

W e R C

Caracterización de los Residuos de la Construcción de la Vivienda en México. Un modelo teórico.

Tesis doctoral
Jesús Martín López López.

Co tutela
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Universidad de Sevilla



UAT



Directores
DRA. RUBEN SALVADOR ROUX GUTIERREZ.
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
DR. MARIA DEL PILAR MERCADER MOYANO.
Universidad de Sevilla, España.

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Universidad Autónoma de Tamaulipas Tampico, Tamps. México
Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla Sevilla, España

2019.



UAT



CO
E
R
O

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA EN MÉXICO. UN MODELO TEÓRICO.

Tesis doctoral por
Jesús Martín López López.

Directores:

DR RUBEN SALVADOR ROUX GUTIERREZ.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

DRA MARIA DEL PILAR MERCADER MOYANO.

Universidad de Sevilla, España.

Tutores:

DRA. MARIA DEL PILAR MERCADER MOYANO.

Universidad de Sevilla, España.

DR GERARDO JAVIER ARISTA GONZALEZ.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

Co tutela

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS
Tampico, Tamps. México

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Sevilla, Andalucía, España.

Abril de 2019.

CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS.	9	
RESUMEN.	11	
INTRODUCCIÓN.	14	
I. Consideraciones previas.	14	
II. El problema.	17	
III. Motivos.	19	
IV. Acerca del estado de la cuestión	21	
V. Pregunta de investigación.	22	
VI. Objetivos.	22	
VII. Metodología.	23	
VIII. Líneas de investigaciones derivadas.	28	
CAPÍTULO 1. CONTEXTO DEL ANÁLISIS.	32	
1.1 Antecedentes.	32	
1.2 Tipología arquitectónica susceptible de estudio.	37	
1.3 Características de la tipología de estudio.	42	
1.4 Emplazamiento de la tipología de estudio.	48	
CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.	57	3
2.1 Introducción.	57	
2.2 Residuos de la industria de la construcción.	64	
2.2.1 Producción de residuos.	64	
2.2.2 Proceso constructivo y residuos.	69	
2.2.3 Componentes de los residuos.	75	
2.3 Caracterización de los residuos de construcción.	78	
2.4 Modelización.	81	
CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.	87	
3.1 Introducción.	87	
3.2 Estudios referenciales.	90	
3.2.1 Antecedentes constructivos en Saltillo, Coahuila, México.	90	
Conclusiones Análisis 1.	94	
3.2.2 Vivienda de nueva construcción en Saltillo, Coahuila, México.	98	
Conclusiones Análisis 2.	105	
CAPÍTULO 4. BASES PARA UN MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.	110	
4.1 Fundamentos.	110	
4.2 Codificación.	115	
4.3 Formatos.	131	
CAPÍTULO 5. MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN	136	
5.1 Consideraciones.	136	
5.2 Residuo de insumo específico (RCDi).	140	

5.3 Determinación de índices de producción de residuos de la vivienda de interés social, por observación in situ.	143
5.4 Proceso del CReC.	173
5.5 Expresión matemática del CReC.	177
5.5 Conclusiones de la actividad 4.	182
CONCLUSIONES.	186
C.1 Generales	186
C.2 Del modelo de caracterización.	189
C.3 Modelos base del proyecto de caracterización de residuos.	191
C.6 Comentario final	194
ACRONIMOS Y DEFINICIONES	204
ANEXOS	VOLUMEN 2

ESQUEMAS.

Esquema 1. Flujo de acciones hacia la solución a los residuos de construcción.	19
Esquema 2. Esquematación de los objetivos.	23
Esquema 3. Metodología propuesta.	27
Esquema 4. Estructura capitular de la investigación.	28
Esquema 5. Modelo de Abel Wolman (1965) del Metabolismo de los Asentamientos Humanos.	33
Esquema 6. Sistema IO (Inputs-Outputs) de Wassily Leontief (1973) aplicado a la construcción y transformación de los asentamientos humanos.	34
Esquema 7. Conceptos que tratar en la investigación.	63
Esquema 8. Clasificación de las etapas constructivas según la guía colombiana para la gestión de residuos.	70
Esquema 9. Origen de los residuos de construcción	71
Esquema 10. Modelización de la realidad de acuerdo a Machado Rivera (2004)	82
Esquema 11. Modelización de la realidad de acuerdo con Felicísimo Pérez (1994)	82
Esquema 12. Desarrollo del modelo del proceso de presupuestación de Ramírez de Arellano (2002).	83
Esquema 13. Patrón base de desarrollo del modelo de caracterización de residuos.	111
Esquema 14. Flujo de información requerida en el análisis de los residuos de la construcción.	112
Esquema 15. Correlación de los factores que intervienen en la producción de los residuos de la construcción.	113
Esquema 16. Flujo de información para determinar Insumos, Partidas de Obra e Índices de Caracterización.	114
Esquema 17. Flujo de proceso del CReC.	137
Esquema 18. Comportamiento de los datos en el proceso de caracterización.	138
Esquema 19. Proceso de caracterización de los residuos de construcción.	138
Esquema 20. Diagrama funcional del proceso de caracterización de los residuos de la construcción.	139
Esquema 21. Flujo de información del CReC para caracterizar los residuos de la construcción.	173
Esquema 22. Sistema funcional del proceso de análisis de los residuos generados por los insumos que integran un elemento constructivo.	174
Esquema 23. Sistema de caracterización del CReC.	175
Esquema 24. Flujo procesal dentro del sistema de caracterización para la obtención de datos múltiples en el CReC	176
Esquema 25. Secuenciación de los diferentes procesos de identificación de residuos.	177

TABLAS.

Tabla 1. Proceso de gestión de los residuos de construcción y demolición en México.	36
Tabla 2. Clasificación de la vivienda.	45
Tabla 3. Clasificación de vivienda de acuerdo a la superficie construida por m ²	45
Tabla 4. Créditos formalizados por el INFONAVIT al mes de enero de 2018.	50
Tabla 5. Características de las VIS construidas por desarrolladoras privadas en Saltillo, Coah.	52
Tabla 6. Residuos de la construcción y demolición a partir de residuos municipales totales en Chile.	67
Tabla 7. Fases de producción de residuos en la industria de la construcción.	69
Tabla 8. Clasificación de los residuos de la construcción según su tipo de procedencia de acuerdo a los insumos.	72
Tabla 9. Clasificación de los residuos de la construcción susceptibles al aprovechamiento y los NO aprovechables.	72
Tabla 10. Cantidad y tipo de residuos que se producen en las diferentes etapas de la obra constructiva.	73
Tabla 11. Composición de los residuos de la construcción a partir de su origen.	73
Tabla 12. Etapas de la construcción en donde se generan los residuos.	73
Tabla 13. Porcentaje de cada material contenido en los RCD.	77
Tabla 14. Densidad de los materiales por grupos, contenidos en los RCD.	77
Tabla 15. Principales tipos y porcentajes de residuos de la construcción.	77
Tabla 16. Factor de generación de residuos de la construcción en Chile.	80
Tabla 17. Tabla de coeficientes desarrollada por Antonio Ramírez de Arellano Agudo (2002).	80
Tabla 18. Ejemplo de hoja Excel para concentración de datos levantados en campo.	89
Tabla 19. Principales insumos de la vivienda de interés social contemporánea en México (2017).	105
Tabla 20. Codificación de los principales procesos de la construcción de la vivienda de interés social para su aplicación en el modelo.	121
Tabla 21. Ejemplo de secuencia numeral del Código de Identificación del Concepto de Obra.	124
Tabla 22. Clasificación de residuos de la construcción según la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013.	125
Tabla 23. Clasificación para residuos de la construcción especificado por la Secretaría de Medio Ambiente Federal.	126
Tabla 24. Comparación de codificación de residuos de acuerdo con los documentos oficiales en México y Europa.	130
Tabla 25. Codificación Base de insumos de construcción de la vivienda de interés social.	131
Tabla 26. Coeficientes de transformación aplicables a la vivienda de interés social.	140
Tabla 27. Clasificación concentrada de coeficientes CR de acuerdo con su magnitud.	143
Tabla 28. Impacto ambiental por volumen de producción de los residuos de la construcción.	181

Tabla 29. Tabla de coeficientes e índices de identificación para aplicar al CReC en la construcción de vivienda de interés social en México.	184
--	-----

IMÁGENES.

Imagen 1. Ubicación de Saltillo, Coah (Punto rojo) en la República Mexicana.	49
Imagen 2. Ubicación de las viviendas de interés social de las principales promotoras de Saltillo, Coahuila.	55
Imagen 3. Residuos por el manejo de insumos en almacenaje y en proceso constructivo de la vivienda de interés social (2017).	106
Imagen 4. Residuos producidos por el embalaje de los insumos de la construcción de la vivienda de interés social (2017).	106
Imagen 5. Residuos menores por la aplicación de acabados de yeso en viviendas de interés social (2017).	107
Imagen 6. Depósitos provisionales de residuos.	108
Imagen 7. Formatos base de presupuestación de obra de las diferentes instancias representativas en Saltillo, Coah.	116
Imagen 8. Formato de presupuesto dependencia gubernamental.	117
Imagen 9. Ejemplo del formato de presupuestación presentado por Ramírez de Arellano (2002).	118
Imagen 10. Estructura de codificación para presupuestación en Andalucía, España (2016).	119

7

FICHAS DESCRIPTIVAS.

Ficha descriptiva 1. Principales componentes constructivos de la vivienda en Saltillo, Coahuila, México después de 2007.	91
Ficha descriptiva 2. Características de las viviendas de interés social de las tres principales promotoras y constructoras de vivienda en Saltillo, Coah (2017).	98
Ficha descriptiva 3. Descripción del proceso constructivo y especificaciones generales de la vivienda de interés social del Fraccionamiento seleccionado, datos recogidos in situ en base a la observación (2017).	101
Ficha descriptiva 4. Identificación de objeto de análisis.	143

ECUACIONES.

(Ecuación 1)	47
(Ecuación 2)	53
(Ecuación 3).	151
(Ecuación 4).	151
(Ecuación 5).	151
(Ecuación 6).	160
(Ecuación 7)	163
(Ecuación 8)	177
(Ecuación 9)	178
(Ecuación 10)	179
(Ecuación 11)	179
(Ecuación 12)	180

AGRADECIMIENTOS.

Mi más profundo agradecimiento a Dios, por poner en mi camino a las personas más adecuadas que me han apoyado en la consecución de mis metas de vida.

Gracias mi **ESPOSA**, mi amiga, mi confidente y; en este caso mi asesora de cabecera; y a quien solo le falta tener el documento que la acredite como Doctora en Arquitectura, ya que hemos ido de la mano por esta azarosa ruta de la obtención del grado.

A mis hijos Cecy y Arek por darme la satisfacción de verlos felices y siempre en busca de la superación personal y conyugal, lo cual me ha motivado a seguir por este camino de la academia.

A mi padre, por el gran cariño que me otorga y por el impulso mostrado a través de sus palabras en las cuales trata de transmitir las de mi madre, que en paz descansa.

Un especial agradecimiento y sobre todo un reconocimiento a su labor como tutores; a mis directores de Tesis la DRA Ma del Pilar Mercader Moyano de la Universidad de Sevilla en España y el DR Rubén Salvador Roux Gutiérrez de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en México. Gracias por sus aportaciones y por la gran paciencia mostrada a lo largo de estos años en la elaboración de este trabajo, que me ha permitido el honor de llegar a ser su amigo.

También un enorme reconocimiento al pionero de los estudios de los residuos de la construcción en España y en el mundo, el DR Antonio Ramírez de Arellano Agudo de la Universidad de Sevilla el cual, con su enorme sapiencia, me permitió abreviar de su conocimiento y experiencia, tratándome como uno de sus más cercanos tutorados. Doctor mi agradecimiento de por vida.

Gracias a mi cotutor el DR Gerardo Javier Arista González de la Universidad de San Luis Potosí en México, por sus comentarios y apoyo incondicional.

Gracias a la Universidad de Sevilla por acogerme en su claustro, por todo el apoyo académico, administrativo y económico dado. Al DR Antonio Tejedor Cabrera, Presidente de la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Arquitectura y Director del Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción; así como al cuerpo de investigadores del Departamento de Construcciones II de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universidad de Sevilla, por sus orientaciones y comentarios que dieron sentido a este trabajo.

A mi Universidad Autónoma de Coahuila por su apoyo laboral y a la Universidad Autónoma de Tamaulipas, por su apoyo académico.

Por último, también quisiera agradecerle a mi cuerpo y a mi mente que decidieron estar en sintonía y buena salud para llegar a la realización de esta meta personal, familiar e institucional.

¡GRACIAS a todos los que me faltaron...!!!!

RESUMEN.

Actualmente los residuos son un grave problema para las ciudades y la naturaleza. Para plantear alguna solución, la primera acción es analizar el problema desde el origen; desde cuestionamientos que pueden indicar de dónde proceden, cómo se producen o cuáles se reintegran a los procesos naturales e industriales. Es decir, un insumo procedente de la naturaleza en cuya producción y consumo se utiliza energía y agua; puede transformarse en basura, afectando el medio ambiente y perdiendo valor económico o convirtiéndose en un vector de contaminación; situación que puede resolverse desde el inicio de los trabajos de creación de un objeto arquitectónico o urbano; el proyecto.

En la industria de la construcción, esta situación de la generación de residuos puede cambiar si se tiene conocimiento claro del origen y gestión de sus residuos; los cuales tendrían que someterse a procesos de identificación, cuantificación y clasificación que permitan valorizarlos como nuevo insumo y no como basura. El desecho generado en los procesos constructivos considerado como escombros, tiene posibilidades de transformarse en una materia prima o producto terminado aplicable a la materialización del objeto arquitectónico o, en el mejor de los casos, no producirse.

Esto se lograría a partir del análisis profundo de los residuos de la construcción, trabajos que ya han iniciado y desarrollado investigadores a nivel global, sobre todo de la Universidad de Sevilla, pioneros en esta problemática; ya que según estimaciones de gobiernos y asociaciones privadas consideran que el volumen de residuos de la construcción crece exponencialmente, en la medida del aumento poblacional urbano y del aumento del consumo desmedido en naciones con poder adquisitivo y en aquellas que pretenden ese estilo de vida.

Por tal motivo, la caracterización de los residuos de la construcción es fundamental, para estar en condiciones de tomar decisiones de su gestión a través de la construcción de herramientas y modelos que permitan eficientar estos aspectos en favor de evitar impactos ambientales y económicos desde la etapa proyectual del objeto arquitectónico.

Es así, que el presente trabajo pretende abordar la modelización del comportamiento de los residuos de construcción a partir de su volumen de producción y de sus características; cuestiones que se procura identificar desde la fase proyectual del objeto arquitectónico, para permitir a los que toman las decisiones, hacerlo desde antes de la materialización de la edificación; en base a las circunstancias que afectan la producción de la vivienda de interés social en México.

El caso se aborda a partir del conocimiento y descripción de la vivienda de interés social edificada en Saltillo, Coahuila, México; donde el volumen y las características de la construcción es importante y representativa de lo que sucede al norte de país; por lo que puede mostrarse como un prototipo de estudio que puede mostrar adecuadamente el comportamiento constructivo y de gestión de los residuos a partir de los insumos que integran los elementos del proceso edificatorio.

Sin duda que es una empresa difícil de emprender, debido a la condición multifactorial del problema y que el objetivo no se alcanza a partir de un resultado cuantitativo; sino además es necesario la identificación de lo que representa la cantidad, índice o número que se obtiene a partir de un modelo de caracterización y cuál es el impacto se genera a partir de un volumen determinado de obra de construcción.

INTRODUCCIÓN.

De cómo se estructura el trabajo.

INTRODUCCIÓN.

I. Consideraciones previas.

Para la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT, 2002), las actividades que desarrolla el ser humano son altamente ineficientes en comparación con los procesos de la naturaleza, ya que esta última no genera residuos debido a que cada desecho de una actividad natural sirve como materia prima para otra y así sucesivamente. El proceso se va dando de manera cíclica y no lineal, como son la totalidad de los procesos humanos.

Los procesos lineales son generadores de grandes volúmenes de residuos que se manifiestan de manera contundente sobre la naturaleza, como contaminante o transformadores de los ciclos naturales. Esta situación se da tanto en los procesos de extracción como en los de aprovechamiento de estos recursos; con el consecuente resultado de su transformación en productos industrializados y en residuos; siendo la disposición final de éstos últimos el principal y más impactante problema a resolver, ya que se vierten irresponsablemente en los suelos y cuerpos de agua del planeta con un resultado altamente contaminante (SEMARNAT, 2002).

Esto da por consecuencia, el deterioro gradual y constante del medio ambiente, lo que ha incrementado la necesidad humana de desarrollar programas que contribuyan a su protección con la finalidad de asegurar la disponibilidad de recursos. Entre los múltiples problemas que contribuyen al deterioro ambiental está el de la generación y acumulación de residuos sólidos, muchos de los cuales pueden ser reciclados, reusados o bien no producidos; desafortunadamente, la recuperación de estos productos es aún muy baja en México (Arroyo L. et al., 2012) debido, principalmente a la escasa producción de estudios sobre los mismos.

En los asentamientos poblacionales se están produciendo alrededor de 1,300 millones de toneladas de desechos sólidos por año con una tendencia a aumentar a más de 2,200 millones de toneladas para 2025 (Banco Mundial, 2012); lo que significa que a medida que los países se urbanizan, su riqueza económica aumenta y se elevan los niveles de vida. En relación directa se incrementan los ingresos disponibles y, por lo tanto,

el consumo de bienes y servicios lo que se traduce en un aumento en la cantidad de residuos generados (Pacheco et al., 2017).

Es a partir de la revolución industrial de finales del siglo XVIII, que esta situación se convierte en el gran problema al que se tiene que enfrentar las sociedades contemporáneas. Un inconveniente que crece exponencialmente en cantidad y diversidad, a medida que aumenta el nivel de desarrollo social, económico y tecnológico, lo que supone un gran problema de gestión, ya que además de afectar considerablemente al deterioro del medio ambiente, su vertido resulta difícil y costoso (Martín Morales, 2013).

A nivel mundial, la industria de la construcción es uno de los principales productores de desechos sólidos y la eliminación inadecuada de sus residuos degrada la calidad ambiental del planeta por su significativo volumen (Mercante, 2007; Semedo Vaz et al., 2016 y Pacheco Bustos et al., 2017). Actualmente la actividad de la edificación se encuentra inmersa en un mecanismo que trata de evitar el uso excesivo de los recursos naturales, utilizando alternativas como los materiales elaborados en base desechos; lo cual es un claro indicador de lo que depara un futuro en la industria de la construcción; al menos en lo que respecta a la vivienda de interés social, ya que es una de las que consume mayor cantidad de insumos debido a su alta capacidad de producción.

Los edificios son uno de los mayores contribuyentes para el deterioro ambiental y del capital natural (Mercader Moyano et al., 2016); sin embargo, a fin de cuentas, es un satisfactor humano ineludible que consiste en construir con la utilización del trabajo del ser humano y de las máquinas; transformando materiales en obras edificadas. Sin embargo, la diversidad de procesos, así como la gran variedad de materiales empleados, hace que dicha labor sea compleja, por lo que es importante comprender el fenómeno edificatorio (Solís Guzmán et al., 2009) desde diversos puntos de vista; y uno de ellos, es el tipo de materiales y procedimientos constructivos aplicables a la edificación y su resultante en desechos generados por este proceso.

En México, la gran producción de residuos de la construcción y demolición se debe a que es una labor manual que produce una gran cantidad de polvo y subproductos que se manifiestan como residuos y cuyo volumen está constituido principalmente, por padecería de ladrillos y blocks, residuos de concreto o yeso, de losetas, azulejos y muebles cerámicos, de vidrio, asfalto, paneles de yeso y cemento, madera, metales (Mymrin et al., 2015); así como una gran variedad de plásticos o derivados de la celulosa, entre otros. Dicho volumen, es cada vez más importante y se constituye en un problema serio debido a que no se manejan ni disponen de una manera ambientalmente adecuada (GobEdoMéx, 2007).

Aunado a lo anterior, la situación ambiental se compromete aún más con la explotación de fuentes naturales para la obtención de materia prima; generando la devastación de importantes zonas alrededor del mundo. Según Regueiro y González (2008), para inicios del siglo XXI, en Europa, había veinte mil explotaciones mineras dedicadas a la producción de áridos destinados a la industria de la construcción, representando en algunos países un consumo de más de treinta toneladas per cápita lo que significa el 37% en promedio del consumo total de materiales.

Por otro lado, el problema de los insumos en la construcción se hace aún más complejo, ante un panorama económico cada vez más restrictivo; la mayoría de las familias están expuestas a condiciones de segregación y uno de los factores más evidentes de esta situación es la producción de vivienda; siendo la respuesta institucional, ante esta demanda, su inclusión dentro de las acciones de gobierno como parte de una política de Estado (Romero Navarrete et al., 2005).

Lo anterior se ha manifestado en un aumento en la demanda de insumos en el sector de la construcción durante los últimos años, propiciando un incremento en la extracción de materia prima y, como consecuencia del proceso constructivo, la generación de residuos; que, aunque es claro que esta industria, hoy en día, tiene numerosos parámetros de control ambiental por aplicar en sus procesos, en general no se cumplen, dejando visibles impactos en la naturaleza (Ramírez Rojas, 2008).

Esta necesidad de vivienda, así como el incremento en la polución; se ha manifestado en la búsqueda de alternativas de solución de estas problemáticas en otras especialidades del conocimiento o con tecnologías distintas a las tradicionales; por lo cual es fundamental el identificar la fuente de este problema, tanto en calidad como en cantidad para aminorar los costos ambientales, económicos y sociales.

Es decir, la problemática de los residuos producidos por la industria de la construcción tiene varias vertientes; empezando con el desconocimiento total o parcial de su origen, siguiendo con la gestión que se hace o deja de hacer, su valorización y por último su no producción; situación que se puede reducir a los siguientes aspectos:

- Deterioro constante del medio ambiente que propicia la necesidad de desarrollar programas para su protección y para asegurar la disponibilidad de recursos (Arroyo L. et al., 2012).
- Reconocimiento de la industria de la construcción como gran consumidor de materias primas (Aldana y Serpell, 2012), productor de emisiones de gases de efecto invernadero (Mercader Moyano, 2010 y Sadaphal, 2014), e importante generador de residuos.
- Posibilidad real del reciclaje de escombros por su efectividad técnica, económica, social y ecológica para valorizarlos como producto y no como basura.
- Desconocimiento de su origen.

II. El problema.

Hoy en día los residuos son un grave problema tanto para los centros poblacionales como para la misma naturaleza y para llegar a plantear alguna solución, lo primero que hay que tomar en cuenta es analizar el problema a partir del origen; planteando cuestionamientos como: cuál es el origen de los residuos, en qué se transforman una vez generados, qué posibilidades tiene de reintegrarse a un determinado proceso, cuáles pueden no producirse.

Es decir, una materia prima procedente de la naturaleza en cuya producción y consumo se utiliza energía y agua; puede transformarse total o parcialmente, en basura afectando el medio ambiente y perdiendo valor dentro de un ciclo económico; lo cual nos

dirige hacia dos vertientes importantes dentro de los procesos humanos y naturales; o se degrada o no se produce.

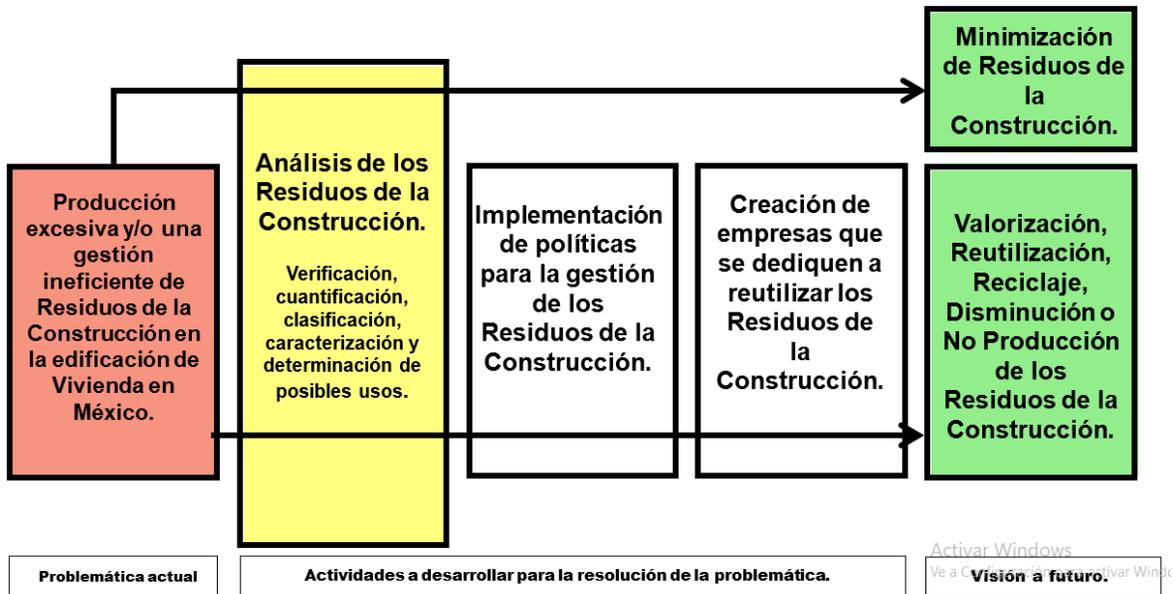
En el caso de la industria de la construcción, esta situación puede ser revertida si se tiene conocimiento claro del origen, gestión y disposición final de sus residuos; los cuales tendrían que someterse a un proceso de identificación, cuantificación, clasificación y gestión que permitan valorizarlos como materia prima o producto y no como basura; o bien evitar su generación.

Este producto de desecho generado en el proceso edificativo de la industria de la construcción considerado como basura, tiene posibilidades de transformarse en una materia prima y/o producto terminado aplicable a la materialización del objeto arquitectónico o urbano; en el mejor de los casos, no llegar a existir.

Lo anterior se lograría a partir de un análisis más profundo de la gestión a la que se someten los residuos de la construcción, ya que según estimaciones de la Asociación de Reciclaje de los Residuos de la Construcción y Demolición estadounidense indican que, en ese país, se generan más de 325 millones de toneladas al año. De ellos, entre el 25% y el 45% se depositan en vertederos sin uso alguno. La situación no es distinta en Europa, donde se estima que los residuos de la construcción y demolición representan casi el 31% de todos los residuos; mientras que, en Hong Kong, a finales del siglo pasado la generación diaria de estos fue de aproximadamente 32,710 toneladas.

El problema se hace complejo cuando las soluciones dependen de instancias generalmente ajenas a la industria de la construcción como se aprecia en el Esquema 1.

Esquema 1. Flujo de acciones hacia la solución a los residuos de construcción.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Esta perspectiva de procesos de soluciones que se aprecian en el esquema anterior fortalece la idea del presente trabajo; de que la mejor solución es la de no producir residuos o bien que su resultante dentro de los procesos de transformación sea de muy bajo impacto; ya que la reutilización o reciclaje de los residuos y su transformación depende de factores externos a la misma industria.

Por tal motivo, la caracterización de los residuos de la construcción, a través de un modelo teórico, es fundamental para estar en condiciones de tomar decisiones en la gestión de dichos desechos desde que se concibe conceptualmente un proyecto arquitectónico y urbano; por lo que se hace imprescindible la construcción de herramientas teóricas e informáticas que permitan eficientar estos aspectos en favor de evitar impactos ambientales y económicos desde la etapa proyectual del objeto arquitectónico.

III. Motivos.

De acuerdo a lo anteriormente planteado, el propósito del presente trabajo, es realizar una aproximación a la problemática de los residuos de la construcción generados por la

edificación en México, para identificar comportamiento de producción y aplicación de insumos desde la conceptualización de los proyectos arquitectónicos; y así establecer nichos de oportunidad dentro de los esquemas tecnológicos tradicionales y de innovación, que permitan una reestructuración de la concepción de la racionalidad tecnológica contemporánea y la vinculación de conceptos específicos del manejo de residuos, para su aplicación en la industria de la construcción.

El trabajo que se pretende realizar no es accesible en su totalidad, ya que el análisis de los flujos de estos residuos es muy complejo; puesto que como se ha mencionado, se producen a partir de diferentes sectores con destinos y orígenes difíciles de cuantificar y rastrear; además de que dependen de factores tales como los tipos y técnicas de construcción, el clima, la actividad económica y el desarrollo tecnológico en la zona, así como los insumos disponibles localmente (Di Lauro et al., 2007).

Es a partir de este análisis que se establecen los fundamentos que posibiliten; por un lado, la identificación de los residuos de la construcción desde su etapa de insumo, hasta posibilitar su no producción o su valorización para crear una simbiosis tal que puedan ser canalizados, de nueva cuenta, hacia la creación de una arquitectura eficiente en términos constructivos y de habitabilidad.

Con ello, se previene y reduce la generación de residuos sólidos y su nocividad a la salud humana y al medio ambiente además que se libera al constructor de los desechos que se producen en su obra y de los cuales es responsable, entre otras cosas. Esto posibilita la creación, el establecimiento y el cumplimiento de normativas ambientales contribuyendo a una solución más integral del problema.

Por tal motivo, investigar sobre los desechos del proceso edificatorio en México, se vuelve imprescindible para conocer las posibilidades de valorización que tienen los residuos de la construcción y demolición; con la intención de identificarlos y caracterizarlos desde antes que se produzcan. Además, es un primer paso que posibilita nuevas líneas de investigación encaminadas a gestionar los residuos de la construcción.

IV. Acerca del estado de la cuestión

La problemática de los residuos de la construcción se inscribe dentro de lo que Abel Wolman (1965) denomina el Metabolismo de los Asentamientos Humanos, que se traduce en la industria de la construcción en un sistema IO (Inputs-Outputs) como el de Wassily Leontief (1973), caracterizado por entradas (inputs) y salidas (outputs) de insumos transformados dentro de un proceso constructivo. Por tal motivo, actualmente, en la búsqueda de nuevos conocimientos, se hace imprescindible la modelización de la realidad, para estar en condiciones predictivas de comportamientos que propicien la solución de los diversos problemas que la vida humana genera, es así como los esquemas de Wolman y Leontief pueden ser de utilidad en el planteamiento de modelos que permitan determinar la realidad de la industria de la construcción.

Para ello nos hemos de referir a los estudios realizados en los centros de investigación ya que son fundamentales para este trabajo; además de los esfuerzos que a nivel internacional se han realizado por analizar los impactos ambientales, tecnológicos y económicos de los residuos en general y los de la construcción, en particular ya que han sido importantes y apoyan lo que aquí se presenta.

Sin embargo, en México hacen falta profundizar más en ese aspecto. Para atender el problema de la sostenibilidad desde la perspectiva de la materialización de la arquitectura; por lo que es necesario el estudio de las fuentes de polución producidas en esta actividad industrial, como punto de partida que permita identificar y cuantificar el volumen de residuos de la edificación.

El presente trabajo se basa en investigaciones como las realizadas por la Universidad de Sevilla encabezados por el DR Antonio Ramírez de Arellano Agudo, en Europa; o los trabajos de fines del siglo pasado de Tarciso de Paula Pinto de la Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; en América del Sur; o las normativas como “Technical code for construction and demolition waste treatment” de la República Popular de China; o bien los planteamientos de Martel Vargas de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la República Mexicana, entre otros. Instituciones e investigadores que de alguna manera establecen los índices que han de incidir en

la elaboración de modelos y herramientas de caracterización de los residuos de la construcción en México.

V. Pregunta de investigación.

Ante la situación anteriormente descrita, se plantea el siguiente cuestionamiento que pretende regir el presente trabajo:

¿Cuál sería la forma de caracterizar los residuos producto del proceso de construcción de vivienda en México, para eficientar la toma de decisiones desde la etapa proyectual?

VI. Objetivos.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se está en posibilidades de sustentar que el presente trabajo puede tener alcances importantes, con metas que implican una amplia gama de factores que intervienen en el estudio de los residuos de la construcción, las cuales se establecen en los siguientes objetivos (ver Esquema 2).

Objetivo principal.

Elaborar un Modelo para la Caracterización de los Residuos de la Construcción de la Vivienda en México.

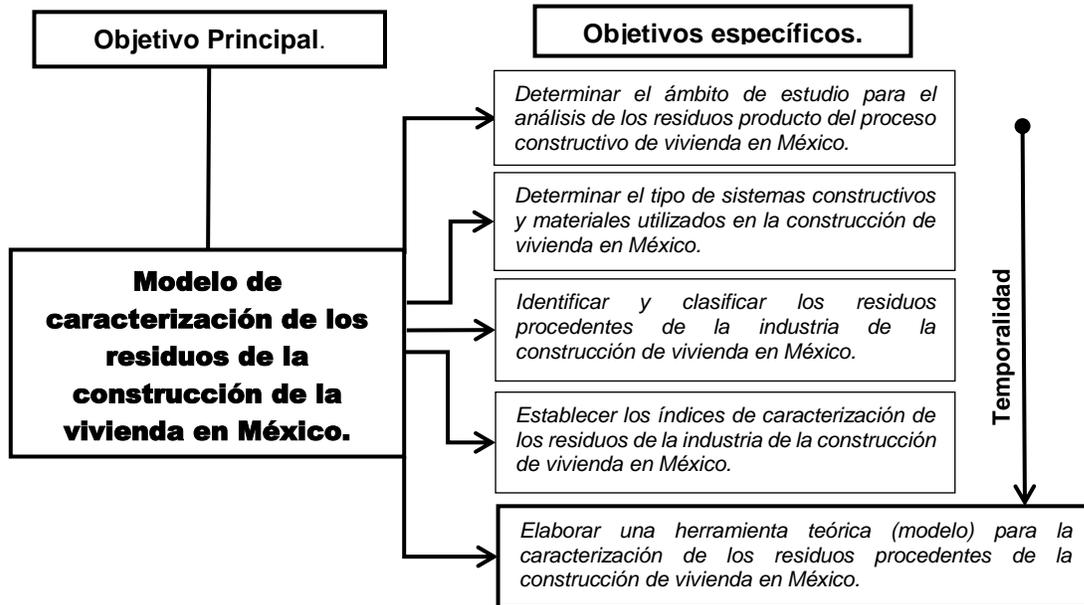
Objetivos específicos:

Para lograr el objetivo principal, se plantea la necesidad de trabajar con metas complementarias, ordenados en atención a su desarrollo temporal dentro del proceso investigativo, quedando establecidos de la siguiente manera:

- Determinar el ámbito de estudio para el análisis de los residuos producto del proceso constructivo de vivienda en México.
- Determinar el tipo de sistemas constructivos y materiales utilizados en la construcción de vivienda en México.
- Identificar y clasificar los residuos procedentes de la industria de la construcción de vivienda en México.
- Establecer los índices de caracterización de los residuos de la industria de la construcción de vivienda en México.

- Elaborar una herramienta teórica (modelo) para la caracterización de los residuos procedentes de la industria de construcción de vivienda en México.

Esquema 2. Esquematación de los objetivos.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

VII. Metodología.

Establecidos los objetivos y analizado el estado de la cuestión se estima conveniente la utilización de un proceso teórico-práctico para el desarrollo este proyecto, el cual se rige bajo una metodología, definida por factores temporales y de conveniencia en la consecución de los objetivos establecidos; de ahí que se determina el siguiente guion de trabajo (ver Esquema 3).

Actividad 1. Determinar el ámbito de estudio.

Para el análisis de los residuos producto del proceso constructivo en México, es necesario establecer las delimitaciones del trabajo, el cual se ha de trabajar a partir de una revisión documental, bibliográfica y estadística, para determinar los conceptos que han de servir de contexto de estudio como son:

Antecedentes generales: Entender el porqué.

Tipología arquitectónica representativa: Entender con qué.

Características de la tipología: Entender la dimensión del espécimen de estudio.

Emplazamiento del estudio: Entender el dónde.

Tarea 1.1: Definición del contexto en que se realiza el estudio.

Basado en estudios previos registrados de manera documental, en bibliografía y fuentes de información académicamente confiables, se pretende realizar el marco contextual para la definición, identificación y clasificación de los residuos de la construcción de la tipología de edificación elegida, identificando los sistemas y elementos constructivos que la integran.

Tarea 1.2 Establecer el ámbito de investigación.

En esta etapa se hace referencia a partir de un análisis del contexto físico, geográfico y de tipología arquitectónica, del lugar y de los especímenes de estudio urbano arquitectónicos en los cuales se ha de sustentar el presente trabajo; para lo cual se determinan tres aspectos a tratar:

1.1 Tipología arquitectónica susceptible de estudio: Determinada a partir de identificar aquellas edificaciones que representen el mayor volumen de producción edificada en el último año en México, como es la vivienda.

1.2 Características de la tipología de estudio: Los cuales se selecciona a partir de la elección del punto anterior.

1.3 Emplazamiento de la tipología de estudio. Una vez seleccionada la tipología arquitectónica, especificadas sus características, se hace un estudio del emplazamiento en donde se localicen dichos elementos de estudio.

Con el análisis de los puntos manifestados se pretende establecer los indicadores que han de ser susceptibles de estudio, y que han de permitir determinar el ámbito geográfico, físico, arquitectónico y técnico constructivo en el que se ha de aplicar el proceso investigativo.

Actividad 2. Analizar el Estado de la Cuestión.

Se realiza una revisión bibliográfica y de fuentes de información académicamente validas, para profundizar en el conocimiento y análisis crítico de temas como los residuos de la construcción, la identificación del problema y los factores que lo determinan; así como de los modelos de cuantificación, clasificación, caracterización y presupuestación existentes en la actualidad.

Con ello se estarán planteando los fundamentos que determinarán el modelo a diseñar para la caracterización de los residuos de la construcción que se trabajarán en dos grandes temáticas:

Residuos de la construcción: Producción de residuos, proceso constructivo y residuos, así como componentes de los residuos.

Caracterización de los residuos de la construcción: Caracterización y cuantificación, modelización.

Actividad 3. Determinar los sistemas constructivos y materiales utilizados en la construcción de vivienda en México.

Una vez establecidos claramente los puntos definidos en la *Actividad 1* se inicia propiamente la etapa de investigación la cual se da a partir de las siguientes tareas de carácter exploratorio, así como de trabajo de campo tanto en la ciudad (información de carácter histórico-constructivo) como en el emplazamiento elegido (construcción nueva), a lo cual se procederá bajo el siguiente proceso:

Tarea 3.1 Identificar los sistemas constructivos y materiales especificados por el proyecto ejecutivo para la construcción de vivienda a partir del análisis histórico reciente de los procesos constructivos y materiales aplicados a la vivienda popular.

