



INFORME EJECUTIVO

CONSULTORÍA ESTUDIO: “Caracterización de residuos de la construcción, 1º etapa: Desarrollo, validación y calibración de metodología, aplicado a casos piloto”

PEN “PRODUCTIVIDAD Y CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE”

CÓDIGO 14 PEDN 35718-2

Preparado por:

Grupo de trabajo CITECUBB

Concepción, diciembre 2017.



INFORME EJECUTIVO FINAL

CONSULTORÍA ESTUDIO: “Caracterización de residuos de la construcción, 1ª etapa: Desarrollo, validación y calibración de metodología, aplicado a casos piloto”

PEN “PRODUCTIVIDAD Y CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE”

CÓDIGO 14 PEDN 35718-2

Entidad Gestora: COPEVAL DESARROLLA

Preparado por:

Grupo de trabajo CITECUBB

Concepción, diciembre 2017.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
1 JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA METODOLÓGICA.....	4
1.1 JUSTIFICACIÓN DE METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS	5
2 EXPLICACIÓN PASO A PASO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.....	6
2.1 METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS	7
2.2 METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS	13
2.3 INTEGRACIÓN CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS	15
3 ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS	17
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA OE6 Y GENERAL	23
ANEXO 1: JUSTIFICACIÓN AGRUPACIÓN FAMILIA LER Y VINCULACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA CON PROYECTO ÁBACO-CHILE	33

INTRODUCCIÓN

El presente documento es un resumen ejecutivo del informe extenso correspondiente a Etapa Final de la consultoría “Metodología de levantamiento, clasificación y sistematización de la información”.

El objetivo de este resumen es dar cumplimiento al objetivo OE6: Desarrollar un documento que explique en detalle la metodología de caracterización y cuantificación de residuos en proyectos de construcción residencial.

De acuerdo a lo requerido en las observaciones finales, la estructura del documento se divide en cuatro partes:

- **Parte 1:** Justificación de propuesta de metodología, que explique brevemente cómo se construyen las metodologías a) Caracterización de residuos, b) Cuantificación de residuos (máximo 5 páginas).
- **Parte 2:** Explicación paso a paso de la aplicación de: a) Metodología Caracterización de Residuos, b) Metodología Cuantificación de residuos. Incorporando cómo se realiza la integración con la gestión de residuos (brevemente).
- **Parte 3:** Estudio de productividad y costos para las etapas de obra gruesa y terminaciones. Se solicita incorporar incidencia de trabajos rehechos según observaciones del 17/08.
- **Parte 4:** Conclusiones.

1 JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología propuesta se fundamenta inicialmente en los hallazgos plasmados en el estado del arte, que evidencian la tendencia de las iniciativas a nivel nacional e internacional, por medio de políticas y acciones legislativas vinculantes con la caracterización, cuantificación y gestión de residuos en obras de construcción.

En adelante se hará referencia al concepto RCD, como residuos de Construcción y Demolición, según se ha definido en referencias bibliográficas, dejando abierta la posibilidad de consensuar en el futuro otra denominación para el escenario nacional.

Dentro de la justificación de la metodología para la caracterización y cuantificación de RCD, es necesario precisar que se asume que las personas que la aplicarán cuentan con formación profesional y experiencia en el ámbito de la construcción y con conocimientos en gestión de residuos, dado que la propuesta se sustenta fuertemente en información y antecedentes del proyecto de construcción y aplicación de normativa vinculante a caracterización y gestión residuos.

1.1 Justificación de metodología de caracterización de residuos

Hallazgos en literatura en el área de la caracterización de residuos, principalmente en Europa, dan cuenta de la necesidad de identificarlos de acuerdo a la naturaleza de los mismos; peligrosos; no peligrosos e inertes. Esta caracterización, para efectos globales permite tener una visión de los atributos de los residuos que se generan, pero resulta demasiado genérica si lo que se pretende es fomentar la reducción, la reutilización y el reciclaje. Es por esto que, además, a los RCD se les asignan categorías más específicas, según el tipo de material que los compone (plástico, metal, madera, etc.).

A nivel nacional, los cuerpos normativos y regulatorios considerados en esta fase de la consultoría son los siguientes:

- Decreto Supremo 148/2004: Reglamento Sanitario sobre el Manejo Seguro de Residuos Peligrosos.
- Ley 20.920/2016: marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.
- Decreto Supremo 1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual estipula el Reglamento de Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes, RECT, que aloja los portales de SIDREP y SINADER.
- Clasificación y codificación del LER.: Catálogo Europeo de Residuos, Orden MAM/304/2002

En base a lo establecido en estos documentos, la metodología propuesta para la caracterización de residuos, parte por un proceso de levantamiento de información primaria en obra para obtener un listado de los residuos que previsiblemente se generarán, clasificados por su naturaleza.

Se considera que el levantamiento de información primaria no es complejo de obtener, ya que todo proyecto de construcción debe contar con antecedentes conocidos como cubicación y presupuesto, en el cual la obra ha sido dividida en un listado de actividades, las que para su ejecución requieren el consumo de recursos: materiales, mano de obra (incluyendo subcontratos), maquinaria. En tal sentido, los primeros son los principales generadores de residuos en la obra, ya sea por pérdidas o roturas del mismo material durante su manipulación, o por el modo de embalaje utilizado para su transporte a la obra. De este modo, es preciso obtener un listado de la estimación de materiales necesarios para la obra (listado de necesidades), a partir del cual sea posible identificar los residuos que se van a producir debido a su consumo.

Esta Metodología **de Caracterización** busca que todos los residuos generados se identifiquen según los sistemas de clasificación establecidos en los cuerpos normativos y regulatorios anteriormente mencionados, ya sea atendiendo a su naturaleza (plásticos, metales, madera, etc.) o a su peligrosidad (peligrosos, no peligrosos, inertes, etc.).

1.1. Justificación de metodología de cuantificación de residuos

La metodología propuesta para la cuantificación de residuos, sienta sus bases en los modelos de gestión de residuos utilizados a nivel internacional, como el modelo Alcores, el Código de Viviendas Sostenibles (Code for Sustainable Homes) del Reino Unido (2006), el Real Decreto 105/2008 de España, modelo de cuantificación propuesto por Solís-Guzmán et al. (2009), Método de cuantificación del Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (2000), entre los principales (detallados en documento extenso, punto 1.1).

Partiendo de la base de que en los modelos utilizados a nivel internacional se establece la necesidad de cuantificar los residuos que se generarán en las obras desde la fase de proyecto, esto obliga a que el punto de partida sea la información primaria mencionada en el anterior punto (cubicación y presupuesto del proyecto). Esta información no sólo se limita a la fase de proyecto, sino que está disponible durante la ejecución de la obra, por lo que la metodología de cuantificación que aquí se propone se puede aplicar en cualquiera de estas fases.

Este método de cuantificación, al estar basado en los datos del presupuesto, permite una estimación muy próxima a la realidad, pues es el único documento que contiene la información detallada del consumo de recursos en todo el proyecto. La metodología propuesta apunta a establecer una forma sistemática de tratar y mostrar la información levantada y calculada, con la finalidad de que los resultados obtenidos puedan ser reportados de forma clara y concisa. Es preciso aclarar que, debido a la necesidad de manejar documentos pertenecientes al proyecto de construcción, la metodología propuesta ha sido diseñada pensando en su aplicación por parte de profesionales expertos del sector de la construcción, con las competencias necesarias en manejo e interpretación de la información vinculada a los recursos involucrados en proyectos de construcción y cocimientos e interpretación de normativa vinculante a caracterización y gestión residuos.

2 EXPLICACIÓN PASO A PASO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

En este apartado se explica, de forma simplificada y paso a paso, la metodología propuesta para la caracterización y cuantificación de residuos, así como su integración con la gestión de los residuos en obra. La explicación se complementa con referencias a **Planilla Maestra**, adjunto a la entrega, en el que se detalla la aplicación de la metodología a casos piloto y se deja evidencia de los resultados obtenidos.

A continuación, se detallan los pasos generales que resumen la Metodología propuesta para la caracterización y cuantificación de RCD en Chile:

Paso N°1: Levantamiento de información primaria de la obra.

Paso N°2: Caracterización de los residuos de acuerdo a normativa vigente.

Paso N°3: Cálculo de los factores de conversión.

Paso N°4: Consolidación de datos teóricos con información primaria de obra

Paso N°5: Cálculo de la estimación de residuos generados.

Paso N°6: Tratamiento y análisis de los resultados

2.1 Metodología de caracterización de residuos

Paso N°1: Levantamiento de información primaria de la obra.

Para este primer paso, como se mencionaba en el punto 1.1. del presente informe, es necesario partir de la obtención del listado de recursos, el cual se extrae de la cubicación y presupuesto de la obra. De este documento es posible obtener una lista de consumo de recursos por cada actividad, a partir del cual se pueden identificar los potenciales residuos que se van a generar. Además de esto, y de cara a otros requerimientos posteriores de la metodología propuesta, es importante levantar información sobre el sistema de gestión aplicado en la obra en cuestión, refiriéndose a la organización interna de la obra, las personas encargadas de supervisar y llevar a cabo las acciones de gestión, y la situación de los puntos de segregación de los residuos. En **tablas 1 y 2** se muestran ejemplos de información primaria a partir de casos piloto, donde se da cuenta de la identificación general del Recurso identificado, origen del residuo (pérdidas, envase, embalaje, almacenaje, etc.), detalle del residuo e identificación de residuo generado, el desarrollo en extenso de este punto se incluye en **“Planilla Maestra”** adjunta a este documento.

Tabla 1: Ejemplo de información primaria levantada en obra piloto N°1 (obra gruesa) (Ref : Citec UBB, 2017)

Recursos consultoría	Origen del residuo	Detalle del residuo	Residuo generado
Hormigón HB 20-90-20-10	Pérdidas	Pérdidas	Residuos mixtos inertes
Ripio	Pérdidas	Pérdidas	Residuos de grava, gravilla y arenas
Arena gruesa	Pérdidas	Pérdidas	Residuos de grava, gravilla y arenas
Fierro construcción Ø 8 mm	Pérdidas	Pérdidas	Residuos de fierro y acero
	Envase / Embalaje	Zuncho metálico	Residuos de fierro y acero
Fierro construcción Ø 10 mm	Pérdidas	Pérdidas	Residuos de fierro y acero
	Envase / Embalaje	Zuncho metálico	Residuos de fierro y acero

Tabla 2: Ejemplo de información primaria levantada en obra piloto N°2 (terminaciones)(Ref : Citec UBB, 2017)

Recursos consultoría	Origen del residuo	Detalle del residuo	Residuo generado
PINO CEPILLADO SECO 37 X 55 X 2.40 MT	Pérdidas	Madera	Residuos de madera
	Almacenaje	Piezas de madera	Residuos de madera
PERFIL TABIGAL MONTANTE 60 X 38 0.5 MM X 2.4	Pérdidas	Perfil acero galvanizado	Residuos de fierro y acero
	Envase / Embalaje	Zuncho metálico	Residuos de fierro y acero
	Almacenaje	Piezas de madera	Residuos de madera
PERFIL TABIGAL CANAL 61 X 20 X 0.5 MM X 3.0	Pérdidas	Perfil acero galvanizado	Residuos de fierro y acero
	Envase / Embalaje	Zuncho metálico	Residuos de fierro y acero
	Almacenaje	Piezas de madera	Residuos de madera
TORNILLO HILTI 7 X 7/16	Pérdidas	Tornillo acero	Residuos de fierro y acero
	Envase / Embalaje	Caja de cartón	Envases de papel/cartón no contaminados

El listado de residuos constituye el punto de partida para la aplicación de la metodología de caracterización y cuantificación resuelta en la presente consultoría. De acuerdo a lo descrito anteriormente y lo fundamentado en los puntos 2.2 y 2.3 del informe en extenso, el procedimiento de levantamiento de información primario es válido para todas las actividades de cualquier obra de construcción. Cabe señalar que el restrictivo marco temporal de esta consultoría obligó a limitar el número de actividades estudiadas, seleccionando algunas de ellas en función de su relevancia en términos de aportes de residuos y aquellas que están en ejecución, con la finalidad de hacer un seguimiento directo en terreno (Principio Pareto 80-20). Del levantamiento se obtiene información en dos dimensiones; datos necesarios para la caracterización de los residuos producidos en el desarrollo de un conjunto de actividades estudiadas; y datos sobre políticas implementadas en la obra para la gestión de residuos, incluido su costo asociado y su influencia en la productividad.

De este modo se llevó a cabo una selección de las actividades más representativas de cara a la generación de residuos, tanto para el caso piloto en fase de obra gruesa como para el caso en fase de terminaciones. De ambas selecciones de actividades se extrajo el listado de recursos consumidos para cada obra y se enumeraron los residuos generados eventualmente por dichos recursos. Las Tablas N°3 y N°4 muestran las actividades seleccionadas para etapas de obra gruesa y etapa de terminaciones, respectivamente. Se complementa esta información en **planilla Maestra**, en hoja de cálculo N° 4: Selección actividades/caracterización de actividades O.G y terminaciones; se detalla el total de actividades del proyecto y las estudiadas en el desarrollo de la consultoría.

