

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

Presentado por:

Jhon Andres Macas Gaona

Anthony Steven Palma Bayas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

Jhon Macas:

El presente proyecto lo dedico a mi Esposa Linda Paredes por el amor, acompañamiento y apoyo para cumplir este objetivo propuesto, así como la motivación por parte de mis padres, hermanos y amigos.

Anthony Palma:

El presente proyecto lo dedico principalmente a mi familia que ha sido un pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto. A mi madre Esthela que me ha apoyado de manera incondicional para cumplir mi meta. A mi enamorada Belén, mis hermanos, amigos y familiares que con su apoyo he podido lograr llegar hasta el final de esta maravillosa etapa.

AGRADECIMIENTOS

Jhon Macas:

A Dios, por las bendiciones dadas a lo largo de mi vida y brindarme una Esposa, Familia y Amigos que me ayudaron a cumplir esta meta.

Anthony Palma:

Mi más sincero agradecimiento a Dios por un año más de vida de mis seres queridos y mi persona. A mis padres, abuelos y hermanos que confiaron y creyeron en mí. A la Escuela Superior Politécnica del Litoral que me ha brindado una excelente y alta calidad de preparación profesional. A todos los profesores que me han impartido sus conocimientos en esta etapa de maestría. Y a mí enamorada Belén que fue parte de esta grande aventura.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jhon Andres Macas Gaona y Anthony Steven Palma Bayas damos mi nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jhon Macas Gaona

Anthony Palma Bayas

EVALUADORES

Nadia Quijano Arteaga, M.Sc.
PROFESORA DE LA MATERIA

Anabel Castillo Rodríguez, M.Sc.
PROFESORA TUTORA

Samantha Hidalgo Astudillo, M.Sc.
PROFESORA DE LA MATERIA

RESUMEN

El sector de la construcción en la ciudad de Guayaquil despierta inquietud en cuanto a los residuos que se genera de los procesos constructivos y cuál es su gestión. Por lo que el desarrollo de un plan de gestión Residuos de Construcción y Demoliciones (RCD) para la ciudad de Guayaquil representa una oportunidad para todos los actores involucrados en la cadena de valor, no sólo en términos de reincorporar estos residuos en esta actividad económica o ampliar la responsabilidad social-ambiental; sino también, como un aporte ante los desafíos que enfrentamos como el cambio climático.

Evaluar la ley local y normativas internacionales permite desglosar la gestión de los RCD e identificar cuáles son sus fases, como son las auditorias previas en obras, identificación de generadores, clasificación de los residuos, planes de calidad, logística, almacenamiento, procesamiento o tratamiento y disposición final.

Este análisis favorece la realización de una propuesta para una adecuada gestión de los RCD para la ciudad de Guayaquil, desarrollando un esquema de gestión en 7 fases, realizando un plan de implementación de sus fases por etapas y un cronograma de acciones para su cumplimiento en 36 meses.

El plan de gestión propuesto promueve la jerarquización de residuos ya que establece estrategias alineadas a minimizar su generación, el reuso, reciclaje, valorización de los residuos y aprovechamiento energético, recomendando la implementación de campañas de concientización, buenas prácticas y tecnologías con la finalidad de alcanzar un mayor impacto y garantizar el éxito del plan de gestión.

Palabras Clave: Residuos de construcción y demolición, Guayaquil, jerarquía de residuos, reutilización, reciclaje, etc.

ABSTRACT

The construction for the city of Guayaquil produces an effect that currently causes concern, how much waste is being generated and what its management is. Therefore, the development of a Construction and Demolition Waste (CDW) management plan for the city of Guayaquil represents an opportunity for all actors involved in the value chain, not only in terms of reincorporating this waste into this economic activity or expand social-environmental responsibility; but also, as a contribution to the challenges we face such as climate change.

Evaluating local law and international regulations allows us to break down the management of CDW and identify its phases, such as prior audits in works, identification of generators, classifications, quality plans, logistics, storage, processing or treatment and final disposal.

This analysis favors the creation of a proposal for adequate management of CDW for the city of Guayaquil, developing a management scheme in 7 phases, carrying out an implementation plan of its phases in stages and a schedule of actions for compliance in 36 months.

The proposed management plan promotes the hierarchy of waste as it establishes strategies aligned with minimizing its generation, reuse, recycling, recovery of waste and energy use, recommending the implementation of awareness campaigns, good practices, and technologies in order to achieve a greater impact and guarantee the success of the management plan.

Keywords: Construction and demolition waste, Guayaquil, waste hierarchy, reuse, recycling, etc.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | I |
| ABSTRACT | II |
| ÍNDICE GENERAL | III |
| ABREVIATURAS..... | VI |
| SIMBOLOGÍA..... | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | IX |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | X |
| 1. CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 2 |
| 1.3 Localización..... | 4 |
| 1.4 Problemática | 5 |
| 1.5 Justificación..... | 6 |
| 1.6 Objetivos | 7 |
| 1.6.1 Objetivo General..... | 7 |
| 1.6.2 Objetivos Específicos..... | 7 |
| 1.7 Metodología..... | 7 |
| 1.8 Plan de trabajo | 9 |
| 2. CAPÍTULO 2..... | 10 |
| 2.1 Marco conceptual | 10 |
| 2.1.1 Evaluación de la legislación nacional..... | 10 |
| 2.1.2 Evaluación de la legislación Local: Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil.12 | |
| 2.1.3 Evaluación de la normativa internacional de la ciudad de Querétaro (México): Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el | |

| | |
|--|----|
| manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro. | 20 |
| 2.1.4 Evaluación de Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea | 27 |
| 3. CAPÍTULO 3..... | 39 |
| 3.1 Plan de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición para la ciudad de Guayaquil | 41 |
| 3.1.1 Fase 0: Plan de Minimización de RCD | 41 |
| 3.1.2 Fase 1: Identificación de Generadores | 43 |
| 3.1.3 Fase 2: Clasificación | 46 |
| 3.1.4 Fase 3: Plan de Calidad..... | 50 |
| 3.1.5 Fase 4: Transporte..... | 51 |
| 3.1.6 Fase 5: Almacenamiento temporal | 53 |
| 3.1.7 Fase 6: Procesamiento, aprovechamiento y tratamiento | 54 |
| 3.1.8 Fase 7: Disposición final | 60 |
| 3.2 Plan de implementación de fases por etapas..... | 62 |
| 3.2.1 Cronograma de implementación | 63 |
| 3.3 Concientización | 64 |
| 3.4 Buenas prácticas | 68 |
| 3.4.1 Buenas prácticas en fase de diseño | 68 |
| 3.4.2 Buenas prácticas en fase de ejecución..... | 69 |
| 3.4.3 Buenas prácticas en fase reciclaje..... | 71 |
| 3.5 Tecnología implementada para la gestión de los RCD..... | 90 |
| 3.5.1 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por su clasificación..... | 92 |
| 3.5.2 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por trituración | 93 |
| 3.5.3 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por separación | 95 |
| 4. CAPÍTULO 4..... | 97 |
| 4.1 Conclusiones..... | 97 |

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 4.2 | Recomendaciones..... | 98 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 99 |
| | ANEXOS..... | 102 |

ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| RCD | Residuos de construcción y demolición |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censos |
| MAATE | Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica |
| COOTAD | Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización |
| GAD M | Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales |
| PIB | Producto Interno Bruto |
| URVASEO | Consortio encargado del servicio de recolección en Guayaquil |
| DACMSE | Dirección de Aseo Cantonal, Mercados y Servicios Especiales |
| CIRCD | Centros Integrales de Residuos de la Construcción y Demolición |
| ISO | Organización Internacional de Normalización |
| OSHAS | Salud Ocupacional y Series de Evaluación de la Seguridad |
| CEN | Comité Europeo de Normalización |
| LER | Listado Europeo de Residuos |
| CCD | Combustibles Derivados de Residuos |
| EMAS | Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales |
| BIM | Modelado de información de construcción |
| CARCD | Centro Ambiental para los Residuos de la Construcción y Demolición |
| UAESP | Administrativa Especial de Servicios Públicos |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| TEMA | Tecnología Edificatoria y Medioambiente |
| ITEC | Tecnología de la Construcción de Cataluña |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-------------------|------------------------|
| m ² | Metro Cuadrado |
| m ³ | Metro Cúbico |
| Km | Kilómetro |
| Km ² | Kilómetro Cuadrado |
| Tn | Tonelada |
| Kg | Kilogramo |
| PCB | Policlorobifenilos |
| Kg/m ³ | Kilogramo/metro cúbico |
| MPa | Megapascal |
| % | Porcentaje |
| PvC | Cloruro de Polivinilo |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 .- Ubicaciones de sitios de acopio y disposición final autorizados..... | 4 |
| Figura 1.2 .- Diagrama de flujo de metodología de trabajo..... | 8 |
| Figura 1.3.- Plan de actividades de trabajos..... | 9 |
| Figura 2.1.- Clasificación de los generadores de RCD..... | 21 |
| Figura 2.2.- Estimación de generación de RCD | 21 |
| Figura 2.3.- Clasificación de RCD | 22 |
| Figura 2.4.- Diagrama del proceso de gestión del protocolo de la Unión Europea..... | 28 |
| Figura 2.5.- Pirámide de jerarquías de residuos..... | 35 |
| Figura 3.1.- Imagen de RCD de Construcción..... | 44 |
| Figura 3.2.- Imagen de RCD de Remodelación..... | 44 |
| Figura 3.3.- Imagen de RCD de demolición terremoto Ecuador 2016 | 44 |
| Figura 3.4.- Separación manual de los RCD | 92 |
| Figura 3.5.- Cribado y tamizado de los RCD | 93 |
| Figura 3.6.- Separación magnética de los RCD | 93 |
| Figura 3.7.- Triturador de mandíbulas | 94 |
| Figura 3.8.- Triturador de impacto | 94 |
| Figura 3.9.- Triturador de cono | 95 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1.- Propiedades peligrosas | 32 |
| Tabla 2.2.- Procesos de plan de gestión de tratamiento de residuos | 36 |
| Tabla 3.1.- Resumen del desarrollo de análisis de normativas local e internacional y protocolo..... | 40 |
| Tabla 3.2.- Tabla de descripción de codificación recomendada para cantidad menor a 9 m ³ de RCD y origen de generación | 48 |
| Tabla 3.3 Tabla de descripción de codificación para cantidades entre 9 m ³ a 90 m ³ de RCD y origen de generación | 49 |
| Tabla 3.4.- Tabla de descripción de codificación para cantidades mayores a 90 m ³ de RCD y origen de generación | 50 |
| Tabla 3.5.- Resumen de implementación de las fases de Gestión de RCD | 62 |
| Tabla 3.6.- Resumen del programa de concientización del plan de gestión de los RCD | 68 |
| Tabla 3.7.- Resumen de las investigaciones realizadas sobre buenas prácticas en la gestión de RCD. | 74 |
| Tabla 3.8.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 75 |
| Tabla 3.9.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 76 |
| Tabla 3.10.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 77 |
| Tabla 3.11.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 78 |
| Tabla 3.12.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 79 |
| Tabla 3.13.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 80 |
| Tabla 3.14.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 81 |
| Tabla 3.15.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 82 |
| Tabla 3.16.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 83 |
| Tabla 3.17.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 84 |
| Tabla 3.18.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 85 |
| Tabla 3.19.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 86 |
| Tabla 3.20.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 87 |
| Tabla 3.21.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD. | 88 |
| Tabla 3.22.- Resumen de estrategias de buenas prácticas para el plan de gestión de RCD en Guayaquil..... | 89 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 2.1.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de residuos de escombros de la normativa local | 18 |
| Gráfico 2.2.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de residuos de excavación de la normativa local. | 19 |
| Gráfico 2.3.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de Residuos de escombros de la normativa de la ciudad de Querétaro, México | 26 |
| Gráfico 2.4.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de Residuos del Protocolo Europeo..... | 38 |
| Gráfico 3.1.- Proceso de planta de tratamiento para RCD | 59 |
| Gráfico 3.2.- Diagrama de flujo de las fases de gestión propuesta para la ciudad de Guayaquil. | 61 |
| Gráfico 3.3.- Cronograma de implementación de plan de gestión de RCD para la ciudad de Guayaquil. | 63 |
| Gráfico 3.4.- Programa Basura Cero de la ciudad de Bogotá por parte de la Unidad de Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) | 65 |
| Gráfico 3.5.- Programa plan de gestión de RCD para la ciudad de Guayaquil..... | 66 |

1. CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

Durante décadas el ser humano ha continuado con el progreso y desarrollos significativo al crecimiento económico, social y tecnológico, con los avances de infraestructura civil en el sector de la construcción, siendo un pilar fundamental para el desarrollo y evolución de las sociedades a lo largo de la historia. Las civilizaciones han construido carreteras, puentes, sistemas ferroviarios, puertos, aeropuertos, redes de agua potable y saneamiento, redes de comunicación y energía, permitiendo la conexión entre regiones y países, fortaleciendo y contribuyendo a la economía del país (Saldías, s.f.).

La construcción es uno de los sectores más dinámicos en la economía nacional y global. La provisión de infraestructura para la creciente demografía se vuelve un factor crucial en relación con el desarrollo. Esto, ya que la construcción en su cadena de valor registra la participación directa e indirecta de varios grupos de actores y miles de personas alrededor de esta actividad económica.

Según fuentes confiables y datos estadísticos del Banco Central del Ecuador en el año 2020, el sector de la construcción representó aproximadamente un 11,9% del Valor Agregado Bruto no petrolero, siendo esto reflejado en el potencial multiplicador de empleo y distribución de riqueza, desde obreros hasta los proveedores de insumo de materiales y herramientas de la construcción (Diaz-Kovalenko I., 2022).

En la actualidad, la gestión de residuos se ha vuelto uno de los puntos capitales en la cadena de valor de la construcción, y en términos generales. Existen varias estimaciones a nivel mundial sobre la incidencia de este tipo de residuos en el medio ambiente y la vida cotidiana. Se habla de un aproximado de 10.000 millones de toneladas anuales de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) a nivel mundial. Cifra de la cual, se calcula que China genera 2.300 millones (Tn), la Unión Europea 800 millones (Tn) y Estados Unidos 700 millones (Tn), siendo el relleno el principal método usado para tratar los RCD (Chen, K; Wang, J; Yu, B; Wu, H; Zhang, J, 2021). De ahí que, su gestión concebida de manera integral es fundamental no sólo

porque existe un aprovechamiento de este recurso modificado, sino porque es necesario garantizar la disposición final sostenible de los mismos. Adicionalmente, en un país desarrollado la construcción de un edificio habitacional genera 0,14 metros cúbicos (m³) de residuos por cada metro cuadrado (1m²) construido en el caso de Chile se genera 0.26 m³ por m² (Construye 2025, 2019).

Por otra parte, siendo el sector de la construcción un pilar fundamental para la economía del país es inevitable que esto genere residuos y desechos debido a la construcción y demolición de nuevas o antiguas infraestructuras y obras, destacando un tema de alta importancia sobre la gestión de los mismos residuos independientemente de la ciudad que uno se encuentre.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son residuos cuya generación, manejo y disposición tiene un alto impacto negativo no solo en la parte económica del país, sino también en el ámbito ambiental y social, contaminando el entorno natural y ecosistema, fuentes de aguas superficiales y subterráneas, aumentando las emisiones de gases efecto invernadero y explotando recursos naturales limitados, siendo materias primas para el sector de la construcción ((RCD), 2015).

Por lo tanto, es necesario generar un plan de acción con la gestión de estos residuos que nos permita aprovechar como otro recurso, reutilizando, reciclando y separando desechos peligrosos para que se pueda disminuir la contaminación y desarrollar obras más sostenibles para el medio ambiente y las futuras generaciones.

1.2 Antecedentes

Según la encuesta de Edificaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), las cifras sobre el sector de la construcción desde un enfoque general (regional) a lo particular (Guayaquil), detalla lo siguiente (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2022):

Edificaciones construidas en la región costa (2022): 13.717

Viviendas construidas en la región costa (2022): 16.648

Guayaquil es el segundo cantón a nivel nacional en construcción de viviendas (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2022) con un total de 4.187 soluciones, mientras que el DM Quito registró un total de 8.291.

La ciudad aportó con el 26.3% del PIB del sector constructor a nivel nacional, lo que significó un total de \$2.476 millones de dólares en el año 2020, de un total de \$9.403 millones de dólares (GAD Guayaquil, 2022). A esto se suma la estimación de unos \$528 millones de USD por tres megaproyectos liderados por constructoras como Pronobis, Uribe Schwarzkopf y Millenium (GAD Guayaquil, 2022).

En contexto, el aporte del sector de la construcción de la ciudad de Guayaquil para el país conlleva a analizar cuál es la gestión y manejo de residuos que se generan por este sector. Desde lo normativo hasta el tema de competencias, la legislación nacional prevé un marco para la gestión de los residuos. En el 2010 el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) determinó que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GAD M) son los responsables en el manejo y gestión de los residuos en su territorio (Artículo 55).

En la actualidad, Guayaquil publicó la “Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil” sobre la gestión de residuos de construcción, con la cual pasa a formar parte de la normativa local para este sector y actividad, estableciendo el marco legal para la interrelación de los diversos actores involucrados en la cadena de valor.

Por lo tanto, es preciso mencionar que los espacios o zonas de desarrollo urbano en Guayaquil son escasos para la construcción de nuevas infraestructuras, pero existen obras antiguas que se pueden demoler y generar espacios para nuevas obras, además, existe las megas obras que se van a desarrollar en la ciudad lo que desencadenaría grandes cantidades de RCD que deben tener un tratamiento adecuado para no colapsar los sitios de disposiciones actuales que tenemos en la ciudad.

En la actualidad los lugares de disposición final autorizados para los escombros de la ciudad se encuentran fraccionados en sitios de acopio y el relleno sanitario “Las Iguanas” donde se excluye al material de excavaciones que deben ser dispuestos en terrenos autorizados por el municipio.

Los centros de acopios de RCD se ubican repartidos con 3 puntos al norte y 1 al sur de la ciudad además del relleno sanitario como lo muestra la figura 1. 1.



Relleno Sanitario” Las Iguanas”



Centro de acopio autorizados

Figura 1.1 .- Ubicaciones de sitios de acopio y disposición final autorizados

Fuente: Urvaseo, consorcio encargado del servicio de recolección en Guayaquil

La identificación de los puntos de acopio y disposición nos permitirá realizar el análisis de la ordenanza y mediante la revisión de normativas internacionales se podrá proporcionar un nuevo plan de gestión de los RCD ante el impacto que generará el sector de la construcción en la urbe más poblada de la Costa ecuatoriana y la segunda más poblada a nivel nacional.

1.3 Localización

El presente proyecto se enfoca principalmente para la ciudad de Guayaquil, siendo la ciudad más grande del Ecuador con una superficie territorial de 344.5 km² y ocupa un lugar primordial en la economía del país. La ciudad se encuentra ubicada en un punto estratégico, rodeada de dos grandes ríos, el Daule y el Babahoyo a sólo 70 kilómetros del océano pacífico.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2022 (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2022), la ciudad de Guayaquil

alcanzó aproximadamente los 3 millones de habitantes, convirtiéndose en la ciudad más poblada del Ecuador.

1.4 Problemática

El proyecto tiene por objeto mostrar la situación del sector de la construcción de la ciudad de Guayaquil, para conocer el estado actual de la gestión de residuos de construcción en la ciudad permitiendo detallar un protocolo que sea de beneficio para la municipalidad y puedan desarrollar un marco normativo para el sector desde un enfoque de economía circular.

En base a los datos por parte del (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2022), un habitante de la zona urbana produce en promedio 1 Kg de residuos sólidos al día. Considerando que en la ciudad de Guayaquil habitan aproximadamente 3 millones de personas, la generación diaria se estimaría en 3.000 toneladas al día de residuos sólidos urbanos de las cuales, según datos del (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2021) el 13% corresponde a residuos de la construcción y demolición, estimando una generación aproximadamente anual de 140 mil toneladas, en donde los eventos sísmicos aumentarían esos valores, como es el caso del terremoto del 16 abril en las costas del Ecuador donde se generaron grandes cantidades de escombros de demolición.

En la actualidad existe una ordenanza de manejo y disposición final de escombros de la ciudad que detalla la clasificación, generación, almacenamiento temporal, recolección y disposición final en el relleno sanitario.

Únicamente en la ciudad existe el relleno sanitario “Las Iguanas” regularizado por la municipalidad con una vida útil de 10 años a partir del 2023, además existen los sitios de disposición clandestino de residuos de construcción y demolición que son de mayor uso, ya que si bien la generación es inevitable, es necesario dar origen a una propuesta de modelo de gestión de los residuos de construcción que permita disminuir la disposición final en el relleno de la ciudad aumentando la vida útil del mismo y evitar la disposición en sitios clandestinos.

Mediante la implementación de un protocolo con soluciones de reutilización y reciclaje de residuos de construcción y demolición convirtiendo estos desechos en

materias primas secundarias para la fabricación de nuevos materiales de construcción, lograr generar acciones que ayuden a mitigar la contaminación ambiental producto de este tipo de residuos.

1.5 Justificación

Los desechos de residuo sólidos generados a partir de la construcción son unos de los problemas más importantes y significativos que afecta al medio ambiente, economía y sociedad en conjunto. Este problema surge desde la fabricación de las materias primas de los materiales de construcción y durante todo el proceso constructivos y acabados, como son los escombros, hormigón, ladrillos, materiales de plásticos, madera y metálicos que frecuentemente terminan en vertederos provisionales o ilegales sin una gestión adecuada.

La sobreproducción de estos desechos sólidos impacta de manera directa e indirecta a la calidad del entorno, afectando de manera negativa al suelo, aguas, degradación del ecosistema, deforestación y emisiones de gases de efecto invernadero provocando un cambio climático. Por otro parte, en términos económicos la mala gestión de esto desechos contribuyen a la continua explotación de recursos valiosos debido a la falta de reutilización y reciclaje de estos materiales.

La aplicación del modelo sugerido permitirá avanzar en la implementación de acciones individuales y concertadas que permitan mitigar la contaminación ambiental producto de este tipo de residuos.

En cuanto a su aporte con los objetivos de desarrollo sostenibles, el presente trabajo se enfoca la adecuada gestión y tratamiento de los RCD, incorporando modelos circulares con la finalidad de extender la vida útil de la fuentes de materias prima de construcción mitigando el impacto medioambiental generado por el sector de la construcción, de esta manera se promueve los objetivos 9 (Industria, innovación e infraestructura) en las metas de los puntos 9.1 y 9.4 ; en el objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) en las metas de los puntos 11.3 y 11.6, en el objetivo 12 (Producción y consumo responsable) en las metas de los puntos 12.2 y 12.5, en el objetivo 13 (Acción por el clima) en las metas del punto 13.3 (sostenible, s.f.).

