

CAPITULO 6

PROCESADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN EL LUGAR DE EDIFICACIÓN

El principio básico de una planta de tratamiento de RCD es la separación y liberación de los elementos que componen el todo-uno y su agrupación en forma homogénea, con vistas a su reutilización, reciclaje, valorización o disposición final de forma controlada.

De acuerdo con las operaciones unitarias realizadas en el proceso, las plantas de tratamiento de RCD se pueden clasificar en diferentes niveles de tecnología:

Se denominan plantas de *Nivel tecnológico 1* a aquellas que comportan un desbrozado inicial con la retirada de los elementos indeseables y una clasificación de los productos por tamaño. En estas plantas es fundamental la utilización de mano de obra para la selección inicial junto a la pala excavadora o el escogido posterior sobre una cinta de estrío.

Sería recomendable la instalación de este tipo de plantas de Nivel 1 incluso en centros de transferencia o en vertederos, para conseguir productos más fáciles de valorizar, reciclar o eliminar mediante deposición controlada. A veces, los materiales valorizables separados pueden tener precios interesantes y, desde luego, la gestión posterior del conjunto más homogéneo resulta rentable.

Las plantas de Nivel 2 se recomiendan para producir materiales reciclados de aplicación probada en las obras públicas y construcción. La trituración o fragmentación con liberación de los distintos materiales y la clasificación granulométrica de éstos, permite su venta inmediata, disminuyendo notablemente el volumen de residuo a depositar en el vertedero.

Las plantas de Nivel 3 son más apropiadas para el tratamiento de materiales limpios, como son los concretos de estructuras armados o no, y escombros cerámicos seleccionados, con un aprovechamiento casi integral de sus componentes. Suelen ser instalaciones de tipo fijo, y son capaces de fragmentar residuos de concreto con grandes dimensiones, especialmente los provistos de trituradores de rodillo de flujo horizontal. El problema de estas plantas, parece radicar en la obtención de material limpio en el radio de influencia de la instalación.

Es particularmente interesante la modalidad de trabajo de estas plantas con mezclas de materiales que cumplen los requisitos especificados por un determinado cliente, quién pagará un sobreprecio por un producto reciclado de acuerdo a su "receta".

Para las plantas de Nivel 4, a base de moliendas selectivas y clasificaciones en húmedo, no se vislumbra una aplicación inmediata, hasta que la reglamentación sobre las tasas de vertido, la obligación de reciclar y los precios de venta de los productos, resulten lo suficientemente atractivos para que el inversor privado vea una rentabilidad tanto o más clara que la de cualquier otra industria extractiva.

La calidad del producto de dos plantas, de igual nivel tecnológico, podrá ser muy diferente dependiendo de los sistemas de separación y clasificación que tenga cada una. Los requisitos de granulometría son muy importantes, y dependerán de la regulación de los equipos de trituración y de la eficacia del sistema de cribado.

Para la separación de los materiales en un conjunto tan heterogéneo como el que se recibe en las plantas de tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición se precisa, en primer lugar, que los componentes se encuentren debidamente liberados y que posean tamaños y formas manejables. Las operaciones unitarias que se pueden realizar en la planta de tratamiento se describen en orden de menor a mayor complejidad.

Selección previa o desbrozado:

Consiste en la separación de los materiales voluminosos y otros valorizables, del pétreo que se va a tratar en la planta. Puede realizarse manualmente o combinado con medios mecánicos.

Clasificación por estrío manual:

Probablemente sea la operación más simple y suele situarse al principio del proceso, o intercalada en otras fases posteriores para facilitar la recuperación de productos valorizables o la eliminación de ciertos elementos que entorpecen el paso siguiente. Para realizar el estrío se suelen instalar cintas transportadoras de banda ancha, rodillos planos y baja velocidad, montadas sobre una estructura elevada respecto al terreno, con pasillos a ambos lados sobre los que se disponen los operarios, que escogen los materiales a separar (metales, maderas, plásticos, etc.) y los depositan en unos buzones. En la parte baja se colocan los distintos contenedores que recogen los materiales seleccionados en el estrío.

Clasificación por tamaños o granulométrica:

La clasificación granulométrica se realiza con equipos mecánicos de cribado, como son los siguientes:

Parrillas inclinadas

Precribadores vibrantes o "grizzly"

Cribas vibrantes

Separación magnética:

Por la separación magnética se retiran elementos férricos valorizables o que entorpecen la fase siguiente del proceso. Son máquinas del tipo *overband* (sobre banda). Detrás de toda trituración debe existir una separación magnética que elimine los materiales metálicos liberados, por las siguientes razones:

Los metales férricos son materiales valorizables. De hecho, la armadura de acero del concreto es un producto que se vende muy fácilmente en las instalaciones de reciclado de residuos de construcción y demolición.

Los agregados reciclados obtenidos a partir de residuos de construcción y demolición deben tener la mínima cantidad posible de metales, puesto que a mayor presencia de éstos en el agregado, menor calidad del reciclado. Además, la presencia de materiales férricos en la etapa de trituración secundaria reduce sensiblemente la vida útil de la maquinaria debido a su excesiva abrasividad.

Operaciones de trituración o machaqueo:

Se reduce el tamaño del escombros y, a la vez, se consigue la liberación de los materiales, como en el caso del hierro del hormigón armado. Se distingue entre trituración primaria y secundaria según sea el tamaño alimentado y la granulometría del producto requerido. Los equipos utilizados son los siguientes:

El triturador de rodillo, de flujo horizontal reduce el tamaño de acuerdo con la proximidad de la base del alimentador de placas que le suministra material. Tiene la ventaja de poder situarse a nivel del suelo o con una rampa de inclinación mínima, lo que le hace muy ventajoso para la trituración de vigas de hormigón de gran longitud.

Las machacadoras de mandíbulas, de flujo horizontal o vertical. Son de construcción muy robusta, con gran abertura de entrada para elementos voluminosos y fiabilidad de funcionamiento. El inconveniente de estas máquinas es que producen materiales de baja cubricidad, y su ventaja es que sufren menores desgastes aún con materiales muy abrasivos.

Los trituradores de impacto, disponen de un rotor provisto de barras que lanzan el material contra las paredes internas, revestidas con placas de acero antiabrasivo,

reduciendo su tamaño en una relación muy alta con respecto a la alimentación. La cubricidad del producto final los hace imprescindibles en la trituración secundaria.

Clasificación neumática:

Se recurre a la clasificación neumática para retirar fragmentos de los elementos más ligeros, como son los papeles y plásticos, que contaminan un material reciclado. Existen diversos sistemas de separación neumática:

De aspiración vertical, consistente en un alimentador que deposita el material cribado sobre un depósito cilíndrico unido a un ventilador. El ventilador crea una depresión que aspira los ligeros por la parte superior.