Tabla 3: Actividades seleccionadas para estudio en etapa de obra gruesa (Fuente: Citec UBB, 2017)

N°	Actividad	Seleccionada
1	Radier Interior	1.1 Hormigón 10 cm 1.2 Polietileno 0,20 mmm
2	Fierro	2.1 Muros 2.2 Vigas y cadenas 2.3 Losas
3	Moldaje	3.1 Muro 3.2 Vigas y cadenas 3.3 Losas
4	Hormigón	4.1 Muro 4.2 Vigas y cadenas 4.3 Losas
5	Estructura Metálica	5.1 Techumbre
6	Estructuras Madera	6.1 Tabiques 6.2 Entramados 6.3 Techumbre
7	Cubiertas	7.1 Bajadas de aguas lluvia
8	Tabiquerías no estructurales	8.1 Albañilería de sogá 8.2 Hormigón Celular
9	Impermeabilizaciones	9.1 Water Stop

Tabla 4: Actividades seleccionadas para el estudio en etapa de terminaciones (Ref : Citec UBB, 2017)

N°	Actividad	Seleccionada
1	Revestimientos Exteriores	No seleccionado
2	Revestimiento Interiores	2.1 Revestimiento papel mural 2.2 Revestimiento cerámico muro baños
3	Tabiques Interiores	3.1 Tabique volcometal seco/húmedo
4	Pavimentos	4.1 Pavimento cerámico living comedor cocina 4.2 Nivelación pisos alfombra y piso flotante 4.3 Pavimento alfombra
5	Puertas	5.1 Puertas cocinas y dormitorios 5. 2 Marco puertas cocinas y dormitorios
6	Cielos	No seleccionado
7	Ventanas Aluminio	7.1 Ventanas de aluminio 7. 2 Remate de rasgos en ventanas
8	Molduras	8.1 Guardapolvo folio madera
9	Quincallería	No seleccionada
10	Pinturas	10.1 Pintura oleo semi-brillo en puertas 10.2 Pasta y yeso en muros 10.3 Pintura esmalte al agua en muros 10.4 Pintura látex áreas comunes y ascensor
11	Artefactos	11.1 Wc baños
12	Carpintería metálica y aluminio	No considerada
13	Griferías	No seleccionada
14	Muebles	No seleccionada
15	Accesorios	15.1 Espejos
16	Señalética	No Seleccionada

Paso N°2: Caracterización de los residuos de acuerdo a normativa vigente

Para llevar a cabo la caracterización de los residuos en las distintas categorías definidas, es preciso comenzar desde el listado de residuos identificado en el paso anterior, especificando su origen, naturaleza y peligrosidad según la normativa y referencias legales internacionales. En el caso de obras de construcción, los residuos se suelen clasificar, según su origen, en pérdidas o roturas, embalajes, y elementos auxiliares para el transporte (pallets).

Según la materialidad y el origen del residuo, en el R.D. 105/2008 (de origen español), éstos se clasifican en las categorías de residuos de metales, plásticos, maderas, etc. Por otro lado, es posible identificar cierto nivel de correspondencia de estas clases de residuos con las que se listan en el Catálogo Europeo de Residuos (LER), donde la familia 17 detalla los residuos de la construcción y demolición; sin embargo, es necesario ampliar esta tipología de residuos a otras familias del catálogo europeo, puesto que los residuos que se generan en obra son de naturaleza diversa. Es por lo anterior que se identifican todos aquellos residuos posibles de ser encontrados en una obra de construcción, cualquiera que ésta sea. La agrupación ampliada de residuos se basa en características de materialidad comunes que pueden tener diversos residuos, donde sus propiedades físico-químicas son atributos compartidos muchas veces. En esta consultoría, la caracterización de los residuos se ha desarrollado acorde a dicha ampliación y agrupación de residuos identificados en el listado del LER.

Complementariamente, es necesario asociar esta tipología de residuos ampliada a los requisitos que cada uno de ellos debe cumplir por normativa nacional, con el propósito de asignarle atributos que entregan múltiple información no sólo para la gestión del residuo, sino también para su transporte,

declaración y escenario de fin de vida. Como se mencionó en el punto 1.3 del informe en extenso, la normativa nacional que define tipologías de residuos se circunscribe a la identificación, transporte, manejo y eliminación de los residuos peligrosos, según el Decreto Supremo 148/2004 del Ministerio de Salud y la Ley 20.920/2016, la cual identifica los residuos de carácter prioritario para su gestión a nivel nacional. Lo anterior se sistematiza a través de un proceso de registro/declaración de residuos en el marco del Decreto Supremo 1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual estipula el Reglamento de Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes, RECT, que aloja los portales de SIDREP y SINADER para la declaración de residuos peligrosos y no peligrosos, respectivamente. Es relevante mencionar que en este último las declaraciones de residuos deben hacerse según la clasificación y codificación del LER.

Los residuos que define el DS 148/2004 son aquellos que tienen un carácter de peligrosidad tal que les impide de ser manejados de manera habitual, por lo que deberán ser debidamente gestionados y trazados para cumplir con el requerimiento legal. Actualmente en Chile, los únicos residuos peligrosos que tienen algún potencial de ser valorizados son aquellos que clasifican como inflamables y que no tengan contaminantes de otra categoría de peligrosidad.

Por su parte, la Ley 20.920/2016 define los residuos que serán prioritarios de ser abordados a nivel nacional para una gestión que apunte, en su primer esfuerzo, a aquellos residuos mayoritarios, como son neumáticos, envases y embalajes, aceites y lubricantes, baterías y pilas, aparatos electrónicos. De estos residuos, algunos podrían tener un carácter de peligrosidad, según lo definido en el DS 148/2004, por lo que su gestión deberá hacerse según la normativa. De igual forma, algunos de estos residuos tienen el potencial de ser valorizados a través de un proceso de reciclaje, como neumáticos, envases y embalajes. Los restantes, como baterías, pilas y aparatos electrónicos podrían ser tratados a través de algún proceso que pudiera recuperar metales preciosos, neutralizar ciertos componentes y confinarlos, de modo de asegurar su correcta disposición final. Finalmente, aquellos residuos que no tengan alguna característica de peligrosidad según lo descrito anteriormente, se caracterizarán como residuos no peligrosos que, sin perjuicio de lo anterior, pueden tener atributos especiales de fin de vida como los envases y embalajes, que se podrían llevar a reciclaje, así como los pétreos y áridos que se pueden reusar dentro de la misma u otras obras de construcción. Otros simplemente se deben disponer en rellenos sanitarios. En **Tabla N°5** se muestra la propuesta de atributos de RCD para cada categoría y algunos ejemplos.

Tabla 5: Atributos de RCD y ejemplos para cada categoría (Ref: ABACO-CHILE, 2017)

Peligroso (según DS 148/2004)		No Peligroso			Prioritario (según Ley 20.920/2016)
Reciclable	Disposición final	Reciclable	Reusable (o Pétreo según LER)	Disposición final	
Ej. Aceites inflamables	Ej. Baterías	Ej. Papel y cartón	Ej. Áridos y tierras	Ej. Residuos asimilables a domésticos	Ej. Envases

Tras la realización de este paso, se obtuvo un sistema de caracterización de residuos con 32 categorías en total (teniendo en cuenta la agrupación de tipos de residuos del LER y la normativa nacional), en las que debe quedar contenido cualquier residuo que se pueda producir en obra. Esta clasificación queda establecida en el Anexo 2 del documento en extenso.

Es necesario recalcar que todos estos residuos se pueden generar en diferentes etapas del uso de recursos dentro de la obra, como ser: residuos de pérdidas de material por concepto de mermas de recursos en actividades (Ej: residuos de lavado de losas, residuos de arena y agrava, residuos de mortero, etc.), residuos de empaque entendido como aquel material que contiene directamente al recurso (Ej: tinetas, latas de spray, cajas de cartón corrugado, etc.), y embalajes, entendidos como aquellos residuos que se generan del transporte y estibado del empaque de los recursos (ej.: pallets, stretch film, zunchos, etc.).

Todo lo anterior es necesario contrastarlo con la realidad de la obra, y para ello se propone una serie de actividades para levantar la información relevante. El proceso descrito anteriormente se resume en Figura 1:

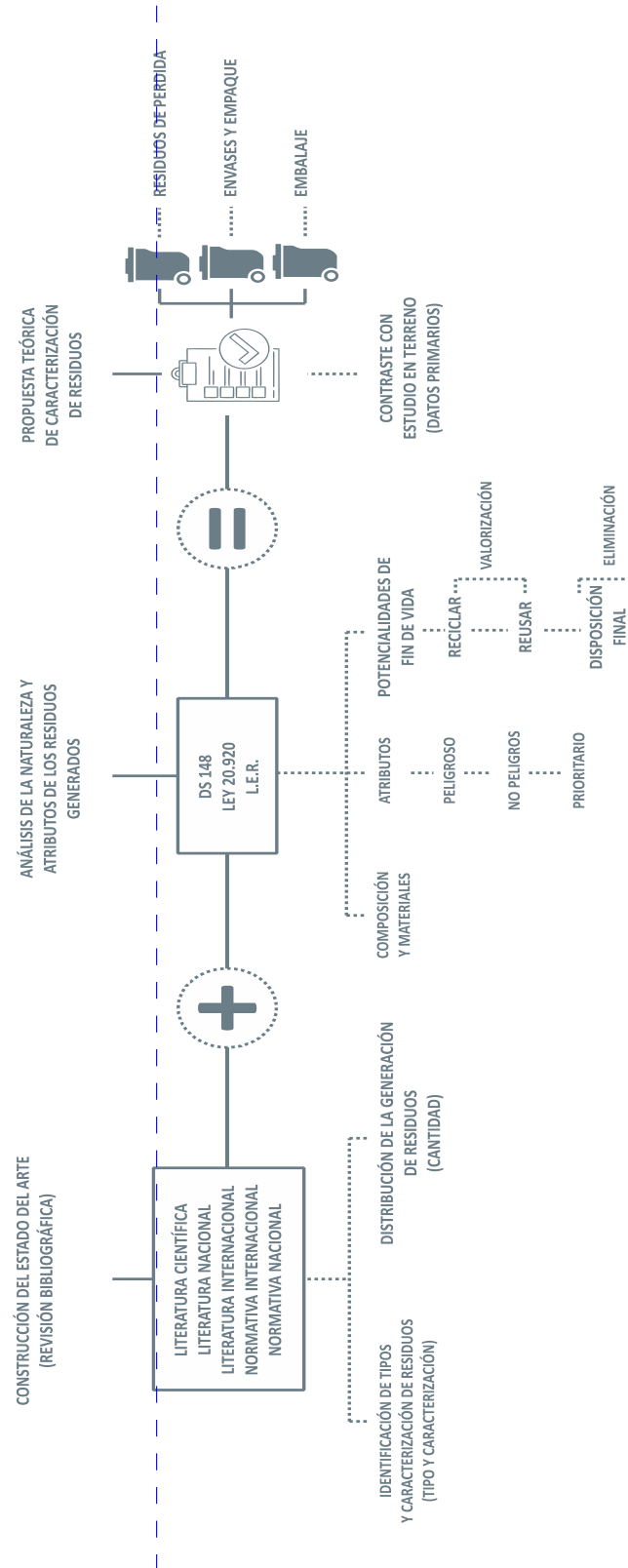


Figura 1: Esquema de la lógica para definir una caracterización de residuos apropiada para la realidad de la construcción en Chile.
Fuente Citec UBB.

2.2 Metodología de cuantificación de residuos

Paso N°3: Cálculo de los factores de conversión.

El motivo por el cual se define el cálculo de factores de conversión es la necesidad de parametrizar las cantidades de residuos generados con los recursos presentes en la obra (procedente de la cubicación y presupuesto). Los recursos de la obra vienen expresados en sus correspondientes unidades (kg, l, m³, etc.), mientras que los residuos generados se cuantifican en toneladas o en m³. De este modo, a partir del listado de recursos de una obra, donde se especifican las cantidades que el constructor debe adquirir, será posible obtener una aproximación de la cantidad de residuos totales generados en la obra, mediante la aplicación de los factores de conversión calculados.