En conclusión, los desechos sólidos provenientes de la construcción requieren un acción inmediata y coordinada por entes municipales y regularizadas que contribuya al cuidado del medio ambiente, salud pública y economía, haciendo uso de un desarrollo sostenible y equitativo para las siguientes generaciones.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de gestión de residuos de construcción y demolición para la ciudad de Guayaquil realizando un protocolo de disposición final para la industria de la construcción y el gobierno local.

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Realizar la revisión de la normativa nacional e internacional para la identificación y planteamiento de la solución en un modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición.
2. Establecer las fases del protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición, en base a la generación, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos, para el desarrollo de estrategias para una adecuada gestión.
3. Proponer buenas prácticas en el desarrollo de nuevas tecnologías utilizables para la gestión de residuos de construcción y demolición.

1.7 Metodología

Para el desarrollo del trabajo, se describirá la problemática y antecedentes actuales de la ciudad, luego se procederá a analizar las normativa local e internacional asimismo como protocolos de gestión de RCD, donde se identifique y detallen las fases de gestión mediante un diagrama de flujo para su correspondiente análisis permitiendo el desarrollo de un nuevo protocolo idóneo para la ciudad que establezca una nueva propuesta para la gestión de los RCD e identificar buenas prácticas que promuevan las sostenibilidad y economía circular de los residuos.

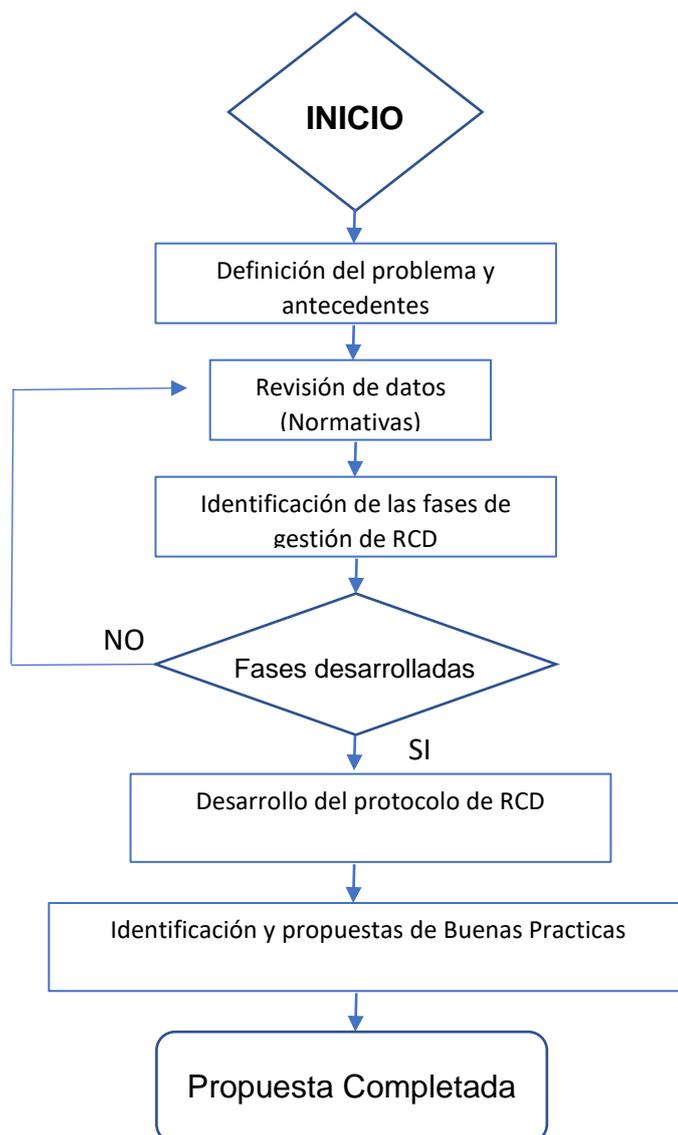


Figura 1.2 .- Diagrama de flujo de metodología de trabajo

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

1.8 Plan de trabajo

| ACTIVIDADES | % AVANCE | TIEMPO DE DURACIÓN Desde noviembre 2023 a marzo 2024 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | |
| Definir la problemática, justificación y objetivos del proyecto | 15% | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Obtener bibliografía (normativas, ordenanzas municipales) e información técnica | 15% | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Analizar comparativamente las ordenanzas, normativas y protocolo. | 20% | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Desarrollar el plan de gestión para la ciudad de Guayaquil (7 fases). | 15% | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Análisis de buenas prácticas y tecnologías en la gestión de los RCD. | 15% | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación. | 20% | | | | | | | | | ■ | | | | | ■ | ■ | ■ |

Figura 1.3.- Plan de actividades de trabajos

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

2. CAPÍTULO 2

El análisis de la normativa local e internacional para la gestión integral de los RCD es de vital importancia para desglosar las competencias que otorga cada normativa y la identificación de los actores principales.

La elección de los diferentes planes de gestión de RCD comprenden ordenanzas, normas y protocolos, los cuales se aplican en distintas regiones geográficas, con este análisis lo que se busca es identificar las distintas fases en la gestión de residuos y las soluciones a la generación de residuos y mitigar su impacto medioambiental, social y económico.

Las normativas que se van a analizar son la legislación local “Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil” (Guayaquil, 2022) la “Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro” (Querétaro, 2022) y el “Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea” (Europea, 2016).

Para el desarrollo del capítulo 2 se desglosará cada normativa mediante un diagrama de flujo para identificar las distintas fases en la gestión de los RCD, así como valorización, reutilización y reciclaje, permitiendo reconocer las fortalezas y desventajas de los planes de gestión analizados y de esta forma plantear un plan con los procedimientos que se adapte a las necesidades de la ciudad de Guayaquil.

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Evaluación de la legislación nacional

A continuación, se detalla los reglamentos nacionales que regulan a escala nacional el área medioambiente y la disposición de los residuos.

a) Código Orgánico del Ambiente

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) es el ente regulador a nivel nacional en área ambiental, teniendo dentro de los territorios locales a las municipalidades como entes de control y gestión por medio de direcciones o departamentos técnicos encargados de propiciar las condiciones, normativas y la logística para el desarrollo de las políticas públicas. Según el artículo 299 la potestad sancionadora ambiental es ejercida por los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su circunscripción territorial y competencias, de conformidad con las disposiciones establecidas en este Código, por lo que, los Gobiernos Autónomos Descentralizados tienen facultades de control y seguimiento.

b) Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

Entre las competencias exclusivas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados se encuentra el manejo de desechos sólidos, según el artículo 137 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, determinando de esta forma que, serán los responsables de su ejecución en todas sus fases, por lo cual deberán establecer sus propias normativas.

De igual forma, establece los alcances de las rectorías sectoriales, siendo la ambiental una de ellas; además, dispone que las competencias, potestades y funciones, en materia ambiental, les corresponde a todos y cada uno de los niveles de gobierno.

c) Código Orgánico Administrativo

Es necesario considerar dicha normativa, puesto que en la misma se establecen las facultades de regulación del ejercicio de la función administrativa de los organismos que conforman el sector público. De esta forma, procurando que los procesos a los que deban adherirse los responsables de las diversas obras civiles que se pretendan ejecutar, puedan seguir un proceso adecuado y que se acoja a los principios de los trámites administrativos, ofreciendo celeridad, eficacia y eficiencia por parte de la administración pública.

d) Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

Publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 507 del 12 de junio de 2019, establece los criterios para la gestión integral de los desechos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final, contemplando los principios que regulan este aspecto.

El artículo 501 de la norma mencionada, expresa entre los hallazgos que establece, como no conformidades mayores el abandono de infraestructura, equipamiento, cierre de actividades sin contar con la aprobación de la Autoridad Ambiental competente y desechos sin autorización administrativa; la disposición final o temporal de escombros, residuos o desechos en lugares no autorizados.

2.1.2 Evaluación de la legislación Local: Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil.

Con fecha 21 de septiembre del 2022, en el Registro Oficial No. 495 el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guayaquil expidió la Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el manejo y disposición final de escombros en el Cantón Guayaquil. Ver Anexo.

La ordenanza emitida por el GAD de Guayaquil contiene un alcance amplio respecto a la gestión de residuos de construcción, siendo una de las ordenanzas que contiene mayores lineamientos para la ejecución de los desechos no peligrosos, en comparación con otros GAD's que mínimamente hacen referencia a la gestión de residuos de construcción con un enfoque general.

La ordenanza tiene como finalidad evitar situaciones como: el estancamiento de los contenedores de escombros o desechos no peligrosos en vías y áreas públicas causando problemas sanitarios y estéticos, contaminación del aire, suelo y agua; trayendo consigo la afectación al patrimonio natural del cantón, posibles incendios y accidentes, según lo establece en su artículo 14.

Para entender la presente Ordenanza es menester conocer la clasificación de los escombros que se generan en las actividades constructivas o en demoliciones de obras civiles

- Desechos sólidos no peligrosos generados en el proceso de construcción.
- Desechos sólidos no peligrosos generados en demoliciones.
- Desechos sólidos no peligrosos de material de excavación.

Existen lineamientos y características necesarias para la correcta ejecución de cada una de las fases que se establecen en la normativa. Dichas fases corresponden a las siguientes:

Fase 1: Generación

La identificación de las fuentes de generación, en términos de la presente ordenanza, son los siguientes:

- Obras civiles municipales por administración directa.
- Obras civiles municipales por contratación pública.
- Obras civiles de otras entidades públicas.
- Obra civil de carácter privado regularizada.
- Obra civil no regularizada.

Fase 2: Recolección y Transporte

Lineamientos:

El transporte autorizado para recolectar, transportar y descargar escombros en los sitios de disposición final son los siguientes:

- Transporte Municipal: Son vehículos de propiedad municipal autorizados para recolectar, transportar y descargar escombros generados en las obras civiles municipales por administración directa en el relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil.
- Transporte Privado: Son vehículos bajo la administración de la contratista de la obra civil municipal por contratación pública, gestionada a través de la Dirección de Obras públicas municipales registrados para recolectar, transportar y descargar el material de excavación no deseado en los “sitios de disposición final de material de excavación no deseado en predios privados”. Además, el conductor del vehículo deberá entregar una guía de remisión que deberá contener como mínimo la información del artículo 7 de la presenta ordenanza.

- Prestataria del servicio de aseo: Tiene la exclusividad de recolectar, transportar y descargar en el Relleno Sanitario, los escombros de arrojo clandestino; así también los receptados en los centros de acopio temporales autorizados por la Municipalidad para tal efecto, de acuerdo a las disposiciones del contrato de prestación de servicios, todos los desechos sólidos no peligrosos catalogados como escombros generados en las obras civiles de carácter privado regularizadas y obras civiles de otras entidades públicas; así también los desechos sólidos no peligrosos generados en el proceso de construcción, remodelación y demolición generados en las obras civiles municipales por contratación pública, gestionadas por la Dirección de Obras Públicas, previa autorización de la Municipalidad de Guayaquil a través de la Dirección de Aseo Cantonal, Mercados y Servicios Especiales.

Características:

- De las obligaciones de recolección y transporte entendemos de la gestión y/o contratar el retiro de los escombros de forma rápida y eficaz, transportarlos y descargarlos en los sitios de disposición final o centros de acopios temporales, autorizado por la municipalidad.
- El transportista tiene como obligación recoger y limpiar lo que el vehículo escape o derrame en el espacio público o en la infraestructura privada o pública que sea, entendiéndose que los vehículos destinados para el transporte de escombros tienen los mecanismos necesarios para garantizar el correcto transporte de dichos materiales en caso de viento o derrame por las lluvias o por sobrecarga.
- Al momento de transportar escombros, es importante considerar que los mismos deben de haber tenido la oportunidad de escurrir el agua, para la disminución de derrame de líquidos por el espacio público; tener la lona impermeable para proteger la carga, misma que debe ser sujeta a las paredes laterales y posteriores en forma que caiga sobre el mismo por lo menos 30 centímetros desde el borde superior. los vehículos deben tener sus compuertas herméticamente cerradas para evitar derrames, siendo necesario colocar un sello de neopreno en ambos lados y en la parte inferior, de igual forma, deben tener un guardabarros de caucho o simular.

Fase 3: Almacenamiento temporal

Lineamientos:

- Contenedores ubicados en la obra civil.
- Centros de acopio temporales para escombros, lugar que receptorá los desechos sólidos no peligrosos generados en el proceso de construcción, remodelación y demolición generados en cualquier tipo de obra civil, siempre y cuando, su volumen no supere los 4.5 m³ diarios.
- Bajo ningún concepto se receptorán en los centros de acopio temporales para escombros, material de excavación no deseado.

Características:

- Se debe almacenar temporalmente los escombros en las áreas designadas en el perímetro de la obra civil.
- En caso de no ser necesario el punto anterior, y se tratare de obras situadas en la vía o espacio público deberán ser desalojadas al fin de la jornada de trabajo.
- En caso de tener que almacenar en el espacio público deberán ser delimitados, señalizados y cubiertos en su totalidad de manera adecuada, lo cual no debe impedir el paso de los peatones o dificultar la circulación vehicular.
- Sí existen desechos peligrosos generados en las construcciones, remodelaciones y/o demoliciones deberán ser almacenados temporalmente en contenedores especiales para este tipo de desechos, teniendo como obligación entregárselos a los gestores autorizados por la autoridad ambiental nacional para el tratamiento respectivo.
- En caso de que sean obras civiles destinada para el tráfico vehicular, el material de será coronado y apilado adecuadamente con sus respectivos elementos y señalizaciones necesarias para la seguridad de conductores y peatones, con un tiempo máximo de 24 horas después la finalización de la actividad.

Fase 4: Disposición Final

Lineamientos:

Los sitios de disposición final para efectos de la presente ordenanza son los siguientes:

- **Relleno Sanitario:** En este sitio de disposición final se receptorán todos los escombros generados en las obras civiles ejecutadas en el cantón Guayaquil, siempre y cuando se cumplan con los lineamientos establecidos en la presente ordenanza. Este sitio es manejado y operado por la prestataria del servicio de disposición final, bajo la fiscalización del Municipio de Guayaquil a través de la DACMSE. Para el ingreso de escombros a este sitio de disposición final se deberá seguir el procedimiento descrito en los artículos 35 y 36 de la presente ordenanza.
- **Sitio de disposición final de material de excavación no deseado en predios municipales:** En este sitio de disposición final se receptorá exclusivamente material de excavación no deseado generado en las obras civiles municipales. Estos sitios de propiedad municipal estarán bajo la coordinación y manejo de la Dirección de Obras Públicas Municipales, debiendo cumplir con los lineamientos descritos en la presente ordenanza.
- **Sitio de disposición final de material de excavación no deseado en predios privados:** En estos sitios se receptorá exclusivamente el material de excavación no deseado generados en obras civiles municipales por contratación pública gestionadas por la Dirección de Obras Públicas. Deberán ser aprobados por la Municipalidad de Guayaquil a través del procedimiento descrito en el Capítulo II del Título V de la presente ordenanza.

Características:

- Se deberá realizar la disposición final de escombros exclusivamente en los sitios autorizados por la Municipalidad, estos sitios son el relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil y los sitios de disposición final de material de excavación no deseado.

Prohibiciones de la ordenanza

De la gestión de escombros o desechos sólidos no peligrosos se prohíbe, que:

- Se viertan escombros en terrenos de propiedad particular, aunque se tenga autorización expresa del titular, si a juicio de las autoridades municipales, éste puede ocasionar perjuicios a la salud pública y el ambiente.
- Se utilizase escombros para obras de relleno, equilibrado de taludes y cualquier otra que pudiere llevarse a cabo en terrenos sin permiso expreso Municipal.
- Se almacene de manera temporal, la disposición o abandono de escombros, a cielo abierto, en vías o áreas públicas, en los cuerpos de aguas superficiales, ya sean estos naturales o artificiales.

En el siguiente Gráfico 2.2, se muestra la relación y el flujo de los residuos en Guayaquil, en lo relativo a material de excavación:

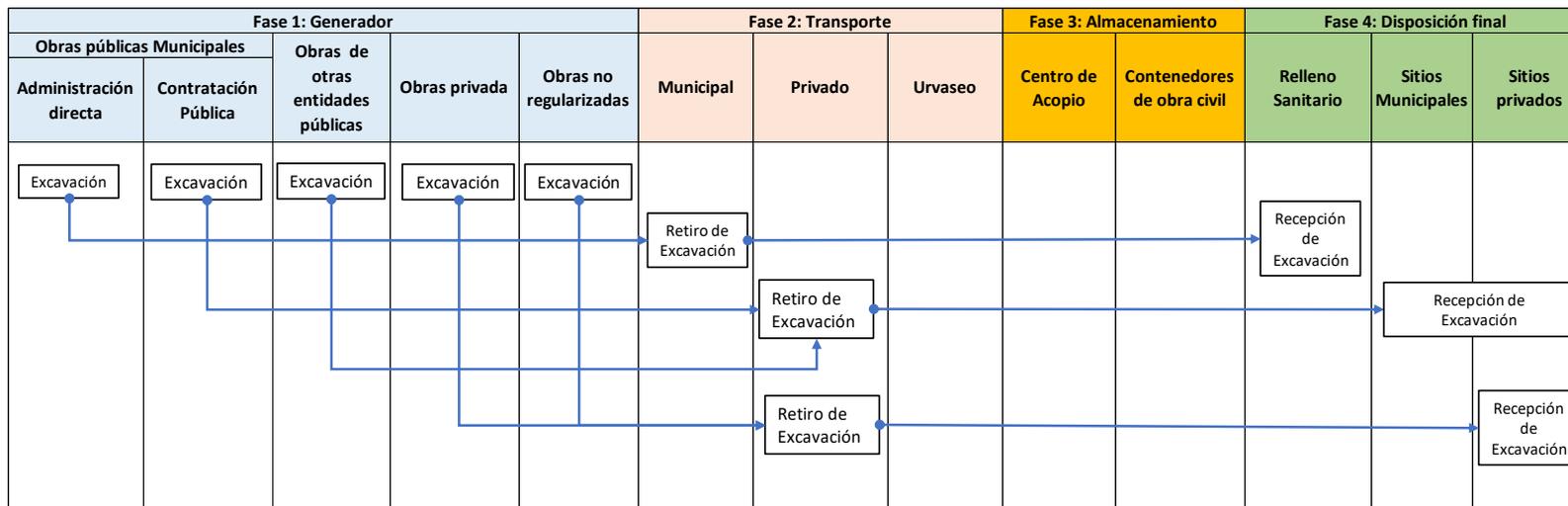


Gráfico 2.2.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de residuos de excavación de la normativa local.

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

2.1.3 Evaluación de la normativa internacional de la ciudad de Querétaro (México): Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro.

Con fecha 27 de Julio del 2022, entro en vigor esta normativa de la ciudad de Querétaro (México). La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Querétaro, en su artículo 19 fracción VII clasifica a los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general como residuos de manejo especial.

Como referencia la ciudad de Querétaro posee una población de 1,14 millones de habitantes. En esta ciudad el sector de la construcción alcanzó índices elevados de actividad, ocasionando con ello, el incremento en la generación de residuos procedentes tanto de la construcción de infraestructuras, nuevas edificaciones y rehabilitación, como de la demolición de inmuebles, por lo que la generación de obligo al desarrollo de un marco normativo que regulo e implemento un plan de gestión para los RCD.

Existen fases con características necesarias para la correcta ejecución de la gestión integral de los RCD, dichas fases corresponden a las siguientes.

Fase1: Generación

La identificación de los actores claves en el plan de gestión permite detallar todas las obligaciones que deben cumplir.

- Se clasifican en las siguientes categorías de acuerdo con el volumen de generación por año o proyecto; o su equivalente en masa.

| Categorías | Residuos Generados (m ³ /año o proyecto) |
|-------------------------|---|
| A. Grandes Generadores | Mayor o igual de 80 m ³ o que la construcción o demolición sea superior a 1,000 m ² |
| B. Pequeños Generadores | Mayor de 7 m ³ y Menor a 80 m ³ |
| C. Microgeneradores | Menor o igual a 7 m ³ |

Figura 2.1.- Clasificación de los generadores de RCD.

Fuente: Norma Técnica Ambiental Estatal para el estado de Querétaro

- La normativa plantea tablas referenciales estimando la generación por tipos de construcción:

| Tipo de Construcción | Proporción de RCD Producidos por m ² de Edificación |
|--|--|
| Edificación nueva | 0.57 m ³ por m ² construido |
| Obras de demolición parcial | 0.067 m ³ por m ² demolido |
| Infraestructura de carreteras | 1.56 m ³ por m ² demolido |
| Demolición total de fabricas | 0.74 m ³ por m ² demolido |
| Demolición total de estructura de concreto | 1.22 m ³ por m ² demolido |
| Demolición de naves industriales, estructura metálica. | 1.26 m ³ por m ² demolido |
| Demolición de naves industriales, estructura de concreto | 1.19 m ³ por m ² demolido |
| Obras de rehabilitación | 0.25 m ³ por m ² rehabilitado |

Figura 2.2.- Estimación de generación de RCD

Fuente: Norma Técnica Ambiental Estatal para el estado de Querétaro

Fase 2: Clasificación

Con el fin de facilitar la valorización de los RCD, la normativa específica la clasificación y separación de acuerdo con el tipo de material cuando las condiciones de la construcción o demolición lo permitan, de forma independiente al tipo o etapa del proyecto, identificando en los siguientes tipos:

| CATEGORÍA | TIPO DE RESIDUOS |
|---|--|
| 1. Concreto simple. | 1.1. Concreto simple. 1.2. Elementos prefabricados sin metales. 1.3. Concreto de elementos estructurales y no estructurales. 1.4. Sobrantes de concreto en general. (sin elementos metálicos) |
| 2. Concreto Armado. | 2.1. Elementos de concreto armado prefabricados o colados en obra. |
| 3. Metales. | 3.1. Todos los residuos metálicos tanto ferrosos como no ferrosos. |
| 4. Mampostería con recubrimiento. | 4.1. Residuos de mampostería y pétreo con recubrimiento y mortero de juntas tales como blocks, tabicones, adoquines, block cerámico, prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, tejas, o similar), muros de piedra braza, o similares. 4.2. Materiales cerámicos. |
| 5. Pétreos. | 5.1 Materiales pétreos sin recubrimiento o sin juntas de mortero. |
| 6. Asfálticos. | 6.1 Todos los provenientes de mezclas asfálticas o bases negras. |
| 7. Excavación. | 7.1 Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales. |
| 8. Elementos prefabricados con materiales mixtos. | 8.1 Paneles y sistemas prefabricados o conformados por materiales mixtos. |
| 9. Otros residuos de manejo especial generados en obra. | 9.1. Residuos de instalaciones eléctricas, residuos electrónicos, lámparas, balastos y baterías. 9.2. Llantas. 9.3. Textiles. 9.4. Madera. 9.5. Lodo bentonítico. 9.6. Unicel. 9.7. Vidrio. 9.8. Tuberías y piezas especiales para la conducción de agua potable y drenaje sanitario. 9.9. Otros que de acuerdo a lo establecido por Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo; se clasifique como de manejo especial. |
| 10. Residuos sólidos urbanos generados en obra. | Residuos con características domiciliarias como: 10.1. Restos de alimentos. 10.2. Jardinería, poda y derribo de árboles. 10.3. Papel y cartón; periódicos, revistas, embalajes, cajas o similares. 10.4. Plástico; botellas, bolsas, embalajes, similares. 10.5. Vidrio; botellas. 10.6. Metales; latas de conserva o botes. 10.7. Textiles; ropa o elementos de cobertura como mantas. 10.8. Otros residuos de composición variada como residuos sanitarios. |

Figura 2.3.- Clasificación de RCD

Fuente: Norma Técnica Ambiental Estatal para el estado de Querétaro

Fase 3: Transporte

Todos los prestadores de servicios ambientales de RCD deberán de contar con su registro en el sistema de trazabilidad del organismo regulador.

