
Implementos de un botiquín de primeros auxilios									■			
Prevención y control de riesgos	■									■		
Procedimientos para el adecuado izaje de cargas (contenedor metálico)					■						■	
Rutas y zonas de evacuación				■								■

Ergonomía en el trabajo												
Incidentes y accidentes en el trabajo												
Mantenimiento y condición de vehículos												
Hojas de seguridad de productos peligrosos (MSDS)												
Señalizaciones												
Uso adecuado de EPPs												
Correcto proceso de trabajo en área de operaciones												

Fuente. Propia, 2020

Asimismo, se establece la programación de los simulacros.

Tabla 28

*Programación de simulacros*

Simulacro	Cantidad de veces al año
Sismo	2
Control de incendios	2
Control de derrame de materiales y/o residuos peligrosos	1
Evacuación y rescate	2
Primeros auxilios	2
Desastres naturales	1

Fuente. Propia, 2020

Las capacitaciones y simulacros deben ser realizadas por el jefe PDRGA, algunos temas o puntos puede abarcar el jefe de operaciones y, de ser necesario, se pueden brindar por una organización externa, a fin de que se pueda brindar más información y se pueda compartir más experiencias.

### **Revisión y actualización**

Se debe revisar y actualizar el plan de contingencia cada año o cuando se presente una emergencia o contingencia, a fin de que se puedan mejorar los diversos aspectos y procedimientos en dicho plan.

## CONCLUSIONES

- La elaboración de la propuesta de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. permite ordenar y organizar las operaciones de manejo y optimizar el reaprovechamiento de dichos residuos, ya que se delimitarán y diferenciarán dos áreas de acopio, una para albergar mayoritariamente los residuos pétreos y la otra para albergar la mayoría de residuos no pétreos y generales como los metales, maderas, plásticos, papeles, cartones, vidrios, entre otros, para la posterior segregación de los residuos reaprovechables, optimizando el reaprovechamiento y alcanzando un valor aproximado de 82.63% por año, lo cual traerá beneficios económicos, sociales y ambientales, promoviendo el desarrollo sostenible. Asimismo, la presente propuesta incluye la realización de una serie de capacitaciones sobre educación ambiental y manejo de RCD, el uso correcto de los EPPs y un plan de contingencia para que el personal laboral sea capaz de prevenir, responder y controlar adecuadamente una situación de emergencia generada durante el manejo de los RCD.
- Luego de haber realizado el diagnóstico en el proceso de trabajo con respecto a los RCD recolectados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C, se pudo verificar que existe una inadecuada planificación y organización en el área central de acopio de la planta de transferencia y reciclaje, donde se depositan en conjunto todos los residuos en la misma área de acopio sin considerar sus características, falta de una adecuada delimitación de las áreas destinadas al almacenamiento de los residuos segregados para su respectiva comercialización y reaprovechamiento, los trabajadores, especialmente los operarios del área de operaciones, no usan adecuadamente sus EPPs y falta de una mayor concientización ambiental por falta de capacitaciones a los mismos.

- Los RCD identificados en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. fueron los residuos pétreos, maderas, metales, plásticos, papel y cartón, otros y restos de basura y no reaprovechables, la recolección durante un período de 10 años (2009 – 2019) fue de 462776 m<sup>3</sup> o 476471.32 Ton y se reaprovecharon 276467.86 m<sup>3</sup> o 281243.53 Ton; además, en la segregación de los RCD (en peso) que fueron recuperados y reaprovechados, se encontró un mayor porcentaje en los residuos pétreos (27.79 %) y en segundo lugar las maderas (24.51%).
- Las alternativas que permiten aportar en el reaprovechamiento de los RCD se enfocan en los residuos que se segregaron en mayor cantidad, como los residuos pétreos (concreto, ladrillos y piedras) que mediante su generación como agregados reciclados, sirven como parte de la fabricación de adoquines para pavimento vehicular y peatonal, en la construcción de sistemas viales como carreteras, autopistas y ciclovías y para caminos y pisos de plazas y parques y, con respecto a las maderas, en el uso del aserrín como parte de la elaboración de compostaje, que pueden servir para los maceteros dentro de la empresa y en algunas zonas externas alrededor de la empresa.

