

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA**



**TÍTULO**

**“Evaluación y propuesta de un plan de gestión de  
residuos generados en obras de construcción de  
gran escala en la ciudad de Buenos Aires”**

**Integrantes:**

**VIDAL TERCEROS, Constanza- 151322509**

**FROLIK, Delfina- 151422933**

**Tutora académica:**

**Arq. CARDOZO, María Alejandra**

**Director de carrera:**

**Ing. José Ante**

**Ingeniería Civil**

**Año 2020**

**CABA, Buenos Aires, Argentina**



## ÍNDICE

RESUMEN .....	3
CAPÍTULO 1.....	4
PROBLEMÁTICA.....	4
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
ANTECEDENTES.....	6
MARCO TEÓRICO .....	8
ELECCIÓN DE LA TEMÁTICA.....	17
CAPÍTULO 2.....	20
ENCUESTAS.....	20
GENERALIDADES DE LA EMPRESA PILOTO .....	25
A) <i>Antecedentes en gestión de residuos y situación actual de la empresa piloto</i> .....	25
B) <i>Identificación del circuito actual de los residuos y detección de falencias</i> .....	27
B.1) <i>Obras comunes</i> .....	27
B.2) <i>Plan de Gestión Ambiental</i> .....	30
B.3) <i>Programa “Separando residuos en obra”</i> .....	32
B.4) <i>Obras con certificación LEED</i> .....	34
RELEVAMIENTO DE RESIDUOS EN LA OBRA PILOTO .....	36
A) <i>Relevamiento Edificio A</i> .....	36
B) <i>Relevamiento Edificio B</i> .....	41
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS RELEVADOS.....	57
CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS RELEVADOS.....	61
ANÁLISIS .....	66
RESULTADOS .....	75
<i>Cálculo de ahorros</i> .....	75
PROPUESTA .....	79
<i>Layout</i> .....	79
CAPÍTULO 3.....	86
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN .....	86
CONCLUSIONES .....	89
PROYECCIÓN .....	94
A MODO DE CIERRE .....	95
BIBLIOGRAFÍA .....	96
AGRADECIMIENTOS .....	98



## RESUMEN

La industria de la construcción es sin dudas una de las actividades humanas que menos ha modernizado sus procesos a lo largo de los siglos. Sin embargo, no puede decirse lo mismo de su grado de contaminación ambiental, que la hace permanecer en el podio de las industrias más contaminantes. Desde el punto de vista de las empresas constructoras, se desconoce el impacto que se genera durante el proceso constructivo, motivo por el cual no se están llevando a cabo acciones de mitigación suficientes. Este trabajo plantea una propuesta integral para que dichas empresas puedan brindar su aporte durante la etapa constructiva de un proyecto en pos de generar un impacto positivo para mejorar la crisis climática actual.

En este trabajo se desarrolla un plan integral para la gestión de los residuos generados en las obras de construcción de gran escala en la ciudad de Buenos Aires. Conociendo la composición de residuos, el proyecto plantea reinsertar en el mercado aquellos que se generan en mayor volumen (escombros, madera, metales, plásticos, papel y cartón). El objetivo será transformarlos en materiales para la construcción, eficientes en cuanto a su comportamiento y sanos en cuanto a su composición, es decir que no emitan sustancias nocivas para el ambiente ni para la salud humana y que su proceso de transformación en nuevos materiales sea ambientalmente respetuoso. De esta forma se logra pasar de un modelo “de la cuna a la tumba” (economía lineal) a uno “de la cuna a la cuna” (economía circular). Los Residuos de Construcción y demolición (RCD) que no puedan ser transformados en productos para la construcción, se gestionarán mediante cooperativas produciendo así un impacto positivo en la sociedad, ya que éstas generan trabajo a personas en situación de vulnerabilidad. Además, se desarrollará una propuesta de implementación para las empresas constructoras con el objetivo de generar un compromiso con el ambiente y la sociedad.



# CAPÍTULO 1

## PROBLEMÁTICA

A nivel mundial la industria de la construcción es una de las más contaminantes para el ambiente. Los edificios que se diseñan según las normativas de construcción sustentable se orientan a aumentar la eficiencia energética, optimizar el uso del agua y utilizar recursos sostenibles en la etapa operativa. Sin embargo, no se prevén medidas de mitigación para el impacto generado durante el proceso constructivo. En Argentina, pocas empresas constructoras muestran un compromiso serio por integrar en su agenda estratégica acciones vinculadas a mitigar dicho impacto.

Esta industria conlleva un uso irracional de los recursos no renovables para satisfacer la demanda de materiales, contribuyendo con la destrucción del entorno en el lugar de extracción. A su vez, en los procesos constructivos se generan enormes volúmenes de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), de los cuales aproximadamente el 80% son reciclables<sup>1</sup> que al no ser recuperados se disponen en vertederos disminuyendo rápidamente su capacidad y desperdiciando el potencial del material de ser reciclado. Cabe destacar que su vertido supone una serie de daños para el ambiente, como contaminación de suelos y acuíferos, deforestación y ocupación de suelo no aprovechado para la biodiversidad.

## OBJETIVOS

1. Proponer una solución replicable para redefinir el ciclo de vida de los residuos generados en las obras de construcción, implementando el concepto de economía circular, a modo de contribuir con el cumplimiento de los siguientes Objetivos del desarrollo sostenible establecidos por la ONU: (11) Ciudades y comunidades sostenibles; (12) Producción y consumo responsable; (13) Acción por el clima.
2. Demostrar que es posible que las empresas constructoras incorporen en sus agendas una estrategia de economía circular y su debido plan de implementación, independientemente del tipo de materiales que sus clientes elijan para construir sus proyectos. Es decir que, a pesar de que sus clientes no prioricen la elección de materiales de origen renovable o productos de diseño circular, la empresa

---

<sup>1</sup> <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>



constructora puede adoptar un modelo de negocio circular o mínimamente, llevar a cabo alianzas estratégicas con el objetivo de atenuar su impacto socioambiental.

3. Determinar si los beneficios para el medioambiente se podrían traducir en ahorro de recursos y ventajas económicas para las empresas constructoras, con el fin de generar en ellas el interés suficiente para aplicar dicha solución.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Encontrar el método más rentable y de menor impacto ambiental para recircular cada uno de los diferentes tipos de residuos generados en las obras de construcción, priorizando aquellas soluciones que transformen el residuo y lo reinserten en la industria como un producto para la construcción.
2. Proponer un plan de implementación para dichos métodos, el cual sirva de instructivo para llevar a cabo estas medidas y que incluya la educación ambiental como eje central.
3. Vincular la solución con el principio de cero desperdicio de la filosofía LEAN Construction para el aumento de la productividad y eficiencia en las obras de construcción.



## ANTECEDENTES

En el siglo XVIII se comenzó a usar el carbón como combustible para las nuevas máquinas que surgieron de la Revolución Industrial. A raíz de esto, las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera aumentaron considerablemente y no dejaron de crecer hasta el día de hoy. No fue hasta el siglo XX, dos siglos después de la Primera Revolución Industrial, que empezaron a considerarse las consecuencias ambientales del nuevo modelo productivo, económico, tecnológico y social.

En el año 1972, se llevó a cabo la Conferencia de Estocolmo, la primera reunión mundial sobre medio ambiente, de la que surgió el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Este Programa fue crucial para despertar la conciencia ambiental en naciones, organismos intergubernamentales y organizaciones no gubernamentales, destacando la necesidad urgente de preservación del ambiente como elemento clave para el desarrollo de la humanidad. De esta manera, el derecho a un ambiente sano comenzó a ser reconocido como Derecho Internacional: *“el hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las generaciones presentes y futuras”*<sup>2</sup>.

En 1987 fue publicado el Informe Brundtland, que dio origen al concepto de Desarrollo Sostenible, conocido como *“aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*<sup>3</sup>. Este informe manifestó la urgencia de realizar una segunda reunión mundial sobre medio ambiente y desarrollo, que se llevó a cabo en Rio de Janeiro en el año 1992. El resultado de la Cumbre de Rio fue la Agenda 21, una declaración en la cual 179 gobiernos se comprometieron a establecer sus propias agendas locales a modo de tratar el desarrollo sostenible desde la legislación.

En el año 1994, la Reforma Constitucional Argentina incorporó en el capítulo *“Nuevos derechos y garantías”* el derecho fundamental de todos los habitantes a *“gozar de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades*

---

<sup>2</sup> Principio 1 aprobado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 1972.

<sup>3</sup> Informe Brundtland (Nuestro futuro común), 1987.



*productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras”<sup>4</sup>.*

En el 2012, se publicó una colección de dictámenes del Ministerio Público Fiscal ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación sobre derechos humanos. El volumen diez aborda el derecho a un ambiente sano y plantea que no sólo el Estado sino también la ciudadanía y las empresas tienen la responsabilidad de preservar y proteger al medio ambiente.

En septiembre del 2015, la Organización de las Naciones Unidas redactó en la Agenda 2030 las acciones necesarias para alcanzar en los próximos 15 años un conjunto de objetivos globales para *“erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos”<sup>5</sup>*. Fueron denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible y aseguró que para alcanzarlas *“todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y personas como usted”<sup>6</sup>*. El primero de enero de 2016, entró en vigencia la Agenda 2030 en Argentina y ese mismo año se creó el Gabinete Nacional del Cambio Climático. Tiempo después el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires escribió un Informe de Adaptación de los ODS, que incluyó<sup>7</sup>:

- *Garantizar la protección de los recursos naturales y del medio ambiente;*
- *Comprometerse con la Agenda 2030 tanto en la dimensión social, económica, como ambiental de la sostenibilidad;*
- *Procurar el ODS 13 “Acción por el clima” mediante la creación o gestión de los espacios verdes, el impacto en la mitigación de las inundaciones, energías renovables, tratamiento de residuos, entre otros.*

En este contexto cada vez más prometedor, surgieron normas y reglamentaciones de construcción sustentable, códigos y guías de buenas prácticas ambientales para la construcción que se orientan principalmente a mejorar la etapa operativa de las edificaciones. Es decir, aumentar la eficiencia energética, optimizar el uso del agua y utilizar recursos sostenibles, ya sea eligiendo materiales más amigables con el medio ambiente o energías renovables para el funcionamiento de los mismos.

---

<sup>4</sup> *Reforma Constitucional Argentina, 1994.*

<sup>5</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

<sup>6</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

<sup>7</sup> <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/modalities/files/INFORME%20BUENOS%20AIRES.pdf>



Actualmente, en muchos países estas normas son aplicadas con gran compromiso y responsabilidad, pero, no prevén aún medidas de mitigación para el impacto generado durante el proceso constructivo.

## **MARCO TEÓRICO**

### **IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN**

Las consecuencias de la construcción en el medio ambiente son elevadas. En términos estadísticos se puede decir que el sector es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía de uso de los edificios), del 50% del total de los residuos generados<sup>8</sup>, del 12-16% del agua empleada<sup>9</sup> y del 39% de las emisiones de dióxido de carbono a nivel global, de las cuales el 11% corresponde a las etapas de fabricación, transporte, construcción y demolición.<sup>10</sup>. A continuación, se comenta brevemente lo estudiado en cada uno de estos ejes temáticos y la factibilidad de implementación de cada uno:

#### **1) Consumo de Agua**

El mayor consumo de agua en las obras puede observarse en el uso de sanitarios, cocinas y debido a los procesos propios de la obra (curado del hormigón, limpieza, etc.)

Para las empresas constructoras es posible influir en la reducción del consumo de agua, pero es probable que implique realizar una inversión considerable por parte de las mismas, y sin la motivación suficiente no se llevaría a la práctica. Además, en Argentina los servicios (agua, electricidad, gas, etc.) en la mayoría de los casos, están subsidiados, por lo que a las empresas no les interesaría reducir este consumo ya que el rédito económico no sería tan significativo. Dicho costo suele estar contemplado en el costo total de la obra, por lo que lo percibe el cliente. Es por esto por lo que se necesitaría de una conciencia ambiental muy grande por parte de las empresas para que decidan invertir en tecnologías con el objetivo de reducir los consumos.

---

<sup>8</sup> *“Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment”*

<sup>9</sup> *Informe “Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción”*

<sup>10</sup> *Informe “Bringing Embodied Carbon Upfront” del World Green Building Council.*



Se observa además que solo el 8% de las normas LEED considera el consumo de agua, esto no representa un número significativo en comparación con los otros ejes analizados.

## **2) Consumo de energía**

El mayor consumo de energía en las obras se da en los obradores y debido a las máquinas utilizadas, siendo posible pero poco probable utilizar energías renovables o máquinas que optimicen la energía.

Para las empresas constructoras es factible influir desde este eje, pero sucede algo similar al eje de consumo de agua, la inversión a realizar para disminuir el consumo de energía debería ser muy grande, por lo que es menos probable que se lleve a la práctica.

## **3) Huella de carbono**

La mejor forma de reducir la huella de carbono es eligiendo correctamente los materiales a utilizar, ya que la fabricación de materiales de construcción es intensiva en emisiones de carbono. Los más contaminantes son: aluminio, cemento, acero, vidrio, yeso, plásticos, cerámica y asfalto. Otra forma de impactar positivamente es reduciendo el uso de maquinarias que trabajan con combustibles fósiles, remplazándolas por maquinarias eléctricas.

Como empresa constructora es muy difícil influir en este eje, ya que no es muy factible para las mismas elegir proveedores que sean sustentables, debido a que en Argentina hay poca oferta de materiales de este tipo que reemplacen a los existentes por un precio y calidad similares. Por otro lado, reemplazar las maquinarias que trabajan con combustibles fósiles por otras que sean eléctricas implicaría un costo muy grande para las empresas, con lo cual, no se puede asegurar que se vaya a implementar. Es por esto por lo que las empresas constructoras tienen poco poder para generar un impacto positivo desde este punto de vista.

## **4) Residuos**

Los procesos constructivos son responsables de la generación de un enorme volumen de residuos. Por esta razón, para las empresas constructoras es muy factible influir en este eje ya que ellas están involucradas directamente tanto en la generación como en la disposición final de los residuos. También, al gestionarlos conscientemente, pueden influir positivamente, dando el ejemplo tanto a los subcontratistas como al cliente.



Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en general no implican demasiado riesgo para la salud humana ya que se componen en gran medida de escombros (hormigón, restos de argamasas, mezcla seca, ladrillos, tejas, cerámicos). El mayor problema con estos residuos está relacionado con el alto volumen de generación de los mismos, resultando en costos de transporte elevados y en la necesidad de grandes espacios para su disposición final.

Es importante definir una jerarquía de las acciones a realizar a la hora de gestionar estos residuos, siempre teniendo en cuenta el concepto de las 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar)

- **Reducir:** se trata de una medida de prevención mediante la cual se disminuye la cantidad de residuos generados. Cuenta con varias ventajas, tanto a nivel ambiental como económico, entre ellas el ahorro de materias primas vírgenes, la disminución de los costos de gestión (transporte, disposición final, etc.), y la reducción de los impactos ambientales debidos al transporte y vertido de los residuos.
- **Reutilizar:** se trata de utilizar un material nuevamente sin alterar considerablemente su forma y propiedades. Esta actividad tiene como ventaja principal la posibilidad de venta de los materiales para su futura utilización y la disminución de residuos enviados a vertederos. Algunos de los materiales que se podrían reutilizar de las obras son: pallets, baldes de pintura y recipientes en general.
- **Reciclar:** es una acción mediante la cual, luego de un proceso industrial, se obtiene un producto nuevo a partir de los residuos. Para llevar a cabo esta actividad es importante que se realice una correcta separación en origen, evitando así que el material pierda su potencial de ser reciclado. Como ventaja de esta actividad se puede mencionar que existe la posibilidad de venta de los residuos como materia prima para otros productos. También implica una disminución de los residuos vertidos en rellenos sanitarios y basurales. Algunos de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se pueden reciclar son: hormigón, metal, cartón, papel, plástico, entre otros.

Estos residuos se dividen en las siguientes categorías<sup>11</sup>:

- **Residuos inertes:** son los que no presentan ningún riesgo de polución del agua, del suelo y el aire. Así los define el Real Decreto Español 1481/2001: *“aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana”*. En definitiva, son plenamente compatibles con el medio ambiente. Dentro de esta categoría se encuentran entre otros, los escombros.
- **Residuos no peligrosos o no especiales:** son los que pueden ser almacenados o tratados en las mismas condiciones que los residuos domésticos. La característica de no-peligrosos es la que define sus posibilidades de reciclaje; de hecho, se reciclan en instalaciones industriales junto con otros residuos. Dentro de esta categoría se pueden encontrar los plásticos y los residuos celulósicos, entre otros.
- **Residuos especiales:** son los que tienen características que los hacen potencialmente peligrosos, tales como sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas, irritantes, cancerígenas. Dentro de esta categoría se encuentran los combustibles, los restos de pintura, aceites de maquinarias, entre otros.

Distribución de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD):

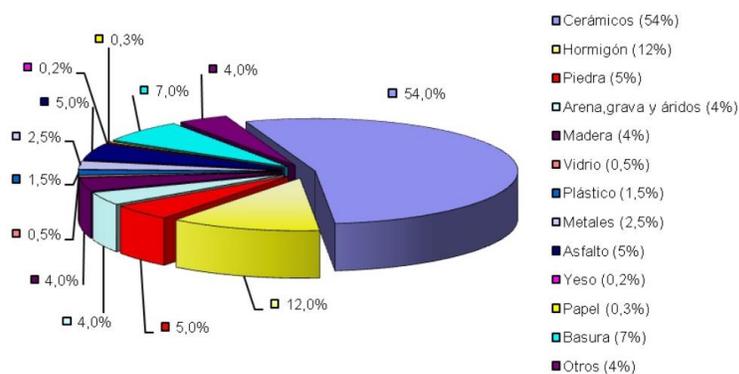


Figura 1: Composición de los residuos de construcción y demolición

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España

<sup>11</sup> Informe “Caracterización de los residuos de construcción” Irma Mercante



## **ECONOMIA CIRCULAR**

Hoy en día el modelo de producción y consumo se basa en su mayoría en una economía lineal, es decir, extracción, producción, consumo y desperdicio. Este sistema está logrando que el planeta llegue a su límite de capacidad, generando consecuencias irreversibles en el ambiente y en la calidad de vida de las personas. La economía circular, en cambio, propone una solución a este problema mediante un modelo que<sup>12</sup>:

- Utiliza la menor cantidad de recursos naturales posible para satisfacer las necesidades requeridas.
- Selecciona de forma inteligente los recursos, minimizando el uso de los materiales no renovables y favoreciendo el de los reciclados.
- Gestiona de forma eficiente los recursos, manteniéndolos y recirculándolos en el sistema el mayor tiempo posible y minimizando la generación de residuos.
- Minimiza los impactos ambientales y fomenta la regeneración de los recursos naturales.

Este modelo es aplicable a cualquier tipo de industria. En la industria de la construcción se puede aplicar ya sea durante toda la vida útil de un edificio (ver gráfico a continuación), como también en cada etapa, por ejemplo, en la fase de ejecución, mediante el reciclado de los residuos generados en dicha fase.