Criba neumática, Consiste en una artesa inclinada con un tamiz a través del cual se insufla aire desde la parte inferior. El material ligero es expulsado hacia un lateral mientras el pesado continúa su avance.

Túnel de viento de doble efecto, mediante una corriente de aire los materiales ligeros son desplazados a la salida de un transportador.

6.1 Criterios de diseño de plantas y selección de equipos para el reciclaje de residuos de construcción y demolición.

De acuerdo a su movilidad, las plantas de tratamiento pueden clasificarse en: móviles, semi-móviles o fijas. Las plantas móviles y semi-móviles entran dentro del grupo de plantas destinadas a reciclar directamente en obra, mientras que las plantas fijas necesitan unas instalaciones propias y terrenos que se traducen en una inversión elevada.

Plantas Fijas: Las Plantas fijas de tratamiento gestionan residuos muy heterogéneos. La heterogeneidad de los residuos de construcción y demolición obliga a equipar la planta

con maquinaria de gran robustez y sobredimensionada para la capacidad nominal prevista en otras aplicaciones.

Cuando se elige un emplazamiento para construir una planta de residuos de construcción y demolición, se debe estimar no solo la cantidad de residuos de construcción y demolición generados en el radio de influencia de la planta sino también la producción de material reciclado que se puede utilizar en la construcción del entorno. Se define el radio de influencia como la distancia para la cual al agente generador del residuo le resulta más rentable trasladar los residuos de construcción y demolición a la planta que depositarlos en vertedero.

Plantas móviles y semimóviles: Las plantas móviles tienen la ventaja de poder ubicarse temporalmente en los centros de generación del residuo con alta disponibilidad a plena carga. Se trasladan por un sistema de orugas (autopropulsadas) o con ruedas de neumáticos (necesitan de cabeza tractora para su traslado). El sistema de orugas es más costoso y está diseñado para el traslado frecuente de la maquinaria por terrenos irregulares y en mal estado. Para el traslado de la maquinaria por diversos emplazamientos fijos y separados por importantes distancias, es recomendable el sistema de neumáticos.

Las plantas móviles o semi-móviles resultan más caras que las fijas por unidad de tonelaje tratado debido a su carácter compacto y sistema de movimiento. Igualmente son más selectivas en cuanto a la tipología y tamaño del escombros tratado, quedando limitada la calidad de sus productos a las operaciones unitarias que incluyen. Suelen ser de tipo modular, de forma que se puedan acopiar diferentes elementos según las necesidades.

6.1.1 Criterios económicos

Una gran parte del grado de rentabilidad de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición depende de la calidad del producto obtenido. La calidad de dicho producto es directamente proporcional al nivel de homogeneidad del residuo admitido en la planta. Para poder establecer el grado de rentabilidad de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición es necesario realizar las siguientes consideraciones:

a) Inversiones, Ingresos y Gastos

La mayor inversión en una Planta fija corresponde a las siguientes partidas:

Equipos fijos: La maquinaria necesaria para tratar el material (trituration primaria y secundaria, cintas transportadoras, equipos de separación, equipos de clasificación, etc.) representan la mayor inversión de la planta fija.

Terrenos: Gran parte de la rentabilidad de la planta de tratamiento depende de la inversión realizada en la compra o alquiler de los terrenos. A modo orientativo, una planta de tratamiento de tamaño medio-grande necesita unos 30.000 m². Se considera que dicho terreno está subvencionado por parte de la Administración. La planta de tratamiento debe de estar lo suficientemente cerca de los núcleos urbanos para que el coste de transporte del residuo no sea gravoso e incentive al gestor para que lo deposite en la planta.

Otras inversiones realizadas en la Planta son las siguientes:

- Movimiento de tierras, accesos, acometidas, vallado y cimentaciones. La Planta necesita un vallado perimetral para reducir el impacto ambiental.
- Embalaje y Transporte de los equipos
- Estructuras, Calderería y Tuberías
- Montajes Mecánico y Eléctrico

- Báscula
- Cabina de recepción y vestuarios Equipamiento de oficina
- Equipo móvil
- Proyecto y licencias

Los ingresos de la planta de tratamiento son los siguientes:

- Tasa de admisión de residuo. La tasa de admisión de residuo será directamente proporcional al grado de heterogeneidad del mismo, prohibiéndose la recepción de escombros con un elevado grado de heterogeneidad.
- Precio de venta del agregado reciclado. El agregado reciclado es el producto obtenido en la planta y su precio debe de ser inferior al del agregado natural puesto que todavía hoy la aceptación en el mercado del producto reciclado es sensiblemente menor.

b) Costos Operativos

La disponibilidad de la planta se ha estimado en torno a un 60 %, aunque en caso de que el agregado reciclado tenga una mayor aceptación en el mercado se puede aumentar hasta un 70 % o incluso un 75 % en condiciones óptimas de funcionamiento.

Los costos fijos de la Planta son los siguientes:

- Mano de Obra: Una planta de este tipo necesita una plantilla de 8 trabajadores (Gerente, Encargado, Operarios, Administrativos y vigilante).
- Administración: se incluyen los gastos de publicidad, promoción de la planta, etc.

Los costos variables incluyen las siguientes partidas:

- Energía
- Repuestos y lubricantes
- Controles de Calidad
- Servicios Generales

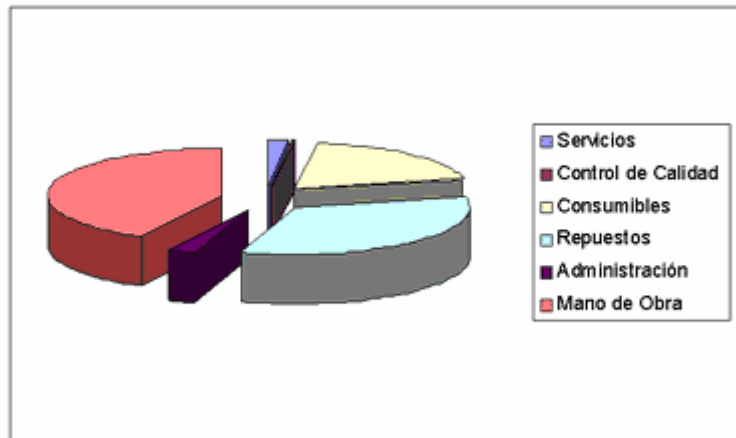


Figura 6.1 Desglose de Costos de Operación de una Planta de Reciclaje.
Reproducida de: Plan de escombros y restos de obra de la provincia de Córdoba. 2005

6.1.2 Incentivos Fiscales y Arancelarios

De acuerdo con el Sistema Integrado de regulación y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG. 1997) la Ley del Impuesto sobre la Renta, en sus artículos 44 y 51, establece la posibilidad de aplicar la depreciación anticipada a equipos anticontaminantes. Adicionalmente, existe la posibilidad de aplicación de un arancel cero a la importación de equipo anticontaminante que no sea producido competitivamente en el país. El arancel cero significa un menor precio para el importador de entre un 15 y un 20%, que es el arancel que se aplicaba a este tipo de importaciones.