Tarea 3.2 Identificar los sistemas constructivos y materiales aplicados en la construcción nueva de vivienda a partir de los datos vertidos por el proyecto ejecutivo donde se procede a establecer los aspectos de producción generados en gabinete en base a los documentos gráficos (planos) y escritos (especificaciones, análisis de costos, etc.) que dan sustento a su producción; así como a la aplicación de encuestas y entrevistas in situ.

Actividad 4. Identificar y clasificar los residuos procedentes de la construcción de vivienda en México.

Con los datos obtenidos y las observaciones realizadas en la *Actividad 2*, se está en posibilidad de efectuar las siguientes tareas:

Tarea 4.1 Ordenar y sistematizar la información obtenida para:

Identificar los sistemas constructivos utilizados.

Identificar los insumos que son necesarios para la construcción de la tipología arquitectónica en estudio.

Tarea 4.2 Identificar de manera general los procesos y materiales constructivos susceptibles de generar residuos.

Tarea 4.3 Sistematizar la clasificación de los residuos del proceso de construcción.

Una vez identificados y determinados los residuos posibles y reales en el proceso de construcción, se procede a ordenarlos y clasificarlos de acuerdo con su origen, características físicas y de aplicación de la mano de obra.

La información se vacía en formatos de físicos (in situ) así como en instrumentos de ofimática (Excel) para ordenar la información y permitir su manipulación.

Actividad 5. Establecer los índices de caracterización de los residuos de la construcción de vivienda en México.

Tarea 5.1 Identificar indicadores.

Ya identificados los residuos y sus características se codifican de acuerdo con los diferentes formatos de clasificación mexicanos e internacionales; así, se está en condiciones de establecer los indicadores que han de permitir la caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda.

Tarea 5.2 Sistematizar los indicadores.

Para la caracterización de los residuos de la construcción, una vez identificados los indicadores de estudio, se procede a ordenarlos para que puedan ser inscritos en herramientas físicas (formatos) o digitales (ofimática) para el manejo de bases de datos.

Tarea 5.3 Construcción de las bases para la obtención de una herramienta teórica (modelo) de recopilación y tratamiento de datos de edificaciones existentes.

Actividad 6. Elaborar el modelo de caracterización los residuos procedentes de la construcción de vivienda en México.

Tarea 6.1 Planteamientos teóricos para la construcción del modelo.

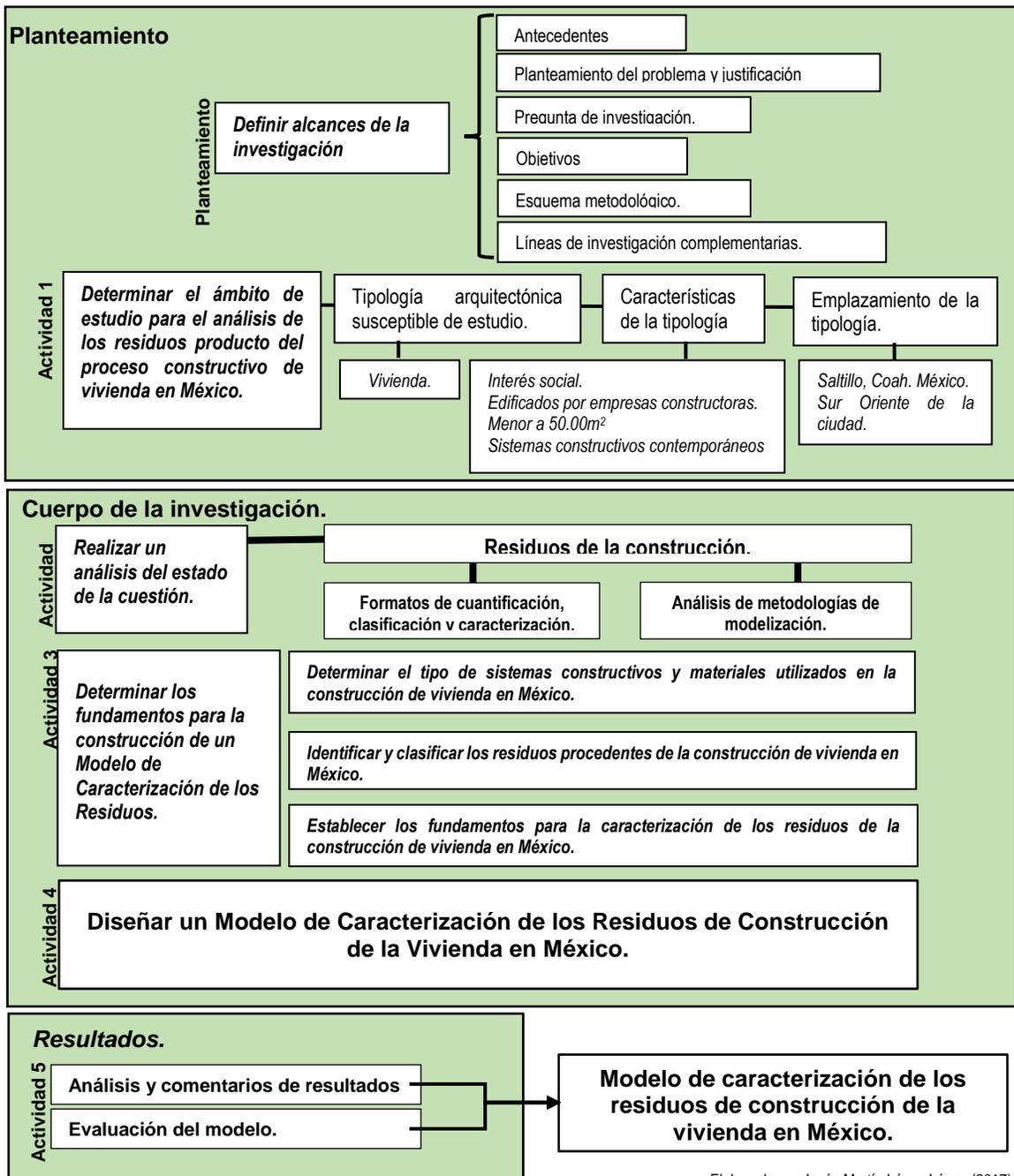
Basado en el estudio de los modelos existentes de caracterización de residuos de la construcción, se pretende realizar el marco conceptual y teórico para la definición de la caracterización de los residuos de la construcción.

Tarea 6.2 Adaptación de los métodos teóricos analizados a la tipología constructiva seleccionada.

Pretende la traducción de los datos constructivos de una edificación basado en su proyecto de ejecución para la eficiente aplicación y manejo del modelo.

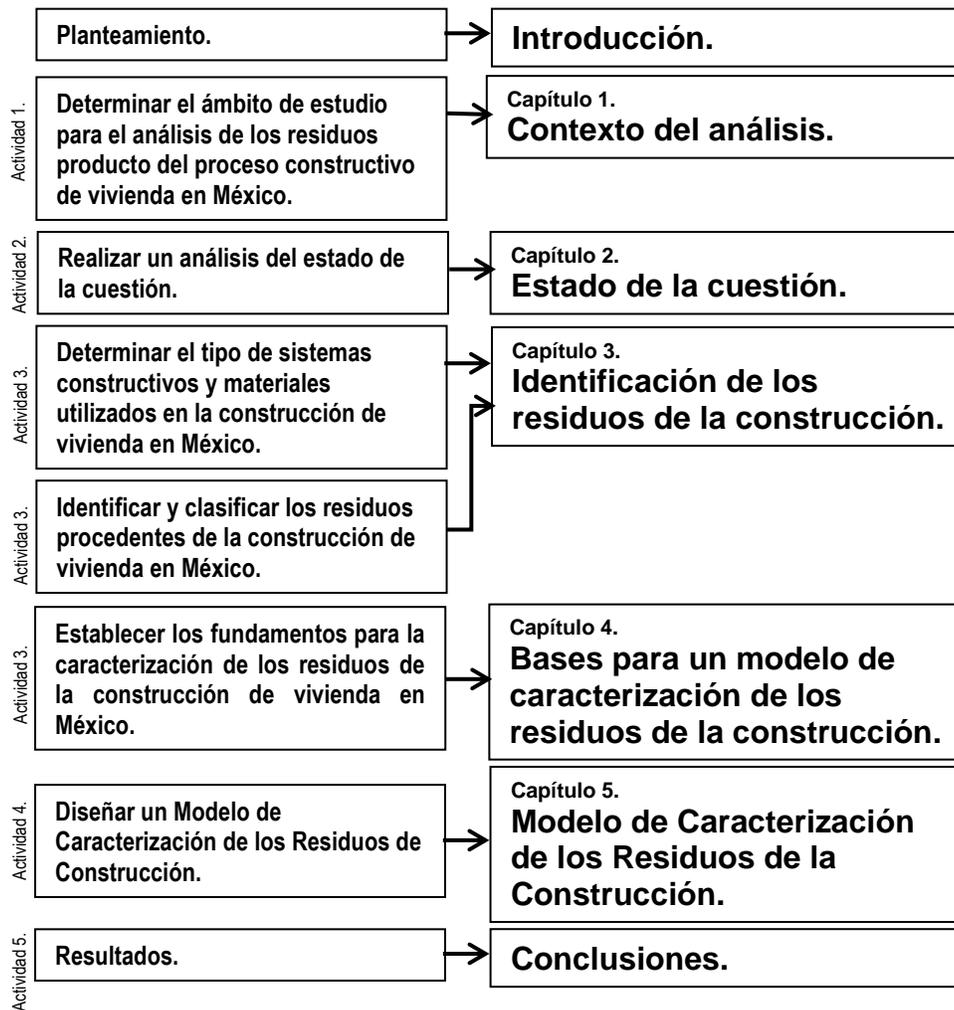
Tarea 6.3 Diseño del Modelo de Caracterización de los Residuos de la Construcción de la vivienda en México.

Esquema 3. Metodología propuesta.



Una vez establecidos los objetivos y las acciones para llevar a cabo se plantea una capitulación en concordancia con los objetivos y metodología de trabajo propuesta, cuya secuencia está inscrita en la temporalidad de la obtención de las metas determinadas según el Esquema 4.

Esquema 4. Estructura capitular de la investigación.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

VIII. Líneas de investigaciones derivadas.

La investigación debe proporcionar el conocimiento de las características de los insumos en el proceso constructivo identificados en la tipología constructiva de la vivienda en la República Mexicana; que pueda evidenciar las particularidades de los residuos en el proceso industrial de la construcción, y permita desde la etapa proyectual la toma de decisiones conveniente en base a los puntos de vista medioambientales, económicos y de habitabilidad a través de su caracterización.

El presente trabajo conforma las bases para las siguientes líneas de investigación, derivadas que pueden profundizar o desarrollar nuevos aspectos tangenciales, transversales o bien originadas en el mismo como son:

- Mejora del Modelo de Caracterización de los Residuos de la Construcción.
- Actualización de los procesos de clasificación sistemática en la generación de residuos de la construcción.
- Construcción y actualización de herramientas teóricas, físicas o de informática para la caracterización y gestión de los residuos de la construcción.
- Construcción de herramientas teóricas, físicas o de informática para la toma de decisiones desde la etapa proyectual del objeto arquitectónico.
- Fundamentación para la realización de un sistema de gestión y proceso de valorización de los residuos de construcción.
- Fundamentación para desarrollar programas, ordenanzas, normativas y procedimientos enfocados a promover la producción más limpia en la industria de la construcción.
- Diseño de sistemas de gestión de los residuos de la construcción que contribuya a reducir los impactos ambientales, económicos y estéticos que actualmente se provocan.
- Diseño de sistemas de clasificación de insumos y residuos de construcción, para su valoración, a partir de su consideración como vector de impacto ambiental desde la etapa de conceptualización y diseño del objeto arquitectónico y urbano.
- Identificación de fortalezas y debilidades de los procesos y sistemas constructivos para su mejoramiento o sustitución, a partir de la caracterización de sus residuos.
- Análisis de la composición característica de los residuos de construcción, para el estudio de su valorización y aprovechamiento a través de un proceso de transformación.
- Bases de datos para su aplicación en herramientas BIM (Building Information Modeling) y otras relacionadas con la industria de la construcción y la gestión de los residuos de la construcción.
- Sustitución de insumos para la edificación, a partir del proceso de caracterización de los residuos de construcción.

- Elaboración de modelos que permitan, desde la perspectiva medioambiental, eficientar la producción constructiva.
- Análisis de una reingeniería de los procesos constructivos y mejoras prácticas dentro de un marco de factibilidad tecnológica, económica y ambiental.
- Identificación de fortalezas y debilidades de los procesos y sistemas constructivos para su mejoramiento o sustitución, a partir de la caracterización de sus residuos.
- Análisis de la composición característica de los residuos de construcción, para el estudio de su valorización y aprovechamiento a través de un proceso de transformación.
- Búsqueda de sustitución de insumos para la edificación, a partir del proceso de caracterización de los residuos de construcción.

De todo lo expuesto podemos estar ciertos de que el trabajo de caracterización de los residuos de la construcción en México es susceptible de generar gran multitud de investigaciones derivadas, lo cual lo convierte en un estudio que no solo contribuye con la producción de conocimientos; sino que posibilita la búsqueda de otros que mejoren, completen o bien redireccionen su aportación.

CAPÍTULO 1. CONTEXTO DEL ANÁLISIS.

De cuáles son los objetos de estudio que permiten determinar el comportamiento de la industria de la construcción en México, donde se encuentran y por qué se toman como espécimen de trabajo.

CAPÍTULO 1. CONTEXTO DEL ANÁLISIS.

1.1 Antecedentes.

Para Díaz Álvarez (2014), la dinámica poblacional y las formas de vida urbana están determinando operaciones que detienen el crecimiento económico, debilitan el desarrollo y deterioran el medio ambiente, afectando la salud de los pobladores y reduciendo la oferta tanto de bienes como de servicios ambientales procedentes de los ecosistemas de soporte; todo ello en momentos en que la variabilidad y el cambio climático disminuyen las probabilidades de supervivencia de los sistemas humanos.

Ante esta situación, el denominado metabolismo urbano se constituye como una herramienta que puede coadyuvar a entender los procesos sustentables y la competitividad de las ciudades; constituyéndose en un esfuerzo técnico, político y económico que facilita el entendimiento de las redes de abastecimiento de materiales y de energía; en busca de la eficiencia y la eficacia de los procesos de transformación, contemplando la minimización del daño ambiental de sus desechos, permitiendo a los gestores de política anticiparse a eventos no deseados con base en la información actual.

32

Los ambientes y ecosistemas intervenidos por el hombre están conformados por elementos y eventos que determinan sus relaciones internas y externas, que en conjunto definen el concepto común de sistema. Ambos se constituyen por componentes idealmente separables con interacciones entre sí, lo cual nos permite concebir y entender las dos realidades, sugerir similitudes y proponer formas de modelación (Díaz Álvarez, 2014).

Las ciudades existen gracias a los intercambios de materia y energía con sus alrededores inmediatos o con sistemas lejanos; y a la circulación interna de estos flujos entre los diferentes sectores de la economía. Estos flujos, provenientes de la naturaleza o de sistemas productivos rurales o industriales, se presentan como materias primas, insumos o materiales terminados. Parte de estos insumos procedentes de procesos de transformación físicos y químicos, de almacenamiento y uso, ineludiblemente se convierten en emisiones, vertimientos y residuos. De estos flujos, una mínima parte se reutiliza o recicla para su reinsertión en el sistema productivo, mientras que los que no

son utilizados se tiran, vierten, emiten o disponen con o sin tratamiento alguno (Díaz Álvarez, 2014).

Estas situaciones se dan dentro del concepto de “*metabolismo urbano*”; que es introducido por Wolman desde el siglo pasado, cuando hace referencia al flujo total de materiales dentro y fuera del sistema urbano, como se muestra en el Esquema 1. Así, bajo este concepto, las ciudades son vistas como consumidores de una gran variedad de materiales que incluyen alimentos, combustibles, minerales, metales, vegetación y muchos más; los cuales se procesan y transforman en una infinita cantidad y tipos de productos. En términos de los procesos metabólicos, las ciudades se pueden describir como entes híbridos orgánico-mecánicos que metabolizan las materias primas en energía y desechos (K’Akumu, 2007).

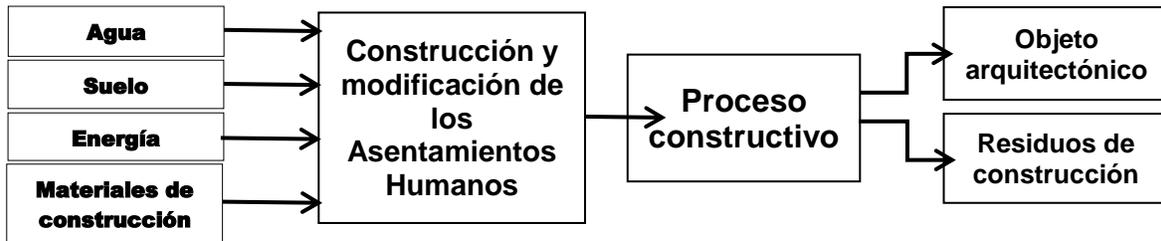
Esquema 5. Modelo de Abel Wolman (1965) del Metabolismo de los Asentamientos Humanos.



Elaborado por Jesús Martín López López basado en la teoría del Metabolismo Urbano de Abel Wolman (2017).

Si observamos a los asentamientos poblacionales como un ente transformador y a la actividad edificatoria como una industria de la transformación, podemos inscribir al fenómeno de la construcción dentro de la teoría de Leontief, “insumo-producto”, es decir; el sistema de la construcción requiere de materias que han de ser transformadas en satisfactores para usuarios determinados, como lo es un objeto arquitectónico. De ahí que podemos sintetizar el sistema en el Esquema 6:

Esquema 6. Sistema IO (Inputs-Outputs) de Wassily Leontief (1973) aplicado a la construcción y transformación de los asentamientos humanos.



Elaborado por Jesús Martín López López basado en la teoría de Wassily Leontieff (2017).

El asentamiento poblacional es un sistema que crece, se desarrolla e inclusive puede morir. Esta situación, a diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, en donde los procesos biológicos no generan residuos y son altamente eficientes, las actividades que desarrolla el ser humano, suelen ser ineficientes en cuanto al consumo de energía, agua y materiales, a la vez que se basan por lo general, en procesos generadores de grandes cantidades de residuos, lo cual ejerce una presión excesiva sobre la propia naturaleza; derivada de los procesos de extracción o de aprovechamiento de los recursos naturales así como consecuencia de su transformación en bienes; terminando en la disposición final de éstos cuando se convierten en residuos y que se vierten irresponsablemente en los suelos y cuerpos de agua. (SEMARNAT, 2001).

Lo anterior resulta en el deterioro gradual y constante del medio ambiente, lo que ha incrementado la necesidad de desarrollar programas y métodos de anticipación que contribuyan a su protección con la finalidad de asegurar la disponibilidad de recursos. Entre los múltiples problemas que contribuyen al deterioro ambiental está el de la generación y acumulación de residuos sólidos, muchos de los cuales pueden ser reciclados o reusados; desafortunadamente la recuperación de estos productos es aún muy baja tanto en México como en Latinoamérica (Arroyo L. et al., 2012).

A nivel mundial, los volúmenes de desechos están aumentando rápidamente, incluso más rápido que la tasa de urbanización; debido a que a medida que los países se urbanizan, su riqueza económica aumenta y se elevan los niveles de vida con el

incremento del consumo de bienes y servicios lo que se traduce en la multiplicación de la cantidad de residuos generados (Pacheco Bustos et al., 2017).

De ahí que la producción y el tratamiento de los residuos que se generan es uno de los problemas más apremiantes, a los que se tienen que enfrentar las sociedades contemporáneas a partir de la revolución industrial de finales del siglo XVIII. Es un problema que crece exponencialmente, no sólo en cantidad sino en diversidad, y a medida que progresa el nivel de desarrollo social, económico y tecnológico, supone un gran problema de gestión por su impacto ambiental y económico (Martín Morales, 2013); siendo a nivel mundial, la industria de la edificación uno de los principales productores de desechos sólidos con una eliminación inadecuada de sus residuos, los cuales degradan la calidad ambiental del planeta por su gran volumen de (Mercante, 2007; Semedo Vaz et al., 2016 y Pacheco Bustos et al., 2017).

Los edificios son uno de los mayores contribuyentes para el decaimiento ambiental y del capital natural (Mercader Moyano et al., 2016), sin embargo a fin de cuentas, la actividad de construir consiste en utilizar el trabajo del ser humano y de las máquinas para transformar materiales en obras edificadas; y la diversidad de procesos así como la gran variedad de materiales empleados hace que dicha labor sea compleja, por lo que es importante comprender el fenómeno edificatorio (Solís Guzmán et al., 2009) desde diversos puntos de vista; y uno de ellos, es el tipo de materiales y procedimientos constructivos aplicables a la vivienda y su resultante en desechos generados por este proceso.

En el caso de México, ya Nava Vera (2003) especifica que desde principios de siglo el proceso de gestión de los residuos de construcción y demolición en México se ha dado; y se plantea en la Tabla 1 donde se muestran las formas de gestión y sus consecuencias ambientales.

Tabla 1. Proceso de gestión de los residuos de construcción y demolición en México.

Actuación	Descripción	Efectos medio-ambientales / peligrosidad
Generación en origen	Generalmente son producidos por una o varias de las siguientes causas: por almacenamiento, por transporte, por mala práctica constructiva, desecho, mala calidad, sobrantes, mala administración, reemplazo, cambio. Envases de papel, de plástico, de metal, de vidrio.	Producción excesiva de residuos como de envases, mezclas con efectos desconocidos. Generación de polvos, virutas, emisiones peligrosas, aguas de lavado.
Deposición provisional o almacenamiento	Se produce durante todo el tiempo de la construcción, generalmente es una: zona dentro de la misma obra o en la vía pública directamente en el suelo sin ningún control. En esta etapa se hace un uso intensivo de los terrenos baldíos cercanos a la obra, públicos o privados.	Generación de polvos, contaminación visual, del suelo y de los mantos freáticos, así como de los sistemas de alcantarillado en épocas de lluvia o contaminación por contacto al cuerpo de agua.
Recolectado o recogida y transporte	Se puede producir periódicamente durante la construcción o hasta el final, se produce con medios manuales o mecánicos, por transporte motor o con carretones.	Generación de polvos y emisiones contaminantes asociadas con los vehículos.
Valorización	Nula	
Deposición final, eliminación.	Es realizada sin control en cualquier parte que sea requerido para su uso como relleno: Calles, zonas bajas, terrenos particulares, zonas de asentamientos en márgenes de cuerpos de agua, muros de contención. Existen escasas zonas, constituidas como tiraderos particulares sin control alguno, en donde igual se mezclan todo tipo de RCD, RDP, RP de cualquier origen. Se desconocen los motivos de los particulares para aceptar esta actividad.	Generación de polvos, mezclas peligrosas, lixiviados de propiedades desconocidas, fauna nociva, contaminación visual.

Elaborado por Jesús Martín López López basado en Nava Vera (2003).

En esta Tabla 1 se puede evidenciar que la gestión de los residuos, en general, se da a partir de su origen y se manifiesta en el manejo que se les da una vez producidos; de la misma manera se hace notar su grado de impacto ambiental y su falta de valorización debido, principalmente al desconocimiento de su procedencia. Sin embargo, actualmente la actividad de la edificación se encuentra inmersa en un mecanismo que trata de evitar el uso excesivo de los recursos naturales, utilizando alternativas como los materiales ecológicos sobre todo si están elaborados con desechos de los diferentes procesos industriales; lo cual es un claro indicador de lo que depara el futuro en la industria de la construcción ya que es una de las que consume mayor cantidad de insumos debido a su volumen de producción.

1.2 Tipología arquitectónica susceptible de estudio.

Como ya se ha mencionado, el alto volumen de residuos producto de la construcción, es debido a que es una labor casi artesanal. Este producto de desecho generado en el proceso de la construcción considerado como basura, tiene posibilidades de convertirse en una materia prima o producto terminado aplicable a la edificación, debido a su significativo monto; lo cual se lograría a partir de un estudio más analítico de la gestión a la que se someten.

Por otro lado, y como factor importante de la producción de residuos, tenemos que en términos de estudios urbanos el concepto de “*tasa de crecimiento*”, se refiere al aumento del intervalo en el tamaño de las áreas urbanas; pero solo se refiere al incremento en el tamaño en términos de poblaciones humanas; mientras que el crecimiento de tamaño físico o espacial de las áreas urbanas se conoce como “*expansión urbana*” y no define la tasa de crecimiento; siendo ambos, el crecimiento y la expansión las que definen el desarrollo urbano K’Akumu (2007).

Esta relación de conceptos es directamente proporcional en su resultado numérico; ya que, en la medida del incremento de seres humanos en un asentamiento poblacional determinado, se incrementa la solicitud de suelo para habitar y de vivienda para vivir. A nivel global de urbanización ha llegado a cifras muy importantes y continuará expandiéndose rápidamente, transformando los patrones de consumo de energía y de satisfactores de millones de personas, que se trasladarán a las áreas urbanas que se están construyendo en este momento (ONU, 2010).

Este crecimiento exponencial hace que la situación ambiental se comprometa aún más, ya que la explotación de fuentes naturales para la obtención de materia prima ha generado la devastación de importantes zonas del mundo. Así, por ejemplo, según Regueiro y González (2008) para 2004 en Europa había 60 mil explotaciones mineras de las cuales unas 20 mil se dedicaban a la producción de áridos. En Alemania y los Países Bajos los metales y las rocas de construcción, así como los minerales industriales representan un consumo de entre 27 y 33 toneladas per cápita lo que significa entre 34.6% y 39.7% del consumo total de materiales; lo cual es muy próximo al consumo de

combustibles fósiles; 39 y 25 toneladas per cápita respectivamente. En el caso concreto de las rocas de construcción, Europa necesitaba hace diez años, un volumen de más de tres mil toneladas métricas anuales (Regueiro y González, 2008).

Este aumento en la demanda en el sector de la construcción durante los últimos años ha generado un incremento en la extracción de materia prima; siendo las canteras, ladrilleras, graveras y areneras cercanas a los principales núcleos urbanos, las preferidas para la obtención de material. Estas actividades extractivas generan un fuerte impacto, lo que evidencia la falta de control por parte de las autoridades ambientales en el engranaje de la actividad minera (Ramírez Rojas, 2008).

Es así que se percibe a la minería productora de materia prima para la industria de la construcción; como una actividad depredadora del medio ambiente natural; lo que ha llevado a una serie de iniciativas europeas como la de crear en marzo de 2005, la Plataforma Tecnológica Europea de Minerales y Metales o EMMTP (por sus siglas en inglés) la cual establece la obtención de minerales y metales primarios de un modo sostenible, con acciones como el desarrollo de productos y de nuevas materias primas para nuevas aplicaciones; así como responder a la política de la Unión Europea en el reciclado y la gestión de los residuos, conservando la energía, los materiales y el medio ambiente a partir del desarrollo de productos en base de los coproductos o subproductos obtenidos a partir de la recuperación y el reciclaje que se dan en la búsqueda de soluciones innovadoras para su reutilización; todo ello a partir de líneas de investigación como la de diseñar los artículos y analizar el ciclo de vida de los productos del mañana (Regueiro y González, 2008).

Lo anterior nos lleva a reflexionar sobre lo que De Mena (2016) plantea cuando expone que:

“...uno de los principales objetivos del diseño sostenible es la transformación del proceso lineal en la industria de la construcción a un proceso cíclico en que los materiales y los productos puedan ser recuperados, reciclados y reutilizados...”.

Por ello es necesario trasladarse a una economía circular que posibilite una utilización de los recursos de una manera racionalmente ambiental; lo que ha de permitir establecer las acciones que contribuyan a “*cerrar el círculo*” de los ciclos de vida de los productos a través de un mayor reciclado y reutilización, para aportar mayores beneficios tanto al medio ambiente como a la economía (Comisión Europea, 2015), pero se sigue considerando la posibilidad de la no generación de residuos como una solución de mayor eficacia.

Es así que, a partir de la dinámica de los asentamientos urbanos originados por la necesidad de vivienda y su implicación en la generación de vectores de polución; que se buscan alternativas de solución a estas problemáticas con tecnologías distintas a las tradicionales. Por tal motivo es conveniente que la política ambiental establezca directrices tendientes a aminorar los costos ambientales de la actividad productiva; y una de ellas está encaminada a desarrollar una industria de la construcción más limpia que mitigue los costos económicos y sociales de la contaminación provocada por la disposición de los desechos sólidos (Góngora Pérez, 2014).

39

A lo largo de la historia, la edificación de vivienda en México ha transitado por múltiples situaciones y de acuerdo con Sánchez Corral (2012), las dimensiones de la denominada “*vivienda económica*”, equivalente a la vivienda de interés social, en promedio va de los 44.00m² en 1930 a los 48.00m² en la primera década del siglo actual; llegando a un máximo de 58.00m² en 1980.

En México a inicios del presente siglo, el Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006 (SEDESOL, 2001) presenta en su diagnóstico un rezago de 4'291,000 acciones, de las cuales corresponden 1'811,000 a unidades nuevas y 2'480,000 a las que requieren mejoramiento o ampliación.

Respecto de las características sociodemográficas de la población que requiere un espacio para vivir, el programa asienta que los estratos de la población que no percibe ingresos y la que recibe menos de tres salarios mínimos crecieron, en términos absolutos, en 4.8 millones, lo que significa que un sector de la población continúa sin tener suficiente

poder adquisitivo para acceder a una vivienda y se señala que el número de hogares cuyos ingresos oscilan entre cero a tres salarios mínimos es de 9.1 millones, que equivalen a 41% del total; es decir, las viviendas que requieren mejoramiento, ampliación o mantenimiento es significativamente mayor que el rezago de vivienda nueva (Romero Navarrete et al., 2005).

En particular, en el Estado de Coahuila, se promovieron apoyos para la construcción y mejoramiento de la vivienda social tales como “*Piso Firme*” y el “*Banco de Materiales*”, los cuales se administraron por parte del gobierno estatal en coordinación con el sector privado (Cementos Mexicanos, CEMEX) y distribuidores de materiales (Romero Navarrete et al., 2005), siendo estos a través de la aplicación de materiales y procedimientos tradicionales, los cuales han demostrado su poca eficiencia desde el punto de vista ambiental y de habitabilidad.

Sin embargo, la Ley Federal de Vivienda ya desde su publicación en el Diario Oficial de la Federación de fecha 7 de febrero de 1984 manifiesta en su Artículo 40, que se refiere a las normas de tecnología para la construcción de las viviendas que:

“...la calidad y tipo de los materiales, productos, componentes, elementos, procedimientos constructivos, sistemas de edificación y el uso de los mismos, debe ser conforme a cada localidad o región; que deben de utilizarse ecotécnicas y principios de ingeniería ambiental aplicables a la vivienda; así como el uso de componentes prefabricados y sistemas de construcción idóneos con el fin de consolidar una tecnología nacional en la materia...” (DOF, 1984).

Es decir, ya desde fines del siglo pasado, la preocupación por impulsar el desarrollo tecnológico en la vivienda de interés social, a través del uso de materiales, sistemas constructivos, procesos ambientalmente correctos e innovación, se manifiestan como estrategias gubernamentales de alto grado. Esta situación se ve de nuevo reflejada en el año 2015 cuando esta Ley modificada, establece en el artículo 77 que la Comisión Nacional de Vivienda:

“...fomentará la participación de los sectores público, social y privado en esquemas de financiamiento dirigidos al desarrollo y aplicación de ecotécnicas y de nuevas tecnologías en vivienda y saneamiento, principalmente de bajo costo y alta productividad, que cumplan con parámetros de certificación y cumplan con los principios de una vivienda digna y decorosa [...] Asimismo, promoverá que las tecnologías, sean acordes con los requerimientos sociales, regionales y a las características propias de la población, estableciendo mecanismos de investigación y experimentación tecnológicas...” (DOF, 2015).

Estas prerrogativas impulsan y establecen las bases jurídicas para que la innovación en materiales, sistemas y procesos constructivos sean desarrollados para la solución de la vivienda social; la cual no sólo se debe de analizar en su edificación sino, también, en su futuro inmediato y de largo plazo (mantenimiento y demolición), de ahí que aspectos como el destino y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, sea de fundamental importancia para estar en condiciones de edificar objetos arquitectónicos de una manera que, ambientalmente, no se conviertan en productores de basura desde su concepción intelectual.

Los materiales y las tecnologías constructivas son factores que tienen un considerable peso en el desarrollo del procedimiento constructivo de las viviendas. En México, es evidente que los aplicados en la vivienda social, en particular, los procesos constructivos con la calidad necesaria son aspectos negativos. Sin embargo, son prioritarios los estudios relacionados con el sistema estructural o los productos industrializados como bloques, paneles, elementos para techos y muros, ventanas y puertas, o bien los relacionados con las instalaciones básicas y los acabados, que permitan una toma de decisiones acerca de los potenciales resultados posteriores a su aplicación.

A partir de las consideraciones anteriores, podemos concluir que uno de los factores que intervienen en la producción de residuos en la industria de la construcción y dentro de la dinámica de los asentamientos humanos; la vivienda es uno de las tipologías constructivas que se manifiestan como principal consumidor de insumos de origen natural

e industrial; así como un importante generador de desechos, ya que es uno de los objetos arquitectónicos que mayor volumen presentan en México, por ser uno de los principales satisfactores de la población de menor capacidad económica; lo que se refleja en el impulso gubernamental hacia este sector de la construcción. Es así que un punto de partida importante para el estudio de los residuos en la industria de la construcción es factible que se dé a partir del análisis de la vivienda.

1.3 Características de la tipología de estudio.

Para llevar a cabo el presente trabajo en primer lugar, es necesario definir y determinar todos aquellos elementos que intervienen en el proceso de la investigación; para estar en condiciones de establecer aquellas descripciones, conceptos y significados que permitan enmarcarla y así entender e interpretar los resultados y conclusiones que se alcanzan.

El entorno urbanístico es el resultado de la intervención humana en el mundo natural, incluyendo todo lo que sea construido; pero el diseño y materialización de productos para el uso humano, como la vivienda, tienen un impacto significativo en los sistemas naturales, lo cual representa un gran reto que tiene la posibilidad de solución por compartir elementos comunes, ya que tanto los patrones urbanísticos como los naturales son similares (Mihelcic y Zimmerman, 2012); siendo uno de los principales elementos la vivienda.

Según el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2010) de México, se entiende por vivienda al ámbito físico-espacial o estructura material, terminada o en proceso de edificación; destinada a albergar una familia o grupo social, con el fin de realizar la función de habitar y desarrollo de las funciones vitales básicas. Está constituida por una o varias piezas habitables, un espacio para cocinar, otro para baño y limpieza personal.

Desde una visión socio-antropológica, se define la vivienda como el espacio donde la interacción familiar construye afectos, dirime conflictos y elabora identidades individuales y colectivas, de ahí que familia y vivienda formen un binomio propicio para la

construcción de capital social, entendido esta, como la serie de prácticas asociativas y de solidaridad que desarrollan las personas para el beneficio mutuo y que se basan fundamentalmente en la confianza recíproca (Romero Navarrete et al., 2005).

El impacto que se da por las condicionantes individuales y sociales que presenta la vivienda, ha generado una respuesta institucional a la demanda de la misma, la cual se incluye dentro de las acciones gubernamentales de México (Romero Navarrete et al., 2005). Por lo que la Ley de Vivienda (DOF, 2015) considera su producción como un área prioritaria para el desarrollo nacional y establece que el Estado impulsará y organizará las actividades inherentes a la materia y ante esa realidad la respuesta del Estado a tal problemática ha sido la oferta de la llamada vivienda de interés social (Alderete Herrera, 2013). Sánchez Corral (2012) considera que la vivienda y sus condiciones precarias son actualmente uno de los problemas más graves de las ciudades latinoamericanas, por lo que la gran demanda y los pocos recursos de la población para satisfacer sus condiciones básicas hacen que estos últimos necesiten de apoyos gubernamentales o privados para emprender su construcción.

43

Ante este reto, arquitectos, diseñadores y constructores se han dedicado al estudio y búsqueda de soluciones para una vivienda enfocada a la clase social más desprotegidas, cuyos requerimientos eran limitados, lo que llevo a la generación del concepto de “*vivienda social*”; destinada a satisfacer las necesidades básicas de habitabilidad de las clases sociales con menos recursos. Pero el pensamiento funcionalista llegó a reducir el concepto a “*vivienda mínima*” y, por lo tanto, a “*vivienda barata*”, lo cual implicó una reducción de la calidad del espacio y los materiales, bajando la calidad de las condiciones de habitabilidad (Sánchez Corral, 2012).

Para Barona Díaz y Sánchez Rodríguez (2005) existe una tipología de vivienda que define como Vivienda de Interés Básica, Social y Económica (VIBSE); cuyo análisis nos dice que en general en toda la República se cuentan con elementos de respuesta para atender la demanda habitacional, tales como: presupuesto, mano de obra, materiales, tecnologías y otros. Es evidente que no existe un sistema de evaluación de los mismos y, sobre todo, de parámetros evaluadores de las tecnologías y los materiales

establecidos y estructurados metodológicamente para la construcción de las VIBSE, que sean la base para evaluar de forma integral los sistemas, permitiendo valorar los proyectos de desarrollo de la vivienda y destrabar los elementos que encarecen a la misma (Barona Díaz y Sánchez Rodríguez, 2005).

En México, entre 1970 y 1980, surgen una serie de empresas dedicadas a realizar conjuntos habitacionales que se caracterizaron principalmente por estar en la periferia de las zonas urbanas, con vivienda para el segmento de población disminuido económicamente y porque sus productos son iguales entre sí; las llamadas Viviendas de Interés Social; las cuales nacen para dar respuesta a la clase trabajadora del país que se acercaba a las zonas urbanas en busca de empleo y de mejores oportunidades.

Sin embargo, esta propuesta, en su mayoría está compuesta por casas de uno a dos niveles; con una conformación poco flexible, por lo que es difícil que los habitantes puedan crecer (Sánchez Corral, 2012) de acuerdo con posteriores necesidades. La problemática se agudiza cuando agregamos que las viviendas en hacinamiento ascienden a poco más de 551 mil; y que 3.7 millones de hogares reciben ingresos menores a tres Salarios Mínimos Generales (SMG) (Montoya Reyes, 2010).