Estos factores de conversión tienen en cuenta aspectos como el cambio de la unidad del recurso a la unidad del residuo, el porcentaje de pérdidas estimado del material, el tipo, dimensiones, densidad o peso del embalaje en el que se recibe el material en obra, y los elementos auxiliares para el transporte del material. Para un correcto cálculo de los factores de conversión es necesario diseñar ecuaciones de cálculo que dependerán del recurso de origen y del residuo a cuantificar. Los factores de conversión tienen que encargarse de transformar 1 unidad (m², m³, kg, lt, etc) del recurso, en la cantidad de residuo generado, de modo que la multiplicación de este factor por la cantidad total del recurso sirva para obtener la cantidad total de residuo generado debido a ese recurso. Si un material genera tres residuos distintos, deberá tener tres factores de conversión calculados, uno para cada tipo de residuo. El detalle de cada uno de los factores de conversión vinculado a las respectivas actividades estudiadas se encuentra respaldado en Planilla Maestra, hojas de cálculo N°5 y, adicionalmente, se adjuntan resultados consolidados en Anexo 7 del informe en extenso.

Paso N°4: Consolidación de datos teóricos con información primaria de obra

Con el fin de validar los datos teóricos utilizados para el cálculo de los factores de conversión con la realidad de la obra de construcción, para esta consultoría se llevó a cabo un estudio exhaustivo en terreno de los residuos generados. Este estudio incluyó, entre otros, pesaje y cubicación de envoltorios, cajas, envases, tinetas, empaquetados, recipientes y materiales residuales, con el propósito que los factores de conversión calculados fueran lo más precisos posible. Cuenta de ello da el Anexo 10 del informe extendido, donde se muestra el registro fotográfico de la caracterización y pesaje en terreno, así como los resultados obtenidos.

Paso N°5: Cálculo de la estimación de residuos generados

La aplicación de los factores de conversión al listado de recursos de la obra permite la obtención de las cantidades totales de residuos generados. Estos residuos deben ser agrupados posteriormente según su caracterización, según lo descrito en el punto 2, ya que esta segregación se corresponde con el modo en que son acopiados y separados en la obra para su posterior disposición final.

Siguiendo la lógica establecida en el R.D. 105/2008 de España y en otros modelos de gestión de residuos internacionales, la estimación de los residuos generados debería tener como finalidad cumplir con el principio de “quien contamina, paga”, de modo que cuanto mayor sea la cantidad de residuos generados en una obra, mayor será la garantía a depositar para asegurar la correcta gestión de los mismos. Esta obligación debe ser impuesta por medios regulatorios y administrativos, tal que

obligue a los proyectistas y constructores a llevar a cabo una correcta gestión de los residuos en sus obras, y así incentivar la minimización de la cantidad de residuos generados, con el consiguiente beneficio para el medio ambiente y la sociedad.

A partir de los aspectos metodológicos señalados anteriormente, se han obtenido resultados tanto para la caracterización y cuantificación de residuos, aplicados a edificios piloto, metodología que puede ser aplicada a cualquier tipología de proyecto de construcción, en este caso edificación en altura para etapas de obra gruesa y terminaciones.

El detalle, respaldo, trazabilidad y análisis de los resultados están debidamente respaldados en “**Planilla Maestra**”, la cual se ha diseñado haciendo converger todas las etapas metodológicas hasta aquí descritas, además de considerar los criterios de caracterización de normativas nacionales e internacionales.

La planilla está diseñada de tal manera que obedece la lógica metodológica presentada, lo cual facilita su uso e interpretación para profesionales vinculados a proyectos de construcción y gestión de residuos. Cabe señalar que cada celda está vinculada a los respectivos criterios de evaluación, lo que frente a cualquier duda permitirá identificar la lógica de cálculo.

Paso N°6: Tratamiento y análisis de los resultados

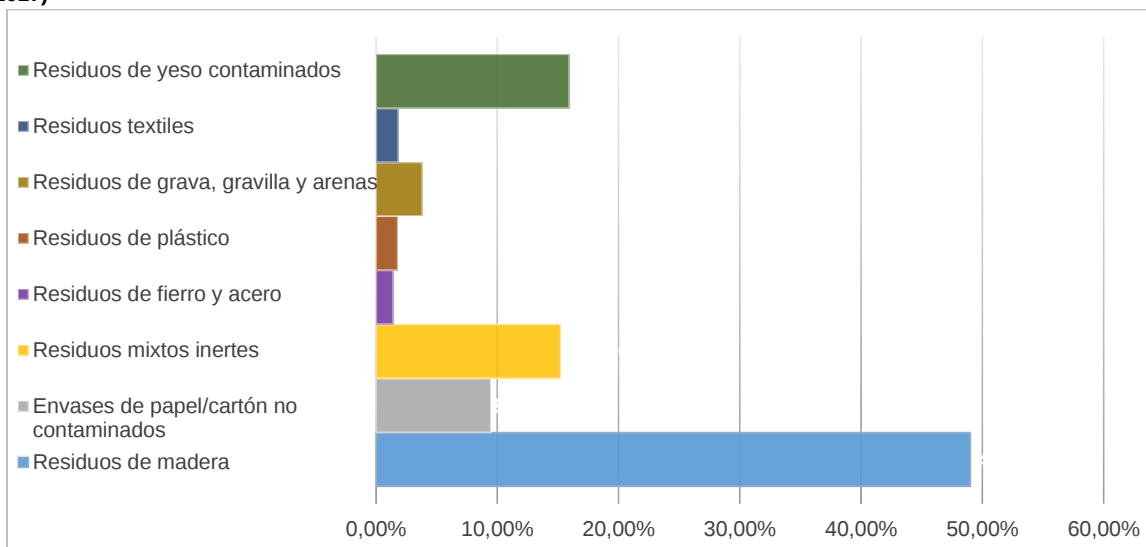
Los resultados con los residuos correctamente caracterizados y cuantificados deben ser analizados *a posteriori* para extraer datos estadísticos. Si los resultados se relacionan con la tipología del edificio y sus características constructivas, es posible establecer ratios de generación de residuos por m2 de superficie construida, según la tipología de edificio (Tabla 6).

Tabla 6: Factores de estimación de generación de residuos en fase de obra gruesa. Ref: Citec UBB, 2017

Código Residuo ÁBACO	Residuo generado	Cantidad (ton)	Factor de estimación (kg/m2)
RSARC0201	Residuos de madera	0,069	0,006
RSARC0204	Residuos de madera, plástico o vidrio contaminados	0,094	0,008
RSCET0101	Envases de papel/cartón no contaminados	0,363	0,031
RSHRC0101	Residuos mixtos inertes	181,234	15,702
RSMET0111	Envases metálicos contaminados	0,470	0,041
RSMRC0405	Residuos de fierro y acero	6,900	0,598
RSONE0103	Residuos de neumáticos y otros	0,007	0,001
RSPBP0111	Envases plásticos contaminados	0,065	0,006
RSPRC0203	Residuos de plástico	0,063	0,005
RSQRC0301	Residuos de asfalto o alquitrán	0,194	0,017
RSSRC0604	Residuos de aislantes e impermeabilizantes	0,037	0,003
RSTRC0508	Residuos de grava, gravilla y arenas	3,158	0,274
RSYRC0801	Residuos de yeso contaminados	2,470	0,214
RSZBP0002	Pinturas, barnices y otros	0,351	0,030

Asimismo, es posible estudiar qué recursos están generando mayor cantidad de residuos, lo que podría originar iniciativas para reemplazar esos recursos por otros más sustentables con menor generación de residuos (**Figura 2**).

Figura 2. Generación de residuos por tipo en caso piloto N°2 (terminaciones) (Ref: CITEC UBB, 2017)



Es necesario mencionar que a lo largo de la ejecución de esta consultoría ha sido posible estudiar una selección de actividades de las dos obras de construcción de edificios residenciales en altura, las cuales son representativas para el desarrollo y aplicación de esta metodología de caracterización y cuantificación. La futura aplicación de la metodología aquí propuesta a un número mayor de casos constructivos permitiría afinar el cálculo de las ratios de generación de los distintos residuos caracterizados, para su aplicación a un conjunto mayor de edificaciones.

2.3 Integración con la gestión de residuos

El enfoque de la metodología propuesta está orientado a prestar apoyo y soporte a la gestión de residuos en obras de construcción. En este sentido se reconoce que una efectiva caracterización y cuantificación de RCD permitirá aportar directamente en la eficiente gestión de los mismos.

El fundamento de la integración de la propuesta metodológica de caracterización y cuantificación de residuos con la gestión de los mismos se basa principalmente en la observación de los buenos resultados obtenidos en España a partir de la aplicación del Real Decreto 105/2008: régimen jurídico sobre la producción y gestión de los RCD, con el fin de jerarquizar los residuos, y por este orden, fomentar su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valoración, asegurando que los destinos a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, contribuyendo así a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción (Plan Nacional Integrado de Residuos 2007), actualmente obligatoria para todos los RCD generados.

Tal como se detalla en el punto 1.2 del documento en extenso, dentro de los aspectos principales del Real Decreto destaca que todo proyecto contenga un Estudio de Gestión de RCD, con carácter contractual debe incluir:

- Una estimación de la cantidad de residuos;
- planes de acción para la prevención, medidas para la separación;
- planos de las instalaciones;
- pliego de prescripciones técnicas particulares;
- valoración del costo previsto de la gestión de los RCD;
- un inventario de residuos peligrosos estimados a generar, con el fin de evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros que no lo son, y asegurar el envío de éstos a gestores autorizados.

El decreto también establece que se deberán separar los residuos en obra, cuando, de forma individualizada para cada tipo de residuo se superen las siguientes cantidades:

- Hormigón (80 ton)
- Ladrillos, tejas, cerámicos (40 ton)
- Metal (2 ton)
- Madera (1 ton)
- Vidrio (1 ton)
- Plástico (0,5 ton)
- Papel y cartón (0,5 ton)

En tal sentido, el desarrollo de la propuesta metodológica considera, además de la caracterización y cuantificación de residuos, la integración del concepto de Gestión de RCD basado en una estructura organizacional que permita aplicar un modelo de gestión a lo largo de la cadena de valor de la obra, donde se incorporan el impacto de la generación de RCD en la productividad y costos de la obra. En suma, una integración de política de gestión de RCD en la estructura organizacional de cada empresa y proyecto de construcción en ejecución.

Desde el punto de vista de la gestión de RCD, la propuesta metodológica busca aportar e integrar distintos aspectos, como ser; incorporación de criterios que permitan la identificación temprana de pérdidas de recursos; factores de parametrización que vinculan cantidades de residuos generados con los recursos utilizados, permitiendo de esta forma totalizar los residuos generados para la superficie construida; vincular caracterización y cuantificación de RCD con criterios normativos nacionales e internacionales, lo cual facilitaría la declaración de SINADER; entre otros. En forma paralela con el presente informe ejecutivo se hace entrega de una herramienta computacional que permite dimensionar los costos directos e indirectos de la gestión de RCD en obra, con la posibilidad de adaptarla a cada proyecto de construcción en particular. Finalmente, se entregan recomendaciones a partir de experiencia piloto con eficiente gestión de RCD, para replicar buenos resultados.

Los aspectos de integración anteriormente señalados, quedan operativizados en “**Planilla Maestra**”, hojas de cálculo 1, 2, 3 y 4, donde se da cuenta de la categorización, cuantificación de RCD con criterios normativos y, además, se vincula productividad y costos para proyectos de construcción,

considerando modelo de gestión de RCD en obra. Dicha operatividad queda igualmente vinculada a planilla de gastos generales (Costos directos e indirectos) de la gestión de RCD en obra.

3 ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

Tal como se reporta en punto 5.1.7 del informe en extenso, la vinculación del factor productividad se aborda en función de la prospección de los volúmenes (m^3) y pesos (T) de RCD estimados por las respectivas empresas constructoras A y B (para los casos piloto estudiados) versus las toneladas y m^3 retirados de obra, respectivamente.

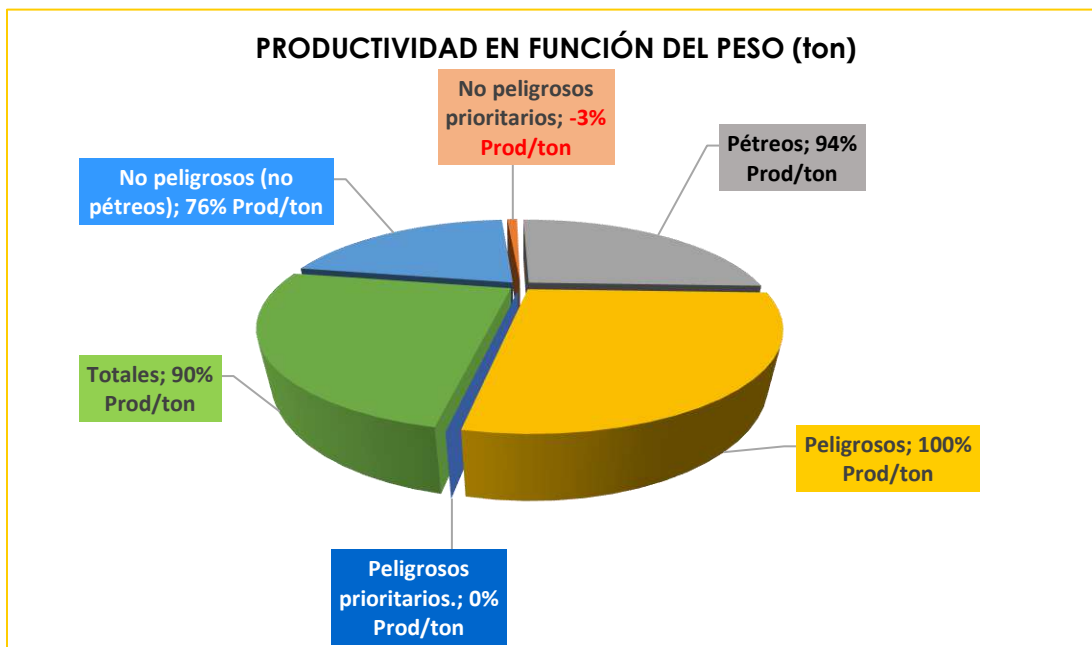
Al respecto, es necesario señalar que las estimaciones de peso y volumen de obra por parte de la constructora, obedecen a datos de Plan de Manejo y Gestión de RCD interno, cuyos coeficientes de estimación son genéricos de literatura y referencias españolas, y asociadas a la superficie construida.