Se busca lograr una serie de instrumentos fiscales para las empresas que favorezcan la prevención y el control de la contaminación. El factor principal es que se comprometan con acciones dirigidas hacia una mejora continua de sus procesos dentro de objetivos de protección ambiental, se promueve ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la *aplicación de la depreciación anticipada a inversiones que tengan un beneficio ambiental*, sea que se trate de inversiones en equipo de control o de cambios en procesos industriales (SIRG. 1997).

El planteamiento que se hace es el de evaluar la *reducción de contaminantes* lograda con una inversión dada y aplicarle a ésta el beneficio de la depreciación acelerada de acuerdo a un porcentaje equivalente a la reducción que se obtenga con el nuevo equipo o por el cambio en proceso. Este beneficio estará limitado a empresas que mediante la auditoría voluntaria demuestren estar en pleno cumplimiento de la normatividad y contemplen tales inversiones dentro de un programa voluntario de gestión. La depreciación acelerada de equipo de control y el arancel cero son de aplicación general. Estos avances constituyen un aliciente para la protección ambiental. Por ello, la forma particular que asume el mecanismo de depreciación acelerada en materia de cambios en procesos debería constituir un fuerte atractivo para que un número creciente de empresas busquen la certificación del Programa Voluntario de Gestión Ambiental (PVG). Dicho Programa y su enfoque de largo plazo, a partir de las propuestas que presenta la empresa, lo constituyen en uno de los mecanismos idóneos para acceder al beneficio fiscal descrito (SIRG. 1997).

Es necesario subrayar que los cambios en procesos se refieren a una gama amplia de opciones que tiene la empresa para tal efecto. Dichas opciones abarcan desde la adecuación del proceso de producción propiamente dicho, hasta las modalidades de acopio y distribución de insumos y bienes industriales. Estos cambios pueden significar modificaciones en el equipo y maquinaria utilizado, elevación de la eficiencia energética y otros que realiza la empresa en su propósito por mejorar la protección ambiental y elevar su competitividad, al tiempo a que aspira al beneficio de la depreciación acelerada. Así, un cambio en proceso puede darse tanto dentro de la planta como en *forma en que la empresa utiliza los insumos* y distribuye sus productos (SIRG. 1997).

La tecnología utilizada para el reciclaje de los escombros procedentes de construcción y demolición es de aplicación sencilla, pero el carácter heterogéneo de la materia prima marca ciertas diferencias en la selección de equipos y procesos unitarios.

La tipología del residuo, su ritmo de generación y el lugar de origen, influyen notablemente sobre el nivel tecnológico de la planta.

La temporalidad de la instalación y la generación del residuo, permitirá seleccionar la planta con mayor o menor grado de movilidad.

La capacidad de tratamiento viene condicionada por la capacidad nominal de los equipos y la disponibilidad de la planta.

Las tasas de admisión de los escombros en los vertederos y plantas de reciclaje, son las premisas que motivarán al inversor privado a participar en este negocio.

La homologación de los productos reciclados con los agregados naturales incentivará la competencia.

6.2 Procesado de residuos de construcción y demolición.

Las instalaciones están diseñadas con un conjunto de componentes que permiten homogenizar la composición de los residuos de entrada, de tal manera que puedan ser y que pueden ser transformados en agregados reciclados para emplearse en obra civil. En general, inicialmente se realiza un “tiraje” primario para separar y desechar aquellos residuos que pudieran haber sido mal clasificados y que no pueden ser tratados en la instalación. Posteriormente se alimentará la línea de tratamiento, compuesta por una criba rotatoria (Tromel), de la cual se obtienen dos fracciones de material, una de 0-10 mm que se acopia y otra mayor de 10 mm que continúa el proceso. Tras el tiraje, el material se hace pasar por un separador magnético, el cual retira los materiales férricos,

y también por una “soplante” que separa materiales de baja densidad. A continuación, mediante una cinta transportadora, se alimenta al triturador de impactos el material restante “limpio”. El triturador debe realizar la reducción del tamaño del residuo entrante hasta un tamaño máximo de 80 mm.

El triturador de impacto puede también alimentarse directamente con el material que no precise tiraje. A la salida del triturador, se realiza nuevamente una separación de materiales férricos mediante un separador ferromagnético.

El objeto de la instalación es, en definitiva, conseguir el mayor porcentaje posible de agregados reciclados, con la mayor calidad posible. En la Figura 6.2 se muestra un esquema general del procesado de residuos sólidos que puede emplearse para residuos de la construcción.

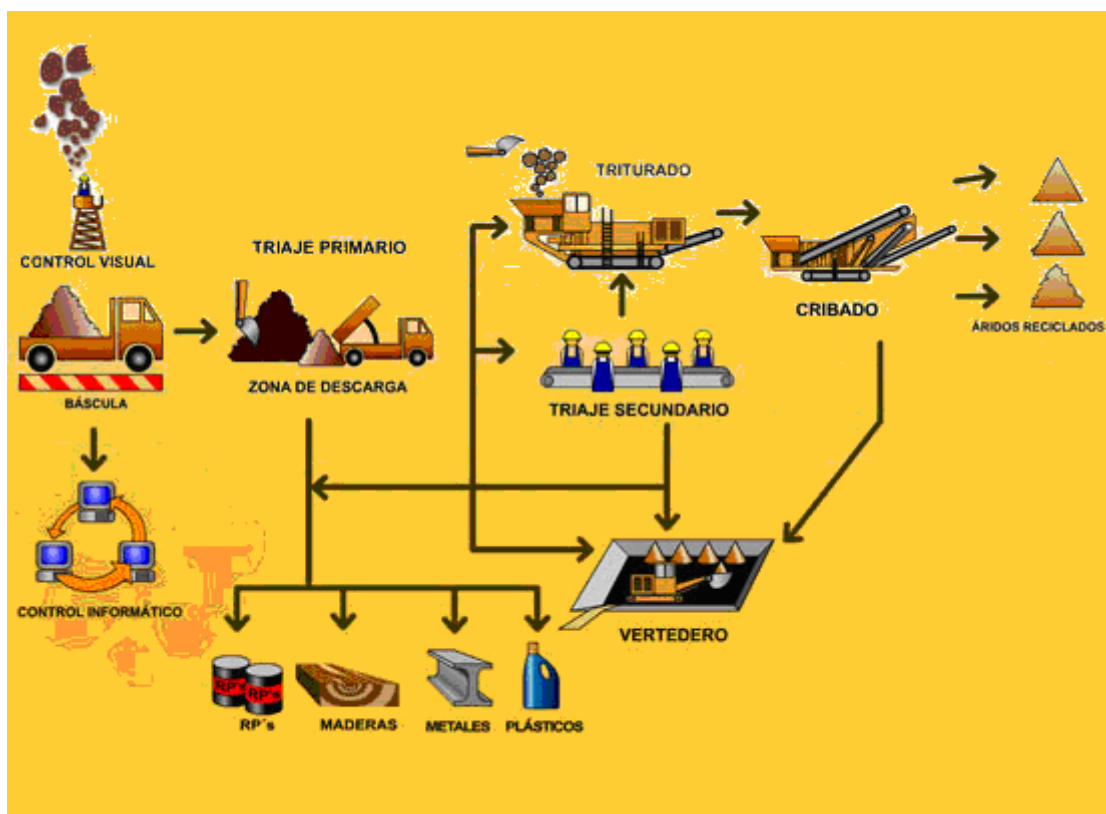


Figura 6.2 Esquema General de Planta de Trituración Fija.
Reproducido de: Plan de escombros y restos de obra de la provincia de Córdoba. 2005