---

<sup>12</sup> Fuente: fundación CONAMA

A continuación, se muestran dos gráficos que ponen en evidencia la diferencia entre la economía lineal y la economía circular en la industria de la construcción. Además, se muestra un esquema desglosado de la economía circular en la construcción<sup>13</sup>:

Economía lineal en la construcción:

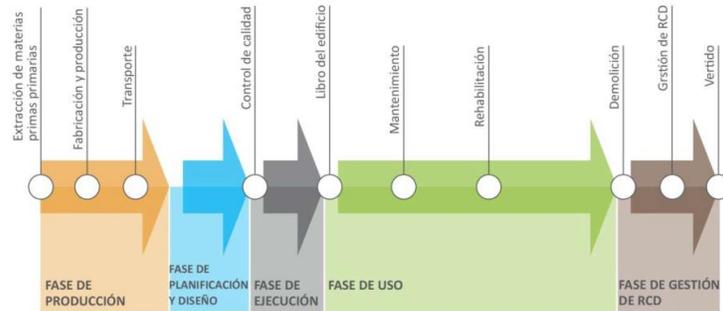


Ilustración 1: Esquema simplificado del proceso actual del sector de la construcción en España. Fuente: Elaboración propia.

Economía circular en la construcción:

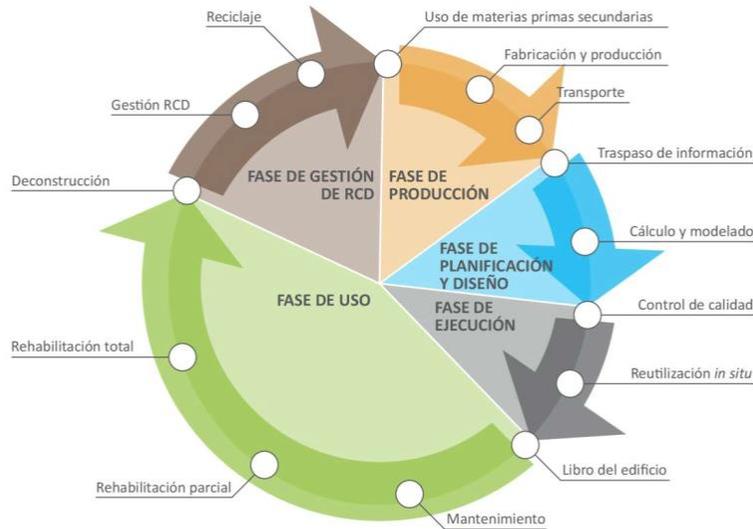
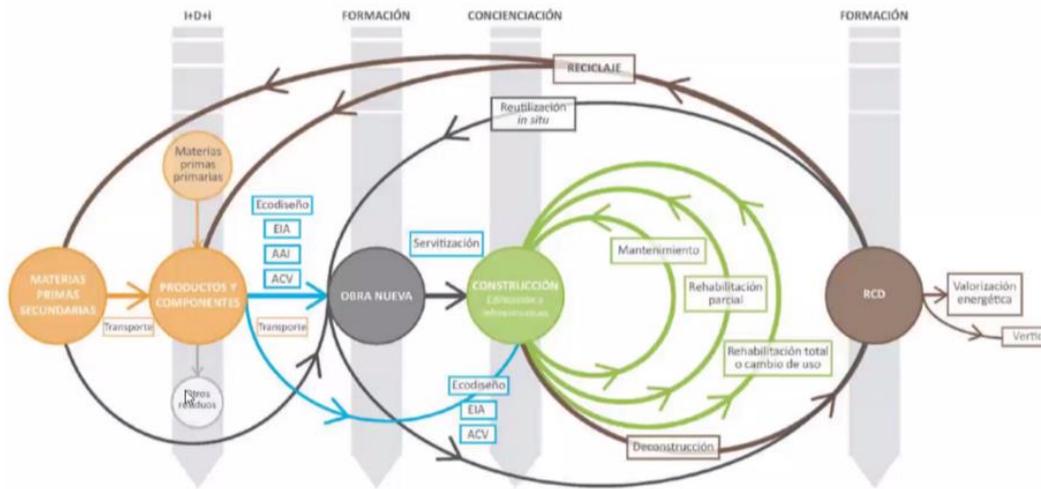


Ilustración 2: Esquema simplificado del proceso futuro del sector de la construcción, basado en la economía circular. Fuente: Elaboración propia.

<sup>13</sup> Los tres gráficos fueron obtenidos del Informe “Economía circular en el sector de la construcción”, CONAMA

## Esquema desglosado de EC en la construcción



### OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible son diecisiete objetivos propuestos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo los cuales se orientan a “poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030”.<sup>14</sup>



Este trabajo se alinea con tres de los diecisiete objetivos:

**(Objetivo 11) Ciudades y comunidades sostenibles:** su objetivo es *lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.*

<sup>14</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>



*“Las ciudades del mundo ocupan solo el 3% de la tierra, pero representan entre el 60% y el 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono. Más de la mitad de la población mundial vive hoy en zonas urbanas. En 2050, esa cifra habrá aumentado a 6.500 millones de personas, dos tercios de la humanidad. No es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios urbanos.”<sup>15</sup>*

Las metas que propone son:

- *Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.*
- *Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.*
- *Aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes. integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él.*

**(Objetivo 12) Producción y consumo responsables:** su objetivo es *garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. “Para lograr crecimiento económico y desarrollo sostenible, es urgente reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos. La gestión eficiente de los recursos naturales compartidos y la forma en que se eliminan los desechos tóxicos y los contaminantes son vitales para lograr este objetivo. También es importante instar a las industrias, los negocios y los consumidores a reciclar y reducir los desechos, como asimismo apoyar a los países en desarrollo a avanzar hacia patrones sostenibles de consumo para 2030.”<sup>16</sup>*

Las metas que propone son:

- *Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.*

---

<sup>15</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>

<sup>16</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-12-responsible-consumption-and-production.html>



- *Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.*

**(Objetivo 13) Acción por el clima:** su objetivo es *adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. "El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes, produciendo un impacto negativo en su economía, la vida de las personas y las comunidades. En un futuro se prevé que las consecuencias serán peores. Las personas más pobres y vulnerables serán los más perjudicados. En la actualidad, tenemos a nuestro alcance soluciones viables para que los países puedan tener una actividad económica más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. El cambio de actitudes se acelera a medida que más personas están recurriendo a la energía renovable y a otras soluciones para reducir las emisiones y aumentar los esfuerzos de adaptación. Pero el cambio climático es un reto global que no respeta las fronteras nacionales. Es un problema que requiere que la comunidad internacional trabaje de forma coordinada y precisa para que los países en desarrollo avancen hacia una economía baja en carbono."*<sup>17</sup>

Las metas que propone son:

- *Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.*
- *Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.*

### **CERTIFICACIÓN LEED**

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, en español Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) es un conjunto de normas para la certificación de edificios sostenibles que fue desarrollado por el Green Building Council de Estados Unidos. Consideran aspectos relacionados con la eficiencia en el consumo de agua y energía, la utilización de energías alternativas o de origen renovable para su funcionamiento y la elección de materiales.

Hay certificaciones LEED para construcciones nuevas, para edificios existentes, para viviendas, para desarrollo de barrios y para colegios, pudiendo alcanzar cuatro niveles: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).

---

<sup>17</sup> <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>



## ELECCIÓN DE LA TEMÁTICA

### ***1- EL EJE DE LOS RESIDUOS ES AQUEL EN EL CUAL LA EMPRESA CONSTRUCTORA TIENE MAYOR PODER DE DECISIÓN.***

En la mayoría de los casos el pliego no exige una gestión consciente de los residuos, sin embargo, las empresas constructoras tienen el poder de decidir cómo gestionarlos. No hace falta que el cliente lo solicite para que la constructora tome medidas al respecto, tiene el poder de redactar un Plan de Mitigación de impactos ambientales mediante la gestión de residuos y exigirles a sus subcontratistas que lo cumplan. El plan de gestión ambiental funciona como el Programa de seguridad e higiene: la constructora debe responder y cumplir con lo que el cliente dicta, mientras que los subcontratistas deben responder a lo que la constructora establece.

Por otro lado, los edificios son responsables del 39% de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, de los cuales 28% corresponden a la etapa operativa y 11% provienen del proceso constructivo a través de materiales y transporte. Si se gestionan correctamente, los desechos de materiales pasan a ser residuos, es decir que son aptos para ser usados como materias primas/recursos en la fabricación de otros productos. Entonces, decidiendo conscientemente sobre la reinserción de cada residuo en una nueva cadena productiva, se disminuye la relación desperdicio/recurso, por lo que el impacto ambiental por unidad de material será menor.

Visto que las empresas constructoras pueden decidir sobre la gestión de los residuos, se detecta un enorme potencial para influir positivamente sobre este eje.

### ***2- LA EMPRESA CONSTRUCTORA ES CAPAZ DE GENERAR UN CAMBIO DE CULTURA INTERNA (CONCIENTIZACIÓN) Y COMPROMISO AMBIENTAL INDIVIDUAL A TRAVÉS DE UNA CAMPAÑA COMUNICACIONAL SOBRE RECICLAJE Y ECONOMÍA CIRCULAR.***

Es necesario que los colaboradores tomen consciencia sobre el impacto ambiental que genera la industria en la que trabajan y se comprometan a colaborar para reducirlo. Es importante que todas las personas involucradas en la separación de residuos y su debida gestión entiendan qué va a pasar con cada uno de esos materiales, quién lo recoge, a dónde se transporta, y qué es lo que se fabrica a partir de su recuperación. De esta forma, se logrará que las personas se sientan parte de una acción trascendental y que colaboren con gusto en las actividades de recuperación de residuos en obra.



La empresa constructora tiene las herramientas suficientes para abarcar dos caminos:

- a) Campaña educativa: Teórica y práctica (sobre reciclaje, economía circular, impacto ambiental, cambio climático).
- b) Campaña cultural: Comunicar y transmitir por qué se está movilizandando la empresa para mejorar su impacto socioambiental y contar los beneficios.

***3- LAS CONSTRUCTORAS SON CAPACES DE INFLUIR EN SUS CLIENTES MEDIANTE EL EJEMPLO Y TRANSMITIRLES QUE ELLAS PUEDEN ENCARGARSE DE GESTIONAR LOS RESIDUOS, PERO QUE SERÍA AÚN MEJOR QUE EL CLIENTE ELIJA EJECUTAR PROYECTOS DE DISEÑO SOSTENIBLE Y SUSTENTABLE, QUE TENGAN EN CUENTA EL APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES Y RECURSOS, DE MANERA TAL QUE SE REDUZCA LA GENERACIÓN DE RESIDUOS.***

La categoría de Materiales y recursos de las normas LEED, incluye *‘Construction and Demolition Waste Management Planning’*:

- Cuantificar el diseño de prevención de residuos y las técnicas de construcción que dan lugar a la reducción de la fuente.

La categoría *‘Environmental Product Declarations’* abarca:

- Fomentar el uso de productos y materiales de los que se dispone de información sobre el ciclo de vida y que tienen impactos medioambientales, económicos y sociales.
- Recompensar a los equipos del proyecto por seleccionar productos de fabricantes que han verificado un mejor ciclo de vida medioambiental.

Y, además, en la categoría *‘Sourcing of Raw Materials’* (materias primas):

- Se busca que la extracción sea lo más sustentable posible, o reusar materiales, o reciclar.

Estos puntos LEED refieren a la importancia de reducir la generación de residuos mediante la elección consciente de productos y materiales para la construcción, considerando la reutilización o el reciclado de los mismos, y, por último, seleccionando proveedores sustentables. Como es sabido, estas decisiones pasan por el cliente y, por ende, se considera fundamental la influencia y el ejemplo de la constructora sobre el cliente.

También es posible persuadir a los clientes sobre la relevancia de ser sustentable o socialmente responsable en el futuro de las compañías y que puede traer beneficios económicos, como por ejemplo acceso a subsidios por parte del banco internacional.



Además, los consumidores son cada día más conscientes y eso también se ve reflejado en la demanda de viviendas, hospedaje, oficinas, y demás.

***4- LA GESTIÓN DE RESIDUOS TIENE RELACIÓN DIRECTA CON EL PRINCIPIO ‘CERO DESPERDICIO’ DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.***

Además, el 20% de los puntos de las normas LEED pertenecen a la categoría “Materiales y recursos”, que contempla la reducción de los desperdicios. Si la certificación LEED otorga 20% de los puntos a soluciones dedicadas a los residuos y solo un 8% al ahorro de agua, significa que a nivel mundial hay mayor preocupación por resolver el problema de los residuos y desperdicios en obra.

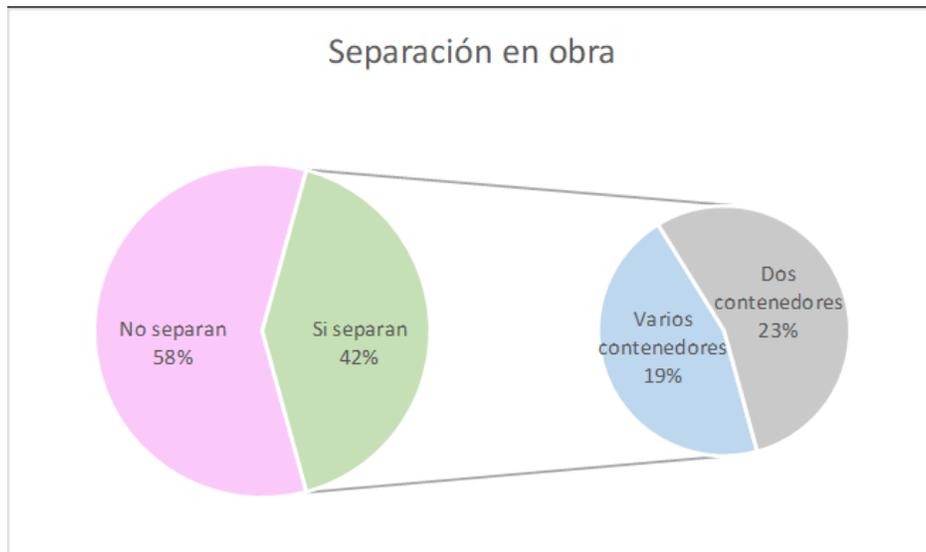
## CAPÍTULO 2

En el siguiente capítulo se detalla la metodología empleada durante el relevamiento de datos. Mediante encuestas, entrevistas y visitas a obra se obtuvo la información necesaria para el desarrollo de la propuesta.

### ENCUESTAS

A modo de relevamiento general se realizó una encuesta para conocer la situación actual de los residuos en la industria de la construcción, más específicamente en las obras en construcción. Dicha encuesta obtuvo 124 respuestas, de las cuales 87 pertenecen a la Ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires. Se analizaron los datos extraídos de las respuestas y a continuación, se muestran las preguntas más relevantes con sus respectivas respuestas:

- ***¿En la obra hay separación de residuos?***
- ***¿Cómo separan los residuos en la obra? (Dos contenedores o varios contenedores)***



Se observa que casi en la mitad de las obras se separan los residuos, pero solamente en un 19% existen varias categorías de separación.

Al 19% que respondió “varios contenedores” se les pidió:

- ***Seleccione las categorías para las cuales hay un contenedor único en la obra.***

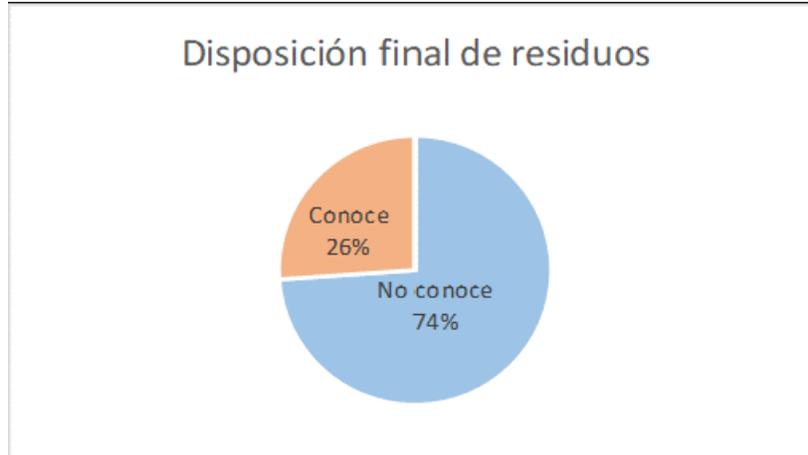


La categoría “Plástico pequeño” se refiere al de uso diario como ser botellas, viandas, envoltorios de alimentos, entre otros, “Plástico grande” se refiere al de embalaje de materiales y “Material grueso” a restos de ladrillos, hormigón y cemento.

Dentro de las obras que separan en varias categorías llama la atención el alto porcentaje de separación de orgánicos y el bajo porcentaje de separación de “Plástico grande”, que es un residuo muy contaminante y que se genera en grandes volúmenes. En la mayoría de los casos el acero es vendido a chatarrerías para ser fundido, por lo que es lógico que se separe en un porcentaje mayor. Lo mismo ocurre con el papel y el cartón que muchas veces es recuperado por cooperativas.

Luego se consultó:

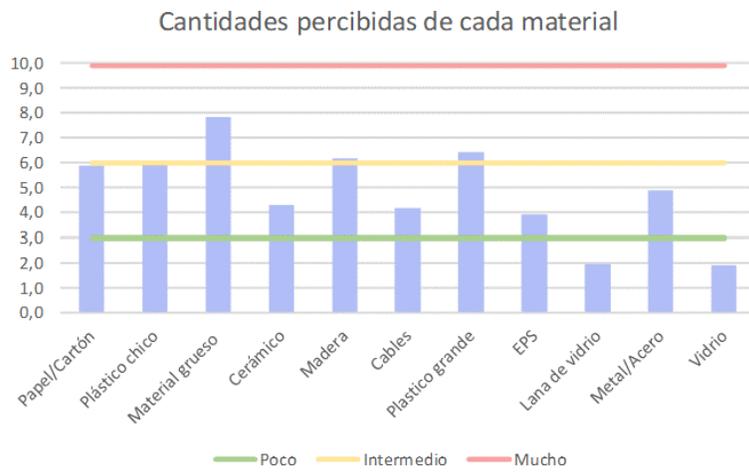
- **¿Conoce la disposición final de estos residuos?**



Sorprendentemente solo un 26% de las personas encuestadas conoce la disposición final de los residuos. Esto indica una falta de comunicación por parte de las empresas que los retiran y una falta de interés por parte de las empresas constructoras al no consultar sobre esta temática.

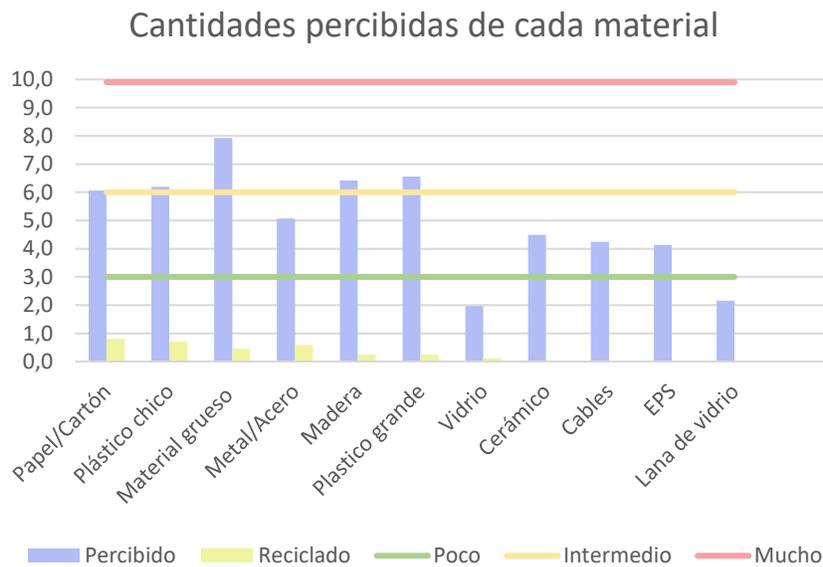
Al no conocer la disposición final se crea una idea generalizada de que los residuos reciclables se juntan con los no reciclables a la hora de ser recogidos terminando en un relleno sanitario en lugar de ser reciclados. Esto conlleva a un desinterés por parte de las personas de separar conscientemente los residuos. Es por esto que se considera muy importante una buena comunicación empresarial sobre el destino de los residuos.