## RECOMENDACIONES

- Implementar el presente plan de manejo de RCD en la empresa Cajas Ecológicas S.A.C. con la finalidad de ordenar y organizar las operaciones de manejo y optimizar el reaprovechamiento de dichos residuos.
- Organizar y delimitar el área central de acopio de la planta de transferencia y reciclaje en 2 partes (una para residuos pétreos y otra para residuos no pétreos y generales) para que se pueda tener una mejor diferenciación de los RCD y delimitar y diferenciar adecuadamente las áreas de almacenamiento de los residuos que serán comercializados y reaprovechados según lo indicado en el plan de manejo de RCD, verificar el uso adecuado de EPPs y de equipos y herramientas de trabajo y fomentar capacitaciones permanentes sobre el manejo de los RCD, así como en casos de emergencias durante el desarrollo del trabajo, con el fin de tener un personal laboral más capacitado y apto en el desarrollo de sus funciones.
- Propiciar un mayor reaprovechamiento de los RCD para prolongar el ciclo de vida productivo de estos residuos, reduciendo la cantidad de disposición final en los rellenos sanitarios y fortaleciendo su potencial de reaprovechamiento y beneficios dentro de las actividades de construcción y en otras actividades, impulsando una economía circular y una mejora continua en el desarrollo sostenible.
- Fomentar la importancia de reutilizar y reciclar los RCD y que reciban un adecuado manejo y gestión, preservando los recursos naturales que demandan esta actividad, favoreciendo un impacto ambiental positivo y evitando o mitigando la contaminación ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental. (2020). *Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés)*. Estados Unidos. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=La%20Agencia%20de%20Protecci%C3%B3n%20Ambiental,est%C3%A1n%20reguladas%20por%20la%20EPA.>
- Aguilar, D. y Loo, F. (2017). *Análisis de eco-eficiencia de la demolición de una edificación en Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Arce, L. y Tapia, E. (2014). *Planteamiento de un manual para la gestión de los residuos de construcción y demolición en edificaciones urbanas*. Universidad San Martín de Porres. Perú.
- Asociación Española de Empresarios de Demolición. (2011). Demolición Guía informativa. Obtenido de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/190761/AEDED\\_Guia\\_informativa.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/190761/AEDED_Guia_informativa.pdf)
- Astete, P. (2019). *Propuesta de plan de gestión de los residuos sólidos de la construcción y demolición depositados en espacios públicos y obras menores generadas en el distrito de Ate*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Perú.
- Bazán, I. (2018). *Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (Estudio de caso)*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Beltrán, J. y Chica, L. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *DYNA*, 85 (206), 338-347. doi: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824>
- Cajas Ecológicas S.A.C. (2016). *Cajas Ecológicas Comprometidos con la ecología*. Perú. Obtenido de <http://www.cajas-ecologicas.com/>

- Carbajal, M. (2018). *Situación de la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción civil del sector vivienda en la ciudad de Lima y Callao*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Carrión, E. (2018). *Planeamiento de estrategias para el adecuado manejo de los residuos sólidos de construcción y demolición generados en los laboratorios de las Facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia de la ciudad universitaria de la UNASAM-Huaraz-2017*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Perú.
- Cconislla, J. (2014). Caracterización de los residuos de la construcción. *Civilízate*. Número 4. Obtenido de [http://revistas.pucp.edu.pe/imagenes/civilizate/civilizate\\_004.html](http://revistas.pucp.edu.pe/imagenes/civilizate/civilizate_004.html)
- Chávez, G. (2014). *Estudio de la gestión ambiental para la prevención de impactos y monitoreo de las obras de construcción de Lima Metropolitana*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú
- Concreto reciclado. (2015). *Proyecto: Fábrica de concreto reciclado e Naucálpán de Juárez*. México. Obtenido de <https://concretoreciclado.wordpress.com/>
- Cortina, J. (2007). *Guía para el manejo de residuos sólidos generados en la industria de la construcción*. Universidad de las Américas Puebla. México.
- Decreto Legislativo N° 1278. *Ley de gestión integral de residuos sólidos*. (2016). Perú. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4>
- Decreto Legislativo N° 1501. *Modificatoria del D.L. N° 1278 – Ley de gestión integral de Residuos Sólidos*. (2020). Perú. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-legislativo-que-modifica-decreto-legislativo-no-1278-que-aprueba>
- Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA. *Gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición*. (2013). Perú. Obtenido de