6.3 Plan de manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de edificación

Un *plan de manejo* es un instrumento de gestión integral de los residuos sólidos que contiene el conjunto de acciones y procedimientos para facilitar el acopio y las disposiciones de residuos que al desecharse se convierten en un problema para las localidades. Entre los principales objetivos de los planes de manejo se encuentran:

- El fomentar la minimización de la generación de los residuos;
- Promover la responsabilidad compartida de los productores, distribuidores y comercializadores;
- Realizar la separación en la fuente, la recolección separada de residuos y
- Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos sólidos, con el objeto de reducir el volumen de los residuos que actualmente van a disposición final.

El planteamiento de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de edificación es por lo tanto una importante herramienta para las compañías constructoras y sus clientes, para mejorar su desempeño ambiental, conocer tanto las disposiciones así como controles gubernamentales y reducir los costos de disposición final de los desechos.

6.3.1 Beneficios de un plan de manejo de residuos

El reciclaje y reuso de materiales ha sido asociado con prácticas de construcción “inteligentes”. La experiencia en este sentido ha mostrado a los constructores las ventajas económicas de un adecuado manejo de los desechos de construcción. Por otro

lado, la ciudadanía está considerando los beneficios ambientales de estas prácticas ambientales.

Ajuste de costos. Reciclar, reusar y recuperar desechos puede ahorrar dinero. Muchas de las constructoras que han optado por el manejo de desechos de construcción han hecho cambios en su forma de operar así como algunas de sus prácticas para tomar ventaja de la reducción de desechos.

Esto los ha llevado a reducir los costos por disposición final de los mismos, así como a obtener ganancias por el reciclaje, reuso y recuperación de materiales. El reutilizar materiales y métodos de recuperación de los mismos reduce la necesidad de utilizar nuevos materiales, reduce los materiales que se encuentran en el área de construcción creando un área de trabajo más limpia y segura que conlleva a mejores relaciones con la comunidad que rodea el área de trabajo

Ventaja de Mercado. Una compañía experimentada en el manejo de desechos y el reciclaje es una herramienta valiosa en la comercialización para hacer una oferta en proyectos en respuesta a interés creciente de los clientes y de las autoridades en todos los niveles en la gestión de desechos de la construcción. Los esfuerzos para prevenir los desechos, de reciclarlos, y de utilizar los materiales reciclados en un proyecto pueden ayudar al equipo de proyecto a ganar una reputación de empresa responsable con el medio ambiente, creando así una ventaja ante sus competidores.

Crear beneficios medioambientales. Las ventajas ambientales también resultan de programas de reciclaje y prevención en la generación de desechos. En el largo plazo, prevenir la generación de desechos de construcción reduce la dependencia de recursos naturales tales como árboles, aceite, y minerales, creando menos contaminación al reducir la fabricación así como emisiones relacionadas con el transporte de los mismos

materiales. La reducción de la energía y del agua requerida para producir de los materiales vírgenes que son utilizados en la construcción contribuye a la reducción de los gases relacionados con la fabricación y el transporte de esos materiales.

Ayuda en la economía. El reciclaje y la reutilización de desechos de la construcción pueden también ayudar a la economía mediante la creación de empleos relacionados con el reciclaje de los residuos de la construcción. Los productos nuevos crean empleos mediante la fabricación de materiales producto del reciclaje.

Ayuda a organizaciones de caridad. Organizaciones como Hábitat para la Humanidad pueden usar los materiales de construcción de sobra, muchas veces producto de una demolición selectiva. En ocasiones se puede arreglar que los materiales sean recogidos en el mismo sitio de construcción por la organización.

En este sentido, el plan de manejo o gestión de residuos en el sitio de obra es una importante herramienta para las compañías constructoras, sin importar su tamaño, para mejorar su desempeño en materia ambiental, conocer las Leyes regulatorias así como para reducir el incremento en los costos de disposición final de los desechos. Cuando las compañías del ramo constructor deciden adoptar un efectivo manejo de los residuos producidos en el sitio de construcción pueden obtener diversos beneficios tales como:

- Un mejor control de riesgos relacionados con los materiales de desecho.
- Una herramienta que puede contribuir a cumplir con regulaciones establecidas en materia de disposición de residuos.

- Un mecanismo para mostrar a clientes y público en general las políticas ambientales aplicadas en la compañía con el fin de reducir los riesgos causados por estos desechos.
- El conocimiento de un sistema que puede producir ahorros mediante el uso adecuado de los insumos de construcción, con el fin de evitar desperdicios y así producir una menor cantidad de residuos.
- Promover una reducción de los impactos ambientales y sociales negativos generados por un inadecuado manejo de sus residuos, minimizando las consecuencias como inundaciones, deslizamientos de barrancos, proliferación de enfermedades, contaminación, entre otras.
- Transformación de una fuente de gastos en una fuente de ingresos mediante la identificación oportunidades de materiales con potencial de reciclaje.
- Reducción de los costos de adquisición de materia prima y preservación de las reservas naturales, debido a la sustitución de materiales convencionales: arena, roca, piedras entre otros.
- Creación de una alternativa para las minas *ya que éstas últimas cuentan con características que las hacen viables como un amplio predio para desarrollar la actividad, estaciones de carga, equipos como machacadoras, puentes de transportación, clasificadoras, carro terminal de la cinta, entre otros, y que están cada vez más sujetas a restricciones ambientales.*
- Generación de empleos con la creación de nuevas oportunidades de negocio.
- Reducción del uso de energía y de la generación de CO2 en la producción y transporte de los materiales.
- Producción de materiales de menor costo, con reducción del precio final de obras civiles y de infraestructura.

- Vinculación a acciones de educación ambiental y participación comunitaria, necesarias para la implantación del reciclaje.