A pesar de las acciones llevadas a cabo, el rezago habitacional de este tipo es considerable. Ruíz (2013) considera que, para abatir el déficit estimado en 9 millones, se hace necesaria la realización anual de un millón de acciones de lotificación, construcción, ampliación y mejora de hogares, tanto en el campo como en las ciudades. Dichas acciones se han venido reflejando en los años anteriores y así en 2012, se iniciaron apenas 338,000 viviendas; en 2011, fueron 414,000; y en 2010, 500,000, de acuerdo con datos del Registro Único de Vivienda (RUV). Sin embargo, muchas de estas construcciones se llevaron a cabo, como ya se mencionó, en lugares inadecuados, con calidad y dimensiones inferiores al estándar de 42.00 m², además de carecer de los servicios públicos básicos (Ruíz, 2013).

Para el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2010), las de tipo económico, popular y tradicional, se considera viviendas de interés social y con las siguientes características de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de la vivienda.

Promedios	Económica	Popular	Tradicional	Media	Residencial	Residencial Plus
Superficie construida (m²)	30.00	42.50	62.50	97.50	145.00	225.00
Costo promedio (VSMMDF)	Hasta 118	De 118.1 a 200	De 200.1 a 350	De 350.1 a 750	De 50 a 1,500	Mayor de 1,500
Número de cuartos	Baño, Cocina, Área de usos múltiples	Baño, Cocina Estancia-Comedor De una a dos recamaras	Baño, Cocina Estancia- Comedor De dos a tres recamaras	Baño, Cocina, Medio baño Sala Comedor De dos a tres recamaras Cuarto de servicio	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De tres a cuatro Recamaras, Cto. de servicio Sala familiar.	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De tres a cuatro Recamaras, Cto. de servicio Sala familiar

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en el Código de Edificación de Vivienda (2010).

Sin embargo, el Centro de Investigación y Documentación de la Casa, A.C (CIDOC) considera que de acuerdo a cada Estado de la República se dan consideraciones diferentes, como las que se plasman en la Tabla 3; que es la clasificación de la vivienda por Entidad Federativa según la superficie construida.

45

Tabla 3. Clasificación de vivienda de acuerdo a la superficie construida por m²

Vivienda popular	Vivienda tradicional	Vivienda tradicional	Vivienda media	Residencial
58.20 m²	76.20 m²	76.20 m²	107.90 m²	178.30 m²
Baja California	Aguascalientes	Querétaro	Ciudad de México	Ciudad de México
Baja California Sur	Campeche	San Luis Potosí	Puebla	
Colima	Coahuila	Sinaloa		
Hidalgo	Chiapas	Sonora		
Jalisco	Chihuahua	Tabasco		
Quintana Roo	Durango	Tlaxcala		
Tamaulipas	Guanajuato	Veracruz		
	Guerrero	Yucatán		
	Estado de México	Zacatecas		
	Michoacán	Puebla		
	Morelos	Nuevo León		
	Nayarit	Oaxaca		

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en la de CIDOC con fuente de la DEEV (2015).

A principios del siglo, la Ley Federal de Vivienda, la definió como aquella cuyo valor, al término de su edificación, no exceda de la suma que resulte de multiplicar por diez el Salario Mínimo General elevado al año, vigente en la zona de que se trate; y

después la Alianza para la Vivienda amplía su rango a quince salarios mínimos (mensuales) vigentes en el Distrito Federal elevados al año.

Hoy en día, las características generales de esta tipología habitacional en México son: contar de 42.00m² a 76m² de superficie construida; un programa arquitectónico que incluye cocina-comedor, una o dos recamaras, un baño, un cajón de estacionamiento y todos los servicios básicos; lo que en teoría daría como resultado que la familia mexicana dispusiera de una vivienda digna, con los ambientes mínimos para poder realizar sus actividades íntimas y privadas a un bajo costo (Alderete Herrera, 2013).

Desde la perspectiva técnico-constructiva, la vivienda en serie en México se define como un proceso artesanal, cuyo éxito o fracaso dependen en gran medida de la pericia de quién ejecuta los trabajos y de quién lo dirige, razón por la cual el concepto de calidad se convierte en algo subjetivo y generalmente no fundamentado.

Así mismo existe una carencia de especificaciones claras con tolerancias para definir criterios de calidad; nula o baja definición del proceso de supervisión de la obra y del proyecto. También la falta de seguimiento del control de la calidad, solo se verifican ciertas actividades o insumos principales y algunos subproductos; es decir no hay una liga entre el proceso de supervisión y el proceso de control de calidad; tampoco se cuenta con un programa de obra que defina las actividades a supervisar y la verificación de la calidad. Finalmente, un claro rechazo a la implantación de modelos de aseguramiento de calidad por considerarlos como trabajo innecesario y tedioso (García Rodríguez y Solís Flores, 2008).

Una vez establecido en el punto 1.1 que la vivienda puede considerarse uno de los más importantes objetos arquitectónicos edificados por su volumen de producción en México y; de acuerdo con las diferentes concepciones que se manifiestan, según el lugar en donde se edifican podemos determinar los parámetros de trabajo para este estudio.

Como se puede observar en la Tabla 3 (CIDOC), la denominada vivienda tradicional se considera aquella con una superficie construida de poco más de 76.00m²;

en tanto que la vivienda popular se encuentra en los 58.00m²; sin embargo, el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2010); ubica a la vivienda tradicional en los 62.00m² y a la popular en los 42.00m².

Por lo tanto, para determinar la tipología de vivienda a analizar los haremos a partir de la siguiente ecuación:

(Ecuación 1)

$$Sm^2 = \frac{CIDOC+CONAVI}{2}$$

De donde:

Sm² = Superficie construida en metros cuadrados.

CIDOC = Estimación de créditos para VIS en Coahuila.

CONAVI = Estimación propuesta en el Código de Edificación de Vivienda.

De ahí podemos obtener los valores siguientes para vivienda tradicional:

$$Sm^2 = \frac{76.00+62.00}{2} \quad Sm^2 = \frac{138.00}{2} \quad Sm^2 = \mathbf{69.00 \text{ m}^2}$$

De ahí podemos obtener los valores siguientes para vivienda popular:

$$Sm^2 = \frac{58.00+42.00}{2} \quad Sm^2 = \frac{100}{2} \\ Sm^2 = \mathbf{50.00 \text{ m}^2}$$

Por lo tanto, bajo este parámetro de la vivienda interés social que corresponde a 50.00m², se ha de regir el presente trabajo.

Otro factor que puede ser determinante en este estudio, es la evolución que la edificación de la vivienda ha tenido, en lo que respecta a materiales y sistemas constructivos; por ello y para no remitirse a procesos y materiales ya extintos en la región se considera conveniente realizar un análisis en las viviendas con una antigüedad de construcción no mayor de 10 años, con la intención de poder verificar históricamente los sistemas constructivos y los materiales que se han utilizado para este efecto.

Con el anterior planteamiento, se considera que puede ser factible modelizar la caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda en México, a partir de este tipo de edificación, con lo cual se estaría en condiciones de lograr los objetivos establecidos al inicio del presente trabajo.

1.4 Emplazamiento de la tipología de estudio.

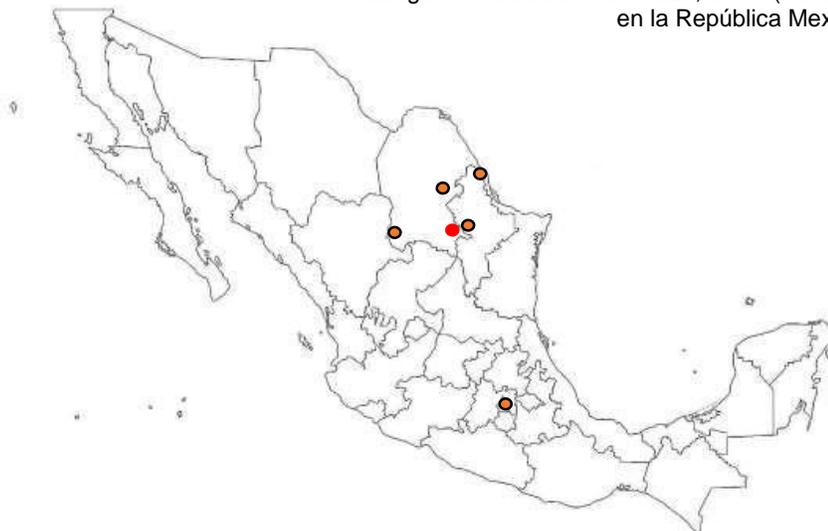
Para realizar este trabajo, y como lo plantea Ojeda Benítez et al. (1998) y Mercader Moyano (2010) se elige una comunidad para desarrollar el estudio. En este caso se establece que es la ciudad de Saltillo, Coahuila, México; ya que, además de contar con un volumen importante de construcción de esta tipología arquitectónica, actualmente no cuenta con la información necesaria que permita determinar la gestión y el posible uso de los residuos de construcción (PNUMA-UNITAR, 2013).

Saltillo es una población ubicada al norte de la República Mexicana entre los paralelos 24° 33' y 25° 32' de latitud norte y los meridianos 101° 38' y 100° 44' de longitud oeste, a una altitud promedio de 1,600 metros sobre el nivel del mar. Está a aproximadamente 300 km de la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica (Laredo, Texas); cerca de ciudades de relevancia en el país como Monterrey NL; una de las más importantes ciudades industriales del país a 80 km; a Torreón, Coah; el más importante centro de producción lechera a 290 km; a Monclova, Coah; centro productor de acero a 190 km; y a 880 km de la Ciudad de México; capital de la República Mexicana (ver Imagen 1).

Asentamiento humano actualmente convertido en una zona metropolitana conurbada integrada por tres municipios del Estado de Coahuila: Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga; que funciona como clúster automotriz, por lo que desde fines del siglo pasado a incrementado significativamente su población. Para el año de 2015, el Estado de Coahuila contaba con poco más de dos millones 950 mil habitantes, de los cuales el 27%, poco más de 807 mil habitantes se encuentran en la capital, Saltillo. De estos el 90% se vive en el área urbana y el 10% en la rural (INEGI, 2015).

Su ubicación geográfica, su importancia administrativa y de desarrollo industrial, dan validez para considerar a esta ciudad como fuente de información real en el ámbito de la construcción de la vivienda de interés social, que permita una panorámica más cercana al fenómeno de la producción de residuos en la industria de la construcción.

Imagen 1. Ubicación de Saltillo, Coah (Punto rojo)
en la República Mexicana.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Para ello hemos de presentar la siguiente información: al cierre del mes de enero de 2018, la situación de los créditos otorgados para vivienda nueva en el país por parte del INFONAVIT se resume en la Tabla 4 donde la cual se observa que Coahuila se encuentra en el lugar ocho de los 32 Estados de la República; con 334 de los 9,811 asignados lo que correspondería a casi el 3.5 % del total.



Créditos formalizados por tipo de vivienda al cierre de enero de 2018

ENTIDAD	VIVIENDA NUEVA			VIVIENDA USADA		MEJORAVI T	TOTAL	
	TRADICIONAL	EN COFINAN- CIAMIENTO	APOYO INFONAVIT	SUMA	TRADICIONAL			EN COFINAN- CIAMIENTO
Aguascalientes	173	46	2	221	135	11	146	453
Baja California	252	62	11	325	541	49	590	1,358
Baja California Sur	31	13	1	45	75	9	84	265
Campeche	3	1		4	43	10	53	141
Coahuila	263	66	5	334	290	40	330	1,053
Colima	52	7	1	60	24	1	25	99
Chiapas	62	5	1	68	276	11	287	564
Chihuahua	221	104	23	348	652	67	719	1,697
Ciudad de México	47	180	39	266	509	81	650	1,215
Durango	44	4		48	129	16	145	269
Guanajuato	290	160	13	463	356	32	388	946
Guerrero	65	11		76	72	7	79	170
Hidalgo	233	31	1	265	84	10	94	390
Jalisco	1,143	278	45	1,466	403	98	501	2,196
Estado de México	575	179	21	775	398	65	463	1,713
Michoacán	142	27	3	172	63	20	83	295
Morelos	31	33	4	68	149	16	165	347
Nayarit	21	6	1	28	37	5	42	108
Nuevo León	1,375	282	29	1,686	375	121	496	2,702
Oaxaca	41	7		48	147	3	150	257
Puebla	141	55	10	206	110	18	128	502
Querétaro	224	125	20	369	66	29	95	660
Quintana Roo	763	146	2	911	36	4	40	984
San Luis Potosí	128	88	11	227	231	33	264	558
Sinaloa	163	50	5	218	218	13	231	538
Sonora	144	42	5	191	300	30	330	697
Tabasco	36	10	2	48	101	10	111	251
Tamaulipas	223	25	7	255	439	41	480	1,033
Tlaxcala	22	8		30	29	3	32	95
Veracruz	205	58	6	269	394	33	427	833
Yucatán	190	85	6	281	108	14	122	709
Zacatecas	31	9		40	28	6	34	185
SUMA	7,334	2,203	274	9,811	6,878	906	7,784	23,283

Fuente: http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/ca7f8f21-9e3c-4380-b141-6d79685a10f6/Credito_formalizado_por_tipo_de_vivienda_enero_2018.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-ca7f8f21-9e3c-4380-b141-6d79685a10f6-m6LGLnZ

Otro aspecto que sustenta la elección de la Saltillo, Coahuila se basa en datos como los que Ignacio González Martínez (2010) delegado federal del INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores¹) en Coahuila, dijo que esa dependencia proporciono 20 mil 205 créditos a igual número de trabajadores del Estado, para que adquieran una vivienda de interés social, lo que significó un aumento con respecto a los 19 mil del año anterior, esto equivale a igual número de viviendas, tanto nuevas como usadas. Esta tipología representa el más alto porcentaje de producción dentro de la mancha urbana de la Zona Metropolitana de Saltillo.

Por otro lado, si tomamos en cuenta algunas de las concentraciones de vivienda de interés social, tendremos un acercamiento a sus características existentes en Saltillo; como es el caso del fraccionamiento de inicio del siglo XXI, “Lomas del Bosque”, ubicado en la colonia Zaragoza conformado por 57 unidades de 50 m² de construcción. O bien, “*Privadas la Torre*”, ubicada al oriente de la ciudad, integrado por 74 unidades de 41 m², de la primera década del presente siglo (Molar Orozco y Aguirre Acosta, 2013); lo cual aunando a las acciones llevadas a cabo por las entidades gubernamentales se complementan con la producción que generan actualmente por los desarrolladores privados en Saltillo, Coah; estando la edificación de la vivienda de interés social en los rangos mostrados en la Tabla 5.

¹ El INFONAVIT, es uno de los principales gestores de la seguridad social en México, ya que facilita la adquisición en propiedad de vivienda; así como la mejora y ampliación de la misma a través de sus productos y servicios financieros. Contribuye a que cada derechohabiente, a través del ahorro en la Subcuenta de Vivienda (SCV), ocupe su ahorro para acceder a una solución de vivienda o para potenciar su pensión (Fuente: Plan de labores y financiamiento 2018, INFONAVIT, México).

Tabla 5. Características de las VIS construidas por desarrolladoras privadas en Saltillo, Coah.

Empresa	Modelo	Lote m ²	Constr. m ²	Ubicación	Espacios
SERVER	Girasol	105.00	51.29	Privada "Los Llanos", Arteaga, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
	Violeta	105.00	46.54	Privada "Los Llanos", Arteaga, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
	Azucena	105.00	52.13	Privada "Los Llanos", Saltillo, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
DAVISA	Dalia		49.46	Colinas de Santiago (Ote), Lomas del Refugio (Sur), Nuevas Teresitas, (Sur) y Villas Mirasierra (Ote) Saltillo, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
	Lila		44.04	Colinas de Santiago (Ote), Lomas del Refugio (Sur), Nuevas Teresitas, (Sur) y Villas Mirasierra (Ote) Saltillo, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
	Tulipán		44.04	Colinas de Santiago (Ote), Lomas del Refugio (Sur), Nuevas Teresitas, (Sur) y Villas Mirasierra (Ote) Saltillo, Coah.	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
RUBA	Caoba		44.00	Paraje "Los Pinos" Carretera Los Pinos. Ramos Arizpe, Coahuila	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
	Ciprés		46.00	Paraje "Los Pinos" Carretera Los Pinos. Ramos Arizpe, Coahuila	Una planta, Cocina, Salacomedor, 2 recamaras, un baño y lavandería.
HOME	Lisboa II	105.00	42.00	Fraccionamiento "Valencia" Saltillo, Coah. (Pte).	Una planta, Cocina, Salacomedor, una alcoba, una recamara, un baño y lavandería.

Fuente: Información obtenida de los sitios en línea de las empresas inmobiliarias y constructoras mencionadas, organizada por Jesús Martín López López (2017).

Esta gráfica nos muestra que el rango en el que se trabaja en la edificación de vivienda de interés social en los últimos años en Saltillo, Coahuila va de los 42.00m² a 52.00m². Este tipo de vivienda tiene una producción histórica de alto volumen y como ejemplo, en los últimos seis años una de las desarrolladoras de vivienda privadas como es el caso de la empresa DAVISA ha liderado a nivel estatal este segmento de la edificación.

Si consideramos informes del INFONAVIT la producción de DAVISA otorgada con créditos de esta institución, al año de 2016, es de 344 viviendas de las 651 inscritas en el rango de 2.6 UMAs; lo que significa aproximadamente el 53% del total de lo edificado en este sector, por las desarrolladoras de vivienda en Saltillo, Coah; podemos deducir, de forma aproximada, que en los seis años anteriores recientes, se han producido

alrededor de poco más de 16 mil 600 unidades de vivienda de interés social, lo que se traduce en aproximadamente dos mil 800 unidades al año.

Contrastando lo anterior con otros datos del INFONAVIT, también en 2016, se otorgaron 27 mil 391 de créditos en el Estado de Coahuila; de los cuales 7 mil 607 (CrVIS) está destinado a trabajadores con un ingreso máximo de 2.6 UMAs; rango en el cual se inscriben los posibles beneficiarios de financiamiento para una vivienda de interés social. Así, considerando que cerca del 25% (HbSalt) de la población tiene su asentamiento en la capital coahuilense (INEGI, 2011); podríamos determinar, tentativamente que cerca de mil 900 acciones crediticias por año, son aplicadas en Saltillo y su área conurbada, de las cuales inferimos, para este primer acercamiento que un 60% (VISnv) se emplea en construcciones nuevas, entonces podemos establecer un universo de estudio de poco más de mil cien viviendas.

Determinado bajo este procedimiento:

(Ecuación 2)

$$M = CrVIS \times HbSLW \times VISnva$$

53

De donde:

N = Muestra determinada para estudio en unidades.

CrVIS = Estimación de créditos para vivienda de interés social en Coahuila.

HbSLW = Porcentaje de habitantes establecidos en Saltillo (INEGI, 2011)

VISnv = Porcentaje de créditos destinados para vivienda nueva.

$$M = 7,607 \text{ créditos} \times 25\% \times 60\%$$

$$M = \mathbf{1,141} \text{ viviendas de interés social.}$$

Los datos anteriores, nos llevan a considerar que el volumen de construcción de vivienda de interés social es significativo en la región sureste del Estado de Coahuila, lo cual da pauta para realizar estudios acerca de la problemática gestada en la relación vivienda-residuos de la construcción.

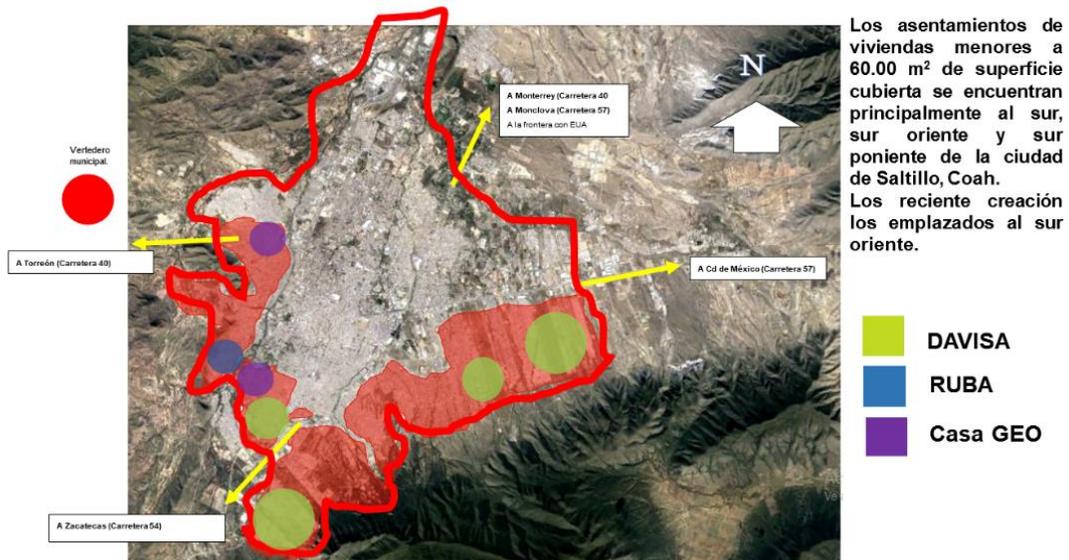
Esta situación nos permite tomar como punto de partida del presente estudio, un volumen de unidades de vivienda en Saltillo para su análisis. Por lo que para este trabajo se considera una muestra de trabajo de un nivel de confianza del 90% con una estimación de error del 10%, lo cual nos da por resultado 65 viviendas. Se considera este margen debido a que gran parte del ejercicio depende de factores que pueden influir de manera

negativa en el proceso como la observación o información por parte de los involucrados; por lo tanto:

Se determina a Saltillo Coahuila, México, como el emplazamiento de la investigación debido a que:

- Es la capital de una entidad federativa con un estable índice de crecimiento urbano.
- Está muy cercana a ciudades de importancia del país; productoras de materia prima y productos industrializados; que hace a Saltillo susceptible de integrar dichos insumos.
- Su relación con la frontera estadounidense es factor de influencia en el proceso edificativo.
- Es un clúster automotriz cuya zona metropolitana Saltillo-Ramos Arizpe-Arteaga tiene una actividad importante de transformación urbana con un crecimiento constante y exponencial y en los últimos diez años ha sido de un 2.91%, mayor al 2.71% estatal y 2.60% a nivel nacional (Aboites Manríquez et al., 2015); representando un 26% de la población de Coahuila.
- Produce sus propios insumos de áridos como materia destinada a la edificación.
- El espécimen de estudio es la vivienda de hasta 50.00m² de construcción, unifamiliares y de un solo nivel, edificadas por empresas constructoras o personas físicas legalmente establecidas y registradas ante los organismos e instituciones correspondientes.
- Se establece un período de análisis histórico de viviendas menores a 10 años, con las características constructivas equivalentes a las de la producción actual en Saltillo.

Imagen 2. Ubicación de las viviendas de interés social de las principales promotoras de Saltillo, Coahuila.



Vista aérea obtenida en Google Maps (2016) y gráficos de Jesús Martín López López (2017).

De lo anterior podemos considerar la determinación de las variables que han de regir el presente trabajo, ya que establecen relaciones con otras unidades de análisis, por lo que deben de estar presentes en todo el proceso de investigación. A partir de descubrimiento y medición por medio de la observación, para posteriormente, como datos, se las ordena y agrupa; en el análisis se las relaciona y en la interpretación se les asigna el significado a estas relaciones.

55

Para ello se ha de trabajar, de acuerdo con los parámetros establecidos como es la unidad de estudio, la Vivienda de Interés Social menor a los 50.00 m² construida en Saltillo, Coah; a partir de las siguientes variables:

Independientes:

- Sistemas de construcción.
- Materiales de construcción.

Dependiente:

- Residuos de construcción producidos en la edificación.

CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

De cuáles son los elementos conceptuales que permiten el análisis que conforman el contexto en el que se dan los factores que intervienen en la identificación del problema:
residuos y modelización.

CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

2.1 Introducción.

Para Elías et al. (2008), las consecuencias de las acciones de la humanidad se transforman en huellas ecológicas graves como la contaminación, pérdida de biodiversidad, desertización, cambio climático y el aumento de los residuos; lo que se hace evidente en la degradación del medio ambiente. Esto es consecuencia de los cambios sociales, el aumento de la población, al desmedido incremento del hábito consumista de los habitantes de países ricos y al deseo de las naciones en vías de desarrollo por alcanzar esos mismos niveles de vida; lo que hace que nos encontramos ante con un aumento exponencial de la generación de residuos.

Estos procesos se asocian con la situación de los asentamientos humanos y la calidad del hábitat construido, así como con la alta generación de desechos, su escasa separación en la fuente de producción, su bajo aprovechamiento y tratamiento, el manejo inadecuado de los residuos peligrosos y su inadecuada disposición (Colombia, 2008), lo que complejiza la problemática de manera sustancial.

Ya desde el siglo pasado Ojeda Benítez et al. (1998) consideran que el problema de los residuos sólidos está relacionado directamente con el crecimiento poblacional, el cual contribuye a su incremento generando un problema de tipo ecológico, económico y social. Ecológico, por la contaminación producida en su inadecuado manejo; económico, porque su recolección y transportación representa costos cada vez más elevados; y social por la necesidad de crear conciencia del problema.

Referirse al término residuo nos lleva a pensar en la basura común que depositamos en contenedores; sin embargo, el concepto es más general y se puede definir, según Elías (2008) como:

“...cualquier tipo de sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención de desprenderse...”

Lo que nos hace considerar que existen una gran variedad de residuos como los sólidos urbanos (Elías, 2008), entre los que se encuentran inscritos los de la industria de la construcción.

La historia de los residuos se da dentro de la sucesión de hechos en la vida de un objeto, desde que se produce hasta que deja de utilizarse. Para Santana Almora (2012), la basura es un producto estrechamente ligada a los grados de desarrollo humano, cuya importancia se hace creciente a medida que se desarrolla la civilización.

En la época primitiva, no tenía mayor importancia el manejo de los residuos porque los que generaban los seres humanos se descomponían con relativa facilidad; además, la cantidad de habitantes en el planeta era limitada. Actualmente se producen millones de toneladas de residuos al día, de los cuales algunos tardarán miles de años en degradarse; por lo que el manejo de la basura y los residuos se ha venido a presentar como un eterno reto para la humanidad a partir de su sedentarización; variando en tipo y magnitud de acuerdo con las necesidades de alimentación, vestimenta, protección y demás actividades del ser humano (Santana Almora, 2012).

Taboada González et al. (2011) indican que, de acuerdo con Phuntsho, los datos sobre generación de residuos sólidos y su composición son parámetros fundamentales para la planificación, diseño e implementación de los sistemas de su gestión. Estudios en México sobre cuantificación y caracterización de los residuos sólidos domésticos se han realizado principalmente en grandes ciudades debido, a que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR, 2015) establece la necesidad de crear un sistema de información sobre la generación y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, para lograr la prevención de la generación y el manejo sustentable de los residuos (Taboada González et al., 2011).

El Programa Interinstitucional de Gestión Racional de los Productos Químicos (IOMC) estima que a nivel mundial se recogen 1,300 millones de toneladas de residuos sólidos al año, cuya magnitud alcanzará los 2,200 millones de toneladas en el año 2025, en su mayoría proveniente de los países en desarrollo. Por otro lado, se considera que

el mercado mundial de los residuos, desde la recolección hasta el reciclado, alcanza los 410,000 millones de dólares al año, sin incluir el importante segmento informal de los países en desarrollo (PNUMA-UNITAR, 2013).

A medida que el mundo se involucra más en su futuro urbano, la cantidad de residuos sólidos urbanos, se convierten en uno de los más importantes subproductos de un estilo de vida totalmente ciudadano, que crece más rápido que la tasa de urbanización (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012). La cantidad y el tipo de estos residuos producidos en una comunidad es muy variable y depende de factores específicos como: densidad demográfica, economía de la zona, nivel de vida, hábitos de la población, época del año, movimiento de la población base y flotante, clima local (Sarmiento Sarmiento, 2015), así como la tipología arquitectónica y los sistemas constructivos preponderantes en la región.

Jaime Solorio (2011), citando a la Guía de Reciclaje del Gobierno de Jalisco de 2008 considera que basura y residuo no es lo mismo, porque basura es todo aquello que ya no nos sirve y que por ello desechamos, en cambio el residuo es algo que quizá no nos sirve ya, pero se podría reusar o bien, se puede transformar en otra cosa. Ambos subproductos pueden tener como origen, entre otros, las obras de construcción y demolición; por lo que es de suma importancia realizar el ejercicio de describir los tipos y fuentes de la basura y los residuos; hecho que lleva a preguntarse qué es lo que en realidad debe considerarse como residuo, ya que lo que se considera basura en un contexto, puede ser una materia prima o un valioso bien recuperable o valorizable en otro. Las soluciones a esta controversia varían según el país, pero se hace necesario establecer algún tipo de definición tanto a efectos de regulación como para garantizar el cumplimiento de los correspondientes instrumentos internacionales (PNUMA-UNITAR, 2013).

Por otro lado, la industria de la construcción es una actividad transversal a la que, con frecuencia, no se le presta atención en el marco de cooperación al desarrollo; y que dentro del objetivo de ese desarrollo sostenible se evidencia una enorme ausencia de este sector en su participación, a pesar de que es uno de los que consume mayor cantidad de materiales y que genera un gran volumen de residuos sólidos (Pérez-Foguet,

2007). Sin embargo, no se integra totalmente a las actividades de gestión de sus desechos sólidos.

Una metodología del proceso constructivo o industrial que considera la producción de residuos es Lean Construction, ya que originada en la industria automovilística su filosofía es de amplio espectro de aplicación puesto que su finalidad es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio; por lo que, de acuerdo a esta filosofía, todo lo que no es valor para el consumidor final es desperdicio que puede ser eliminado o minimizado ya que su generación absorbe recursos, no crea valor, propicia fallas que necesitan ser rectificadas, produce subproductos que nadie quiere, necesita de transporte y gestión sin propósito alguno (Pons Achell, 2016).

Es así como la gestión de los residuos de la industria de la construcción no ha sido exitosa en su gran mayoría, y se requiere mucho más trabajo para lograr un nivel satisfactorio. En el pasado, esos desechos de la construcción fueron dispuestos en terrenos, al aire libre. Sin embargo, como las áreas para vertedero de residuos se agotarán en los próximos años, existe una necesidad urgente de descubrir otros métodos para la gestión de residuos (Tam, 2008).

Para Del Río Merino (2012) los especialistas en residuos sólidos, no han puesto atención al tratamiento seguro de los que produce el proceso edificatorio; aunado a que en las últimas décadas se ha incrementado el volumen de construcción, debido al desarrollo de la sociedad contemporánea que demanda, cada vez más, nuevas y mejores infraestructuras y viviendas así como servicios; lo que convierte a la actividad constructora en una gran generadora de residuos, provenientes de la obtención y manufactura de los materiales, así como de la construcción y demolición de edificios o infraestructuras existentes. La conjunción de estos dos factores provoca importantes problemas en la gestión de los mismos (Rosa y Pastó, 2003).

En referencia a los residuos de la construcción, para García y Solís (2011) la vivienda masiva en México es un proceso artesanal, cuyo resultado depende de la mano de obra utilizada y de quién coordina dichos trabajos; así la actividad de la construcción

incentiva el desarrollo y la utilización de mano de obra que no siempre es calificada, por lo que dicho proceso trae consigo la generación de una cantidad importante de residuos denominados escombros (Formentini y Zárate, 2003).

En la mayoría de las principales ciudades del mundo, el proceso de la construcción pública o privada está en relación directa con las tendencias de la actividad económica; que sumadas a las actividades de crecimiento que implican obras de construcción, ampliaciones o remodelaciones; se manifiestan en fuentes permanentes de producción de grandes cantidades de escombros. Su manejo implica un proceso complejo que tiene gran impacto sobre la calidad de vida de la población ya que los habitantes de las ciudades deben soportar los efectos de la acumulación desordenada de escombros en vías y áreas públicas y el deterioro de su entorno urbano y la afectación del medio ambiente (Formentini y Zarate, 2003).

De ahí que la industria de la construcción se considere como una importante fuente productora de residuos (IHOBE, 2004; Mercante, 2007 y Richardson, 2013), y por lo tanto debido a su dimensión empresarial y de afectación medio ambiental, puede generar múltiples oportunidades de reutilización o reciclaje, ya sea in situ o en emplazamientos cercanos para evitar los costos de transporte, lo cual ofrece una buena solución ambiental en la gestión de los residuos (Richardson, 2013). Es así que los países desarrollados, tras exhaustivos estudios, se ha tomado conciencia de la importancia que tiene el manejo integral de los residuos de construcción y demolición, a fin de disminuir o evitar su producción; o bien, que los subproductos que se generan deberían ser aprovechados reusándolos o reciclándolos (Martel Vargas, 2008), o no produciéndolos.

Los residuos de la construcción y la demolición son de naturaleza fundamentalmente inerte generados en obras de excavación, construcción nueva, reparación, remodelación, rehabilitación y demolición, incluidos los de obra menor y reparación de edificios (Del Río Merino, 2012). En este caso, nos referimos a ellos, como aquellos que se producen en la edificación de la obra arquitectónica y urbana; que, aunque tienen un mismo origen, la etapa en la cual se producen, son distintas y obedecen a diferentes situaciones y condiciones en su producción y características de los insumos.

A lo largo del tiempo, los residuos generados por el sector de la construcción se han considerado como un “*residuo menor*” ya que, como se mencionó, ha existido la percepción de estar integrados por componentes de carácter inerte como ladrillos, tejas, concreto, madera, metal, y otros; lo que ha llevado a la falta de atención sobre este tipo de desechos y ha hecho que su gestión se realice de forma poco adecuada. Como consecuencia de ello se presenta el vertido directo y sin separación de componentes catalogados como residuos peligrosos de los residuos de la construcción y demolición lo que ha llevado a (IHOBE, 2006):

- Impacto paisajístico por vertidos indiscriminados.
- Contaminación química del suelo e impacto negativo sobre las aguas subterráneas.
- Ineficiencia en el uso de recursos naturales.
- Pérdidas de rentabilidad y falta de seguridad en las obras.

Como se ha descrito en el Capítulo 1, el presente trabajo se desarrolla a partir de la percepción de que, hoy en día, los residuos se han convertido en un importante vector de polución; un inconveniente ambiental al cual la humanidad se enfrenta y de la que es responsable en su solución, motivo por el cual, la conveniencia de identificar los componentes de estos residuos y su origen toman una gran importancia.

Para Mercante (2007) si se quiere incluir a la construcción como una actividad sustentable desde el punto de vista empresarial, habrá que considerar prácticas de producción limpia en las obras; acciones que se refieren a la adopción de criterios medioambientales en la selección de materiales, de tecnologías limpias, de soluciones constructivas adecuadas y gestión de los residuos; ya que a nivel mundial, del total de tipos de residuos que se producen, los que más volumen ocupan, en torno a un 35% (Solís Guzmán et al., 2009 y Martín Morales, 2013) y que menor control ambiental tienen, han sido los residuos de construcción y demolición.

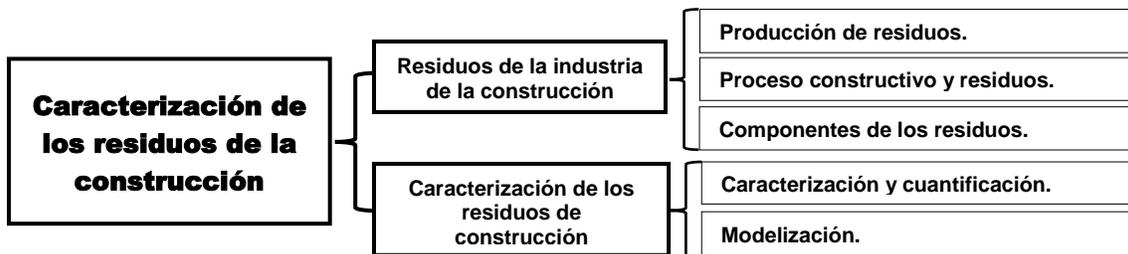
Además de las razones ambientales, también es conveniente considerar las económicas; por lo tanto, es necesario transformar los residuos en mercancía vendible, para propiciar ahorros sustanciales en la compra de materiales procesados o como materia prima para la industria de la construcción. Pero también habría que pensar en

evitar la producción de dichos residuos para que no exista un impacto ambiental ni económico, ya que en una presupuestación eficiente se denota como pérdida. Es así, que la idea que impulsa este trabajo surge a partir de cuestionamientos como los que se planteó Antonio Ramírez de Arellano Agudo y otros (2002) cuando se preguntaba ¿qué hacemos con los residuos que generamos?

Si partimos que, para evitar a este tipo de contaminación el principal objetivo sería no producir residuos, entonces estaríamos considerando evitarlos desde su origen; lo que es una razón que cada vez tiene mayor relevancia; ya que una de las más evidentes características de su gestión la constituye la falta de control en sus etapas iniciales del proceso constructivo, lo cual posibilita mayores riesgos ambientales y sus repercusiones naturales, económicas y sociales (Nava Vera, 2003).

Para la consecución de los objetivos planteados; en este capítulo se analizan dos cuestiones básicas que conforman el contexto en el que se dan los factores que intervienen en la identificación del problema: por un lado, se analiza el tema de los residuos en la industria de la construcción y; por el otro, se hace una reflexión acerca de los modelos de gestión y de las herramientas de cuantificación y caracterización de los residuos de la construcción representado en el Esquema 7. Con ello se establecen los fundamentos en la elaboración de un modelo de caracterización de los residuos de construcción.

Esquema 7. Conceptos que tratar en la investigación.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017)

2.2 Residuos de la industria de la construcción.

2.2.1 Producción de residuos.

Volumétricamente los residuos de la construcción significan la mayor fuente de desechos industriales generada por un país desarrollado. Sin embargo, su estudio es bastante precario, debido principalmente a que la diversidad de materiales y sistemas constructivos existentes en los países industrializados hace imposible cualquier simplificación metodológica.

En el caso de la industria de la construcción en México, esta condición de generar residuos es constante y de bajo o nulo control debido a múltiples factores que Nava Vera (2003) expone y se presentaron en la Tabla 1. Proceso de gestión de los residuos de construcción y demolición en México.. En general, para Molina Terrén (1997), a finales de siglo se podían evaluar en torno a 450 kg por habitante por año; mientras que Ramírez de Arellano (2002) considera el volumen de producción de residuos en función de las actividades, siendo estas para el caso de demoliciones de $1.50 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de superficie demolida, o bien de excavaciones se producen 0.40 m^3 de excedente de tierra por m^2 construido; en lo cual coincide con Aquino Bolaños (2015) y Jofra Sora (2016) cuando dice que a mayor parte de los residuos de la construcción generados son tierras de excavación.

Si bien es cierto que Ramírez de Arellano (2002) pudo comprobar en sus investigaciones en España, que el volumen más importante de residuos producidos en la industria de la construcción corresponde a las obras de demolición, en donde llega a ser de poco más de $1.45 \text{ m}^3/\text{m}^2$ y que en las obras de nueva creación el mayor volumen de escombros se presenta al movimiento de tierras con un 85.76% de un total de $0.48 \text{ m}^3/\text{m}^2$. También es cierto que el mismo Ramírez de Arellano plantea la importancia de los residuos producidos ya en la propia actividad constructiva.