- **¿Qué cantidad de cada residuo ve en la obra?**



Esta pregunta se orienta a obtener una estimación de los residuos que se generan en mayor volumen. Se puede observar que los residuos que se perciben en mayor cantidad son los escombros. En segundo lugar, se observan muchos plásticos y cartones provenientes de envoltorios de materiales. También se perciben grandes cantidades de residuos metálicos, los cuales provienen mayormente de recortes de armaduras.

El siguiente gráfico muestra las cantidades percibidas de cada residuo en contraposición con los materiales que más se separan en las obras. Esta comparación es muy útil para analizar los residuos que se deberán tener en cuenta para priorizar su gestión, por ejemplo: material grueso, madera y plástico grande hay mucho percibido, pero poco reciclado. Lo mismo ocurre con cerámico, cables y EPS, de los cuales no se registra separación en obra.



Luego se hicieron las siguientes preguntas:

- ***¿Considera importante que la industria de la construcción adopte una mayor conciencia ambiental?***
- ***¿Se tomaría el trabajo de separar mejor los residuos si le dieran las herramientas necesarias?***

La respuesta promedio de la primera fue 8,9 y de la segunda 8,8 lo cual resulta muy positivo ya que demuestra una gran motivación y compromiso por parte de la gente no solo en relación con la conciencia ambiental sino también al momento de pasar a la acción y separar los residuos.



En conclusión, se puede observar una considerable preocupación por parte de la gente al no saber si lo que separan va a terminar en el mismo relleno que el resto de la basura, lo cual se puede revertir mediante una buena estrategia de comunicación informando a la gente sobre el destino de los residuos que separan. Esto logra que las personas separen de forma más consciente al conocer el resultado de sus acciones. También se observa en la encuesta que muchos consideran que existe una falencia en las capacitaciones y que es necesario realizarlas con mayor frecuencia para poder profundizar más sobre la temática ambiental en general y la de los residuos en particular.



## GENERALIDADES DE LA EMPRESA PILOTO

Se seleccionó una empresa piloto con el objetivo de analizar un caso real y confeccionar una propuesta para una obra de la misma. La empresa elegida brinda servicios de construcción en obras emblemáticas de ingeniería y arquitectura tanto privadas como públicas, en la Ciudad de Buenos Aires, y otras ciudades de la Argentina y países limítrofes. La escala de dichas obras varía de 5.000m<sup>2</sup> a 60.000m<sup>2</sup>.

Se analizaron los antecedentes en gestión de residuos de la empresa piloto para determinar la situación actual de su gestión y las respectivas falencias. Para esto se llevaron a cabo varias entrevistas a colaboradores de diferentes áreas y se evaluaron los circuitos de los residuos en obras con diferentes planes de gestión.

### **A) Antecedentes en gestión de residuos y situación actual de la empresa piloto**

A partir de una entrevista y varios intercambios con el equipo de Higiene y Seguridad de la empresa piloto, se entiende que:

La empresa cuenta con una Política Ambiental<sup>18</sup> cuyo compromiso consiste en:

1. Controlar el impacto de sus actividades y de los productos y servicios que suplen, sobre aquellos relacionados con la protección del ambiente y prevención de la contaminación identificables por la empresa y en los que pueda tener influencia.
2. Implicar, formar y responsabilizar a las personas que integren la Organización para que respeten, compartan y apliquen el Sistema de Gestión Ambiental, ya sean trabajadores, proveedores o subcontratistas.
3. Minimizar en lo posible el consumo de recursos críticos para el ambiente.
4. Dirigir la actividad bajo las normas y requerimientos legales que les sean aplicables, como así también armonizarse con aquellas que sus clientes contemplen en su sistema, generando para ello la documentación que sea requerida para tal efecto.
5. Velar por la mejora continua de sus estándares ambientales, implementándolos y mejorándolos cada vez que sea necesario y en la manera de lo posible.

En cuanto a los ítems 1, 4 y 5, la empresa se encuentra actualmente en proceso de redacción de un Manual de Higiene y Seguridad que incluye un capítulo sobre Medio

---

<sup>18</sup> Política Ambiental de la empresa piloto, 1 de enero de 2018



Ambiente. Dicho capítulo se orienta a reglamentar cómo certificar normas ambientales en las obras, pero está muy poco desarrollado, es de baja prioridad y es considerado muy ambicioso.

El punto dos hace referencia a los diferentes Planes de Gestión Ambiental que puedan regir en sus obras, al Programa Separando residuos en obra de la UOCRA y a la certificación LEED.

El **Plan de Gestión Ambiental (PGA)** es confeccionado e implementado solamente cuando se solicita por pliego. Es decir que no todas las obras cuentan con un PGA. Actualmente, solo una obra lo hace. Para la redacción de dicho Plan, se subcontrata una Consultora de Medio Ambiente (ningún colaborador de la empresa constructora participa).

El **Programa Separando residuos en obra** es del Departamento de Salud y Seguridad de la UOCRA, cuyos enfoques abarcan: salud, seguridad y también gestión ambiental. Dentro de este programa la fundación UOCRA lleva adelante medidas de prevención, nuevos protocolos y la formación de los operarios sobre prácticas ambientales en las obras de empresas que le otorguen el permiso. La UOCRA brinda las capacitaciones correspondientes y la empresa piloto se encarga de proveer a la obra de los recursos necesarios para clasificar los residuos (contenedores, bolsones y volquetes). El manejo de los residuos depende de la jefatura de obra, quien organiza y administra su retiro y transporte.

A grandes rasgos, la gestión de residuos que contemplan estos dos planes es la siguiente:

- algunos materiales reciclables son retirados por cooperativas, que los reinsertan en el mercado y la empresa piloto no conoce su trazabilidad,
- los escombros son recogidos por el gobierno de la Ciudad y son tratados en la Planta de áridos del Centro de Reciclaje de la Ciudad,
- los residuos domiciliarios son transportados hasta su disposición en el relleno sanitario Norte III del CEAMSE por una empresa subcontratada por la empresa piloto.

A pesar de que la implementación de esta gestión es mejor que una gestión nula, solo fue llevada a cabo en tres obras de la empresa: una torre de viviendas en altura (PGA), un centro comercial al aire libre y un centro de convenciones (UOCRA).

Además, no hay un seguimiento preciso de las prácticas, ni una medición y posterior control de los volúmenes de residuos generados. En la actualidad, se requiere del



seguimiento de un solo tipo de residuo generado en obra debido a su alto valor comercial, motivo por el cual se contabiliza y se lleva un registro exacto de su cantidad:

- La chatarra es retirada por camiones para su reventa en chatarrerías. La ganancia queda como fondo fijo de la obra.

En caso de que el proyecto siga los requisitos para la **certificación LEED**, la gestión de residuos será similar a la del Programa anterior. Este fue el caso de un edificio de oficinas que certificó LEED Gold. Actualmente, se encuentra en construcción otro edificio de oficinas que certificará bajo **Normativa LEED**, que cuenta con un plan de gestión de residuos para la etapa de construcción debido al cual debe existir en obra una zona de clasificación y acopio de residuos. La misma se compone de 4 bolsones de polietileno de 120lts para la separación de papel, cartón, plástico y orgánico.

Si no hay un PGA, tampoco se aplica el Programa de UOCRA, y el proyecto no certifica Normas LEED, entonces no se clasifican ni se gestionan los residuos por separado. Esto significa, que son recolectados y transportados a un relleno sanitario, sin clasificación alguna. Hoy en día, el 69% de las obras de la empresa ingresa en esta categoría.

## **B) Identificación del circuito actual de los residuos y detección de falencias**

Como se mencionó anteriormente la gestión de residuos varía dependiendo de cada obra, por lo tanto, se confeccionaron diagramas de flujo para relevar el circuito actual de los residuos en cada uno de los cuatro casos:

- Obras comunes
- Plan de Gestión Ambiental
- Programa “Separando residuos en obra”
- Gestión de residuos en obras con certificación LEED

### **B.1) Obras comunes**

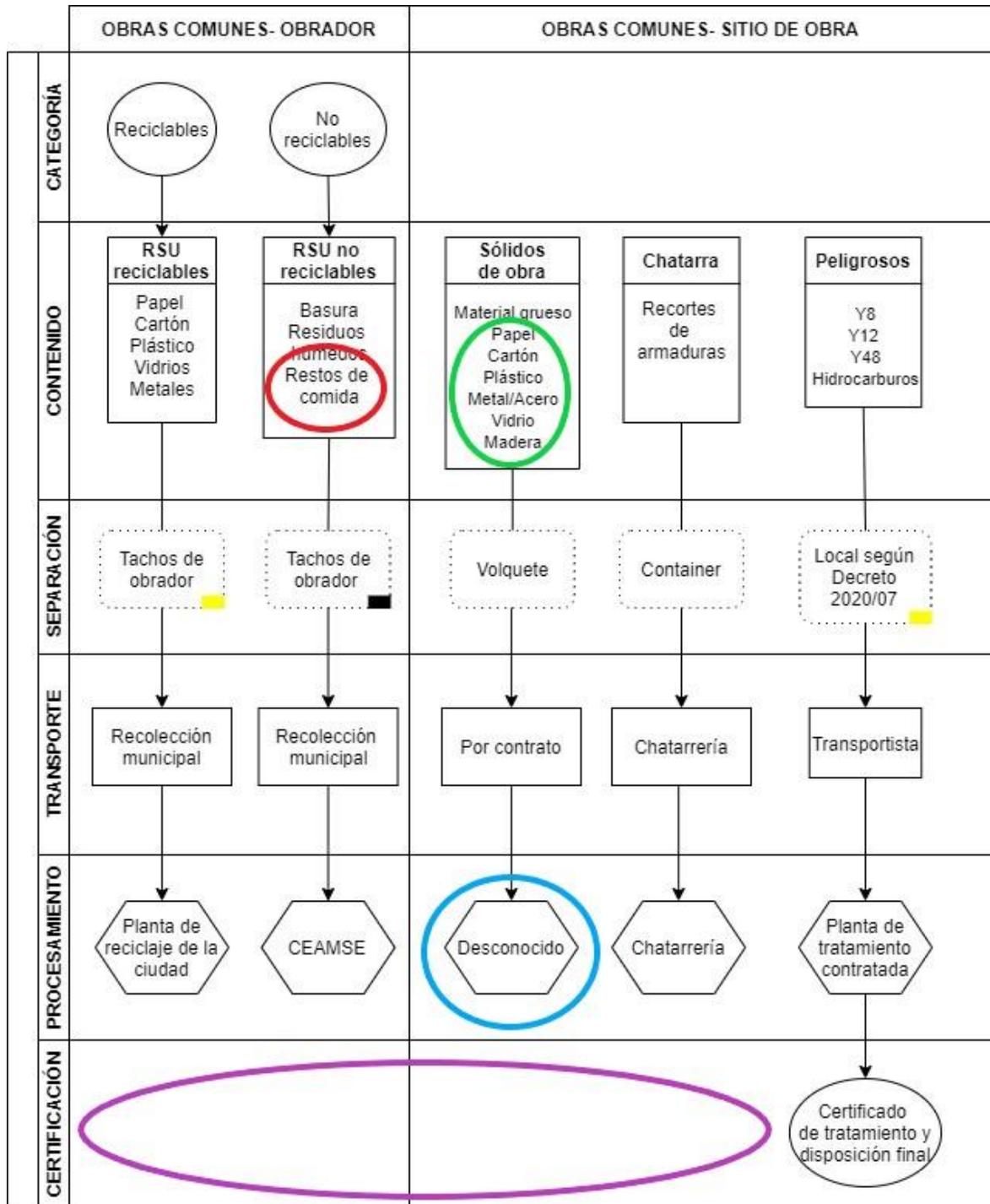
En este caso puede diferenciarse la gestión de los residuos de obrador y del sitio de obra. En obrador, se separa en reciclables y no reciclables. En el sitio de obra hay tres separaciones. La chatarra se recolecta en container para su reventa en chatarrerías. Para los residuos peligrosos se prevé un local según el Decreto 2020/07, esta categoría obtiene un certificado de disposición final. Los demás residuos de obra son gestionados indistintamente, recolectados en volquete por contrato.



Cabe destacar que estas obras cubren gran parte del total de obras de la empresa, representando el 69% del total en m<sup>2</sup> cubiertos. Las falencias detectadas fueron las siguientes:

- En obrador, se separa en dos categorías: reciclables y no reciclables, detectándose que se desperdician los residuos orgánicos al mezclarlos con los inorgánicos. Además, no todas las obras cuentan con los tachos correspondientes, ni con el personal para disponer los residuos reciclables en las campanas verdes de la ciudad, quedando bajo responsabilidad del equipo de obra, quien lo cumplirá a su propia voluntad en función de cuanta conciencia ambiental tenga.
- Se observa, además, que en el sitio de obra no existe actualmente separación de reciclables, perdiéndose así el potencial de muchos materiales de ser reciclados (papel, cartón, plásticos, metales, vidrio y madera). Lo que sucede hoy en día es que se disponen todos los residuos en un mismo volquete, sin diferenciar si es escombros o reciclable u orgánico.
- Se consultó a varias personas que trabajan en obra sobre la disposición de los sólidos de obra, y se observó que es desconocido para la gran mayoría de los trabajadores. Esto demuestra una falta de comunicación sobre este tema por parte de la empresa. Es muy importante que se comunique correctamente sobre el destino de los residuos, ya que esto genera una mayor conciencia por parte de los involucrados en la separación.
- Por último, se observa que este tipo de obras no cuentan con ningún tipo de certificación de disposición final de los residuos.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de los residuos de las obras comunes con las falencias descriptas marcadas en colores:





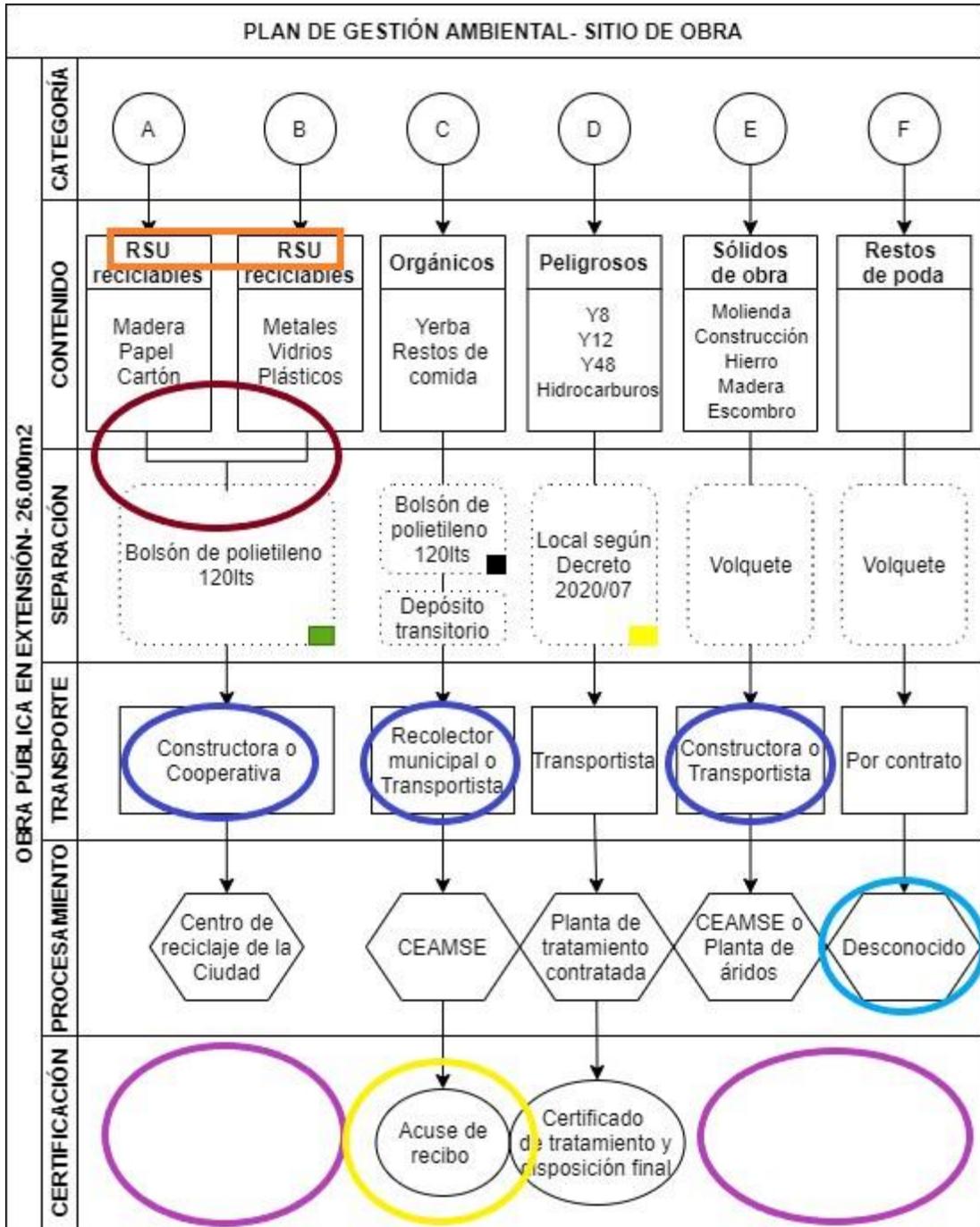
## B.2) Plan de Gestión Ambiental

Este Plan clasifica los residuos en 6 categorías que incluyen Residuos Sólidos Urbanos (RSU) reciclables, orgánicos, peligrosos, sólidos de obra y restos de poda. Para los residuos peligrosos, se obtiene un certificado de disposición final responsable y para los orgánicos, un acuse de recibo. Los residuos generados en los obradores se gestionan de igual manera que en las obras comunes.

La primera observación sobre este plan es que faltan contemplar muchos residuos y, además, al ser tan poco específico deja a libre elección la gestión de gran cantidad de reciclables que terminan siendo dispuestos en el volquete junto con los sólidos de obra.