- El prestador de servicios de transporte de RCD deberá solicitar y entregar al generador el Manifiesto de Trazabilidad, para que el generador presente dicho formato ante la autoridad competente.
- La mezcla solo será de los RCD sin mezclas con otros residuos.
- El transporte de lodos debe ser en cajas herméticas para evitar la dispersión de polvos y partículas.
- Se debe reportar las cantidades transportadas, además del uso del sistema digital para la comercialización de los valorizables mediante el manifiesto de trazabilidad.

Fase 4: Almacenamiento

El generador previo a la construcción o demolición de una estructura deberá cumplir con lo siguiente para habilitar el acopio de RCD:

- Presentar el Plan de Manejo de RCD y manejo del sistema digital de trazabilidad o la evidencia de adhesión correspondiente.
- Los espacios deben poseer facilidades para el almacenamiento, evitando el esparcimiento de polvos, escurrimiento de lodos, sólidos granulares y la obstrucción de la vía pública y el alcantarillado.
- Se deberá cuantificar y verificar que se haya realizado la separación conforme a lo establecido en la presente Norma Ambiental sin mezclarse con residuos peligrosos.
- Los materiales que no fueron sujetos de valorización deberán entregarse a centro integral de RCD o sitios de disposición final autorizados.

Fase 5: Aprovechamiento y tratamiento

Los generadores de RCD deberán, siempre que sea factible y de conformidad con los requisitos especificados en las normas, reutilizar RCD en el sitio de generación, indicándolo en su Plan de Manejo de RCD, presentando la evidencia correspondiente siempre y cuando cumplan lo siguiente:

- Únicamente se podrá reutilizar en obra materiales de las categorías 1, 2, 4, 5 y 7 de la clasificación de la presente norma, estos deberán estar libres de cualquier otro residuo que no sean los señalados en dichas categorías.
- Los RCD deberán utilizarse, siempre y cuando estos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto.
- Lo anterior deberá manifestarse en el Plan de Manejo de RCD.

Además, existen Centros Integrales de Residuos de la Construcción y Demolición (CIRCD), que prestan los servicios ambientales de valorización, tratamiento y aprovechamiento que deben cumplir con lo siguiente:

- Contar con la autorización del ente regulador en materia de impacto ambiental y el registro como prestador de servicios.
- Deberán contar con procesos de separación, valorización, aprovechamiento o tratamiento conforme la mejor tecnología disponible y mejores prácticas internacionales cumpliendo con la normatividad aplicable. Las tecnologías deben reducir el impacto ambiental en forma segura, ambientalmente eficiente y económicamente viable sin provocar daño a la biodiversidad y otorgando condiciones de protección y seguridad a las personas que desarrollen sus actividades en dichos Centros y ubicarse fuera de barrancas o zonas de inundación.
- Tener como mínimo una superficie de 5,000 m² y contar con la capacidad operativa para procesar por lo menos 250 toneladas por hora de RCD limpio y 100 toneladas por hora de RCD mezclado.
- La capacidad de almacenamiento de materiales reciclados debe ser al menos dos veces la capacidad máxima de producción diaria.
- Contar con equipos calificados de calidad para las evaluaciones de las propiedades físicas y/o mecánicas de los productos reciclados.
- Deberá ser uso del sistema digital de trazabilidad de los RCD en todos los procesos productivos, tanto de recepción de residuos como en la venta de materiales reciclados deberá emitir Manifiesto de Trazabilidad a través de dicho portal.
- Los materiales que no fueron sujetos de valorización deberán entregarse a sitios de disposición final autorizados.

- Contar con maquinaria y equipamiento que garantice la obtención de materiales que pueden ser usados como agregados dentro de los procesos constructivos.

Fase 6: Disposición final

Para la disposición final de los RCD deberán cumplir con lo siguiente:

- Cuando exista un CIRCD a menos de 20 kilómetros únicamente podrán recibir residuos de la excavación no valorizables.
- Cuando se trate del aprovechamiento de los RCD en sitios para su recuperación ambiental, deberán realizar los trámites correspondientes para obtener la autorización de Impacto Ambiental.
- Deberá hacer uso del Sistema digital de RCD y emitir manifiesto de trazabilidad a través de dicho portal. Ver Anexo.
- Las fases evaluadas resumen su trazabilidad mediante un registro donde cada actor clave detalle la información que le corresponde, el documento es quien avala el cumplimiento del plan de gestión de RCD.

En el siguiente Gráfico 2.3, se muestra la relación y el flujo de los residuos del plan de gestión de RCD de la ciudad de Querétaro, México:

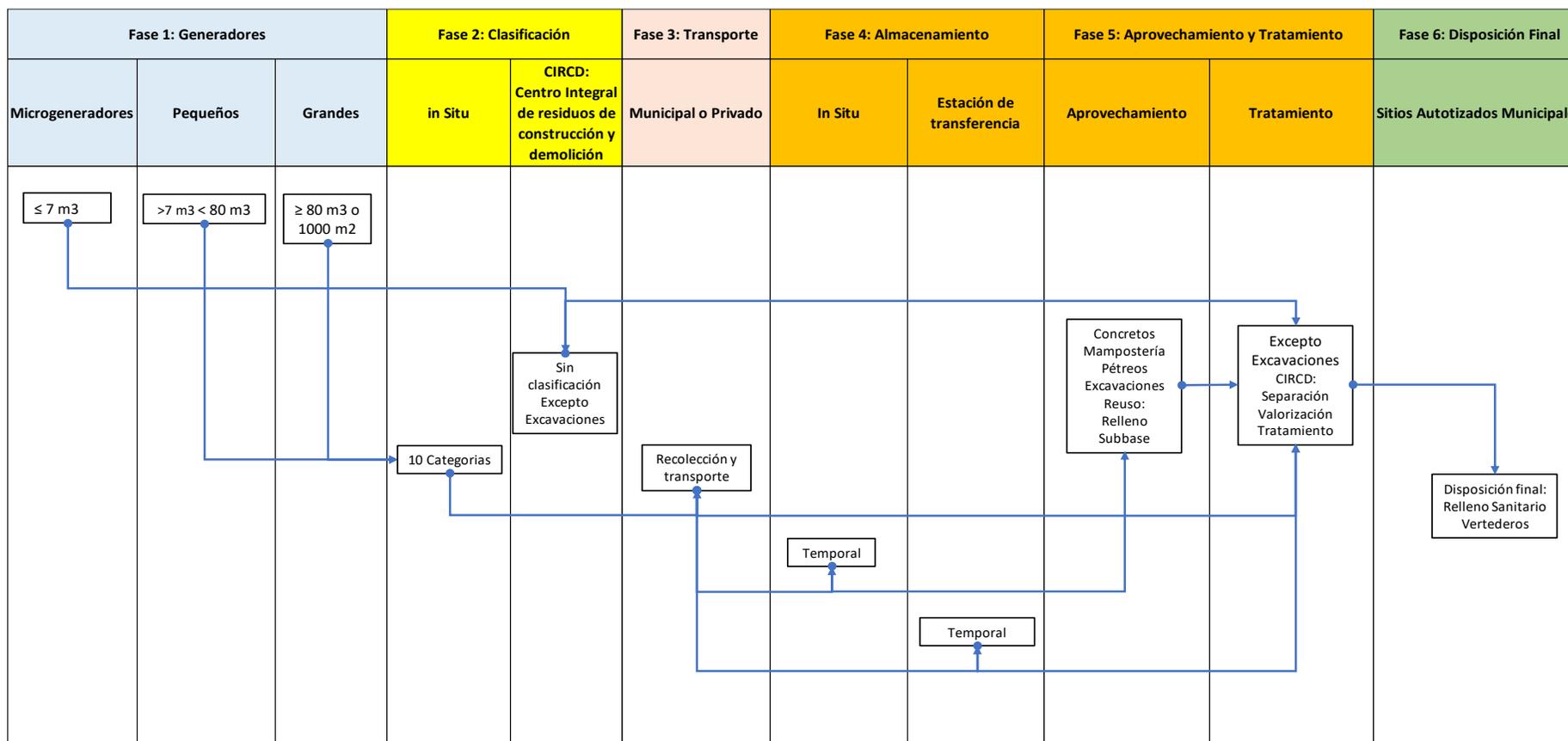


Gráfico 2.3.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de Residuos de escombros de la normativa de la ciudad de Querétaro, México

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

2.1.4 Evaluación de Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea

El Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea del año 2016, es aquel plan de gestión que rige en los países europeo para la gestión correcta de los residuos de la construcción y demolición, de los materiales reciclados y residuos peligrosos. El objetivo principal de este protocolo es llegar a un 70% de material reciclado a partir de los residuos generados beneficiando al medio ambiente y a la economía del país.

Por otra parte, el presente protocolo se basa en a la recolección de normativas, directrices, protocolos y planes de certificaciones vigentes, como es el reglamento de la Unión Europea nº 305/2011, la ISO 14001 para el medio ambiente, la OSHAS 18001 y del Comité Europeo de Normalización (CEN).

Así mismo, nos basaremos en el código actual presente, Decisión 2014/955/UE, que rige a los residuos para su clasificación en el territorio de la unión europea, El código LER (Listado Europeo de Residuos). Este código, identificar y categoriza los tipos de residuos encontrados según su origen, composición y característica, está compuesto de 20 capítulos y varios subcapítulos, siendo estos definidos en el tipo de actividad que se generan. Entre los 20 capítulos, el capítulo 17 trata sobre los residuos generados por la construcción y demolición, incluida la tierra excavada de zonas contaminadas. Así mismo se identifica dentro la clasificación los materiales como es el hormigón, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, vidrio, plástico, mezcla bituminosa, metales, tierra, piedra, yeso y otros residuos de construcción y demolición.

17 Residuos de la Construcción y Demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas). Ver Anexo.

17.01 Hormigón, Ladrillos, Tejas Y Materiales Cerámicos.

17.02 Madera, Vidrio Y Plástico.

17.03 Mezclas Bituminosas, Alquitrán De Hulla Y Otros Productos Alquitranados.

17.04 Metales (Incluidas Sus Aleaciones).

17.05 Tierra (Incluida La Excavada De Zonas contaminadas), Piedras Y Lodos De Drenaje.

17.06 Materiales De Aislamiento Y Materiales Deconstrucción Que Contienen Amianto.

17.08 Materiales De Construcción A Base De Yeso.

17.09 Otros Residuos De Construcción Y Demolición.

El protocolo está estructurado por cinco pilares fundamentales, la cual son:

- a) Condiciones marco y políticos
- b) Identificación de los residuos, separación según el origen
- c) Logística de los residuos
- d) Procesamiento de residuos
- e) Gestión de calidad

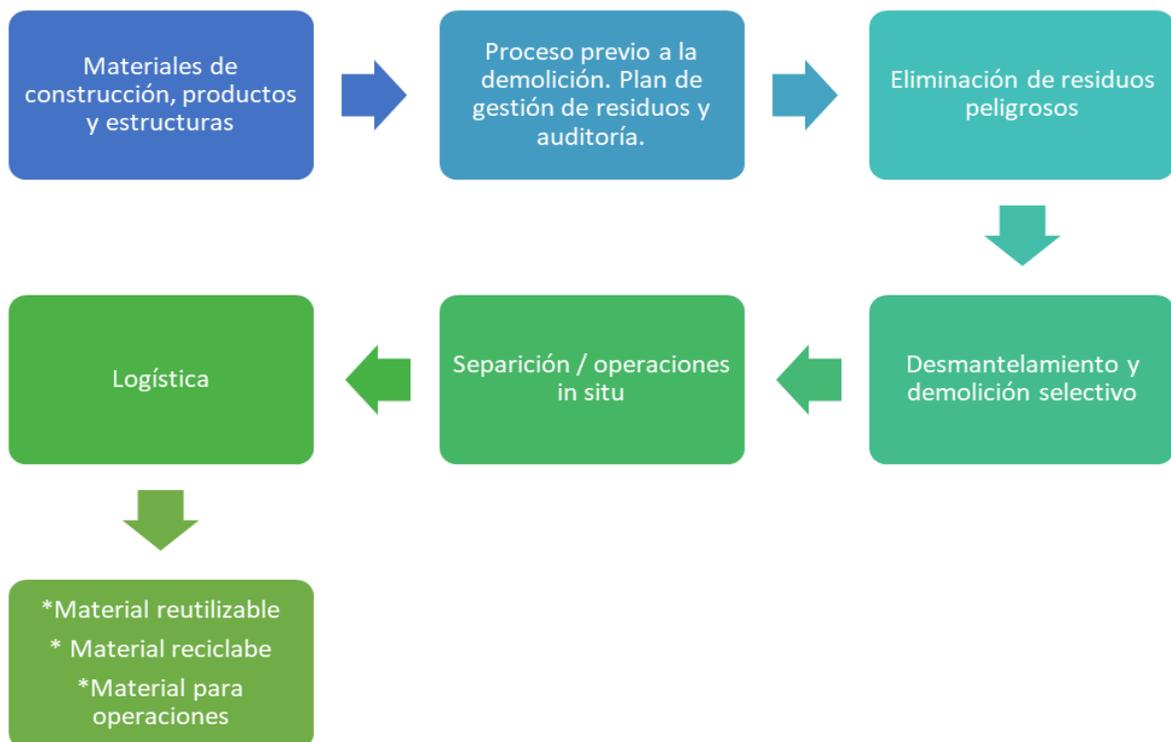


Figura 2.4.- Diagrama del proceso de gestión del protocolo de la Unión Europea

Fuente: Protocolo de la Unión Europea

Condiciones marco y políticas

En el protocolo de plan de gestión de los RCD se tiene que establecer condiciones estrictas de marco y política para cada uno de los procesos y garantizar de calidad de los materiales reciclado, y en conjunto con el personal representante del sector público que operan y controlan todo el movimiento ya sea a nivel local, regional o nacional.

Por ende, se tiene que cumplir con cuatro puntos claves dentro este capítulo, la cual son:

- a) Marco reglamentario adecuado
- b) Aplicación
- c) Contratación pública e incentivo adecuados
- d) Concienciación, percepción del público y aceptación

Marco reglamentario adecuado

Todo plan de gestión debe tener un marco reglamentario que permita tener con claridad las propiedades de los residuos generado por la construcción o demolición, y que involucre de manera jurídica y contractuales a los propietarios, contratista, auditor, operador del reciclaje y el usuario final de los productos reciclados.

Uno de los principales puntos en el marco reglamentario son los permisos y licencias de demolición y remodelación que son aprobadas por la administración pública encargada de supervisar y que se cumplan todos los procedimientos establecidos dentro de las normas. Así mismo existirán restricciones y elevados impuestos para la descarga en vertederos ya que esto con el pasar del tiempo generaría efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente afectando la flora y fauna. Existirán diferentes vertederos clasificados por la directiva, para residuos peligrosos, inertes, municipales, y no peligrosos, sin embargo, esto residuos tendrán que ser tratado antes de su depósito.

Por otra parte, se requiere un área con gran capacidad para almacenar y acopiar todos los RCD que se puedan reciclar obviamente cumpliendo con las normativas municipales y los respectivos permisos para tener las instalaciones cerca de las zonas urbanas. Los encargados serán las entidades públicas o los municipios la cual

tendrán que dimensionar la capacidad necesaria para todo este centro, diseñar un marco de reciclaje, entre otros.

Aplicación

Una vez indicada la parte protagonista que administrará de manera local o regional sobre la aplicación y ejecución de las normas para la descarga en los vertederos deberá garantizar la imparcialidad de los participantes. Todo vertedero ilegal será denunciado por parte de las entidades administrativas, y estarán sancionados con la clausura inmediata y la apertura de una investigación.

Por otro lado, el gobierno de cada país europeo deberá tener medidas aptas para los residuos peligrosos con la aplicación de la legislación vigente, así mismo tendrá que tener a detalle todos los procesos de estos residuos peligrosos desde la identificación, hasta el tratamiento del mismo e identificar mediante análisis el factor contaminante, esto durante las auditorias previas a la demolición.

Contratación pública

En la comisión europea para la construcción de obras públicas deben priorizar la contratación con incentivos para el uso de materiales reciclados, siendo esto un factor clave para minimizar la contaminación y tener un menor impacto ambiental, económico y social. Los materiales más comúnmente reutilizados son la madera, aluminio, acero, hormigón, vidrio y otro más, fomentando en el reuso en otras obras públicas como son en edificios o carreteras.

Concienciación, percepción del público y aceptación

Como último paso, se debe concientizar a las empresas del sector de la construcción sobre el plan de gestión aplicado en su localía o región, cumpliendo de manera adecuada los requisitos legales. Estas empresas deberán estar al día con los permisos y conocimientos para el nuevo plan de gestión de los RCD previo a la ejecución. Para ello, se tendrá que hacer uso de sistema de cooperación como son plataformas de reciclaje, o plataformas virtuales para que exista un adecuada y fácil conexión del público con las entidades pertinentes.

Así mismo el público general también puede aceptar y apoyar el plan avisando o denunciando sobre vertederos ilegales que no cumplan con las normativas propuestas de su localía.

Identificación de los residuos, separación según el origen y recogida

En este capítulo se detalla la importancia sobre la identificación, separación según el origen y recogida de los residuos derivados de la construcción, que se encuentran como primer paso sobre el proceso del plan de gestión. Así mismo, se requiere de definiciones claras y precisas, además de un estricto control con una auditoría de calidad para diferenciar los tipos de residuos que se puede generar identificados en el plan de gestión, siendo un factor crucial la eliminación de desechos peligrosos, el impedimento de materiales no reciclables y otros, reconocidos en el lugar en auditorías por profesionales capacitados.

En las auditorías previas a la demolición, reforma o construcción es necesario la correcta planificación y gestión, esto no solamente nos beneficiaría con el medio ambiente, sino que en temas de economía, salud y contaminación del ecosistema. Por otro lado, nos garantizan la seguridad y el bien estar de los trabajadores, la reutilización de materiales usados en óptimas condiciones para próximas obras similares.

Cabe resaltar que las auditorías previas deben ser bastante detallista en la información recopilada especificando la cantidad, calidad y ubicación de los residuos en la infraestructura de obra civil, tipo de material y gestión, siendo el experto en materia, con un mínimo conocimiento en materiales, técnicas e historia de la construcción.

| Propiedades peligrosas | | | |
|-------------------------------|--|------------|---|
| H1 | Explosivo | H9 | Infeccioso |
| H2 | Comburente | H10 | Tóxico para la reproducción |
| H3 | Inflamable | H11 | Mutágeno |
| H4 | Irritante – irritación cutánea y lesiones oculares | H12 | Liberación de un gas de toxicidad aguda |
| H5 | Toxicidad específica en determinados órganos (STOT en su sigla inglesa)/Toxicidad por aspiración | H13 | Sensibilizante |
| H6 | Toxicidad aguda | H14 | Eco tóxico |
| H7 | Carcinógeno | H15 | Residuos que pueden presentar una de las características de peligrosidad antes mencionadas que el residuo original no presentaba directamente |
| H8 | Corrosivo | | |

Tabla 2.1.- Propiedades peligrosas

Fuente: Anexo III de la Directiva

En otras palabras, es de suma importancia tener un buen plan de gestión de residuos que contiene todos los pasos a seguir cuando nos encontramos en caso de demolición, construcción y rehabilitación de obras. Así mismo se tiene que detallar las personas responsables de la ejecución, separación y movilización de estos desechos, además del tratamiento final, reciclaje y el seguimiento. La persona responsable de supervisión de todo el plan puede ser una entidad local u ente regularizadora de carácter independiente, utilizando varios métodos de control, siendo esto realizado en sitio, muestreo y control de los informes presentados.

Dentro de la separación desde el origen de los materiales es crucial empezar por los residuos peligrosos, luego irían los de desmantelamiento, materiales de fijación y demolición estructural o mecánica. Los residuos peligrosos son aquellos que representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente procedentes de obras de construcción, como es el amianto, alquitrán, residuos radioactivos, policlorobifenilos (PCB), plomo, componentes eléctricos que contenga mercurio, y otros más.

La no separación de estas partículas dañina puede ocasionar y provocar, explosiones, generación de toxinas, oxidantes, irritación, enfermedades cancerígenas e infecciones nocivas que afectaría la salud y en el entorno de futuras generaciones. Por ende, es prioridad absoluta que el plan de gestión de residuo solido cumpla con las legislaciones vigente de cada país y localidad. En base al anexo III de la Directiva del marco de residuos se puede observar otras propiedades consideradas peligrosas.

Logística de los residuos

Una vez identificado, auditado y separado todo tipo de residuos se debe garantizar la trazabilidad de todo el proceso de la gestión de residuos generados en el sector de la construcción, siendo esto reflejado en la disminución de contaminación del medio ambiente. Así mismo, se tendrá que registrar todos los movimientos de los residuos y aún más tener un control estricto con la clasificación de residuos peligrosos.

Por otra parte, se tiene que mejorar la logística del traslado de los residuos de construcción, teniendo en cuenta que los puntos o plantas de acopio para material clasificado y reutilizado sean distancias no tan largas, dentro del plan de control de la gestión europea se recomienda que la distancia máxima en recorrido sea no más de 35 kilómetros, esto debido a que genera mayor costos y contaminación al medio ambiente.