A pesar del alto potencial de recuperación de los residuos de la construcción y la existencia de múltiples modelos de gestión, actualmente los profesionales de esta industria aún prefieren la eliminación de desechos, entendiendo esta como la transportación de los residuos a otros sitios; en lugar de reciclarlos (Villoria Saéz et al., 2013), minimizarlos o no producirlos, lo que consume una gran cantidad de recursos que

afectan directamente el costo de una obra de construcción además de favorecer el vertido incontrolado de estos residuos.

Sin embargo estas cuantificaciones de residuos se ven determinadas, como ya se había mencionado, por factores como el lugar geográfico en donde se producen y se manifiestan como un vector de polución de gran magnitud a nivel global; siguiendo el comportamiento que a continuación se describe y que en cualquier caso hay que considerar que son aproximaciones a una realidad, pero que permiten diseñar políticas públicas (Jofra Sora, 2016), métodos y sistemas de gestión y presupuestación; o bien de minimización de su producción.

En Hong Kong, el 38% de los residuos sólidos proviene de la industria de la construcción. Ahí, se ha implementado por parte del Gobierno una regla administrativa que especifica que los residuos que se generan en el proceso constructivo que contienen más del 20% de material inerte por volumen o el 30% en peso; no pueden eliminarse en los depósitos terrestres y desde el año de 2003, se requiere un método de Plan de Gestión de Residuos para todas las obras de construcción. Sin embargo, la falta de incentivos económicos y el aumento en los costos generales se considera como los principales obstáculos para su implementación (Solís Guzmán et al., 2009).

En Australia, el 44% de los 14 millones de toneladas de residuos al año, se atribuyen a industria de la construcción (Tam, 2008). En la India se están produciendo cerca de 14.5 millones de toneladas de residuos de la construcción al año (Sadaphal, 2014) y en Rumania la cantidad de estos residuos en el año de 2005 fue de 466,893 toneladas; la cantidad corresponde a unos 25.00Kg al día por habitante al año; frente a una media europea de 480.00Kg al día por año (Di Lauro et al., 2007).

En la Unión Europea las edificaciones generan el 40% de los residuos y gastan el 60% de los materiales extraídos de la tierra; donde el 20% significa la masa de todos los materiales empleados en la construcción, esto resulta en una pérdida económica del 10% del costo total de la obra (Salazar Jaramillo, 2011). En Holanda se generan 14

millones de toneladas de residuos de la construcción, aproximadamente 7 millones de m³ (García Temoltzi, 2015).

A finales del siglo pasado, en España se producían aproximadamente 20 millones de m³ por año de residuos de la construcción; de los cuales, ni el uno por ciento se recicla y fueron se tiraron incontroladamente en sitios no convenientes (Molina Terrén, 1997); y para 2009 llegaban a ser aproximadamente 40 millones de toneladas al año (BOE, 2009); de ellos, se sometieron a algún tratamiento de valorización menos de 15 millones de toneladas (37%). Sin embargo, el resultado final es que, de forma directa o como rechazo de alguna operación previa de tratamiento, acabaron siendo depositados en algún vertedero más de 35 millones de toneladas, es decir más del 90% generado. Es decir, el balance de materiales refleja que efectivamente se valoriza menos de 5 millones de toneladas, de las que se obtienen unos 3 millones de toneladas de árido reciclado (BOE, 2009).

En América Latina, en Colombia se recogía a principios de la presente década; 1,500 m³/día de escombros; de los cuales son útiles para reciclar básicamente el 75%, esto es 1,125 m³/día (Salazar Jaramillo, 2011); sin embargo en la ciudad capital colombiana, en el año de 2017, la mayor parte de estos residuos de la construcción eran depositados de forma ilegal en estructuras ecológicas como cauces de ríos, cañadas; o bien en las calles y en terrenos situados fuera de la mancha urbana (Jofra Sora, 2016).

Según estimaciones de Jofra Sora (2016), en Bogotá se generan 5.5 millones de m³ o 9 millones de toneladas de residuos de la industria de la construcción; de los cuales el 3% son generados en pequeñas obras o demoliciones de un volumen menor a los cinco m³; el resto son producidos en obras con volúmenes mayores a eso.

García Temoltzi (2015) menciona que, en Chile, en base a datos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente-CONAMA, se ha logrado controlar 230,000m³ de residuos de la construcción y la demolición, que corresponde al 15% del total generado, 1'539,000 m³/año. Además, a inicios de esta década se realizó en Antofagasta y Santiago, Chile; una investigación en 22 obras de construcción de ocho constructoras; para determinar el

índice de generación mensual de residuos de la construcción por metro cuadrado. A partir de dichos datos se obtuvieron los valores que se muestran en 6.

Tabla 6. Residuos de la construcción y demolición a partir de residuos municipales totales en Chile.

Mes y año	Todo tipo de residuos municipales m ²	Estimación mensual. Generación RCyD m ³ (Factor o.235)	Mes y año	Todo tipo de residuos municipales m ²	Estimación mensual. Generación RCyD m ³ (Factor o.235)
Oct-2010	7,914.40	1,859.90	Dic-2011	43,951.10	10,328.50
Nov-2010	20,006.20	4,701.50	Ene-2012	50,766.00	11,930.00
Dic-2010	49,459.80	11,623.10	Feb-2012	51,280.10	12,050.80
Ene-2011	11,834.70	2,781.20	Mar-2012	12,600.00	2,961.00
Feb-2011	1,877.50	441.20	Abr-2012	17,251.10	4,054.00
Mar-2011	7,284.10	1,711.80	May-2012	29,472.20	6,926.00
Abr-2011	41,837.10	9,831.70	Jun-2012	26,434.90	6,212.20
May-2011	7,643.90	1,796.30	Jul-2012	10,199.40	2,396.90
Jun-2011	32,116.10	7,547.30	Ago-2012	19,610.30	4,608.40
Jul-2011	35,174.50	8,266.00	Sep-2012	19,563.60	4,597.40
Ago-2011	3,019.50	709.6	Oct-2012	10,811.20	2,540.60
Sep-2011	18,318.70	4,304.90	Nov-2012	51,276.00	12,049.90
Oct-2011	43,829.50	10,299.90	Dic-2012	60,456.80	16,322.40
Nov-2011	21,742.70	5,109.50		Total	167,961.90

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en García Temoltzi (2015).

Según el Informe de 1998 de la Environmental Protection Agency (EPA), estiman que, en Estados Unidos, se recogían, entre 1992 y 1997, un promedio de dos kilos por pie cuadrado de nueva construcción; mientras que, en la actividad no residencial, fue un promedio de 1.75kg de residuos por pie cuadrado construido. El estudio encontró que los escombros de demolición por unidad residencial promedio 52 kg por pie cuadrado, incluyendo el sótano; y los residuos no residenciales promediaron 70 kg por pie cuadrado. En tanto que las renovaciones o remodelaciones generaron una cantidad de escombros extremadamente limitada y variable, que va de los nueve kg a los casi 33 kg por pie cuadrado, con la excepción del kilo y medio por pie cuadrado cuando la renovación implica solo un techo nuevo (EPA, 2008).

En México, según De los Santos Méndez (2005), en el 2004 la cantidad de residuos sólidos era de 34 millones 602 mil toneladas, de los cuales el 18.0% (6'326,545 toneladas) son de la región centro, el 13.0% (4'500,450 toneladas) son del Distrito Federal, el sur contribuye con el 10.0% (3449,250 toneladas) y el resto el 50.0% (17'359,400 toneladas). Mientras que, en Coahuila, según Chávez (2012), se produjeron más de 115 mil toneladas durante el año de 2011. Mientras que datos registrados por el

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014) indican que del año 2000 al 2012 la generación de residuos sólidos aumento casi un 37%, subiendo de 30'733,000 de toneladas anuales a 42'102,800 en 2012.

Aunque si bien es cierto que, los datos anteriores, se refieren a residuos en general producidos por la ciudad en los cuales se incluyen desechos orgánicos como comida y vegetación; un gran porcentaje corresponde a papel, cartón, plásticos, vidrio, metales y otros residuos; llegando estos últimos a un porcentaje que oscila entre el 12% y el 19%, en este volumen se encuentran contemplados escombros, tierras, asfaltos, cerámicos y yesos, entre otros.

Para la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), en México, la industria de la edificación ha evolucionado favorablemente en el aspecto técnico-operativo, sin embargo, existe un gran nicho de oportunidad en la gestión y manejo integral de los residuos que genera; los cuales se considera que se producen aproximadamente 6 millones de toneladas al año (en referencia al 2011), lo que significa una producción diaria de cerca de 17,000 toneladas (CMIC, 2013).

68

En la Ciudad de México, durante el año 2003 se generaron 3,000 toneladas diarias de residuos de la construcción, elevándose en 2008 a 5,000 toneladas por día y en 2015 llega a las 7,000 toneladas por día (NADF-007-RNAT-2013 en GODF, 2012); mientras que en el país se generan diariamente alrededor de 33,600 toneladas de residuos de construcción. (Aquino Bolaños, 2015). Mientras que en el Estado de Coahuila la misma CMIC, considera que para el año 2011, se habían construido 1'334,578 de metros cuadrados de viviendas, las cuales generaron poco más de 115,707 toneladas de residuos de la construcción (CMIC, 2013); lo que significa casi 87 kilos por m² de construcción.

A fin de cuentas, los datos mostrados indican que el volumen de producción de residuos generados a partir de los trabajos de la industria de la construcción ha sido importante a lo largo del tiempo y se ve incrementado sustancialmente; lo que puede

significar que no se han tomado las precauciones necesarias para evitar el alto volumen de residuos originados.

2.2.2 Proceso constructivo y residuos.

Siendo uno de los problemas principales que se presentan en la gestión de los residuos en una obra la determinación de la cantidad de residuos generados; es importante que se planteen las soluciones desde las fases tempranas de la materialización del objeto arquitectónico; desde el proyecto mismo; ya que esta etapa, si bien son considerados, generalmente, se estiman globalmente en base a los datos meramente orientativos (Martín Morales, 2013).

Para el presente trabajo, es importante definir los momentos en el proceso de conceptualización y materialización de un objeto arquitectónico, en los cuales se puede evidenciar la posible producción de los residuos que, para Blandón González (2003) son: la etapa de proyecto, la etapa de ejecución y la etapa de demolición; los cuales se consideran en la Tabla 7.

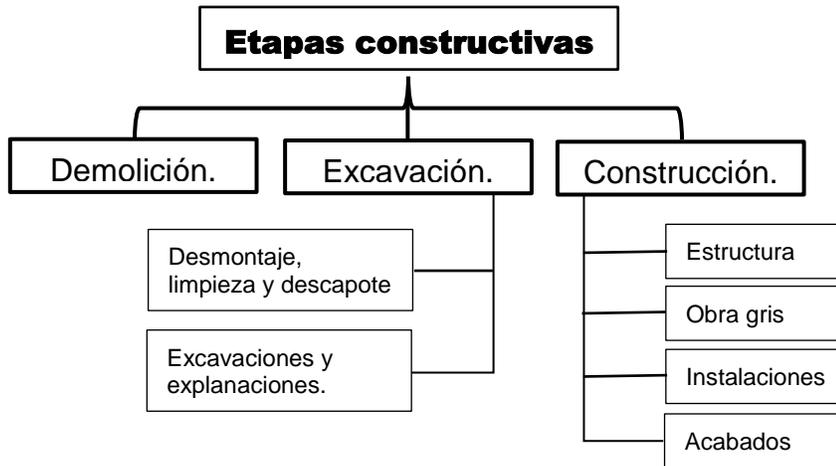
Tabla 7. Fases de producción de residuos en la industria de la construcción.

Etapa	Origen de los residuos	Motivo
Proyecto	Especificación de materiales, dimensionamientos y procedimientos constructivos	El proyectista define funcionalidad, calidad de ambiente, posibilidades de ahorro energético, tipología de elementos constructivos, insumos, procesos constructivos, cantidades y costos.
Construcción	Aplicación de lo especificado en la etapa proyectual. Incorporación de materiales. Aplicación de sistemas constructivos. Factores organizativos. Calidad de materiales y personal de ejecución	Incorrecta interpretación de lo especificado en el proyecto ejecutivo. Cambio en los materiales. Incorrecta aplicación de las tecnologías y sistemas constructivos.
Demolición	Transformación, desmontaje o derribo de elementos constructivos por obsolescencia.	Derribamiento de elementos por modificación de actividades, uso, funcionalidad o fin del ciclo de vida del objeto arquitectónico.

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en Blandón González, (2003).

Ya en la etapa de construcción, la “Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de RCD en obra”, del gobierno de Colombia clasifica las etapas del proceso constructivo, en favor de identificar los posibles orígenes de la producción de residuos como se aprecia en el Esquema 8.

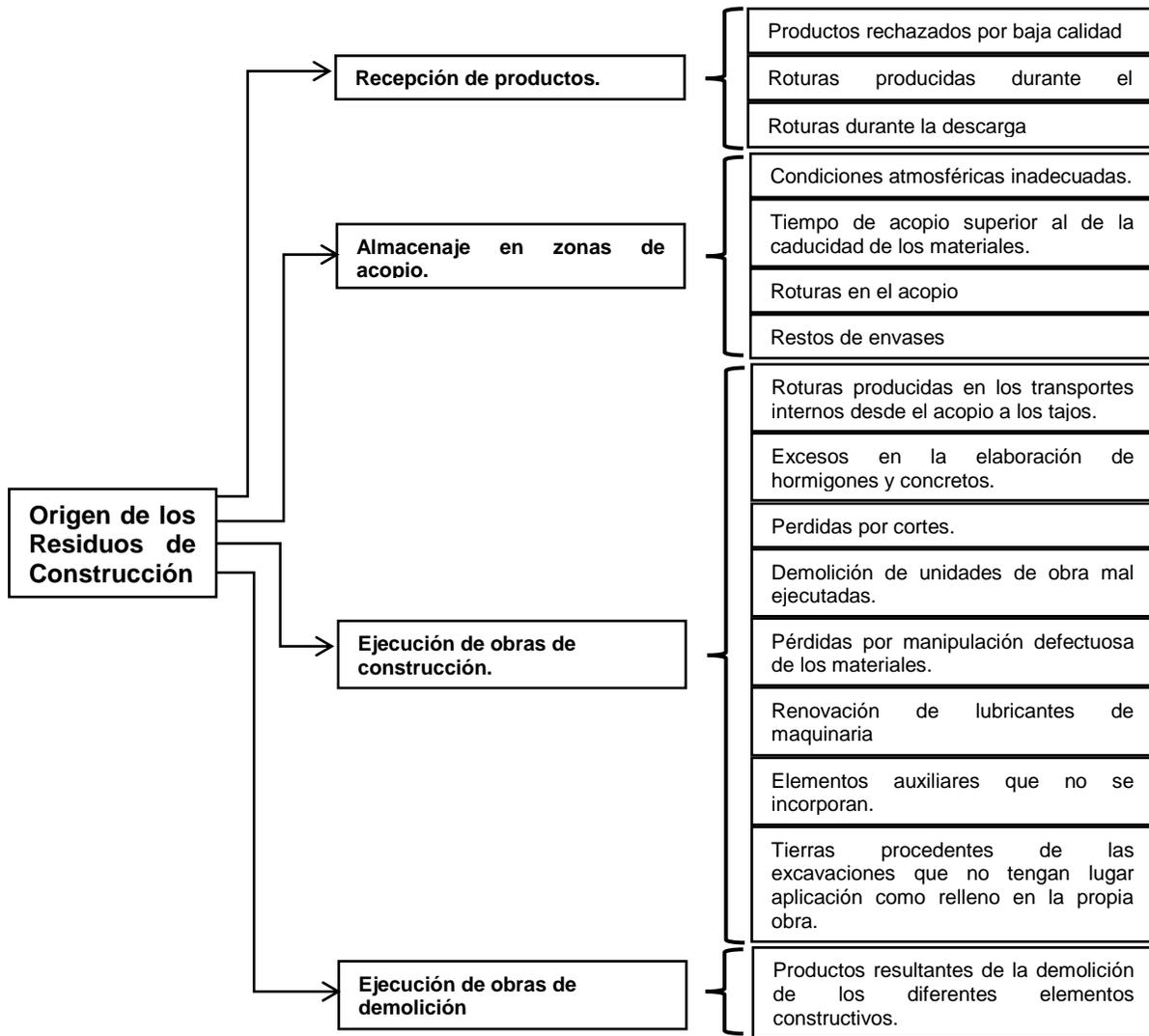
Esquema 8. Clasificación de las etapas constructivas según la guía colombiana para la gestión de residuos.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en la Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de RCD en obra de la SDA (2014).

En tanto que Ramírez de Arellano (2002) es más específico cuando presenta el origen de la producción de los residuos ya dentro del proceso constructivo; enumerándolos en cuatro condiciones que son desde la recepción en la obra de los insumos hasta la ejecución de obras de demolición pasando por almacenaje y el desarrollo de obra constructiva; lo cual se muestra en el Esquema 9.

Esquema 9. Origen de los residuos de construcción



Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en Ramírez de Arellano, (2002)

Ramírez y Sosa (2016), manifiestan que de acuerdo a sus características y según su generación en obra, los residuos de la construcción se pueden clasificar como:

Residuos 1. Los excedentes de excavaciones y movimientos de tierras constituidos por la misma tierra y materiales pétreos no contaminados.

Residuos 2. Los generados en las actividades propias de los procesos de construcción, demolición, reparación e implantación de servicios como abastecimiento y saneamiento, suministro eléctrico, gas y otros.

Para este caso nos referiremos al tipo residuos tipo 2 y en particular los generados las actividades propias de la industria de la construcción; aún más específicamente de acuerdo con Ramírez y Sosa (2016), los que clasifica como TIPO I y TIPO IV de la Tabla 8 y los Tipo C y D de los residuos aprovechables de la Tabla 9.

Tabla 8. Clasificación de los residuos de la construcción según su tipo de procedencia de acuerdo a los insumos.

Residuos de construcción y demolición.		
TIPO I	Inertes pétreos NO asfálticos.	Concretos, losas, cerámicos, ladrillo.
TIPO II	Inertes pétreos asfálticos.	Mezclas pétreas de asfalto.
TIPO III	Inertes arcillosos	Arcillas no expandibles, arcillas expandibles, arenas y gravas.
TIPO IV	No peligrosos	Maderas, plásticos, PVC, Residuos de demolición de estructura (no de infraestructura).
TIPO V	RESPEL	Asbestos, amientos, lodos de sistemas sanitarios.
TIPO VI	Horizonte orgánico	Pedones (unidad más pequeña de suelo clasificable) de suelo orgánico (Tierra negra), cespiones (unidad más pequeña de porción de césped clasificable).

Elaborado por Jesús Martín López López basado en Ramírez Durán, Daniel Felipe y Sosa Chaparro, Angie Tatiana (2016).

72

Tabla 9. Clasificación de los residuos de la construcción susceptibles al aprovechamiento y los NO aprovechables.

Residuos de la construcción aprovechables.	Tipo	Residuos de la construcción NO aprovechables.
Productos de excavación, nivelaciones y sobrantes de la adecuación del terreno: tierras y materiales pétreos no contaminados producto de la excavación.	A	Materiales aprovechables contaminados con residuos peligrosos.
Productos utilizados para cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas, y otros.	B	Materiales que por su estado no pueden ser aprovechables.
Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, trozos de ladrillo y blocks, cerámicas, sobrantes de mezclas y concretos.	C	Residuos peligrosos.
No pétreos: vidrios, aceros, hierro, maderas, plásticos, metales, cartones, yeso, paneles y otros.	D	Otros residuos con normas específicas: amianto, asbesto cemento, electrónicos, biosanitarios y otros.

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en la clasificación de Ramírez Durán, Daniel Felipe y Sosa Chaparro, Angie Tatiana (2016).

Por otro lado, el mismo Blandón González (2003) complementa lo anterior con los datos de la Tabla 10, en donde se hace una descripción del tipo y porcentaje de residuos de la construcción que se producen en las diferentes etapas del proceso constructivo.

Tabla 10. Cantidad y tipo de residuos que se producen en las diferentes etapas de la obra constructiva.

Fase de ejecución	Residuos generados	Porcentaje
Cimentación	4.19 m³	11.65
Albañilería	40.18 m³	23.00
Cubierta	0.95 m³	3.52
Instalaciones	0.53 m³	1.43
Revestimientos	2.02 m³	4.04
Total de residuos		43.64 %

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en Blandón González, (2003)

En Dinamarca, se realizó una cuantificación de residuos producto de la industria de la construcción y se obtuvieron datos que se utilizaron para la implementación de leyes y normativas referentes a su gestión (Molina Terrén, 1997) los cuales es muestran en Tabla 11.

73

Tabla 11. Composición de los residuos de la construcción a partir de su origen.

Tipo de obra	Residuos	Pétreos	Orgánicos	Sintéticos	Metálicos
Demolición	900.00 Kg/m²	85%	13%	1%	1%
Remodelación	10.00 Kg/m²	58%	20%	1%	21%
Construcción	15.00 Kg/m²	60%	14%	6%	20%

Elaborado por Jesús Martín López López basado en Molina Terrén, 1997

Las posiciones anteriormente expuestas se pueden concentrar en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12. Etapas de la construcción en donde se generan los residuos.

Autor	Año	Proyecto	Almacenaje	Excavación	Construcción	Demolición
Ramírez y Sosa	2016					
Guía SDA, Colombia	2014					
Blandón González	2003					
Ramírez de Arellano	2002					
Dinamarca	1997					

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Los autores e instituciones descritas coinciden en que son tres las etapas en las que se generan los volúmenes importantes de residuos del proceso constructivo, que son la de excavación, la de construcción y las obras de demolición. Esta consideración se da nivel de clasificación general, pues en lo específico algunos de ellos integran actividades que podrían representar algunas de las cinco inscritas en la tabla anterior.

Otra situación que también es observable es el no considerar al proyecto arquitectónico y ejecutivo, como una posible fuente de generación de residuos, en la materialización del objeto arquitectónico. Situación en la que podemos estar de acuerdo parcialmente, ya que, si bien es cierto que no se presentan estos residuos de manera tangible, también es cierto que, en función de las especificaciones de procesos e insumos, se pueden generar más o menos residuos, por lo que podría presentarse esta etapa como el origen de los desechos de la construcción.

Podemos concluir que dentro del proceso de materialización de una edificación se presentan diversas etapas que cada autor define de acuerdo a las condicionantes que determinan la vocación de su trabajo; sin embargo, consideramos que son tres los momentos en los cuales se pueden hacer los ajustes correspondientes para el correcto manejo de los residuos y son:

- La etapa proyectual. Proyecto arquitectónico y proyecto ejecutivo.
- Los trabajos de construcción. Acciones de edificación.
- El ciclo de vida del edificio. Mantenimiento y fin de uso (demolición).

Dentro de estos tres períodos, dos son de índole físico y de aplicación de los insumos que materializan la construcción, transformación o desaparición de la edificación; por lo que la prevención para el manejo de los residuos se centra en su gestión, que se hace con ellos. Son etapas volumen real de desechos por lo que se da un impacto económico y ambiental importante.

La etapa proyectual se puede considerar que es la que determina la magnitud de los residuos en el proceso constructivo de vivienda de nueva construcción y hasta en la de mantenimiento y demolición, ya que a partir de las decisiones tomadas acerca de los insumos y procedimientos se indica el tipo de posibles residuos que se han de producir y posiblemente hasta su volumen.

2.2.3 Componentes de los residuos.

En Bogotá, Colombia no se dispone de un procedimiento de caracterizaciones oficiales para determinar la composición de los residuos de la construcción, pero en base a los datos de las instancias autorizadas para la disposición final de dichos residuos; se estima que un 15% de los residuos son pétreos compuestos por concreto, ladrillo, conglomerado, y otros similares; el resto corresponde a tierras (Jofra Sora, 2016).

El organismo uruguayo denominado “Compromiso Empresarial para el Reciclaje” (CEMPRE) plantea que podemos identificar en los escombros que se producen durante una construcción, la existencia de dos tipos de residuos (CEMPRE, 2011):

- Los residuos tipo fragmentos de elementos prefabricados, como materiales de cerámica, bloques de cemento, demoliciones, etc.
- Los residuos que son restos de materiales elaborados en la obra, como hormigón y pastas, que contienen cemento, cal, arena y piedra.

En el año 2000, el Estado de Florida creó, a través de su legislatura, el concepto de una nueva clase de materiales llamados “*materiales de construcción y de demolición recuperable*” o RCDM por sus siglas en inglés (Recoverable Construction and Demolition Materials); que hace clara referencia a la necesidad de trabajar con una amplia gama de materiales que son recuperados de los escombros, para reutilizar o reciclar (EPA, 2000):

- Hormigón contaminado y limpio.
- Ladrillos enteros y triturados.
- Concreto, bloques y residuos de albañilería, así como otros escombros limpios.
- Madera, como material leñoso natural, astillas de madera y tablones.
- Envases de cartón corrugado.
- Metales como acero, aluminio y otros metales no ferrosos.

- Material cribado recuperado.
- Otros.

Para el caso estadounidense, según Tam (2008) los porcentajes de materiales que conforman los residuos de la construcción los siguientes: madera 14%, metales 27%, asfaltos, ladrillos y concreto 19%, panel de yeso 1%, cartón 6%, tejas de asfalto 21% y otros como plásticos, llantas y otros 11%; de un total de 311 mil toneladas en el año de 2007; mientras que para Sadaphal (2014) el componente principal en un rango del 70% de los residuos proviene tan solo de insumos como de cemento y acero.

Un estudio de Soibelman (2003) encontró que el residuo de concreto se puede considerar desde un 0.75% y hasta 25% del total de los generados en una obra. Si esto se compara con lo que establecen los textos especializado en el tema, encontramos que el valor esperado es de 5% y su razonamiento es que el material no se pierde como residuo, ni se extrae de la obra, sino que es material que se incorpora, por ejemplo, en los espesores de las losas.

En el caso del cemento empleado en aplanados y en la fabricación de morteros para construir los muros se observaron, al igual que con la arena, diferencias sorprendentes. En las estimaciones se consideraba el 9%, y en la investigación se tuvieron valores desde 30% hasta 150%. Los morteros en particular la variación del desperdicio iba del 40% al 150%; siendo el promedio real de un 94% de desperdicio, mientras que en las estimaciones de gabinete se emplearía el valor de 15% (Soibelman, 2003).

Estos datos se contrastan con lo que García Buitrago (2014) expone, cuando se refiere a los porcentajes de materiales contenidos en los residuos de construcción, expuestos en la Tabla 13; y en las densidades especificadas por la “Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de RCD en obra” (SDA, 2014), de la Tabla 15, cuando se establece la susceptibilidad de reutilización.

Tabla 13. Porcentaje de cada material contenido en los RCD.

Materia	Porcentaje en volumen
Arena	60 %
Yeso natural	1 %
Metales	4 %
Grava	14 %
Caliza (Producción de cemento)	6 %
Arcilla	6 %
Piedra natural	4 %
Madera	2 %
Petróleo (plástico).	3 %
Total	100 %

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en García Buitrago (2014).

Tabla 14. Densidad de los materiales por grupos, contenidos en los RCD.

	Grupo	Densidad promedio kg / m ³
I	Residuos comunes mezclados	1,648.85
II	Residuos de material fino	1,700.00
III	Residuos comunes inertes	698.88
IV	Residuos metálicos	7,307.67
V	Residuos orgánicos	1,282.71
VI	Residuos contaminantes	1,891.28

Elaborado por Jesús Martín López López basado en SDA. Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de RCD en obra (2014).

En la Tabla 15, podemos ver que las condiciones de percepción y medida que obtienen diferentes autores y empresas del tipo de residuo que se produce en la industria de la construcción.

Tabla 15. Principales tipos y porcentajes de residuos de la construcción.

Autor	Año	Pétreos	Tierra	Madera	Metales	Yeso	Cartón	Plástico
Jofra Sora	2016	15% Concreto, ladrillo, pastas y morteros	85%					
García Buitrago	2014	60% Arena, grava, caliza, piedra natural		2%	4%	1%		3%
Sadaphal	2014	70% Cemento y acero						
Tam	2008	19% Asfalto, ladrillo, concreto		14%	27%	1%	6%	
Soibelman	2003	25% Concreto						
CEMPRE	2011	----- Prefabricados, cerámica, elementos de cemento como concreto, pastas y morteros						

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Lo anterior nos lleva a considerar que los residuos de la construcción producto de la edificación de la vivienda de interés social que han de ser caracterizados en este trabajo, son aquellos que por su procedencia y de acuerdo a la 8, son Tipo I (Inertes pétreos) y Tipo 4 (No peligrosos) como concretos, cerámicos, ladrillos y residuos de demolición; que además son susceptibles de aprovechamiento de acuerdo a la Tabla 9, que son los pétreos como el concreto, arenas, gravas, gravillas, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas y sobrantes de mezclas de cemento y concreto.

Esta determinación se da a partir de que en el análisis de uso de realizado y mostrado en las páginas anteriores, nos permiten establecer que en la producción edificatoria de la vivienda de interés social, los materiales de con mayor impacto en la producción de residuos de la construcción, son lo que reúnen las características establecidas por Ramírez y Sosa (2016), lo cual permite delimitar el universo de estudio de una forma que permita mayor control en el proceso de la modelización de la etapa de obra en la construcción de vivienda de interés social en México.

78

2.3 Caracterización de los residuos de construcción.

Para la Real Academia Española, el vocablo “*caracterizar*” se puede definir como la acción de determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás, así como realizar un estudio que permita identificar sus principales características como son componentes y propiedades.

Desde una perspectiva investigativa la caracterización es una fase descriptiva con fines de identificación, entre otros aspectos, de los componentes, procesos, comportamiento y contexto de un hecho o un proceso; es una descripción cualitativa o cuantitativa con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo y ,para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos para que a partir de ellos se esté en condiciones de describir, o sea caracterizar, de una forma estructurada para establecer un significado o sistematizarlo (Sánchez Upegui, 2011).

A fin de cuentas, la caracterización es una descripción u ordenamiento conceptual (Sánchez, 2011), que se hace desde la perspectiva de la especialidad en la que se realiza y está exenta de interpretaciones, pues su fin es esencialmente descriptivo.

En el caso de los residuos de la construcción la ONUDI (2007) establece que su caracterización es la clave para un manejo y disposición responsable, ya que al cuantificarlos y describirlos se pueden tomar decisiones acerca de su disminución, reutilización, reciclaje, tratamientos o eliminación.

Por tal motivo, se parte de considerar que la caracterización de los residuos de la construcción debe integrar las acciones necesarias para identificar, describir, cuantitativa y cualitativamente al elemento estudiado, para en obtener un mejor conocimiento de su comportamiento actual y de su potencial. El proceso debe incluir las herramientas que permitan la sistematización de la información recogida y la facilidad de acceso a la misma; para que de esta manera se posibilite una predicción objetiva del hecho.

Barona Díaz (2005) menciona que la caracterización de materiales y procesos constructivos, deben considerar fundamentalmente factores como los insumos y productos mismos, así como la tecnología de los procesos de aplicación de esa materia prima.

Mientras que para Martel Vargas (2008), la caracterización es el proceso mediante el cual se procede a la identificación de los materiales que conforman los residuos de la construcción y demolición; para Flores López (2010), la caracterización de residuos de la construcción es un estudio por medio del cual se analiza una muestra y se identifica su fuente, características y cantidad generada; es representativa de un área de estudio y tiene, entre otros objetivos alcanzar a través de su uso, el análisis de la composición de los residuos con sus ventajas y sus desventajas.

A partir de consideraciones como las anteriores es que se han desarrollado índices o coeficientes que permiten pronosticar la producción de residuos en la industria de la construcción, elementos que han de integrarse en los modelos de cuantificación,

presupuestación o caracterización que se desarrollen, como referencias históricas o de emplazamiento geográfico de las fuentes de su origen.

Tal es el caso de los datos obtenidos en un estudio en Chile, que es presentado por García Temoltzi (2015), en el cual se llegan a determinar los resultados mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16. Factor de generación de residuos de la construcción en Chile.

Concepto	m ³ de Residuos por m ² de superficie construida.
Promedio general (incluye todo tipo de edificación).	0.235
Promedio obras de edificación habitacional en altura.	0.220
Promedio obras de edificación de casas.	0.200
Promedio material de excavación.	0.078

Elaborado por Jesús Martín López López basado en García Temoltzi, (2015).

Como ya se ha mencionado, un caso destacable es el de Ramírez de Arellano (2002); precursor del análisis de los residuos de la construcción; quien llega a establecer estos coeficientes desde tres consideraciones:

80

- Medir la parte del elemento constructivo origen del residuo (**CR**).
- Convertir la unidad de medida de la partida origen en la unidad de medida de la partida destino (**CC**).
- Transformar el criterio de medición de la partida origen en criterio de medición de la partida destino (**CT**).

Con ellos obtiene, un completo proceso de análisis de los insumos, una tabla de coeficientes (ver Anexo 1 Coeficientes de identificación de residuos por Antonio Ramírez de Arellano Agudo et al. 2002) que incluyen los conceptos de la Tabla 17.

Tabla 17. Tabla de coeficientes desarrollada por Antonio Ramírez de Arellano Agudo (2002).

ELEMENTO CONSTRUCTIVO		ORIGEN DEL RESIDUO	RESIDUO GENERADO		COEFICIENTES		
Unidad de Medida	Elemento constructivo	Origen del residuo	Unidad de medida	Residuo	CR	CC	CT

Este trabajo permite realizar una presupuestación de la obra de construcción, en el que las pérdidas económicas por producción de residuos en los insumos y durante el proceso de construcción sean considerados de forma individualizada como parte de los costos directos de ejecución, en los precios unitarios de las partidas o en integrados en los costos indirectos de ejecución (Ramírez de Arellano, 2002).

Este análisis resulta significativo para el trabajo de caracterización de los residuos ya que; en gran medida, se precisa del manejo de los elementos utilizados por Ramírez de Arellano en la presupuestación de la obra de construcción, para determinar las características de los insumos y los procesos de construcción aplicados.

2.4 Modelización.

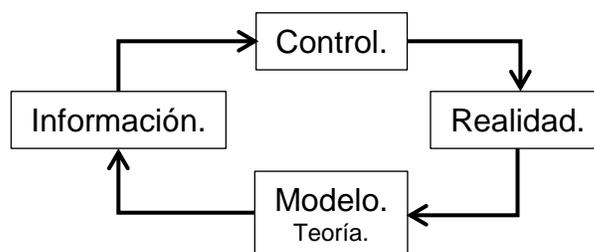
Definir un modelo de análisis de los residuos de la construcción que considere la situación actual y que permita prospectar escenarios de gestión sostenible, es una de las actividades fundamentales (Jofra Sora, 2016) para dirigir la industria de la construcción hacia funciones más amigables con el medio ambiente, pero, de la misma manera, hacer que sus actividades sean económicamente más rentables.

De inicio consideraremos que un modelo es la representación simplificada de una realidad en la que aparecen algunas de las propiedades de un objeto o sistema real; que se pretenden reproducir parcialmente a través otro objeto o sistema de menor complejidad; construido para conocer, describir, comprender, explicar o predecir los acontecimientos, hechos, fenómenos o situaciones que suceden en los diferentes ámbitos de una realidad empírica (Carvajal Villaplana, 2002).

En el caso de los residuos de la construcción, esta realidad se da a partir de reconocer y analizar cada una de las etapas de la producción y gestión de los residuos de la construcción; en la cual su caracterización es uno de los aspectos cuya importancia se presenta como ineludible; para estar en condiciones de predecir el tipo de gestión a la cual deben someter, aun antes de producirse.

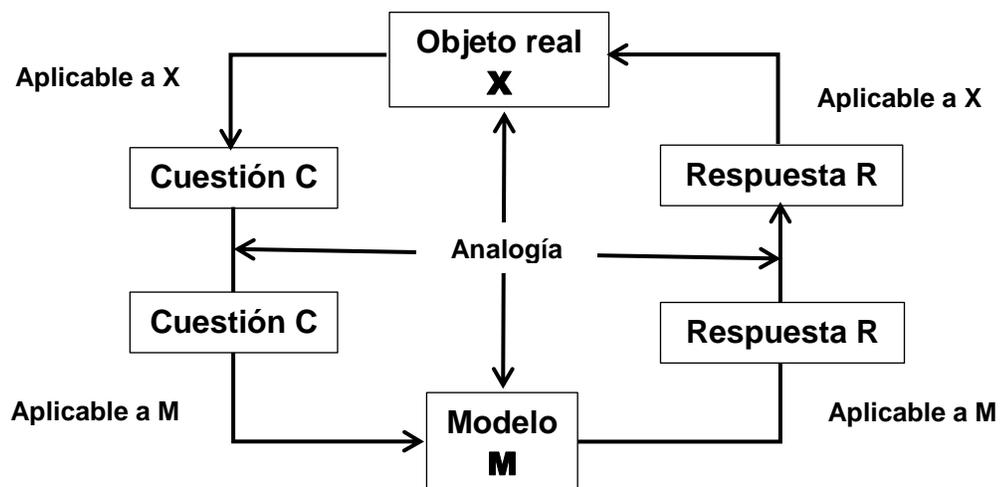
Machado Rivera (2004) presenta la modelización de la realidad desde la perspectiva de la práctica contable de acuerdo con el Esquema 10; mientras que Felicísimo Pérez (1994) lo presenta desde la óptica de la modelización digital como se observa en el Esquema 11. Las dos propuestas se permiten una manipulación y adaptación a múltiples circunstancias y su objetivo, en distintos ámbitos, es presentar una realidad teórica para explicar y predecir potenciales comportamientos, por lo que pueden ser formatos que se adapten a la intención del presente trabajo.

Esquema 10. Modelización de la realidad de acuerdo a Machado Rivera (2004)



Elaborado por Jesús Martín López López (2018) basado en esquema de Machado Rivera (2004).