Es necesario remarcar que en el análisis de productividad los resultados obtenidos están vinculados a los principios de caracterización con base en la metodología propuesta y, por tanto, se reportan asociando codificación LER, manteniendo consistencia con lo estipulado por el D.S 148 y Ley 20.920.

El detalle de cada uno de los cálculos y resultados se respalda en “**Planilla maestra**”, hoja de cálculo *C_Productividad*. En la Figura 3 se muestran resultados de productividad para la etapa de obra gruesa, en función del peso (T), los cuales indican el porcentaje de cada tipo de residuo que falta por retirar a la fecha según las cantidades estimadas al inicio de la obra.

Figura 3. Indicadores de productividad en la retirada de RESCON en función del peso total estimado para cada tipo de residuo, Obra Gruesa

RESUMEN PRODUCTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL PESO (ton)					Productividad
Ítem	Residuo	Calculado	Retirado	Difer (+/-)	% (+/-)
2.2.1	No peligrosos (no pétreos)	20 ton	5 ton	15 ton	76% Prod/ton
2.2.2	No peligrosos prioritarios	8,7 ton	9,0 ton	-0,3 ton	-3% Prod/ton
2.2.3	Pétreos	249 ton	15 ton	234 ton	94% Prod/ton
2.2.4	Peligrosos	6 ton	0 ton	6 ton	100% Prod/ton
2.2.5	Peligrosos prioritarios.	0 ton	0 ton	0 ton	0% Prod/ton
	Totales	284 ton	29 ton	255 ton	90% Prod/ton



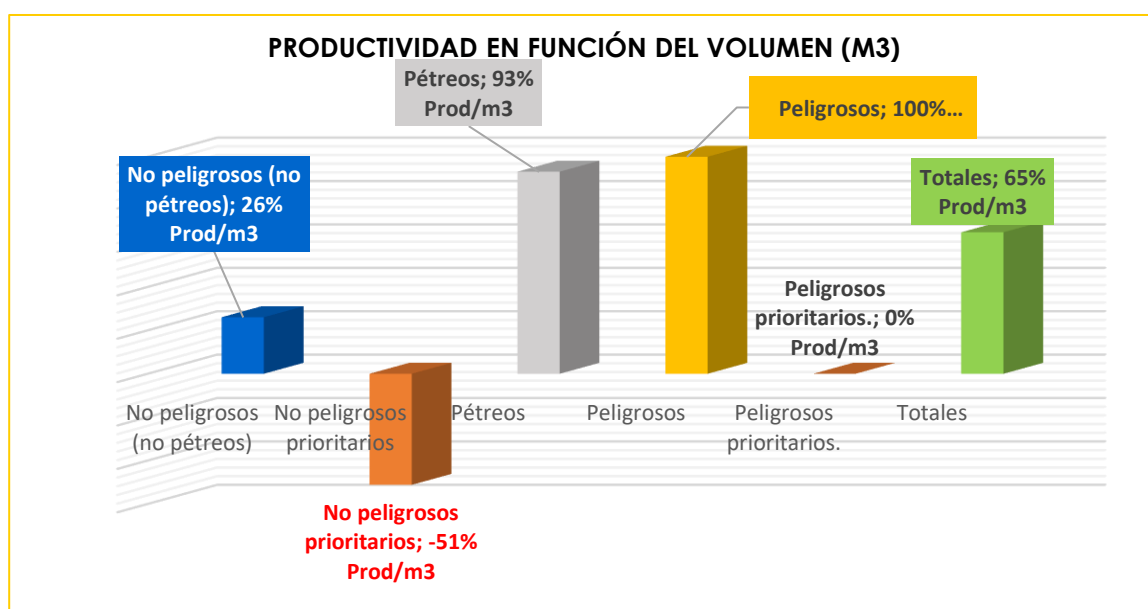
Ref. : CITEC-UBB, 2017

En la **Figura 4** se muestran los resultados de productividad de la misma etapa, en función de volumen (m³), donde se evidencia la falla en la estimación, ya que existe una diferencia importante en la cantidad de residuos no peligrosos prioritarios, donde el volumen retirado ya supera en un 50% al estimado. Esto probablemente lleva a equívoco en el cómputo del porcentaje de volumen total de residuos pendientes de retirar, dejando ver que probablemente las densidades estimadas para los distintos tipos de residuos no son correctas.

Así mismo para el ejemplo mostrado en la gráfica, se da cuenta de un porcentaje de productividad negativa (-3%), donde se da cuenta que el residuo retirado (9 T), es mayor que la calculada (8,7 T).

Figura 4: Productividad en función del volumen (m³), Obra Gruesa (CITEC-UBB, 2017)

RESUMEN PRODUCTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN (m³)					Productividad
Item	Residuo	Calculado	Retirado	Difer. (+/-)	% (+/-)
2.2.1	No peligrosos (no pétreos)	5 m³	4 ton	1 m³	26% Prod/m³
2.2.2	No peligrosos prioritarios	27,4 m³	41,5 ton	-14 m³	-51% Prod/m³
2.2.3	Pétreos	104 m³	7 ton	97 m³	93% Prod/m³
2.2.4	Peligrosos	14 m³	0 ton	14 m³	100% Prod/m³
2.2.5	Peligrosos prioritarios.	0 m³	0 ton	0 m³	0% Prod/m³
	Totales	150 ton	52 ton	98 m³	65% Prod/m³



Para el ejemplo mostrado en la gráfica, se da cuenta de un porcentaje de productividad negativa (51%), donde se da cuenta que el residuo retirado (41,5 T), es mayor que la calculada (27,4 T).

El análisis de productividad para la etapa de terminaciones (Obra Piloto 2), según se muestra en **figura 5** da cuenta que comparativamente con obra piloto 1, la productividad es mucho menor, esto dado principalmente por la no existencia de una Plan de Manejo y Gestión de RCD, lo que en principio no permite tener un seguimiento y trazabilidad de los mismos. Así Por ejemplo considerando los RCD de actividades caracterizadas para la medición de productividad en función del peso y volumen de RCD el resultado de productividad hasta la fecha se considera negativo para todas las actividades caracterizadas.

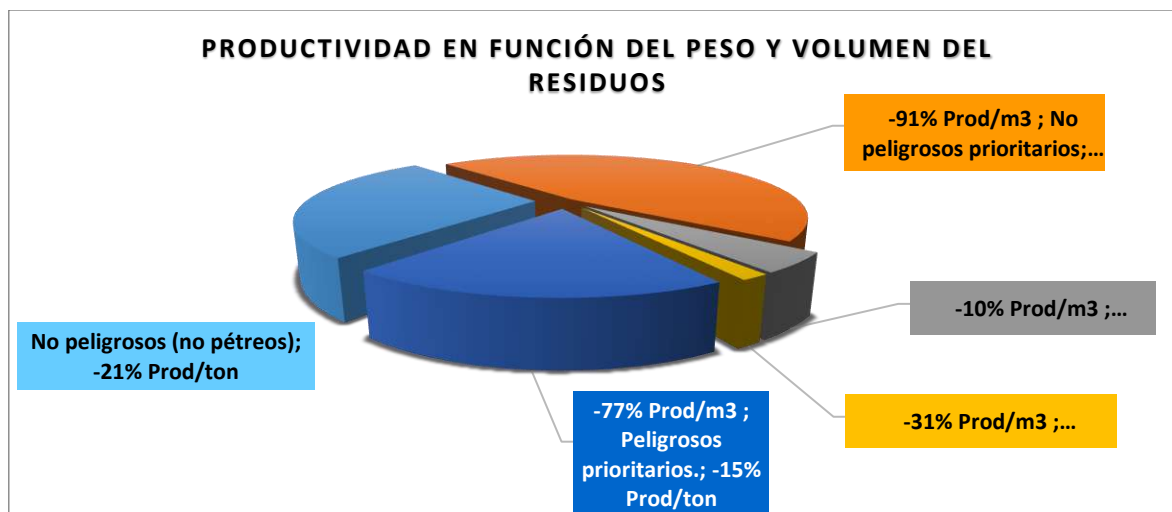
Figura 5: Productividad RCD, Peso y volumen – Etapa Terminaciones (Ref.: CITEC –UBB, 2017)

PRODUCTIVIDAD

Calculada en función de las toneladas y m³ de residuos sólidos estudiados por la Consultoría y las toneladas y m³ de residuos retirados de la obra.

RESIDUOS DE ACTIVIDADES CARACTERIZADAS TERMINACIONES - CLASIFICADOS SEGÚN CÓDIGO - LER

N°	Actividad	Actividades Caracterizadas Terminaciones		Residuos retirados de obra (Abril a Octubre 2017)		DIFERENCIAS		Productividad	
		(toneladas)	(m³)	(toneladas)	(m³)	(toneladas)	(m³)	(% en ton)	(% en m³)
2.2	RCD_Nivel II								
2.2.1	No peligrosos (no pétreos)	4,23 ton	4,75 m³	5,10 ton	5,46 m³	-0,87 ton	-0,71 m³	-21% Prod/ton	-15% Prod/m³
2.2.2	No peligrosos prioritarios	2,04 ton	1,32 m³	2,76 ton	2,53 m³	-0,72 ton	-1,20 m³	-35% Prod/ton	-91% Prod/m³
2.2.3	Pétreos	0,46 ton	0,61 m³	0,61 ton	1,07 m³	-0,15 ton	-0,47 m³	-4% Prod/ton	-10% Prod/m³
2.2.4	Peligrosos	0,05 ton	0,19 m³	0,08 ton	0,60 m³	-0,02 ton	-0,41 m³	-1% Prod/ton	-31% Prod/m³
2.2.5	Peligrosos prioritarios.	0,94 ton	0,88 m³	1,55 ton	4,56 m³	-0,61 ton	-3,68 m³	-15% Prod/ton	-77% Prod/m³
	TOTALES	7,72 ton	7,75 m³	10,10 ton	14,22 m³	-2,38 ton	-6,47 m³	-31% Prod/ton	-83% Prod/m³
	Comprueba	7,72 ton	7,75 m³	10,10 ton	14,22 m³				
	Diferencia	0,0 ton	0,00 m³	0,0 ton	0,00 m³				



Ref: CITEC.UBB, 2017

Como una manera de aportar al análisis de la incidencia de la gestión de los residuos de construcción en la productividad de la obra, se ha llevado a cabo, un análisis complementario al de costos directos e indirectos, a través de una estructura de gastos generales de la obra. Entendiendo los gastos generales como aquellos que no se pueden atribuir de forma directa a una única actividad, sino que participan en varias, y forman parte de todo presupuesto. En ellos están incluidos los profesionales de obra, el personal auxiliar o de apoyo como bodegueros, jornales de patio, personal de seguridad; grandes máquinas como las grúas; consumos de suministros; y algunos materiales.

De este modo se ha generado una planilla de cálculo, la cual propone un **Modelo de Estructura de costos GIRC*** (Gestión Integral Residuos Construcción) de forma sistematizada, la cual integra los conceptos asociados a costos directos e indirectos permitiendo valorizar y visibilizar de forma mensual la GIRS para un determinado proyecto de construcción.

En **Tabla 7**, se presenta un extracto de dicho listado con aquellos conceptos que participan en mayor o menor medida en el proceso de manejo de los residuos en obra. Si bien éstos se calculan conforme a la planificación de las obras, en esta planilla se ha aplicado un factor de ponderación conforme a la dedicación que se les atribuye a labores de gestión de residuos de construcción. Así, por ejemplo, la grúa torre dedica una décima parte de su tiempo al transporte de residuos desde la zona de segregación a la zona de recogida. Por su parte, los contenedores y bidones se dedican plenamente a estas funciones, por lo que su factor de ponderación es 1. También se han incluido gastos en capacitación del personal para el correcto manejo de los residuos, así como costos de traslado y disposición final.