Para la reducción de esta distancia es factible la utilización de centros de transferencia o contenedores donde la gente que realiza la construcción o remodelación pueda acopiarlos ahí. Esto no solo nos ayudaría en la parte económica

sino en ahorra el kilometraje del viaje, y así mismo en ir garantizando los procesos de clasificación de materiales a reciclar.

Una vez que se tiene organizada la logística de los residuos de construcción y demolición, uno de los factores claves es el almacenamiento de estos materiales. Los materiales pueden permanecer hasta un periodo de tiempo de un año antes su eliminación y tres años ante de su reciclaje esto según la Directiva del Consejo 1993/31/CE.

Por ende, el almacenamiento de estos residuos debe mitigar el riesgo de contaminación in situ, debido a los factores como son las características químicas o físicas de estos productos almacenados, ubicación, clima, condiciones hidrológicas, tiempo de almacenamiento y otros más.

Procesamiento y tratamiento de los residuos

En esta parte del plan de gestión se debe identificar las diversas técnicas y métodos utilizados para gestionar y manipular los residuos de manera segura y sostenible, siendo diseñado para minimizar el impacto ambiental y maximizar recursos económica reutilizando o reciclando los desechos.

Al momento de identificar los residuos se tiene que respetar y clasificar con la jerarquía de residuos, con la premisa de respetar prioridades que protegen y contribuyen a la protección de medio ambiente y el uso de economía circular. Es por ello por lo que se divide en 5 clases, la cual son:

- 1- Prevención, es el primer nivel en la cual se basa el diseño económico, la producción, la distribución y consumo del producto para mitigar el impacto ambiental, social y económico.
- 2- Reutilización, es el aprovechamiento de los residuos para darle una función distinta a la que realizaba.
- 3- Reciclaje, en este apartado se basa en reutilizar y aprovechar otras oportunidades para el uso de los materiales reciclados en óptimas condiciones.
- 4- Recuperación, en este nivel el residuo es aprovechado para obtener energía o combustible.

5- Eliminación, es el último nivel en la cual se enfoca en los procesos o tratamientos biológicos, fisicoquímicos y térmicos que eliminan el desperdicio.



Figura 2.5.- Pirámide de jerarquías de residuos

Fuente: SEMARNAT, 2019.

Una de las técnicas más comunes es el reciclaje, esto consiste en la transformación de los residuos en nuevos productos o materias primas para ser utilizado en otro sitio. Los materiales más comunes en reciclarse generados del sector de la construcción son, el metal, madera, asfalto, pavimento, hormigón, cerámica, cubierta y hasta los tableros para encofrado.

La mayoría de desecho de construcción no peligrosos son arrojados en los rellenos, siendo esto reutilizado en cierta parte por parte de obras públicas o movimientos de tierra, ya que sería el último recurso a utilizarse debido a que con el pasar del tiempo afectaría al medio ambiente y hasta los recursos de aguas subterráneos por medio de la filtración.

Por otra parte, para el máximo aprovechamiento de los RCD se considera la generación de energía a partir de ellos denominados Combustibles Derivados de Desperdicio (CCD). Los CCD más comunes son la madera contaminada o no apta para el reciclaje, plásticos, materiales orgánicos, membranas bituminosas y otros. Así mismo con los avances tecnológicos se están desarrollando otras técnicas como es el biogás, que se produce de la descomposición de materia orgánica con el proceso anaeróbico obteniendo metano y utilizado como biogás para generar electricidad calor o combustible. Otras es la calcinación, incineración hasta la

digestión termofílica. Estos métodos tienen su alto cuidado y manejo debido a que puede ser contraproducente liberando gases nocivos en contra del medio ambiente.

Gestión y garantía de calidad

| Identificación de residuos, separación en origen y recogida | Transporte de residuos | Procesamiento y tratamiento de residuos |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Auditoría previa a la demolición • Demolición selectiva • Identificación y separación de los residuos peligrosos | <ul style="list-style-type: none"> • Transporte seguro • Disposiciones o declaraciones especiales para los residuos peligrosos • Formulario de identificación • Transportista o portador registrado o aprobado | <ul style="list-style-type: none"> • Aceptación de los residuos (en el centro de reciclaje o vertedero); • Control de entrada (por ejemplo, protocolo para el amianto); • Criterios de aceptación • Frecuencia de muestreo • Identificación de los áridos reciclados utilizados en un producto o infraestructura en hormigón (albarán) (documentación clara sobre las pruebas finales de los productos derivados de residuos). |

Tabla 2.2.- Procesos de plan de gestión de tratamiento de residuos

Fuente: Protocolo Unión Europea

En el plan de gestión de los RCD es primordial garantizar la calidad de los materiales reciclados debido al estado y propiedades que se encuentran, ya que un mal procedimiento puede ser crucial para la salud humana y el medio ambiente. A su vez, en el plan de gestión de calidad se requiere que por parte de los proveedores se controlen estrictamente la calidad de los procesos primarios y secundarios.

Los procesos primarios son aquellos que empiezan desde la demolición de la obra hasta la logística de los residuos, realizando un rol importante en el reciclaje de materiales considerados de alta gama y de cantidades voluminosas. Por ejemplo, los áridos reciclados si no se tiene un control de gestión de calidad, puede ser perjudicioso

al medio ambiente y es por ello la importancia de tener controles y herramientas en todos los procesos de reciclaje.

Así mismo los nuevos planes de gestión de calidad deberán estar basado en los planes generales existentes como son la ISO 9000, ISO 14001 y el EMAS.

Se tiene que tomar en cuenta que el control de calidad se da previo y después de la demolición de la obra, esto debido a que no se puede mezclar sustancias peligrosas con otros residuos ya que afectaría todo el proceso definitivo, siendo los residuos peligrosos transportados, manejado y almacenado de manera cuidadosa en sectores que no contaminen el medio ambiente. Dentro de la movilización el mismo responsable será el contratista que tendrá que verificar que el transporte que esté usando para estos desechos peligrosos este apto y cumpliendo con las normativas locales pertinentes.

Y, por último, se tiene que gestionar el control de calidad durante el procesamiento y tratamiento de los RCD en el centro destinado para el tratamiento. Esto realizarán la última inspección para luego aceptar el material reciclado reduciendo y controlando el riesgo medioambiental.

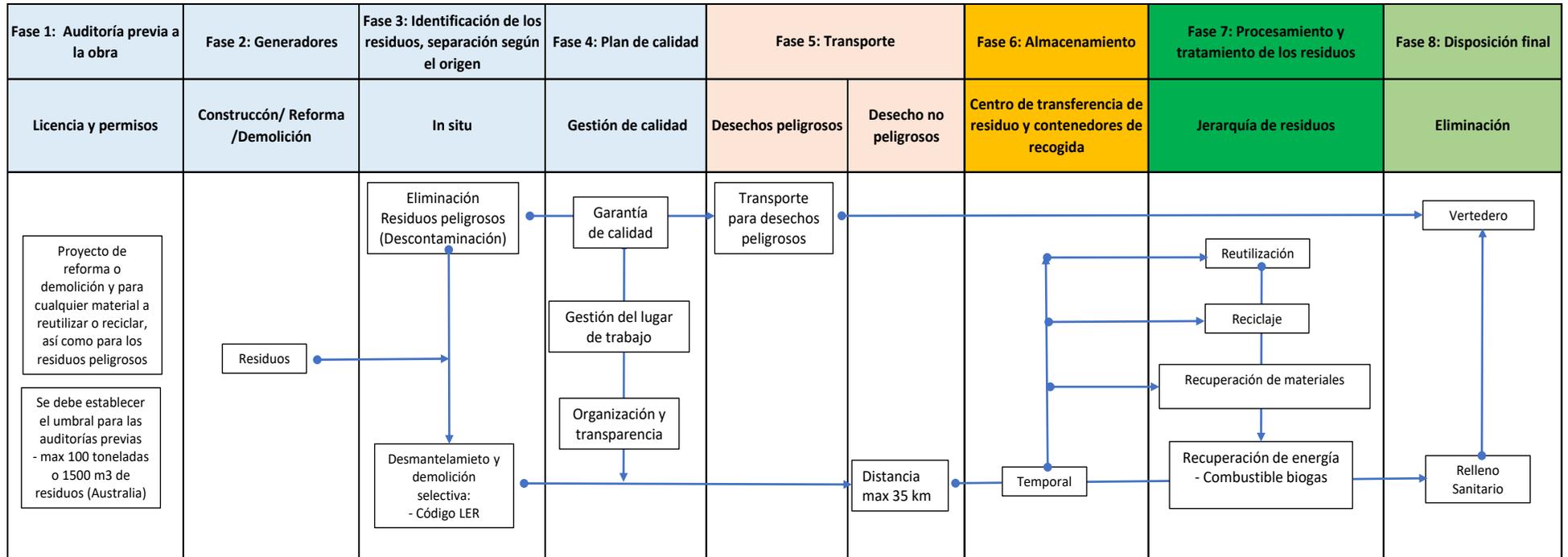


Gráfico 2.4.- Diagrama de flujo de las fases de gestión de Residuos del Protocolo Europeo.

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

3. CAPÍTULO 3

En el análisis de la normativa local e internacional y protocolo para la gestión integral de los RCD desarrollado en el capítulo 2 se ha identificado las fases y actores principales con sus ventajas y desventajas.

La normativa local “Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil” (Guayaquil, 2022), desglosa en 4 fases su gestión; generación, transporte, almacenamiento y disposición final, clasificando los residuos por el origen sea de escombros de construcción y demolición o excavaciones, dentro de las fases no se promueve la jerarquía de residuos ya que los RCD terminan en los vertederos ilegales y en el mejor de los casos en el relleno sanitario “Las Iguanas”.

La normativa internacional para un estado de México “Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro” (Querétaro, 2022), desglosa en 6 fases su gestión; generación, clasificación, transporte, almacenamiento, aprovechamiento o tratamiento y disposición final de los RCD, clasificando los residuos por la cantidad de generación, en sus fases se promueve la jerarquía de residuos al permitir su tratamiento y valorización reduciendo la cantidad de residuos que terminen en vertederos, en sus fases existe la categorización por 10 tipos de residuos y un formulario estándar en una plataforma digital que permite registrar desde el generador, transportista y gestor ambiental la cantidades de residuos gestionados obteniendo una trazabilidad en su manejo.

El “Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea” (Europea, 2016), desglosa en 8 fases su gestión; auditoría, identificación de generadores, clasificación, realización de un plan de calidad, transporte, almacenamiento, procesamiento o tratamiento y disposición final de los RCD, clasificando los residuos por la peligrosidad y tipo de material o producto, la jerarquía de residuos es la guía para su gestión, uno de los puntos que indica este protocolo es que para alcanzar un mejor grado de aprovechamiento de los RCD lo ideal es realizar su identificación y clasificación in situ, además realizando su codificación como guía

se utiliza la base al código LER, esto permite una garantía de calidad y organización para el transporte y eficiencia al procesamiento de la valorización de los RCD, este protocolo minimiza la cantidad de residuos que terminen en vertederos.

| Descripción | Ámbito Territorial | Fases | Clasificación de RCD | Seguimiento y control | Sostenibilidad |
|--|--------------------|-------|----------------------------|--|---|
| Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil | Guayaquil | 4 | Por el Origen | Municipio | No Aplica |
| Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro | México | 6 | Por la cantidad | Sistema de trazabilidad | Promueve la jerarquía de residuos mediante el tratamiento y procesamiento |
| Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea | Europa | 8 | Por la peligrosidad y tipo | Plan de calidad en base a la supervisión | Promueve ejecución de estrategias de valorización de RCD |

Tabla 3.1.- Resumen del desarrollo de análisis de normativas local e internacional y protocolo

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

Para el desarrollo del capítulo 3 se planteará el protocolo para una adecuada gestión de los RCD para la ciudad de Guayaquil mediante el desglose de sus fases, en base a la generación, clasificación, plan de calidad, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los RCD, desarrollando un esquema de gestión en un diagrama de flujo, realizando un plan de implementación de sus fases por etapas y cronograma de acciones para su cumplimiento en 36 meses, además se identificarán buenas prácticas y nuevas tecnológicas de procesamiento de los RCD.

3.1 Plan de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición para la ciudad de Guayaquil

Para la ciudad de Guayaquil se plantea un plan de gestión de 7 fases que impulsen y promuevan la jerarquización de los residuos, dichas fases corresponden a las siguientes:

3.1.1 Fase 0: Plan de Minimización de RCD

Actualmente en la ciudad de Guayaquil se generan aproximadamente 140 mil toneladas anuales de RCD con tendencia a crecer si no se aplican medidas de prevención en su generación, mediante la implementación de un Plan de Minimización de RCD dirigidos a los actores claves (constructores), apoyado por un plan de capacitación del gobierno local, describiendo conceptos de prevención para aumentar el reciclaje de productos que con el tiempo se convierten en residuos mitigando el contenido de sustancias peligrosas en ellos. Los siguientes 5 puntos tienen como objetivo reducir la generación de residuos desde el origen:

1. Aplicación de buenas prácticas, que se detallan en el Capítulo 3 de este proyecto.
2. Incremento en la reutilización de materiales elaborados a partir de RCD.
3. Evitar el uso de materiales que puedan generar residuos tóxicos (asbesto, plomo, etc.).
4. Uso de herramientas, metodologías, tecnologías y productos que permitan la optimización de los materiales de construcción (App, BIM, Impresiones 3D, prefabricados, etc.).
5. Establecer estrategias de cooperación con proveedores de materiales e insumos de la construcción, a fin de que éstos sean suministrados con la menor cantidad de empaques y embalajes y estos puedan ser devueltos al proveedor incluyendo sobrantes para el caso de materiales pétreos.

Además, las siguientes medidas ayudaría a adoptar para la prevención de los diferentes residuos de construcción que se prevén generar en la obra.

Material de Excavación:

- Reutilizar en el terreno propia de la obra, como parte de relleno.
- Identificar sitios de almacenamiento en obra, para minimizar el asentamiento y compactación.
- Aplicación de cemento o cal que mejore las propiedades mecánicas del suelo incorporándola como base de estructuras de pavimento.

Suelos con vegetación

- Desbroce por tamaño mayor a menor.
- Revegetar lo retirado en la obra.
- Trasladar la vegetación a una planta de compostaje.

Hormigón

- Evitar la fabricación manual del hormigón en obra.
- Minimizar los exceden de hormigones frescos transportados desde una planta de hormigones premezclados en obras mediante el cálculo previo de los elementos de fundición.
- Aprovechar los restos de hormigón fresco en mejoramiento de acceso o como hormigones de limpieza.

Mampostería y prefabricados.

- Evitar el almacenamiento de grandes cantidades evitando el deterioro.
- Uso de mampostería y prefabricados que utilicen materias primas recicladas en su producción.
- Solicitar al proveedor el retiro de los elementos con defectos de producción para que sean incluidos en sus procesos.

Metales

- Disponer en espacios de almacenamiento que se encuentre correctamente adecuados mitigando la exposición a agendes naturales que puedan acelerar el proceso de corrosión en los metales.
- Dar prioridad a la adquisición de piezas prefabricadas evitando el recorte de piezas en obra.
- Aprovechar trazos metálicos en encofrados o uso en otros elementos en obra.

- Reducir el tamaño de fragmentos de las secciones sobrantes para el aumentar la capacidad de transporte a empresas de fabricación de acero que reúsen el residuo.

Madera

- Disponer espacios de almacenamiento evitando la intemperie al ambiente reduciendo el tiempo de descomposición.
- Reducir el tamaño para aumentar la capacidad de transporte a empresas de la industria de madera o uso como biomasas para sustitución de combustibles tradicionales.
- Es recomendable el uso de materiales alternativos en encofrados sustituyendo el uso de madera, como por ejemplo los metales, polímeros ABC y PVC.
- Los restos, recortes o elementos de madera que se generen en obra procurar implementarlos en encofrados de elementos de la obra o accesorios como escaleras, estantes de almacenamiento, etc.

Residuos sólidos

- Contratar proveedores que envasan sus productos con sistemas de embalaje que tienden a minimizar los residuos.
- Preferencia a proveedores que elaboran los envases de sus productos con materiales reciclados, biodegradables, o que puedan ser retornados para su reutilización.
- Es importante la separación de estos residuos y priorizar su gestión con alternativas de reusó, reciclaje y valorización.

3.1.2 Fase 1: Identificación de Generadores

En esta fase planteamos la correcta identificación categorizando por su origen y cantidad de generación esto permitirá el aumento en el porcentaje de aprovechamiento o valorización de los mismos.

Por su origen:

Se debe clasificación según el tipo de obra que se esté ejecutando:

- **Construcción.** – En esta categoría se incluye todos los residuos en obras nuevas, edificaciones, obra civil.



Figura 3.1.- Imagen de RCD de Construcción

Fuente: shutterstock

- **Remodelación.** - En esta categoría se incluye actividades vinculadas a la reparación y reformas de edificaciones residenciales, de servicio o industrial.



Figura 3.2.- Imagen de RCD de Remodelación

- **Fuente:** shutterstock

- **Demolición.** – En esta categoría se incluye residuos a partir del desmantelamiento de estructuras que han finalizado su vida útil o presentan daños ocasionados por desastres naturales.



Figura 3.3.- Imagen de RCD de demolición terremoto Ecuador 2016

Fuente: Revista público año 2016

Por la cantidad

Se debe clasificar según el volumen de residuos generados en m^3 independiente del origen del RCD.

- A) Volúmenes menores a 9 m^3 ;** Se recomiendan clasificar en obra en 3 tipos con la codificación propuesta en la fase 2 y estos residuos pasarán a ser tratados directamente en el centro ambiental de RCD autorizado por el municipio. No es requisito presentar un plan de manejo de los RCD.
- B) Volúmenes entre 9 m^3 a 90 m^3 ;** Se deben clasificar en 6 tipos con la codificación propuesta en la fase 2 siguiendo un plan de calidad y manejo ambiental previo a su almacenamiento y ser transportados para su tratamiento en el centro ambiental de RCD. Es requisito presentar un plan de manejo de los RCD.
- C) Volúmenes mayores a 90 m^3 ;** Se deben clasificar en 10 tipos con la codificación propuesta en la fase 2 siguiendo un plan de calidad y manejo ambiental previo a ser transportados para su tratamiento en el centro ambiental de RCD. Es requisito presentar un plan de manejo de los RCD.

Para la estimación de los volúmenes de RCD que pueden generar según el tipo de obra se recomienda utilizar como guía de valores referenciales de generación dados por la normativa de gestión de RCD de Querétaro, México (Querétaro, 2022).

- Edificación nueva: 0.57 m^3 por m^2 construido.
- Demolición total de estructura de hormigón: 1.22 m^3 por m^2 demolido.

Como ejemplo de manejo de los valores referenciales, calcularemos los volúmenes de RCD para el siguiente caso de obra:

-Construcción de obra nueva en terreno de 200 m^2 y 150 m^2 de construcción, en el sitio existe una estructura de hormigón de 70 m^2 la cual debe ser demolida.

Para el siguiente caso calculamos primero la cantidad de RCD por demolición de la estructura de hormigón:

- $\text{RCD demolición} = \text{m}^2 \text{ de estructura de hormigón} \times \text{m}^3 \text{ de RCD} / \text{m}^2 \text{ demolido}$
(Factor de generación)
- $\text{RCD demolición} = 70 \text{ m}^2 \times 1,22 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- $\text{RCD demolición} = 85,4 \text{ m}^3$

Segundo calculamos la cantidad de RCD por construcción de edificación nueva.

- RCD construcción= m^2 de edificación nueva x m^3 de RCD / m^2 construido (Factor de generación)
- RCD construcción = $150 m^2 \times 0,57 m^3/m^2$
- RCD construcción = $85,5 m^3$

Sumamos los volúmenes de RCD de demolición y construcción.

- RCD Total = RCD Demolición + RCD Construcción
- RCD Total= $85,4 m^3 + 85,5 m^3$

RCD Total= 170,9 m^3

Este volumen sería el total estimado de generación de RCD permitiendo identificar el tipo de categoría A, B y C en base a su cantidad propuesta en el plan de gestión.

3.1.3 Fase 2: Clasificación

Para tener eficiencia en el aprovechamiento de los RCD se propone la identificación según los siguientes tipos de codificaciones los cuales aplicaran según la cantidad de residuos que se estén generando:

Cada codificación representa el tipo de residuo generado en la obra, para la correcta separación y trazabilidad del residuo en el tratamiento o aprovechamiento y disposición final.

Para cantidades menores a los $9 m^3$ se recomienda que se identifiquen en los siguientes 3 tipos:

- A-01. Escombros y excavaciones
- A-02. Metales, aluminio y vidrio
- A-03. Residuos especiales

Para cantidades de RCD generados en obra entre $9 m^3$ a $90 m^3$ se deben identificar los siguientes 6 tipos requiriendo la especificación en su plan de gestión:

- B-01. Escombros
- B-02. Metales
- B-03. Maderas

B-04. Excavaciones

B-05. Residuos especiales

B-06. Residuos sólidos urbanos

Para cantidades de RCD generados en obra mayores a los 90 m³ se deben identificar los siguientes 10 tipos requiriendo la especificación en su plan de gestión:

C-01. Hormigón simple

C-02. Hormigón reforzado

C-03. Asfaltos

C-04. Pétreos

C-05. Mampostería, acabados y prefabricados

C-06. Maderas

C-07. Metales

C-08. Excavaciones

C-09. Residuos especiales

C-09.1 Residuos de instalaciones eléctricas, residuos electrónicos, lámparas y baterías.

C-09.2 Aluminio y vidrio

C-09.3 Tuberías y piezas especiales de agua potable y drenaje sanitario

C-10. Residuos sólidos urbanos.

A continuación, se describe cada tipo de residuo con una breve descripción y la tipología de obras o elementos donde podemos encontrar estos tipos de residuos, a modo de guía para el constructor.