Esquema 11. Modelización de la realidad de acuerdo con Felicísimo Pérez (1994)

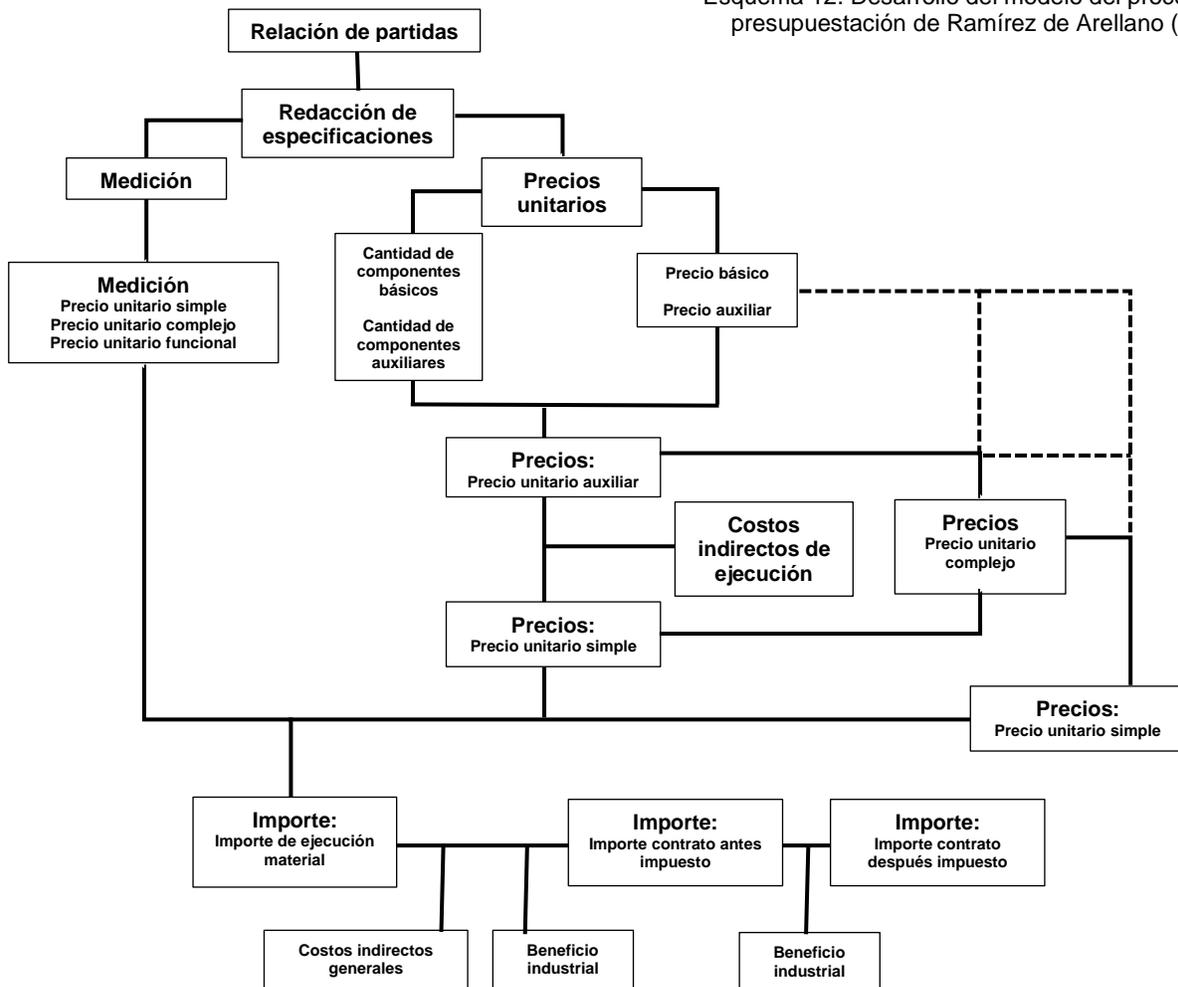


Elaborado por Jesús Martín López López (2017) basado en Felicísimo Pérez (1994).

Estos formatos nos posibilitan la perspectiva de que cuando los datos son consecuencia de un modelo, la predicción debe someterse a la contrastación con la realidad original para que sus resultados puedan ser generalizados y conformen un

esquema referencial para guiar la práctica a partir de datos que se corresponden con esa realidad.

Esquema 12. Desarrollo del modelo del proceso de presupuestación de Ramírez de Arellano (2002).



Elaborado por Jesús Martín López López basado en Antonio Ramírez de Arellano Agudo (2002).

Según García Almirall y otros (2010) la metodología de análisis para conseguir la funcionalidad de una herramienta de modelización se integra en diferentes etapas:

- Crear una estructura de datos a partir de un estudio de casos
- Relacionar la información correspondiente.
- Implementar rutinas para extraer información de la intersección de la información.

En esta necesidad de modelizar la realidad de la obra de construcción y sus posibles consecuencias negativas o positivas, es que Ramírez de Arellano (2002), desarrolla un proceso de presupuestación bajo el modelo del Esquema 12.

Este formato utilizado para presupuestación de obra de construcción permite conformar las bases para una estructura del modelo de caracterización por el tipo y cantidad de información que incluye en su proceso; lo cual es parte de pauta para la integración de los múltiples factores que han de conformar un modelo que tipifique y cuantifique residuos.

Cuando se hace referencia a que en este proceso se da una gran cantidad de factores, se habla de que una caracterización, tal como se describió en el punto 2.3 del Capítulo 2, implica acciones que pretenden determinar los atributos peculiares de algo para que sea claramente distinguible de los demás y permita identificar sus principales características como son componentes y propiedades. Es decir, es una fase descriptiva con fines de identificación que posibilita tanto la cualificación como la cuantificación de dichas características para establecer un significado o sistematizarlo.

Para el caso de los residuos de la construcción, la sola cuantificación del material y del empaque por separado puede deducirse con la aplicación de métodos indirectos de cálculo (Mercader Moyano, 2013) para determinar la cantidad de residuos de construcción en base a la medición de los elementos constructivos que los originan; como es el caso de los planteamientos de Ramírez de Arellano y Solís Guzmán (2006) que pretenden el valor de Q_i , que es la cantidad del concepto i en su unidad de medida específica y en la cual se considera un Volumen Aparente Construido de i (VAC_i) y un coeficiente de transformación (CC_i) de la cantidad del concepto i en VAC de donde se origina $VAC_i = Q_i \times CC$ y se obtiene $Q_i = VAC_i / CC_i$.

O el presentado por Mercader Moyano y Ramírez de Arellano (2013) en el cual se identifica a Q_r como la cantidad de desperdicio; a Q_m como la cantidad de material del cual se origina el desecho y a los coeficientes como CR para medir el insumo transformado en residuo; CC para convertir la unidad de medición del material en la unidad de medida del ítem objetivo; y CT para transformar la medición estándar del material en el estándar de medición del ítem objetivo. Es decir, ante la gran variedad de unidades de medición se hace conveniente normalizarlas para la obtención de resultados eficientes en su lectura y aplicación posterior.

Todos ellos basados en el estudio original de Antonio Ramírez de Arellano y otros (2002).

Bajo estas circunstancias, comprender la realidad de los residuos de la construcción en una acción preventiva pueden estudiarse por medio de herramientas metodológicas como el modelamiento matemático y la simulación, entre otras, ya que posibilitan el abordar y sistematizar una complejidad de variables para permitir una lectura más eficiente de dicha realidad. Además, podría considerarse que el modelo estaría inscrito, dentro de la teoría de los sistemas, como un sistema abierto tal como se muestra en el Esquema 13.

Esquema 13. Modelo bajo el concepto de sistema abierto.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

De cuáles son residuos que produce la industria de la construcción en México, a partir del análisis de la producción de vivienda de interés social en Saltillo, Coahuila.

CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

3.1 Introducción.

Como se ha presentado en los capítulos anteriores, base de todo modelo es la información de la realidad para posibilitar formas de predicción del comportamiento futuro de esa misma realidad. En el caso de la producción de los residuos puede ser un proceso a partir del cual se puede obtener un recurso económico potencial o bien, puede convertirse en un factor de polución; y para establecer cuál será su transformación final, es que debe tenerse en cuenta esta situación, desde la fase de diseño de la obra arquitectónica.

Para la obtención de datos sobre residuos de la construcción, Mercader Moyano (2010) establece que hay que definir el tipo de edificaciones a estudiar, sus características morfológicas, en este caso la correspondiente a la vivienda de interés social de una planta y un área construida menor a 50.00m²; así como sus características constructivas y los materiales utilizados, tal y como se determinó en el Capítulo 1.

Por lo tanto, para enmarcar y referenciar el comportamiento técnico-constructivo de la industria de la edificación, en Saltillo, Coah México; se efectuaron una serie de observaciones en viviendas de tipo medio, interés social, popular o similares a las motivo de este estudio; cuyos resultados quedaron registrados en el formato VE1-001.2016 y en el formato VE2-001.2016 (Ver Anexo 2. Formatos para llenado en la investigación de campo); el cual fue llenado a partir de encuestas aplicadas a los residentes de las viviendas, así como de la observación en situ de las condiciones físicas de esta tipología arquitectónica.

El primer análisis, de carácter histórico evolutivo, se realizó partir de las observaciones fueron realizadas en diferentes puntos de la ciudad para estar en condiciones de establecer puntos referenciales en cuanto a este tema; y aunque se tenían prospectado una aplicación de cien encuestas del formato mencionado tan sólo se llenaron los correspondientes a 61 domicilios, ya que se enfrentó el problema de la poca o escasa colaboración de los habitantes de 120 viviendas visitadas; por lo que se tomó la

decisión de cerrar el procedimiento con el número ya mencionado por cuestiones de tiempo (Ver Anexo 3. Encuestas aplicadas en la investigación de campo).

De las observaciones y encuestas aplicadas se obtuvieron resultados en cuanto a la composición de los diferentes componentes constructivos y materiales de la vivienda interés social; lo que permite, además, determinar los procedimientos constructivos aplicados en la edificación saltillense y que sirven como referencia para el posterior estudio y generación del modelo de caracterización. Estos datos obtenidos en campo fueron ordenados y sistematizados en la herramienta de ofimática Excel de Microsoft y, como se muestra en la Tabla 18.

La simbología de colores es con la intención de identificar las viviendas que comparten el mismo material. Para el caso, los datos correspondientes a la infer estructura, se omiten por no estar en condiciones de comprobar si la información que los usuarios presentan correspondía con la realidad; además que la totalidad de los entrevistados respondió que la cimentación era de tipo corrida (lineal), elaborada con concreto ciclópeo².

² El concreto ciclópeo es aquel que está formado por una mezcla cuyos pétreos se componen hasta en un sesenta (60) por ciento por fragmentos de roca con una masa máxima de treinta (30) kilogramos por pieza, que se colocan a mano embebidos en el concreto normal, en su lugar definitivo en la obra (Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Carreteras Federales, México).

Tabla 18. Ejemplo de hoja Excel para concentración de datos levantados en campo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
Muros Interiores																																							
Bloque de concreto																																							
Ladrillo de barro																																							
Panel yeso																																							
Muros Exteriores																																							
Bloque de concreto																																							
Ladrillo de barro																																							
Estructura																																							
Concreto simple																																							
Concreto armado																																							
Otros																																							
Techumbres																																							
Concreto armado																																							
Concreto aligerado																																							
Madera																																							
Lamina																																							
Otros																																							
Pisos																																							
Firme concreto																																							
Loseta vitrificada																																							
cemento																																							
Otros																																							
Recubrimiento interior																																							
Pasta de yeso																																							
Pasta cemento																																							
Pasta cal arena																																							
Estuco																																							
Ninguno																																							
Recubrimiento exterior																																							
Pasta cemento																																							
Pasta cal arena																																							
Estuco																																							
Otros																																							
Instalación Hidraulica																																							
Tubo Galvanizado																																							
Cobre																																							
PVC hidraulico																																							
Instalación Sanitaria																																							
PVC Sanitario																																							
PPR (Tuboplus)																																							
Puertas																																							
Madera																																							
Hierro																																							
Aluminio																																							
Ventanería																																							
Aluminio																																							
Madera																																							
Hierro																																							

Formato elaborado y llenado por Jesús Martín López López (2017), en base a la información recaba por equipos en campo en 2017.

El segundo análisis, es un estudio de los sistemas y materiales de construcción utilizados en el año 2017. Se aplica en un fraccionamiento de nueva construcción, que es representativo en la utilización de los insumos y de los procesos constructivos que se desarrollan en la ciudad de Saltillo, Coahuila y en México; en general.

Los resultados de estos estudios permiten establecer la realidad de la industria de la construcción en la localidad y en el país, lo que permite asegurar un mejor resultado en las apreciaciones que han de determinar los índices que se han de aplicar en el modelo de caracterización a partir de un desarrollo evolutivo de la industria.

3.2 Estudios referenciales.

Los estudios referenciales que han de dar las claves para el presente trabajo; están enfocados a determinar cuáles son los insumos o materias primas utilizadas en la edificación de la vivienda de interés social en México; así como cuáles son los procedimientos constructivos en los cuales se aplican.

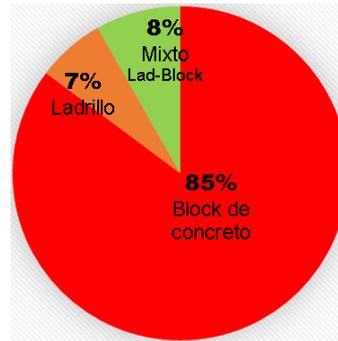
Como ya se mencionó, hemos de referirnos a dos aspectos que consideramos son aquellos que han de mostrar esta realidad, al menos en el caso de la ciudad de Saltillo, Coah el primero es una panorámica de lo que ha sido la industria de la construcción a lo largo de los diez años anteriores; y el otro es el caso de lo que es la industria de la construcción en la actualidad (2017).

90

3.2.1 Antecedentes constructivos en Saltillo, Coahuila, México.

Se realiza este análisis con la intención de determinar cuales ha sido los cambios reales efectuados en la industria de la construcción y verificar que es lo que se ha transformado; el insumo o los procedimientos constructivos. Así una vez contabilizada la información se obtuvieron los siguientes datos que se muestran en la Ficha descriptiva 1, definidos por Conceptos y Materiales de construcción.

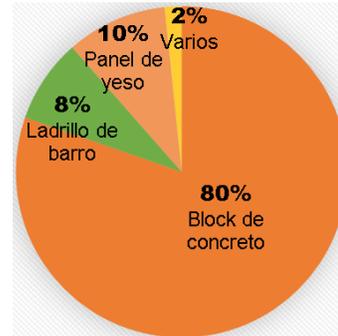
Muros exteriores.



Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Block de concreto.	52/61	=	85.25%
Ladrillo de barro cocido.	4/61	=	06.56%
Panel yeso.	5/61	=	08.19%

Especificaciones:	
Block de concreto.	Pieza de 0.15m x 0.40m x 0.20m, sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5, con boquillas (sisas) de un centímetro de ancho en promedio.
Ladrillo o tabique de barro cocido.	Pieza de arcilla fabricado artesanalmente de 0.15m x 0.20m x 0.07m, sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5 en boquillas (sisas) de un centímetro de ancho en promedio.
Mixto.	Utilización de una combinación de block de concreto y ladrillo de barro.

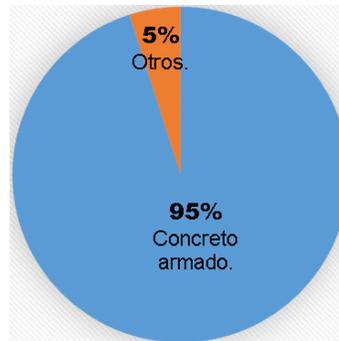
Muros interiores.



Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Block de concreto.	49/61	=	80.33%
Ladrillo de barro cocido.	5/61	=	08.20%
Panel yeso.	6/61	=	09.83%
Mixto.	1/61	=	01.64%

Especificaciones:	
Block de concreto.	Pieza de 0.15m x 0.40m x 0.20m, sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5, con boquillas (sisas) de un centímetro de ancho en promedio.
Ladrillo o tabique de barro cocido.	Pieza de arcilla fabricado artesanalmente de 0.15m x 0.20m x 0.07m, sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5 en boquillas (sisas) de un centímetro de ancho en promedio.
Panel yeso.	Panel de yeso (tablaroca o sheetrock) de ½" de espesor, de 1.22m x 2.44m montado en bastidor de perfiles metálicos de 0.10 m de ancho.
Mixto.	Utilización de una combinación de block de concreto y panel de yeso.

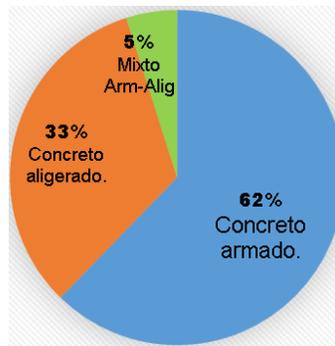
Estructura.



Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Concreto armado.	49/61	=	95.08%
Otros.	3/61	=	04.92%

Especificaciones:	
Concreto armado.	Mezcla de cemento gris, agregados pétreos (grava y arena) y agua; que en su fraguado tienen una resistencia promedio de $f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ en promedio con refuerzo de varillas de 3/8", 1/2" y 3/4" de diámetro.
Otros.	Se refiere al uso de una estructura básica de concreto armado, complementada con elementos de madera o de acero.

Techumbres.

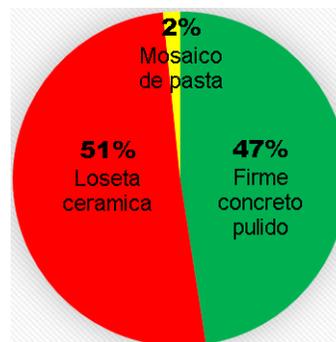


Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Concreto armado.	38/61	=	62.30%
Concreto aligerado.	20/61	=	32.78%
Mixto	3/61	=	04.92%

Especificaciones:

Concreto armado.	Mezcla de cemento gris, agregados pétreos (grava y arena) y agua; que en su fraguado tienen una resistencia promedio de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ en promedio con refuerzo de varillas de 3/8", 1/2" y 3/4" de diámetro.
Concreto aligerado.	Mezcla de cemento gris, agregados pétreos (grava y arena) y agua; que en su fraguado tienen una resistencia promedio de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ en promedio con refuerzo de varillas de 3/8", 1/2" y 3/4" de diámetro y casetones de poliestireno de 0.50m x 0.60m por 3" o 4" de espesor, como aligerantes.
Mixto	Se refiere al uso de una estructura básica de concreto armado, complementada con láminas de acero, madera u otros

Pisos.

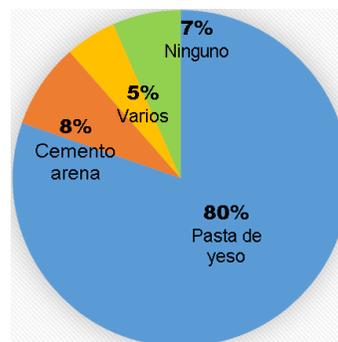


Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Firme concreto pulido.	29/61	=	47.54%
Loseta vitrificada.	31/61	=	50.82%
Mosaico pasta cemento	1/61	=	01.64%

Especificaciones:

Firme concreto pulido.	Piso de concreto simple de 0.10 m de espesor máximo, con acabado de cemento pulido en su superficie.
Loseta vitrificada.	Losetas de barro cocido, gress u otras mezclas de producción industrializada con acabado vitrificado de diferentes dimensiones sentados con adhesivo industrializado modificado base cemento Portland blanco y aditivos químicos con nanotecnología; y boquilla no menor de 3 mms
Mosaico pasta cemento	Loseta de concreto de cemento pigmentado de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$, de elaboración artesanal de 0.30m x 0.30m x 0.025m. sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5, con boquillas (sisas) de 7 mms de ancho en promedio

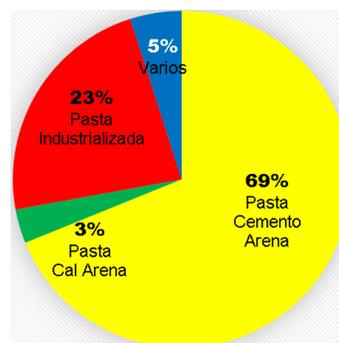
Recubrimientos interiores.



Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Pasta de yeso	49/61	=	80.32%
Pasta cemento arena	5/61	=	08.20%
Varios	3/61	=	03.28%
Ninguno	4/61		06.56%

Especificaciones:	
Pasta de yeso	Mezcla de yeso y agua
Pasta cemento arena	Mezcla de cemento con arena gruesa o fina en proporciones de 1:4 o 1:5 yagua.
Varios	Mezclas elaboradas con cal-arena, aplanado industrializado y otros.
Ninguno	Acabado aparente de los muros.

Recubrimientos exteriores.



Insumo principal.	Unidades / Total		Porcentaje
Pasta cemento-arena.	42/61	=	68.85%
Pasta cal-arena.	2/61	=	03.28%
Pasta industrializada.	14/61	=	22.95%
Varios.	5/61	=	

Especificaciones:	
Pasta cemento-arena.	Mezcla de cemento con arena gruesa o fina en proporciones de 1:4 o 1:5.
Pasta cal-arena.	Mezcla de cal con arena gruesa o fina.
Pasta industrializada.	Pasta modificada base cemento Portland blanco y aditivos químicos.
Varios.	

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Este primer acercamiento nos permite visualizar la tendencia que la industria de la construcción local ha tenido al inicio de este siglo XXI, ya que cabe aclarar que las viviendas descritas, corresponden a construcciones con una antigüedad no mayor de diez años. También es de resaltar que los aspectos definidos para llevar a cabo estas observaciones se refieren a las etapas que se consideran, hipotéticamente, mayormente productoras de residuos en la edificación de vivienda que son: la de sistema estructural (cimentación), la de obra negra (muros, instalaciones básicas, estructura menor y cubiertas), así como la de acabados (interiores y exteriores en muros y cielos).

Conclusiones Análisis 1.

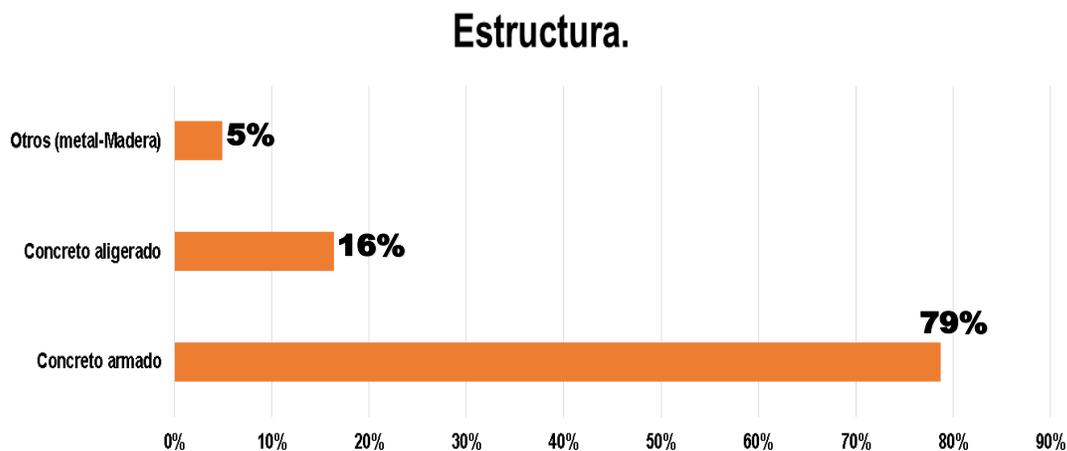
Las conclusiones a que se llega en este primer acercamiento referencial, que describe la tendencia constructiva saltillense evidencian lo siguiente:

Estructura:

Como ya se mencionó anteriormente, se detectó en base a las encuestas realizadas, mas no a la observación debido a la imposibilidad de hacerlo, que la totalidad de las viviendas visitadas establecen su fundamentación bajo el sistema de cimentación corrida o lineal de concreto ciclópeo (concreto y piedra de diámetro mayor a 8”) de 0.60m a 0.80m de ancho y un promedio de un metro de profundidad.

La estructura menor está constituida por elementos verticales y horizontales como cerramientos, castillos y refuerzos en vanos, armados con estructuras de varillas de acero corrugado y liso, prefabricados in situ. En este caso los principales insumos serían: cemento, arena, grava, agua, piedra, varilla lisa, varilla corrugada, malla electrosoldada y alambre recocado como se muestra en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Principales componentes de la estructura de la vivienda popular y de interés social en Saltillo, Coahuila, México construida después de 2017.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

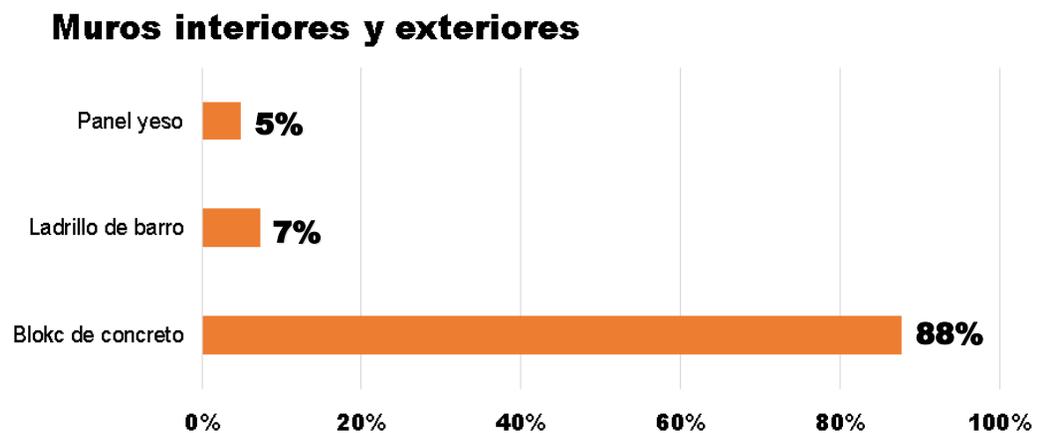
De acuerdo con la información contenida en la gráfica anterior, podemos determinar que el material preponderante en el sistema estructural (cimentación,

estructura menor y techumbre), es el concreto armado, masivo o aligerado con casetones de poliestireno expandido.

Obra negra o albañilería.

Los muros exteriores e interiores están elaborados principalmente de block de concreto y ladrillo hecho a mano; sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5, con boquillas de un centímetro de ancho en promedio. Los principales insumos serían: block de concreto, ladrillo, cemento, arena, agua, panel de yeso, estructura de perfiles laminados para panel de yeso, resanador para panel de yeso y pijas de fijación en los porcentajes que se ven en la Gráfica 2.

Gráfica 2. Principales componentes en los acabados de la vivienda popular y de interés social en Saltillo, Coahuila México, construidas después de 2017.



Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

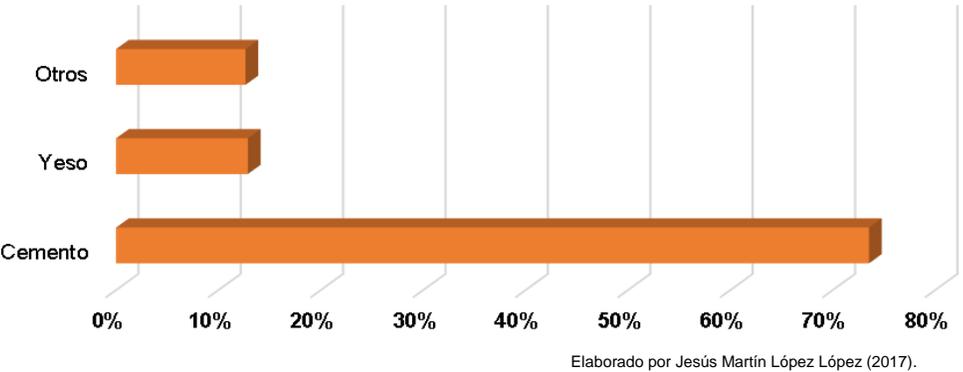
Esta gráfica permite determinar que los materiales preponderantes en la fabricación de elementos verticales divisorios y de carga, los muros; se integran insumos como el concreto o a las pastas y morteros elaborados a partir del cemento.

Acabados.

Están constituidos principalmente por empastados o enlucidos cuyas características propician superficies lisas y poco porosas, como los utilizados en interior a base de yeso o en el exterior en base a cemento. Los principales insumos serían: cemento, arena, agua, yeso o productos industrializados en base de cemento para aplanados, losetas cerámicas, mosaicos de pasta y otros que se muestran la gráfica 3.

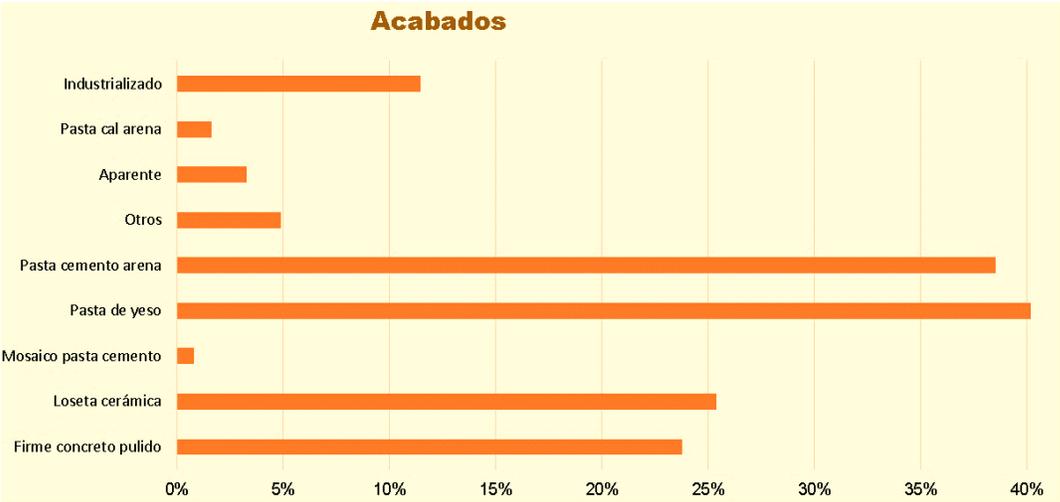
La gráfica muestra un espectro más amplio de posibilidades de uso de materiales en lo referente a los acabados, tanto interiores como exteriores; sin embargo, también hace evidente que la mayor parte de ellos está elaborado a partir del cemento o de productos que contienen cemento en su fabricación como son algunos adhesivos de loseta cerámica o recubrimientos industrializados, lo que incrementa el porcentaje de utilización del cemento.

Gráfica 3. Productos básicos de la construcción de la vivienda popular y de interés social en Saltillo, Coahuila, México, construida después de 2017.



Los resultados de los insumos que se utilizan en el proceso constructivo, anteriormente descritos, se resumen en la Gráfica 3, que muestra los productos básicos que se aplican en la construcción de vivienda en México, a partir del caso de lo que sucede en Saltillo, Coahuila.

Gráfico 4. Principales insumos de la vivienda de interés social en México.



Elaborado por Jesús Martín López López

Con los datos mostrados, podemos determinar que, al menos en la última década del presente siglo; en la ciudad de Saltillo, Coah se ha estado construyendo la vivienda popular y de interés social bajo dos aspectos importantes de resaltar:

Los sistemas constructivos, de manera general, se corresponden a los tradicionales que proceden desde fines del siglo pasado con las siguientes consecuencias, no evidenciadas en el trabajo de investigación de campo, pero si conocida por los investigadores como son:

- Mano de obra de baja calificación.
- Gran desperdicio de materia prima por una mala aplicación de los productos de nueva generación, como son los recubrimientos en pasta industrializada.
- Gran producción de residuos.
- Residuos generalmente contaminados.

Una producción sin control administrativo y ambiental en cuanto a la gestión de los residuos, ya que los entrevistados manifestaron tener el conocimiento del destino de los escombros producidos por la construcción de sus viviendas que son utilizados, en primera instancia, para rellenos de la misma construcción o bien para otras obras; son llevados a también, tiraderos a cielo abierto en cauces de arroyos y terrenos baldíos (ilegales) y solo cuatro de los 61 entrevistados (6.6%), contrataron el servicio de un camión materialista que desalojara dichos escombros de su obra, en el vertedero municipal.

El material para la construcción de la vivienda está determinado por la aplicación del cemento o los productos elaborados a partir del cemento como materia prima principal como es el caso de concretos, pastas, morteros y recubrimientos industrializados. Esto nos demuestra que el principal residuo de la industria de la construcción en Saltillo, Coah y en México en general; han sido los procedentes del cemento, situación que se conocía, pero que en este estudio se hace evidente.

3.2.2 Vivienda de nueva construcción en Saltillo, Coahuila, México.

La nueva edificación de la Vivienda de Interés Social en Saltillo, Coah ha evolucionado a sistemas menos tradicionales, sin embargo, y de acuerdo con las entrevistas que se realizaron en sitio, tanto con supervisores de obra, así como con albañiles que intervienen en la materialización de las viviendas, el procedimiento constructivo aplicado por las constructoras locales se sigue llevando a cabo de manera casi artesanal.

La producción existente dentro este último decenio del siglo XXI, en la edificación de la vivienda de interés social, esta estandarizada en cuanto a características morfológicas, sistemas constructivos y materiales utilizados por las diferentes compañías constructoras en Saltillo; situaciones que son muy similares o en su gran mayoría son los mismos. Bajo estas condiciones se encuentran tres de las principales promotoras y constructoras de vivienda de interés social en la región sureste del Estado, como son DAVISA, RUBA y SERVER y de las cuales se presentan algunos de sus productos más importantes en la Ficha descriptiva 2.

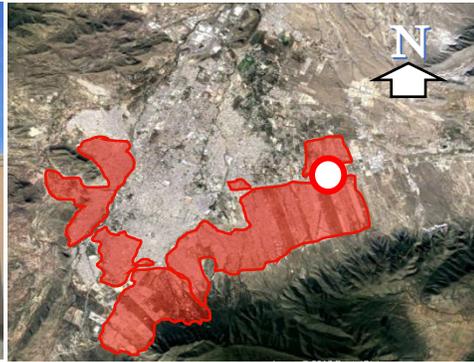
Ficha descriptiva 2. Características de las viviendas de interés social de las tres principales promotoras y constructoras de vivienda en Saltillo, Coah (2017).

Constructora RUBA.			
Modelo	Cedro	Características funcionales	Dos recámaras, cocina, un baño, sala-comedor, patio de servicio y cochera para un vehículo.
Superficie cubierta	46.00m²	Materiales:	Estructura de concreto armado, muros de block de concreto, piso cerámico, acabados interiores de aplanado de yeso, acabados exteriores de recubrimiento industrializado de base cemento, carpintería de aluminio en ventanas, puertas interiores de tambor de caobilla, puerta principal de tambor y marco de madera cubierta de acero color blanco
			

Fuente de imágenes y de datos de las viviendas, sitio web de la empresa constructora <http://www.ruba.com.mx> (2016).
Plano de ubicación elaborado por Jesús Martín López López (2017)

Constructora SERVER.

Modelo	Girasol	Características funcionales	Dos recámaras, cocina, un baño, sala-comedor, patio de servicio y cochera para un vehículo.
Superficie cubierta	51.30m²	Materiales:	Estructura de concreto armado, muros de block de concreto, piso cerámico, acabados interiores de aplanado de yeso, acabados exteriores de recubrimiento industrializado de base cemento, carpintería de aluminio en ventanas, puertas interiores de tambor de caobilla, puerta principal de tambor y marco de madera cubierta de acero color blanco.



Fuente de imágenes y de datos de las viviendas, sitio web de la empresa constructora www.gruposerver.com (2016).
Plano de ubicación elaborado por Jesús Martín López López (2017)

99

Constructora DAVISA.

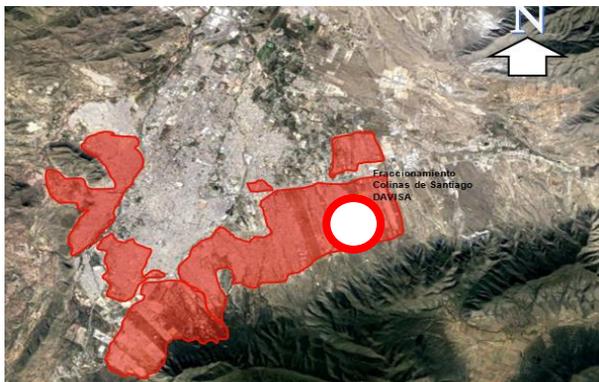
Modelo	Dalia	Características funcionales	Dos recámaras, cocina, un baño, sala-comedor, patio de servicio y cochera para un vehículo.
Superficie cubierta	49.40m²	Materiales:	Estructura de concreto armado, muros de block de concreto, piso cerámico, acabados interiores de aplanado de yeso, acabados exteriores de recubrimiento industrializado de base cemento, ventanería de aluminio, puertas interiores de tambor de caobilla, puerta principal de tambor y marco de madera cubierta de acero color blanco con paneles grabados.



Fuente de imágenes y de datos de las viviendas, sitio web de la empresa constructora <http://viviendadavisa.com.mx/> (2016).

Constructora DAVISA.			
Modelo	Tulipán	Características funcionales	Dos recámaras, cocina, un baño, sala-comedor, patio de servicio y cochera para un vehículo.
Superficie cubierta	44.00m²	Materiales:	Estructura de concreto armado, muros de block de concreto, piso cerámico, acabados interiores de aplanado de yeso, acabados exteriores de recubrimiento industrializado de base cemento, carpintería de aluminio en ventanas, puertas interiores de tambor de caobilla, puerta principal de tambor y marco de madera cubierta de acero color blanco con paneles grabados.
			

Fuente de imágenes y de datos de las viviendas, sitio web de la empresa constructora <http://viviendadavisa.com.mx/> (2016)



Plano de ubicación elaborado por Jesús Martín López López (2017).

100

Como se puede apreciar con los casos anteriormente presentados, las tipologías funcionales como son distribución de espacios, relaciones espaciales y habitabilidad; las formales como es su geometría, volúmenes y estética; así como las características constructivas, prácticamente son las mismas; por tal motivo, este análisis se ha de basar en la descripción constructiva de una de ellas.

Para ello, hemos de describir el proceso constructivo y las especificaciones que rigen la construcción de las viviendas de un fraccionamiento de interés social situado al sur oriente de la ciudad de Saltillo, Coah. México; desarrollado por una de las más importantes constructoras de la localidad; procesos con los cuales coinciden en más de un 95% los aplicados en otros conjuntos habitacionales.

Se han de describir las diferentes etapas constructivas, así como los materiales utilizados, sus especificaciones y volúmenes de obra; para de esta manera, obtener una perspectiva más de las posibilidades que el proceso constructivo tiene de generar residuos. El análisis se describe de acuerdo con las diferentes etapas del proceso constructivo y así se enumeran en la Ficha descriptiva 3.

Ficha descriptiva 3. Descripción del proceso constructivo y especificaciones generales de la vivienda de interés social del Fraccionamiento seleccionado, datos recogidos in situ en base a la observación (2017).