Los valores unitarios son referenciales para las obras piloto, lo que evidentemente deberán ajustarse para cada en proyecto en particular. No obstante, el valor de la herramienta entregada radica en la estructura de la misma y la convergencia de los conceptos para una valorización de una GIRC.

A saber, en **“Planilla Maestra- Pestaña E”**, se entrega desarrollo y ejemplo de **Modelo de Estructura de costos GIRC***.

A_Metodología	B_Consolidación	C_Productividad	D_Trazabilidad	E_Costo GIRC
---------------	-----------------	-----------------	----------------	--------------



Tabla 7: Modelo de Estructura de costos GIRC* (Gestión Integral Residuos Construcción) / Ref: CITEC-UBB, 2017)

Proyecto :								
Edificios								
Ubicación								
Etapa								
ESTRUCTURA DE COSTO GIRS* (Gestión Integral Residuos Sólidos)								
Item	Detalle	Unid.	Meses/ veces	Cantid.	Valor/unit	Total	* Factor pond.	Total
1.1	RR.HH y L/soc de terreno							
1.1.1	Administrador de Obra	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.2	Jefe oficina técnica	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.3	Jefe de terreno	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.4	Encargado seguridad	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.5	Encarg. residuos y m/ambiente	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.6	Bodeguero	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.7	Pañolero	h/mes	16,2	1			0,11	
1.1.8	Jornaleros de patio	h/mes	16,2	4			0,11	
						S/total RR.HH :		
						Leyes sociales	27,50%	
Total mensual RR.HH_CD :					\$	Total 16,2 meses		\$
1.2	Servicios (costos directos)							
1.2.1	Serv. básicos (luz, agua, gas, internet)	mes	16,2	1			0,10	
1.2.2	Grua torre	mes	8	1			0,10	
1.2.3	Grua horquilla	mes	16,2	1			0,10	
Total mensual Servicios_CD :					\$	Total 16,2 meses		\$
1.3	Materiales y suministros consumidos							
1.3.1	Contenedor de basura 50 lt	uni	0	0			1	
1.3.2	Contenedor de basura 240 lt	uni	0	0			1	
1.3.3	Tambor 228 lt c/tapa	uni	1	20			1	
1.3.4	Ductos y tolvas bajada escombros	uni	1	30			1	
1.3.5	Cunas	uni	1	4			1	
1.3.6	Balanza electrónica	uni	1	1			0,25	
1.3.7	Bodegas	m2	16,2	60			0,25	
1.3.8	Malla, madera, clavos y otros	gl	1	1			1	
Total mensual Materiales_CD :					\$	Total 16,2 meses		\$
TOTAL MENSUAL COSTO DIRECTO :					\$	Total 16,2 meses		\$
2.	COSTO INDIRECTO							
2.1	RR.HH y L/soc de oficina central	mes	1	1	\$ 0	\$ 0	0,11	\$ 0
Total mensual RR.HH_CI :					\$ 0	Total 16,2 meses		\$ 0
2.2	Servicios (costos indirectos)							
2.2.1	Serv. básicos (luz, agua, gas, internet)	mes	16,2	1		\$ 0	0,11	
2.2.2	Capacitación y protocolos	mes	16,2	1			1	
2.2.3	Traslado y disposición final	ton	1	22			1	
2.2.4	Retornos por ventas RCD	gl	1	-1			1	
Total mensual Servicios CD :					\$	Total 16,2 meses		\$
TOTAL MENSUAL COSTO INDIRECTO :					\$	Total 16,2 meses		\$
TOTAL COSTO DIRECTO E INDIRECTOS MENSUAL					\$	TOTAL 16,2 MESES		\$

Nota: los valores indicados en esta tabla son de referencia y han sido estimados.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA OE6 Y GENERAL

Al concluir la última etapa de desarrollo de esta consultoría, cabe señalar que se ha dado cumplimiento de los objetivos y resultados comprometidos en la oferta técnica de este equipo ejecutor.

A saber,

OE1: Revisión Bibliográfica, construcción Estado Arte

OE2: Propuesta preliminar caracterización de residuos

OE3: Reuniones, entrevista actores relevantes sector construcción y expertos RCD

OE4: Identificación, levantamiento de información y aplicación metodología propuesta pilotos

OE5: Documentación información y propuestas mejoras metodología

OE6: Realización ajustes necesarios metodología propuesta y documentar metodología final para aplicación posterior a otros proyectos edificación en altura.

Se desprenden una cantidad importante de conclusiones y reflexiones asociadas a los hallazgos producidos durante el desarrollo de la presente consultoría, centrados principalmente en la construcción del estado del arte, levantamiento de información primaria, desarrollo y aplicación de la metodología a casos pilotos, y reuniones con actores relevantes. Información desagregada y referenciada en documento en extenso, el cual consolida todos los aspectos anteriormente señalados, los cuales se han detallado en documento extenso.

En lo que respecta específicamente al OE6, se debe señalar que la construcción de la metodología propuesta para la caracterización y cuantificación de RCD recoge y vincula los criterios y normativas nacionales obligatorias: D.S 148/2003, Ley 20920/2016, D.S 1/2013, como así misma regulación internacional para caracterización de residuos MAM/304/2002 Clasificación según Catálogo Europeo de Residuos (LER). Complementariamente, la propuesta incluye criterios del Real Decreto 105/2008 español, el cual integra concepto de Gestión de RCD en proyectos de construcción más allá de la caracterización y cuantificación, considerando costos, productividad y gestión de RCD a partir de estructura organizacional en obra.

Como complemento a lo anteriormente señalado, es importante destacar el uso del Modelo Alcores como modelo inspirador en el desarrollo de la metodología propuesta, descrito en detalle en el punto 1.2 del informe en extenso, cuyo principio se basa en el “que contamina paga”, fijando una fianza (posteriormente devuelta) que garantice que el promotor del proyecto constructivo gestione de forma adecuada los residuos. Este modelo hoy esta implementado y se usa por municipalidades (ayuntamiento de Andalucía). Uno de los aspectos relevantes de este modelo a destacar, es la necesidad de vincular la caracterización de residuos junto a la cuantificación y valoración del costo previsto para la gestión de los RCD.

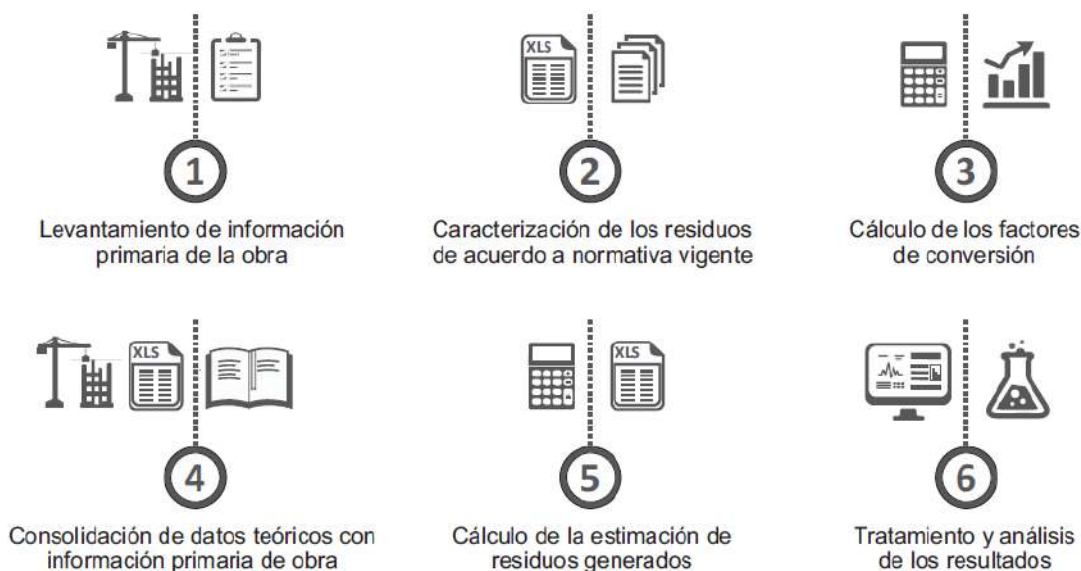
Según los alcances descritos, un modelo de estas características podría ser aplicado en Chile constituyéndose en una iniciativa relevante que impulse una gestión eficaz de RCD en el sector de la construcción, considerando que es necesario establecer, desde la administración pública, mecanismos de incentivos y castigos, tal que generen el cambio de paradigma con respecto a la gestión de RCD.

Con la finalidad de dar cumplimiento al OE 6: Desarrollar un documento que explique en detalle la metodología de caracterización y cuantificación de residuos en proyectos de construcción residencial, se ha diseñado una entrega de producto resultado que integra fundamentos, conceptos de caracterización y cuantificación de RCD de una manera simplificada, con evidencia de hallazgos en terreno e instrumentalizada para su aplicación en otros proyectos de construcción.

De este modo el producto resultado estaría compuesto por el presente Informe Ejecutivo que da cuenta, en forma resumida, de los pasos considerados en la Metodología Propuesta, con sus respectivas fundamentaciones, más 2 planillas electrónicas (Excel): **Planilla Maestra** y **Planilla Gastos Generales Gestión RCD**. Las cuales sustentan y mecanizan el desarrollo metodológico y la aplicabilidad de la metodología. Estos documentos y herramientas están formulados para que sean analizados y utilizados por profesional con experiencia en el ámbito de la construcción y con conocimientos en normativa en caracterización y gestión de residuos, dado que la propuesta se sustenta principalmente en información y antecedentes del proyecto de construcción, vinculando concepto de costos y productividad según los requerimientos de las Bases Técnicas de la consultoría.

En lo que respecta al desarrollo lógico de la Propuesta Metodológica se han agrupado 6 pasos generales, según se muestra en el siguiente esquema, ver figura 5. Cada uno de ellos ha sido debidamente fundamentado y la evidencia de los resultados se encuentra consolidada en **“Planilla Maestra”**.

Figura 5: Pasos a seguir para el desarrollo metodológico de la caracterización y cuantificación de RCD. Ref: (CITEC-UBB, 2017)



La **“Planilla Maestra”** está compuesta por diversas hojas de cálculo, en que cada una de ellas obedece a las distintas etapas de aplicación de la Metodología. De este modo se tiene: Etapas, Datos de entrada, N° de pestaña y color (para facilitar su identificación), según se muestra en Tabla N° 8.

Tabla N° 8: Metodología para la caracterización y cuantificación de residuos (Ref.: CITEC-UBB, 2017)

METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS			
N°	Etapas (paso a paso)	Datos de Entrada	Pestaña (N° y Color)
1	Cálculo de residuos por actividad de Obra Gruesa	Listado de recursos aportados por la empresa 1	1) Cálculo.Res.x Activ_OG
2	Clasificación por tipo de residuos de Actividades de Obra Gruesa	Pestaña: 1) Cálculo.Res. x Activ_OG	2) Clasif.x tipo Resid_OG
3	Cantidad residuos según lista LER de actividades de la Obra Gruesa	Pestaña: 2) Clasif. x tipo Resid_OG	3) Cant.Res.LER_Activ.OG
4	Selección de actividades a caracterizar de OG Pingueral	Listado de actividades aportados x la empresa 1	4) Selec.Act.Carac_OG
5	Cálculo Residuos por Activ. Caracterizada de Obra Gruesa	Pestaña: 1) Cálculo.Res. x Activ_OG	5) Resid.LER x Activ. Caract_OG
6	Clasificación por tipo de residuos de Actividades Caracterizadas de Obra Gruesa	Pestaña: 5) Resid.LER x Activ. Caract_OG	6) Clasif.LER.Act.Caract x tipo Res
7	Cantidad de residuos de las Actividades Caracterizadas de Obra gruesa - LER	Pestaña: 6) Clasif.LER.Act.Caract x tipo Res	7) Cant. Res. LER_ Act. Caract. OG
A	Metodología (paso a paso)	Pestañas 1 a la 7	A_Metodología
B	Consolidación de la información	Pestañas 1 a la 7	B_Consolidación
C_	Productividad	a) Calculada en función de las toneladas y m3 de residuos sólidos estudiados por la Consultoría y, las toneladas y m3 de residuos retirados de la obra. b) Resumen en fila 70. c) Gráficos en fila 80	C_Productividad
D_	Trazabilidad de la GRCD	CONAMA 2014 Congreso Nacional del Medio Ambiente Madrid (noviembre 2014) GT-7 Armonización de datos y trazabilidad de residuos Coordina: Instituto Superior de Medio Ambiente (ISM)	D_Trazabilidad
a)	Densidad de materiales	Criterio experto. Basado en densidades medias de materiales residuales de la construcción	a) Densidades
b)	Tablas de cantidad de Hormigón Armado	Información facilitada por empresa	b) H°+Fe+Mol
c)	Tablas de retiro total de residuos	Información facilitada por empresa	c) Retiro total res. OG
d)	Tablas de retiro mensual de residuos	Información facilitada por empresa	d) Retiro Mes resid_OG

Es relevante mencionar que el espíritu de este desarrollo busca; contar con un procedimiento basado en información de terreno que permita la estimación de las cantidades y tipos de residuos generados; agrupación por tipo de residuo generado para fines de gestión interna en obra; identificar el potencial costo asociado a una correcta gestión de los RCD; identificación de oportunidades de mejora con el propósito de la minimización y reducción de costos; identificar mecanismos que desde los organismos locales de administración permitan fomentar medidas concretas de gestión, entre otros elementos claves. Todo lo anterior se configura como compromiso transversal de la cadena de valor de las obras constructivas, donde no sólo se involucran los generadores de residuos, sino que también los proveedores de insumos, transportistas, recicladores, instalaciones de eliminación de RCD, entre otros.