Al hilo de lo anterior encontraremos dicha información distribuida de la siguiente manera:

Tabla 3.2 para obras de menos de 9 m³

| Código | Tipo de Residuo | Descripción | Donde se generan |
|--------|-----------------|-------------|------------------|
|--------|-----------------|-------------|------------------|

| | | | |
|-------------|------------------------------|---|--|
| A-01 | Escombros y excavaciones | Elementos de hormigón simples y estructurales, gravas, áridos finos y gruesos, mezcla asfáltica, bloques, ladrillos, enlucidos cerámicos, adoquines, etc. | -Viviendas y vías de acceso (aceras, bordillos, replantillo, columnas, losas, vigas, muros, pavimentos, paredes, cerramientos, acabados, etc.) |
| A-02 | Metales, aluminios y vidrios | Chatarra, aluminio y vidrios. | -Viviendas (Pórticos metálicos, puertas, ventanas, cerramiento, estructura de cielo raso, etc.) |
| A-03 | Residuos especiales | Maderas, accesorios eléctricos, sanitarios electrónicos, baterías, plásticos, papel y cartón | -Viviendas (encofrados, puntales, envolturas de productos, accesorio, gasfitería, etc.) |

Tabla 3.2.- Tabla de descripción de codificación recomendada para cantidad menor a 9 m³ de RCD y origen de generación

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

Tabla 3.3 para obras entre 9 m³ a 90 m³

| Código | Tipo de Residuo | Descripción | Donde se generan |
|---------------|------------------------|---|--|
| B-01 | Escombros | Hormigones, asfaltos, pétreos, mamposterías, prefabricados y yeso | -Edificaciones residenciales y no residenciales, carreteras, puentes, obras sanitarias (aceras, bordillos, replantillo, columnas, losas, vigas, muros, pavimentos, paredes, cerramientos, acabados, tumbados etc.) |
| B-02 | Metales | Chatarra | -Edificaciones residenciales y no residenciales, puentes vehiculares y peatonales (pórticos, vigas, columnas, losas, pilotes, etc.) |
| B-03 | Maderas | Trazos de maderas | -Edificaciones residenciales y no residenciales, materiales de construcción (encofrados, puntales, puertas, pallets, etc.) |
| B-04 | Excavaciones | Suelo del sitio | -Edificaciones residenciales y no residenciales, cimentaciones (capa de suelo existente en el sitio) |

| | | | |
|-------------|---------------------|--|---|
| B-05 | Residuos especiales | Accesorios de instalaciones eléctricas y sanitaria, aluminio, vidrio, electrónicos, baterías | -Edificaciones residenciales y no residenciales (puertas, cables, ventanas, tuberías sanitarias, PVC, etc.) |
| B-06 | Residuos sólidos | Residuos sólidos urbanos generados en obra. | -Obras en general (plástico, papel, cartón envolturas, etc.) |

Tabla 3.3 Tabla de descripción de codificación para cantidades entre 9 m³ a 90 m³ de RCD y origen de generación

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

Tabla 3.4 para obras mayores a 90 m³

| Código | Tipo de Residuo | Descripción | Donde se generan |
|---------------|--|---|---|
| C-01 | Hormigón simple | Elementos de hormigón simples no estructurales | -Vías de acceso (aceras, bordillos, replantillo ,etc.) |
| C-02 | Hormigón reforzado | Elementos estructurales de hormigón. | -Viviendas, vías, puentes, túneles, puertos, obras sanitarias (columnas, losas, vigas, muros, pavimentos, zapatas, canales, ducto cajón etc.) |
| C-03 | Asfaltos | Mezclas asfálticas | -Vías pavimentadas (capa de rodadura) |
| C-04 | Pétreos | Áridos gruesos y finos y materiales de base y subbase | -Excedentes en obra -Estructura del pavimento (terraplenes, capa de mejoramiento, etc.) |
| C-05 | Mamposterías, acabados y prefabricados | Elementos no estructurales (Bloques, ladrillos, enlucido, cerámicos, etc.) y Elementos de hormigón endurecido | -Edificaciones residenciales y no residenciales (paredes, losas, cerramiento y acabados) |
| C-06 | Maderas | Trazos de madera | -Edificaciones residenciales y no residenciales, materiales de construcción (encofrados, puntales, puertas, pallets, etc.) |
| C-07 | Metales | Chatarra | -Edificaciones residenciales y no residenciales, puentes vehiculares y |

| | | | |
|-------------|---------------------|---|--|
| | | | peatonales (pórticos, vigas, columnas, losas, pilotes, etc.) |
| C-08 | Excavaciones | Suelo del sitio | -Edificaciones residenciales y no residenciales, túneles, carreteras, hidroeléctricas, cimentaciones (capa de suelo existente en el sitio) |
| C-09 | Residuos Especiales | C-09.1 Residuos de instalaciones eléctricas, residuos electrónicos, lámparas y baterías. C-09.2 Aluminio y vidrio C-09.3 Tuberías y piezas especiales de agua potable y drenaje sanitario | - Edificaciones residenciales y no residenciales (cables, luminaria, baños, etc.) |
| C-10 | Residuos Sólidos | Residuos sólidos urbanos generados en obra. | -Obras en general (plástico, papel, cartón etc.) |

Tabla 3.4.- Tabla de descripción de codificación para cantidades mayores a 90 m³ de RCD y origen de generación

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

3.1.4 Fase 3: Plan de Calidad

La gestión de la calidad es un paso esencial para aumentar la confianza en los procesos de gestión de residuos de construcción y demolición y la calidad de los materiales reciclados en estas actividades. El valor cualitativo de los materiales de construcción reciclados depende de sus propiedades medioambientales y de sus indicadores técnicos. Esta fase especifica los conceptos de gestión de calidad adecuados que permitan a los constructores controlar y garantizar la calidad de sus procesos aplicado en caso de obras de demolición, construcción y remodelación que generen cantidades mayores a los 9 m³ de RCD:

- Utilizar los planes generales de gestión de calidad existentes como la ISO 9.000, y los sistemas de gestión medioambiental, como la ISO 14.001 garantizando la calidad medioambiental.

- Se debe detallar las personas responsables de la ejecución, separación y movilización de estos desechos, además del tratamiento final, reciclaje y el seguimiento.
- Debe existir un responsable de supervisión de todo el plan en este caso un ente regulador autorizado por el Municipio realizando auditorías previas para el cumplimiento del plan.
- Se debe utilizar varios métodos de control, siendo esto realizado en sitio, muestreo y control de los informes presentados.
- Se debe elaborar seguir la codificación de los distintos tipos de residuos durante las diferentes etapas del proceso de construcción reduciendo los costes del manejo posterior.
- Debe existir una plataforma Municipal que permita el registro del generador, transportista, auditor, gestor ambiental y disposición final de la cantidad de residuos obteniendo la trazabilidad y respaldo de la gestión.

La correcta separación permitirá el aprovechamiento mejorando la calidad de los subproductos que se pueden originar de los RCD.

3.1.5 Fase 4: Transporte

Esta etapa es fundamental y hace posible la viabilidad de gestión de todos los RCD que se generen por su origen o cantidad ya que consiste en recolectar, transportar y descargar los RCD en los sitios de almacenamiento, tratamiento y disposición final. Es importante considerar su viabilidad no solo por el aspecto económico sino también que la ruta y las distancia que recorran los residuos hasta el almacenamiento temporal, el centro ambiental de RCD y la disposición final en el relleno sanitario “Las Iguanas” sean el más óptimo con menor cantidad de km recorrido reduciendo el impacto ambiental y garantizando la integridad de los RCD.

Los siguientes requisitos aplican para todos los RCD que se generen independiente de su origen o cantidad:

- Los vehículos deben contar con los permisos de autorización dado por el municipio.

- El prestador de servicios de transporte de RCD deberá reportar las cantidades transportadas a través del sistema de trazabilidad. No aplica para obras que generen cantidades menores a los 9 m³.
- La distancia máxima de transporte es de 40 km desde el punto de generación.
- El transporte debe ser en cajas herméticas para evitar la dispersión de polvos y partículas.

Para el transporte de cantidades menores a los 9 m³ su logística se hará de la siguiente manera.

- Se verificará que se encuentren clasificados en 3 tipos de residuos, no es requisito.
- Se transportará los RCD desde la obra en sacos de máxima capacidad de 50 kg.
- Si los residuos se encontraran debidamente clasificados, se deberá mantener su clasificación durante el transporte evitando que sean mezclados.
- Los residuos deben ser enviados obligatoriamente al centro ambiental de RCD.
- Para el transporte de cantidades entre los 9 m³ a 90 m³ la logística se hará de la siguiente manera.
- Se verificará que se encuentren clasificados en 6 tipos de residuos.
- No se mezclarán los residuos en el transporte
- Sus transportes pueden ser en sacos de 50 kg de máxima capacidad.
- Si el transporte es al granel no deben mezclarse al momento de su embarque y posterior transporte.
- Si lo residuos se almacenan en obra deben estar en contenedores de capacidad máxima de 3 m³.
- Los residuos deben ser enviados obligatoriamente a los centros de transferencia de residuos y posteriormente al centro ambiental de RCD.
- Para el transporte de cantidades mayores a los 90 m³ la logística se hará de la siguiente manera.
- Se verificará que se encuentren clasificados en 10 tipos de residuos.
- No se mezclarán los residuos en el transporte
- No pueden ser enviados en sacos.

- El transporte es al granel y no deben mezclarse al momento de su embarque y posterior desembarque.
- Los residuos deben ser enviados obligatoriamente a los centros de transferencia de residuos o los servicios de reciclaje y centro ambiental de RCD.

3.1.6 Fase 5: Almacenamiento temporal

En la fase de almacenamiento es importante seguir la identificación de los residuos dado en la fase 2 acordes a su cantidad de generación en obra de construcción, demolición o remodelación de una estructura las cuales deberán cumplir con lo siguiente para el almacenamiento en sitio:

Para el almacenamiento de cantidades menores a los 9 m³ se recomienda su almacenamiento de la siguiente manera:

- Se debe realizar el almacenamiento en sacos de capacidad máxima de 50 kg.
- Aislar los espacios de almacenamiento sin obstaculizar vías y espacios públicos.
- El almacenamiento será por un tiempo máximo de 30 días.
- Se deberá evitar acumular cantidad mayores a los 9 m³ de RCD

Para el almacenamiento de cantidades entre los 9 m³ a 90 m³ se deberá cumplir su almacenamiento de la siguiente manera:

- Se deberá presentar el Plan de Manejo de RCD y manejo del sistema plataforma de trazabilidad.
- Se podrá almacenar en sacos de capacidad máxima de 50 kg.
- Se podrá utilizar contenedores ubicados en la obra, con volúmenes de 3 m³.
- El almacenamiento será por un tiempo máximo de 7 días.
- Se debe realizar la clasificación de acuerdo a la codificación dada en la fase 2.

Para el almacenamiento de cantidades mayores a los 90 m³ se deberá cumplir su almacenamiento de la siguiente manera:

- Se deberá presentar el Plan de Manejo de RCD y manejo del sistema plataforma de trazabilidad.

- No se podrá almacenar en sacos de capacidad máxima de 50 kg.
- Se deben utilizar almacenamiento en pilas, estas deben estar separadas y aisladas evitando la contaminación.
- El almacenamiento será por un tiempo máximo de 3 días o según la disponibilidad de espacio.
- Se debe realizar la clasificación de acuerdo a la codificación dada en la fase 2.

Para los centros de transferencia y acopios temporales.

- Los espacios deben poseer facilidades para el almacenamiento, evitando el esparcimiento de polvos, escurrimiento de lodos, sólidos granulares y la obstrucción de la vía pública y el alcantarillado.
- Se deberá cuantificar y verificar que se haya realizado la separación sin mezclas los RCD
- Los materiales deberán entregarse al centro ambiental de RCD o sitios de disposición final autorizados.

3.1.7 Fase 6: Procesamiento, aprovechamiento y tratamiento

En la fase de procesamiento, aprovechamiento y tratamiento aplicamos la jerarquización de los residuos evitando que estos sean dispuestos directamente en un relleno sanitario, incorporándolos en una cadena de producción de otros materiales, esto beneficia directamente a que sitios como escombreras y rellenos sanitarios colapsen por las altas cantidades de residuos generados por el sector de la construcción.

Para esto se propone la creación de un centro ambiental de RCD en la ciudad de Guayaquil que sea administrado por la municipalidad e incorpore aliados de la industria de la construcción para el funcionamiento y además industrias que puedan insertar todos estos residuos en su cadena de producción como cementeras, acereras, madera, consumo masivo, etc.

Los centros ambientales deberán priorizar el tratamiento de los RCD en el siguiente orden:

- 1) Reusó

- 2) Reciclaje
- 3) Recuperación de materiales
- 4) Recuperación energética

Acorde a la cantidad de generación se aplican los siguientes tratamientos para su aprovechamiento en obra:

Para los generadores de cantidades menores a los 9 m³:

- Se recomienda su clasificación en los 3 tipos dados en la fase 2.
- Todos los residuos tener ser enviados al centro ambiental de RCD

Para los generadores de cantidades entre los 9 m³ a 90 m³:

- Indicar en su Plan de Manejo de RCD la clasificación por tipos de residuos.
- Únicamente se podrá reutilizar en obra materiales con las siguientes codificación B-01. Escombros y B-04. Excavaciones estos deberán estar libres de cualquier otro residuo que no sean los señalados en estas categorías.
- Los RCD deberán utilizarse, siempre y cuando estos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto.
- Lo anterior deberá manifestarse en el Plan de Manejo de RCD.
- Para los generadores de cantidades mayores a los 90 m³:
 - Indicar en su Plan de Manejo de RCD la clasificación por tipos de residuos.
 - Únicamente se podrá reutilizar en obra materiales con las siguientes codificación C-01. Concreto simple, C-03. Asfaltos, C-04 Pétreos, C-05. Mampostería y Prefabricados, C-8 Excavaciones, estos deberán estar libres de cualquier otro residuo que no sean los señalados en estas categorías.
 - Los RCD deberán utilizarse, siempre y cuando estos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto.
 - Lo anterior deberá manifestarse en el Plan de Manejo de RCD.

El Centro Ambiental para los de Residuos de la Construcción y Demolición (CARCD), deben prestar servicios de valorización, tratamiento y aprovechamiento que deben cumplir con lo siguiente:

- Contar con la autorización del ente regulador en materia de impacto ambiental y el registro como prestador de servicios y cumplir con las normativas locales.
- Deberán contar con procesos de separación, valorización, aprovechamiento o tratamiento conforme la mejor tecnología disponible y mejores prácticas internacionales. Las tecnologías deben reducir el impacto ambiental en forma segura, ambientalmente eficiente y económicamente viable sin provocar daño a la biodiversidad y otorgando condiciones de protección y seguridad a las personas que desarrollen sus actividades en dichos centros y ubicarse fuera de zonas inestable o de inundación.
- Contar con capacidad operativa para procesar los RCD.
- La capacidad de almacenamiento de materiales reciclados debe ser al menos dos veces la capacidad máxima de producción diaria.
- Contar con equipos calificados de calidad para las evaluaciones de las propiedades físicas y/o mecánicas de los productos reciclados.
- Deberá ser uso de la plataforma de trazabilidad de los RCD dada por la municipalidad en todos los procesos productivos, tanto de recepción de residuos como en la venta de materiales reciclados deberá emitir Manifiesto de Trazabilidad a través de dicha plataforma.
- Los materiales que no fueron sujetos de valorización deberán entregarse a sitios de disposición final autorizados.
- Se pueden utilizar tecnologías para producir los combustibles derivados de residuos, los más comunes son la madera contaminada o no apta para el reciclaje, plásticos, materiales orgánicos, membranas bituminosas y otro, produciendo biogás, mediante un proceso de descomposición de materia orgánica anaeróbico obteniendo metano y utilizado para generar electricidad calor o combustible. Otro uso es el coprocesamiento en hornos cementeros.

A continuación, se describe un modelo de planta de tratamiento de RCD

La planta de tratamiento de los residuos generados por el sector de la construcción es un centro de recolección, de gestión y procesamiento de los materiales considerados como escombros, desperdicios y excavación para poder reutilizarlo y darse un segundo uso aplicando una vida útil circular. Existen diferentes países en la cual estas plantas son consideradas plantas de valorización de RCD ya que no

solo benefician al medio ambiente sino a la economía del país y a la sociedad. Dentro de esta planta de tratamiento de RCD se puede identificar distintas etapas.

1) Identificación y clasificación de los RCD

- En primer lugar, una vez que ingrese los residuos se debe realizar el pesaje por medio de balanza e ir identificando y clasificando según la naturaleza del RCD, hormigón, mixto y asfáltico. Además, se deberá retirar manualmente todos los residuos peligrosos y elementos que no pertenecen a estas categorías antes mencionadas como son las placas de yeso, maderas, vidrio y acero.
- Así mismo se deberá considerar un grado de contaminación limpio, sucio y muy sucio, siendo este último grado no valorizable, debido a que el costo de su limpieza es mayor al valor del material reciclado.

2) Pre-tratamiento de los RCD

- En esta parte se realiza la demolición de los elementos de residuos de gran tamaño para mejorar su manejabilidad mediante el uso de un demolidor o martillos vibrantes, retirando las barras de acero corrugado del hormigón.

3) Tratamiento primario

- En el tratamiento primario se continúa con la trituración de los RCD mediante el uso de una machacadora de mandíbulas para su posterior cribado, con el fin de eliminar tierras y partículas de yeso. En el proceso de cribado el material pasante se lo descarta y se lo destina para vertederos, teniendo cribado con huecos entre 10 y 40 mm. Aquí mismo se incorpora un electroimán para eliminar objetos de acero.
- Por último, en esta etapa, se requiere eliminar los elementos de baja densidad como son los plásticos, y se lo realiza por medio de un soplador o por una lavadora hidráulica, siendo la segunda la más eficaz, ya que no solo elimina por flotación sino los materiales finos por sedimentación.

4) Tratamiento secundario

- En el tratamiento secundario se divide en dos etapas, el triaje manual y el molino de impacto. El triaje manual consiste en retirar todos los materiales metálicos, madera, vidrio, yeso, plásticos y otros materiales que no sean áridos de reciclar pasando por una cinta. Por otro lado, el molino de impacto nos ayuda para obtener un árido con una granulometría continua y con un número de

caras de fracturado adecuado. Así mismo se obtiene áridos reciclados de diferentes tamaños para su futura distribución o aplicación.

5) Áridos reciclados

- Como última etapa, se tiene la recolección de los materiales producidos en base a la demanda en su entorno. Los materiales obtenidos son los suelos, zahorras, arenas, gravas y material drenante grueso, la cual tendrán diferentes usos y aplicación según el material solicitado. Por ejemplo, las arenas recicladas estarán desinadas como camas para las tuberías; las gravas recicladas como material de filtro en zanjas drenantes o como capa de mejoramiento en soleras o pisos de hormigón y los materiales gruesos serán destinados como rellenos de muros o mejoramiento de suelo.

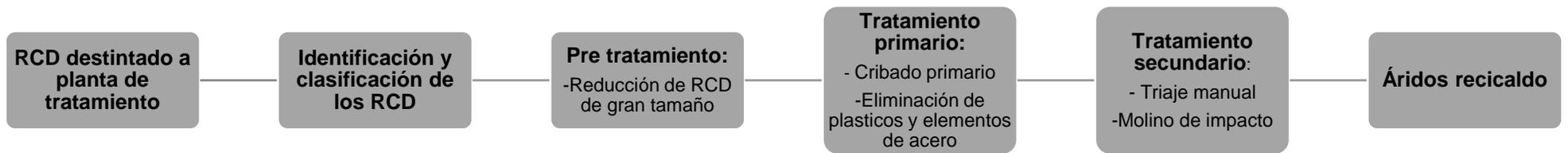


Gráfico 3.1.- Proceso de planta de tratamiento para RCD

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

3.1.8 Fase 7: Disposición final

Los residuos que serán dispuestos en esta fase son todos los residuos que no pudieron ser valorizados en las fases anteriores mediante la reutilización, el reciclaje, recuperación de materiales y recuperación energética, en el caso de los residuos peligrosos estos deben ser gestionando por empresas con licencia ambiental para su correcta disposición final.

En la ciudad de Guayaquil los sitios de disposición final existente es el relleno sanitario “Las iguanas” y centros de transferencia que cumplan con los siguiente:

- Autorizados por el municipio de la ciudad.
- Sitios de transferencias ubicados no mayores a 40 km de la ciudad

Además, por capacidad de actual del relleno de “Las Iguanas” se debe planificar la construcción de nuevos vertederos para RCD en la ciudad que cumplan con todas las condiciones técnicas necesarias para su funcionamiento.

Mediante el diagrama de flujo de desglosa los actores principales y el plan de gestión de RCD planteado para la ciudad de Guayaquil, permitiendo alcanzar con el cumplimiento total de las fases propuestas para la gestión del 100% de los RCD generados por la ciudad con un aprovechamiento del 75%.

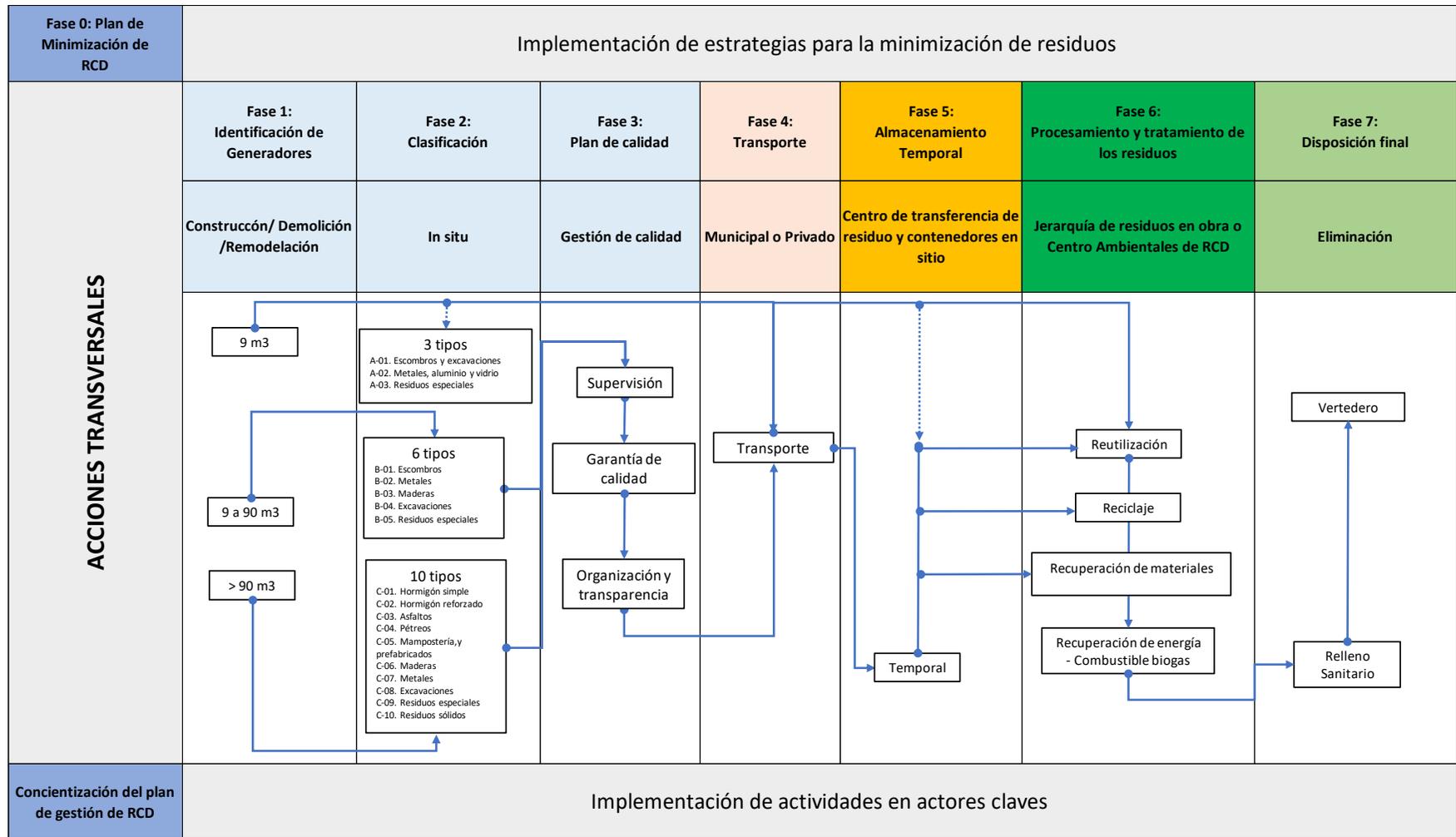


Gráfico 3.2.- Diagrama de flujo de las fases de gestión propuesta para la ciudad de Guayaquil.