Partida	Descripción.
Movimientos de tierras	Ejecución de los movimientos de tierra necesarios para adecuar un área a los niveles previstos para la construcción de las viviendas; que incluye el desalojo de los materiales inadecuados que se encuentran en las áreas sobre las cuales se va a construir y su disposición final. También incluye el insumo de material de relleno, así como la conformación y compactación, de los mismos, en las áreas donde se realizará la obra.
Residuos	
Posibles	
	
Movimiento de tierras para generar plataformas de desplante de viviendas del Fraccionamiento (2017).	
Fotografía	
Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

101

Partida	Descripción.
Trazo y nivelación	Actividades ejecutadas con equipo topográfico para definir los límites de la poligonal, alineamiento, restricciones, niveles de terreno natural y de proyecto que han de definir puntos, distancias, ángulos y cotas para que sean marcados en el terreno y sirvan de localización de los puntos horizontales y verticales necesarios para la edificación de las viviendas.
Residuos	
Ninguno	
	
Plataformas disponibles para el trazo urbano, de lotes y viviendas del Fraccionamiento (2017).	
Fotografía	
Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.
Cimentación	<p>Consiste en sistema superficial tipo losa de cimentación de 0.30m de espesor con dentellones; de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$ premezclado en planta, con agregado grueso de $3/4''\text{Ø}$ como máximo y revenimiento de 0.08m; armada con varillas de $5/16''\text{Ø}$, a cada 0.20m en ambos sentidos; floteado con lana larga y pulido con lana metálica; en la cual quedan ahogadas las instalaciones hidráulicas y sanitarias, algunas instalaciones eléctricas, así como los anclajes de la estructura menor como los castillos de concreto.</p>
Residuos	
Posibles	
	
<p>Losa de cimentación, anclajes estructurales e instalaciones básicas de las viviendas del Fraccionamiento (2017).</p>	
<p>Fotografía Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)</p>	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.
Instalación hidráulica	<p>Línea de agua en tubo hidráulico termofundido de polipropileno copolímero Random/PP-R (NMX-E-226/2-CNCP-2007) marca TUBOPLUS de la empresa ROTOPLAS, de $3/4''\text{Ø}$ y $1/2''\text{Ø}$, ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.</p>
Residuos	
Posibles	
Instalación sanitaria	<p>Línea de drenaje sanitario en tubo de PVC (Policloruro de vinilo, NMX-E-215/1-1994-SCFI) marca FUTURA, REXOLIT o similar de $2''$ y $4''\text{Ø}$ cementada, ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.</p>
Residuos	
Posibles	
Instalación de gas	<p>Línea de gas en tubo de cobre tipo L (NMX-W-018-SCFI-2016) marca NACOBRE o similar de $1/2''\text{Ø}$, unidos por soldadura estaño-antimonio (95/5), ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.</p>
Residuos	
Posibles	
Instalación eléctrica	<p>Línea de cables eléctricos calibre 12 y 14 (NOM-001-SEDE-2012) marca Condumex o similar, en tubo conduit de plástico naranja de $1/2''\text{Ø}$ y $3/4''\text{Ø}$, ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.</p>
Residuos	
Posibles	
	
<p>Instalaciones básicas (Hidráulica, sanitaria, gas y eléctrica) de viviendas del Fraccionamiento (2017)</p>	
<p>Fotografías Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)</p>	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.	
Muros	Muros de block industrializado de concreto de 0.15m x 0.40m x 0.20m de fabricación propia, sentado con mortero cemento-arena proporción 1:5, elaborado en obra o con mortero industrializado Uniblock de la marca CEMIX; colocado a mezcla cortada, proceso de carácter manual, correspondiente a la instalación de 12 hiladas de blocks de altura, para evitar desperdicio.	
Residuos		
SI		
		
Almacenaje de block de concretos y construcción de muros de viviendas Fraccionamiento (2017)		Fotografías Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.	
Estructura menor	Castillos y cerramientos de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$ fabricado en sitio en revolvedora de un saco, con agregado grueso de 3/4" Ø máximo, revenimiento de 0.12m. Castillo ligero: armado de una varilla de 5/16" Ø ahogada en hueco del block del muro a cada 1.20m. Castillo pesado: armado con elementos prefabricados electrosoldados de varillas corrugadas grado 60 y estribos (anillos) de acero liso grado 50, de 0.15 x 0.15 m, modelo ARMEX de la marca DeAcero.	
Residuos		
SI		
		
Estructura menor (Castillos y cerramientos) de viviendas del Fraccionamiento (2017).		Fotografías Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.	
Cubierta	Sistema vigueta-bovedilla prefabricada, de elaboración propia. Vigueta longitudinal de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$, con refuerzo adicional de alma abierta de acero corrugado y patín de 0.05 m. para recepción de bovedilla. La bovedilla es de concreto de cuatro huecos; con recubrimiento de compresión de 0.04m de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$; para un espesor de 0.19m total.	
Residuos		
SI		
		
Techumbre de vigueta y bovedilla de concreto para cubierta de viviendas del Fraccionamiento (2017)		Fotografías Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.
Acabados interiores	Muros y cielos de la vivienda en general con aplanados de pasta de yeso MAXIMO (NOM.018-ENER-2011) y agua; aplicados a talocha (sin muestras) con espesor promedio de 0.02m promedio.
Residuos	
SI	
	
Acabados interiores de aplanado de yeso en viviendas Fraccionamiento (2017).	
Fotografías	
Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Partida	Descripción.
Acabados interiores	Pisos y zonas húmedas (baño y cocina): Loseta cerámica colocada con adhesivo en polvo para hidratación (pega piso o pega azulejo de las líneas de CEMIX, BEXEL o similar), con emboquillado de las mismas líneas de los adhesivos.
Residuos	
Mínimo	
Azoteas	Cubierta de sistema vigueta-bovedilla prefabricada. Vigueta longitudinal de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$, con refuerzo adicional de alma abierta de acero corrugado y patín de 0.05 m. para recepción de bovedilla. La bovedilla es de concreto de cuatro huecos; con recubrimiento de compresión de 0.04m de concreto $f'c=200\text{Kg/cm}^2$; para un total de 0.19m de espesor total.
Residuos	
SI	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

104

Partida	Descripción.
Acabados exteriores	Recubrimiento industrializado en base cemento para acabado en muros y cielos de la línea CEMIX o similar. Detalle de loseta cerámica colocada con adhesivo en polvo para hidratación (pega piso o pega azulejo de las líneas de CEMIX, BEXEL o similar), con emboquillado de las mismas líneas de los adhesivos.
Residuos	
Mínimo	
	
Acabados exteriores en viviendas Fraccionamiento (2017).	
Fotografías	
Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017)	

Formato elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Conclusiones Análisis 2.

El análisis efectuado nos determina que los insumos de mayor volumen, aplicados a la construcción en este tipo de viviendas son los que se describen en la Tabla 19.

Tabla 19. Principales insumos de la vivienda de interés social contemporánea en México (2017).

Concepto	Cemento	Grava	Arena	Agua	Varilla corrugada	Alambre	Alambrón	Block concreto	Uniblok CEMIX	Vigüeta	Bovedilla	Yeso	Loseta	Adhesivo loseta	Emboquillador	Impermeabilizante	Recub. Industrial.
Cimentación																	
Muros																	
Estructura menor																	
Losa																	
Acabados interiores																	
Acabos exteriores																	
Azoteas																	

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

En el concentrado anterior, se puede observar que prevalece el uso de productos basados para su construcción, a partir del cemento, ya sean estos industrializados o bien preparados en el sitio, lo que nos permite referirnos al análisis histórico realizado de las construcciones en Saltillo; y nos demuestra que dicha tendencia es aún vigente dentro del proceso constructivo contemporáneo.

Así mismo, dentro de las observaciones realizadas en este conjunto habitacional, se detectó que, aun y cuando se depende en menor volumen de la producción de insumos elaborados en la obra, si se generan residuos de consideración, principalmente en el manejo de los productos como blocks; así como en el proceso de levamiento de muros de block de concreto, colocación de bovedilla y en la aplicación de acabados de yeso en los interiores, como se observa en la Imagen 3.

Imagen 3. Residuos por el manejo de insumos en almacenaje y en proceso constructivo de la vivienda de interés social (2017).



Autor: Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017).

Se puede evidenciar la cantidad de basura producto del embalaje de insumos como como bultos de cemento, yeso y adhesivos; cajas y empaques de losetas cerámicas y azulejos, aparatos sanitarios, válvulas y otros; así como los plásticos protectores, cintillas de dichos empaques y envases de bebidas. Todos ellos mezclados con tierra del sitio producto de excavaciones menores conjuntamente con madera residual de cimbrados y tarimas de transportación de block, viguetas y bovedillas de concreto como se ve en la Imagen 4.

106

Imagen 4. Residuos producidos por el embalaje de los insumos de la construcción de la vivienda de interés social (2017).



Autor: Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017).

A manera de conclusión, se puede decir que el mayor impacto que se genera en la producción de residuos a partir de la edificación de la vivienda de interés social, son los derivados del cemento como concretos, pastas y morteros ya sean estos elaborados en obra o de origen industrial. A menor escala, se pueden distinguir los derivados del yeso, sobre todo como desperdicio de empastados como se aprecia en la Imagen 5.

Imagen 5. Residuos menores por la aplicación de acabados de yeso en viviendas de interés social (2017).



Autor: Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017).

Todo este conjunto de residuos de la construcción se va concentrando en vertederos provisionales, como se ve en la Imagen 6 que en muchas ocasiones se transforman en vitalicios; en el mejor de los casos son transportados al tiradero municipal y en muchas ocasiones a cauces de arroyos con las futuras consecuencias negativas de impacto medio ambiental.

Imagen 6. Depósitos provisionales de residuos.



Autor: Elvia Patrocinio Elizalde Ortiz (2017).

CAPÍTULO 4. BASES PARA UN MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

De los factores de organización para la elaboración de un modelo de caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda de interés social en México.

CAPÍTULO 4. BASES PARA UN MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

4.1 Fundamentos.

Las empresas que mejor superan sus problemas, son aquellas que aprenden a ver los problemas cuando ocurren, los hacen visibles y los solucionan inmediatamente dónde y cuándo ocurren (Pons Achell, 2014); condiciones que se pueden implementar en la industria de la construcción, a partir de la caracterización de sus residuos, como un primer paso para evitar vectores de contaminación procedentes de esta industria, así como para lograr una mayor eficiencia en el consumo de los insumos propios de la edificación de la vivienda y evitar condiciones económicas y ambientales negativas.

A pesar de que los materiales representan una parte importante del costo directo de las obras (Galarza Meza, 2011), la información disponible sobre el control de los mismos es escasa. Para Soibelman (2003) el desperdicio en la industria de la construcción no sólo es el material, también lo son el equipo, el trabajo, la mano de obra, el capital, y todo lo que se usa más de lo necesario en el proceso constructivo ya que no está generando un valor agregado o un valor al producto final; y agrega que la forma práctica de entender el desperdicio es clasificarlo.

De ahí que es importante modelizar la realidad de los procesos constructivos, en esquemas que permitan vislumbrar desde etapas tempranas, los posibles riesgos e impactos tanto ambientales como económicos, que la obra constructiva pueda presentar. Para ello se hace necesario crear instrumentos de evaluación teóricos, físicos o informáticos que posibiliten la adecuada toma de decisiones en los procesos de construcción a través de la descripción de los insumos, sus aplicaciones y consecuencias en los procesos de edificación, así como sus características.

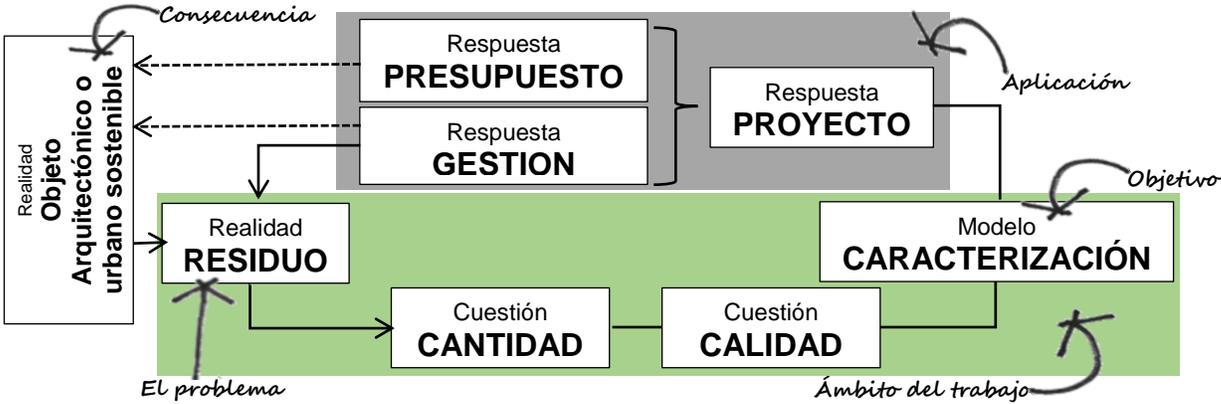
Pons Achell (2014) considera que, para la aplicación de metodologías, como Lean Construction, en los procesos de la generación proyectual y de materialización de una edificación; se debe involucrar a los principales agentes implicados como diseñadores o proyectistas, constructores y promotores para determinar las condicionantes tanto del proyecto arquitectónico como del proyecto ejecutivo; en función de las características que

le aporten valor. Este proceso inicia en la etapa proyectual, en donde además de concebir función y forma, se calcula el costo de construcción según especificaciones definidas de materiales y procesos. Es a partir de esta etapa donde se debe asumir cuales descripciones y actividades que se han de aplicar son improductivas y no añaden valor al producto final; incluso cuales son de afectación medioambiental.

Para este trabajo, la filosofía de Lean Construction es aplicable, ya que sus preceptos implican la búsqueda de minimizar, entre otras cosas, el monto de residuos producidos en la materialización de un objeto arquitectónico o urbano, con lo que se logra estructurar el proceso constructivo maximizando el valor y minimizando los desperdicios; lo que da por resultado un proyecto integrado, en el cual se tiene control total desde la conceptualización hasta la materialización del edificio (Pons Achell, 2014).

En primer lugar, para este trabajo hemos de referirnos a los Esquemas 10 y 11 referenciados en el Capítulo II, de los cuales obtenemos el patrón base sobre el que se ha de desarrollar el modelo de caracterización graficado en el Esquema 14.

Esquema 13. Patrón base de desarrollo del modelo de caracterización de residuos.

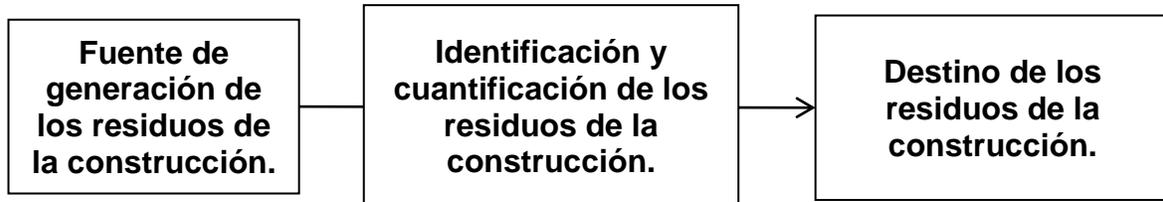


Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

El patrón anterior debe corresponderse con flujos de actividades y de información necesarias, que permitan un más completo desarrollo de los objetivos que se persiguen; en este caso la caracterización previa de las materias primas que intervienen en la edificación de sus posibles residuos consecuencia del proceso constructivo. Por tal

motivo, al esquema anterior, conjuntamos lo que Martel Vargas (2008) bosqueja como el proceso de cuantificación y caracterización de los residuos de la construcción bajo el diagrama de flujo mostrado en el Esquema 15.

Esquema 14. Flujo de información requerida en el análisis de los residuos de la construcción.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

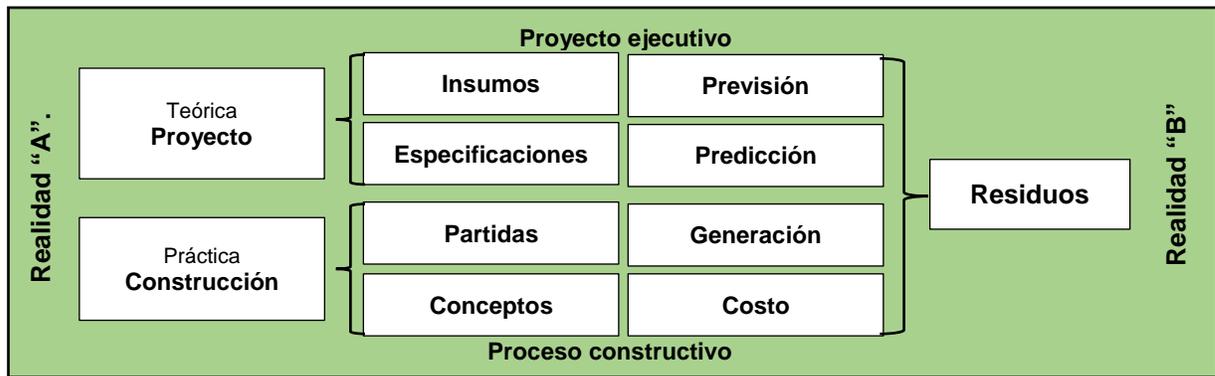
Es decir, el modelo debe responder a la identificación del origen del problema; ya que si se indaga en la fuente de generación de los residuos, que en realidad es la concepción intelectual de proyecto arquitectónico o urbano; se determina su gestión aun antes de producirse debido a que es en esa etapa donde se pueden definir a las materias primas y procesos constructivos que se han de aplicar en la fabricación de los diferentes componentes del objeto arquitectónico de los cuales se pueden producir residuos.

112

Se parte de la estructura planteada en el Esquema 15, que nos permite visualizar una correlación de los aspectos intelectuales con la realidad tangible del proceso de materialización del objeto arquitectónico, con sus consecuencias positivas y negativas. En dicho esquema se establecen los dos procesos que hacen realidad una edificación. Por un lado, la concepción teórica o proyecto arquitectónico y ejecutivo; por el otro la del proceso edificatorio o actividad constructiva, siendo la primera la etapa la que permite visualizar las posibilidades de comportamiento de los insumos aplicados a la construcción.

Bajo este planteamiento es que se fundamenta, en una primera instancia, el modelo de caracterización de los residuos de la construcción, ya que nos permite visualizar como el proceso nos lleva de una Realidad "A" a una Realidad "B" según se muestra en el Esquema 16.

Esquema 15. Correlación de los factores que intervienen en la producción de los residuos de la construcción.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

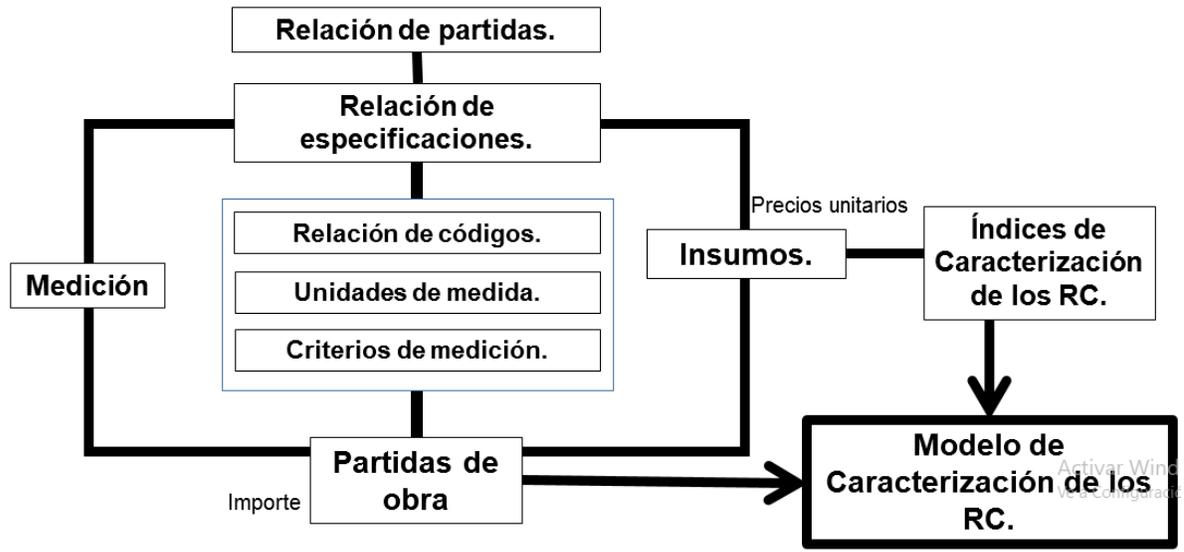
El modelo de caracterización se basa principalmente en los instrumentos de sincronización de datos planteado por Ramírez de Arellano y otros (2002) y que se exponen en el Esquema 4. Tienen como cometido determinar, bajo condiciones controladas, la realización de formatos de seguimiento, codificación y determinación de indicadores que posibiliten las acciones necesarias para caracterizar los residuos de la construcción de la vivienda en México, a partir de modelos de presupuestación existentes, que ya analizan la posibilidad de generación de residuos en la industria de la construcción.

113

Aunque la intención inicial del procedimiento de Ramírez de Arellano es el de establecer en presupuestos de obra el impacto económico de los residuos de la construcción; en este caso se adecua a los planteamientos que han de posibilitar la determinación de los componentes base (Insumos) de las etapas constructivas (Partidas de Obra), que hacen posible la materialización de un objeto arquitectónico con la integración constructiva de elementos (Conceptos de Obra) como se ve en el Esquema 17.

A lo largo de los últimos años, este modelo de identificación de residuos ha sido punto de partida para otros; tanto dentro del área de la presupuestación como son los de Ponce Bernal (2016) y De Montes Delgado (2007); como los del área medioambiental como es el caso de Mercader Moyano (2010 y 2013) y Solís Guzmán (2009), entre otros. Lo que viene a comprobar la eficiencia de dicho procedimiento en diferentes ámbitos.

Esquema 16. Flujo de información para determinar Insumos, Partidas de Obra e Índices de Caracterización.



Adecuación realizada por Jesús Martín López López (2018) al esquema de Antonio Ramírez de Arellano Agudo (2002).

Las condiciones que se plantean en la propuesta de Ramírez de Arellano (2002), permiten evidenciar de manera clara y precisa los insumos que se utilizan en los diferentes componentes del objeto arquitectónico; los cuales generalmente son plasmados en los formatos de presupuestación y se hacen evidentes en los catálogos de especificaciones.

114

Dichos documentos son generados en el período proyectual de la obra constructiva, dentro de las etapas de diseño, por lo cual el modelo para la caracterización de los posibles residuos de la etapa de construcción debe permitir visualizar resultados futuros de carácter medioambiental y económico, a partir de la identificación de las consecuencias de la utilización de determinadas materias primas consideradas en la etapa del proceso intelectual y de toma de decisiones.

Se complementa este trabajo con la aplicación de los coeficientes de producción de residuos de la construcción determinados en los trabajos de Ramírez de Arellano (2002, ver anexo 1), de Solís Guzmán y otros (2009, ver anexo 4) y de Mercader Moyano (2013, ver anexo 5), complementándose con los que se obtiene en este estudio; los que

han de integrarse al proceso de identificación de la producción de los residuos de la industria de la construcción.

Para efectos de este trabajo, es que se diseñan los formatos de llenado y de proceso del modelo, así como la codificación pertinente a los objetivos establecidos. Por lo que en consecuencia de la esquematización de las Tablas 13, 14 y 15 de este Capítulo iniciamos con el análisis de la etapa teórico-conceptual u origen del problema por lo que, a continuación, se muestra el proceso de diseño de formatos y el establecimiento de la identificación correspondiente a cada uno de los componentes de este proceso.

4.2 Codificación.

Ramírez de Arellano (2002) comenta la conveniencia de dividir el problema en partes manejables, con la intención de abordarlas y operarlas de forma organizada; lo cual permite una planeación más estable para la consecución de los objetivos establecidos para la construcción de un modelo.

115

Esta conveniencia de organizar y sistematizar la información acerca de los residuos de la construcción nos conduce a establecer y diseñar códigos de identificación y formatos de concentrado de datos y de proceso de resultados. Por tal motivo, se hace referencia a la utilización de formatos que permiten la organización conceptual de la obra constructiva, así como de los identificadores de clasificación de insumos, que a fin de cuentas son la fuente origen de los residuos.

Como la diversidad de formas desarrolladas por diferentes instancias en base a diferentes situaciones es amplia, para el presente trabajo se considera que código es un sistema de símbolos utilizados para representar una información (Junta de Andalucía, 2017 p. 3) que generan un conjunto de categorías relacionadas con sus propiedades ajustadas a datos para que estén en condiciones de funcionar al integrarlas en un proceso teórico, por lo cual para alcanzar el objetivo establecido la codificación a presentar es abierta fundamentada en el propósito del trabajo.

Para ello se hace referencia a los sistemas ya utilizados de manera general por los profesionales de la industria de la construcción, así como a los diseñados por los

autores y dependencias, con la intención de estandarizar formatos tanto dentro de los marcos regionales como internacionales, lo cual puede dar a su validez un mayor alcance.

Bajo este tenor y para llevar a cabo la caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda de interés social, se hace referencia al modelo de organización de presupuestos, clasificación de partidas o actividades de obra; establecidas en los formatos de presupuestación regionales, de tres fuentes principales como son la construcción de Pie de Casa que utiliza el Instituto de la Vivienda del Gobierno del Estado de Coahuila, el de uso común con que operan los constructores en general, así como el de las constructoras promotoras de vivienda de la ciudad de Saltillo; cuyo contenido se presenta en la Imagen 7.

Imagen 7. Formatos base de presupuestación de obra de las diferentes instancias representativas en Saltillo, Coah.

Instituto de Vivienda de Coahuila.	
1	Plataforma
2	Cimentación
3	Albañilería
4	Losa
5	Acabados interiores
6	Acabados exteriores
7	Recubrimientos de pisos y muros.
8	Azoteas
9	Carpintería
10	Herrería y cancelería.
11	Instalación hidráulico-sanitaria y gas.
12	Muebles sanitarios
13	Instalación eléctrica e iluminación
14	Obra exterior.

Constructores.	
A	Preliminares
B	Sistema estructural
C	Obra negra
D	Losa
E	Acabados interiores
F	Acabados exteriores
G	Azoteas
H	Carpintería
I	Herrería, cancelería y vidrio.
J	Instalación hidráulico-sanitaria y gas.
K	Instalación eléctrica e iluminación
L	Obra exterior.
M	Limpeza general.

Constructoras promotoras de vivienda.	
A	Movimientos de tierra
B	Cimentación
C	Albañilería
D	Azoteas
E	Acabados interiores
F	Acabados exteriores
G	Instalación hidráulico-sanitaria y gas.
H	Instalación eléctrica y accesorios
I	Puertas y ventanas.
J	Obra exterior.

Elaborado por Jesús Martín López López (2017) en base a información indirecta de las diferentes empresas y dependencias, debido a no tener acceso directo a la información.

Cabe hacer la aclaración que esta clasificación está tomada de fuentes informales debido a la no participación de las empresas y dependencias para dar acceso a su información; está basada en visitas y pláticas informales con los agentes involucrados en el proceso constructivo y la observación in situ, por lo que hay que considerar el sesgo de la información la cual, sin embargo, nos permite justificar el diseño de formatos.

También, algunas dependencias estatales integran los componentes de un presupuesto en base a claves numéricas compuestas por seis dígitos como se muestra en la Imagen 8; donde los primeros cuatro identifican a la Partida y al Concepto de Obra; y los segundos, que están separados por un punto, representan la secuencia de los conceptos.

Imagen 8. Formato de presupuesto dependencia gubernamental.



GOBIERNO DEL ESTADO
COMISION ESTATAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO DE COAHUILA
DIRECCION TECNICA

PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED DE ATARJEAS (ALCANTARILLADO SANITARIO) PARA LA COLONIA SAN PATRICIO POPULAR DE LA CIUDAD DE SALTILLO, COAHUILA.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA 2017	
				PRECIO UNITARIO	IMPORTE
<u>MANO DE OBRA</u>					
1005.01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO	M2	324.80	12.76	4,144.45
1020.00	EXCAVACION EN ROCA FIJA CON EQUIPO Y MAQUINARIA PARA ZANJAS, EN SECO EN ZONA "B"				
1020.02	DE 0.0 HASTA 2.0 M. DE PROFUNDIDAD.	M3	166.57	327.88	54,614.97

Como se puede observar los formatos presentados se construyen a partir de las necesidades específicas de quien lo utiliza y dependiendo de las instancias en las que apliquen. En el caso de los formatos regionales, el primero, cuenta con catorce etapas constructivas identificadas por numerales. En los formatos de uso común utilizado por constructores cuenta con trece Partidas representadas con literales; mientras que el aplicado en la constructora privada se consideran diez etapas constructivas, denominadas con literales.

Otro formato es el mostrado por Ramírez de Arellano (2002), en el que identifica de manera nominal ordinal y secuencial las Partidas de Obra, de las que se derivan los identificadores de los Conceptos de Obra y con sus columnas de Medición, Precio e Importe del concepto, integrando la unidad de medida a la columna de descripción del concepto como se muestra en la Imagen 9.

Imagen 9. Ejemplo del formato de presupuestación presentado por Ramírez de Arellano (2002).

Presupuesto detalle.					
Identificación		Dimensiones		Importes	
Código	Concepto	Medición	Precio	Parcial	Total
02	Acondicionamiento de terrenos				
02P.	Pozos.			00.00	000.00
02PMM00002	m ³ Excavación pozos con medios mecánicos en tierras de consistencia media	00.00	0.00	02P.	

Elaborado por Jesús Martín López López basado en Ramírez de Arellano (2002)

El cual está referido a uno de los más eficientes formatos de presupuestación que es el que se aplica en Andalucía, España; que consiste en un formato alfanumérico con una estructura (Junta de Andalucía, 2017) como la mostrada en la Imagen 10.

Imagen 10. Estructura de codificación para presupuestación en Andalucía, España (2016).

A A NNNNN

- El primer bloque, para designar la **Familia**, está formado por un carácter alfabético significativo.
- El segundo bloque, para designar la **Subfamilia**, está formado por un carácter alfabético significativo.
- El tercer bloque, para designar el **número de orden**, está formado por cinco caracteres numéricos no significativos.

De estas observaciones, podemos considerar con respecto a la codificación que se ha de postular para la identificación de los Insumos, Partidas de Obra, Conceptos Obra y Residuos de la Construcción la siguiente: la conveniencia de estandarizar a los formatos de trabajo da mayor flexibilidad y alcance a los mismos en aras de facilitar su aplicación y de posibilitar su integración a formatos informáticos; los cuales en su estructura ya consideran esta condición de actualización.

Para los objetivos de este trabajo y con las consideraciones anteriores se obtiene, lo que hemos de denominar Formato Base para la codificación de la obra de la vivienda de interés social, bajo el esquema que ha de regir el formato de indización de la caracterización de los residuos de la construcción en la vivienda de interés social; el cual se trabaja de manera que se integren en la menor cantidad de enunciados la mayor parte de posibilidades de elementos de identificación para permitir su manejabilidad a nivel de gabinete y de aplicación en una estructura informática dentro del tipo de obra que se analiza; quedando conformada como se explicita en el Formato 1.

Partidas de Obra.	
A	Movimientos de tierra.
B	Cimentación.
C	Albañilería.
D	Azoteas.
E	Acabados
F	Instalación hidráulico-sanitaria.
G	Instalación eléctrica, iluminación y de sistemas
H	Carpinterías (Metálica y de madera).
I	Obra exterior.

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Para hacer operativo el modelo, se determina en primera instancia una codificación base para identificar Partidas de Obra, es decir la generalidad de la obra de construcción, la cual se fundamenta en nueve letras que pretenden identificar las principales etapas constructivas de la vivienda de interés social. Sin embargo, la intención es abrir las posibilidades de uso en otros tipos de edificaciones para su posible utilización como esquema de trabajo.

120

Estas nueve Partidas consideran la mayoría de los Conceptos de Obra e Insumos de acuerdo con el planteamiento específico de la tipología constructiva de la vivienda de interés social. Para ello se establecen los criterios que fundamentan la codificación de conceptos en base a la partida de la cual proceden y que están ordenados de acuerdo, aunque no estrictamente, a los períodos temporales secuenciales de ejecución.

De acuerdo con el Formato Base y tomando como referencia el Catálogo Europeo (Ver anexos 6 y 7) de Residuos, la codificación inicial de trabajo para el caso de los Conceptos de Obra, el nombre se integra por tres literales (letras); que inician con la letra correspondiente que identifica a la Partida de Obra seguido de dos literales que describan el proceso; así por ejemplo de la Partida A. “*Movimientos de tierra*”:

Partidas de Obra**A Movimientos de tierra.**

Puede generar los siguientes Conceptos de Obra:

Concepto:

“Limpieza y desmonte de terreno”

Que se denominaría de la siguiente manera: **A→LD**,

LD por **L**impieza y **d**esmonte

Concepto:

“Limpieza de terreno”.

Que se denominaría de la siguiente manera: **A→LT**.

LT por **L**impieza de **t**erreno.

Las literales que describen el proceso, proceden de iniciales del idioma español que pueden ser adecuadamente tipificadas con la acción o procedimiento al que se refieren, lo cual implica una posibilidad de identificación más amplia y de fácil manejo, además de posibilitar su actualización y verificación temporal de los procesos e insumos. Esto se especifica de manera más amplia en la Tabla 20 de acuerdo a las Partidas de Obra de la vivienda de interés social en México.

121

Tabla 20. Codificación de los principales procesos de la construcción de la vivienda de interés social para su aplicación en el modelo.

A	Partida: Movimientos de tierra
Código	Descripción de concepto
ADS	Desmonte de terreno
ALT	Limpieza de terreno
ALD	Limpieza y desmonte de terreno
ANC	Nivelación y compactación de terreno
ANV	Nivelación de terreno
ACT	Compactación de terreno
ATR	Trazo
AEC	Excavaciones de cepas
AEP	Excavaciones de pozos
AEN	Excavaciones para nivelación
ARE	Rellenos en excavaciones
ARN	Rellenos para nivelación
AWW	Otras obras

B	Partida: Cimentación
Código	Descripción de concepto
BMM	Mampostería de piedra de mina sentada con mortero cemento-arena
BCC	Concreto ciclópeo con 40% piedra de mina de 10" de Ø mínimo
BZA	Zapata aislada de concreto armado
BZC	Zapata corrida de concreto armado
BLC	Losa de cimentación de concreto armado
BDC	Dala de cimentación
BME	Muro de enrase
BMC	Muro de contención.
BTL	Trabe de liga
BCE	Cimentación especial
BWW	Otras obras
C	Partida: Albañilería
Código	Descripción de concepto
CKH	Castillo ahogado
CKA	Castillo
CCE	Cerramiento
CVI	Viga
CCM	Losa concreto armado
CAB	Losa aligerada barro block
CAP	Losa aligerada casetón de poliestireno expandido
CVB	Losa de vigueta y bovedilla de barro
CVC	Losa de vigueta y bovedilla de concreto
CVP	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno expandido
CBA	Muro de block de concreto aparente
CLA	Muro de ladrillo aparente
CCA	Muro de concreto aparente
CMB	Muro de block de concreto
CMP	Muro de piedra
CML	Muro de ladrillo
CMC	Muro de concreto
C	Partida: Albañilería
Código	Descripción de concepto
CMW	Otros muros
CPC	Pasta cemento arena
CFC	Firme de concreto simple
CFA	Firme de concreto armado
CBC	Banqueta o piso de concreto.
CRP	Repizón de concreto
CRS	Registro sanitario
CWW	Otras obras
D	Partida: Azotea
Código	Descripción de concepto
DIM	Impermeabilización
DPB	Pretil de block
DPL	Pretil de ladrillo
DCH	Chaflán de concreto
DBT	Base para tinaco
DCP	Caída pluvial.
DBP	Bajante pluvial

DPP	Entortado de pasta para pendientes
DWW	Otras obras
E	Partida: Acabados
Código	Descripción de concepto
EAP	Aplanado de pasta cemento arena
EAI	Aplanado de pasta industrializada
EYS	Aplanado de yeso
ELC	Lambrin de cerámica
EPC	Piso cerámico
EPB	Piso de barro
EPF	Piso de concreto pulido
EZB	Zoclo de barro
EZC	Zoclo de cerámica
ETX	Texturizado (Unicapa)
EPV	Pintura vinílica
EWV	Otros acabados
F	Partida: Instalación hidráulico-sanitaria.
Código	Descripción de concepto
F1H	Hidráulica
F2S	Sanitaria
F3G	Gas
F5W	Otras
G	Partida: Instalación eléctrica, iluminación y sistemas.
Código	Descripción de concepto
G1E	Eléctrica
G2I	Iluminación
G3T	Comunicaciones
G4D	Automatización
G5W	Otras
H	Partida: Carpinterías.
Código	Descripción de concepto
H1A	Aluminio
H2M	Madera
H3A	Acero
H4C	Cerrajería
H5P	Plásticos
H6W	Otras
I	Partida: Obra exterior.
Código	Descripción de concepto
I1J	Jardinería y arborización.
I2I	Iluminación exterior
I3O	Obras complementarias.
I4L	Limpieza final
I5W	Otras obras

Como se aprecia, el listado de Partidas y Conceptos de Obra se limita a considerar, en este caso, los más usuales dentro del proceso constructivo al que nos estamos refiriendo, que es la vivienda de interés social. Sin embargo, la posibilidad de aplicación se amplía a partir de la flexibilidad de aplicación de

denominación. En el caso de los conceptos no establecidos en el anterior cuadro de codificación, pueden incluirse bajo el mismo procedimiento, integrando las dos literales descriptivas finales, o bien en casos excepcionales, se pueden denominar bajo el criterio del Capítulo 17 del Catálogo Europeo de Residuos (CER), que determina con literales WW aquellos residuos no considerados, de manejo eventual o bien de producción extraordinaria.

Esta primera tipificación de Partidas de Obra y Conceptos de Obra se complementa con una secuencia numeral, separada de la identificación literal, para mayor especificidad de los diferentes elementos que integran las Partidas como sería el caso que se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Ejemplo de secuencia numeral del Código de Identificación del Concepto de Obra.

B	Partida: Cimentación
Código	Descripción de concepto
CMB001	Muro de Block de 0.15 m de ancho de 1.50m hasta 3.00m de altura.
CMB002	Muro de Block de 0.10 m de ancho.
CMB013	Muro de Block de 0.15 de ancho hasta 1.50m de altura.

Elaborado por Jesús Martín López López (2017)

Una vez que se ha estructurado el Formato Base y se considera un Código de Identificación del Concepto de Obra o CICO. Se procede a determinar la categorización de residuos, la cual está realizada en base a la combinación de tres documentos de clasificación existentes, dos de México y uno europeo.