Dentro de las recomendaciones relevantes vinculadas a la Gestión de RCD, cabe destacar la experiencia positiva observada en la empresa A, donde se ha trabajado en dos obras piloto implementado un plan efectivo de Manejo y gestión de RCD. La implementación de este plan ha permitido a la empresa reducir los gastos en gestión, traslado y disposición final de residuos, así mismo mantener una faena ordenada, limpia reduciendo los riesgos de accidente y mejorando la productividad de los procesos. Lo anteriormente señalado sustentado por distintas razones, entre las que se destacan: visualización del proyecto con enfoque de ciclo de vida, esto identificando en la cadena de valor del proyecto las instancias anticipada de generación de RCD, educación e instrucciones claras y específicas a todos los actores vinculados al proyecto: profesionales, técnicos, mandos medios, bodeguero, subcontratos, proveedores y cadena de recicladores y gestores de RCD.

Para el éxito de la experiencia mencionada destacar la importancia de una política de gestión integrada a nivel corporativo de la empresa que se transmita en los mismos términos a obra, para ello se debe contar con una estructura organizacional soportante que dirija eficazmente los objetivos vinculados al Plan de Manejo y Gestión RCD con foco en la productividad.

Dicha estructura organizacional, detallada en informe en extenso en punto 4.1.2, da cuenta de la Organización óptima a nivel de obra, según se muestra en **figura 6**, donde la figura del ayudante del Sistema de Gestión Integrado (*) es clave en la eficiencia de la aplicación del Plan de Gestión RCD señalado.

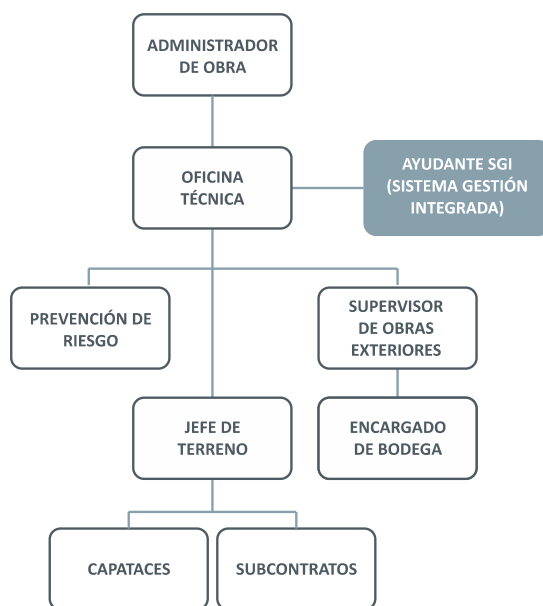


Figura 6: Estructura organizacional Proyecto Etapacp Ora Gruesa. Constructora “A”

(*) Encargado(a) de gestión Integrada, en esta obra corresponde al encargado del Plan de Manejo de Residuos y dentro de sus responsabilidades tiene: estimar la cantidad de residuos que se generan en obra (proyectada y real), realizar capacitación en gestión de RCD a toda la cadena de valor de la obra. Coordinar el retiro de residuos con empresas colaboradoras, solicitar certificación de disposición final, mantención de iniciativas para reducción, reutilización y reciclaje de RCD, comparar e informar mensualmente porcentaje de residuos gestionado y costo asociado.

Finalmente señalar la importancia de considerar que toda la propuesta metodológica aquí descrita y sistematizada en planillas de cálculo complementarias, se dispondrá en un estado aún más avanzado e integrado con otros aspectos de dimensión ambiental y económico a través del Proyecto INNOVA CORFO 15BP-45346 denominado ÁBACO-Chile, del cual se han entregado antecedentes desde el inicio de la consultoría, los cuales quedan respaldados en informe en extenso y en Anexo 1 del presente informe donde se da cuenta cómo dicho proyecto se vincula con la presente consultoría, sobre todo a nivel de criterios de caracterización de RCD y profundiza en el fundamento de la propuesta de agrupación de Codificación y criterios LER para una simplificación y aplicación en proyectos de construcción en Chile.

En ese mismo sentido, y con el propósito de alinear la discusión nacional con la terminología utilizada a nivel internacional, se sugiere revisar el término RESCON como acrónimo de “residuos de la construcción”, pues de acuerdo a la revisión bibliográfica desarrollada sólo en Chile es donde se utiliza, siendo ampliamente usado el término RCD (residuos de construcción y demolición), definido en Glosario (Anexo 1) del documento en extenso, por lo que se sugiere consensuar cuál será la denominación en Chile.

REFERENCIAS

Acevedo, Harlem; Vásquez, Alejandro; Ramírez, Diego. 2012. Sustainability: Actuality And Necessity In The Construction Sector In Colombia. Gestión Y Ambiente, Vol. 15, No.1, Pp. 105-118.

Aguirre, Carlos; Latorre, María; Burboa, Rocío; Montecinos, Pablo (2004). Hacia un diagnóstico de los residuos sólidos generados por obras de edificación en altura, en la región metropolitana. Revista de la Construcción, 3, (1), 1- 12.

Aguirre, Carlos; Latorre, María; Burboa, Rocío; Montecinos, Pablo (2005). Diagnóstico de la Generación de Residuos Sólidos de Construcción en Obras de Edificación en Altura en la Región Metropolitana. Revista de la Construcción, 4, (2), 38- 46.

Aldana, Juan; Serpell, Alfredo. 2012. Temas Y Tendencias Sobre Residuos E Construcción Y Demolición: Un Meta-análisis. Revista De La Construcción Vol. 12, No. 22, Pp. 4-16.

Aldana, Juan y Serpell, Alfredo. 2016. Methodology for the preparation of construction project waste management plans based on innovation and productive thinking processes: a case study in Chile. Revista de la Construcción, Vol. 15, No. 1, Pp. 32-41. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000100003>.

Apolonio, Ivan; Cleonice, Luciane; Santana, Angela. 2017. Thermal Resistance And Conductivity Of Recycled Construction And Demolition Waste (Rcdw) Concrete Blocks. International Engineering Journal, Vol. 70, No. 2, Pp. 167-173. <http://Dx.Doi.Org/10.1590/0370-44672015700048>.

Barroso, Víctor (2013). Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición en la comunidad autónoma de andalucía. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Organización Industrial. Ingeniería Superior en Organización Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla, España.

Bezerra Antonio; Schalchb, Valdir; Carpena, Denise; Duarte, José. 2012. Performance Estimation For Concretes Made With Recycled Aggregates Of Construction And Demolition Waste Of Some Brazilian Cities. Materials Research, Vol. 15, No. 6, Pp. 1037-1044. <http://Dx.Doi.Org/10.1590/S1516-14392012005000119>.

Canadian Council Of Ministers Of The Environment (CCME). State Of Waste Management In Canada, 2014.

Cañola, Hernán; Echavarría, César; Sánchez, Julio. 2011. Recipanel: Recycled Paper Panels. Dyna, Vol. 79, No. 171, Pp. 132-137.

Castaño Jesús; Misle, Rodrigo; Lasso, Leonardo; Gómez, Adriana; Ocampo, Manuel. 2011. Gestión De Residuos De Construcción Y Demolición (Rcd) En Bogotá: Perspectivas Y Limitantes. Tecnura, Vol. 17, No 3, Pp. 121-129.

Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC). 2017. Universidad del Bío Bío, Concepción Chile.

Chávez, Álvaro; Guarín, Nataly; Cortes, María Carolina. (2013) Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 12, (22), 45-57. Colombia.

Chávez, Álvaro; Palacio, Óscar; Guarín, Nataly (2014). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: estudio de caso BOGOTÁ D.C. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 23, (2), 95-118.

Code for Sustainable Homes, London. Department For Communities And Local Government. 2006. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Estudio caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana, 2006.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile, 2010.

Consejo Nacional de Producción Limpia, Acuerdo de Producción Limpia Sector Construcción Región del Bío Bío, 2007.

Constructora Claro Vicuña, Inmobiliaria ISN, Chile, 2017.

Constructora AVATAR LTDA Inmobiliaria Vellatrix Ltda, Chile, 2017.

Corinaldesi V, Moriconi G. 2010. Reusing and Recycling C&D Waste in Europe. Construction Demolition Waste. Ed. M.C. Limbachiya, J.J. Roberts. USA.

Del Río, M., Izquierdo, P., Salto., I, Santa Cruz, J., 2010. La Regulación Jurídica De Los Residuos De Construcción Y Demolición (Rcd) En España. El Caso De La Comunidad De Madrid. Informes De La Construcción, Vol. 62, No. 517, Pp. 81-86, Doi: 10.3989/lc.08.059.

Del Río Merino, Mercedes; Izquierdo, Pilar (2009). Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. Waste Management & Research, 28, 118–129, Los Angeles, London, New Delhi and Singapore, DOI: 10.1177/0734242X09103841.

Environmental Protection Department (Epd). Waste Reduction Framework Plan 1998–2007. Hong Kong Government, 2008.

European Commission DG ENV (2011). Service contract on management of construction and demolition waste – sr1. A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112.

Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC), 2013. Disponible en: <http://www.fiic.la/index.php>

García, José (2016). Gestión de residuos de la construcción y la demolición en Chile. Coordinador de la Oficina de Transferencia Tecnológica, Fundación de la industria de la Construcción.

Instituto Nacional de Estadística (INE), España, 2012

Kofoworola, Oyeshola Y Gheewala, Shabbir. 2009. Estimation Of Construction Waste Generation And Management In Thailand. Waste Management, Vol. 29, No. 2, Pp. 731–738. [Http://Doi.Org/10.1016/J.Wasman.2008.07.004](http://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.07.004).

Levy, S. M., Helene, P., 2004. Durability of recycled aggregates concrete: A safe way to sustainable development. Cement and Concrete Research, Vol. 34, Pp. 195-1980.

Li, Y., Zhang, X., 2013. Web-Based Construction Waste Estimation System For Building Construction Projects. Autom. Constr. Vol. 35, Pp. 142–156.

Lin ZR. 2010. Shenzhen construction companies construction waste. Shenzhen, Mainland China: Shenzhen University.

Maciel, Thiago; Stumpf, Marco; Kern, Andrea (2016). Management system proposal for planning and controlling construction waste. Revista Ingeniería de Construcción, 31, (2), 105-116.

Martel, Guerry (2008). Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones para su aprovechamiento. Tesis Master en Ingeniería Campo de Conocimiento – Ambiental. programa de maestría y doctorado en ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Marrero, M. And Ramirez-De-Arellano, A., 2010. The Building Cost System In Andalusia: Application To Construction And Demolition Waste Management. Construction Management And Economics, Vol. 28, Pp. 495–507, Doi:10.1080/01446191003735500.

Marrero, M., Solís-Guzmán, J., Molero, B., Osuna M. And Ramírez De Arellano A. 2011. Demolition Waste Management In Spanish Legislation. The Open Construction And Building Technology Journal, Vol. 5, Pp.162-173.

Martín-Morales, M., Zamorano, M., Ruiz-Moyano, A, and Valverde-Espinosa, I., 2011. “Characterization of recycled aggregates construction and demolition waste for concrete production following the Spanish Structural Concrete Code EHE-08”, Construction and Building Materials, Vol. 25, No.2, Pp. 742-748.

Mejía, Erica; Osorio, Laura; Osorio, Nelson. 2015. Residuos De La Construcción: Una Opción Para La Recuperación De Suelos. Revista Eia, Vol. 12, No. 2, Pp. E55-E60. [Http://Dx.Doi.Org/10.14508/Reia.2014.11.E2.55-60](http://dx.doi.org/10.14508/Reia.2014.11.E2.55-60).

Ministerio De Medio Ambiente, España. 2001. Plan Nacional De Residuos De Construcción Y Demolición 2001- 2006.

Moliner, Enrique; Sanfélix, Javier; Garraín, Daniel y Vidal Rosario (2010). Nuevas estrategias en la gestión de residuos de construcción y demolición. XIV International Congress on Project Engineering. Dpto. de Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Morán del Pozo, J.M., Juan Valdés, A., Aguado, P.J., Guerra, M.I., Medina, C. 2011. Estado Actual De La Gestión De Residuos De Construcción Y Demolición: Limitaciones. Informes De La Construcción, Vol. 63, No. 521, Pp.89-95, Doi: 10.3989/lc.09.038.