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

3.2 Plan de implementación de fases por etapas

El plan de gestión para Guayaquil se constituye por siete fases, que se prevé que se cumplirá en un tiempo acumulado de 36 meses equivalentes a 3 años.

En el primer año se empezará el plan de gestión con cinco fases principales, alcanzando el 50% de avance de todo el proyecto. Las distintas fases con la que se empieza el proyecto son:

- Minimización de los RCD
- Identificación de generadores de los residuos concientizando a los actores involucrados
- Transporte
- Almacenamiento temporal
- Disposición final

A partir del segundo año del plan de gestión propuesto se incrementará dos fases adicionales alcanzado un 70% de avance, siendo las distintas fases identificadas:

- Clasificación en sitio
- Plan de calidad

Y, por último, para el tercer año se alcanza el 100% de nuestro plan agregando la última fase:

- Procesamiento, aprovechamiento y tratamiento de los RCD y tratamiento de los residuos.

| N° Fases | Descripción |
|----------|---|
| Fase 0 | Minimización de los RCD |
| Fase 1 | Identificación de generadores |
| Fase 2 | Transporte |
| Fase 3 | Almacenamiento temporal |
| Fase 4 | Disposición final |
| Fase 5 | Clasificación en sitio |
| Fase 6 | Plan de calidad |
| Fase 7 | Procesamiento, aprovechamiento y tratamiento de los RCD |

Tabla 3.5.- Resumen de implementación de las fases de Gestión de RCD

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

3.2.1 Cronograma de implementación

| CRONOGRAMA DEL PLAN DE GESTION DE LA CIUDAD GUAYAQUIL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Fases | Inicio [mes] | Avance [%] | N° Meses del plan de gestión [36 meses] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Fase 0: Minimización de los RCD | 1 | 10% | [Color amarillo] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 1: Identificación de generadores | 1 | 50% | [Color verde claro] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2: Transporte | 1 | | [Color verde claro] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 3: Almacenamiento temporal | 1 | | [Color verde claro] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 4: Disposición final | 1 | | [Color verde claro] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 5: Clasificación en sitio | 12 | 65% | [Color naranja] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 6: Plan de calidad | 12 | 70% | [Color naranja] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 7: Procesamiento, aprovechamiento y tratamiento de los RCD | 24 | 100% | [Color naranja claro] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Gráfico 3.3.- Cronograma de implementación de plan de gestión de RCD para la ciudad de Guayaquil.

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

3.3 Concientización

En la actualidad, en la ciudad de Guayaquil los protagonistas del sector de la construcción aplican la filosofía de “usar y tirar” los materiales que se utilizan y se generan en obras ya sea de construcción, remodelación o demolición. De hecho, uno de los problemas a diario que tiene la población guayaquileña es la gestión de la basura que se genera en sus propios hogares, sitio de trabajo y locales comerciales, colocándola en sitios de la calle para que el personal competente retire con los camiones de basura sin tener ninguna separación entre tipo de desecho o material (Guerrero M. Anthony; Villacrés L. Julio, 2022). Ante esta problemática, se analiza fomentar programa de capacitación y educación ambiental para personas relacionadas con la construcción, ya sea para el proyectista, fiscalizador, inversionistas del proyecto o directamente a la ciudadanía de Guayaquil.

Según la Real Academia Española en 2001, la palabra concientizar significa hacer que alguien sea consciente de algo, interpretado como el interés de crear sentimientos morales y éticos, así mismo representa la capacidad de autoconocimiento, percepción del entorno y la capacidad de diferenciar entre el bien y el mal, lo correcto y lo incorrecto (RAE, 2023).

En lo particular, si nos enfocamos en el medioambiente, la concientización ambiental se enfoca en la creación de cultura y cuidado en nuestro entorno para que la población cuide y respete al medioambiente, implementando un concepto básico de “reusar y reciclar”, siendo de gran ayuda para la economía de la población y así mismo con la disminución de explotación de recursos naturales limitados que se utilizan constantemente en obras civiles.

La cultura ambiental tiene tres pilares fundamentales para que la gestión ambiental sea todo un éxito. Lo primero es la comunicación, la cual se tiene que transmitir toda la información del plan de gestión a implementarse con el uso de los medios de canales que se adapte a la población. Lo segundo es la respuesta y participación de la población dando a conocer posibles soluciones a los diferentes problemas suscitados. Y como último punto es el contraste de los resultados obtenidos con los datos históricos que se tenían (ESAP, 2016).

Por ende, dentro de nuestra propuesta del de gestión de residuos se considera los alcance, objetivos, metas, recursos, responsables, funciones y tiempo programados para el desarrollo de este, cumpliendo con los requisitos legales mínimos ambientales por los entes regulatorios.

Un claro ejemplo sobre programa de conciencia de latino América se dio en la ciudad de Bogotá en el año 2012 por parte de la Unidad de Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2012) que publicó el programa Basura Cero, basándose en la concientización de la población para una cultura donde prevalece un consumo consciente, la separación de residuos, el aprovechamiento y el reciclaje, ayudando a mitigar el impacto ambiental que se generaría y alargando la vida útil de los rellenos sanitarios.

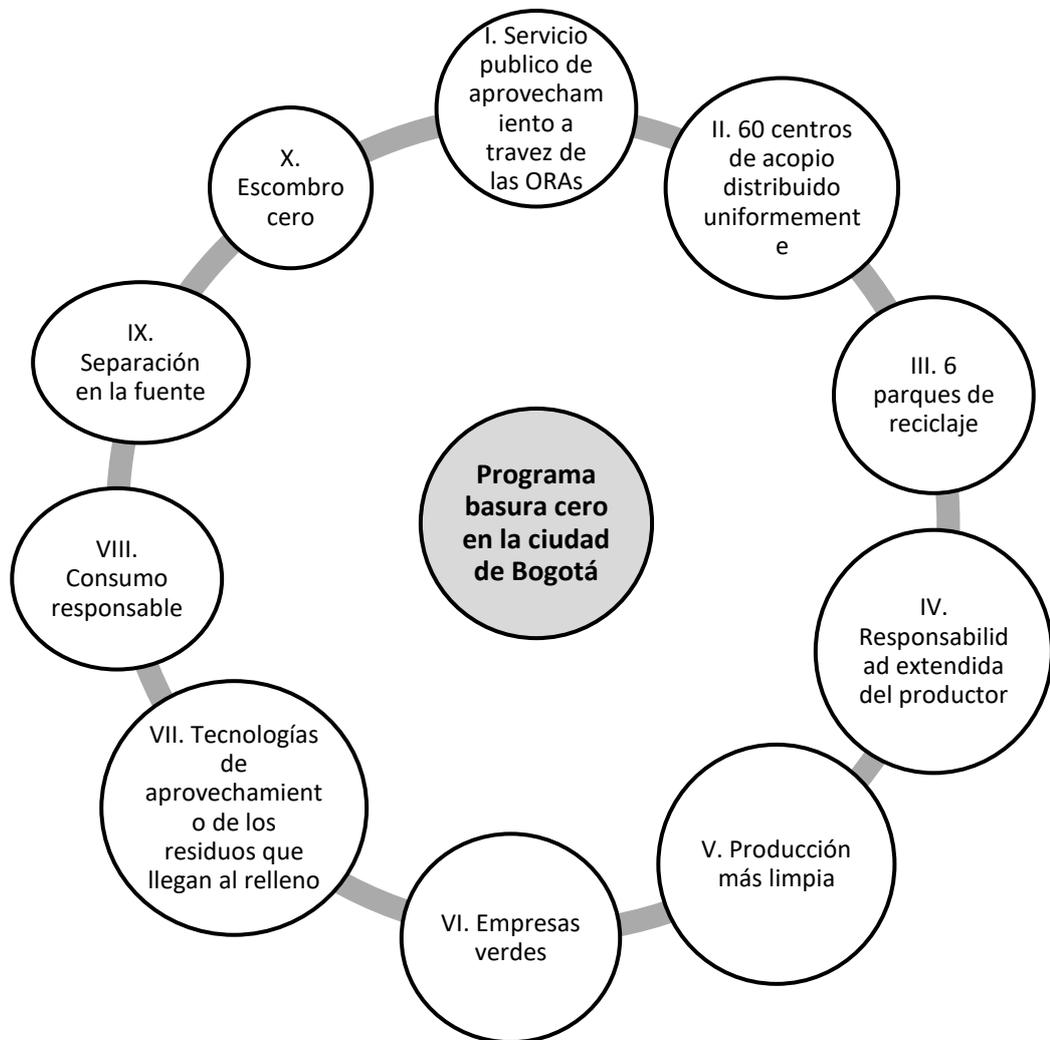


Gráfico 3.4.- Programa Basura Cero de la ciudad de Bogotá por parte de la Unidad de Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)

Fuente: Unidad de Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)

La filosofía principal del proyecto Basura Cero ya ha sido implementada en diferentes países teniendo un gran alto porcentaje de resultados positivos, y que pretende lograr aprovechar al máximo los residuos cambiando su antigua disposición final de enterrarlos o incinerados causando un alto impacto negativo al medio ambiente, sino que consiste en devolver al ciclo productivo.

El gráfico anterior muestra cómo se representa el ciclo del proyecto Basura Cero y los diferentes actores y procesos que entran en juego. En resumen, se basa que los insumos considerados “basura” ingresan a las diferentes empresas para su procesamiento y transformación a productos limpios, biodegradables y no contaminantes, fomentando la compra por consumidores conscientes y responsables. En nuestro caso, se representa el programa de un plan de gestión de los RCD en la ciudad de Guayaquil, basándonos en los siete pilares fundamentales para una correcta gestión.

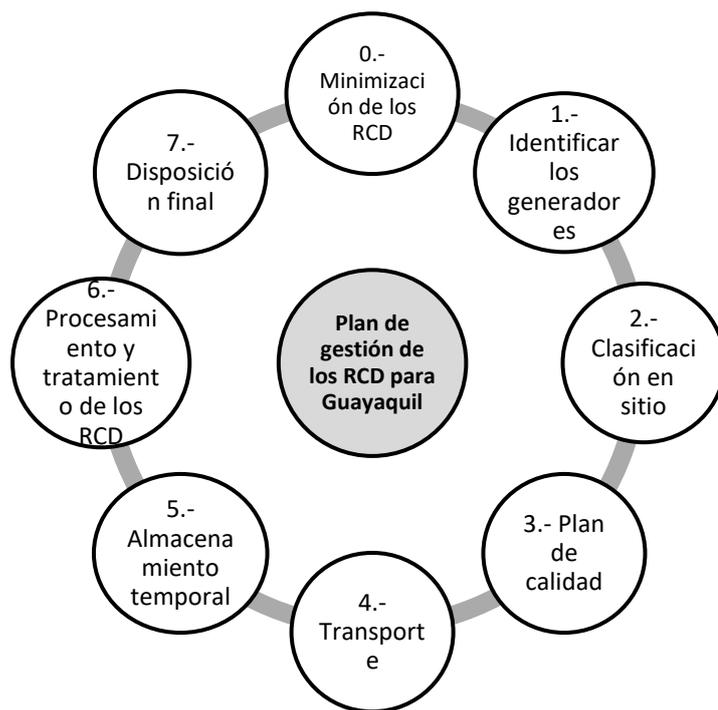


Gráfico 3.5.- Programa plan de gestión de RCD para la ciudad de Guayaquil.

Fuente: Autores Jhon Macas y Anthony Palma

Así mismo el desafío más grande en esta etapa de concientización es dar a conocer a los involucrados en el sector de la construcción el plan de gestión de los RCD propuesto la cual irá de la mano con entes reguladoras del cantón de Guayaquil, como lo es la municipalidad de la ciudad. Las estrategias implementadas son

acciones informativas y actividades de capacitación entre otras para los profesionales relacionados a la construcción como son los ingenieros civiles, arquitectos, ingenieros ambientales, personal de la construcción y la sociedad, implementadas periódicamente cada año. Dentro de las acciones informativas se está considerando la implementación de trípticos, y afiches la cual resumirá información importante sobre la gestión de los RCD. Por otro parte, tendremos las capacitaciones presenciales entre cursos, talleres y encuestas adaptándose al tipo de involucrados para poder sensibilizar y concientizar sobre el manejo de los residuos generados por el sector de la construcción. Y, por último, la acción de transparencia y calidad se la implementará en el segundo año del plan de gestión propuesto. El programa de concientización se irá paulatinamente aplicando en los primeros 2 años, después se le dará continuidad para generar un mayor impacto social y ambiental.

| Estrategia | Actividad / Periodos | Objetivos | Responsable | Dirigido a |
|-----------------------------|----------------------------------|--|------------------------|---|
| Acciones de información | Trípticos (1er trimestre) | Elaborar trípticos con información relevante del plan de gestión de los RCD propuesto para la ciudad de Guayaquil | Municipio de Guayaquil | Profesionales del sector de la construcción |
| Acciones de información | Afiches (1er trimestre) | Elaboración de afiches en formato A4 para colocar en murales, universidades de carreras afines al sector de construcción | Municipio de Guayaquil | Ciudadanía |
| Actividades de capacitación | Cursos (2 do trimestre) | Elaboración de cursos presenciales, y certificados (avalados por la municipalidad) | Municipio de Guayaquil | Profesionales del sector de la construcción |
| Actividades de capacitación | Talleres (2 do y 3 er trimestre) | Elaboración de talleres presenciales para motivar a los involucrados realizar la separación de los RCD | Municipio de Guayaquil | Profesionales del sector de la construcción y personal de empresas relacionadas a la gestión de los RCD |

| | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|--|
| Actividades de evaluación | Encuestas (4 to trimestre) | Elaborar encuestas para obtener información sobre el nivel de conocimiento y valoración de la ciudadanía y personal de las empresas constructoras | Municipio de Guayaquil | Ciudadanía y empresas constructoras |
| Acciones de transparencia y calidad | Zona de información (2do año) | Generar un espacio que permita informar a los entes participantes sobre actividades, acciones y resultados del plan de gestión con transparencia mediante una zona de exhibición de los RCD y sus futuras aplicaciones. | Municipio de Guayaquil | Profesionales, personal y empresas del sector de la construcción |

Tabla 3.6.- Resumen del programa de concientización del plan de gestión de los RCD

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

3.4 Buenas prácticas

Las buenas prácticas ambientales son aquellas acciones que benefician al medio ambiente reduciendo el impacto ambiental ejecutadas por actividades y procesos diarios de entidades u organizaciones. También podemos identificar buenas prácticas relacionadas con el sector de la construcción que nos permite generar bajos costos de operatividad y obtener resultados rápidos. Para esta parte se realizó la revisión de algunos artículos relacionados a las buenas prácticas a nivel mundial separándola por etapas.

3.4.1 Buenas prácticas en fase de diseño

A partir de diferentes estudios sobre buenas prácticas de los RCD, en el Reino Unido se destaca un artículo realizado mediante cuestionarios a los 100 principales estudios arquitectónico de ese país, concluyendo que los residuos de construcción no solo se generan en los procesos constructivos, sino que también se generan en la etapa de diseño consecuencia de los cambios y decisiones tomadas durante esta etapa. En conclusión, Osamni et al. reveló que aproximadamente un tercio de los

RCD se generan en la fase de diseños por consecuencia de los cambios que se dan (M. Osmani, J. Glass & A. D. F. Price, 2008).

La reducción y utilización de materiales prefabricado es una de las buenas prácticas que se implementará en el plan de gestión. La empresa Echeverría Izquierdo Edificaciones S.A. se basan en la fabricación de baños prefabricados que suelen solucionar la reducción de escombros y desperdicios, además de reducir tiempo en la obra (Ossio F.f, Salinas S., Behar N., 2020).

Otros materiales prefabricados implementados en obra son muebles, muros, losas y cerchas prefabricadas, y así se pretende generar menor residuos y que todo sea fabricado en las plantas para controlarlo.

3.4.2 Buenas prácticas en fase de ejecución

La fase de ejecución de obra civiles es la etapa más crucial en el proceso de construcción, es aquí donde ocurre la elaboración de elementos de la estructura de la obra a realizar, la cual implica la generación de residuos de materiales. Es por ello la importancia de investigar actividades como buenas prácticas para mitigar estos impactos negativos al ecosistema y sociedad en esta etapa.

Según las investigaciones de Begum et al. en Malasia, la mano de obra en la industria de la construcción es escasa, y además no tienen una correcta gestión de residuos. Mediante el modelo de regresión logística y por método de encuestas a los contratistas locales, se concluyendo que los factores principales para unas buenas prácticas para le gestión de los RCD depende de la actitud del personal de trabajo, formación del personal y experiencia de la empresa contratista, resaltando que contribuye para una correcta minimización de RCD in situ. Además (Begum, Siwar, Pereira, & Jaafar, 2009).

En la ciudad de Hong Kong y China continental, en la investigación de Tam se definió que la aplicación de un plan de gestión de RCD en las obras de construcción muestra resultados positivos. Para su investigación se basaron en encuestas a profesionales relacionados al sector de la construcción, la cual solo fueron recibida y procesada 129 encuestas, siendo la principal causa la falta de apoyo tecnológico, entre

capacitación, personal y experiencia para poder aplicar una Evaluación de Desempeño Ambiental. Algunas aplicaciones usadas fueron la separación de materiales in situ, reutilización de materiales y minimización de la cantidad de residuos (VWY Tam, CM Tam , SX Zeng, 2008).

Una de las buenas prácticas a ejercer en sector de la construcción sería un programa para la definición de los roles. Para una correcta gestión de residuos se requieren una correcta planificación de medidas y definiciones de roles con sus responsabilidades en la obra. Por eso, la empresa Consentido, de acuerdo con las bases sobre la economía circular en construcción, realiza talleres en los que participarán todos los involucrados, identificando las actividades realizadas para identificar los cargos responsables dentro de la obra y optimizar los tiempos (Ossio F.f, Salinas S., Behar N., 2020).

Como es de costumbre en las obras tradicionales, la preparación de mezcla y fundición de los elementos estructurales in situ generan cantidades de residuos excesivos incrementando materiales y la economía de la obra. Es por ello una buena práctica es la reutilización de los excedentes de hormigón al momento de la fundición. La empresa Axis S.A. tiene un departamento de innovación en la cual identificaron que el material desperdiciado en el hormigón puede ser utilizado como mortero provisorio o elemento no estructural que esté disponible en el momento, como son pilares de cerramientos, tapas de alcantarillados y otros más.

La reutilización de materiales que se encuentran en obras de demolición es una de las buenas prácticas que puede ayudar con la reducción de RCD dentro de un proyecto de obra. Además, beneficiaría en la reducción del presupuesto de la futura obra ya que materiales que estén en buena calidad puedan ser reutilizado (Ossio F.f, Salinas S., Behar N., 2020).

De acuerdo con el artículo de Wang et al. se enfoca en la implementación efectiva de la clasificación de los RCD en obra, representando una alta probabilidad se gestionar de manera eficiente los residuos generados de diferentes tamaños, la cual se destaca el gran problema del volumen y manejabilidad que estos ocasionan en tiempo, espacio y costos dentro de una obra. Es por esta razón, que una de las buenas prácticas en esta investigación es el uso de maquinaria trituradoras para

reducir los tamaños de residuos y escombros para poder tener una mayor manejabilidad, y espacio dentro de la obra (Wang J., Yuan H., Kang X., Lu W., 2010).

3.4.3 Buenas prácticas en fase reciclaje

Mediante los avances tecnológicos y el desarrollo de nuevas investigaciones sobre que otro uso se le puede hacer a los RCD que se generan a diario, nacen la curiosidad de las buenas prácticas en la fase de reciclaje. La cual se destacan las siguientes investigaciones.

En la ciudad de Riobamba, se realizó el estudio de la fabricación de bloques de hormigón a partir de los RCD, concluyendo que cumple con las normas técnicas vigentes de la norma ecuatoriana, la INEN 3066. Los bloques de hormigón obtenidos por la elaboración a partir de los residuos de construcción han dado como resultado una resistencia de 4.04 MPa y un porcentaje de absorción de 23.53 kg/m³, la cual están dentro de los parámetros de la INEN. Por lo tanto, mediante esta investigación pasamos de una economía lineal a una circular, reciclando y reutilizando material que fue descartado en su momento durante la obra (Carrasco M., 2018).

En Colombia se realizó una investigación sobre la producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente la cual sus resultados fueron bastante relevantes y sobre todo cumpliendo con las normas técnicas colombiana (NTC), y clasificándolos como bloques estructurales de clase alta. Los elementos constructivos fabricados son tipo bloque, adoquín y teja, representando una resistencia a la compresión de 17.09 MPa y su capacidad de absorción del agua del 7.3%. Por lo tanto, esto nos ayudará con la disminución de residuos RCD que estaban destinados para los vertederos municipales aportando a la sostenibilidad ambiental (Robayo S. Rafael; Mejia R.; Mulford A., 2016).

Por otro lado, se realizó la investigación sobre la fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros de obra, la cual se lo puede realizar directamente en obra mediante un proceso de trituración mecanizado. En uno de los ensayos de muestras se obtuvo que cumplieron correctamente con las pruebas de flexo tracción y compresión según los parámetros establecido por la normativa

colombiana con un mínimo de 4.2 MPa. Así mismo, esto no solo ayudara a la minimización de residuos en los vertederos, sino que ahorrar grandes cantidades relevantes en temas de costos de obra y por supuesto mitigando los impactos negativos al medioambiente (Martinez Y., Poveda J., 2015).