- Este plan nombra a las categorías A y B como Residuos Sólidos Urbanos (RSU), esto no es correcto ya que esta categoría corresponde al volumen de una unidad familiar. También, estos residuos pueden ensuciarse dentro de la obra con cemento, pintura, etc. Es por esto que no pueden considerarse Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y deben ser nombrados como Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
- Otra falencia detectada es que se divide a los RSU reciclables en dos grupos, pero luego son recolectados en un mismo bolsón. Cabe destacar que el mayor valor agregado en la cadena de reciclaje se da a través la separación en origen en el lugar de generación de los residuos. Por lo tanto, no tiene sentido clasificar los reciclables en categorías A y B, para después recolectarlos en un mismo bolsón. Lo más adecuado sería disponer de un bolsón diferenciado para cada tipo de reciclable.
- En cuanto al transporte, no se prevé con exactitud si la constructora debe hacerse cargo del mismo, si deberá contactar a un transportista, o si los residuos serán recolectados por una cooperativa o por municipio. Esto conlleva a que la jefatura de obra se vea obligada a tomar decisiones con respecto a la gestión de los residuos sin contar con la experiencia debida para enfocarse en el beneficio ambiental.
- Se observa, además, que tampoco queda definido el procesamiento de los sólidos de obra mientras que el de los restos de poda se desconoce.
- Por último, la certificación es escasa, solo se obtiene un certificado de disposición final responsable para los residuos peligrosos y apenas un acuse de recibo para los orgánicos.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de los residuos de las obras con Plan de Gestión Ambiental con las falencias descriptas marcadas en colores:





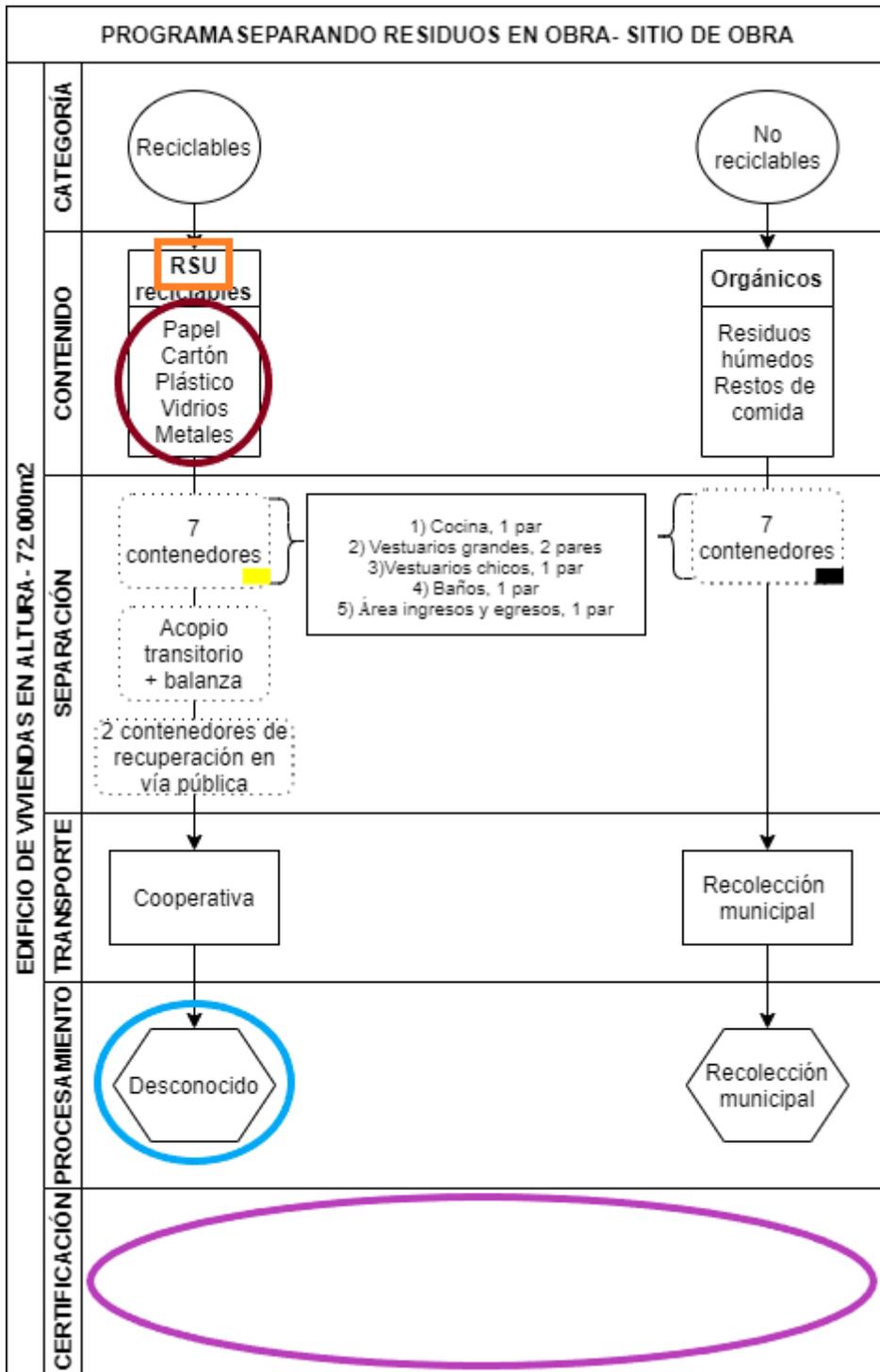
### **B.3) Programa “Separando residuos en obra”**

Este programa diferencia solo dos categorías, reciclables y no reciclables. De todas formas, los RCD son recolectados en volquetes por contrato y los peligrosos se gestionan de la misma manera que en las obras comunes, ya que es el protocolo que implementó la empresa para cumplir con la ley. Una virtud de este programa es que detalla muy bien la cantidad y distribución de los contenedores de acopio y cómo se lleva a cabo el transporte. Los residuos generados en los obradores se gestionan de igual manera que en las obras comunes.

Se observa que en este programa no se menciona a los sólidos de obra ni a los residuos peligrosos, dejando su gestión a decisión de la empresa. También se observan las siguientes falencias:

- Al igual que en el Plan de Gestión Ambiental, en este programa los residuos son nombrados como RSU cuando deberían ser nombrados como RCD.
- Se observa que los reciclables son dispuestos todos en el mismo contenedor, esto hace que se pierda un valor importante ya que la separación en origen es la que mayor valor agregado da a la cadena del reciclaje.
- También, se desconoce el procesamiento de los reciclables luego de ser retirados por la cooperativa.
- Se observa, además, que no se obtiene ningún tipo de certificación, ya sea para reciclables o no reciclables.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de los residuos de las obras que aplican el programa “Separando residuos en obra” de la UOCRA con las falencias descritas marcadas en colores:





#### **B.4) Obras con certificación LEED**

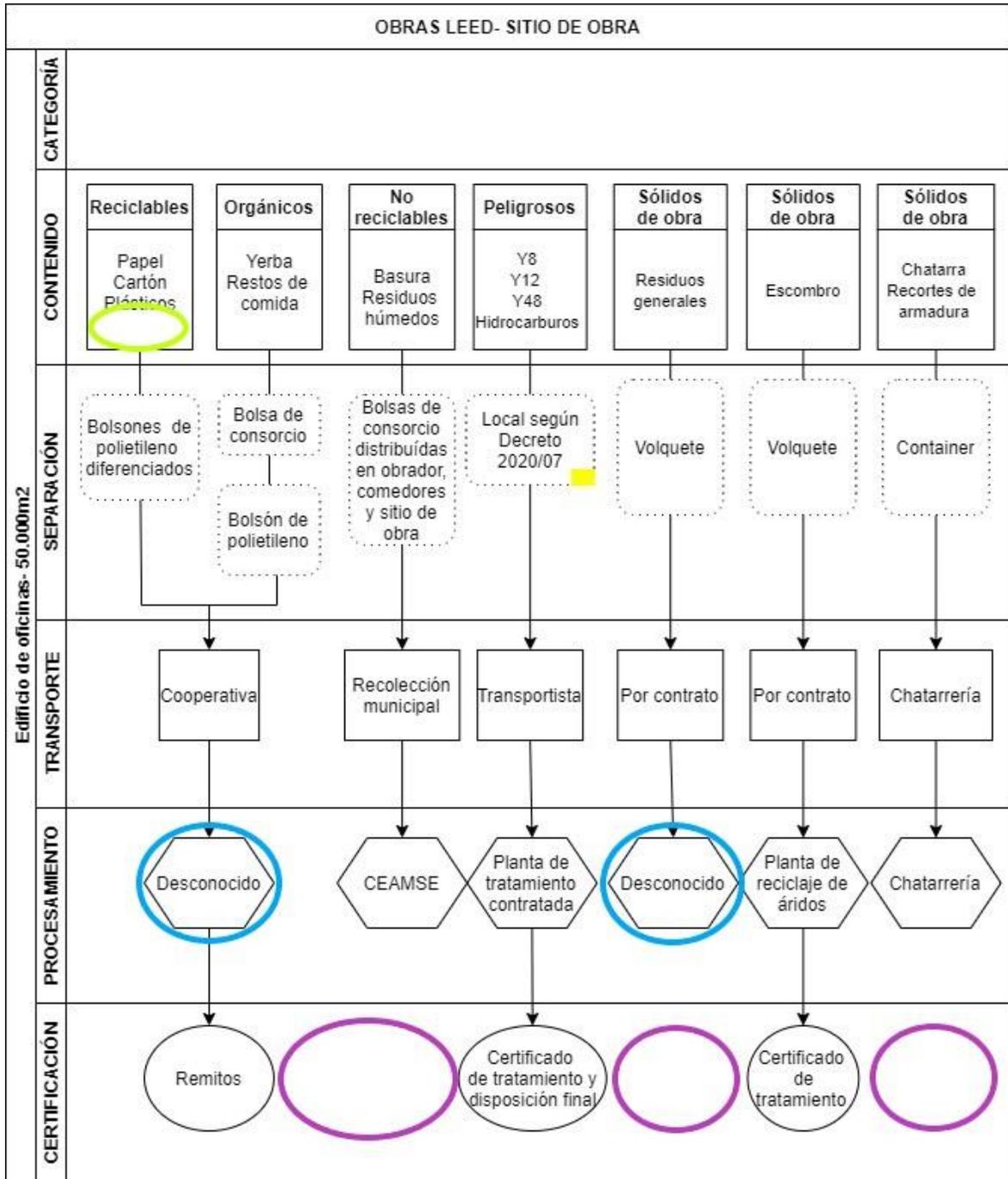
En estas obras se clasifican los residuos en muchas más categorías, pero no se les da nombre. En cuanto a la separación y el transporte, está muy bien detallado cómo deben llevarse a cabo. La certificación más apropiada es la de disposición de los residuos peligrosos, luego la de los escombros (certificado de tratamiento) y, por último, de los reciclables se obtienen remitos, pero no son válidos como certificado. Los residuos generados en los obradores se gestionan de igual manera que en las obras comunes.

Si bien este es el plan más completo, se observó en una visita a obra que no se cumple al pie de la letra. Por ejemplo, no se observan tachos para separar orgánicos dentro de la obra y luego en el bolsón dispuesto para los residuos orgánicos se ven bolsas negras cerradas, por lo que no se puede corroborar que lo que se retira de ahí sea puramente orgánico sin estar mezclado con otros residuos. También se observa una separación ineficiente de los plásticos y el papel. Las falencias remaradas en el diagrama son las siguientes:

- Los residuos reciclables incluyen solamente papel, cartón y plásticos, por lo que madera, metales y vidrios serán dispuestos en el volquete de escombros, perdiendo su potencial de convertirse en recurso para la fabricación de un nuevo material.
- En cuanto a la separación y el transporte, está muy bien detallado cómo deben llevarse a cabo, sin embargo, aun siendo el plan más sofisticado, la jefatura de obra desconoce dónde se realiza el procesamiento de los residuos generales de obra, de los reciclables y orgánicos.
- Se observa que solamente se obtiene un certificado de disposición final para los residuos peligrosos y para los escombros, mientras que todas las demás clasificaciones carecen de dicho certificado. Únicamente los residuos reciclables obtienen un remito de retiro, lo cual no es suficiente ya que no se conoce su procesamiento luego de ser retirado.



A continuación, se muestra el diagrama de flujo de los residuos de las obras que certifican LEED con las falencias descritas marcadas en colores:





## RELEVAMIENTO DE RESIDUOS EN LA OBRA PILOTO

Para relevar e identificar residuos se eligió como obra piloto un complejo de viviendas y oficinas de 101.000m<sup>2</sup>, que se subdivide en:

- un edificio de oficinas (50.000m<sup>2</sup>) que certificará LEED [Edificio A],
- y, por otro lado, un edificio de viviendas remodelado (18.000m<sup>2</sup>) con tres edificios adosados (10.000m<sup>2</sup>), un edificio de oficinas (14.000m<sup>2</sup>), un subsuelo interconectado y áreas comunes (9.000m<sup>2</sup>) [Edificio B].

El sistema constructivo empleado en la obra responde a una estructura independiente de hormigón armado y un sistema de construcción industrializada en seco para sus cerramientos interiores. El plazo de ejecución de la obra es de 3 años, habiendo comenzado a principios de 2019 y finalizando a fines del 2021.

Se visitó en varias oportunidades la obra piloto para relevar la situación del sitio. Debido a su gran tamaño y distribución, la obra posee en simultáneo diferentes etapas constructivas incluso dentro de cada edificio, permitiendo identificar los residuos provenientes de cada una de dichas fases. Luego, se decidió estimar la cantidad de residuos que se generarán en el Edificio B, para diseñar una propuesta acorde a sus necesidades, teniendo en consideración que el Edificio A ya cuenta con un plan adecuado para la certificación mencionada.

### A) Relevamiento Edificio A

Se desarrolla primero el relevamiento de residuos correspondientes al edificio de oficinas de 50.000m<sup>2</sup>, que está en etapa de hormigonado y certificará LEED. Como se mencionó anteriormente, hay una zona de clasificación y acopio de residuos reciclables, que diferencia cuatro categorías:

**1. Papel.** Un bolsón de polietileno de 120 litros. Se observaron bolsas sucias de cemento que son de una capa exterior de papel y una capa interna de plástico (era fácil de separar y disponer correctamente, solo el papel allí y la parte sucia en basura) [Imagen 1, 2].

También se observaron unos guantes de plástico en muy buen estado en el contenedor de papel. Esto pone en evidencia que la capacitación es insuficiente [Imagen 3].



2. **Cartón.** 1 bolsón de polietileno de 120lts. Lleno por la mitad [Imagen 4].

3. **Plástico.** 1 bolsón de polietileno de 120lts. Estaba prácticamente vacío [Imagen 5].

4. **Orgánicos.** 1 bolsón de polietileno de 120lts. Se observaron bolsas negras de residuos cerradas en el interior, por lo que no es posible asegurar que los orgánicos no hayan estado mezclados con otros residuos. Tampoco se observaron cestos en los comedores con la indicación de residuo orgánico, por lo tanto, se sospecha que esas bolsas contienen desechos de los comedores sin separación previa [Imagen 6].

Cuando la cooperativa detecta que un bolsón ha sido mal clasificado o por algún motivo los reciclables están contaminados (como se observó con el de papel que tenía bolsas de cemento sucias), automáticamente pasa a ser residuo de obra y se destina al volquete que contiene de todo un poco.



**5. Residuos domiciliarios.** En cuanto a la basura, hay tachos dispuestos en distintos puntos de la obra (ingreso de obra, comedor, baños, cerca de obradores, etc.). Hay un encargado de vaciarlos, el cual recorre los tachos 3 o 4 veces por día y junta todo en una bolsa grande que saca a la calle para recolección municipal [Imágenes 7,8 y 9].



Se observó que se desecha mucho orgánico en los tachos de basura, en vez de en el cesto de orgánicos (se desconoce si es por comodidad para no llevarlo hasta el cesto de orgánico o si es por falta de un cesto especial para este tipo de residuos). También hay mucho plástico (de viandas que no son limpiadas y secadas como correspondería para disponer en el bolsón de plásticos) barbijos y guantes descartables [Imagen 10].

Se identificaron dos barriles con basura acumulada en su interior, que no debían cumplir esa función [Imagen 11].

Se observaron también muchas cáscaras de fruta (residuo orgánico) fuera de los recipientes dispuestos a dicho fin [Imagen 12].

También se observaron muchos materiales con potencial reciclable tirados y arruinados en la obra. Al ensuciarse pierden su capacidad de ser reciclados.



**6. Recortes de encofrados de fenólico.** Se van acumulando directamente sobre el piso. Los recortes más grandes son recuperados por los operarios, que se acercan a la pila buscando piezas según el tamaño y forma que les sirva para reutilizar. Los recortes más pequeños se terminan descartando.



**7. Escombros.** Se observó un solo volquete y estaba vacío. La empresa subcontratada acababa de retirar el volquete anterior lleno para llevarlo hacia la planta de áridos.

**8. Acero.** Se observó que en el centro de corte de armaduras se va llenando una guindola con los recortes generados [Imágenes 14 y 15]. Una vez completa, la grúa descarga la guindola en el contenedor donde se acopian los hierros y cada 1 o 2 meses los retira la chatarrería que va a comprarlos. Esta última separa los recortes que le sirve de los que no y se encarga de pesar la cantidad útil. Luego le abonan a la constructora el valor según ese peso. Se desconoce qué ocurre con lo que la chatarrería descarta.



**9. Madera.** Se observó gran cantidad de restos de madera proveniente de andamios y/o cajas de materiales, que van quedando mayormente sobre el piso distribuidos por todas partes.



**10. Guantes.** Se identificaron guantes de cuero y red fuera de los recipientes dispuestos a tal fin, generalmente en buen estado, es decir sucios, pero no rotos.

## B) Relevamiento Edificio B

A continuación, se desarrolla el relevamiento de residuos del edificio de viviendas remodelado (18.000m<sup>2</sup>) con tres edificios adosados (10.000m<sup>2</sup>), un edificio de oficinas (14.000m<sup>2</sup>), un subsuelo interconectado y áreas comunes (9.000m<sup>2</sup>). En las siguientes imágenes se muestra un edificio en construcción de magnitud similar al relevado. Cabe aclarar que estas imágenes no pertenecen a la obra piloto, se utilizan únicamente a modo de referencia.



El Edificio B se encuentra actualmente en etapa de carpintería y cerramientos en seco (placa de yeso). Los residuos observados en mayor cantidad fueron:

**1. Placas de yeso y perfiles de aluminio.** Los recortes de placas y de perfiles de aluminio correspondientes estaban dispuestos sobre el suelo en planta baja y mezclados con algunos restos de otros materiales como cajas, maderas y cables [Imagen 17].

**2. Perfiles de aluminio.** Los recortes metálicos del cerramiento en seco se van juntando en el piso de colocación y luego se trasladan hacia la pila mostrada anteriormente para verterse en volquete [Imagen 18].

**3. Escombros.** Se observó una acumulación de escombros, cemento endurecido, recortes de armadura, cinta de seguridad, cartón y algunos recortes de madera. Nuevamente se recalca el desaprovechamiento de reutilizar estos residuos como recursos mediante el proceso de reciclado debido a la falta de una correcta separación [Imagen 19].



**4. Cartón.** Proveniente de embalaje de materiales. Estaba desechado en un volquete ubicado en un lugar poco concurrido y estaba contaminado con residuos orgánicos.



**5. Plástico:** A lo largo de toda la obra se observaron envoltorios plásticos de materiales, baldes de pintura, bidones, envases tipo pomo, recortes de tuberías, entre otros.

A continuación, se menciona cada tipo de plástico con sus siglas correspondientes, que serán usadas a lo largo de este trabajo:

- **PET:** Tereftalato de polietileno
- **PEAD:** Polietileno de alta densidad
- **PVC:** Policloruro de vinilo
- **PEBD:** Polietileno de baja densidad
- **PP:** Polipropileno
- **PS:** Poliestireno

**BALDES:**

[PEAD] Ya sean baldes de pintura u otros materiales, la mayoría se reutilizan en obra para diferentes funcionalidades (guardado y traslado de herramientas, carga de agua, etc.). Rara vez se ve un balde descartado en la basura, ya que de a poco se los van llevando los mismos pintores u operarios [Imágenes 21, 22 y 23].

[PP] También existen baldes de plástico tipo 5 [Imágenes 24 y 25].



**BIDONES:**

**[PEAD]**



**ENVOLTORIOS DE MATERIALES:**

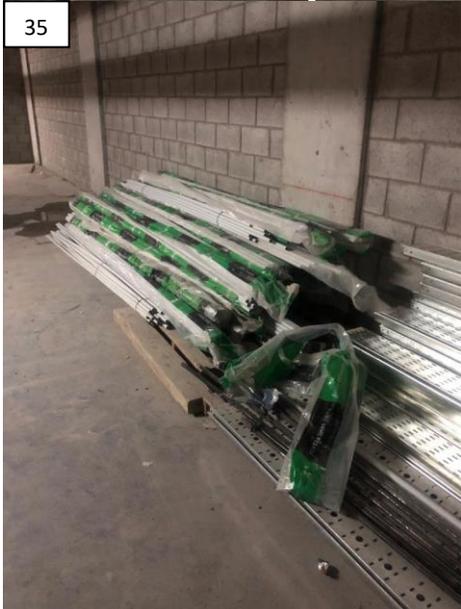
**FILM:**

**[Mezcla de PE y PP]** Se denomina film a los envoltorios plásticos de espesor menor a 0,25mm. Gran cantidad de materiales vienen envueltos en film por cuestiones de transporte y distribución [Imágenes 26, 27, 28 y 29].