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-para-la-gestion-y-manejo-de-los-residuos-decreto-supremo-n-003-2013-vivienda-899557-2/>

*Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA. Modificatoria del D.S. N° 003-2013-VIVIENDA – Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición.* (2016). Perú. Obtenido de <http://nike.vivienda.gob.pe/dgaa/Archivos/DS-019-2016-VIVIENDA.pdf>

*Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.* (2003). Perú. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>

Freepik. (2017). *Trabajador con equipo de protección personal e íconos de seguridad.* Obtenido de [https://www.freepik.es/vector-premium/trabajador-equipo-proteccion-personal-e-iconos-seguridad\\_1576853.htm](https://www.freepik.es/vector-premium/trabajador-equipo-proteccion-personal-e-iconos-seguridad_1576853.htm)

Galarza, M. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

García, M. y Molina, B. (2008). Plan Director de escombros y restos de obra de la provincia de Córdoba. *Cumbre de Desarrollo sostenible.* Congreso Nacional del Medio Ambiente. España.

Google Earth Pro. (2020). *Ubicación de la empresa Cajas Ecológicas S.A.C.* Perú.

Instituto para la salud geoambiental. *Material particulado.* España: Instituto para la salud geoambiental. Un ser vivo, un entorno sano. Recuperado de <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado#:~:text=Se%20denomina%20material%20particulado%20a,de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire.>

León, J. (2017). En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos. Perú: El Comercio. Recuperado de

<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-generan-19-mil-toneladas-desmonte-dia-70-mar-rios-noticia-453274-noticia/?ref=ecr>

Ley N° 28611. *Ley General del Ambiente*. (2005). Perú. Obtenido de <http://hrlibrary.umn.edu/research/Peru-Ley%2028611.pdf>

López, M. (2020). *Estrategias sostenibles para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en los proyectos de las pymes constructoras de Montería*. Universidad Santo Tomás. Colombia

Marcet, X., Marcet, M. y Vergés, F. (2018). Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. *Papeles del Pacto Industrial* (4). Asociación Pacto Industrial de la Región Metropolitana de Barcelona. España. Obtenido de [http://www.pacteindustrial.org/public/docs/papers\\_publications/6e3474fb7a3a924fac653ff095bfc0c9.pdf](http://www.pacteindustrial.org/public/docs/papers_publications/6e3474fb7a3a924fac653ff095bfc0c9.pdf)

Martel, G. (2008). *Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones para su aprovechamiento*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Mendoza, C. (2019). *Plan de minimización y manejo de residuos sólidos para una planta cementera en Piura*. Universidad de Piura. Perú

Menjívar, J. (2007). *Diseño y elaboración de una guía orientada a la búsqueda de la competitividad de las micro y pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de productos de revestimiento en el sector de la construcción*. Universidad Francisco Gavidia. El Salvador.

MINAM. (2015). *Guía informativa de manejo de residuos de construcción y demolición en obras menores*. Obtenido de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/guia-informativa-manejo-residuos-construccion-demolicion-obras>

MINAM. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio. Módulo 2: Residuos y áreas verdes*. Perú. Obtenido de

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/aprende-prevenir-efectos-mercurio-modulo-2-residuos-areas-verdes>

Moreno, L., Ospina, M. y Rodríguez, K. (2017). Análisis técnico-económico del uso de concreto reciclado y el concreto convencional en Colombia. ResearchGate. (3), 36-47. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/330661099\\_Analisis\\_tecnico-economico\\_del\\_uso\\_de\\_concreto\\_reciclado\\_y\\_el\\_concreto\\_convencional\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/330661099_Analisis_tecnico-economico_del_uso_de_concreto_reciclado_y_el_concreto_convencional_en_Colombia)

Moromisato, D. (2018). *Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en proyectos comerciales*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Narave, H. (2018). *Generar menos residuos sólidos es responsabilidad de todos: Héctor Narave*. México. Formato siete. Recuperado de <https://formato7.com/2018/09/29/generar-menos-residuos-solidos-es-responsabilidad-de-todos-hector-narave/>

*NTP 400.050: 2017. MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades*. (2017). Dirección de Normalización – INACAL. Perú

Orozco, C., Gómez, F., Severiche, J., Rico, K., Pinto, N., Zambrano, V., ..., Figueroa, Y. (2014). *Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra*. Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