El primer documento corresponde a la clasificación que el gobierno de la Ciudad de México especifica en la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, actualizada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal (GODF) del 26 de febrero de 2015 (ver Anexo 8), de México que de su apartado titulado “*Que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el Distrito Federal*”; se toman las fracciones de texto correspondientes que aplican para el presente trabajo y se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Clasificación de residuos de la construcción según la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013.

TIPO DE RESIDUO DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
A. PROVENIENTES DE CONCRETOS HIDRÁULICOS Y MORTEROS
Elementos estructurales y no estructurales. Concretos hidráulicos para la construcción de firmes Elaboración de productos prefabricados (Blocks, tabiques, adocretos, adopastos, losetas, guarniciones, bordillos, postes de cemento-arena) Sobrantes de concreto en obra y premezclado. Material para relleno o para la elaboración de suelo-cemento. Material para la conformación de terrenos y rellenos en cimentaciones. Construcción de muros divisorios.
B. MEZCLADOS.
Concretos hidráulicos, morteros, blocks, tabicones, adoquines, tubos de albañal, cerámicos, mamposterías, prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, etc.), piedra braza, agregados pétreos.
D. RESIDUOS DE EXCAVACIÓN
Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.
E. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
Papel y cartón, madera, metales, plástico, vidrio

Elaborado por Jesús Martín López López basado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 26 de febrero de 2015 (2018).

El segundo documento es la Bitácora para el Generador de Residuos de Manejo Especial (GRME, SEMARNAT-07-027-A) de México de donde, de la misma manera del punto anterior, solo se hace referencia los residuos relacionados con la industria de la construcción ya que; el documento mencionado, establece clasificaciones para las diferentes fuentes de residuos que se consideran de manejo especial incluyendo los del sector salud, alimentos, urbanos e industriales, los cuales por no ser de competencia para este estudio se descartan.

En este sistema de clasificación ya se presenta una codificación para los residuos, lo que resulta conveniente para las intenciones de sistematización del presente trabajo; quedando la siguiente clasificación establecida en la Tabla 23.

Tabla 23. Clasificación para residuos de la construcción especificado por la Secretaria de Medio Ambiente Federal.

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL.				
Tipo de residuo	Clasificación Sub clasificación	Clave		
RME	Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera.	RR	Residuos de grava y rocas trituradas no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RR-1
			Residuos de arena y arcillas no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RR-2
			Residuos del corte y serrado de piedra no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RR-3
			Residuos de polvo y arenilla no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RR-4
			Otros (especifique)	RR-5
RME	Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.	RC	Adcretos	RC-1
			Concretos limpios	RC-2
			Concreto armado	RC-3
			Mampostería	RC-4
			Tepetates	RC-5
			Tabiques	RC-6
			Ladrillos	RC-7
			Blocks	RC-8
			Morteros	RC-9
			Suelo orgánico	RC-10
			Suelo y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales que no contengan materiales o sustancias contaminadas	RC-11
Otros materiales	RC-12			
RME	Residuos industriales no peligrosos generados en instalaciones o por procesos industriales que no presentan características de peligrosidad conforme a la normatividad ambiental vigente	RINP	Aserrín, virutas, recortes, madera, tableros y chapas no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RINP-1
			Residuos de pinturas y tintas que no contengan materiales o sustancias peligrosas	RINP-5
			Residuos de adhesivos y sellantes, que no contengan materiales o sustancias peligrosas	RINP-7
			Residuos de materiales de fibra de vidrio	RINP-11
			Residuos de fibras sintéticas como nylon, poliéster etc.	RINP-12
			Residuos de plástico de película o polietileno de baja densidad	RINP-13
			Residuos de plástico rígido como PET (polietilentereftalato), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP)	RINP-14
			Residuos de poliuretano	RINP-15
			Residuos de poliestireno expandido (unicel)	RINP-16
			Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción que no contengan materiales o sustancias peligrosas	RINP-17
			Envases de papel y cartón	RINP-24
Envases de plástico	RINP-25			

			Envases de madera	RINP-26
			Envases metálicos	RINP-27
			Envases de vidrio	RINP-28
			Envases de Hule	RINP-30
			Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras que no contengan materiales o sustancias peligrosas	RINP-31
			Metales ferrosos	RINP-34
			Residuos mezclados de construcción y demolición que no contengan materiales o sustancias peligrosas	RINP-39
			Otros Especificar	RINP-48
RSU	Residuos Sólidos Urbanos Inorgánicos	RI	Papel (periódico, de oficinas, empaques, texturas, higiénicos, revistas, etc.)	RI-1
			Cartón (empaques lisos, rugosos, natural, envases de leches, jugos y similares y en general que provienen de insumos que no entran en proceso productivo)	RI-2
			Vidrio de color	RI-3
			Vidrio transparente	RI-4
			Madera no impregnados con materiales o sustancias peligrosas	RI-6
			Plásticos (envases de PET como de refrescos, agua etc. LDPE como bolsas, forros etc. poliuretano como cubetas, tinas, baldes, etc. poliestireno como unicel. Y similares que provienen de insumos que no entran en proceso productivo)	RI-7
			Loza y cerámica (padecerías de platos, tazas, jarras, ollas etc.)	RI-8
			Metales no ferrosos como latas de aluminio y similares que provienen de insumos que no entran en proceso productivo	RI-10
			Otros	RI-11

Elaborado por Jesús Martín López López basado en la Bitácora para el Generador de Residuos de Manejo Especial de la SEMARNAT (2017).

Por último, se hace referencia al Catálogo Europeo de Residuos (CER) que en su Capítulo 17, habla específicamente de los “Residuos de la construcción y demolición” (ver Anexo 8) y en Capítulo 15 (ver Anexo 7) habla de “Residuos de envases”. En ellos establece las clasificaciones de los residuos de la construcción de forma muy puntual y de manera muy específica tanto en su composición como en su embalaje; además de que hace una codificación por demás exhaustiva, que corresponde con una realidad dentro del proceso de construcción.

Para el caso al que nos estamos refiriendo concentramos en la Tabla 5, los insumos que, según la investigación de campo, impactan en la construcción de la vivienda de interés social en México, con la intención de centrar el análisis en el espécimen definido con anterioridad y hacer más clara la presentación.

Tabla 5. Concentrado del Catálogo Europeo de Residuos referentes a la industria de la construcción.

Capítulo 17. Catálogo Europeo de Residuos (CER).			
17A. Metales y aleaciones.			
17AA	Aluminio	17AAA	Aluminio
		17AAW	Varios
17AB	Bronce, cobre y latón.	17ABB	Bronce
		17ABC	Cobre
		17ABL	Latón
		17ABW	Varios
		17AC	Cables
		17ACW	Varios
17AE	Estaño	17AEE	Estaño
		17AEW	Varios
17AH	Hierro	17AHC	Acero
		17AHH	Hierro
		17AHW	Varios
17AM	Metales mezclados	17AMM	Metales mezclados
		17AMW	Varios
17AP	Plomo	17APP	Plomo
17AW	Metales varios	17APW	Varios
17AZ	Zinc	17AWW	Varios
		17AZZ	Zinc
17H. Hormigones, ladrillos, tejas, materiales cerámicos y materiales derivados del yeso.			
17HA	Áridos y piedras naturales	17HAA	Áridos
		17HAP	Piedras naturales
		17HAW	Varios
17HC	Materiales cerámicos	17HCB	Baldosas
		17HCL	Ladrillos
		17HCT	Tejas
		17HCW	Varios

17H. Hormigones, ladrillos, tejas, materiales cerámicos y materiales derivados del yeso.			
17HH	Hormigones, terrazos, cementos y cales	17HHC	Cementos
		17HHH	Hormigones
		17HHK	Cales
		17HHT	Terrazos y piedras artificiales
		17HHW	Varios
17HM	Morteros	17HMM	Morteros
		17HMW	Varios
		17HWW	Varios
17HW	Varios.	17HYE	Escayolas (Aplanados)
		17HYW	Varios
17HY	Materiales de construcción derivados del yeso	17HYY	Yesos
17I. Materiales de aislamiento.			
17IA	Materiales derivados del yeso con amianto	17IAA	Materiales aislamiento con amianto
		17AW	Varios
17IO	Otros materiales de aislamiento	17IOO	Otros materiales de aislamiento
		17IOW	Varios
17IW	Varios	17IWW	Varios
17M. Maderas, papeles, cartones, plásticos, sintéticos, y vidrios			
17MM	Maderas, papeles, cartones, plásticos y sintéticos	17MMM	Maderas, papeles y cartones
		17MMP	Plásticos y sintéticos
		17MMW	Varios
17R. Residuos mezclados			
17RR	Residuos mezclados	17RRR	Residuos mezclados
		17RRW	Varios
17T. Terrenos			
17TL	Lodos de drenaje	17TLL	Lodos de drenaje
		17TLW	Varios
17TT	Terrenos	17TTT	Terrenos
		17TTP	Piedras
17TW	Varios	17TTW	Varios
		17TWW	Varios
17W. Varios			
17WW	Varios.	17WWW	Varios

Es a partir de estos criterios de clasificación de los residuos de la construcción, que establecemos la codificación de acuerdo con la Tabla 20 del presente capítulo. Para determinar la codificación correspondiente a este estudio, se realiza una comparativa de códigos de las tres fuentes mencionadas con la intención de definir una vocación de identificación en la propuesta final.

La diversidad nominal que se muestra en la Tabla 24, obliga a jerarquizar la eficiencia y calidad descriptiva de dicha codificación con la intención de determinar una específica para este estudio, que posibilite inscribirse en las ya mencionadas además de permitir unificar una descripción más precisa de cada uno de los insumos de referencia.

Tabla 24. Comparación de codificación de residuos de acuerdo con los documentos oficiales en México y Europa.

A.		Partida: Movimientos de tierra					
Código	Descripción de concepto	Residuos			Embalaje		
		NADF (Mex)	GRME (Mex)	CER (Europa)	NADF (Mex)	GRME (Mex)	CER (Europa)
ADS	Desmonte de terreno	B E	RC-11	17TTT			
ALT	Limpieza de terreno	B E	RC-11	17TTT			
ALD	Limpieza y desmonte de terreno	B E	RC-11	17TTT			
ANC	Nivelación y compactación de terreno	B	RC-11	17TTT			
ANV	Nivelación de terreno	B E	RC-11	17TTT			
ACT	Compactación de terreno	A B D	RC-11	17TTT			
ATR	Trazo						
AEC	Excavaciones de cepas	D	RC-11	17TTT			
AEP	Excavaciones de pozos	D	RC-11	17TTT			
AEN	Excavaciones para nivelación	A B D	RC-11	17TTT			
ARE	Rellenos en excavaciones	A D	RC-11	17TTT			
ARN	Rellenos para nivelación	A D	RC-11	17TTT			

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

Resulta conveniente fundamentar una propuesta de codificación con la estructura del Capítulo 17 del Catálogo Europeo de Residuos (CER) por los siguientes motivos:

- Es la más descriptiva y completa.
- Su aplicación ha sido comprobada.
- Posibilita su actualización y evolución.

Esta adaptación se presenta en la Tabla 25, donde se puede ver que es conveniente considerar la aplicación de literales que definen un material para de esta manera establecer una identificación que permite la identificación de la materia prima de los procesos de construcción.

Tabla 25. Codificación Base de insumos de construcción de la vivienda de interés social.

Insumo	Código Insumo	Insumo	Código Insumo	Insumo	Código Insumo
Naturales		Metales		Metal procesado	
Tierra inerte	NTI	Acero	MHC	Varilla corrugada	PHV
Tierra orgánica	NTO	Aluminio	MAA	Alambre recocido	PHR
Áridos	NAA	Bronce	MAB	Malla electrosoldada	PME
Piedras naturales	NPN	Cobre	MBC	Clavo	PCL
Cal	NCL	Latón	MBL	Castillo/Cerramiento	PKC
		Hierro	MHH		
Base cemento		Cable	MCC	Cerámicos	
Cemento	HHC	Plomo	MPP	Piso cerámico	CPC
Concreto en obra	HHO	Cable	MCC	Azulejo	CAZ
Conc. premezclado	HHP	Plomo	MPP	Muros	CMC
Mortero / pastas	HMM	Residuos mezclados	MRR		
Block concreto	HBC	Mate. aislamiento	MOO	Base arcilla.	
Piedra artificial	HPA			Teja	ACT
Mosaico de pasta	HMP	Base yeso		Ladrillo	ALD
Recubrimiento exterior	HRI	Yesos	YYY	Block de barro	ABB
Adhesivo	HAI			Block aligerante	ABA
Emboquillador	HEI	Celulosas			
Vigueta	HVI	Madera natural	LMD	Sintéticos	
Bovedilla	HBO	Madera procesada	LMP	Plásticos	SMP
		Papel y cartón	LPC	Sintéticos	SMS
		Tarima madera	LTM	PVC	SPV

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

4.3 Formatos.

Eficientar el funcionamiento de un modelo de integración de datos, necesita del diseño y construcción de formatos que permitan hacer la concentración de la información que se requiere para evidenciar los aspectos que han de ser útiles en la toma de decisiones, en este caso, los referentes a la producción de los residuos de la construcción.

El diseño de estos formatos debe de permitir, además de una lectura rápida y clara, la concentración de una gran cantidad de datos y de resultados; para que puedan ser implementados en hojas de trabajo, bases de datos y en programas informáticos que se integren a la gestión de los residuos de la construcción.

Esta información procede de dos fuentes; la primera es la gráfica contenida en el proyecto arquitectónico y el ejecutivo; la segunda es la información escrita contenida en los presupuestos y especificaciones de obra. Esta información se ha de vaciar en el Formato de Integración de Datos o FID (Formatos 2 y 3).

La intención de FID es integrar de manera secuencial y directa, tal como los formatos de presupuestación, toda la información necesaria para que su visualización pueda realizarse de manera rápida y eficiente. Se conforma de cuatro columnas de datos:

- La primera se compone por la información general de la Partida de Obra y su identificación literal.
- La segunda integra la enumeración, codificación y especificación de la materia prima que hace posible la fabricación de un Concepto de Obra.
- La tercera muestra la codificación y descripción de los residuos que cada insumo de un Concepto de Obra puede generar en su proceso de fabricación de elementos constructivos y de mezclas además de la descripción detalla de los residuos que se generan por los embalajes de cada insumo.
- La cuarta se integra por los índices de residuos obtenidos a partir del análisis in situ, del proceso constructivo de la vivienda de interés.

Formato 2. FID Parte 1. De los Insumos.

X	PARTIDA DE OBRA			
Código Concepto	Concepto	Especificaciones	Código insumo	Insumos

Elaboró Jesús Martín López López (2018).

X		PARTIDA DE OBRA				CODDIGO CONCEP.	Nombre del concepto		
INSUMOS		RESIDUOS				ÍNDICES			
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)	
						Total residuos	Total embalaje	Total.	

Elaborado Jesús Martín López López (2018).

El llenado del FID se muestra en los Formatos 4 y 5. Considerando que el código de los residuos se conforma en base a la descripción de la Tabla 25, para identificación del origen del insumo, agregando la descripción sintetizada en letra o número de su especificación, siguiendo el esquema descrito a continuación; que se ejemplifica con la Partida de Obra “*B. Cimentación*” y el Concepto de Obra “*BLC. Losa de Cimentación*”:

Formato 4. Llenado del FID Parte 1. De los Insumos. Descripción de llenado.

B		Cimentación.		
Código Concepto	Concepto	Especificaciones	Código insumo	Insumos
BLC	BLC001	Concreto premezclado Holcim de 200kg/cm ² agregado grueso de 3/4" Ø tamaño máximo y revenimiento de 0.12	HHP	Concreto premezclado
	Losa de cimentación	Varilla corrugada de 3/8" Ø Grado 42, Marca DeAcero.	PHV	Varilla corrugada
		Alambre recocido Cal. 16 Marca DeAcero	PHR	Alambre recocido

Elaborado Jesús Martín López López (2018).

Formato 5. Llenado del FID Parte 2. De los Residuos y los índices. Descripción de llenado.

B	Partida				Índices de Residuos		
	Código insumo	Insumos	Código de Residuo Insumo	Embalaje	Código de Residuo Embalaje	Residuo Insumos	Residuo Embalaje
HHP	Concreto premezclado	HHP200	NO/SI	NO	0.0000	0.0000	0.0000
AHV	Varilla corrugada	AHV3/8	NO	NO	0.0000	0.0000	0.0000
AHR	Alambre recocido	AHRA16	NO	NO	0.0000	0.0000	0.0000

Elaboró Jesús Martín López López (2018).

En este caso el insumo HHP, identifica su residuo como HHP200; las literales lo relacionarán con su procedencia, concreto premezclado y el 200, indica la especificación de resistencia del concreto (f'c); con lo que se pretende establecer una más clara lectura del residuo.

A fin de cuentas, lo que se pretende con la configuración de los formatos y la codificación de los elementos, es permitir una sistematización clasificatoria desde el ingreso de los datos, que permita una lectura fácil y de amplio contenido.

CAPÍTULO 5. MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN (CReC).

De cómo se operativiza el modelo.

CAPÍTULO 5. MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

5.1 Consideraciones.

En la industria de la construcción se plantea que es necesario hacer cambios en la organización de sus métodos a través de buenas prácticas (Villoria Sáez et al., 2017), de ahí la necesidad de prevenir posibles consecuencias negativas en la acción edificatoria; por lo que es importante pronosticar los resultados de este proceso, a través de herramientas que posibiliten esta acción. Una de estas herramientas es modelizar.

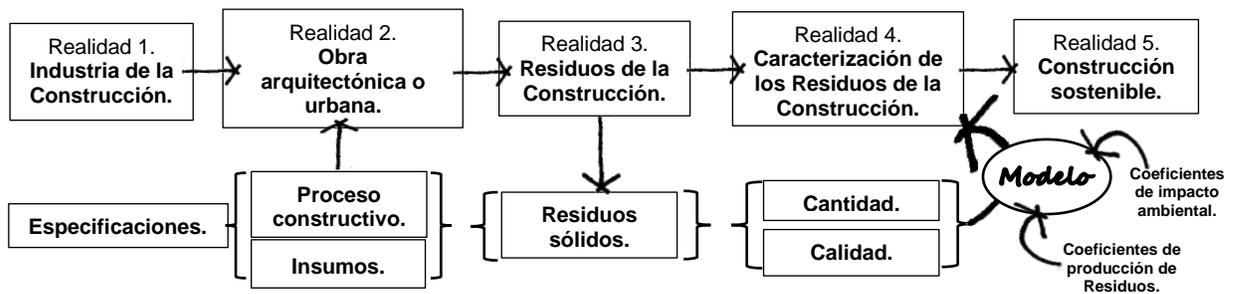
Para construir e implementar un modelo de caracterización de los residuos de la construcción, es necesario que sea de aplicación general; que responda a intereses económicos; que este enfocado a la sostenibilidad ambiental; que responda a la situación actual; que sea construido para una necesaria transitoriedad, es decir tiene que ser susceptible de actualizaciones que se corresponderán con la transformación de la realidad; que los datos que arroje permita la predicción con fines de mejora del proceso constructivo.

Considerando que cada elemento constructivo o Concepto de Obra de toda edificación está integrado por múltiples insumos (materias primas) o lo que Mercader (2013) denomina componente de material básico (BMC por sus siglas en inglés); de los cuales cada uno produce su específico residuo ya sea como pérdida del material mismo o del empaque en que se contiene, estaríamos ante la problemática que la identificación y caracterización de los residuos por Concepto de Obra es sumamente complicado de establecer.

En la elaboración del modelo de Caracterización de los Residuos de la Construcción (a partir de ahora CReC), se plantea un proceso secuencial de etapas que permiten llegar a la identificación de los residuos desde aspectos como su origen, sus características de composición y demás factores que posibiliten determinar desde antes de que se apliquen las materias primas en el objeto arquitectónico, cuál será su resultante.

Para la consecución de lo expuesto y en base a los Esquemas 1, 2, 3 y 4 del punto 4.1 del Capítulo 4; se definen las relaciones de los factores para la construcción del CReC, el cual se organiza como se muestra en el Esquema 18.

Esquema 17. Flujo de proceso del CReC.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

El modelo funciona bajo el procedimiento Leontief; datos de entrada (inputs) y datos de salida (outputs) los cuales se someten a un procesamiento para la obtención de resultados que han mostrar su comportamiento en obra en cuanto a cantidad y calidad, a partir de considerar a las materias primas como residuos.

137

Estos datos finales que ha procesado el CReC, pueden establecer parámetros de trabajo proyectual para la ratificación o rectificación de especificaciones, insumos, volumetrías o procesos constructivos; factores que a final de cuentas pueden determinar, no sólo la calidad constructiva de los objetos arquitectónicos, sino que además pueden determinar costos de construcción y mantenimiento, así como la calidad de sostenible de una edificación.

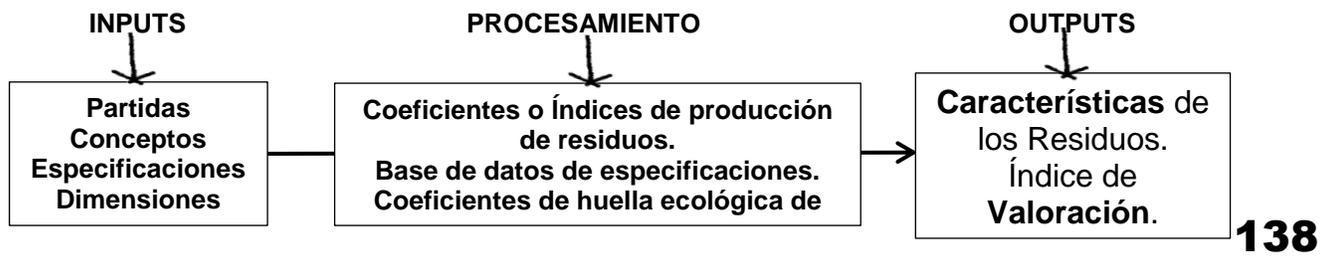
Para funcionar el CReC requiere inputs o datos de las siguientes fuentes de información:

- Memoria constructiva (Externo al modelo).
- Descripción de Partidas y Conceptos (Externo al modelo).
- Especificaciones (Externo al modelo).
- Superficie construida (Externo al modelo).
- Base de datos de insumos del proceso constructivo (Interno al modelo)
- Coeficientes de producción de residuos (Interno al modelo).

Cuando nos referimos a llamar “*Externa*” a la fuente de información, se refiere a que es proporcionada o cargada por el usuario del modelo; y cuando se refiere a “*Internos*” nos referimos a los considerados como constantes o ya preestablecidos dentro del proceso de obtención de resultados que se han de obtener; esto posibilita su manejo y transformación posterior en herramientas informáticas.

Datos inscritos en un sistema IO cuyo comportamiento es como se define en el Esquema 19.

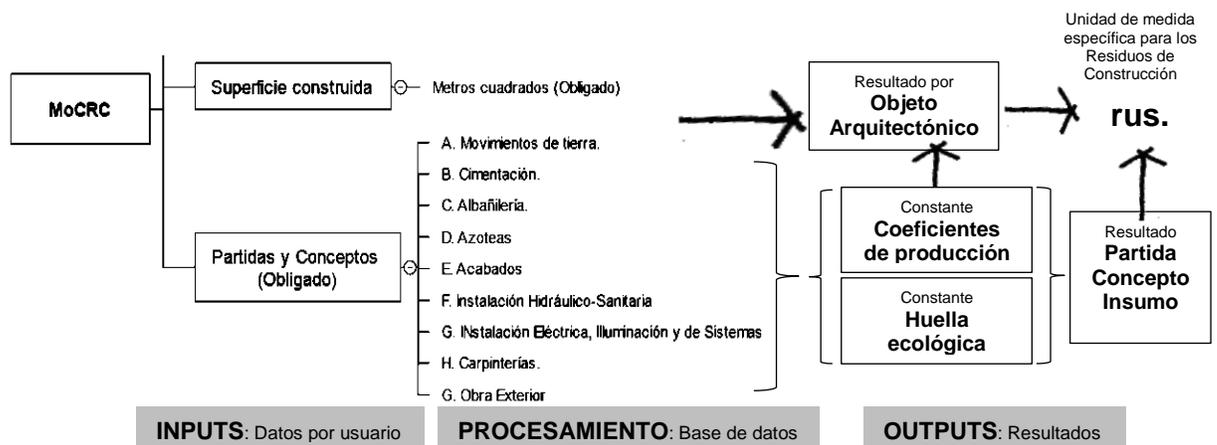
Esquema 18. Comportamiento de los datos en el proceso de caracterización.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

El cual se detallada de manera más específica en el Esquema 20.

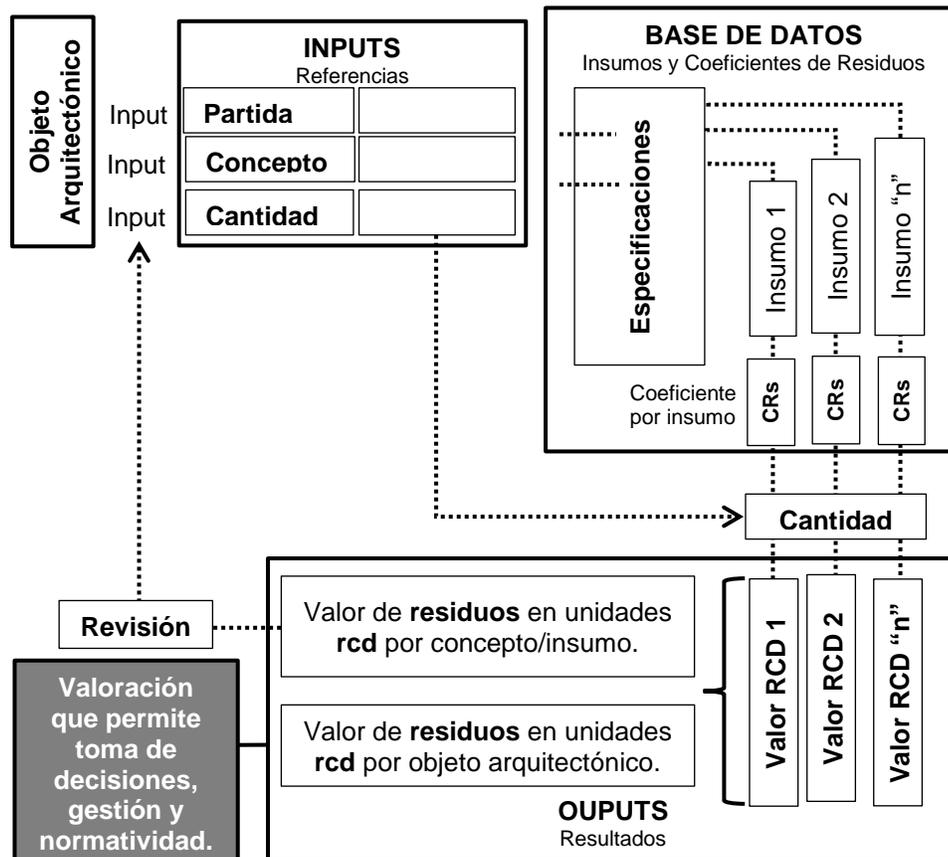
Esquema 19. Proceso de caracterización de los residuos de construcción.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Para de esta manera accionar de acuerdo con el diagrama funcional del proceso de caracterización de los residuos de construcción de la vivienda de interés social mostrado en el Esquema 21.

Esquema 20. Diagrama funcional del proceso de caracterización de los residuos de la construcción.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

De donde:

- CRs** = Coeficiente de residuos de la construcción a aplicar como constante de acuerdo con el residuo especificado en función del Concepto de Obra.
- RCD** = Residuos de la Construcción y Demolición.
- rcd** = Unidad de medida de los RCD.

En este proceso funcional se posibilita la obtención de valores que identifican desde la etapa proyectual el posible resultado de la utilización de determinadas materias primas o procesos constructivos de acuerdo con la hoja de especificaciones establecida en el proyecto ejecutivo. Además, propicia las posibilidades de obtener valores de identificación de la cantidad y la calidad de los residuos de la construcción denominados **RCD_i**, **RCD_p**, **RCD_o**.

5.2 Residuo de insumo específico (RCDi).

Los **RCD_i** son aquellos residuos producidos por la materia prima aplicada en la elaboración de un producto destinado a la construcción de un objeto arquitectónico o urbano, que se consideran como una constante que esta descrita en la Tabla 1, la cual fue construida partir de los procedimientos elaborados por los métodos de obtención de coeficientes de transformación de residuos desarrollados por Ramírez de Arellano (2002), Solís Guzmán (2009) y Mercader Moyano (2013), entre otros.

Tabla 26. Coeficientes de transformación aplicables a la vivienda de interés social.

Elemento constructivo		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor	
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción			
	Suelo	Perdidas		Suelo	0.010		SG
	Excavaciones				0.100		
	Rellenos				0.000		SG
t	Cal / cemento / estuco / yeso en bolsa	Perdidas	t	Cal / cemento / estuco / yeso	0.050	MM	RA
m ³	Agregado / Áridos	Perdidas	m ³	Agregado	0.010	MM	RA
m ³	Concreto hecho en obra	Perdidas	m ³	Concreto	0.100	MM	RA
m ³	Concreto en masa				0.080		SG
m ³	Concreto armado	Perdidas	m ³	Concreto	0.050		RA
m ³	Concreto armado zapatas		m ³	Concreto	0.030		SG
m ³	Concreto cerramientos y castillos				0.030		SG
m ³	Mortero	Perdidas	m ³	Mortero	0.050		RA
cu	Bovedilla	Perdidas	m ³	Concreto / Cerámica	0.080	MM	RA
m	Vigueta	Perdidas	m ³	Concreto	0.050		RA
m ²	Cubierta horizontal				0.061		SG
m ³	Lechada de cemento	Perdidas	m ³	Cemento	0.050		RA
kg	Acero	Perdidas	t	Acero	0.010	MM	RA
	Block de concreto / Block de cerámica	Perdidas		Concreto / Cerámica	0.080	MM	
m ²	Muro de block				0.056		SG
	Alambre	Perdidas		Alambre	0.050	MM	
	Azulejo de 0.15 x 01.5m	Perdidas		Cerámica vidriada	0.060	MM	
mu	Loseta cerámica	Perdidas	m ³	Cerámica vidriada	0.060	MM	RA
	Mosaico de pasta / mármol, incluye mortero	Perdidas		Mosaico de pasta / Piedra natural / Terrazo	0.060	MM	
u	Registro sanitario	Excavación	m ³	Tierra	1.000		RA
u	Registro sanitario	Perdidas			0.050		SG
m	Colectores				0.060		SG

Elemento constructivo		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
m	Bajantes				0.010			SG
	PVC de 4" a 20" Ø	Perdidas		PVC	0.010	MM		
	Trampa de desagüe PVC	Perdidas		PVC	0.010	MM		
	Barniz/esmalte/solvente	Perdidas		Barniz/esmalte/solvente	0.010	MM		
	Bisagra de bronce	Perdidas		Bronce	0.020	MM		
	Bisagra de latón y acero	Perdidas		Latón / acero	0.050	MM		
	Cerrajería	Perdidas		Bronce	0.010	MM		
	Marco metálico	Perdidas		Acero	0.010	MM		
	Cable de cobre	Perdidas		Cobre	0.030	MM		
	Caja eléctrica	Perdidas		PVC	0.030	MM		
	Apagadores / Tapas eléctricas	Perdidas		PVC	0.020	MM		
	Centro de carga / Contactos / fusibles	Perdidas		PVC	0.010	MM		
m ²	Membrana asfáltica	Perdidas	t	Asfalto	0.050		RA	

Embalaje Cartón y Papel		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
t	Cal / cemento / estuco / yeso en bolsa	Saco de papel	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	
m ²	Azulejo de 0.15 x 0.15m	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM	RA	
	Loseta cerámica	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
	Trampa de desagüe PVC	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
u	Muebles de baño: lavabo, bidet, ovalín, bañera, placa de ducha.	Caja de cartón	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	
	Grifería de baño	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
	Caja eléctrica	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
m	Cable de cobre	Caja de cartón	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	
	Apagadores / Tapas eléctricas	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
u	Centro de carga / Contactos / fusibles	Caja de cartón	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	
	Bisagra de bronce	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
	Bisagra de latón y acero	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
u	Cerrajería	Caja de cartón	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	
	Puerta de madera	Caja de cartón		Cartón y papel	1.000	MM		
u	Válvulas y llaves de paso	Caja de cartón	kg	Cartón y papel	1.000	MM	RA	

Embalaje Plástico		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
t	Cal / cemento / estuco / yeso en bolsa	Cubierta de plástico	kg	Plástico	1.000	MM	RA	
mu	Loseta cerámica	Cubierta de plástico	kg	Plástico	1.000	MM	RA	
m ²	Mosaico de pasta/ mármol, incl. mortero	Cubierta de plástico	kg	Plástico	1.000	MM	RA	
cu	Bovedilla	Cubierta de plástico	kg	Plástico	1.000	MM		

Embalaje Plástico		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
m	Vigueta	Cubierta de plástico	kg	Plástico	1.000		RA	
	Muebles de baño: lavabo, bidet, ovalín, bañera, placa de ducha.	Cubierta de plástico		Plástico	1.000	MM		
	Puerta de madera	Cubierta de plástico		Plástico	1.000	MM		

Embalaje Madera		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
t	Cal / cemento / estuco / yeso en bolsa	Pallet de madera	kg	Madera	0.050	MM	RA	
mu	Loseta cerámica	Pallet de madera	kg	Madera	0.050	MM	RA	
m ²	Mosaico de pasta / mármol, incl. mortero	Pallet de madera	kg	Madera	0.050	MM		
	Block de concreto / Block de cerámica	Pallet de madera		Madera	0.050	MM		
cu	Bovedilla	Pallet de madera	kg	Madera	0.050	MM		
m	Vigueta	Pallet de madera	kg	Madera	0.050		RA	
	Muebles de baño: lavabo, bidet, ovalín, bañera, placa de ducha.	Pallet de madera		Madera	0.050	MM		

Embalaje metal		Origen del residuo	Residuo generado		CR	Autor		
Unidad	Descripción	Causa	Unidad	Descripción				
Embalaje	Metal							
	Barniz / esmalte / solvente	Lata		Acero	1.000	MM		

MM Mercader Moyano, Ma del Pilar (2013)

RA Ramírez de Arellano, Antonio (2002)

SG Solís Guzmán, Jaime (2009)

Elaborado por Jesús Martín López López de las fuentes mencionadas (2018)

Estos análisis de Ramírez de Arellano (2002), Solís Guzmán (2009) y Mercader Moyano (2013) plantean en los coeficientes que se obtienen a partir de sus propuestas, una diferencia de residuos en el valor de su coeficiente el cual podría clasificarse bajo el orden la Tabla 27.

Tabla 27. Clasificación concentrada de coeficientes CR de acuerdo con su magnitud.

Coeficiente	Insumos y Conceptos de Obra
0.000	Rellenos
0.010	Suelo, áridos, acero, PVC, bronce, barniz, esmalte, solventes.
0.020	Bronce, PVC.
0.030	Concreto armado en cimentación, cerramientos, castillos, cable cobre, PVC.
0.050	Cal, cemento, estuco, yeso, lechada de cemento, mortero, concreto armado, viguetas, lechadas, membranas asfálticas, registros, alambre, pallet de madera.
0.056	Muro de block.
0.061	Cubierta horizontal.
0.080	Concreto en masa, bovedilla y block de concreto o barro.
0.100	Excavaciones, concreto hecho en obra.
1.000	Empaques de papel y cartón, cubiertas y pallets de plástico, botes metálicos.

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

5.3 Determinación de índices de producción de residuos de la vivienda de interés social, por observación in situ.

Para llevar a cabo este proceso se utilizan los formatos y esquemas descritos, bajo los criterios mostrados. Para iniciar con el análisis de la información colectada y, en congruencia con los ámbitos de investigación planteados, tenemos como espécimen de análisis a la vivienda Modelo Dalia, de una constructora local ubicada en la ciudad de Saltillo, Coahuila en la República Mexicana, con datos de identificación de Ficha descriptiva 1.

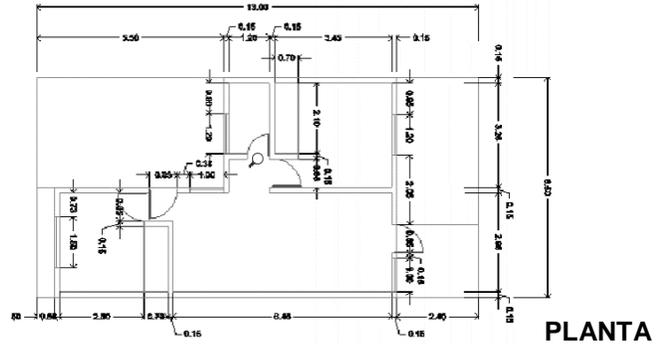
143

Ficha descriptiva 4. Identificación de objeto de análisis.

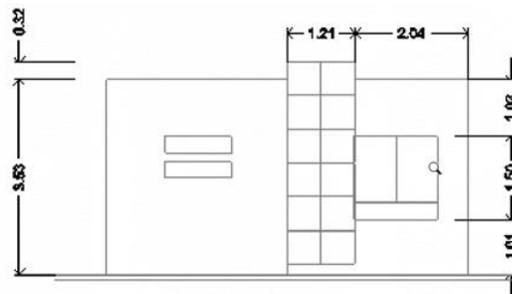
Vivienda	Interés social	Fraccionamiento	Colinas de Santiago	Modelo	Dalia
Promotora		Constructora		Tipología constructiva	Masiva
Período de construcción	Oct-dic. 2017	Dimensiones lote	6.50m x 13.00m	Superficie de lote	84.50 m²
Unidades observadas	10 (diez)	Periodo de observación	Oct-dic 2017	Superficie construida	49.40m²
Ubicación	Saltillo, Coah. México				

Elaborado por Jesús Martín López López (2017).

**PLANTA
ARQUITECTÓNICA**



FACHADA



ELEVACIÓN

Presentación arquitectónica sitio web de la promotora de vivienda DAVISA www.davisa.com.
Dibujos por Jesús Martín López López (2016).

Se utilizan los formatos especificados inscritos en el formato base y se presentan los datos de entrada (inputs) para la obtención de los indicadores como son Partida de Obra, Concepto de Obra, Código del Concepto de Obra, Especificaciones del Concepto de Obra y Volumetría de Obra; datos que el proyectista debe considerar para la materialización de la vivienda.

Primero se realiza el llenado del formato de presupuestación, el cual contiene datos de Partida, Concepto, Especificación, Unidades de Medida y Volumetría.