6.3.2 Diseño de un plan de manejo de residuos.

En general, bajo el antecedente de la gestión de residuos sólidos municipales, es posible hacer una analogía en cuanto al manejo de los desechos de construcción y demolición en general, ya que se observan ciertos puntos de coincidencia en su proceso de manejo hasta su disposición final. En la Figura 6.3 se muestra el diagrama del manejo de los residuos sólidos municipales en el cual se ilustran sus 4 componentes principales: recolección, transporte, procesado y disposición final.

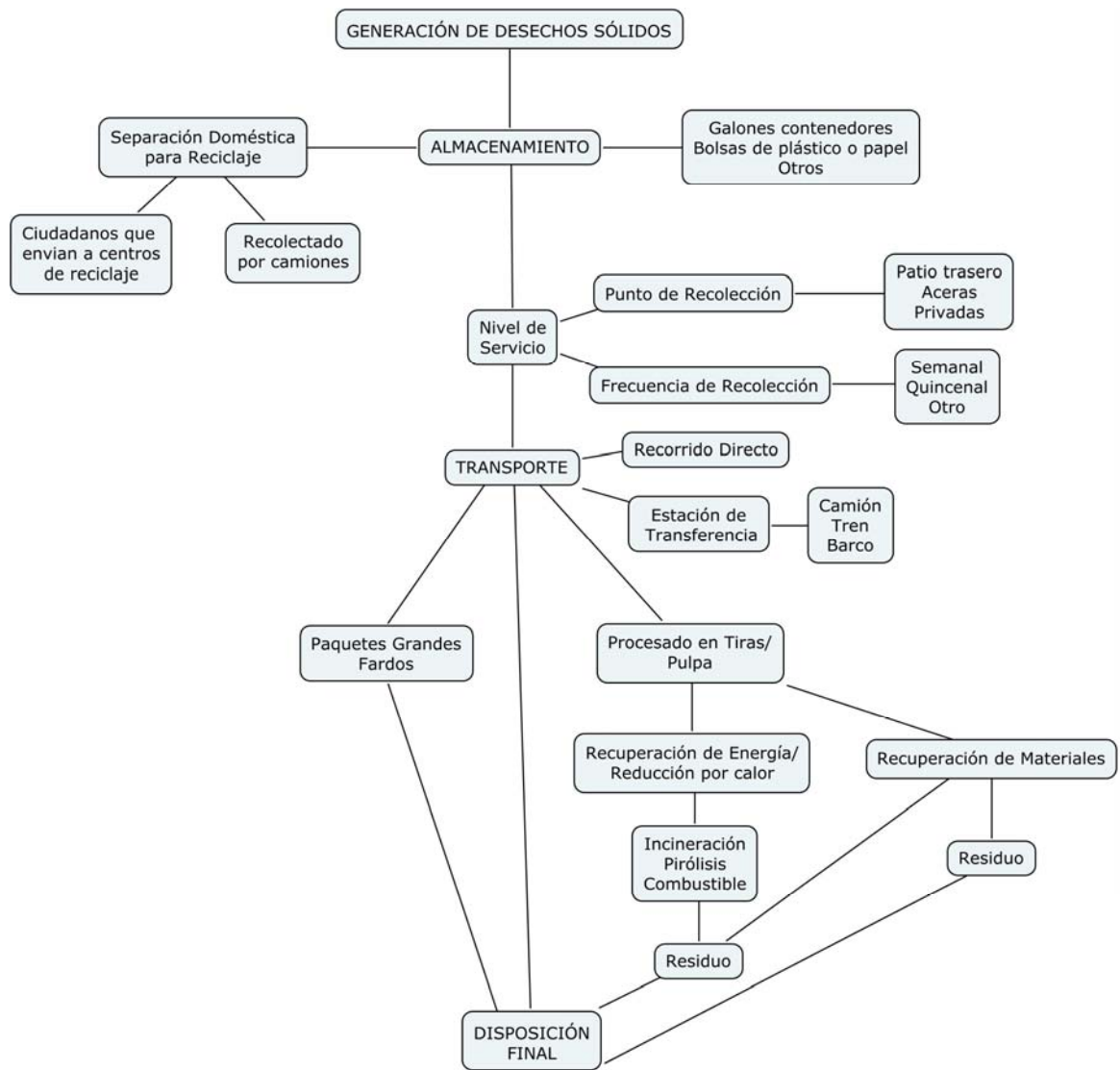


Figura 6.3: Componentes del manejo de residuos sólidos municipales.
Reproducido de: Davis & Cornwell, 1998

En la Figura 6.4 observamos los componentes que se encuentran dentro del proceso integral del manejo de residuos de construcción, y es en la etapa de procesamiento en donde se obtienen los materiales que pueden ser reutilizados como agregados en la industria de la construcción.

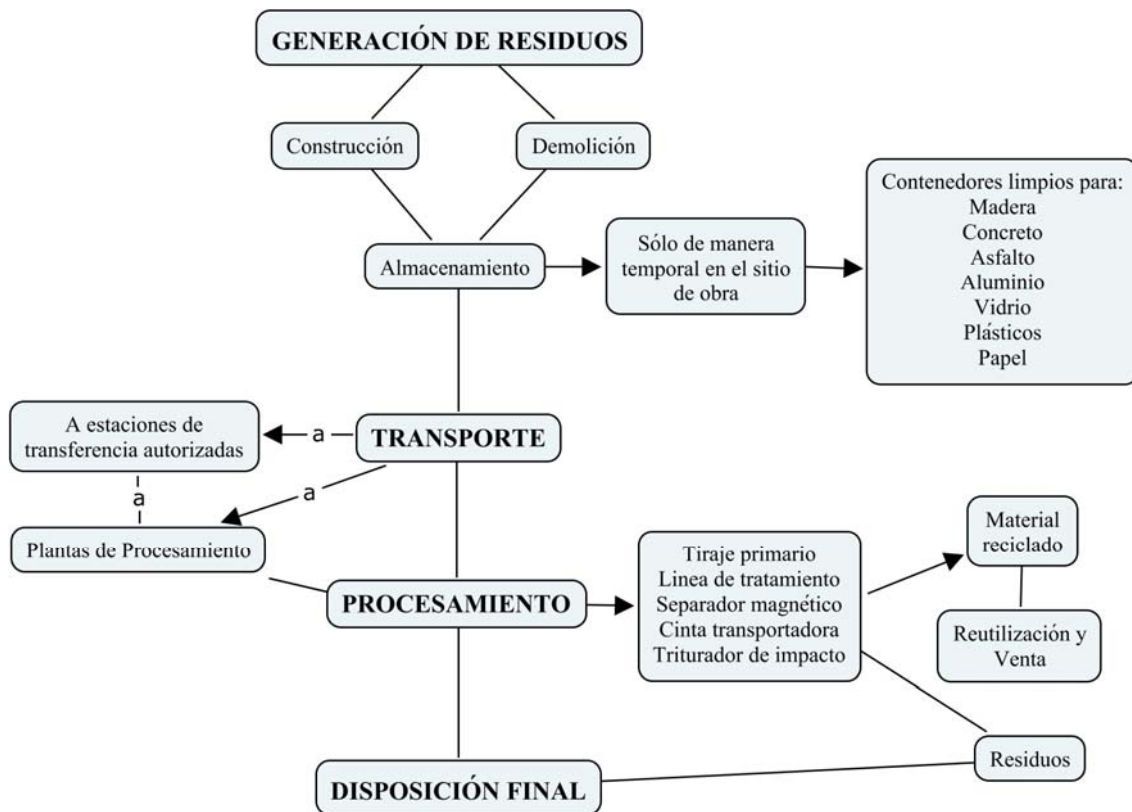


Figura 6. 4: Proceso integral de gestión de residuos de construcción y demolición
Fuente: Elaboración propia