**PACK:**

**[PEAD]**



**Sachet:**

[PEBD]



**CASCOS DE SEGURIDAD:**

[PEAD] Línea Libus milenium con arnés standar plástico. Según la norma IRAM 3620 la carcasa y el arnés deberán ser fabricados en polímero termoplástico, pudiendo el arnés tener una componente textil [Imágenes 38 y 39].



**MALLAS DE SEGURIDAD:**

**[PEAD]**



### **ENVASES TIPO POMO:**

**[PEAD].** En general son materiales adhesivos, que hacen al envase de difícil limpieza luego de su utilización.



### **PICOS DE POMOS:**

**[PEAD/PP]** En algunas ocasiones no son usados y no se contaminan con el producto.



### **RECORTES DE TUBERÍAS:**

**[PVC/PP]** Generalmente las tuberías sanitarias son de PVC, y las de agua y gas son de PP.



### **SEPARADORES DE TUBERÍAS:**

[PVC/PP]



### **TAPAS DE TUBERÍAS:**

[PEAD] Las tapas para tuberías se utilizan para mantenerlas limpias durante su colocación. Una vez finalizada la misma, se desechan. Salvo algún caso en particular, van a encontrarse cuanto mucho con un poco de polvo o suciedad.



### **OTRAS TAPAS:**

**[PP/PEAD]** Casi siempre se las usa para seguridad en barandas de acero, pero también es muy común verlas sueltas por la obra y siendo desechadas.



### **AISLANTES PARA INSTALACIONES:**

**[PE o ESPUMA ELASTOMÉRICA]** Los tubos huecos aislantes, varían el material en función de la marca. Pueden ser de polietileno o goma/espuma elastomérica. Este último es un material compuesto por una mezcla de caucho y plástico.



### **REVESTIMIENTO DE CABLES:**

Normalmente los cables cuentan con un aislamiento de plástico PVC, PS o PCP (policloropreno). El tipo de plástico y espesor dependerá de la aplicación que tenga el cable. Actualmente, debido a problemas ambientales relacionados con el PVC, el mismo fue reemplazado por el PEBD.



### **BOLSAS INTERIORES DE CEMENTO:**

**[PEBD]** La bolsa plástica interior viene suelta dentro de las otras tres capas de papel. Es de fácil separación. Por supuesto muy sucia, pero es inusual que esté contaminada con mezcla húmeda.



**CINTAS DE PELIGRO:**

[PP/PEBD/Reciclado] Generalmente se encuentran en estado irrecuperable.



**OTRAS CINTAS:**

[PP] Es muy común recibir materiales atados con cintas plásticas tipo zuncho.



**PAQUETES DE MECHAS:**

[PEBD]



**RESTOS DE AISLANTES PARA ABERTURAS:**

**[Goma (polímero elástico)]**



**CARTELERÍA:**

**[Vinilo impreso montado sobre láminas de PVC de 3mm de espesor]**



**6. Madera:** Se observaron cajas de madera dura, que en este caso contenían las piezas de los ascensores, que fueron enviados desde China y también pallets finitos, que se desechan porque no se devuelven a su proveedor (los pallets rotos tampoco):



**7. Goma espuma:** Restos de la colocación de aberturas.



**8. Bolsas de papel:**

Bolsas de impermeabilizante [Imagen 67], bolsas de componente sólida (cemento) de mortero impermeable [Imagen 68].



Las bolsas vacías de cemento se acopian para ser retiradas por una cooperativa [Imagen 69]. Primero se separan y luego, se acopian en un contenedor [Imagen 70].



Esta iniciativa surgió gracias a que uno de los técnicos de Seguridad e higiene había trabajado anteriormente en una obra con Plan de Gestión Ambiental. Además, la jefatura de obra se puso en contacto con otras cooperativas para gestionar otros residuos.

La semana en la que se realizó la visita a la obra era la primera que se llevaba a cabo esta separación. Se concluye que cuando las pautas están bien dadas, los operarios responden con diligencia, haciendo muy bien la separación correspondiente. Queda en evidencia la importancia de unificar criterios en la empresa para que los residuos se gestionen de manera similar en todas las obras.

#### **9. Acero:** los restos metálicos se revenden a la misma empresa que el Edificio A.

Al ser un edificio en altura, el manejo de los residuos se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. En cada piso se designa una unidad funcional para el acopio de residuos, con el objetivo de evitar que se acumule en pasillos. Se elige una cercana al montacargas, para que luego sea más rápido el traslado [Imágenes 71 y 72].
2. Se van cargando los residuos en carretillas que se bajan por el montacargas y se vuelcan en planta baja inhabilitando dicho sector de la obra por falta de orden [Imagen 73].
3. Luego son levantados con la minipala y colocados en los volquetes. Se observó que en los volquetes se mezclaban varios tipos de residuos, imposibilitando su reciclado [Imagen 74].



También se observaron en los pisos superiores tachos fuera de uso que estaban llenos de residuos [Imagen 75]. Cualquier espacio libre es comúnmente usado por los operarios para arrojar residuos y si en un lugar se empieza a juntar basura, todos van a seguir acumulando allí [Imagen 76]. Por esto es importante delimitar las zonas de acopio de residuos y tener contenedores específicos para ello.





## CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS RELEVADOS

A partir de la visita a obra y las entrevistas, se realizó una tabla de identificación de residuos generados en obra.

TIPO DE RESIDUO	MATERIAL	DETALLE	
Residuos de Construcción y Demolición (RCD)			
	Inertes o áridos		
	Tierra		
	Escombros	Piedras	
		Hormigón	
		Restos de argamasas	
		Mezcla seca	
		Ladrillos	
		Cerámicos	
		Tejas	
	Chapas		
	Vidrios		
	No tóxicos		
	Metales/Hierro/Acero		
	Maderas	Recortes de encofrados, andamios descartados, cajas de materiales	
	Yeso		
	Placas de yeso		
Textiles			
Peligrosos/especiales			
Plásticos			
	Grandes		
	Baldes de pintura-otros	PEAD/PP	
	Bidones	PEAD	
	Pomos de adhesivos-otros	PEAD	
	Picos de pomos	PEAD/PP	
	Recortes de tuberías	PVC/PP	
	Separadores de tuberías	PEAD/PP	
	Tapas de tuberías	PEAD	
	Otras tapas	PEAD/PP	



	Envoltorios de materiales	Tipo papel film: Mezcla PE y PP Tipo pack: PEAD Tipo sachet: PEBD
	Sachet de materiales	PEBD
	Cascos de seguridad	PEAD
	Gafas de seguridad	PEAD
	Pantallas faciales/de soldadura	PEAD
	Redes de seguridad	PEAD
	Cintas de peligro	PEBD/PP
	Cintas tipo suncho	PP
	Aislantes	PE/Espuma elastomérica (goma)
	Revestimiento de cables	PEBA/PS/PCP
	Bolsas	PEBD
	Telgopor	PS
	Aislantes para aberturas	Goma
	Cartelería	Vinilo impreso sobre láminas de PVC
	<b>Chicos</b>	
	Bandejas de almuerzo	PS
	Cubiertos descartables	PS
	Botellas	PET
	Vasos de café	PS
	Paquetes	PP
	<b>Textiles</b>	
	Guantes de cuero	
	Guantes de red	
	<b>Cartón</b>	
	Embalajes	
	Carteles	
	<b>Papel</b>	
	Bolsas de materiales	
	Planos	
	Carteles	
	<b>Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs)</b>	
	Cables	
	Pilas	

	Baterías	
Orgánicos		
	Restos de comida	

A continuación, se analiza a grandes rasgos el estado de los residuos y su potencial de recuperación (reutilización o reciclado).

### Plástico:

1	PET	Tereftalato de polietileno	Fácil
2	PEAD	Polietileno de alta densidad	Fácil
3	PVC	Policloruro de vinilo	Difícil
4	PEBD	Polietileno de baja densidad	Factible
5	PP	Polipropileno	Factible
6	PS	Poliestireno	Difícil-Muy difícil
7	OTROS	Mezcla de polímeros	Muy difícil-Imposible

A partir de las observaciones realizadas en la visita de obra, se añaden las siguientes anotaciones:

**Baldes:** En general los baldes reutilizados no tenían restos de material. Se observa que es posible la limpieza de los mismos para ser reciclados. En caso de que queden baldes en la obra, debería ser sencillo disponer de ellos en un contenedor específico en vez de en el volquete de basura.

**Bidones:** Normalmente vienen en bidón productos líquidos no peligrosos y de fácil limpieza. No sería un problema para enjuagar, sí tal vez para secar por dentro. De ser conveniente podrían cortarse para secarlos mejor.

**Envoltorios (Film/Pack/Sachet):** Son materiales reciclables. Los tres tipos de envoltorios que se reciben en grandes dimensiones se encuentran limpios, sin más que un poco de polvo propio de la obra. Es más probable que los envoltorios pequeños se ensucien, ya que pueden caer el piso con más facilidad y perderse entre otros residuos.

**Cascos de seguridad:** Esta línea de cascos no poseen componente textil, por lo que son 100% de plástico reciclable.

**Mallas de seguridad:** Reciclables.



**Pomos:** Se considera con poco potencial para reciclar. Lo más probable es que termine yendo a la basura por estar contaminado.

**Picos de pomos:** En algunas ocasiones no son usados y no se contaminan con el producto, por lo que podrían ser fácilmente reciclados.

**Recortes y separadores de tuberías:** Es muy factible que puedan ser recuperadas. Deberá tenerse en consideración que no queden expuestas y puedan ensuciarse.

**Tapas de tuberías:** Es muy factible que puedan ser recuperadas.

**Aislantes:** Los aislantes que sean de polietileno, podrán ser clasificados para reciclar. Los que sean de material compuesto, sin importar qué clase de caucho y qué clase de plástico tengan, deberán ser desechados como basura. Para reducir este desperdicio se recomendará, por supuesto, elegir la opción de polietileno y mejorar el cálculo de cantidades y la precisión de corte.

**Revestimiento de cables:** En obra se desconoce de qué tipo de plástico es el revestimiento en cuestión. Además, lo más común es que existan recortes de cable completo, es decir con material conductor en su interior y, por lo tanto, deberán tratarse como RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos). Solo en el caso de saber a qué grupo de plástico pertenece y que no haya restos de cobre, podrán disponerse en el contenedor específico de plásticos.



## CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS RELEVADOS

A partir de índices de generación de residuos y contando con ciertos datos de la obra piloto, se calcularon las cantidades estimadas de residuos que se generarán desde septiembre de 2020 hasta diciembre de 2021 (fin de obra).

Datos obtenidos de la obra piloto:

- Superficie cubierta
- % de avance de obra
- % de avance de cada etapa de obra
- Cantidad de volquetes contratados hasta septiembre de 2020
- Cantidad de residuos generados hasta septiembre 2020 (considerando que en cada volquete entran 6 m<sup>3</sup> de residuos)

<b>Datos obra piloto</b>		
Superficie cubierta [m2]		50.000
% de avance de obra (Sept. 2020)		73,31%
% de avance de c/ etapa	Obra gruesa	98%
	Terminaciones	6%
Cantidad de volquetes contratados hasta septiembre 2020 [m3]		560
Cantidad de residuos generados [m3]		<b>3360</b>

Se calcularon los residuos teóricos que se deberían generar en la obra según los siguientes índices de generación<sup>19</sup>:

	Tipología de obra	Ratio m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> RCD Total
1	Infraestructuras de carreteras	1,56
2	Obras de reforma o rehabilitación	0,57
3	Construcción de obra de nueva edificación	0,14
4	Demolición completa de obra de fábrica	0,74
5	Demolición completa de estructura de hormigón	1,22
6	Demolición de naves industriales estructura metal	1,26
7	Demolición de naves industriales estructura hormigón	1,19

Para la obra piloto, se utilizaron únicamente los índices dos (obras de reforma o rehabilitación -0,57 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) y tres (construcción de obra de nueva edificación – 0,14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

Dichos índices fueron obtenidos de la asociación RCD de España. Es válido usarlos ya que el sistema constructivo utilizado en España es muy similar al de Argentina. Lo mismo ocurre con algunos países de Latinoamérica, como Chile y Brasil, por lo que también se obtendrán datos de estos países, ya que cuentan con más información sobre la temática que Argentina.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes porcentajes de generación de residuos<sup>20</sup>, los cuales tienen en cuenta que en la etapa de obra gruesa se genera una menor cantidad de residuos que en la de terminaciones:

- Obra gruesa: 22%
- Terminaciones 78%

---

<sup>19</sup> Índices obtenidos de la asociación RCD de España

<sup>20</sup> Obtenidos del informe “Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio”

A continuación, se calculará la cantidad de residuos que se deberían haber generado hasta septiembre 2020 según los índices mencionados anteriormente, para luego comparar este número con el real generado y confirmar la confiabilidad de los índices según la exactitud.

Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Residuos teóricos totales [m <sup>3</sup> ]	Residuos teóricos generados hasta septiembre 2020 [m <sup>3</sup> ]	
			Obra gruesa	Terminaciones
Reforma	18.000	10.260	2.212	480
Obra nueva	33.000	4.620	996	216
		<b>14.880</b>	<b>3.904</b>	

Se observa que la cantidad de residuos teóricos calculados (3.904 m<sup>3</sup>) es muy similar a la generada realmente (3360 m<sup>3</sup>). Es por esto que se valida la utilización de este método para estimar la cantidad de residuos que se generarán hasta el fin de la obra. Dicha cantidad es de 10.975 m<sup>3</sup>, es decir, 1829 volquetes.

A continuación, se muestra la distribución de residuos a generar a lo largo de toda la obra con los datos porcentuales obtenidos del Ministerio de fomento del Gobierno de España<sup>21</sup>, mostrados en el siguiente gráfico:

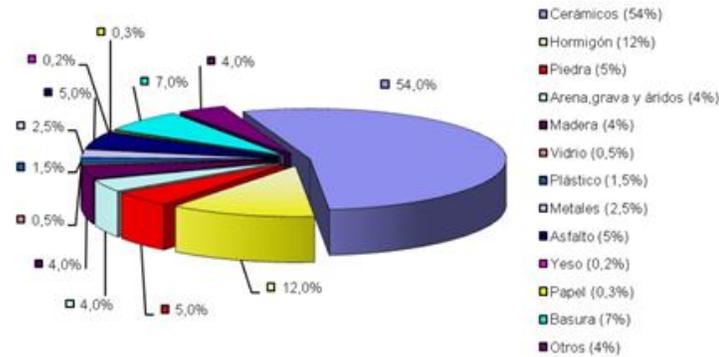


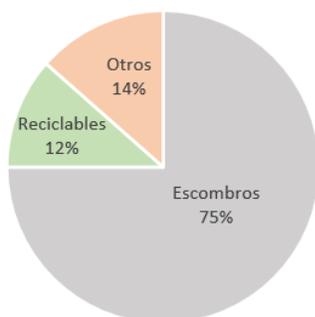
Figura 1: Composición de los residuos de construcción y demolición

<sup>21</sup> <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

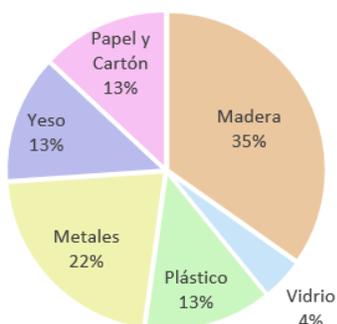
DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS TOTALES EN LA OBRA					
		Cant. [m3]			Cant. [m3]
<b>ESCOMBROS</b>	<b>75%</b>	<b>11.160</b>			11.160
<b>RECICLABLES</b>	<b>12%</b>	<b>1.711</b>	Madera	4,0%	595
			Vidrio	0,5%	74
			Plástico	1,5%	223
			Metales	2,5%	372
			Yeso	1,5%	223
			Papel/cartón	1,5%	223
<b>OTROS</b>	<b>14%</b>	<b>2.009</b>			2.009

A continuación, se mostrarán estos números en gráficos:

Distribución de residuos en toda la obra



Distribución de reciclables en toda la obra

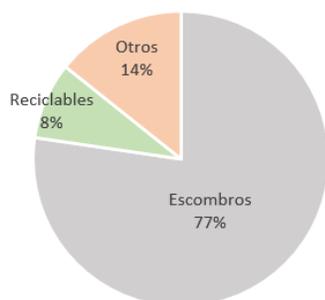


Restándole a estos los residuos generados hasta septiembre 2020 (en su mayoría escombros, metales, vidrio y madera), se obtuvo la distribución de residuos a generar hasta el final de la obra.

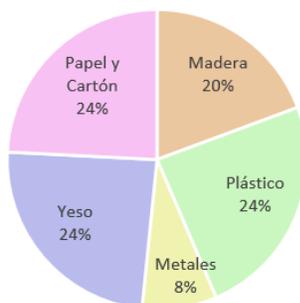
<b>DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS QUE FALTAN GENERAR</b>				
		<b>Cant. [m3]</b>		<b>Cant. [m3]</b>
<b>ESCOMBROS</b>	<b>77%</b>	<b>8.486</b>		8.486
<b>RECICLABLES</b>	<b>8%</b>	<b>923</b>	Madera	179
			Plástico	223
			Metales	74
			Yeso	223
			Papel/cartón	223
<b>OTROS</b>	<b>14%</b>	<b>1.567</b>		1.567

A continuación, se muestran estos números en gráficos:

Distribución de residuos que faltan generar



Distribución de reciclables que faltan generar



Se puede observar que, entre los reciclables, los que se encuentran en mayor cantidad son el yeso, los residuos celulósicos (papel y cartón) y el plástico.



## ANÁLISIS

A partir de la estimación de residuos que se generarán hasta el final de obra, se observa que los escombros serán los de mayor volumen de generación, representando el 77% del total. Luego, dentro de los residuos reciclables, los de mayor volumen serán los plásticos y los celulósicos. Además, estos residuos tienen diversas posibilidades de ser reinsertados en la industria, siendo transformados en productos para la construcción, eficientes en cuanto a su comportamiento y sanos, es decir que no emitan sustancias nocivas para el ambiente ni para la salud humana y que su proceso de fabricación sea ambientalmente respetuoso, cumpliendo de esta manera con uno de los objetivos centrales del trabajo. Es por esto que se decidió darle prioridad de gestión a dichos residuos evaluando las diferentes alternativas existentes para cada uno de los mencionados.

### Escombros

En la visita a obra se observó que los volquetes contratados eran llenados con residuos mixtos (escombro, reciclables, orgánicos y otros) [Imagen 77]. Como se mencionó en la detección de falencias, el equipo de obra desconoce el tratamiento del contenido de dichos volquetes y su disposición final por parte de la empresa subcontratada. Esto denota una falta de conciencia ambiental, que hace que la mayoría de las personas allí nunca se hayan cuestionado qué ocurre con estos residuos. Fue necesario contactarse con la empresa de volquetes para consultar qué tipo de procesamiento se le daba a los mismos. Se dio a conocer que todos los volquetes de la obra se envían actualmente al Centro de Reciclaje de la Ciudad de Buenos Aires para su procesamiento en la Planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. En dicha planta, se recibe escombro generado en toda la ciudad, se lo procesa y luego, se reintroduce el producto como material de relleno, para terraplenes, y como agregado en la elaboración de hormigón pobre. Cabe destacar que 1/3 de los residuos generados en la Ciudad de Buenos Aires corresponden a Residuos de Construcción y Demolición (RCD), de los cuales el 75% son escombros. Al ser tan grande su volumen de generación, actualmente su tratamiento ya está instalado con éxito en la ciudad y los productos provenientes de su reciclaje pueden reinsertarse dentro de la misma industria con gran facilidad.