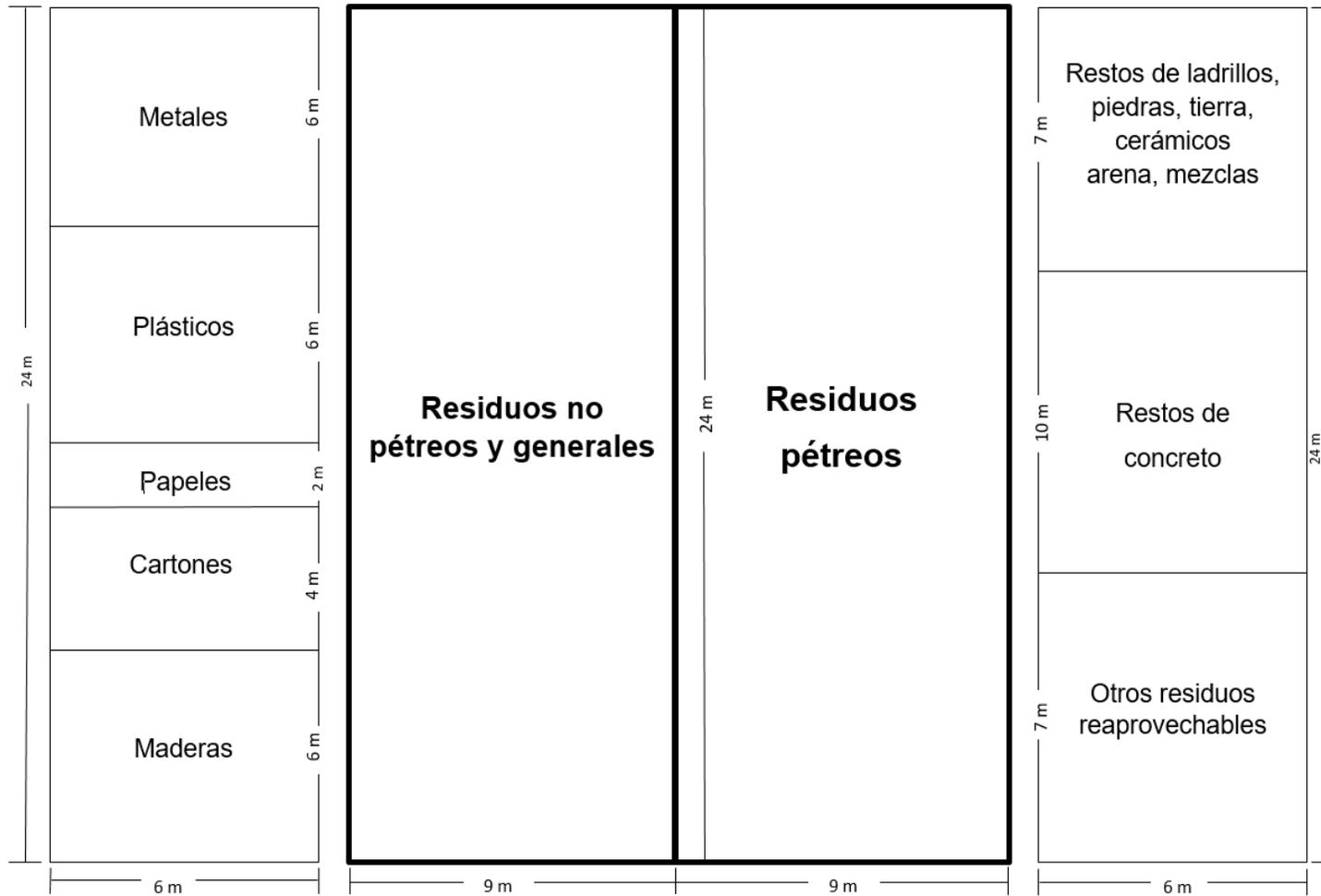
*Resolución Ministerial N° 191- 2016- MINAM. Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016 – 2024*. Perú. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-191-2016-MINAM.pdf>