Muñoz, Edmundo; Fabres, Andrés y Cárdenas, Juan Pablo. Residuos sólidos del proceso de construcción de viviendas en Chile – cuantificación, caracterización y establecimiento de indicadores. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - Vitória - ES - BRASIL 7 a 9 de septiembre de 2011.

Oikonomou, Nik. 2005. Recycled Concrete Aggregates. Cement & Concrete Composites, Vol. 27, No. 2, Pp. 315-318.

Payá, Jordi. 2012. La "Transmutación" Sostenible De Los Residuos Para Nuevas Materias Primas En El Ámbito Del Concreto. Dyna, Vol. 79, No. 175, Pp. 38-47.

Pérez-Carmona, J.J., Marrero, M., Solís-Guzmán, J., 2013. Quantification Cdw Software (Modelo De Cuantificación De Rcd), Ajustado Al Real Decreto 105/2008. Universidad De Sevilla. Sevilla, España.

Plan Nacional Integrado de Residuos (Pnir) 2007–2015, Ministerio De Medio Ambiente. 2007.

Poon, C.S., Yu, A.T.W., & Jaillon, L. 2004. Reducing Building Waste At Construction Sites In Hong Kong. Construction Management And Economics, Vol. 22, No. 5, Pp. 461-470.

Ramírez, A., Calama, J. M., De Montes, M.V., Fernández, C., Leiva, C., Marrero, M., Mercader, M., Solís, J., Vale, J.J., Vilches, L., 2008. Aislamiento Y Reciclaje Para Reducir El Consumo Energético De Las Viviendas En Andalucía (Arceva. Subja08-018).

Real Decreto 105/2008, De 1 De Febrero, Por El Que Se Regula La Producción Y Gestión De Los Residuos De Construcción Y Demolición. Ministerio De La Presidencia. 2008.

Robayo, Rafael; Matthey, Pedro; Silva, Yimmy; Burgos, Diana; Delvasto, Silvio. 2014. Los Residuos De La Construcción Y Demolición En La Ciudad De Cali: Un Análisis Hacia Su Gestión, Manejo Y Aprovechamiento. Tecnura, Vol. 19, No. 44, Pp. 157-170.
<http://Dx.Doi.Org/10.14483/Udistrital.Jour.Tecnura.2015.2.A12>

Rodríguez, G., Francisco, J.A. Germán, M. 2007. The Contribution Of Environmental Management Systems To The Management Of Construction And Demolition Waste: The Case Of The Autonomous Community Of Madrid (Spain). Resources Conservation & Recycling, Vol. 50, Pp. 334–349, Doi:10.1016/J.Resconrec.2006.06.008.

Rolón-Aguilar, J. C., Mendoza, D. N., Huete Fuertes, R., Blandón, González, B., Terán Gilmore, A., & Pichardo Ramírez, R. 2007. Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. Materiales de construcción, Vol. 57, No. 288, Pp. 5-15.

Romero, 2007. Material de apoyo para master ingeniería ambiental, Universidad de Huelva. Disponible en: <http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/residuos.htm>

Riveros, C. 2014. Residuos de Construcción y Demolición en la transformación de terrenos rústicos en urbanos. Proyecto de tesis para optar al Título de Máster en Gestión Integral de la Edificación. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, Universidad de Sevilla, España.

Solís-Guzman, J., Marrero, M., Montes-Delgado, M. V. and Ramirez-De-Arellano, A. 2009. A Spanish Model For Quantification And Management Of Construction Waste. Waste Management Vol. 29, Pp. 2542-2548, Doi:10.1016/J.Wasman.2009.05.009.

Solís-Guzmán, J., Marrero, M., Guisado García, D., 2014. Model For The Quantification And Budgeting Of The Construction And Demolition Waste. Application To Roads (In Spanish: Modelo De Cuantificación Y Presupuestación En La Gestión De Residuos De Construcción Y Demolición. Aplicación A Viales). Carreteras, Vol. 4, Pp. 6–18.

Tabsh, S. W., & Abdelfatah, A. S., 2009. Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete. Construction and Building Materials, Vol. 23, No. 2, Pp. 1163-1167.

Vegas, I., Azkarate, I., Juarrero, A., Frías, M., 2009. Diseño y Prestaciones de Morteros de Albañilería Elaborados con Áridos Reciclados Procedentes de Escombros de Hormigón. Materiales de Construcción, Vol. 59, Pp. 5-18.

Yuan, H., Shen, L., 2011. Trend Of The Research On Construction And Demolition Waste Management. Waste Manag. Vol. 31, Pp. 670–9.

Wang, Jiayuan; Hongping, Yuan; Kang, Xiangping; Weisheng, Lu. 2010. Critical Success Factors For On-Site Sorting Of Construction Waste: A China Study. Resources, Conservation And Recycling, Vol. 54, No. 11, Pp. 931-936.

Weisheng, Lu Y Hongping, Yuan. 2011. A Framework For Understanding Waste Management Studies In Construction. Waste Management, Vol. 31, No. 6, Pp. 1252-1260.
<https://doi.org/10.1016/J.Wasman.2011.01.018>

ANEXO 1: JUSTIFICACIÓN AGRUPACIÓN FAMILIA LER Y VINCULACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA CON PROYECTO ÁBACO-CHILE

De acuerdo a lo señalado en el desarrollo del OE2 del presente informe, los resultados de la consultoría serán incorporados para ser operativizados a través de la plataforma en desarrollo del proyecto ÁBACO-Chile. Para lograrlo es necesario que la clasificación de los residuos propuesta sea debidamente formateada a los requerimientos de registros y procesamiento interno de la información en dicha plataforma.

Como se detalló en el punto 2.1 del informe, de manera paralela se trabajó en la clasificación y levantamiento en terreno de la cuantificación de los residuos.

La clasificación se basó principalmente en antecedentes de literatura y normativa nacional e internacional vigente. Luego esta información se analizó con el propósito de seleccionar aquellas clases de residuos que efectivamente se generen en obra, considerando no sólo las etapas abordadas en la presente consultoría, sino que, además, incluyan otros residuos que pudieran generarse de obras constructivas con diferentes especificaciones. Lo anterior es lo que se esquematiza en la figura siguiente, en los pasos 1, 2 y 3.

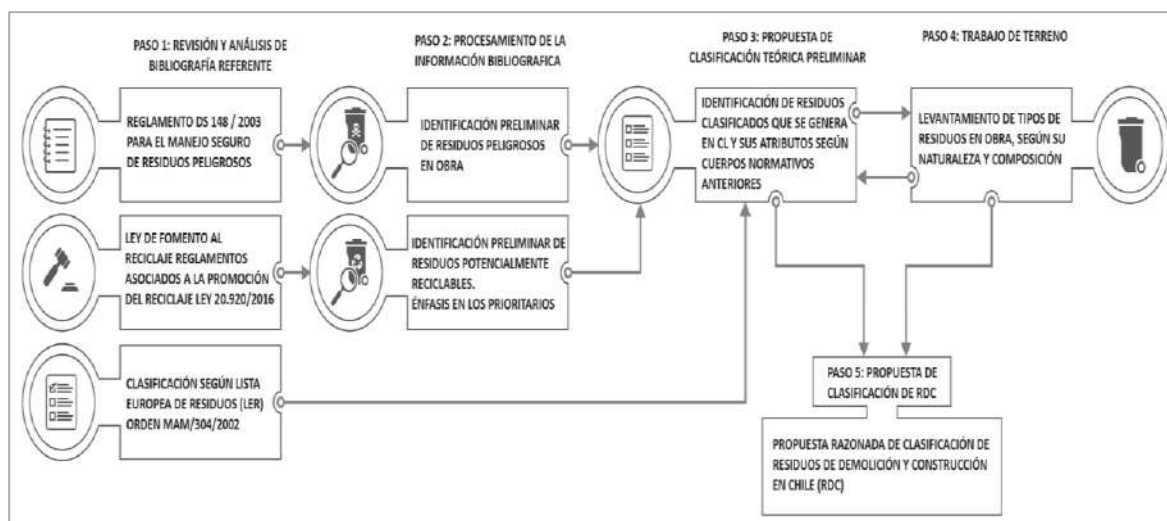


Figura 1. Esquema de la lógica para definir una clasificación de residuos apropiada para la realidad de la construcción en Chile (CITEC-UBB, 2017)

La etapa de levantamiento en terreno consistió en visitas permanentes durante el desarrollo de la consultoría, las cuales permitieron cuantificar de manera detallada los diferentes residuos generados (paso 4), y además permitieron identificar los tipos de residuos que se generaron, con el propósito de validar la propuesta de clasificación (paso 5).

En la práctica y para permitir que esta clasificación de residuos sea incorporada en la plataforma ÁBACO-Chile, se requiere que cada clase de residuos tenga asociado un sistema de codificación consistente con el de recursos y partidas desarrollados para ésta. Dado que la incorporación de los residuos fue posterior al trabajo de generación de códigos de recursos y partidas, éstos se debieron ceñir a las especificaciones acordadas.

En este proyecto, los recursos básicos utilizados en obra quedan clasificados en tres categorías: materiales, maquinaria y mano de obra. En todo presupuesto, cada concepto debe contar con un código único que lo identifique, por lo que las tres clases anteriores de recursos quedan codificadas como MT, MQ y MO, respectivamente. Dado que los residuos podrían tener la particularidad de ser considerados como recursos en caso de ser reusados/reciclados/valorizados, se ha considerado vincularla con el mencionado sistema de codificación. De esta forma, los residuos entendidos como otro recurso más de los presentes en obras de construcción, reciben el código de clase RS.

En ÁBACO-Chile, los recursos se codifican por medio de cinco letras y cuatro cifras, de manera concatenada. Las dos primeras letras indican la clase del recurso, la tercera la sub-clase, y las dos siguientes el tipo; para terminar con cuatro dígitos que identifican singularmente a cada recurso (Figura 2).

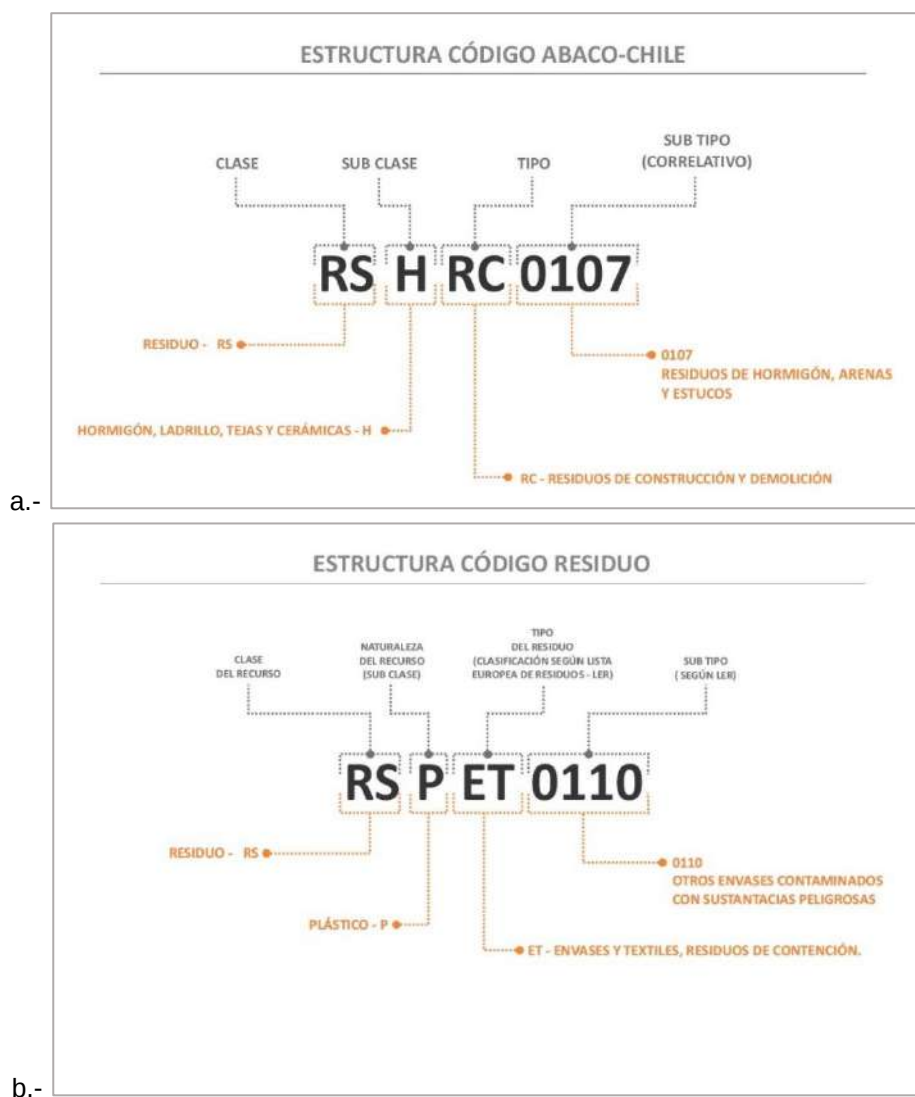


Figura 2. Estructura de códigos de recursos como residuos en ÁBACO-Chile. a.- Residuos de hormigón, arenas y estucos; b.- Residuos de envases contaminados con sustancias peligrosas.