En la Planta se descarga el material en la línea de tratamiento. Lo primero que se recupera es polvo y granza, mediante un proceso de separación en tromel, que deja filtrar solo material de granulometría fina. Luego se separa por soplado los materiales celulósicos livianos como papeles, cartones y etiquetas. A su vez los elementos ferrosos son recuperados por magnetización. A continuación, se separan manualmente papeles y cartones grandes,

maderas, metales no ferrosos y plásticos, que se envían a sus respectivas plantas de reciclaje y el rechazo, que se envía a relleno sanitario. Por último, el escombros resultante es dividido en dos productos: Puro, que es cascote tradicional y Bruto, que es enviado a cascoterías para molerlo en función de la granulometría requerida [Imagen 78].

Si bien al enviar un volquete con residuos mixtos habrá un proceso de selección para que no se desperdicien materiales reciclables, tendrá mayor valor agregado realizar la separación en origen, es decir en la obra. Esto ocurre debido a que, clasificando en el lugar de generación se ahorrará la energía demandada en la línea de tratamiento y además optimizará el transporte, ya que los residuos serán transportados directamente a la planta correspondiente. Esto puede traducirse directamente en beneficio ambiental, gracias a que se disminuirá el uso de energía no renovable y la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Con relación al eje económico, al optimizar el transporte, habrá un beneficio global debido al ahorro de mano de obra en la planta de reciclaje, de costos en la línea de tratamiento y también los relacionados al transporte.

Por lo tanto, **se propondrá separar los escombros previamente diferenciados de los materiales reciclables y basura, y entregarlos a la Planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición.**



### **Residuos celulósicos (Papel y cartón)**

En la visita a obra se observó la colocación de celulosa proyectada como aislante térmico dentro de los paneles de que conforman los cerramientos verticales. Este material está compuesto en un 85% de papel y cartón reciclados con agregado de sales bórnicas. Cuenta con muy buenas propiedades ignífugas y de aislación térmica y acústica. Así surgió la idea de proponer la entrega de los residuos celulósicos para la fabricación de este

producto. Según el relevamiento realizado, dichos residuos provienen en su mayoría de envoltorios de materiales y planos de papel.

Este material se puede considerar un material sano debido a que no emana sustancias tóxicas para el ambiente ni para la salud humana. Además, su producción demanda menos energía en comparación con la de otros aislantes. Por otro lado, al proyectarse la celulosa, se despiden fibras en varias direcciones, pudiendo recolectar las sobranes del piso y reutilizarlas en el mismo momento, evitando así el desperdicio y la generación de un nuevo residuo. Estas características hacen que la opción se alinee con el eje ambiental del concepto de desarrollo sostenible.

La celulosa proyectada es un material que cada vez se utiliza con mayor frecuencia en las obras de la empresa piloto. Es por esto que esta solución facilitaría la concientización del personal, ya que al conocer el producto en el que se va a transformar el residuo, predispone con una mejor actitud a las personas al momento de limpiarlo y clasificarlo para su reciclaje. De esta manera, se aborda el eje social del desarrollo sostenible.

Además, una ventaja de gestionar los residuos celulósicos convirtiéndolos en celulosa proyectada, es que el residuo no solo volvería a la industria como un producto para la construcción, sino que también podría volver a la empresa, o mejor aún a la obra piloto. De esta forma es factible, generar un convenio entre las empresas para la entrega de materia prima a cambio del producto terminado y obteniendo un beneficio económico de ambos lados.

Se propondrá entonces, **entregar los residuos celulósicos [Imagen 79] a una empresa que los convierte en aislantes térmicos a través de celulosa proyectada [Imagen 80].**



## **Residuos plásticos**

Para estos residuos se analizaron cuatro opciones:

- Leca plástica: es un agregado grueso liviano fabricado con plástico reciclado. Puede ser utilizado en hormigones livianos, piezas premoldeadas y en parkizaciones como material drenante. Está compuesta por los plásticos más difíciles de reciclar, mayormente provenientes de envoltorios, y que hoy en día no son recuperados por la industria tradicional del reciclaje debido a su complejidad de recolección y tratamiento. 
- Madera plástica: es creada a partir de plásticos de un solo uso y destinada a la construcción de decks y pérgolas o para la fabricación de muebles y juegos infantiles. Actualmente se está desarrollando un prototipo de vivienda que utiliza el material en sus diferentes formatos para la estructura y los cerramientos de la misma. 
- Ladrillos plásticos: hay diferentes marcas, las cuales varían según la forma del ladrillo y su composición. Pueden ser sólidos o huecos y estar compuestos por un solo tipo de plástico, resultando en un ladrillo más homogéneo, y pudiendo controlar sus propiedades. También pueden estar compuestos de varios tipos de plástico diferentes, resultando en un ladrillo menos homogéneo y que al no conocer exactamente la proporción de cada plástico no se puede garantizar la calidad y las propiedades mecánicas del producto. 
- Tuberías de plástico reciclado: están compuestas de Policloruro de vinilo (PVC) o Polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado y se utilizan principalmente para instalaciones sanitarias, desagües y acueductos. 

Considerando el objetivo de que el material se reinserte en la industria como un producto para la construcción, al entregar los residuos plásticos como materia prima para leca plástica, se asegura el cumplimiento del mismo. También se sabe que la leca está compuesta solamente por plásticos provenientes de envoltorios, esto significa que gran



cantidad de los residuos que se generan en la obra no podrían ser reinsertados en este circuito.

Por otro lado, al reemplazar la madera plástica a la madera tradicional contribuye a disminuir la tala indiscriminada de bosques no certificados y, por lo tanto, es una solución factible desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, no se puede asegurar que el plástico enviado para la fabricación de madera plástica se transforme en un piso o en una pérgola, ya que la misma empresa fabrica otros productos como mobiliario urbano y juegos infantiles. Por lo tanto, se concluye que esta solución no cumpliría completamente el objetivo mencionado anteriormente.

Lo ideal sería que el plástico entregado se transforme en madera plástica para construir viviendas, pero el prototipo que se está ensayando con este producto todavía no está finalizado y, por lo tanto, no se cuenta con el desarrollo de un sistema constructivo estandarizado. Además, esta empresa recibe como materia prima plásticos de un solo uso, es decir, solamente algunos de los tantos que se generan en la obra según el relevamiento realizado. Dentro de los plásticos relevados en obra se consideran plásticos de un solo uso los de tipo Polietileno de baja densidad (PEBD), como ser envoltorios, cintas y bolsas y de tipo Poliestireno (PS), como pueden ser los descartables de viandas: bandejas de almuerzo, botellas, cubiertos, entre otros.

Lamentablemente no se logró el contacto con esta empresa, por lo tanto, las opciones restantes para gestionar los plásticos de un solo uso serían la Planta de reciclaje de la Ciudad de Buenos Aires o alguna cooperativa. Ya que esta última opción incluiría la generación de puestos de trabajo, abarcando la dimensión social de la sustentabilidad, **se propondrá que los plásticos tipo PEBD y PS sean gestionados por una cooperativa.**

Al ser gestionados estos residuos mediante cooperativas se producirá un impacto positivo en la sociedad, ya que éstas generan trabajo a personas en situación de vulnerabilidad. Al ser Argentina un país que sufre una profunda crisis social, con problemas de infraestructura civil y sanitaria, resulta urgente tomar medidas drásticas para reducir el crecimiento de los vertederos, cerca de los cuales se expanden cada día más asentamientos urbanos. En este aspecto, trabajar con cooperativas involucradas en la gestión de residuos se traduce en un esfuerzo para dar trabajo digno a personas en situación vulnerable y a su vez, retrasar el agotamiento de la capacidad de los rellenos sanitarios y basurales a cielo abierto.



Teniendo en cuenta que las cooperativas procesan y revenden el plástico a cualquier tipo de industria, no queda asegurado que el plástico entregado se reinserte en la construcción. Sabiendo también que para la empresa constructora significaría un mayor ahorro económico si revendiera el PEBD y PS para la fabricación de madera plástica, queda abierta la posibilidad de gestionar estos plásticos con dicha empresa en caso de lograr un contacto exitoso en el futuro.

Es por esto que se continuó buscando una solución que utilice la mayor cantidad de tipos de plásticos disponibles en obra para optimizar su separación y transporte. De esta manera surgió el contacto con una empresa que se dedica a la fabricación de ladrillos de Polipropileno (PP) reciclado y tuberías de Polietileno de alta densidad (PEAD) y Policloruro de vinilo (PVC) reciclado, cumpliendo con el objetivo principal al reinsertarse en la industria como dos productos para la construcción. Además, se observó en el relevamiento que tanto los residuos de PP como de PEAD y PVC se generan en gran cantidad dentro de la obra, cubriendo entre el 60% y 70% de los residuos plásticos totales, así se abarca la dimensión ambiental del desarrollo sostenible ya que se recuperan la mayor cantidad posible de plásticos, disminuyendo la contaminación y se optimiza el transporte, disminuyendo la huella de carbono.

Además, esta empresa tiene desarrollado en su totalidad un sistema constructivo para la utilización del ladrillo como elemento portante en la construcción de viviendas. Estos ladrillos son de bajo peso, larga vida útil, tienen muy buen comportamiento estructural, y además están diseñados para encastrarse entre sí de manera sencilla, lo que hace que no se requiera mano de obra especializada para la construcción de una vivienda. Además, es un sistema de rápido montaje y muy limpio en comparación con la construcción tradicional. También permite ampliaciones y es combinable con la construcción en seco y tradicional. Gracias a estas características, el sistema es muy adecuado para viviendas sociales, abarcando la dimensión social de la sustentabilidad. Suponiendo que 30 de las 91 toneladas de material que se entregarían hasta el fin de obra corresponden a PP y podrían ser utilizadas para producir ladrillos plásticos, el material entregado sería suficiente para construir 10 viviendas sociales de 60m<sup>2</sup>.

Actualmente hay una gran controversia en el uso de materiales de construcción que contengan en su composición cantidades significativas de plástico debido a que, en ciertas condiciones este material puede emanar toxinas. El PP es uno de los plásticos menos tóxicos, siendo uno de los pocos que está aprobado para su uso en industrias farmacéuticas y de alimentos ya que se considera inofensivo para la salud humana. Los ladrillos están compuestos en su totalidad por PP reciclado y no contienen aditivos agregados en su

fabricación e instalación. Además, el sistema constructivo indica que los ladrillos sean revestidos, evitando su desgaste debido a la acción del sol y consiguiente emisión de toxinas al ambiente. Gracias a las características mencionadas no habría consecuencias para el ambiente ni para la salud humana en el uso de los ladrillos plásticos como material de construcción.

Por lo tanto, **se propondrá enviar los plásticos tipo PEAD [Imágenes 81 y 82] y PVC [Imagen 83] para la fabricación de tuberías [Imagen 84] y el PP [Imagen 85] para la fabricación de ladrillos plásticos [Imagen 86].**



## Orgánicos

Los residuos orgánicos están incluidos en el cálculo de cantidades en la categoría “Otros”, representando un porcentaje elevado de la misma. Se analizó la opción de enviarlos a la planta de tratamiento de residuos orgánicos. Mediante un proceso de compostaje industrial se produce abono para distribuir principalmente en parques y plazas de la Ciudad, mejorando las propiedades del suelo del lugar. Si bien con esta propuesta los residuos orgánicos no se convertirían en un producto para la construcción, sí se evita que sean dispuesto en relleno sanitario y se descompongan anaeróbicamente, produciendo grandes cantidades de gas metano, que es contaminante para la atmósfera. También, el abono producido sirve de fertilizante natural y libre de agrotóxicos para mejorar la vegetación de la ciudad y consecuentemente, el oxígeno que producen y la calidad del aire que respiran los habitantes. Esta acción contribuirá en un futuro a mitigar los efectos del calentamiento global producidos por las emisiones de dióxido de carbono, de las cuales a nivel mundial la industria de la construcción es responsable del 11% del total. De esta manera se satisfacen los intereses ambientales y sociales que abordan los ODS.

Entonces, **se propondrá que los residuos orgánicos [Imagen 87] previamente clasificados sean enviados a la Planta de tratamiento de residuos orgánicos de la Ciudad [Imagen 88].**



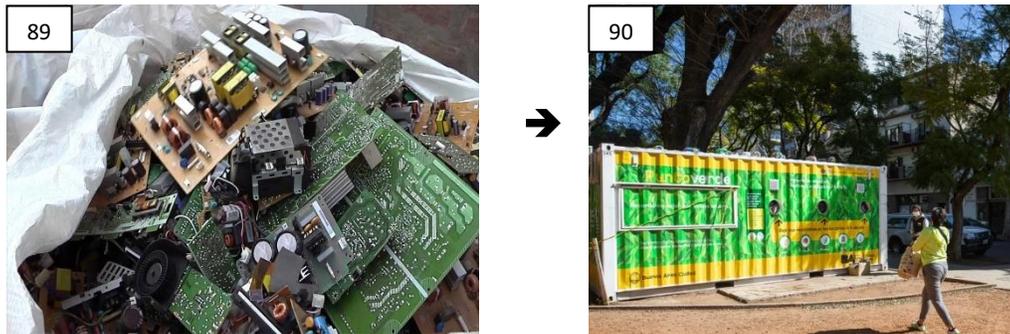
## Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos (RAAEs)

Dentro de esta categoría se encuentran pilas, cables, celulares, televisores, impresoras y computadoras viejas, focos, tubos fluorescentes, cartuchos de impresoras, lámparas, entre otros.

En el cálculo de cantidades, no se ha estimado el volumen de generación de los RAAEs debido a que no se contaba con índices de generación de los mismos y, además,

cuentan con mucha variabilidad de una obra a otra. Se puede suponer que su volumen de generación será muy bajo en comparación con los que se manejan normalmente en las obras. Pero, al ser residuos muy contaminantes, requieren de un tratamiento especial. El Gobierno de la ciudad de Buenos Aires dispone hoy en día de “Puntos Verdes” que son los encargados de la recolección de los mismos.

**Se propondrá la entrega de los RAEEs [Imagen 89] a los Puntos Verdes de la Ciudad de Buenos Aires [Imagen 90].**



### **Otros residuos**

Para los residuos que aún no han sido mencionados (madera, yeso y metales), no se encontró una solución que los reinserte en la industria de la construcción. Es por esto que no se realizó un análisis detallado de cada uno de ellos, ya que el producto resultante de su reciclaje es indistinto para el objetivo de este trabajo. **Se propondrá que la madera, yeso y metales sean enviados previamente clasificados al Centro de Reciclaje de la Ciudad de Buenos Aires).**

## RESULTADOS

### Cálculo de ahorros

Luego de estimar las cantidades, se obtuvieron los precios de venta de los materiales reciclables<sup>22</sup>, con los cuales se calculó el ahorro que percibirá la empresa constructora a la hora de aplicar el plan integral de gestión de residuos.

Precio de venta de materiales reciclables			
	Rango de precios		
	Inferior	Superior	
Cartón/Papel	8	20	\$/kg
PET	18	30	\$/kg
PEAD	33	40	\$/kg
PEBD	23	28	\$/kg
PP	26	34	\$/kg
Aluminio	28	35	\$/kg
Chatarra	2	5	\$/kg
Vidrio	1	2	\$/kg

Se sabe que la empresa piloto separa los recortes de hierro para luego venderlos como chatarra. Se observa que el precio de venta de la chatarra (2-5 \$/kg) es mucho menor que el de los plásticos (18-40 \$/kg) o el del papel y cartón (8-20 \$/kg). Si bien se sabe que a lo largo de toda la obra se obtiene un peso mayor de hierro que de los otros residuos mencionados, se busca demostrar que, al separar correctamente y vender estos residuos se obtendrá un mayor beneficio económico para la empresa.

Todos los cálculos se realizaron en dólares (USD) para que el valor sea representativo en el transcurso del trabajo de investigación. El valor que se utilizó fue 85,5 ARS que equivale al de venta del Banco Nación del día 20/11/2020.

---

<sup>22</sup> Datos brindados por la empresa fabricantes de celulosa proyectada, ladrillos plásticos y tuberías de plástico reciclado.



En primer lugar, se calculó el costo de la gestión de los residuos hasta el fin de la obra en la situación actual (sin plan integral de gestión de residuos), obteniendo el siguiente costo para la empresa:

<b>COSTO GESTIÓN ACTUAL</b>		
Cantidad de Volquetes	1829	
Precio Volquete	2000	ARS
Costo	3.658.496	ARS
<b>TOTAL</b>	<b>-42.789</b>	<b>USD</b>

A continuación, se calcularon los costos de gestión de residuos una vez aplicado el plan integral. Dicho plan contempla la venta de los residuos plásticos y los celulósicos (papel y cartón). Se busca analizar si las ganancias por venta de dichos residuos cubren los costos de gestión, resultando en un ahorro para la empresa.