El gobierno australiano se ha enfocado en investigaciones sobre como reciclar y reutilizar los desperdicio y residuos de materiales de construcción, esto debido a que según ellos el costo para eliminar en un vertedero resulta más caro que aprovecharlo para otro uso. Un claro ejemplo, es el uso de ladrillos o escombros de construcción se aplican para suelo de mejoramiento en carreteras de baja pendiente o como subbases de pavimentos, arrebatando grandes costos en obras viales (Australian Government, 2012).

En el país de México, mediante la institución pública y autónoma la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción se rigen mediante normativas vigentes al Plan de Manejo de los Residuos de Construcción y la Demolición que fomenta una construcción sustentable para la reducción de los RCD y aprovechando estos residuos para otros destinos que no sean los vertederos. Es aquí donde los residuos que ellos manejan serán primeramente clasificados según la aplicación que se le dará. En las aplicaciones más comunes son bases hidráulicas en caminos y vías, para terraplenes, camas de tuberías, relleno para cimentaciones, pedraplenes y otras más, ayudando a la reducción de los impactos ambientales que estos provocan (CMIC, 2013).

En España de acuerdo con el artículo del Río Merino et al, se enfoca en un análisis de la construcción sostenible mediante un plan de gestión consciente e integral la cual destaca una estrategia en particular que se da en obra. El almacenamiento temporal en obra es fundamental para tener una gran organización y clasificación, que no se mezcle los residuos que se generan, siendo el uso de contenedores en sitio la solución para disminuir los impactos ambientales que provocan los RCD (Del Río Merino, Izquiero y Salto, 2010).

De acuerdo con el artículo de Audus et al. se analizó las buenas prácticas ambientales relacionadas con la gestión de los RCD. Su enfoque principal es la

trazabilidad de los residuos que se generan por parte de las empresas constructoras, es decir, que una de las soluciones para minimizar los RCD, es mantener un registro y control de sus propios RCD que se generan durante todas las etapas de operación, desde la solicitud, transporte y entrega del material para la obra. Por lo que el concluye que la mala práctica de los materiales ocasión a veces una pérdida del 15 % de los elementos, siendo esto reflejado en el incremento del presupuesto del proyecto (Audus I., Charles P., Evans S., 2010).

| Autor | Año | País | Fase | Buenas prácticas |
|------------------------------------|------------|-------------|-------------|---|
| Osmani et al. | 2008 | Reino Unido | Diseño | Análisis de la generación de RCD |
| Begum et al. | 2009 | Malasia | Ejecución | Formación y actitud del personal para la gestión de RCD |
| Tam | 2008 | Hong Kong | Ejecución | Formación del personal, reciclaje desde su origen in situ, y aplicación de plan de gestión RCD. |
| Consetido | 2020 | Chile | Ejecución | Implementación de talleres para las definiciones de roles y responsabilidades para minimizar los RCD. |
| Echeverría Izquierdo Edificaciones | 2020 | Chile | Diseño | Estructuras prefabricadas reemplazada con la construcción en campo ayuda a minimizar los RCD |
| Axis S.A | 2020 | Chile | Ejecución | Reutilización de residuos de hormigón para elementos no estructurales |
| Raúl Carrasco M. | 2018 | Ecuador | Reciclaje | Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental |
| Robayo R. et al. | 2016 | Colombia | Reciclaje | Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente |
| Martínez Y., Poveda J. | 2015 | Colombia | Reciclaje | Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra |

| | | | | |
|------------------------|------|-------------|-------------------------------|---|
| Australian Government | 2012 | Australia | Aprovechamiento | Reutilización de escombros de ladrillo y hormigón como base y sub-base para carreteras |
| CMIC | 2013 | México | Aprovechamiento | Aplicación en diferentes sitios dependiendo del material reciclado, como sub-base, base, terraplenes, rellenos, camas de tuberías entre otras. |
| Del Río Merino et al. | 2010 | España | Almacenamiento | Planificar y colocar número de contenedores para la clasificación de residuo según el tipo de material y con las actividades a desarrollar en obra. |
| Audus, Charles & Evans | 2010 | Reino unido | Transporte | Registrar cantidades y características de RCD propias de las empresas constructoras (origen, naturaleza, cantidad, almacenamiento y entrega). |
| Wang et al. | 2010 | China | Procesamiento de los residuos | Implementar maquinarias trituradoras o compactadoras en obras para la reducción de RCD y brindar mayor manejabilidad. |

Tabla 3.7.- Resumen de las investigaciones realizadas sobre buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Chile |
| Autor | CONSENTIDO |
| Nombre | Talleres consentido definición de roles |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Proyectista de la obra |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y trabajadores |
| Objetivo | La buena práctica por definiciones de roles se enfoca principalmente en tener una correcta organización y planificación desde el personal encargado hasta las responsabilidades que cada uno posee para el correcto cumplimiento |
| Desarrollo | Los talleres se desarrollan con las jefaturas encargada de la obra, en la cual todo los involucrados describen y enlistan todas las actividades que realizan para una correcta gestión de residuos. Luego van asociando estas responsabilidades a cada persona que ocupa dicho cargo, manteniendo pública y a disposición de cualquier trabajador de la obra. |
| Resultados | Se obtiene una correcta organización involucrando a todo el equipo de trabajo, para obtener óptimos resultados de obra. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.8.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Reino Unido |
| Autor | Osmani |
| Nombre | Análisis de la generación de RCD |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Departamento de diseño |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras |
| Objetivo | La buena práctica por análisis de generación de RCD pretende analizar la disminución de estos residuos en la etapa de diseño. |
| Desarrollo | Se desarrolla en la etapa de diseño, donde consiste en realizar las modificaciones posibles y tener los planos definitivos, sin cambios tras la aprobación. |
| Resultados | Se obtiene disminución de los residuos por medio de los diseños aprovechando todos los espacios y no realizando cambios al momento de la ejecución. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.9.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Malasia |
| Autor | Begum |
| Nombre | Formación y actitud del personal para la gestión de RCD |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Residente de obra |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y obreros |
| Objetivo | La buena práctica por formación y actitud del personal para la gestión de RCD se enfoca principalmente en tener capacitado el personal del trabajo. |
| Desarrollo | Se desarrolla en la etapa de ejecución de la obra y de la formación del personal. |
| Resultados | Se obtiene disminución de los residuos por medio de una correcta organización y actitud del personal de trabajo, disminuyendo los residuos generados. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.10.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|--|
| País | Hong Kong |
| Autor | Tam |
| Nombre | Formación del personal, reciclaje desde su origen in situ, y aplicación de plan de gestión RCD. |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Residente de obra |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y obreros |
| Objetivo | La buena práctica se enfoca en tener el personal capacitado para aplicación de un plan de gestión empezando de la separación de materiales in situ. |
| Desarrollo | Se desarrolla in situ en la cual el personal capacitado para separar los materiales por su origen, revisando cual se lo puede reciclar y cual no. |
| Resultados | Se obtiene disminución de los residuos por medio de una correcta separación de materiales in situ para poder reutilizar disminuyendo los residuos generados. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.11.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Chile |
| Autor | Echeverría Izquierdo Edificaciones |
| Nombre | Estructuras prefabricadas reemplazada con la construcción en campo ayuda a minimizar los RCD |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Proyectista de obra |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y obreros |
| Objetivo | La buena práctica se estructura prefabricadas tiene como objetivo reemplazar a obras ejecutadas in situ, reduciendo la generación de residuos en la etapa constructiva. |
| Desarrollo | Se desarrolla elementos prefabricados en talleres o industrias en la cual después de lo traslada y coloca en obra. |
| Resultados | Se obtiene disminución de los residuos constructivo en obra y reducción de ejecución de la obra en su totalidad. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.12.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Chile |
| Autor | Axis S.A. |
| Nombre | Reutilización de residuos de hormigón para elementos no estructurales |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Proyectista de obra |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y obreros |
| Objetivo | La buena práctica de reutilización de residuos de hormigón para elementos no estructurales tiene como objetivo principal disminuir los residuos generados por la construcción |
| Desarrollo | Se desarrolla con los desperdicios de hormigón y son utilizados en soporte de ventanal u otros elementos no estructurales |
| Resultados | Se obtiene disminución de los residuos constructivo en obra y reducción de presupuesto general. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.13.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|--|
| País | Ecuador |
| Autor | Raúl Carrasco M. |
| Nombre | Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Municipio |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos destinados en vertederos mediante la reutilización de residuos de construcción para la elaboración de bloques de hormigón |
| Desarrollo | Se desarrolla bloques de hormigón a partir de los residuos de construcción clasificados, como materia prima y se comprueba si cumple o no con las resistencias de la normativa local. |
| Resultados | Se obtiene bloques de hormigón que cumple con la resistencia mínima de la norma ecuatoriana reflejando una disminución de los residuos constructivo en obra que estaban destinados para los vertederos |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.14.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Colombia |
| Autor | Robayo R. et al. |
| Nombre | Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Municipio |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos destinados en vertederos mediante la reutilización de ladrillos activados alcalinamente para la elaboración de elemento constructivos |
| Desarrollo | Se desarrolla elementos constructivos a partir de ladrillos activados alcalinamente, como materia prima y se comprueba si cumple o no con las resistencias de la normativa local. |
| Resultados | Se obtiene elementos constructivos que cumple con la resistencia mínima de la norma colombiana reflejando una disminución de los residuos constructivo en obra que estaban destinados para los vertederos |
| Anexo fotográfico |  <p>La imagen muestra un espacio de exhibición al aire libre con varios bloques de hormigón y ladrillos reutilizados. Hay una pila de bloques de hormigón con una etiqueta que dice 'BALCONES DE HORMIGÓN'. Hay también una pila de ladrillos reutilizados con una etiqueta que dice 'LADRILLOS REUTILIZADOS'. Hay un cartel con un símbolo de reciclaje y la palabra 'REUTILIZA'. Hay un cartel con el texto 'REUTILIZA' y un cartel con el texto 'REUTILIZA'.</p> |

Tabla 3.15.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Colombia |
| Autor | Martínez Y. & Poveda J |
| Nombre | Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Municipio |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de construcción destinados en vertederos mediante la fabricación de adoquines como materia prima |
| Desarrollo | Se desarrolla elementos constructivos a partir de ladrillos activados alcalinamente, como materia prima y se comprueba si cumple o no con las resistencias de la normativa local. |
| Resultados | Se obtiene adoquines que cumple con la resistencia mínima de la norma colombiana reflejando una disminución de los residuos constructivo en obra que estaban destinados para los vertederos |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.16.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Australia |
| Autor | Australian Government |
| Nombre | Reutilización de escombros de ladrillo y hormigón como base y sub-base para carreteras |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Municipio |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de construcción destinados en vertederos mediante su aplicación como base y subbase para carreteras |
| Desarrollo | Se recolecta los escombros de ladrillo y hormigón para colocación como base y subbase en carretera de menor categoría, debidamente compactada |
| Resultados | Se obtiene una gran cantidad de minimización de RCD, la cual ayuda a disminuir el impacto negativo al medioambiente |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.17.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|--|
| País | México |
| Autor | CMIC |
| Nombre | Aplicación en diferentes sitios dependiendo del material reciclado, como sub-base, base, terraplenes, rellenos, camas de tuberías entre otras |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Municipio |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de construcción destinados en vertederos mediante su aplicación como material reciclado, como sub-base, base, terraplenes, rellenos, camas de tuberías entre otras |
| Desarrollo | Se recolecta y se clasifica los escombros según su tamaño y estado para destinarlo a aplicación como como sub-base, base, terraplenes, rellenos, camas de tuberías entre otras |
| Resultados | Se obtiene una gran cantidad de minimización de RCD, la cual ayuda a disminuir el impacto negativo al medioambiente |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.18.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | España |
| Autor | Del Río Merino et al. |
| Nombre | Planificar y colocar número de contenedores para la clasificación de residuo según el tipo de material y con las actividades a desarrollar en obra. |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Director de proyecto |
| Colaboradores (internos y externos) | Técnicos de obras y trabajadores |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de construcción mediante la clasificación de residuos en contenedores según la actividad y material |
| Desarrollo | Se recolecta y se clasifica los residuos según su material y tamaño para tener un control y un plan de gestión de RCD |
| Resultados | Se obtiene una gran cantidad de minimización de RCD separada y clasificada, la cual ayuda a no contaminar los residuos con los peligrosos y no peligrosos |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.19.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|---|
| País | Reino Unido |
| Autor | Audus, Charles & Evans |
| Nombre | Registrar cantidades y características de RCD propias de las empresas constructoras (origen, naturaleza, cantidad, almacenamiento y entrega). |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Director de proyecto |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo registrar las cantidades y características de los RCD, desde su origen, almacenamiento, transporte y entrega. |
| Desarrollo | Se realiza el registro de la cantidad y características de material que ingresa a la obra, y se le da seguimiento hasta su disposición final |
| Resultados | Se obtiene los registros del material generado en obra y el material que se considera como residuos y transportado a su disposición final. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.20.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

| FICHA TÉCNICA BUENAS PRACTICAS PARA LOS RCD | |
|---|--|
| País | China |
| Autor | Wang et al. |
| Nombre | Implementar maquinarias trituradoras o compactadoras en obras para la reducción de RCD y brindar mayor manejabilidad. |
| Responsable (Departamento/ Área/ Delegación) | Director de proyecto |
| Colaboradores (internos y externos) | Constructoras |
| Objetivo | La buena práctica tiene como objetivo reducir tamaños grandes de residuos de construcción para una mayor manejabilidad y disposición final |
| Desarrollo | Se debe adquirir una máquina trituradora para los escombros y tener un área suficientemente grande para poder realizar la actividad. |
| Resultados | Se obtiene escombros en menores tamaños y una mejor manejabilidad y espacio de estos residuos. |
| Anexo fotográfico |  |

Tabla 3.21.- Ficha técnica para buenas prácticas en la gestión de RCD.

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

En conclusión, las buenas prácticas aplicadas a los RCD son aquellas acciones que deberán tomar en cuenta para una correcta mitigación de la contaminación que se genera en el sector de la construcción. De acuerdo con las buenas prácticas para RCD investigadas e implementadas en algunas empresas de diferentes países, se realiza una tabla donde se aplicaría para nuestro plan de gestión de RCD en la ciudad de Guayaquil. Así mismo se puede apreciar las buenas prácticas clasificadas según las fases del plan propuesto.

| | |
|---|---|
| Minimización de RCD | Formación y actitud del personal para la gestión de RCD |
| | Implementación de talleres para las definiciones de roles y responsabilidades para minimizar los RCD. |
| Identificación de generadores | Formación del personal, reciclaje desde su origen in situ, y aplicación de plan de gestión RCD. |
| Clasificación | Planificar y colocar número de contenedores para la clasificación de residuo según el tipo de material y con las actividades a desarrollar en obra. |
| | Implementar maquinarias trituradoras o compactadoras en obras para la reducción de RCD y brindar mayor manejabilidad. |
| Plan de calidad | Análisis de la generación de RCD |
| | Estructuras prefabricadas reemplazada con la construcción en campo ayuda a minimizar los RCD |
| | Reutilización de residuos de hormigón para elementos no estructurales |
| Transporte | Registrar cantidades y características de RCD propias de las empresas constructoras (origen, naturaleza, cantidad, almacenamiento y entrega). |
| Procesamiento y tratamiento de RCD | Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón |
| | Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente |
| | Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra |
| | Reutilización de escombros de ladrillo y hormigón como base y sub-base para carreteras |
| | Aplicación en diferentes sitios dependiendo del material reciclado, como sub-base, base, terraplenes, rellenos, camas de tuberías entre otras |

Tabla 3.22.- Resumen de estrategias de buenas prácticas para el plan de gestión de RCD en Guayaquil

Fuente: Jhon Macas y Anthony Palma

3.5 Tecnología implementada para la gestión de los RCD

Durante los últimos años la ciudad de Guayaquil ha experimentado un desarrollo urbano significativo, evidenciado por las implementaciones de nuevos proyectos de infraestructura modernas, como es la construcción, remodelación o ampliación urbanística. Por supuesto, estas obras civiles están generando anualmente cantidades notable de escombros, siendo estos destinados en rellenos sanitarios, municipales o clandestinos. Es por ello la importancia de investigar e implementar nuevas tecnologías y métodos de logística inversa a la gestión de los RCD aplicados en diferentes países de Europa, Latinoamérica, Asia entre otros a nivel mundial.

En la actualidad, existen instituciones públicas, universidades y organizaciones privadas de investigación que realizan varios estudios de como disminuir o reaprovechar estos residuos que se generan a diario afectando el medio ambiente y a las futuras generaciones, incentivando y motivando a desarrollar proyectos más sostenibles.

Por ejemplo, investigadores españoles que pertenecen al grupo de investigación Tecnología Edificatoria y Medioambiente (TEMA) de la Universidad Politécnica de Madrid, buscan la mejora de la reciclabilidad de los RCD aplicando en otras obras menores, siempre y cuando las principales características sean de menor exigencia. Inclusive, el TEMA está desarrollando un proyecto que es Sistema de Gestión Integral de los RCD constituido por dos partes esenciales, Estudio y Plan de gestión de los RCD y el Manual de Buenas Prácticas, del mismo modo fortaleciendo todas las etapas del proceso constructivo para controlar y establecer las responsabilidades de los materiales de residuo que se genera en distintas unidades de obra (Del Río Merino, Izquiero y Salto, 2010).

Por otra parte, varios países de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá tienen el objetivo de disminuir la cantidad de RCD que se generan y terminan los rellenos sanitarios. Ciertas investigaciones han resultado que hay un alto porcentaje de elementos de construcción factibles para su reutilización, creando programas para reutilizarlos y reciclarlos con nuevas tecnologías transformando el problema de los RCD en negocios.

Por lo general, los elementos de materiales reciclado que tiene una excelente acogida en el mercado deben ser primeramente clasificado, es decir, ser separado desde su origen para poder determinar su destino. Por ejemplo, las bases y subbases sobrantes de obras son también consideradas para colocarlas en las carreteras de segundo orden, urbanizaciones, áreas industriales o áreas de expansión como suelo de mejoramiento. De la misma manera, se pueden implementar los áridos o los residuos de ladrillos para drenajes, rellenos de zanja, lechos de patio o azoteas. Además, existen otros tipos de materiales de los RCD, cuyo destino genera ingresos económicos, como la venta de chatarra férrea, vidrio, materiales de madera, cercos, rejas, entre otros.

Por otro lado, los áridos reciclados de acuerdo con estudios realizados por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC) y la Junta de Residuos de la Generalitat de Catalunya, deberán cumplir ciertas especificaciones en cuanto a granulometría, estabilidad volumétrica y capacidad portante, para su aplicación como mejoramiento de suelo o de rellenos en las cimentaciones de edificaciones unifamiliares, contribuyendo así a la minimización de residuos destinados a los rellenos municipales, alargando así la vida útil de estos espacios (Del Río Merino, Izquiero y Salto, 2010).

Es por ende la importancia sobre una correcta clasificación de los residuos de la construcción y remodelación in situ, ya que nos permitirá proponer en base al material reciclado una aplicación distinta para un mejor ahorro económico y una disminución de impacto ambiental.

De hecho, Holanda es uno de países de Europa con mejor regulación y manejo de los residuos de construcción debido a la metodología de conciencia colectiva de protección ambiental y normativas vigentes como por ejemplo normas de proyección del suelo de rellenos, normas de calidad de aire, y normativas de responsabilidad extendida de los productores. Dentro de estas normativas se menciona que es fundamental que los RCD estén destinados a plantas de tratamiento de residuos especializadas, donde realizan diferentes técnicas de separación mediante

trituration, tamizado, fuerza magnética, fuerza de aire, inducción eléctrica y técnicas hidráulicas (Pacheco N., 2020).

Por lo tanto, se puede apreciar diferentes tecnologías implementadas en las plantas de tratamiento especializada para los RCD y clasificarlos por la actividad a realizar.

3.5.1 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por su clasificación

- Separación manual: es el proceso que clasifica y separar de manera manual diferentes materiales (madera, metal, plásticos y hormigón) con un personal de trabajo capacitado que identifican y separa los diferentes tipos de materiales que son trasladados en una banda transportadora. Es la tecnología más tradicional con la condición de que es una fuente de generación de empleo, ya que no es reemplazable con maquinarias inteligentes.



Figura 3.4.- Separación manual de los RCD

Fuente: Medio ambiente, Ingoserma, 2018.

- Cribado y tamizado: Es una de la técnica primordial en las plantas de tratamiento de los RCD ya que consiste en separar los materiales granulares a través de mallas o tamices de diferentes tamaños para luego separarlos y clasificarlos según su tamaño deseado para futuras aplicaciones. Es aquí donde se obtienen mayores materiales reciclables para ser reutilizados en diferentes obras, promoviendo de esta manera una economía circular y gestión sostenible.



Figura 3.5.- Cribado y tamizado de los RCD

Fuente: Interveira, 2023.

- Separación magnética: Mediante esta tecnología de maquinarias que generan ese campo de magnetismo que nos permite separar el hierro y acero mediante la implementación de imanes de alta tracción para poder retirar y separar estos residuos de los escombros que terminan en las plantas de tratamientos.



Figura 3.6.- Separación magnética de los RCD

Fuente: Steinert, 2024.

3.5.2 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por trituración

- Trituradora de mandíbulas: Son maquinarias utilizada en las industrias mineras o de construcción, que se basa en una de las tecnologías más usadas para la reducción y trituración de grandes tamaños de los RCD que llegan a la planta mediante mandíbulas que ejercen presión entre ellas. Para ser más exacto tiene una mandíbula móvil y una fija, la cual su movimiento de abrirse y cerrarse hasta aplastar el material colocado entre ella y así obtener los materiales de menor volumen.



Figura 3.7.- Triturador de mandíbulas

Fuente: Dismet, 2023.

- Trituradora de impacto: Es una maquinaria similar a la trituradora de mandíbula; sin embargo, utiliza un método distinto para obtener material triturados. Se basa en una superficie de impacto que golpea contra una superficie solida a una alta velocidad el material ingresado para su reducción de tamaño. Unos de su beneficio es que genera cantidades menores de polvo y que utilizan sistemas de seguridad para proteger a los operadores.



Figura 3.8.- Triturador de impacto

Fuente: Hengtailong, 2020.

- Trituradora de cono: Es una maquinaria que sirve para triturar grandes tamaños de RCD mediante la compresión de una pieza móvil cónica y una pieza fija cóncava. Es considerado como un sistema rápido, seguro y de obtención de producto de calidad con tamaños uniformes.



Figura 3.9.- Triturador de cono

Fuente: Dismet, 2023.