En la figura 2 se muestra como se estructura el código usado para los recursos en ABACO-Chile, donde los residuos pasarían a ser parte de una cuarta clase de recurso. Toda clase tiene una abreviación de dos letras. Cada clase de recurso tiene asociadas subclases específicas que dan cuenta de la etapa constructiva a la cual pertenece la actividad. Toda subclase tiene asociada una abreviación de una letra. Continuando con la estructura del código, el tipo da cuenta de la materialidad involucrada en la actividad, y éste se representa por una abreviación de dos letras. Finalmente, los últimos cuatro números corresponden a un correlativo que tiene asociadas ciertas especificaciones técnicas en el caso de los recursos de materiales, mano de obra y maquinaria. Para el caso de los residuos, estos últimos cuatro números del código obedecen a otra lógica que se analizará más adelante.

Con el propósito de mantener consistencia con lo antes descrito, y entendiendo las subclases de residuos como la materialidad involucrada, es que para las subclases de residuos se definen según como se muestra la tabla 1 a continuación.

Tabla 1. Propuesta de subclases de RCD (ABACO-Chile)

Subclase	Nombre
P	Plástico
M	Metal
A	Madera
V	Vidrio
C	Cartón y papel
T	Tierras, arenas y gravas
H	Hormigón, ladrillo, tejas y cerámicas
Q	Alquitrán
Y	Yeso
S	Aislantes y asbestos
D	Demolición
X	Textiles
I	Aceites y combustibles líquidos
Z	Residuos mezclados
O	Pilas y baterías

Considerando que hasta el momento se ha descrito la estructura del código analizando la clase y subclase, el tipo de residuo da cuenta de la actividad que a través de la cual se da origen al mismo. Para definir los tipos de residuos se trabajó en vincular las familias de residuos identificadas en el LER, y la abreviatura para ABACO.

Para lo anterior se consideraron las familias ampliadas de residuos que se trabajaron en la parte 2.1 del presente informe, y basándose en su definición se acuñó una sigla de dos letras tal que los describiera y resumiera. Un ejemplo de lo anterior es que lo que se muestra en la tabla 2, donde se hace el detalle de la equivalencia propuesta.

Tabla 2. Propuesta de tipos de RCD (ABACO-Chile)

Familia de residuos LER	Clasificación Europea de Residuos (LER)	Tipo en ABACO	Nombre en ABACO
-------------------------	---	---------------	-----------------

8	Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (ffdu) de revestimientos (barnices, pinturas y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión	BP	Residuos de barnices y pinturas
13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19) Liquid Fuels	CL	Residuos de aceites y combustibles líquidos
16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista	NE	Residuos no especificados en otras categorías
15	Residuos de envases; absorbentes, trapos de limpieza; materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría	ET	Residuos de envases y textiles contaminados
17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)	RC	Residuos de construcción y demolición
20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente	AD	Residuos domiciliarios

De esta forma, quedan definidas las familias 8, 13, 16, 15, 17 y 20 del LER, pero asociados a una abreviatura de dos letras en ABACO. El propósito de estas abreviaturas es que, al identificar los residuos a través del código en ABACO, éste guarde un grado de equivalencia con los códigos definidos en el Catálogo Europeo de Residuos (LER), pretendiendo que su vinculación resulte intuitiva. De esta forma, las abreviaturas antes descritas se ordenan consecutivamente, manteniendo su orden jerárquico (clase>subclase>tipo) para formar la parte alfabética del código.

La sección numérica del código está compuesta por cuatro cifras, las cuales, para el caso de los residuos, coinciden exactamente con las últimas 4 cifras del código LER sugerido para asociar el respectivo residuo. Para ver el detalle de la clasificación y codificación LER, ver el Anexo 2. De esta forma, la estructura del código de residuos se construye de manera secuencial señalando información relevante de manera concatenada, consistente con el formato de ABACO (alfanumérico) y directamente relacionada con la codificación LER.



Figura 3. Diagrama del sistema de codificación de residuos

Es relevante hacer notar que si se requiriera identificar un residuo a través de su código LER directamente desde el código de ABACO se podría hacer sin dificultad, incluso sin necesidad de conocer el nombre del residuo. Para ello, basta con tener la información de equivalencia señalada en la tabla 2. Se deben leer los últimos 2 dígitos alfabéticos del código ABACO, y con ello se busca en dicha tabla la respectiva la familia LER a la que corresponde, y manteniendo los últimos cuatro dígitos numéricos del código ABACO, resulta el código LER reconstituido.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la clase, la subclase, el tipo de residuo que se genera, y el sufijo numérico que corresponde a los últimos 4 dígitos del código LER propuesto, es posible realizar una condensación de las clases de residuos y su respectiva homologación a códigos LER, tal que permita facilitar el manejo de éstos en obra. El detalle de esta propuesta de condensación de clases/familias de residuos y homologación de residuos se presenta en la tabla a continuación.

Se destacan con letra roja aquellos códigos LER que se proponen para declarar dicha categoría condensada de residuos. De igual forma se representa con letra roja los últimos 4 dígitos del código de ABACO para hacer notar su correspondencia con el código LER propuesto.

Tabla 3: Relación entre clases de residuos y sus códigos entre ABACO y LER.

	Equivalencia tipología Clasificación Europea de Residuos/ABACO de RCD	Código LER/ABACO
1	Envases de metal no contaminados	RSMET0104
	Envases metálicos	15 01 04
2	Envases de papel/cartón no contaminados	RSCET0101
	Envases de papel y cartón	15 01 01
3	Lodos de drenajes	RSTRC0506
	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05	17 05 06
4	Pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión NO peligrosos	RSZBP0112
	Lodos acuosos que contienen adhesivos o sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 13	08 04 14
	Lodos acuosos que contienen pintura o barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 15	08 01 16
	Lodos de adhesivos y sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 11	08 04 12
	Lodos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 13	08 01 14
	Residuos de adhesivos y sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 9	08 04 10
	Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11	08 01 12
	Residuos del decapado o eliminación de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 17	08 01 18
	Residuos líquidos acuosos que contienen adhesivos o sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 15	08 04 16
	Residuos no especificados en otra categoría	08 01 99
	Suspensiones acuosas que contienen pintura o barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 19	08 01 20
5	Residuos de aceites de motor y lubricantes	RSICL0208
	Aceites fácilmente biodegradables de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	13 02 07*
	Aceites minerales clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	13 02 04*
	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	13 02 05*
	Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	13 02 06*
	Otros aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	13 02 08*
6	Residuos de aislantes, fibrocemento, lana de vidrio, poliestireno, fieltro asfáltico, etc.	RSSRC0604
	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03	17 06 04
7	Residuos de asfalto	RSQRC0302
	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01	17 03 02
8	Residuos de combustibles líquidos	RSICL0703
	Fuel oil y gasóleo	13 07 01*
	Gasolina	13 07 02*
	Otros combustibles (incluidas mezclas)	13 07 03*

	Equivalencia tipología Clasificación Europea de Residuos/ABACO de RCD	Código LER/ABACO
9	Textiles contaminados con sustancias peligrosas	RSXET0202
	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas	15 02 02*
10	Residuos de pinturas, barnices, sellantes y otros peligrosos	RSZBP0111
	Aceite de ricino	08 04 17*
	Lodos acuosos que contienen adhesivos o sellantes con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 04 13*
	Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 01 15*
	Lodos de adhesivos y sellantes que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 04 11*
	Lodos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 01 13*
	Residuos de adhesivos y sellantes que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 04 09*
	Residuos de decapantes o desbarnizadores	08 01 21*
	Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 01 11*
	Residuos del decapado o eliminación de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 01 17*
	Residuos líquidos acuosos que contienen adhesivos o sellantes con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 04 15*
	Suspensiones acuosas que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	08 01 19*
11	Residuos de hormigón, arenas y estucos	RSHRC0107
	Hormigón	17 01 01
	Ladrillos	17 01 02
	Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos	08 02 02
	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06	17 01 07
	Residuos de arenillas de revestimiento	08 02 01
	Residuos no especificados en otra categoría	08 01 99
	Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos	08 02 03
	Tejas y materiales cerámicos	17 01 03
12	Neumáticos fuera de uso	RSONE0103
	Neumáticos fuera de uso	16 01 03
13	Pilas y baterías peligrosas	RSONE0601
	Acumuladores de Ni-Cd	16 06 02*
	Baterías de plomo	16 06 01*
	Electrolitos de pilas y acumuladores recogidos selectivamente	16 06 06*
	Pilas que contienen mercurio	16 06 03*
14	Pilas y baterías no peligrosas	RSONE0605
	Otras pilas y acumuladores	16 06 05
	Pilas alcalinas (excepto 16 06 03)	16 06 04
15	Residuos de plástico no contaminados	RSPRC0203
	Envases compuestos	15 01 05

	Equivalencia tipología Clasificación Europea de Residuos/ABACO de RCD	Código LER/ABACO
	Envases de plástico	15 01 02
	Envases mixtos	15 01 06
	Plástico	17 02 03
16	Residuos de madera	RSARC0201
	Envases de madera	15 01 03
	Madera	17 02 01
17	Residuos de vidrio	RSVRC0202
	Envases de vidrio	15 01 07
	Vidrio	17 02 02
18	Residuos de textiles	RSXET0203
	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02	15 02 03
	Envases textiles	15 01 09
19	Otros envases contaminados con sustancia peligrosa	RSPET0110
	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	15 01 10*
20	Envase metálico contaminado con sustancias peligrosas	RSMBP0111
	Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz sólida y porosa peligrosa	15 01 11*
21	Mezcla de áridos contaminados con sustancia peligrosas	RSHRC0106
	Grava que contiene sustancias peligrosas	17 05 07*
	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	17 05 05*
	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas	17 01 06*
	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas	17 05 03*
22	Residuos plásticos, madera y vidrio contaminados	RSARC0204
	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	17 02 04*
23	Residuos de alquitrán y mezcla	RSQRC0301
	Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 03*
	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla	17 03 01*
24	Residuos de metales mezclados	RSMRC0407
	Aluminio	17 04 02
	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	17 04 11
	Cobre, bronce, latón	17 04 01
	Estaño	17 04 06
	Hierro y acero	17 04 05
	Metales mezclados	17 04 07
	Plomo	17 04 03
	Zinc	17 04 04
25	Residuos de metales mezclados contaminados	RSMRC0409
	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas	17 04 10*
	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas	17 04 09*
26	Residuos de tierra, piedras, gravas y otros áridos	RSTRC0504
	Grava distinto del especificado en el código 17 05 07	17 05 08
	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	17 05 04

	Equivalencia tipología Clasificación Europea de Residuos/ABACO de RCD	Código LER/ABACO
27	Residuos con asbestos	RSSRC0605
	Materiales de aislamiento que contienen asbesto	17 06 01*
	Materiales de construcción que contienen asbesto	17 06 05*
	Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas	17 06 03*
28	Residuos de yeso contaminados	RSYRC0801
	Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas	17 08 01*
29	Residuos de yeso	RSYRC0802
	Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01	17 08 02
30	Residuos con mercurio, PCB u otras sustancias peligrosas	RSDRC0903
	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas	17 09 03*
	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio	17 09 01*
	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a base de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB)	17 09 02*
31	Residuos de construcción y demolición mezclados	RSDRC0904
	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	17 09 04
32	Residuos domiciliarios	RSZAD0301
	Mezclas de residuos municipales	20 03 01

Resumiendo, todo lo anteriormente descrito y para efectos del paralelo entre el código de ABACO y LER, se presenta la figura 4, donde A corresponde a una letra según se definieron para las subclases y tipo, y N representa un número, que para el subtipo son equivalentes en LER y ABACO.

	Clase	Subclase	Tipo	Subtipo
ABACO-Chile	RS	A	AA	NN NN
LER			NN	NN NN

Figura 4. Correspondencia entre sistemas de codificación ÁBACO-CHILE y Lista Europea de Residuos (CITEC-UBB, 2017)

Finalmente, se obtiene de este modo una lista de RCD con codificación, según el Proyecto ÁBACO-CHILE, que estará vinculada directamente a LER y que es posible de asociar a cada recurso utilizado en una obra.

Este ordenamiento propuesto conduce a una apropiada clasificación de los residuos, la cual es esencial para llevar un registro y control estricto de la tipología y magnitudes de generación de residuos en obra, así como evidenciar potenciales alternativas de disposición o fin de vida.