Los plásticos que podrán ser vendidos serán solamente los que estén compuestos por Polietileno de alta densidad (PEAD), Policloruro de vinilo (PVC) y Polipropileno (PP). Se considera que entre el 60% y 70% de los plásticos totales pertenecen a estas tres categorías. Teniendo en cuenta esto y debido a que los precios de venta de los residuos dependen del estado en el que se los envíe, se analizaron tres casos:

- 1) Peor caso: en este caso se supone que sólo el 60% de los plásticos enviados son aceptados y siendo el precio de venta un promedio entre los precios más bajos de PEAD y PP. También se supone que solo el 50% del cartón y papel enviado es aceptado y el precio siendo el más bajo de venta. A continuación, se muestran los resultados de este caso:

<b>GANANCIA GESTIÓN PROPUESTA- PEOR CASO</b>								
	Cant. m3	Cant. Ton.	Cant. Volquetes	Costo ARS	Precio de venta (ARS/kg)	Ganancia ARS	TOTAL ARS	TOTAL USD
ESCOMBROS	8.486		1.415	2.830.000		0	-2.830.000	-33.099
MADERA	179		30	60.000		0	-60.000	-702
PLÁSTICO	223	140,28	-	218.174	29,5	2.482.977	2.264.803	26.489
METALES	74		13	26.000		0	-26.000	-304
YESO	223		38	76.000		0	-76.000	-889
PAPEL/CARTON	223	178,56	-	464.018	8	714.240	250.222	2.927
								<b>-5.579 USD</b>



- 2) Mejor caso: en este caso se considera que el 70% de los plásticos entregados son aceptados y comprados al mayor precio de venta, que corresponde a entregar pellets. También se considera que se acepte el 90% de los residuos celulósicos entregados y el mayor precio de venta, que corresponde a entregar los cartones limpios y secos, cortados en rectángulos de 10x10cm<sup>2</sup> y enfardados. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para este caso:

<b>GANANCIA GESTIÓN PROPUESTA - MEJOR CASO</b>									
	Cant. m3	Cant. Ton.	Cant. Volquetes	Costo ARS	Precio de venta ARS/kg	Ganancia máx. ARS	TOTAL ARS	TOTAL USD	
ESCOMBROS	8.486	0	1.415	2.830.000		0	-2.830.000	-33.099	
MADERA	179	0	30	60.000		0	-60.000	-702	
PLÁSTICO	223	140,28	-	218.174	37	3.633.283	3.415.109	39.943	
METALES	74	0	13	26.000		0	-26.000	-304	
YESO	223	0	38	464.018		0	-464.018	-5.427	
PAPEL/CARTON	223	178,56	-	464.018	20	3.214.080	2.750.062	32.164	
								<b>32.575</b>	<b>USD</b>

- 3) Caso más probable: siendo el primer caso muy pesimista y el segundo muy optimista, se decide analizar el caso más probable teniendo en cuenta las posibilidades reales de la obra. En este caso se tiene en cuenta que un 65% de los plásticos son aceptados a un precio medio que corresponde a entregarlos limpios y secos, pero no en forma de pellets. También se considera que el 75% de los residuos celulósicos sean aceptados y que sean entregados limpios y secos, pero no en rectángulos de 10x10, que corresponde al mayor precio. A continuación, se muestran los resultados de este caso:

<b>GANANCIA GESTIÓN PROPUESTA - CASO MAS PROBABLE</b>									
	Cant. m3	Cant. Ton.	Cant. Volquetes	Costo ARS	Precio de venta ARS/kg	Ganancia ARS	TOTAL ARS	TOTAL USD	
ESCOMBROS	8.486	0	1.415	2.830.000		0	-2.830.000	-33.099	
MADERA	179	0	30	60.000		0	-60.000	-702	
PLÁSTICO	223	140,28	-	218.174	32	2.917.849	2.699.675	31.575	
METALES	74	0	13	26.000		0	-26.000	-304	
YESO	223	0	38	76.000		0	-76.000	-889	
PAPEL/CARTON	223	178,56	-	464.018	12	1.607.040	1.143.022	13.369	
								<b>9.950</b>	<b>USD</b>



Se analizaron los tres casos y se calculó la ganancia percibida en el presupuesto de obra, considerando el ahorro del costo de la gestión actual. A continuación, se muestra una tabla resumen del caso actual y de los tres casos analizados:

	<b>Costo (-) Ganancia (+) de la gestión [USD]</b>	<b>Costo (-) / Ganancia (+) percibida en el presupuesto de obra [USD]</b>
Gestión actual	-42.789	-42.789
Caso 1	-5.579	37.211
Caso 2	32.575	75.364
Caso 3	9.950	52.739

Como se mencionó anteriormente, la empresa vende los recortes de hierro a una chatarrería. A continuación, se muestra una comparación de la ganancia estimada para cada tipo de residuo (hierro, celulósicos y plástico) para demostrar que la empresa puede percibir una mayor ganancia por vender el plástico y los residuos celulósicos que la que obtiene por vender el hierro.

<b>COSTO DE OPORTUNIDAD</b>	
	Ganancia (USD)
CHATARRA	6.499
PAPEL/CARTON	13.369
PLASTICO	31.575

Estos números reflejan únicamente el valor del material, sin tener en cuenta los costos de transporte y de gestión. Asimismo, quedó demostrado anteriormente que es rentable para la empresa aplicar el plan integral de gestión de residuos teniendo en cuenta los costos de gestión.



## PROPUESTA

Se buscó brindar una solución que se vincule con el principio de “Cero desperdicio” de la filosofía LEAN Construction. Bajo esta filosofía, la primera idea es construir con productos pensados para generar cero desperdicios y de esta forma seguir el orden de las 3R, reducir-> reutilizar-> reciclar. Pero esto conllevaría a reducir el campo de aplicación de la propuesta a un solo proyecto de construcción, ya que las posibilidades se ajustarían a los requisitos de diseño y calidad del cliente para cada uno de los variados proyectos. Por lo cual hubiera sido imposible proponer una solución a la problemática de los residuos, que sea integral, replicable y escalable por parte de la empresa constructora. Por ejemplo, una muy buena propuesta sería brindar al área de compras un catálogo de las opciones de materiales que se entreguen sin embalaje, en envases retornables o con embalaje biodegradable y que se envíe a un proceso de compostado a gran escala. Pero ese catálogo serviría solo para proyectos que se asemejen en sistemas constructivos, materiales y calidad.

Para que sea replicable, fue necesario proponer una solución que sea común a todos los proyectos que una constructora pueda incluir en su cartera. Así, surgió la idea de desarrollar un plan integral para la gestión de los residuos generados en las obras de construcción de gran escala de la Ciudad de Buenos Aires, rediseñando el circuito de cada tipo de Residuo de Construcción y Demolición (RCD) para reinsertarlo en el mercado, en el mejor de los casos como un producto para la construcción.

De esta manera, la solución planteada se relaciona con el principio “Cero desperdicios”, ya que la gestión de residuos propuesta contribuirá a reducir las tareas asociadas al orden y limpieza en obra, evitando transporte innecesario, movimiento excesivo de residuos, tiempos de espera asociados a la limpieza de una zona en el momento indebido y que haya que resignar mano de obra de tareas productivas para las contributivas antes mencionadas. Pudiendo vincularse también con el principio de Flujos continuos y confiables, se sentarán las bases para demostrar que, al implementar este plan integral, podría aumentar la productividad y eficiencia en las obras.

### Layout

Considerando que los residuos se generan en los distintos pisos de la obra según la tarea ejecutada, será necesario contar con un acopio transitorio diferenciado en el lugar de generación, desde el cual, al finalizar la jornada, se transportarán los residuos hacia el acopio semanal ubicado en la Planta Baja. El mismo deberá estar techado para proteger a los residuos reciclables (plástico, papel y cartón) de la intemperie, ya que estos deben ser entregados limpios y secos. Desde allí serán retirados para su transporte y tratamiento. A



modo de excepción, los escombros, al ser de alto volumen de generación, no cuentan con acopio transitorio y se envían directamente a volquetes ubicados en Planta Baja, para su retiro diario. No es necesario que estos volquetes se ubiquen bajo techo, ya que no es un requerimiento excluyente que los escombros se entreguen secos.

A partir de los valores de generación estimada de los residuos [L/semana], se confeccionó la siguiente tabla para calcular los acopios necesarios y así elegir el layout más apropiado para la propuesta. Se calculó la generación diaria de residuos considerando que en los 6 días hábiles de la semana se genera la misma cantidad. Con este dato para cada tipo de residuo, se analizaron dos opciones de acopio transitorio diferenciado: bolsones de 120L y contenedores de 240L. Se adoptó el tipo de acopio y la cantidad en función de la capacidad diaria necesaria y los requerimientos de manipulación de cada residuo.

Luego, para el acopio semanal en planta baja se consideró la generación semanal y se evaluaron las opciones de almacenamiento en volquetes de 6000L y contenedores de 1000L. A su vez, se definió la frecuencia de recolección de los materiales acopiados en planta baja, con el objetivo de optimizar el espacio y hacer más eficiente el transporte. Las opciones resaltadas en color fueron las que se adoptaron. Más adelante se justifica la elección para cada tipo de residuo.

	Generación semanal [L/semana]	Generación diaria [L/día]	Separación en lugar de generación				Acopio en PB				Recolección
			Bolsón		Contenedor		Volquete		Contenedor		
			120	L	240	L	6000	L	1000	L	
			Nec.	Adop.	Nec.	Adop.	Nec.	Adop.	Nec.	Adop.	
ESCOMBROS	163.194	27.199	-	-	-	-	27,20	<b>5</b>			Diaria
MADERA	3.434	572	5		3	<b>3</b>	0,57	<b>1</b>			Quincenal
YESO	4.292	715	6	<b>6</b>	3		0,72	<b>1</b>			Semanal
METALES	1.431	238	2		1	<b>1</b>	0,24				Semanal
PLÁSTICO	3.005	501	5		3		-	-	3	<b>3</b>	Semanal
PLÁSTICOS NO RECUPERABLES	1.288	215	2	<b>12</b>	1		-	-	1	<b>1</b>	Semanal
PAPEL/CARTON	4.292	715	6	<b>12</b>	3				4	<b>4</b>	Semanal
OTROS	30132	5.022	-	-	-	-	5	<b>1</b>			Diaria

A continuación, se muestran algunas imágenes de cómo se separan y acopian los residuos en distintas obras. Son utilizadas únicamente a modo ilustrativo.



### **Escombros:**

Deberán ser considerados escombros:

- los restos de piedras,
- los restos de hormigón,
- argamasas,
- ladrillos,
- cerámicos
- y tejas.

Se acopiarán directamente en planta baja en 5 volquetes de 6m<sup>3</sup>, que serán retirados diariamente por contrato y trasladados para su procesamiento en la planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición de la Ciudad de Buenos Aires. Se dispondrá de carretillas para el traslado desde el lugar de generación hasta el lugar de acopio.

### **Madera:**

Ingresarán en esta categoría:

- los restos de fenólicos de encofrados,
- restos de andamios



- pallets fuera de uso
- cajas de materiales,
- y embalajes de madera dura (como por ejemplo las cajas de envío de los ascensores desde China).

Se propone armar un espacio de guardado de los recortes de madera que tengan potencial de ser reutilizados en obra, y que a medida que se generan los recortes, se guarden allí. De esta forma se logrará que la persona que necesite un recorte de madera, vaya a buscarlo directamente a ese lugar en vez de recorrer la obra entera en busca del mismo. Luego, los recortes que no sirvan para reutilizar serán depositados en el volquete de madera para enviar al centro de reciclaje de la Ciudad de Buenos Aires. Para el traslado desde el lugar de generación hasta el volquete, se prevén 3 contenedores de 240L con ruedas. La opción de 6 bolsones se descarta debido a la posibilidad de que la madera los rompa y también, por ser más difícil de manipular un bolsón lleno de madera que un contenedor rígido lleno de madera.

### **Yeso:**

Los recortes de placas de yeso y perfiles de aluminio correspondientes serán acopiados en planta baja en un volquete de retiro semanal. Para llevarlos hasta allí se proveerá de 6 bolsones de 120L, que serán transportados en un carro con ruedas.

### **Metales:**

Los residuos metálicos tenidos en cuenta aquí serán los de aluminio, u otros metales, excluyendo el acero que será considerado chatarra. Por este motivo, se propone acopiarlos y entregarlos junto con los recortes de yeso y aluminio de las placas de yeso. Además, la cantidad necesaria por semana (0,24L) puede sumarse a la de yeso (0,72L) y verificar el retiro semanal en un solo volquete.

### **Plástico:**

Los residuos plásticos son generados constante y simultáneamente en todos los pisos, debido a que provienen mayormente de embalajes de materiales utilizados en todo tipo de tareas y en todas las etapas de la obra. Por este motivo, se propone colocar un bolsón de 120L en cada piso, de manera que esté disponible en todo momento. Al finalizar la jornada laboral, habrá una persona encargada de trasladar el bolsón hasta el acopio en planta baja y traspasar los residuos plásticos a los contenedores de 1000L. Habrá 3 contenedores para los plásticos tipo 2, 3 y 5, es decir PEAD, PVC y PP; y 1 contenedor para los demás tipos de plástico, es decir PET, PEBD y Otros. El PEAD, PVC y PP serán retirados una vez por semana en camión y transportados para su reventa como materia prima para la



fabricación de tuberías de PEAD y PVC y ladrillos plásticos respectivamente. El PET, PEBD y los Otros plásticos serán entregados una vez por semana a una cooperativa seleccionada.

### **Cartón/Papel:**

Al igual que los residuos plásticos, al provenir el cartón y papel mayormente de embalajes, estos residuos son generados en simultaneo y en proporciones similares en todos los pisos de la obra. Se propone también, colocar un bolsón de 120L en cada piso para acopio en lugar de generación, que permita mantener los materiales limpios y secos. Al finalizar la jornada laboral, una persona encargada llevará el bolsón al acopio en planta baja y traspasará los materiales a los contenedores de 1000L. Ya que, por cálculo se necesitan solo 6 bolsones diarios en vez de 12 (uno por piso), se supone que no llegará a llenarse ningún bolsón antes del final del día. Pero sabiendo que la generación no será uniforme en algunas etapas de obra, se prevé que en caso de que esto ocurra, el bolsón de 120L será vaciado en Planta Baja en el momento en el que se llene y luego, será devuelto al piso correspondiente. En el lugar de acopio de planta baja habrá 4 contenedores de 1000L, los cuales se vaciarán 1 vez por semana, para trasladar los materiales en camión hacia la fábrica de celulosa para proyectar.

### **Orgánicos**

En el cálculo de cantidades, no se ha estimado de manera diferenciada el volumen de generación de residuos orgánicos, sino que están incluidos dentro de la categoría Otros. Ya que el acopio necesario para esta categoría resultó en 1 volquete diario e incluye orgánicos y basura, y habiendo relevado de la obra tipo LEED que los orgánicos se recolectaban en bolsas de consorcio dentro de un bolsón de 120L, se propone adoptar dicha solución. Entonces, se colocarán bolsas de consorcio en tacho en los comedores (tantos como tachos de basura) y alrededor de la obra (por lo menos uno en cada piso y cerca del ingreso más concurrido a la planta). Deberá especificarse con un cartel a la altura de los ojos que es un cesto de residuos orgánicos, es decir restos de comida, cáscaras de frutas y verduras y yerba. Las bolsas serán recolectadas diariamente y acopiadas en un bolsón de 120L, desde el cual serán retiradas por el Gobierno de la Ciudad para su procesado en la Planta de tratamiento de residuos orgánicos.

### **Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAAEs)**

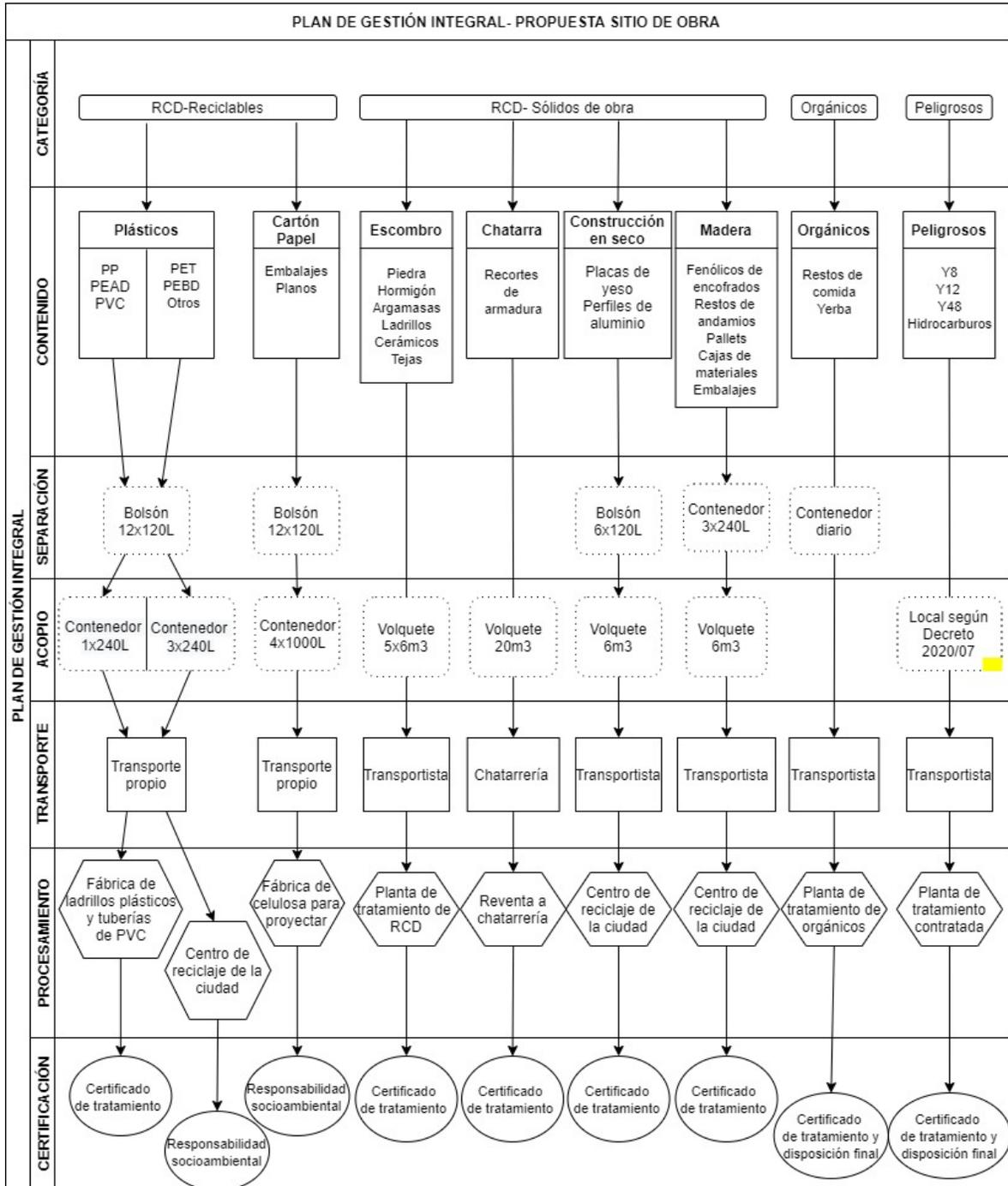
Se dispondrá de un tacho de 25L colocado en el obrador, bajo techo. Una vez que se cuente con una cantidad significativa de los mismos, la jefatura de obra deberá contactarse con el Gobierno de la Ciudad para su entrega.



### **Basura**

Se dispondrá de contenedores en distintos puntos de la obra (por lo menos uno por piso, en baños, vestuarios y comedores). Dos o tres veces por día habrá una persona encargada de retirar las bolsas y llevarlas al contenedor ubicado en la vía pública para la recolección municipal, como fue observado en la visita a obra.

A continuación, se muestra la propuesta en un esquema gráfico:





## CAPÍTULO 3

### PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Se hará una propuesta de implementación para la empresa constructora con el objetivo de brindar una solución completa, que incluya no solo el procedimiento sino también la metodología de aplicación del mismo. A modo de lograr un cambio cultural a nivel empresarial, constante y perdurable en el tiempo, se busca generar primero un cambio de conducta individual en los colaboradores, que será el resultado de un gran esfuerzo comunicacional, de reeducación y de incentivos por parte de la empresa. Este cambio de conducta se basa en que los empleados incorporen en sus rutinas diarias las nuevas maneras de gestionar los residuos en la obra. No será válido exigirles que se comprometan con el Plan integral de gestión de residuos, sin antes brindarles la información suficiente para comprender la urgencia del cambio, ni los recursos necesarios a la hora de clasificar los residuos. Además, es más fácil incorporar nuevos hábitos cuando estos se alinean con los valores y principios de la persona, generando una motivación para llevarlos a cabo día a día. Para lograr esto, deberá diseñarse una estrategia de comunicación empresarial, que genere empatía por parte del equipo con la temática. Esta estrategia se compone de cinco etapas:

#### 1- Concientizar

La concientización es la base fundamental para una implementación exitosa del plan. Por lo tanto, se considera muy importante diseñar una campaña que incluya cartelera informativa en obra y en oficina, comunicados, y jornadas informativas y de concientización en todos los niveles de la empresa. A tal fin, se le entregarán a la empresa los datos que han sido mencionados a lo largo del trabajo:

- Información sobre la situación actual del cambio climático y sus efectos sobre la humanidad,
- Actividades que más contribuyen al cambio climático,
- Datos estadísticos de los niveles de contaminación por parte de la industria de la construcción,
- La importancia de separar los residuos en origen y gestionarlos responsablemente.

La importancia de la concientización radica en un cambio cultural para que los individuos actúen con conciencia por voluntad propia y no por imposición de las normas.