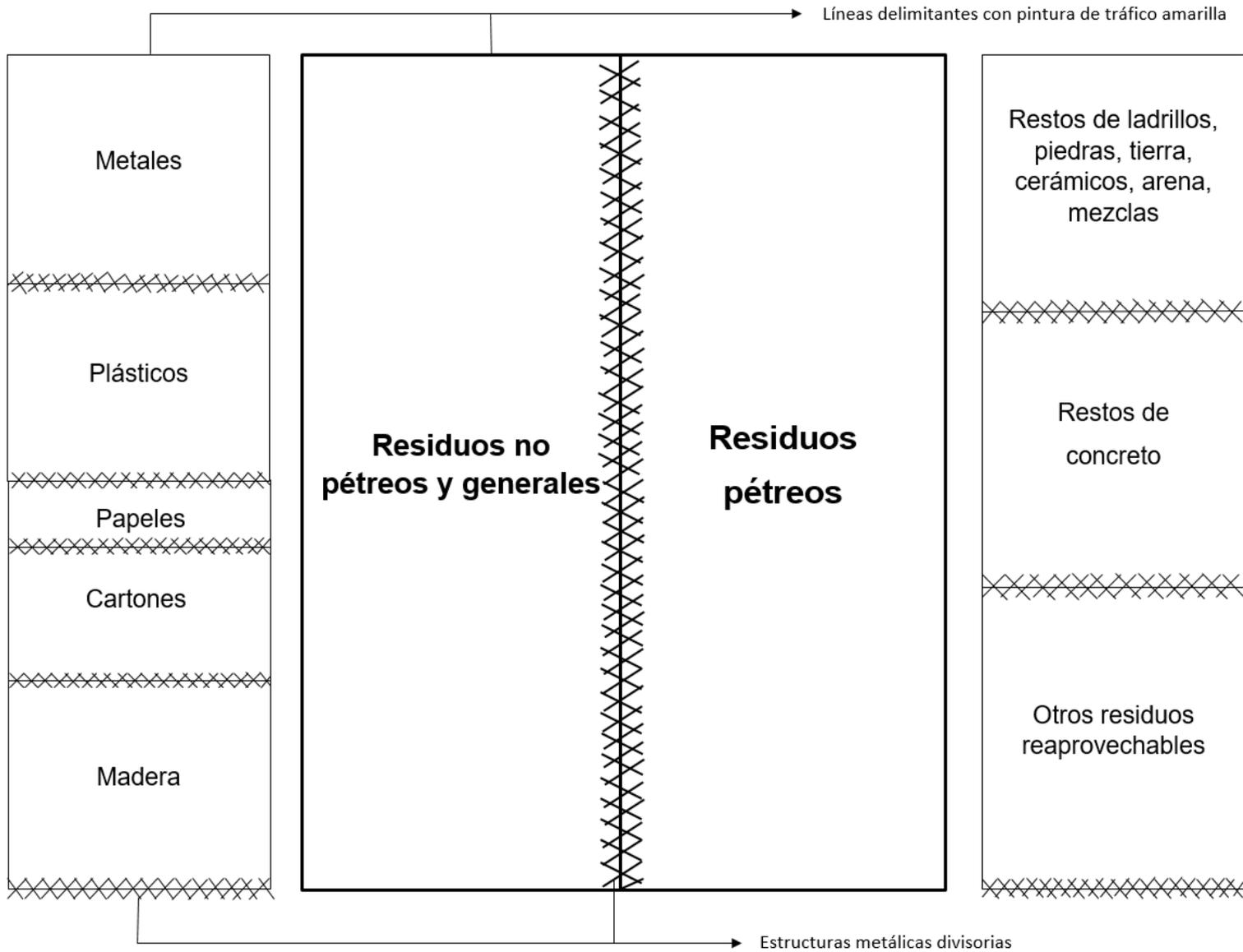
Rocha, J. (2020). *Elementos de construcción a partir de residuos de construcción y demolición en Bogotá*. Universidad Católica de Colombia. Colombia.