3.5.3 Tecnología en planta de tratamiento de RCD por separación

- Separación por densidad: Con esta tecnología se clasifican los materiales según su densidad, desde los más pesados a los más ligeros, mediante cribas, separadores de corrientes de aire y masa y mesas densimétricas.
- Separación por flotación: Consiste en la separación de materiales con distintas densidades mediante el uso de un medio líquido, en la mayoría de los casos es el agua. Esto hace que los materiales más densos y pesados se hundan mientras que los menos densos queden suspendidos permitiendo la separación de estos residuos.
- Separación por gravedad: Consiste así mismo en la separación de materiales pesados y ligeros mediante el uso de la gravedad, siendo el hormigón y metales más pesados y separándolos de los plásticos y madera.

En conclusión, se debe elegir el método y tecnología más apto para la ciudad que se esté destinando la planta de tratamiento de los RCD y así mismo según a las aplicaciones que se le quiere dar con estos materiales reciclados. De hecho, se puede observar en la siguiente tabla las aplicaciones que se le puede dar a los materiales reciclados.

| Material Reciclado | Aplicación |
|---------------------------|---|
| Agregado reciclado | Bases para carreteras |
| Mezcla material asfáltico | Bases asfálticas, Asfalto caliente, carreteras |
| Material firme | Terraplenes |
| Arena reciclada | Cobertura en rellenos, fabricación de blocks, tabiques, adocretos, losetas, bordillos. |
| Agregados finos | Ciclopistas |
| Agregados reciclados | Camas de tuberías, relleno de cimentaciones, pedraplenes, relleno para azotea o jardines. |

Tabla 3.23.- Identificación de materia reciclado de los RCD y su aplicación

Fuente: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2013.

4. CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones

Análisis de protocolos y las normativas locales e internacionales:

- Se ha identificado 8 fases de la gestión de RCD: Auditoria previas en obras, identificación de generadores, clasificación, plan de calidad, transporte, almacenamiento, procesamiento o tratamiento y disposición final de los RCD.
- Se han encontrado 3 formas distintas de clasificar e identificar los RCD: Por el origen, por la cantidad de residuo generado, por la peligrosidad y tipo de material o producto.

Desarrollo de plan de gestión de RCD para la Guayaquil:

- Se propone 7 fases para la gestión de los RCD basados en la jerarquía de los residuos, priorizando las acciones e implementación de estrategias para minimizar la generación de residuos en obra por ejemplo con la utilización de metodologías BIM, materiales prefabricados y estrategias en base al tipo de material ocupado en obra para reducir y extender al máximo su tiempo de vida útil.
- Se clasifican los RCD en base a su origen y volumen generado por obra, además se propone un sistema de identificación y clasificación basado en 10 tipos de materiales como hormigones, metales, maderas, suelos, etc., con la finalidad de mejorar y aumentar la eficiencia en la fase de tratamiento, aprovechamiento y valorización.
- Debido a la magnitud y escala del plan gestión para la ciudad se propone su implementación progresiva en el transcurso de 3 años, en dicho tiempo se buscará vincular los actores claves como la municipalidad, industrias, cámara de construcción, profesionales del sector de la construcción y la ciudadanía mediante el plan de concientización que buscará afianzar la implementación del plan de gestión con el cual podemos alcanzar hasta un 75% del aprovechamiento de los RCD, es decir de las 140 mil toneladas anuales de RCD que se generan en la ciudad 105 mil toneladas de residuos se pueden reusar, reciclar y aprovechar como materias primas y producción de energía.

4.2 Recomendaciones

- Para alcanzar un mejor grado de aprovechamiento de los RCD lo ideal es realizar su identificación y clasificación in situ, además optimizar las rutas de transporte priorizando recorrer la menor cantidad de kilómetros hasta los centros de transferencia, centro de ambiental y disposición final para reducir el impacto ambiental y asegurar la integridad de los RCD.
- En base al análisis realizado se evidencia que para la ciudad de Guayaquil no se promueve la jerarquía de residuos ya que en su totalidad los RCD terminan en vertederos y el relleno sanitario, por lo que es importante se promueva la jerarquía de residuos con la finalidad de alcanzar un mejor aprovechamiento y gestión de los RCD, minimizando su impacto ambiental.
- Se proponer aplicar al 100% las 7 fases de gestión de los RCD propuestos en el plan y además implementación de estrategias identificadas en el análisis de las la buenas practicas estudiadas, con la finalidad de alcanzar un mayor impacto y garantizar el éxito del plan de gestión de los RCD.
- Se deben considerar la implementación de buenas prácticas que optimicen la ejecución del plan de gestión, mediante alternativas viables como la reutilización de ladrillos y bloques como sub-base de estructuras de carreteras. Además, incorporando tecnologías que permitan automatizar, agilizar y garantizar la calidad de los materiales recuperados del tratamiento de los RCD.
- Se recomienda el desarrollo e implementación de la plataforma de trazabilidad de los RCD que permita el registro de los RCD que se generan, almacenan, transportan, aprovechan y disponen en los rellenos sanitarios, transparentando su gestión y facilitar la vinculación con la industria de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- (RCD), G. y. (2015). Agencia de la obra pública de la Junta de Andalucía.
- Audus I., Charles P., Evans S. (2010). Environmental good practice on site: CIRIA. *CIRIA*.
- Australian Government. (2012). Construction and demolition waste guide - recycling and re-use across the supply chain. *Department of sustainability, environment, water, population and communities*.
- Begum, Siwar, Pereira, & Jaafar. (2009). Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia. *El sevier*.
- Carrasco M., R. B. (2018). APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL. *PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*.
- Chen, K; Wang, J; Yu, B; Wu, H; Zhang, J. (2021). Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis. *Journal of Cleaner Production*.
- CMIC. (2013). Plan de manejo de residuos de la construcción y demolición. *Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción*.
- Construye 2025. (05 de 11 de 2019). *Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo?* Obtenido de <https://construye2025.cl/2019/11/05/escombros-de-la-construccion-llenarian-15-veces-el-estadio-nacional-para-2025-que-hacemos-para-evitarlo/>
- Del Río Merino, Izquiero y Salto. (2010). Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste management & research*.
- Diaz-Kovalenko I., L. K. (2022). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Revista ciencia social y economia UTEQ*.
- ESAP. (2016). Diseño del Plan de Manejo Ambiental de la Escuela Superior de Administración Pública. *Escuela Superior de Administración Pública*.
- Europea, C. (2016). *Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea*. Europa: Comisión Europea.
- GAD Guayaquil. (05 de 08 de 2022). *Guayaquil aportó el 26,3% al PIB nacional del sector de la construcción*. Obtenido de Alcaldía de Guayaquil:

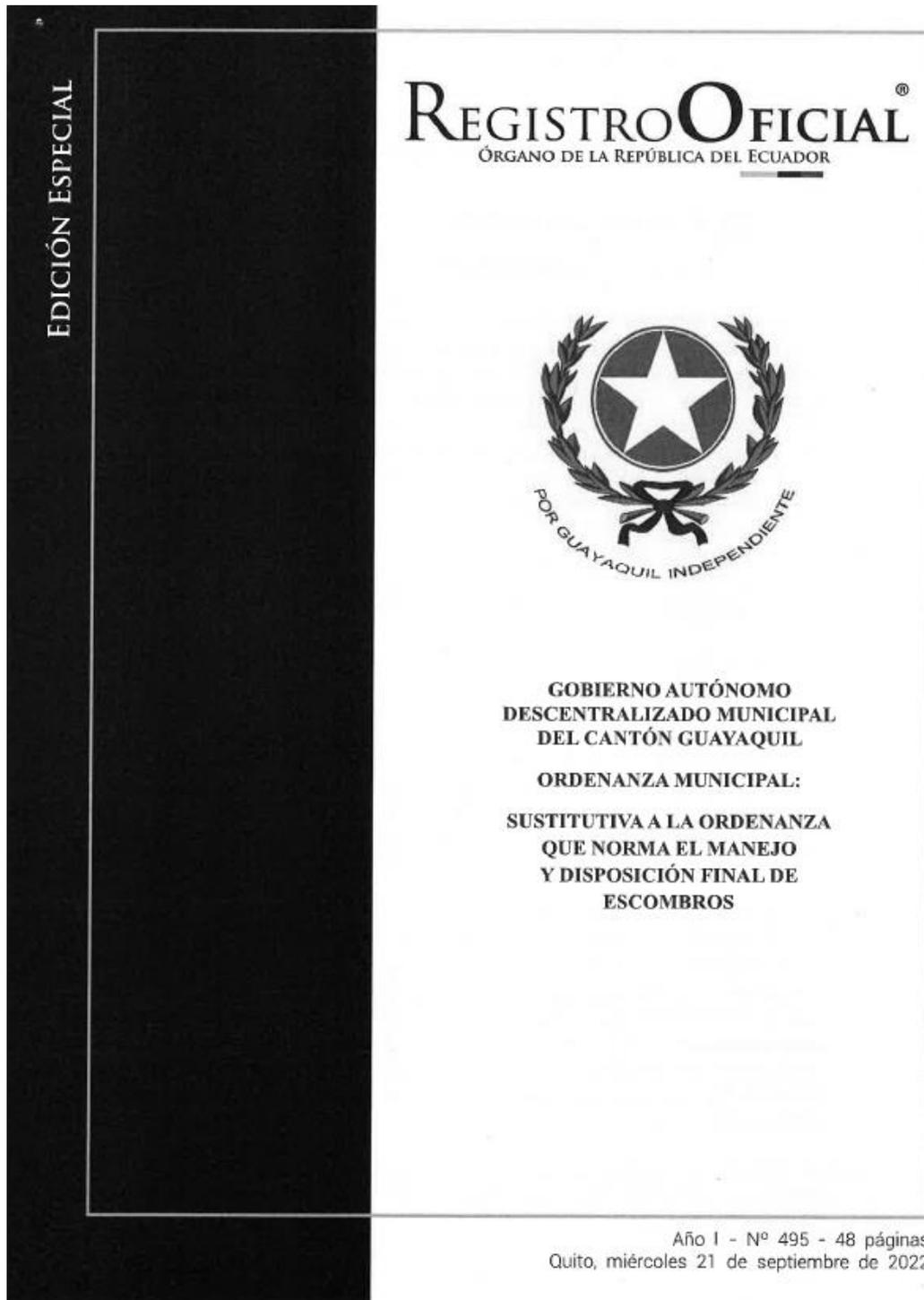
<https://www.guayaquil.gob.ec/guayaquil-aporto-el-263-al-pib-nacional-del-sector-de-la-construccion/>

- GAD M Guayaquil. (2021). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 y del Plan de Uso y Gestión del Suelo*. Quito: Registro Oficial.
- Guayaquil, G. M. (2022). *Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil*. Guayaquil.
- Guerrero M. Anthony; Villacrés L. Julio. (2022). El reciclaje en la ciudad de Guayaquil. *Universidad Politécnica Salesiana*.
- Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC. (2022). *Estadística y Censos*. Quito: INEC.
- M. Osmani, J. Glass & A. D. F. Price. (2008). An investigation of design waste causes in construction. *Transactions on Ecology and the Environment*.
- Martínez Y., Poveda J. (2015). Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros de obra. *Univeridad La Gran Colombia*.
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). *Libro blanco de la economía circular en Ecuador*. Quito: MPCEIP.
- Ossio F.f, Salinas S., Behar N. (2020). PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA, PASO A PASO. *Research Gate*.
- Pacheco N., B. S. (2020). Reutilización de residuos de construcción y demolición (rcd) en la industria de la construcción. *Universidad Militar Nueva Granada*, 6.
- Querétaro, E. d. (2022). *Norma técnica ambiental estatal, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción y demolición y su trazabilidad para el estado de Querétaro*. Querétaro.
- RAE, R. A. (2023). *Real Academia Española*. Asociación de academias de la lengua española.
- Robayo S. Rafael; Mejía R.; Mulford A. (2016). Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente. *Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia*.
- Saldias, A. F. (s.f.). https://wiki.ead.pucv.cl/Felipe_Saldias_-_Ficha_02/03072014. Obtenido de https://wiki.ead.pucv.cl/Felipe_Saldias_-_Ficha_02/03072014

- sostenible, O. O. (s.f.). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- UAESP. (2012). Aportes para la construcción de la política Basura Cero en Bogotá. *Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos*.
- VWY Tam, CM Tam , SX Zeng. (2008). Comparison of environmental performance assessment for construction in Hong Kong and the Mainland China. *Department of Building & Construction City University of Hong Kong*.
- Wang J., Yuan H., Kang X., Lu W. (2010). Critical success factors for on-site sorting of construction waste: A china study. *Resources, Conservation and Recycling*.

ANEXOS

Registro Oficial: Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza que norma el Manejo y Disposición Final de Escombros en el Cantón Guayaquil.



Manifiesto de Trazabilidad de residuos de la construcción y demolición, Normativa internacional de la ciudad de Querétaro (México).

NORMA TÉCNICA AMBIENTAL ESTATAL, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y SU TRAZABILIDAD PARA EL ESTADO DE QUERÉTARO.

Manifiesto de Trazabilidad de residuos de la construcción y demolición

| | | | |
|--|--|---|---------------------|
| GE NE RA DO R | 1.-NUM. DE REGISTRO (Resolutivo de Impacto Ambiental, número de registro.) | | |
| | 2.- RAZÓN SOCIAL DE LA PERSONA FÍSICA O MORAL GENERADORA: | | |
| | 3. - DOMICILIO FISCAL | | |
| | CALLE: | | COLONIA. |
| | MUNICIPIO | | C.P.: |
| | 4. DOMICILIO DEL PREDIO DONDE SE REALIZA LA OBRA | | |
| | CALLE: | | COLONIA. |
| | MUNICIPIO | | C.P.: |
| | TEL. | | |
| | GÉNERO DEL EDIFICIO: | SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN O SUPERFICIE A INTERVENIR: | |
| | TIPO DE OBRA: | | |
| | | CONSTRUCCIÓN | REHABILITACIÓN |
| | | MODIFICACIÓN | RESTAURACIÓN |
| | | REMODELACIÓN | REPARACIÓN |
| | | AMPLIACIÓN | INSTALACIÓN |
| | ADECUACIÓN | DEMOLICIÓN | |
| | SUSTITUCIÓN DE INFRAESTRUCTURA | CONSERVACIÓN | |
| | MANTENIMIENTO | OTROS | |
| 5.- DESCRIPCIÓN (Nombre del residuo, Conforme a la Tabla 1 de la presente Norma Ambiental) | | CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO GENERADO (Ton) | FECHA DE GENERACIÓN |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| INDIQUE EL NOMBRE DEL PRESTADOR DE SERVICIO DE TRANSPORTE AL QUE ENTREGÓ SUS RESIDUOS: | | | |
| 6.- DECLARACIÓN DEL GENERADOR: | | | |

NORMA TÉCNICA AMBIENTAL ESTATAL, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y SU TRAZABILIDAD PARA EL ESTADO DE QUERÉTARO.

| | | | |
|--|---|--|------------------------|
| TR AN S P O R T E | DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE MANIFIESTO ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO, BIEN CLASIFICADO, Y MARCADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN VIGENTE. | | |
| | NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE _____ | | |
| | 7.- RAZÓN SOCIAL DE LA PERSONA FÍSICA O MORAL TRANSPORTISTA: | | |
| | DOMICILIO FISCAL: | | TELÉFONO: |
| | AUTORIZACIÓN RAMIR: | | NO. DE REGISTRO S.C.T. |
| | Folio Fiscal de la factura asociada al transporte de RCM | | |
| | 8.- RECIBÍ LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE. | | |
| | NOMBRE: | | FIRMA |
| | CARGO: | | FECHA DE EMBARQUE: |
| | DÍ A ME S AÑ O | | |
| | 9.- DISTANCIA RECORRIDA DESDE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA (Km). | | |
| | 10.- TIPO DE VEHÍCULO | | No. DE MATRICULA: |
| | | | |
| 11.- TIPO DE COMBUSTIBLE | | CANTIDAD (L): | |
| | | | |
| 12.- DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO RECIBIDO (Nombre del residuo, Conforme a la Tabla 1 de la presente Norma Ambiental) | | CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO TRANSPORTADO (Ton) | |
| | | | |

NORMA TÉCNICA AMBIENTAL ESTATAL, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y SU TRAZABILIDAD PARA EL ESTADO DE QUERÉTARO.

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| | | |
| | | |
| 13.- ESPECIFIQUE LAS CONDICIONES CONFORME A LAS CUALES TRANSPORTA LOS RESIDUOS (Marque con una X) | | GRANEL: ENCOSTALADO: |
| 14.- INDIQUE EL NOMBRE Y DOMICILIO DEL SITIO DE DISPOSICIÓN (CENTRO DE ACOPIO, TRANSFERENCIA, PLANTA DE RECICLAJE O SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL) DE LOS RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL QUE TRANSPORTA: | | |
| 15.- DECLARACIÓN DEL PRESTADOR DE SERVICIO DE TRANSPORTE: DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE MANIFIESTO ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO, BIEN CLASIFICADO, Y MARCADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VÍA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN VIGENTE. | | |
| NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE | | |

| | | | | | |
|----------------|--|--|--------------------|-----|-----|
| Destino | 17.- RAZON SOCIAL DE LA PERSONA FISICA O MORAL DESTINATARIA (CENTRO DE ACOPIO, CENTRO DE TRANSFERENCIA, PLANTA DE RECICLAJE O SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL): | | | | |
| | 18.- NÚMERO DE AUTORIZACIÓN (Centro de Acopio) | | | | |
| | DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO: | | TELÉFONO | | |
| | 19.- RECIBÍ LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO. | | SI | | NO |
| | NOMBRE: | | | | |
| | CARGO: | | FIRMA | | |
| | OBSERVACIONES: | | FECHA DE RECEPCIÓN | | |
| | Folio Fiscal de la factura asociada al acopio de RCD | | DÍA | MES | AÑO |
| | 21.- FECHA DE RECEPCIÓN DEL EMBARQUE AL CENTRO DE ACOPIO. | | | | |
| | 22.- FECHA DE SALIDA DEL CENTRO DE ACOPIO | | | | |

Listado Europeo de Residuos Código LER; Capítulo 17 Residuos de Construcción y Demolición.

| | | | | |
|-------------|---|-------|---|-----------------|
| 17 | RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS) | | | |
| 1701 | HORMIGÓN, LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS | | | |
| 17 01 01 | Hormigón | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 17 01 02 | Ladrillos | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 17 01 03 | Tejas y materiales cerámicos | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 17 01 06* | Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 1 Peligrosos |
| 17 01 07 | Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06 | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 1702 | MADERA, VIDRIO Y PLÁSTICO | | | |
| 17 02 01 | Madera | 07.53 | Otros residuos de madera | 0 No peligrosos |
| 17 02 02 | Vidrio | 07.12 | Otros residuos de vidrio | 0 No peligrosos |
| 17 02 03 | Plástico | 07.42 | Otros residuos plásticos | 0 No peligrosos |
| 17 02 04* | Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 1 Peligrosos |
| 1703 | MEZCLAS BITUMINOSAS, ALQUITRÁN DE HULLA Y OTROS PRODUCTOS ALQUITRANADOS | | | |
| 17 03 01* | Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla | 12.12 | Residuos de materiales hidrocarbonizados para el afirmado de carreteras | 1 Peligrosos |
| 17 03 02 | Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01 | 12.12 | Residuos de materiales hidrocarbonizados para el afirmado de carreteras | 0 No peligrosos |
| 17 03 03* | Alquitrán de hulla y productos alquitranados | 12.12 | Residuos de materiales hidrocarbonizados para el afirmado de carreteras | 1 Peligrosos |
| 1704 | METALES (INCLUIDAS SUS ALEACIONES) | | | |
| 17 04 01 | Cobre, bronce, latón | 06.24 | Residuos de cobre | 0 No peligrosos |
| 17 04 02 | Aluminio | 06.23 | Otros residuos de aluminio | 0 No peligrosos |
| 17 04 03 | Plomo | 06.25 | Residuos de plomo | 0 No peligrosos |
| 17 04 04 | Zinc | 06.26 | Residuos de otros metales | 0 No peligrosos |
| 17 04 05 | Hierro y acero | 06.11 | Desperdicios y residuos de metales férreos | 0 No peligrosos |
| 17 04 06 | Estaño | 06.26 | Residuos de otros metales | 0 No peligrosos |
| 17 04 07 | Metales mezclados | 06.32 | Otros residuos metálicos mezclados | 0 No peligrosos |
| 17 04 09* | Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas | 10.22 | Otros materiales mezclados e indiferenciados | 1 Peligrosos |
| 17 04 10* | Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas | 10.22 | Otros materiales mezclados e indiferenciados | 1 Peligrosos |
| 17 04 11 | Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10 | 06.26 | Residuos de otros metales | 0 No peligrosos |
| 1705 | TIERRA (INCLUIDA LA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS), PIEDRAS Y LODOS DE DRENAJE | | | |
| 17 05 03* | Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas | 12.61 | Suelos | 1 Peligrosos |
| 17 05 04 | Tierra y piedras distintas de las especificadas en las especificadas 17 05 03 | 12.61 | Suelos | 0 No peligrosos |
| 17 05 05* | Lodos de dragado que contienen sustancias peligrosas | 12.71 | Lodos de drenaje | 1 Peligrosos |
| 17 05 06 | Lodos de dragado distintos de los especificados en el código 17 05 05 | 12.71 | Lodos de drenaje | 0 No peligrosos |

| | | | | |
|-------------|---|-------|---|-----------------|
| 17 05 07* | Balasto de vías férreas que contiene sustancias peligrosas | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 1 Peligrosos |
| 17 05 08 | Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07 | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 1706 | MATERIALES DE AISLAMIENTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN QUE CONTIENEN AMIANTO | | | |
| 17 06 01* | Materiales de aislamiento que contienen amianto | 12.21 | Residuos de amianto | 1 Peligrosos |
| 17 06 03* | Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 1 Peligrosos |
| 17 06 04 | Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03 | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 0 No peligrosos |
| 17 06 05* | Materiales de construcción que contienen amianto | 12.21 | Residuos de amianto | 1 Peligrosos |
| 1708 | MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A BASE DE YESO | | | |
| 17 08 01* | Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 1 Peligrosos |
| 17 08 02 | Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01 | 12.11 | Residuos de hormigón, ladrillos y yeso | 0 No peligrosos |
| 1709 | OTROS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | | | |
| 17 09 01* | Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 1 Peligrosos |
| 17 09 02* | Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a base de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB) | 07.73 | Residuos de construcción y demolición que contienen PCB | 1 Peligrosos |
| 17 09 03* | Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 1 Peligrosos |
| 17 09 04 | Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03 | 12.13 | Residuos de construcción mezclados | 0 No peligrosos |