El primer punto a tratar al iniciar un plan de manejo de residuos es la opción de las alternativas de la gestión de residuos. Las opciones son minimización, reutilización, ahorro, reciclaje y finalmente su disposición final. Los aspectos de los desechos de la construcción tales como cantidades, materiales específicos, y pesos de materiales son importantes porque estos factores permiten el cálculo de pesos totales aproximados para determinar la viabilidad económica de usar métodos alternativos para su disposición final.

Otras variables que deben ser tratadas incluyen el costo de recolección, transporte y procesado. Los métodos de separación y clasificación de desechos de la construcción deben también ser analizados al planear su la gestión.

a) Plan de manejo de residuos de la construcción.

- Identificar los materiales que serán reutilizados, reciclados, y depositados en los vertederos adecuados, incluyendo los subcontratistas responsables de los materiales.
- Poner especial atención en los procedimientos, las expectativas, y los resultados para supervisar.
- Designe a un coordinador responsable de implementar el plan.
- Determine las metas del plan de manejo de desechos, por ejemplo “reutilización o reciclaje del 75% de los desechos féreos del proyecto.
- Defina el tipo de desechos
- Estime las cantidades de desechos
- Indique el método de disposición para cada material reutilizado *in situ*, ahorrado, reciclado o depositado en los lugares establecidos.
- Incluya los manuales de procedimientos para remover, reparar, almacenar y/o transportar.
- Comunicar el plan a todos los miembros del equipo.
- Comunicar los resultados.

b) Investigación de las opciones de reciclado.

- ¿Qué materiales son aceptados?
- ¿Cuáles son las pautas específicas para cada material? Por ejemplo, ¿Aceptan madera conglomerada en plantas en donde se trata madera natural?
- Decida cuales materiales pueden ser mezclado y cuales recursos necesitan ser separados así como los costos.
- ¿Existe un servicio de recolección disponible?
- ¿Cuáles son las opciones de recolección?

- ¿Cuáles son las tarifas o precios por los servicio de reciclaje? ¿Qué incluyen?
- ¿Hay ayuda para implementar el programa y para proporcionar capacitación o entrenamiento al equipo de trabajo?

c) Decisión sobre que materiales reciclar.

- Determine el potencial de reciclaje de los materiales así como los métodos de reciclado.
- Seleccione que reciclar.
- Determine el costo y las ganancias por reciclar diferentes desechos de contracción ya sea por separado o combinados.
- Determine el costo por disposición final de los desechos.
- Calcule los costos potenciales así como los ahorros por reciclar en un proyecto.
- Identifique, basado en cálculos, los materiales que presentan una mayor rentabilidad en base al reciclaje.
- Ser creativo en áreas rurales. Haciendo tratos con comerciantes locales, grupos de la comunidad y otros es posible determinar si existe interés local en usar materiales de desecho de la construcción.

En el año 2004 la empresa del sector de la construcción DTI, con sede en el Reino Unido publica en el año 2004 la “Guía para contratistas constructores y clientes”, documento en el cual establece nueve importantes pasos para la formulación de un plan de manejo de desechos en el sitio de obra los cuales serán descritos a continuación.

1. Identifique quién es responsable de producir el plan de manejo de desechos en el sitio de obra y de asegurarse de que el plan será llevado a la práctica. Diversos individuos pueden ser responsables durante las etapas de planeación y en el sitio de trabajo durante las etapas. Deben

saber que son responsables y cuáles son sus responsabilidades. Deben tener suficiente autoridad para asegurarse de que plan de manejo de desechos en el sitio de obra sea cumplido.

2. Identifique los tipos y las cantidades de desechos de construcción que serán producidos en todas las etapas del programa de trabajo.
3. Identifique las opciones de la gestión de desechos de construcción incluyendo una referencia, las opciones en sitio y fuera del sitio de la obra y preste particular atención a cualquier desecho peligroso producido.
4. Identifique los sitios y los contratistas para la gestión de desechos de construcción para todos los desechos que así lo requieran y asegúrese de que los contratos son adecuados, acentuando conformidad con responsabilidades legales tales como el deber del cuidado y correcto manejo de dichos desechos por parte de los contratistas.
5. Realice cualquier capacitación necesaria del personal de la empresa o capacitación impartida por los subcontratistas de modo que cada uno de los trabajadores entienda los requisitos de su plan de manejo de desechos en el sitio de obra.
6. Determine los objetivos con porcentajes o cantidades de los desechos que serán reciclados o reutilizados y regístrelos en una hoja de datos.
7. Determine las cantidades de desechos, qué tipos de desechos se producen y compárelos contra su plan de manejo de desechos en el sitio de obra para cerciorarse de un manejo adecuado de todos los residuos y tener así experiencia en la ejecución de futuros planes de manejo.

8. Supervise la puesta en práctica del plan de manejo de desechos en el sitio de obra para cerciorarse de que todo va de acuerdo al plan, esté preparado para poner al día su plan si las circunstancias cambian, aprenda de la experiencia día con día para futuras ocasiones.
9. Revise cómo funcionó el plan de manejo de desechos en el sitio de obra al final del proyecto e identifique los puntos de aprendizaje para futuros planes de acción. Comparta este aprendizaje con colegas que puedan estar implicados en la preparación de planes de manejo de desechos en el sitio de obra de modo que puedan beneficiarse de sus experiencias también. Finalmente puede comparar los porcentajes alcanzados contra los planeado en su plan de manejo de desechos en el sitio de obra e identificar cuales son los puntos a mejorar y cuales cumplieron con las expectativas.

En base a dichos lineamientos es posible definir el contenido mínimo del plan de manejo de desechos en el sitio de obra, y puede ser integrado como se muestra a continuación:

Tabla 6.1: Plan de manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de la edificación.

PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN EL LUGAR DE EDIFICACIÓN	
Nombre de la compañía:	
Dirección:	
Teléfono:	
Localización del proyecto	
Contratista	Teléfono
Arquitecto:	Teléfono
Coordinadores de reciclaje	
Coordinadores de reciclaje designados:	
Objetivos del manejo de desechos:	
<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Este proyecto ahorrará por medio de la reutilización o reciclará un mínimo de XX% por peso de los desechos generados en sitio</i>▪ <i>La reducción de desechos será incluida durante el diseño del edificio, y los esfuerzos de la reutilización y del reciclaje serán mantenidos a través del proceso de construcción.</i>	
Planeación de la prevención de desechos:	
Que pasos serán tomados para prevenir la generación de desechos durante el proyecto. Esto podría incluir diseños que favorecen la estandarización de elementos constructivos. Especificar las técnicas edificativas que incorporan pocos materiales. En sitios del trabajo, podría incluir una localización central para que todo el corte de madera facilite	

el uso de los pedazos del atajo. Podría también incluir que los proveedores tomen el exceso de materiales, quitar los materiales que pueden ser ahorrados antes de la construcción, renovación demolición o incluir especificaciones requeridas por subcontratistas para prevenir la generación de desechos.

Plan de comunicación y educación:

Describa como será comunicado el plan de manejo de desechos al equipo de construcción y subcontratistas y como el contratista y asegurará que éstos sigan el plan.

- *Las actividades de prevención y reciclaje de desechos serán discutidas al inicio de cada semana, en donde el coordinador de subcontratistas reforzará las metas del proyecto y dará a conocer el progreso a la fecha actual.*
- *Se espera que el subcontratista se cerciore que todo su equipo cumpla con el plan de manejo de desechos.*
- *Todos los contenedores estarán claramente etiquetados. Los contenedores en donde serán depositados los desechos con potencial de reciclabilidad deberán estar localizados de manera cercana a la construcción.*
- *Las listas de materiales que son aceptados o no para reciclar serán expuestas en el sitio de obra.*
- *Todos los subcontratistas serán informados de manera escrita acerca de la importancia de la no contaminación de los materiales reciclables con otros materiales o basura.*
- *Las actividades de reciclaje será examinadas cada semana por los coordinadores del programa con el fin de evitar cualquier contaminación de los materiales y disuadir cualquier posible contaminación producida por personas*

ajenas a la construcción.

Plan motivacional:

El equipo de proyecto desarrollará y publicará una declaración de la misión del proyecto que se pueda distribuir a los subcontratistas y que pueda ser distribuido en el sitio de trabajo.

Plan de evaluación:

El contratista general desarrollará, actualizará y distribuirá en el lugar de trabajo una gráfica indicando el progreso a la fecha actual para alcanzar la meta de reciclaje de “X %” del peso del total de desechos en el proyecto.

Expectativas de desechos, manejos y disposición.

El cuadro siguiente identifica los materiales de desecho esperados en este proyecto, su método de disposición, y procedimientos para su adecuado manejo

	Material	Cantidad	Método de disposición	Procedimiento de manejo
Residuos potencialmente reciclables	Prefabricados de mortero o concreto (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc.)			
	Concreto simple			
	Concreto armado			
	Cerámicos			
	Concretos asfálticos			
	Concreto asfáltico producto del fresado			
	Productos de mampostería			
	Tepetatosos			

	Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, blocks, etc.)			
	Blocks			
	Mortero			
	Material	Cantidad	Método de Disposición	Procedimiento de Manejo
Residuos de excavación	Suelo orgánico			
	Suelo no contaminado y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos			
	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo			
	Material	Cantidad	Método de disposición	Procedimiento de manejo
Residuos sólidos	Cartón			
	Madera			
	Metales			
	Papel			
	Plástico			
	Residuos de podas, tala y jardinería			
	Paneles de yeso			
	Vidrio			
	Otros			

Disposición de desechos.

Empresa recicladora:

Teléfono:

Localización de la planta de reciclaje:

Costo por tonelada de material recibido: \$ XX / ton

Cantidad estimada de desecho a entregar: XX ton

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa DTI, UK, 2006

En la Tabla 6.1 podemos encontrar los siguientes elementos, los cuales son indispensables en la elaboración de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición:

1. Ficha técnica de la obra, con el siguiente contenido:

- Localización.
- Tipo.
- Empresa constructora.
- Existencia o no de demolición.
- Volumen de la obra (largo x ancho x alto).
- Tiempo estimado.
- Servicios utilizados.

2. Persona o responsable de la puesta en marcha y seguimiento del plan de gestión de residuos u organigrama de responsabilidades.

- Datos de contacto.

3. Inventario de residuos generados:

- Tipo de residuos generados (urbanos, residuos de la construcción y demolición, otros residuos no peligrosos, residuos peligrosos).
- Volumen de generación estimado de residuos de construcción y demolición y modo de estimación de esas cantidades.
- Principales procesos de generación de residuos de construcción durante las diferentes fases de la obra y principales residuos generados en cada uno.

4. Gestión interna:

- Operaciones de recolección selectiva proyectada.
- Almacenamiento y depósito de residuos.
- Operaciones de gestión de residuos realizadas en la propia obra, con descripción de los equipos utilizados (compactación, trituración).

5. Gestión externa:

- Sistema de gestión externa elegido para los diferentes tipos de residuos.
- Empresas encargadas de la gestión externa.
- Certificado de destino del gestor o gestores externos.

6. Medidas de minimización de residuos.

7. Acciones de formación y de comunicación de los criterios de gestión seguidos, al personal y empresas que intervienen en la obra.

6.3.3 Recomendaciones para la puesta en marcha y operación adecuada del plan de manejo de residuos.

Un plan de manejo de desechos en el sitio de obra bien desarrollado combina la buena comunicación con la atención a los detalles. La puesta en práctica eficaz fomentará el

orgullo del empleado y elevará la imagen corporativa. Esto asegurará éxito, maximizará las ventajas competitivas, y proporcionará una comercialización al máximo límite.

a) Eduque a cada uno de los empleados acerca del plan de manejo de desechos en el sitio de obra. Comparta el plan formalizado con cada uno de los implicados en la administración del proyecto. Discuta los requisitos del manejo de los residuos con el equipo de trabajo y los subcontratistas. Coloque señales fáciles de leer con información escrita acerca del plan de manejo de desechos en el sitio de obra. Actualice sus programas de reciclaje. Etiquete claramente los contenedores para reciclaje. Coloque listas de cuáles materiales son reciclables y cuáles no lo son. Utilícese imágenes para una identificación rápida.

b) Determine el sitio. Coloque los contenedores para reciclaje cerca del punto de la generación, pero fuera del patrón de tráfico. Elija contenedores pequeños aunque su recolección sea más frecuente. Utilice contenedores pequeños para descargar en los envases grandes en el final del día. Si uno mismo es quien transporta los desechos, construya contenedores a modo de emplear requerimientos de espacio de los propios materiales producidos, empleando madera dañada o cercas metálicas. Utilice los botes de basura para recoger los materiales reciclables generados en cantidades más pequeñas.