- Rojas, G. (2020). *Gestión de residuos de construcción y demolición en la arquitectura sostenible, Nuevo Chimbote 2019 – Planta integral de tratamiento de Rcd, Nuevo Chimbote*. Universidad César Vallejo. Perú.
- Saavedra, A. (2017). *Gestión de residuos de construcción para la conservación del medio ambiente de un edificio multifamiliar en Miraflores, 2016*. Universidad César Vallejo. Perú.
- Salvany, J. (2012). *Gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). Primer Foro Internacional para la Gestión y Control de los residuos de la construcción y demolición –RCD-*. Programa Basura Cero-Escombro Cero. Colombia.
- Sánchez, A. (2019). *Análisis de Residuos de Construcción y Demolición para su reutilización como materia prima de agregados de construcción, Lima – 2018*. Universidad César Vallejo. Perú.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009). *Manual de residuos sólidos*. Perú. Obtenido de [https://spda.org.pe/?wpfb\\_dl=146](https://spda.org.pe/?wpfb_dl=146)
- Villoria, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra*. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Yuli, R. (2017). *IPERC Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos*. Perú. Obtenido de <https://www.slideshare.net/OverallhealthEnSalud/iperc-2017-75931641>

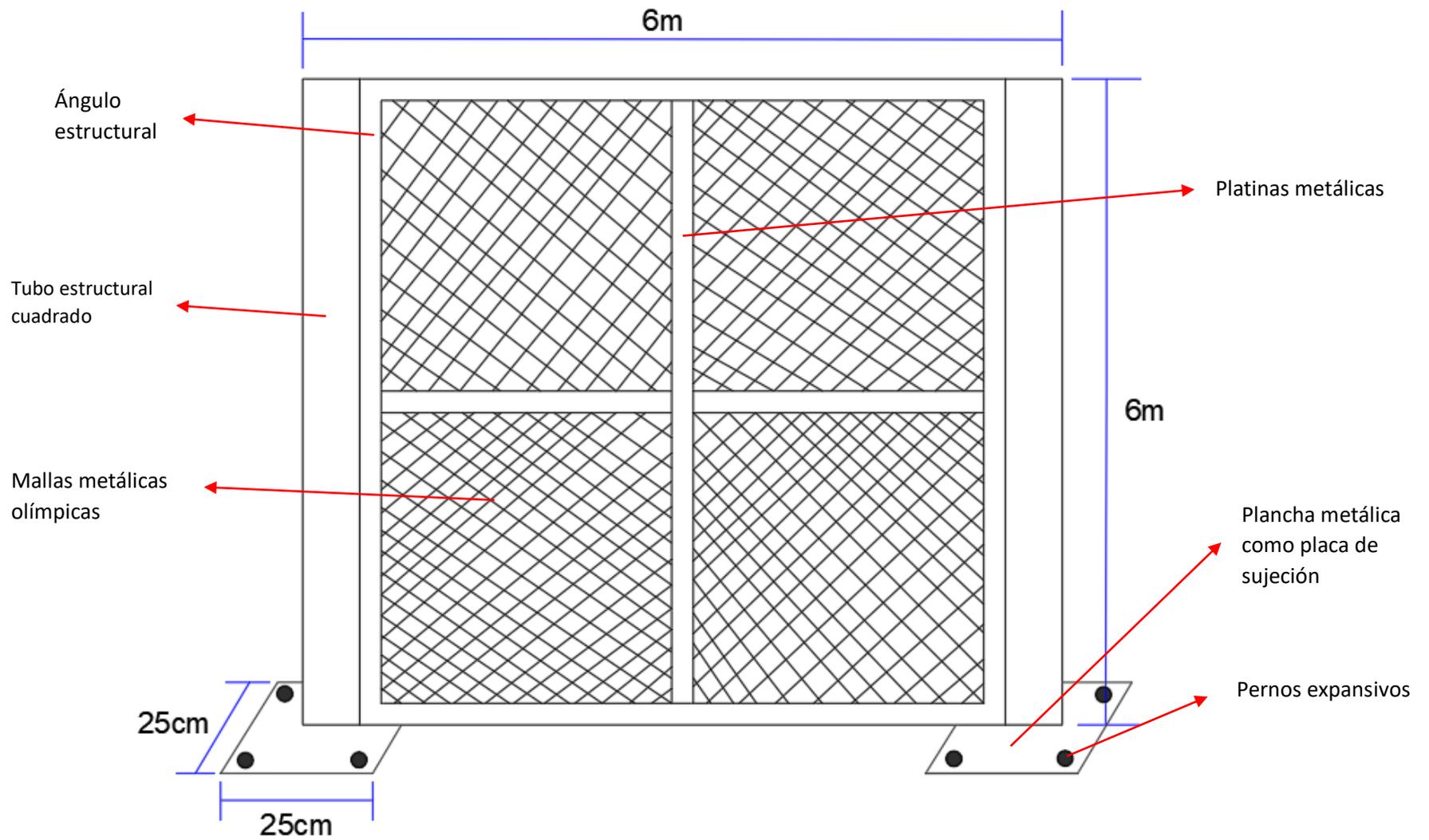
## ANEXOS

Anexo 1. Delimitación y separación de los RCD recolectados en el área central de acopio y delimitación de las áreas de almacenamiento de residuos reaprovechables