## 2- Reeducar

Será indudablemente necesario capacitar a los colaboradores para que lleven a la práctica el Plan Integral de gestión de residuos con los conocimientos requeridos. Las capacitaciones deberán incluir los siguientes temas:

- Tipos y origen de los residuos
- Clasificación de los residuos
- Gestión tradicional vs Plan integral de gestión de los residuos
- Procesos convencionales de reciclaje
- Materiales retornados gracias a la aplicación del Plan

El hecho de conocer el circuito completo y saber en qué producto se transforma cada tipo de residuo, generará un cambio en la voluntad de los involucrados en la separación, ya que tendrán la posibilidad de percibir los resultados de su esfuerzo.

La concientización y la capacitación deberán ser reforzadas con una comunicación constante y concreta, mediante carteles explicativos e indicativos, que detallen ubicación y contenido de los tachos, contenedores y volquetes.

## 3- Incentivar

Al no tener incorporado en su día a día el procedimiento de separación de los residuos, al principio esta acción puede significar un esfuerzo extra para los trabajadores. Por lo tanto, se sugiere otorgar un incentivo económico a los subcontratistas que realicen las tareas indicadas en el Plan de manera satisfactoria. Se definirá un periodo de tiempo durante el cual este incentivo funcione a modo de premio hasta que se haya naturalizado la aplicación del plan. Finalizado ese periodo, pasará de entregarse el incentivo premiando la buena práctica a otorgar una multa por mala práctica, es decir por incumplimiento del Plan. Será vital que la empresa constructora asigne un responsable para asegurar el correcto funcionamiento del Plan y evaluar qué subcontratistas recibirán el incentivo.

Ya que se prevé un ahorro económico resultante de la aplicación del plan, se propone destinar las ganancias de los primeros meses a las capacitaciones necesarias y los incentivos económicos mencionados.



#### **4- Perseverar**

Se estima que los resultados de la aplicación del plan no se verán en el corto plazo dentro de la empresa, sino que es una visión a mediano-largo plazo. Es por esto que la perseverancia será crucial para el éxito del plan. Se propone que los primeros meses desde la entrada en vigencia del mismo haya acompañamiento por parte de la empresa piloto para medir, controlar y procurar que los hábitos sean asimilados correctamente por los colaboradores. Para esto, se asignará a una persona dentro de cada obra que esté comprometida con la causa ambiental y actúe como impulsor del cambio.

#### **5- Medir**

Por último, será fundamental para el éxito a largo plazo del Plan que se midan los resultados año a año para ver las mejoras. Estas mediciones incluirán:

- Mejora de la productividad gracias a la contribución del plan con los principios “cero desperdicio” y “flujos continuos y confiables” de la filosofía LEAN construction.
- Cantidad de residuos que se desviaron del relleno sanitario.
- Cantidad de materiales fabricados a partir de los residuos recuperados.
- Cantidad de casas equivalente a la cantidad de ladrillos fabricados a partir de los plásticos recuperados.
- Cantidad de metros cuadrados de pared aislados con celulosa proyectada fabricada a partir de los residuos celulósicos recuperados.

Una vez obtenidos estos datos concretos, se sugiere comunicarlos internamente, motivando a los colaboradores al mostrarles el resultado de sus esfuerzos, y externamente, agregando valor a la empresa y demostrando su compromiso con el ambiente y la sociedad.



## CONCLUSIONES

A modo de conclusión, se abordará nuevamente cada uno de los objetivos generales y específicos del trabajo para demostrar su cumplimiento:

- ***Proponer una solución replicable para redefinir el ciclo de vida de los residuos generados en las obras de construcción, implementando el concepto de economía circular, a modo de contribuir con el cumplimiento de los siguientes Objetivos del desarrollo sostenible establecidos por la ONU: (11) Ciudades y comunidades sostenibles; (12) Producción y consumo responsable; (13) Acción por el clima.***

El proyecto propuesto contribuye al alcance de los tres Objetivos del Desarrollo Sostenible mencionados:

**(11) Ciudades y comunidades sostenibles:** El ODS número once busca que las ciudades sean más sostenibles. El proyecto propuesto trabaja en pos de implementar un plan integral que promueva el uso eficiente de recursos de la construcción y la mitigación del cambio climático, alineándose con la tercera meta de este objetivo. A su vez, lo logra mediante la gestión de desechos de las obras de construcción, en concordancia con la segunda meta del mismo.

**(12) Producción y consumo responsables:** El ODS número doce propone generar un cambio en los métodos de producción para reducir la huella ecológica de los mismos. El proyecto propuesto en este trabajo impulsa a cambiar sustancialmente la manera en la que se gestionan los residuos de la construcción, considerándolos parte de un proceso productivo que hoy en día no tiene en cuenta a los desechos como recursos para la generación de nuevos productos. A su vez, este objetivo hace hincapié en la importancia de instar a las industrias, los negocios y los consumidores a reciclar y reducir los desechos, ítem que ha sido abordado a lo largo del trabajo y que se refuerza en el Plan de implementación del proyecto.

Cabe destacar que las metas que plantea este ODS apuntan a “reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.” En este aspecto, el proyecto encuentra la manera de darle una segunda vida útil a los residuos de la obra, reutilizando algunos (por ejemplo, las maderas aptas para reutilización) y reciclando otros para transformarlos en productos para la construcción. En cuanto a la reducción y la prevención, se busca que en las etapas del Plan



de implementación denominadas Concientizar y Reeducar, se prevenga y reduzca la generación de residuos.

Otra de las metas sugiere lograr la gestión ecológicamente racional de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. Teniendo en cuenta que hoy en día los vertederos están al límite de su capacidad, el proyecto se alinea con esta meta ya que se ha demostrado que, al aplicar el Plan integral de gestión de residuos de la construcción, será posible evitar que una cantidad significativa de desechos sean dispuestos en un relleno sanitario.

Además, al reciclar los residuos y transformarlos en un nuevo producto para la construcción, se aporta a reducir la extracción de materia prima virgen para la fabricación de materiales de construcción, logrando un consumo más responsable de estos recursos finitos.

**(13) Acción por el clima:** El ODS número trece propone adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. En este sentido, este objetivo plantea dos metas fundamentales:

- Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales: A fin de cumplir con esta meta, el proyecto sienta las bases para que en un futuro cercano la temática ambiental en las obras de construcción sea considerada en las políticas públicas.
  - Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana: Mediante la campaña de concientización y reeducación mencionada anteriormente, se reflejan los esfuerzos por mejorar las conductas individuales de los miembros de la empresa y de otros actores de la industria, actuando hacia el alcance de esta meta.
- **Determinar si los beneficios para el medioambiente se podrían traducir en ahorro de recursos y ventajas económicas para las empresas constructoras, con el fin de generar en ellas el interés suficiente para aplicar dicha solución.**

A partir del cálculo de ahorros, se concluye que la empresa constructora que implemente el Plan Integral de gestión de residuos percibirá un importante ahorro económico. Además, se espera que, en un futuro cercano, empiecen a dictarse leyes que regulen la gestión de los residuos generados en obras de construcción. La metodología más



conocida en el resto del mundo para la puesta en vigencia de normativas de este tipo es que durante un período de aplicación temporal y opcional, la empresa que cumple es premiada por el gobierno con incentivos. Luego de un tiempo de adaptación se pasa a un periodo definitivo, donde el incumplimiento por parte de las empresas es multado. Por lo tanto, la empresa que aplique el plan se estará anticipando a que sea obligatoria la gestión de residuos y podrá implementarlo paulatinamente, ahorrando en el futuro un elevado costo debido a una implementación forzada. Además, podría recibir incentivos por parte del gobierno por tener el plan en funcionamiento. Considerando que el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires tiene en su agenda para el año 2030 convertirse en una ciudad más sustentable, aumentan las posibilidades de que se comiencen a exigir implementaciones de esta índole.

Por otro lado, se sabe también que cada vez más clientes eligen a las empresas por su responsabilidad socioambiental. Se concluye que para la empresa constructora que aplique este plan en sus obras, significará un plus a la hora de ser elegida para un nuevo proyecto.

- ***Demostrar que es posible que las empresas constructoras incorporen en sus agendas una estrategia de economía circular y su debido plan de implementación, independientemente del tipo de materiales que sus clientes elijan para construir sus proyectos. Es decir que, que sus clientes no prioricen la elección de materiales de origen renovable o productos de diseño circular, no significa que la empresa constructora no pueda adoptar un modelo de negocio circular o mínimamente, llevar a cabo alianzas estratégicas con el objetivo de atenuar su impacto socioambiental.***

Se concluye que, al gestionar los residuos, la constructora se independiza de las decisiones del comitente, pudiendo de esta manera mitigar los efectos del cambio climático sin depender del tipo de proyecto que elija hacer el mismo.

- ***Encontrar el método más rentable y de menor impacto ambiental para recircular cada uno de los diferentes tipos de residuos generados en las obras de construcción, priorizando aquellas soluciones que transformen el residuo y lo reinserten en la industria como un producto para la construcción.***

Se encontraron soluciones rentables y de bajo impacto ambiental, y se logró armar un plan que recircule los residuos que se generan en mayor volumen en las obras de construcción al enviar los escombros para la fabricación de agregados, los plásticos para la



fabricación de tuberías de PVC y ladrillos de plástico reciclado, y los residuos celulósicos para la fabricación de celulosa para proyectar.

- ***Proponer un plan de implementación para dichos métodos, el cual sirva de instructivo para llevar a cabo estas medidas y que incluya la educación ambiental como eje central.***

En el Plan de implementación propuesto en el proyecto, se contemplan una etapa de Concientización y otra de Reeducación ambiental, las cuales tienen como pilar fundamental la educación de los colaboradores para el cuidado ambiental generando en ellos un cambio cultural perdurable en el tiempo.

- ***Vincular la solución con el principio de ‘Cero desperdicio’ de la filosofía LEAN Construction para el aumento de la productividad y eficiencia en las obras de construcción.***

El proyecto se vincula con el principio de “Cero desperdicio” de la filosofía LEAN, ya que la gestión de residuos propuesta contribuirá a reducir cuatro de los siete desperdicios contemplados por el mismo:

- ***Tiempos de espera:*** Se reducirán los tiempos de espera asociados al orden y la limpieza de una zona de la obra en el momento indebido, ya que el proyecto propone que los residuos sean trasladados a su lugar de acopio en el preciso momento de su generación.
- ***Transporte:*** Se evitará transporte innecesario al separar los residuos en la obra y enviar directamente cada tipo a la planta de tratamiento específica para cada uno.
- ***Sobreprocesos:*** Se evitará la sobrelimpieza (limpiar dos veces el mismo espacio), ya que, según el plan, cuando una cuadrilla finaliza una tarea debe entregar el lugar limpio y ordenado para el ingreso de la siguiente cuadrilla, evitando así que esta tenga que limpiar nuevamente. Además, el plan propone esto para evitar que haya que resignar mano de obra de tareas productivas para limpieza, que es una tarea solo contributiva.
- ***Movimiento:*** Se evitarán movimientos excesivos de residuos dentro de la obra, gracias a que el proyecto propone un protocolo que será conocido por todos los colaboradores de la misma.

De esta manera se concluye que, al haber una disminución en los desperdicios, habrá un aumento en la eficiencia y productividad de la obra.



Como conclusión general, el proyecto se encuadra dentro de los tres ejes propios del concepto de la sustentabilidad: el ambiental, el social y el económico. En cuanto al ambiental, al reinsertar los RCD en la cadena de valor, se reducirá la extracción de materia prima virgen, la emisión de gases de efecto invernadero debido al transporte de la misma y el consumo de agua y energía en el proceso de fabricación respecto de elaborar el producto desde cero. También se afrontará el problema de los vertederos al evitar que gran parte de los RCD se dispongan allí generando gases de efecto invernadero.

Respecto al eje social, el proyecto incentiva a las empresas a educar en la temática ambiental a sus trabajadores, generando en ellos una conciencia colectiva voluntaria, en las prácticas del plan integral y no por imposición. Además, mediante una buena campaña comunicacional, podrán concientizar y comprometer a subcontratistas, proveedores, asesores externos, e incluso al comitente para que adopten medidas de mitigación a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos. En este eje también se involucra a cooperativas, creando nuevas fuentes de trabajo autogestionadas en el proceso de producción, que compiten en el mercado y minimizan los residuos que llegan a disposición final.

Por último, el eje económico contempla un ahorro por parte de las empresas constructoras, ya que al tener los residuos un valor en el mercado, pueden venderse en lugar de pagar por su transporte y disposición final. En términos generales, una economía circular en la industria puede resultar en una mayor rentabilidad del sector respecto de una economía lineal, gracias a una mejora en los procesos de producción, nuevas estrategias de diseño y un uso eficiente de los recursos.

Desde esta perspectiva, una empresa que implemente este plan integral para la gestión de los residuos en obras de construcción involucrará en su agenda estratégica un proyecto de triple impacto. Al ser de implementación voluntaria, será una acción de responsabilidad social empresarial que producirá una mejora en la sociedad y el ambiente, sin dejar de lado el beneficio económico.



## PROYECCIÓN

Se espera alcanzar la implementación del Plan integral de gestión de residuos en obras de construcción en la empresa piloto en un plazo de 3 años, es decir que en este tiempo logrará aplicarlo en todas sus obras de la Ciudad de Buenos Aires. Para esto, comenzará por la obra piloto, recuperando los residuos que se generarán hasta su finalización. Luego, se espera que sea implementado paulatinamente en las demás obras, comenzando por las que estén en etapa de terminaciones y continuando por las nuevas.

Al plantear una solución replicable y escalable, el proyecto será presentado a entidades gubernamentales con el fin de que sea utilizado para reglamentar la gestión de los residuos en obras de construcción de gran escala. Se propondrá que, a partir de su entrada en vigencia, las empresas que la cumplan reciban incentivos, como por ejemplo la reducción de impuestos municipales. Siguiendo el ejemplo de los países más avanzados en la temática, se planteará que en el corto plazo (5-10 años) el modelo de incentivos sea modificado a uno de multas para quienes todavía no hayan aplicado la reglamentación. Con esto se logrará que a principios de la próxima década el proyecto esté implementado por todas las empresas constructoras con obras de gran magnitud en la ciudad de Buenos Aires.

A mediano plazo (15-20 años) se busca que se dictaminen reglamentaciones similares en el Gran Buenos Aires y otras ciudades importantes del país (Córdoba, Rosario, Mar del Plata y Mendoza). A raíz de esto se dictarán leyes a nivel nacional que se alineen con las normativas existentes, logrando que el proyecto esté aplicado en todo el país para el año 2050.



## A MODO DE CIERRE

El rol del ingeniero está directamente asociado a la resolución de problemas y a la mejora de procesos para que sean más productivos, eficientes y rentables. Como Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Civil decidimos abordar la problemática de los residuos de obras de construcción de manera tal de cumplir con lo que se espera de nosotras: resolverla con ingenio y creatividad.

Hemos tenido la oportunidad de realizar las prácticas profesionales requeridas en la carrera en dos obras de construcción de gran escala durante un intercambio realizado en Alemania. Así fue como obtuvimos experiencia en obra y conocimos su impacto negativo en el ambiente. Al volver a Argentina observamos que no es común que las empresas constructoras tomen medidas para mitigar dicho impacto. Además, descubrimos que las normativas de construcción sustentable no proponen soluciones concretas a la gestión de residuos en la etapa constructiva. Teniendo en cuenta esto y sabiendo que el ingeniero civil tiene influencia directa a la hora de tomar decisiones que impulsen cambios, resultó de interés enfocar el Trabajo desde la labor del ingeniero civil dentro de la empresa constructora vinculándolo con nuestra pasión por el cuidado del ambiente.

Significa una gran satisfacción para nosotras haber desarrollado una propuesta viable, con el potencial de ser escalada a todo el país, y que contribuya con las dimensiones ambiental, social y económica del desarrollo sostenible. Fue indispensable contar con las herramientas brindadas por la Universidad Católica Argentina y el acompañamiento de nuestra tutora y la empresa piloto para el desarrollo exitoso de este trabajo.

Deseamos que este proyecto sirva como puntapié para que se incluyan en la carrera más contenidos relacionados con el desarrollo sostenible, el impacto de la construcción en el ambiente y sus consecuencias en la humanidad. Sería un orgullo para nosotras que sea utilizado por la Facultad como material de ejemplo para inculcar la temática en los alumnos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### ***Libros***

RUS DÍAS, M.; Ruggeri, P. (2009); *Guía de buenas prácticas ambientales para obras en construcción*, Argentina.

Francisco (2015); *Carta encíclica Laudato Sí. Sobre el cuidado de la casa común*, Vaticano.

MÜLHMANN, S. (2017); *Jornadas de construcción sustentable: Materiales constructivos y sustentabilidad*, APrA – GCBA.

ROMANELLO, L. (2017); *Jornadas de construcción sustentable: Procesos constructivos ambientalmente responsables*, APrA – GCBA.

USGBC (2020); *LEED v4.1 Building design and construction*, U.S. Green Building Council

Municipalidad de Córdoba, *Manual ambiental de obra, buenas prácticas ambientales en la construcción*, Municipalidad de Córdoba.

### ***Informes***

ONU (1987); *Informe Brundtland*, Organización de las Naciones Unidas.

GCBA (2017); *Informe de provincias: Adaptación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible en la Ciudad de Buenos Aires*, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

WGBC (2018); *Bringing embodied carbon upfront. Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon*, World Green Building Council.

CONAMA (2018); *Economía circular en el sector de la construcción*, CONAMA

### ***Revistas científicas***

ANINK, D.; BOONSTRA, C.; y Mak, J. (1996); *Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*, Londres.

MERCANTE, I. (2007); *Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión Ambiental*, Revista científica de la UCES.

ENSHASSI, A.; KOCHENDOERFER, B. y RIZQ, E (2014); *Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción*, Revista ingeniería de construcción.



## ***Webinars***

ECOHOUSE (2020); Webinar *El tratamiento integral de residuos en CEAMSE*; Educación ambiental digital

JULIÁN BERGARA, DANIELA ZANELLO (2020); Webinar economía circular en la construcción, Escuela de gestión de CAMARCO

## ***Cursos***

BRUNO BADANO (2019); Curso LEAN Construction, Escuela de gestión de CAMARCO

JUAN CARLOS ANGELOMÉ (2020); Curso gestión ambiental de obras, Escuela de gestión de CAMARCO

## ***Citas electrónicas***

<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-12-responsible-consumption-and-production.html>

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>

<https://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimatico/mitigacion/acciones>

<https://ecoaislacion.com.ar/>

<http://easy-brick.com/>

<https://4emaderaplastica.com/>

<http://reciclario.com.ar/>

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-14-life-below-water.html>

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-14-life-below-water.html>



<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>

<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/1163/1850>

<https://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/disfruta-la-ciudad/centro-de-reciclaje>

<https://www.buenosaires.gob.ar/espaciopublicoehigieneurbana/higiene/centro-de-reciclaje-de-la-ciudad/plantas-de-tratamiento/planta-de-aridos>

[https://buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente/higiene\\_urbana/grandes\\_generadores.php?menu\\_id=29901](https://buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/higiene_urbana/grandes_generadores.php?menu_id=29901)

<https://www.merca2.es/tipos-plasticos-toxicidad/>

<https://www.ecovidasolar.es/blog/tipos-de-plasticos-toxicidad-y-usos>

<https://citizensustainable.com/es/plasticos-toxicos>

<https://www.squeasy.es/que-es-el-polipropileno-toxicidad-usos-propiedades-y-mas/>

<https://www.ecovidasolar.es/blog/tipos-de-plasticos-toxicidad-y-usos>

<http://www.fundacionconama.org/category/economia-circular/>

<http://www.rcdasociacion.es/>

<https://www.usgbc.org/leed>

## **AGRADECIMIENTOS**

- A nuestra tutora.
- A directivos de la Universidad y profesores.
- A la empresa piloto.
- A los especialistas entrevistados y asesores.
- A nuestros padres.