c) Haga lo conveniente. Sitúe los contenedores tan cerca del sitio de trabajo como sea posible. Siempre provea de un contenedor de basura cerca de los contenedores de reciclaje. Considere los compuestos con pequeñas cantidades de madera, cartón y metales para hacer una carga más grande de materiales reciclables. Proporcione a los recolectores croquis del sitio de trabajo indicando la posición de los contenedores.

d) Promueva y eduque. Promueva el manejo de desechos como un programa de seguridad. Integre los programas de reciclaje en los programas de seguridad o bien, diseñe por separado un programa educativo de reciclaje. Cree un nombre o eslogan para el programa de reciclaje. Utilice señalizaciones e instrucciones claras para una efectiva comunicación. Sea positivo. Cuando el equipo de trabajo está motivado y entiende las metas, ellos mismos crearán formas efectivas y creativas de trabajar eficientemente. Incluya a todos en el proceso. Anime sugerencias para métodos más efectivos u otros materiales que pueden ser reciclados.

e) Prevenga la contaminación. Etiquete claramente los contenedores de reciclaje. Proporcione los compartimientos de basura para depositar artículos no reciclables. Téngalos vacíos regularmente. Haga visitas periódicas para verificar que los contenedores no están contaminados. Considere contenedores con tapas o en un área cerrada o supervisada para desalentar la contaminación.

f) Registre sus éxitos. Una vez que la construcción ha empezado, conserve los recibos de reciclaje y disposición de desechos para una planeación a futuro. Utilice hojas de trabajo para llevar un control de los resultados y costos de reciclar durante el proyecto. Analice las metas alcanzadas y los beneficios obtenidos mediante el reciclaje de materiales.

6.3.4 Plan de seguimiento del manejo de residuos de construcción y demolición

Su objetivo es vigilar el cumplimiento adecuado del plan de manejo de residuos sólidos de construcción y demolición en el lugar de edificación y permite organizar acciones y estrategias con el fin de asegurar de manera previa, oportuna y eficaz el manejo y control de los residuos de construcción y demolición en las actividades que se desarrollan dentro del proyecto, evitando problemas e incidencias, y así cumplir con otras características mencionadas como la prevención, el ahorro de los insumos, la generación de áreas de oportunidad, entre otras.

Con el plan de seguimiento se busca básicamente mantener una estrecha vigilancia sobre las necesidades de control de acuerdo a lo establecido en el plan de manejo de residuos sólidos de construcción y demolición en el lugar de edificación, entre los cuales están los siguientes aspectos:

Seguimiento integral del cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición en el Lugar de Edificación.

Implementación del acopio de residuos sólidos en los contenedores establecidos y debidamente señalizados con el fin de minimizar la dispersión de desechos en el área de trabajo.

Coordinar y controlar el proceso de transporte de residuos sólidos de construcción en el sitio de obra asegurando su adecuada disposición en las plantas de reciclaje especializadas o en su defecto en los sitios de disposición final autorizados, así como la implementación de las medidas de control para llenado de los vehículos y su respectivo cubrimiento.

Actualización de los planes de prevención en la generación y manejo de residuos sólidos de construcción, con el propósito de enfrentar adecuadamente su manejo ante cambios y eventualidades.

Dentro de los procedimientos a utilizar se deberán considerar al menos, los que se presentan a continuación:

Recorridos e inspecciones rutinarias en el sitio de obra. Estas deberán ser efectuadas para vigilar y verificar el cumplimiento de las obligaciones, procedimientos y responsabilidades que fueron asignadas o programadas en materia de reciclaje de residuos sólidos de construcción y demolición.

Seguimientos. Están referidos de manera particular a la verificación de los resultados de acciones, obras y/o actividades puntuales a las cuales, por sus condiciones a veces excepcionales, se hace necesario realizar un detallado registro hasta la terminación, desde la perspectiva ambiental.

Registros fotográficos. Esta herramienta le permitirá al contratista evidenciar y registrar situaciones específicas en la generación y gestión de residuos sólidos, especialmente aquellos en las que puedan presentarse puntos de vista distintos en cuanto a su manejo en el sitio de obra hasta su disposición final.

Evaluaciones periódicas. Estas podrán ser trimestrales o semestrales o anuales y se retroalimentarán de los resultados de las actividades de vigilancia. El objetivo de estas evaluaciones será el de dinamizar y fortalecer las actividades generadas por el Plan.

En la tabla 6.2 se muestra un ejemplo de ficha que puede ser empleada durante la etapa de seguimiento.

Tabla 6.2: Ficha del Plan de seguimiento de manejo de residuos sólidos de construcción y demolición en el lugar de edificación

Plan De Seguimiento De Manejo De Residuos Sólidos De Construcción Y Demolición En El Lugar De Edificación	
Proyecto:	Localización:
Coordinador de Reciclaje:	Fecha:
	Ficha #:
Objetivo: <i>Corresponde a los propósitos que se tuvieron en cuenta para formular los mecanismos de seguimiento y control.</i>	
Actividades a desarrollar: <i>Define las acciones a llevar a cabo para hacer el seguimiento y/o monitorear la gestión de los residuos sólidos de construcción en el sitio de obra.</i>	
Recolección, análisis e interpretación de datos: <i>Indica la recolección, almacenamiento y clasificación de datos. Además se establece la frecuencia temporal y el manejo de la información obtenida la cual será vertida a manera de informe.</i>	
Momento de ejecución: <i>Define el tiempo que se requiere para monitorear o efectuar el seguimiento así como el momento oportuno para su ejecución.</i>	
Lugar de ejecución: <i>Se refiere a la zona, lugar o área específica en donde se realizará el seguimiento o monitoreo.</i>	

Fuente: Elaboración propia

Todas estas acciones individuales y de conjunto permitirán mantener un permanente conocimiento de todas las circunstancias en cuanto a la gestión de residuos de construcción durante el desarrollo del proyecto. La evaluación del Plan de Manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de edificación podrá ser hecha de manera anual mediante un análisis del avance en el logro de los resultados propuestos y del cumplimiento de las metas propuestas en el porcentaje o cantidad de residuo reciclado.

Una adecuada gestión de residuos debe sustentar su reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de colaborar a la preservación y uso racional de los recursos naturales.

En la recuperación y reciclado de residuos de construcción y demolición un aspecto fundamental a tener en cuenta, es el hecho de que concurren intereses económicos y medioambientales en el mismo punto. El desafío para el futuro es, por tanto, conseguir compatibilizar el desarrollo económico de la sociedad con la preservación del medio ambiente que la sustenta; es lo que se conoce como *desarrollo sustentable*. En este sentido son prioritarias todas las actividades involucradas con la recuperación máxima de materia prima/recursos de los residuos sólidos de la demolición y construcción en general.