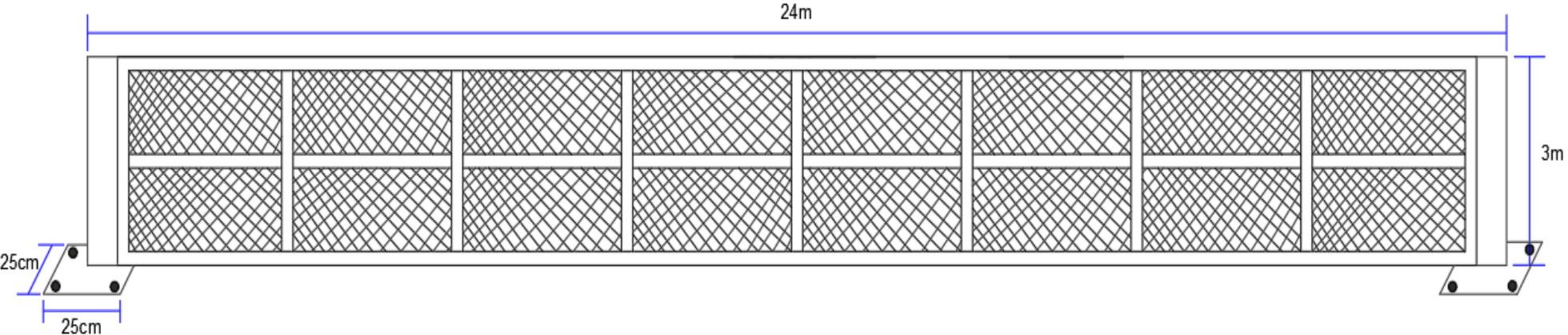




Anexo 2. Estructura metálica que divide y delimita las áreas de almacenamiento de los residuos reaprovechables

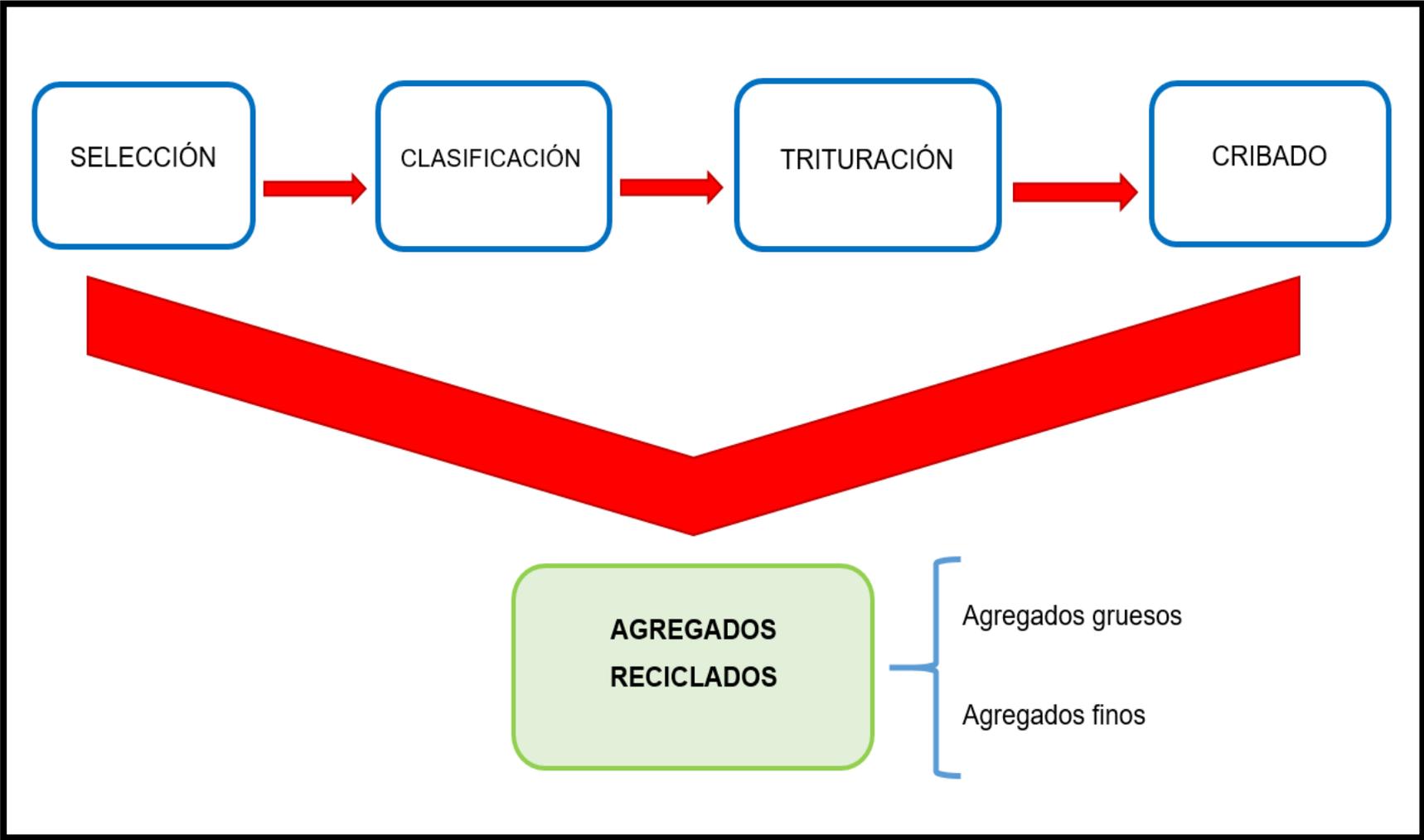


Anexo 3. Estructura metálica que separa en el medio el área central de acopio para depositar los residuos pétreos y residuos no pétreos y generales

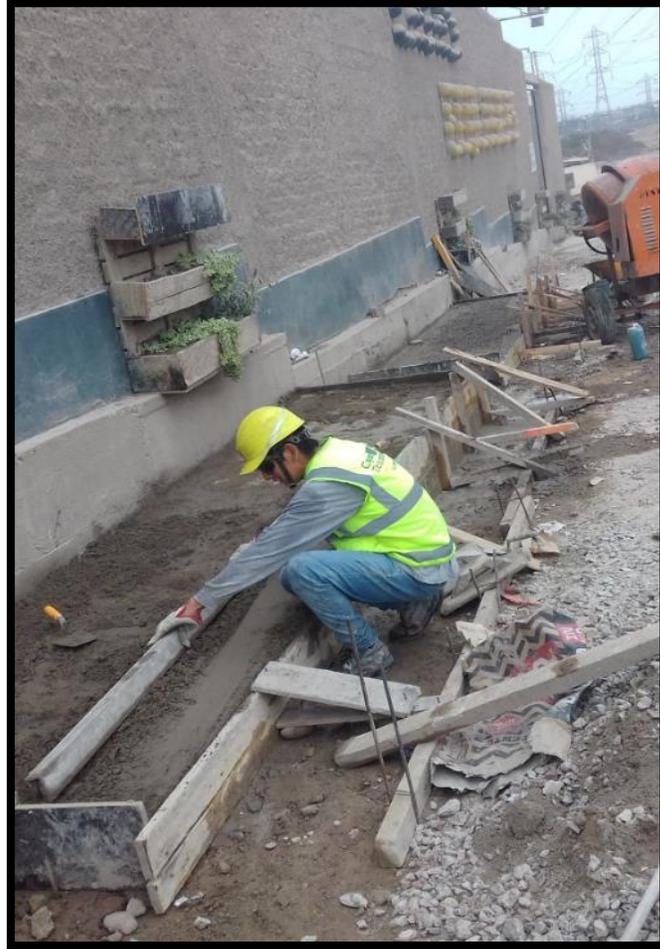




Anexo 5. Proceso de generación de agregados reciclados



Anexo 6. Uso de agregados reciclados para la creación de veredas



Anexo 7. Contenedor metálico con RCD