A Movimientos de tierra.					
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	ALD001	Limpieza y desmonte de terreno.	-----	1.00	Lote
	ANC001	Nivelación y compactación de terreno.	-----	1.00	Lote
	ATR001	Trazo.	-----	1.00	Lote

B					
Cimentación.					
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	BLC001	Losa de cimentación de concreto armado.	De concreto premezclado Holcim de $f'c=200$ kg/cm ² , tamaño máximo de agregado grueso de 3/4"Ø y revenimiento de 0.12m de espesor. Armada con doble cama de varilla corrugada de 3/8"Ø, a cada 0.20m traslapada en ambos sentidos, amarrada con alambre recocido Cal. 16.	49.40	m ²
C					
Albañilería.					
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	CKH001	Castillo ahogado.	De concreto hecho en obra $f'c= 150$ kg/cm ² con agregado grueso de 3/4" Ø máximo, vaciado en hueco de block de concreto de 6" de ancho, armado con una varilla de 3/8" Ø anclada a losa de cimentación en "L" de 0.40m de longitud. A cada 1.20 m de separación.	102.45	ml
	CCE001	Cerramiento.	De Concreto $f'c= 150$ kg/cm ² de 0.15m x 0.20m armado con prefabricado Modelo ARMEX, marca DeAcero de 0.12m x 0.18m.	12.75	ml
	CVB001	Losa de vigueta y bovedilla.	De vigueta de y bovedilla de concreto de 0.15 de peralte de elaboración propia y recubrimiento de 0.04 m de espesor armado con malla DeAcero electrosoldada de 6"-6 10-10".	49.40	m ²
	CMB001	Muro de block.	De block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia; sentado con pasta cemento-arena prop. 1:5 a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m.	102.56	m ²
	CBC001	Piso de concreto patio de servicio	Concreto sólido $f'c= 150.00$ kg/cm ² de 0.08m de espesor acabado pulido.	5.16	m ²
	CBC002	Piso de concreto de cochera	Concreto sólido $f'c= 150.00$ kg/cm ² de 0.08m de espesor acabado escobillado.	15.44	m ²
C					
Albañilería.					
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	CBC003	Banqueta de concreto.	Concreto sólido $f'c= 150.00$ kg/cm ² de 0.08m de espesor acabado escobillado en cuadros de 0.65m x 1.20m	7.80	m ²
	CRS001	Registro sanitario.	De piso de concreto sólido $f'c= 75.00$ kg/cm ² de 0.08m de espesor acabado pulido. Muros de block de 01.10m x 0.20 x 0.40m de fabricación propia y tapa de concreto $f'c= 100.00$ kg/m ² armada con malla electrosoldada 6-6 10-10.	3.00	pza

D	Azoteas.				
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	DIM001	Impermeabilización.	Impermeabilizante y aislante térmico acrílico elastomérico marca THERMOTÉK® MAX 7, Tipo 7A, en emulsión acuosa de aplicación en frío. Reforzado con membrana sencilla THERMOTÉK.	59.30	m ²
	DPB001	Pretil de block.	De block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia; sentado con pasta cemento-arena prop. 1:5 a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m. y remate de chaflán de concreto cemento-arena prop. 1:5 de 0.05m a 0.01m.	33.00	ml
	DCH001	Chaflán de concreto.	De pasta cemento arena prop. 1:5 a 45°	32.00	ml
	DCP001	Caída pluvial.	De tubo PVC de 2"	2.00	pza
	DBT001	Base para tinaco.	De altura de dos hiladas a traslape de block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia; sentado con pasta cemento-arena prop. 1:5 a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m con placa de concreto hecho en obra de 0.08m de espesor armada con malla electrosoldada 66-1010 marca DeAcero, empastado con estuco marca CEMIX	1.00	pza
E	Acabados				
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	EAI001	Aplanado de pasta industrializada.	Pasta de recubrimiento para muro de block exterior marca Adebloc de CEMIX de 0.005m de espesor máximo; sobre base de sellador primario 5-1 de CEMIX.	69.80	m ²
	EYS001	Aplanado de yeso en muros.	Pasta de yeso de 0.015m de espesor a talocha	151.25	m ²
	EYS002	Aplanado de pasta en cielos.	Pasta de yeso de 0.015m de espesor a talocha	42.70	m ²
	ELC001	Lambrin de cerámica en interiores.	Muro en cerámica esmaltada color blanco uso en interior grado de calidad 1A. Modelo Alcalá marca Vitromex	7.62	m ²
	ELC002	Lambrin de cerámica en fachada.	Revestimiento DalGres, Slate Brown de Primera, marca Daltile de 0.605m x 0.605m sentado con adhesivo de piso Pegamix Constructor marca CEMIX; con boquilla de 0.004m de ancho.	4.80	m ²
E	Acabados				
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	EPC001	Piso cerámico en interior.	Revestimiento DalGres, Slate Brown de Primera, marca Daltile de 0.605m x 0.605m sentado con adhesivo de piso Pegamix Constructor marca CEMIX; con boquilla de 0.004m de ancho.	41.95	m ²
	EZC001	Zoclo cerámico en interior.	Revestimiento DalGres, Slate Brown de Primera, marca Daltile de 0.12m x 0.605m sentado con adhesivo de piso Pegamix Constructor marca CEMIX; con boquilla de 0.004m de ancho.	43.75	ml

F				
Instalación hidráulico-sanitaria.				
Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
F1H001	Línea hidráulica.	Línea de agua en tubo hidráulico termofundido de polipropileno copolímero Random/PP-R (NMX-E-226/2-CNCP-2007) marca TUBOPLUS de la empresa ROTOPLAS, de 3/4" Ø y 1/2" Ø, ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.	45.00	ml
F1H002	Juego de regadera.	Kit de regadera con dos manijas mezcladoras. Cartuchos con disco de cerámica. Cabezal de ducha con rociador. 2 llaves de palanca. Acabado de PVD con níquel cepillado, modelo Builders marca Glacier Bay.	1.00	jgo
F1H003	Juego de baño.	Paquete HD Cosmos II RD 4PZ 4" Blanco. Con Sanitario redondo de descarga 4.8 l con manija frontal y lavabo de 4" con pedestal marca ORION	1.00	jgo
F1H004	Juego de lavadero.	Lavadero de granito con pileta 65x50 cm	1.00	jgo
F2S001	Línea de drenaje.	Línea de drenaje sanitario en tubo de PVC (Policloruro de vinilo, NMX-E-215/1-1994-SCFI) marca FUTURA, REXOLIT o similar de 2" y 4" Ø cementada, ahogada en suelo, losa de cimentación y muros de block de concreto.	20.00	ml
F3G001	Línea de gas	Línea de gas en tubo de cobre tipo L (NMX-W-018-SCFI-2016) marca NACOBRE o similar de 1/2"Ø, unidos por soldadura estaño-antimonio (95/5), ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.	14.50	ml
G				
Instalación eléctrica, iluminación y de sistemas.				
Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
G1E001	Acometida.	-----	1.00	pza
G1E002	Centro de carga.	Centro de carga de 3 pastillas 100A de empotrar marca Schneider Electric.	1.00	pza
G1E004	Cableado	Línea de cables eléctricos calibre 12 y 14 (NOM-001-SEDE-2012) marca Conduflex o similar, en tubo conduit de plástico naranja de 1/2" Ø y 3/4"Ø, ahogada en losa de cimentación y muros de block de concreto.	35.60	pza
G1E005	Salidas de cielo.	Caja de resina octagonal para empotrar de 4" x 4" marca Bticino.	5.00	pza
G				
Instalación eléctrica, iluminación y de sistemas.				
Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
G1E006	Contactos.	Caja de resina para empotrar de 2" x 4" para 3 módulos marca Bticino para contacto dúplex con placa marfil marca Leviton.	11.00	pza
G1E007	Apagadores.	Caja de resina para empotrar de 2" x 4" para 3 módulos marca Bticino para apagador dúplex con placa marfil marca Leviton.	6.00	pza
G3T001	Salidas telefónicas, fibra o cable tv	Caja de resina para empotrar de 2" x 4" para 3 módulos marca Bticino con placa marfil marca Leviton.	5.00	pza

H					
Carpinterías (Metálica y de madera).					
	Código	Concepto	Especificación.	Cantidad	Unidad
	H1A001	Ventana de aluminio recamaras.	Aluminio anodizado acabado natural de 1.20m x 1.50m XO con fijo bajo de 0.30m con vidrio de 4mm claro.	3.00	pza
	H1A002	Ventana de aluminio baño.	Aluminio anodizado acabado natural de 1.20m x 0.30m XO con vidrio traslucido de 4mm.	2.00	pza
	H1A003	Ventana de aluminio chica.	Aluminio anodizado acabado natural de 1.00m x 1.20m XO con vidrio de 4mm claro.	1.00	pza
	H1A004	Fijo de aluminio baño	Aluminio anodizado acabado natural de 1.20m x 0.30m con vidrio traslucido de 4mm.	1.00	pza
	H1A005	Puerta cocina.	Puerta de acero blanca con 9 luces 80 x 213 cm marca MASONITE	1.00	pza
	H2M001	Puertas interiores.	Tambor de pino con cara de triplay de caobilla de 0.80m x 2.13m acabado con barniz transparente, con marco de aluminio	2.00	pza
	H2M002	Puerta baño.	Tambor de pino con cara de triplay de caobilla de 0.60m x 2.13m acabado con barniz transparente, con marco de aluminio	1.00	pza
	H3A001	Puerta acceso principal.	Puerta de tambor y marco de madera con cubierta de acero 2 paneles en color blanco acabado mate con diseño de media luna de cristal transparente templado de 3 mm de espesor. Moldura decorativa plástica.	1.00	pza

Una vez que se cuenta con la información base, se realiza el proceso de tipificación de los índices que pueden identificar a los residuos por partida y por insumo, en base a los datos del formato de presupuestación. Este proceso se muestra en el Anexo 9 de manera general, por lo que a continuación se presentan solo algunos casos a manera de ejemplo.

Partida A. Movimiento de tierras.

Si bien es cierto que los índices de quienes han analizado el proceso constructivo y sus residuos resaltan que un alto porcentaje del volumen de los mismos está representado por tierra que se origina en las acciones de limpieza de terreno, excavaciones, nivelaciones y obras auxiliares; para el presente estudio, que se enfoca en la etapa propiamente constructiva, se realiza un análisis a partir de la obra negra o etapa de albañilería, debido a:

- La producción de las viviendas es de carácter masivo.

- Los movimientos de tierra no se corresponden a una unidad de vivienda, sino a conjuntos que incluyen, zonas peatonales, plazas, circulaciones vehiculares.
- La mayor parte de los residuos de movimientos de tierra corresponde a la limpieza del terreno, por lo que su composición se integra por un alto porcentaje de materia orgánica, la que se concentra en áreas públicas como plazas, parques, camellones centrales para ser utilizada como sustrato base para vegetación.
- No es el motivo principal de este estudio.

PARTIDA A. MOVIMIENTOS DE TIERRA.

1. A. Movimiento de tierras. ALD001 Limpieza de terreno y desmonte.

A		Movimientos de tierra.		
Código	Concepto.	Especificaciones.	Cantidad	Unidad
ALD001	Limpieza y desmonte de terreno	-----	1.00	lte

Especificaciones: -----

Insumos: -----

Residuos de insumos = 0.000

Residuos embalaje = 0.000

Residuos Total = 0.010

Por coeficiente CR.

149

A		Movimientos de tierra.					ALD001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
----	-----	----	-----	--	----	----	0.010	0.000	0.010
Total							0.000	0.000	0.010

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

2. A. Movimiento de tierras. ANC001 Nivelación y compactación de terreno.

A		Movimientos de tierra.		
Código	Concepto.	Especificaciones.	Cantidad	Unidad
ANC001	Nivelación y compactación de terreno.	-----	1.00	lte

Especificaciones: -----

Insumos: -----

Residuos de insumos = 0.000

Residuos embalaje = 0.000

Residuos Total = 0.000

A		Movimientos de tierra.					ANC001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
	Tierra inerte	NTIREL	Tierra inerte	--	----	----	0.0000	0.0000	0.0000
Total							0.0000	0.0000	0.0000

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

3. A. Movimiento de tierras. ATR001 Trazo.

A		Movimientos de tierra.				
Código	Concepto.	Especificaciones.		Cantidad	Unidad	
ATR001	Trazo	-----		1.00	lte	

Especificaciones: -----

Insumos: Cal

Residuos de insumos = 0.000

Residuos embalaje = 1.000

Residuos Total = 0.009

El trazo de la obra constructiva, en el caso de la vivienda de construcción masiva, es un proceso muy sistematizado por lo que, según observación directa se denota su eficiencia a partir de que la secuencialidad del proceso permite una alta eficiencia en el uso de insumos, que para este caso solo se considera la aplicación de cal para el trazo de líneas sobre el terreno; lo que solo genera como residuo la bolsa en la que se empaqueta el producto.

Se utiliza un bulto de 25.00 kg de cal hidratada marca CALIDRA, el cual tiene un rendimiento de cinco lotes por bulto en promedio. De esta situación podemos considerar el siguiente planteamiento para considerar su impacto residual.

(Ecuación 3).

$$\text{trazo} = \frac{\text{Bulto}}{\text{Rendimiento}}$$

$$\text{Residuo empaque de Cal} = \frac{\text{Bulto}}{\text{Rendimiento}} = \frac{1.00 \text{ Bto.}}{5.00 \text{ lotes}} = 0.20 \frac{\text{Bto}}{\text{lte}}$$

Lo que significa que si el saco de papel Kraft en el que viene envuelto el producto tiene dimensiones de 0.30 m X 0.40 m X 0.12 m en dos capas (aproximadamente 0.45 m²/bto) y su gramaje mínimo es de 100 gr/m², estamos considerando que el embalaje de la cal impacta:

(Ecuación 4).

$$\text{Saco Cal} = \text{Gramaje (kg)} \times \text{Área papel (m}^2\text{)} \times 0.20 \frac{\text{Bto}}{\text{lte}}$$

$$\text{Saco Cal} = 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0.45 \text{ m}^2 \times 0.20 \frac{\text{Bto}}{\text{lte}} = 0.009 \text{ kg/lte}$$

151

El resultado es que cada lote trazado impacta el área de trabajo con residuo de papel impregnado con cal 0.009 kg/lte, y si nos remitimos a las consideraciones de coeficiente de residuos de los autores ya mencionados, se determina que su impacto es total, ya que no se recicla o reutiliza dentro de la obra, por lo que su índice es alto; solo se convierte en basura.

Proceso de indexación de residuos de insumo A. Movimiento de tierra. ATR001

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

(Ecuación 5).

$$\text{IPR} = \frac{\text{VRs}}{\text{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de peso (kg).

VPPr = Volumen proyectado de uso en unidades de peso (kg).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{0.0090 \text{ kg}}{0.0090 \text{ kg}} = 1.00$ por lo que el índice de residuos es:

Se considera que cuando el índice de residuos es igual a 1.00 *urs*, el valor IPR es de la magnitud de su resultante en unidad de medida (peso, volumen, superficie o unidad de identificación), ya que el índice indica que el total de producto ingresado se convierte en residuo como es el caso de los embalajes.

Índice de residuos de ATR001-NCLCAL por unidad de peso = 1.0000

Conclusión Partida A.

A		Movimientos de tierra.					ANC001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
NCL	Cal hidratada marca CALIDRA.	NCLCAL	Cal	√	LPCKFT	----	0.0000	0.0090	0.0090
Total							0.0000	0.0090	0.0090

Elaboró Jesús Martín López López
(2018).

La tabla de concentrado nos indica que la Partida A. genera un impacto de 0.009 *urs* de residuos en su proceso, que equivale a 0.009 kg de papel kraft.

PARTIDA B. CIMENTACIÓN.

1. B. Cimentación. BLC001 Losa de cimentación.

B		Cimentación		
Código	Concepto.	Especificaciones.	Cantidad	Unidad
BLC001	Losa de cimentación	De concreto premezclado Holcim de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, tamaño máximo de agregado grueso de $3/4" \text{Ø}$ y revenimiento de 0.12m. De 0.12m de espesor armada con doble cama de varilla corrugada de $3/8" \text{Ø}$, a cada 0.20m traslapada en ambos sentidos, amarrada con alambre recocido Cal. 16.	49.40	m ²

Insumos: Concreto premezclado, varilla corrugada y alambre recocido.

Residuos de insumos = **0.057**

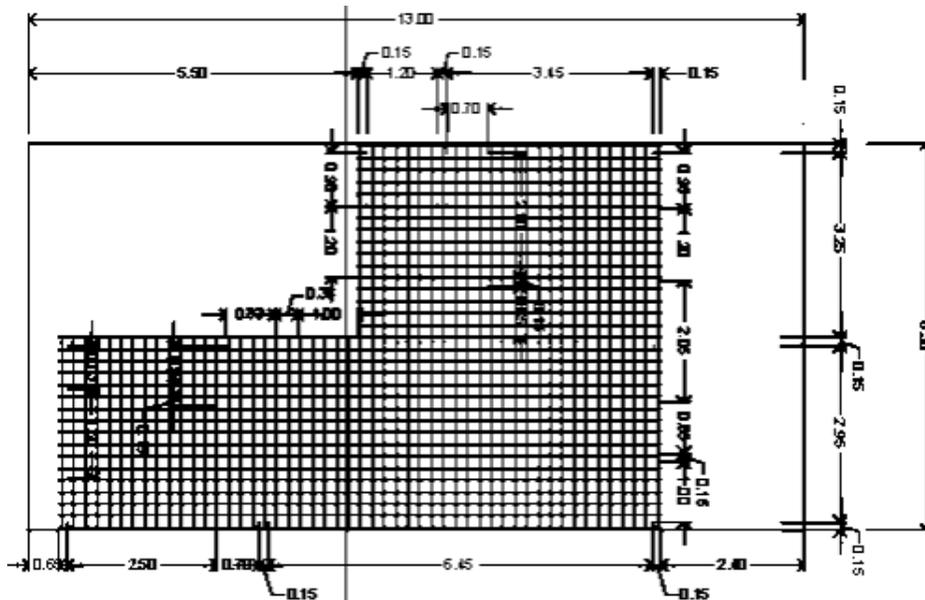
Concreto premezclado = **0.007**

Varilla de acero = **0.041**

Alambre de acero = **0.009**

Residuos embalaje = **0.000**

Residuos Total = **0.057**



Se cuantifican de acuerdo con información gráfica de proyecto y a especificaciones, los cuales se manejan como entrada de datos.

En el Concepto de Obra BLC001, se pueden identificar tres insumos que hacen posible la elaboración del elemento constructivo y son:

Código HHP. Concreto premezclado marca Holcim de $f'c=200$ kg/cm², tamaño máximo de agregado grueso de 3/4"Ø y revenimiento de 0.12 m.

Código PHV. Varilla corrugada de 3/8" Ø.

Código PHR. Alambre recocido Cal.16.

B		Cimentación.				
INSUMOS		RESIDUOS				
Código Insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo
HHP	Concreto premezclado Holcim de 200kg/cm ² agregado grueso de 3/4" Ø tamaño máximo y revenimiento de 0.12	HHP200	Concreto	--	----	----
PHV	Varilla corrugada de 3/8" Ø Grado 42, Marca DeAcero.	PHV3-8	Acero	--	----	----
PHR	Alambre recocido Cal. 16 Marca DeAcero	PHVC16	Acero	--	----	----

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Análisis de los insumos de acuerdo con observaciones in situ y a entrevistas no formales con los encargados de la obra y los operarios; para llevar a cabo el proceso de indexación de residuos por Insumo:

154

Insumo 1: B. BLC001-HHP200: Concreto premezclado.

Especificación: Concreto premezclado de 200 kg/cm², agregado grueso de 3/4" Ø tamaño máximo y revenimiento de 0.12 m.

Volumen de entrega facturado (teórico):	6.00 m ³
Volumen a utilizar según cuantificación:	5.93 m ³
Residual por observación:	0.044 m ³

Según la cuantificación obtenida de 49.40 m² de superficie multiplicado por 0.12 m de espesor, necesitan 5.93 m³ de concreto premezclado. El volumen a utilizar es muy exacto en su cuantificación debido a que la superficie en la que se vierte está totalmente nivelada, además de que el tipo de cimbrado esta realizado con molde metálico fabricado expofeso para este tipo de obra.

La entrega del producto, por parte de la empresa dosificadora, se realiza en vehículos mezcladores o mixers con ollas de una capacidad de hasta 7.00 m³. Sin embargo, la entrega comercial más común que se realiza es de 6.00m³. Para este caso la disposición en obra es a tiro directo, es decir se vacía del camión mezclador directamente a la superficie de recepción.

Descripción de la producción del residuo insumo:

Se propicia un remanente de residuo de 0.07 m³ el cual puede tener dos destinos: como complemento en otros vertidos de la obra o bien, como residuo que va a tiraderos sin control, como la zona de escombros del fraccionamiento, arroyos de calles aledañas, lotes baldíos, o bien junto al área de disposición original. De acuerdo a lo observado en el desarrollo de la acción de vertido en molde, se realizaron las siguientes mediciones: utilizando botes de 19 lts de polietileno de alta densidad se recogieron los siguientes residuos:

- Casa 1. Dos botes (0.04 m³).
- Casa 2. Tres botes (0.06 m³).
- Casa 3. Tres Botes (0.06 m³).
- Casa 4. Tres Botes (0.06 m³).
- Casa 5. Dos Botes (0.04 m³).
- Casa 6. Cuatro Botes (0.08 m³).
- Casa 7. Tres Botes (0.06 m³).
- Casa 8. Tres Botes (0.06 m³).
- Casa 9. -----
- Casa 10. Dos botes (0.04 m³).

155

Lo que nos da un total de 0.44 m³, con un promedio de 0.044 m³ de residuo por unidad de vivienda en el vaciado de losa de cimentación.

Proceso de indexación de residuos de B. BLC001-HHP200

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir:

$$IPR = \frac{VRs}{VPrp}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{0.044 \text{ m}^3}{5.93 \text{ m}^3} = 0.0074$, por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de BLC001-HHP200 por unidad de volumen = 0.0074 urs

Insumo 2: B. BLC001-PHV3-8: Varilla de 3/8" Ø.

Especificación: Varilla de acero corrugada (C1) de 3/8" Ø, grado 42 marca DeAcero. (Norma mexicana NMX-C-407 y NMX-B-506).

Volumen de entrega teórico: 595.00kg (89 vrs x 6.684 kg/vr).

Volumen a utilizar según cuantificación: 561.00 kg

Residual por observación: 24.45 kg.

Según la volumetría analizada, se utilizan piezas de varilla de 12.00 m de largo. El trabajo de habilitación del acero no se lleva a cabo por unidad de vivienda, sino por conjunto. Así que las observaciones realizadas se enmarcan en esa circunstancia, sin embargo, la preparación de los tramos de varilla se pueden aplicar a cada unidad de vivienda.

Se trabaja con 89 varillas de 12.00 m de largo, lo que equivale a 595.00 kg. La volumetría indica el uso de 52 tramos de 6.50 m y 50 tramos de 3.25 m en el sentido horizontal y 34 tramos de 10.10 m y 32 tramos de 5.10 m.

Residuos insumo:

52 varillas 12.00 m.

32 tramos 6.50 m + 32 tramos 5.10 m = 32 tramos de 0.40 m o residuo "A".

20 tramos 6.50 m + 20 tramos 3.25 m = 20 tramos de 2.50 m o residuo "B".

34 varillas 12.00 m

34 tramos 10.10 m = 34 tramos de 1.90 m o residuo "C".

3 varillas 12.00 m

9 tramos 3.25 m = 3 tramos de 2.25 m o residuo "D"

En este caso si se da una reutilización de los residuos producidos en la habilitación de las varillas de refuerzo, ya que algunos de los cortes realizados se pueden aplicar en el armado; de esta manera se utilizan los veinte tramos de los residuos “B” de 2.50 m combinados con los veinte tramos del residuo “C” de 1.90 m, para fabricar armados compuestos una varilla de 2.50 m + 1.90 m con traslape de 0.58 m. Además, se utilizan dos tramos de 2.25 m de Residuo “D”, para la obtención de un tramo de 3.25 m traslapados a 0.75 m.

De lo anterior podemos obtener el siguiente estimado de producción de residuos en la habilitación de las varillas de acero corrugadas:

$$\begin{aligned} \text{Residuos} &= \text{Residuo "A"} + \text{Residuo "B"} + \text{Residuo "C"} + \text{Residuo "D"} = \\ \text{Residuos} &= (0.40 \text{ m} \times 32) + (2.50 \text{ m} \times 0) + (1.90 \text{ m} \times 14) + (2.25 \text{ m} \times 1) = \\ \text{Residuos} &= 12.80 \text{ m} + 0 + 26.60 \text{ m} + 4.50 \text{ m} = \mathbf{43.90\text{ml}} \end{aligned}$$

De donde se obtienen los residuos en kilogramos:

$$43.90\text{ml} \times 0.557\text{kg/ml} = 24.45 \text{ kg}$$

157

Proceso de indexación de residuos del insumo A. BLC001-PHV3-8

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$\text{IPR} = \frac{\text{VRs}}{\text{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

De ahí se obtiene: $\text{IPR} = \frac{24.454 \text{ kg}}{595.00 \text{ kg}} = \mathbf{0.0411}$, por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de BLC001-PHV3-8 por unidad de peso = 0.0411 urs
--

Insumo 3: B. BLC001-PHVC16

Especificación: Alambre recocido Cal. 16 marca DeAcero (Norma Mexicana ASTM-A-853).

Volumen de entrega (teórico): 4.00 kg.

Volumen a utilizar según cuantificación: 3.84 kg

Residual por observación: 0.0346 kg

Según la cuantificación realizada se habilitan cortes de alambre de 0.30 m de longitud en promedio, para amarres de varillas en el armado de la doble parrilla de cimentación; dando un total de 2,566 amarres; por lo tanto, se tiene un consumo de 769.80 ml de alambre; si se considera que cada tramo para amarre es de 0.30 m con un peso de 0.005 kg por amarre, tenemos un consumo de 3.84 kg en la habilitación de las parrillas.

Si se realiza el análisis de los posibles residuos aplicado la diferencia teórica entre el material entregado y el consumido, se puede establecer un primer acercamiento a la detección de la producción de residuos de alambre recocido, en el cual no lo podemos estimar por la diferencia del volumen entregado por unidad de vivienda menos el consumido: $4.00 \text{ kg} - 3.84 \text{ kg} = 0.16 \text{ kg}$, ya que la diferencia es amplia y parte de este material se utiliza en otras obras y/o actividades complementarias, quedando el procedimiento de estimación como sigue:

Según observaciones se pierden sin uso en la manipulación de los cortes de alambre entre 8 y 15 piezas de amarres lo que significa $0.0165 \text{ kg} \times 0.30 \text{ ml} \times 7$ amarres (promedio) = 0.0346 kg

Este dato se manifiesta a través de la observación in situ de la siguiente manera:

- Casa 1. 08 amarres.
- Casa 2. 15 amarres.
- Casa 3. 04 amarres.
- Casa 4. 12 amarres.
- Casa 5. ----
- Casa 6. 15 amarres.
- Casa 7. ----

Casa 8. 14 amarres.
 Casa 9. -----
 Casa 10. 12 amarres.

Proceso de indexación de residuos de insumo A. BLC001-PHVC16

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$IPR = \frac{VRs}{VPrp}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{0.0346 \text{ kg}}{3.84 \text{ kg}} = 0.009$, por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de BLC001-PHV3-8 por unidad de peso = 0.009 urs

159

Para el caso del Concepto BLC001 de la Partida de Cimentación, no se consideran residuos de embalaje ya que la totalidad de los materiales son entregados sin ningún tipo de empaque. Así, la información queda establecida de la siguiente manera:

Conclusión Partida B.

B		Cimentación.					BLC001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
HHP	Concreto premezclado Holcim de 200kg/cm ² agregado grueso de 3/4" Ø tamaño máximo y revenimiento de 0.12	HHP200	Concreto	--	----	----	0.007	0.0000	0.007
PHV	Varilla corrugada de 3/8" Ø Grado 42, Marca DeAcero.	PHV3-8	Acero	--	----	----	0.041	0.0000	0.041
PHR	Alambre recocido Cal. 16 Marca DeAcero	PHVC16	Acero	--	----	----	0.009	0.0000	0.009
Total							0.057	0.0000	0.057

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Es decir, el Concepto de Obra BLC001 Losa de Cimentación, tiene un índice de residuos del proceso de la fabricación de **0.57 urs** por unidad de vivienda, siendo el de más alto impacto el acero, lo que significa que es necesario revisar la etapa en la cual se está generando el residuo.

En la intención de determinar índices **urs** por unidad de superficie de la construcción de la vivienda de interés social, en la Partida A. Cimentación BLC001, tenemos la siguiente ecuación que permite determinar ese índice:

(Ecuación 6).

$$\text{IRS} = \frac{\text{Indice total de residuos}}{\text{Superficie de vivienda}} = \frac{0.057 \text{ urs}}{49.40 \text{ m}^2} = 0.0012 \text{ urs/m}^2$$

Es decir, la Partida B genera un impacto de 0.057 *urs* de residuos en su proceso, que equivale a 0.044 m³ de concreto premezclado de f'c=200 kg/cm²; 24.45 kg de varilla corrugada de 3/8" Ø, y 0.035 kg alambre recocido; los cuales se tendrían que relacionar con el coeficiente HE para determinar su impacto total de comportamiento como residuo en el medio ambiente.

160

PARTIDA C. ALBAÑILERÍA

1. C. Albañilería. CKH001 Castillo ahogado.

C		Albañilería.		
Código	Concepto.	Especificaciones.	Cantidad	Unidad
CKH001	Castillo ahogado.	De concreto hecho en obra f'c= 150 kg/cm ² con agregado grueso de 3/4" Ø máximo, vaciado en hueco de block de concreto de 6" de ancho, armado con una varilla de 3/8" Ø anclada a losa de cimentación en "L" de 0.40m de longitud. A cada 1.20 m de separación.	102.45	ml

Insumos: Concreto hecho en obra (cemento gris y áridos), varilla corrugada.

Residuos de insumos = **0.097**

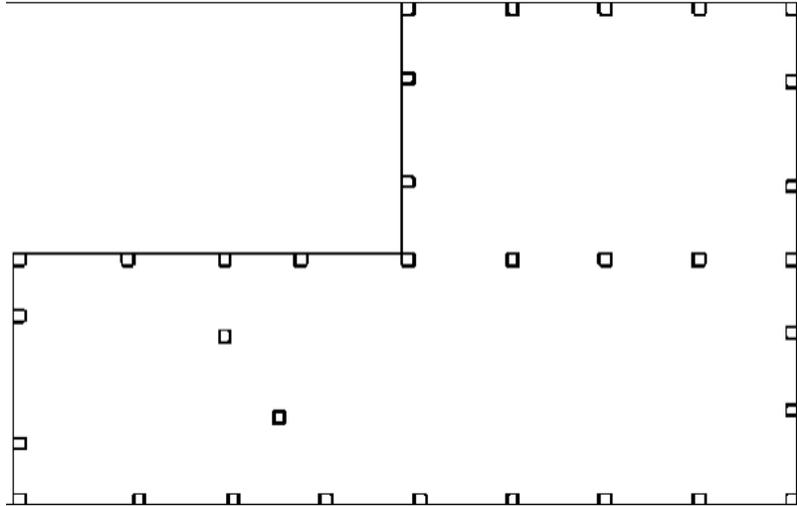
Concreto hecho en obra = **0.094**

Varilla de acero = **0.003**

Residuos embalaje = **1.000**

Residuos Total = **1.097**

Se cuantifican de acuerdo con información gráfica de proyecto y a especificaciones, los cuales se manejan como entrada de datos.



Cuando nos referimos a castillo ahogado, se hace mención de un elemento estructural menor de refuerzo en muros de carga, en este caso, elaborado de concreto hecho en obra, vaciado en hueco de block de concreto de 0.15 m x 0.20 m x 0.40 m, armado con una varilla de 3/8" Ø anclada a losa de cimentación en "L" de 0.40 m más 2.75 m de longitud.

161

La construcción contiene en su estructura 33 piezas del concepto CKH001, en el cual se identifican los siguientes insumos para su elaboración:

Código HHO. Concreto elaborado en obra de $f'c=150$ kg/cm², tamaño máximo de agregado grueso de 3/4" Ø como tamaño máximo.

Código PHV. Varilla corrugada de 3/8" Ø.

El producto elaborado en obra HHO requiere de los insumos siguientes:

Código HHC. Cemento gris CPC-30 tipo Fuerte de marca Holcim, norma NMX-C-414-ONNCCE.

Código HHC. Arena de mina.

Código HHC. Grava de mina de 3/4" Ø.

Insumo 1. C. CKH001-HHO150

Especificación: Concreto hecho en obra $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso de $3/4" \text{ } \emptyset$.

Volumen a utilizar según cuantificación: 1.75 m^3

Residual por observación de concreto: 0.005 m^3

Se estima que en su elaboración se consumen por cada bulto de cemento 0.10 m^3 de arena y 0.15 m^3 de grava; lo que equivale a obtener en obra aproximadamente 0.20 m^3 de concreto de estas características. Para este análisis consideramos que el concreto a utilizar son 0.053 m^3 ($0.110 \text{ m} \times 0.175 \text{ m}$) de castillo ahogado de 2.75 m de altura. El residual que se produce se da precisamente en proceso de traslado y vaciado en los huecos del block, lo que se presenta por incorrecta manipulación de herramientas y procedimiento, generándose un promedio de 0.005 m^3 por unidad elaborada, lo que significa un 9.4% de residuos.

Si se consumen 0.053 m^3 de concreto por castillo y se tienen 33 piezas de este elemento, obtenemos como resultado un volumen total de material de 1.75 m^3 por vivienda; lo que significa que se aplican como materia prima:

Sacos de cemento gris = $1.75 \text{ m}^3 / 0.20 \text{ m}^3/\text{bto} = 8.75$ bultos

Arena = $1.75 \text{ m}^3 \times 0.10 \text{ m}^3/\text{bto} / 0.20 \text{ m}^3 = 0.875 \text{ m}^3$

Grava = $1.75 \text{ m}^3 \times 0.15 \text{ m}^3/\text{bto} / 0.20 \text{ m}^3 = 1.313 \text{ m}^3$

Por lo que el residuo de concreto para castillo ahogado es de:

1.75 m^3 de concreto X 9.4% de estimación de residuos = 0.163 m^3

Proceso de indexación de residuos de C. CKH001-HHO.150

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$\text{IPR} = \frac{\text{VRs}}{\text{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m^3 o m^2).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{0.163 \text{ m}^3}{1.75 \text{ m}^3} = 0.0931$ por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de CKH001-HHO150 por unidad de volumen = 0.0931 *urs*

Se utiliza un bulto de 50.00 kg de cemento Fuerte de Holcim de papel Kraft con dimensiones de 0.40 m X 0.60 m X 0.15 m en dos capas (aproximadamente 1.56 m²/bto) y su gramaje mínimo es de 100 gr/m², estamos considerando que el embalaje del cemento impacta

(Ecuación 7)

Saco Cemento = Gramaje (kg) x Área papel (m²) x btos

$$\text{Saco Cemento} = 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 1.56 \text{m}^2 \times 8.75 \text{ btos} = 1.365 \text{ kg/viv}$$

Lo que da como resultado que cada vivienda impacta el área de trabajo con residuo de papel impregnado con cemento 0.156 kg/lte, y si nos remitimos a las consideraciones de coeficiente de residuos de los autores ya mencionados, se determina que su impacto es total, ya que no se recicla o reutiliza dentro de la obra, por lo que su índice es alto; solo se convierte en basura.

163

Proceso de indexación de residuos de insumo C. Albañilería. CKH001 Castillo ahogado.

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$IPR = \frac{VRs}{VPrp}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (*urs*).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de peso (kg).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de peso (kg).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{1.365 \text{ kg}}{1.365 \text{ kg}} = 1.0000$ por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de CKH001-HHO150 por unidad de peso = 1.0000 *urs*

Basado en los criterios de Ramírez de Arellano et al. (2002), se considera que cuando el índice de residuos es igual a 1.00 *urs*, el valor IPR es de la magnitud de su resultante en peso, volumen, superficie o unidad de medida, ya que el índice indica que el total de producto ingresado se convierte en residuo como es el caso de los embalajes.

Insumo 2: C. CKH001-PHV3-8: Varilla de 3/8" Ø.

Especificación: Varilla de acero corrugada (C1) de 3/8" Ø, grado 42 marca DeAcero. (Norma mexicana NMX-C-407 y NMX-B-506).

Volumen de entrega teórico: 66.84 kg (10 vrs x 6.684 kg/vr).

Volumen a utilizar según cuantificación: 64.83 kg

Residual por observación: 2.01 kg

Se utilizan piezas de varilla de 12.00 m de largo. El trabajo de habilitación del acero no se lleva a cabo por unidad de vivienda, sino por conjunto. Así que las observaciones realizadas se enmarcan en esa circunstancia; sin embargo, la preparación de los tramos de varilla se pueden aplicar a cada unidad de vivienda.

Se necesitan 33 piezas de varilla de 3.00m de largo más 0.40 m de ancla, lo que da un total de 3.40 m lineales de varilla. Si se trabaja con varillas de 12.00 m de largo tendremos un rendimiento de 3 piezas completas de armado, lo que deja un residuo de 1.80 m de largo. Por lo que se puede considerar que para elaborar las piezas necesarias se necesitarían 11 varillas de 12 metros quedando un residuo de 11 tramos de 1.80 m de longitud.

Sin embargo, se trabaja con 10 varillas de las cuales se obtiene 30 piezas completas de 3.40 m quedando como residuo 10 piezas de 1.80 m de largo; de las cuales se utilizan 6 cortes para habilitarlos como 3 piezas empalmando dos cortes 0.40 m. con lo cual el residual es de dos cortes de 1.80 m.

De donde se obtienen los residuos en kilogramos:

$$1.80\text{m} \times 0.557\text{kg/m} \times 2 \text{ cortes} = 2.01 \text{ kg}$$

Proceso de indexación de residuos del insumo C. CKH001-PHV3-8

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$\text{IPR} = \frac{\text{VRs}}{\text{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m³ o m²).

165

De ahí se obtiene: $\text{IPR} = \frac{2.01 \text{ kg}}{66.84 \text{ kg}} = 0.0300$, por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de CKH001-PHV3-8 por unidad de peso = 0.0300 urs

Conclusión Partida B.BLC001

B		Cimentación.					BLC001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
HHP	Concreto premezclado Holcim de 200kg/cm ² agregado grueso de 3/4" Ø tamaño máximo y revenimiento de 0.12	HHP200	Concreto	--	----	----	0.007	0.0000	0.007
PHV	Varilla corrugada de 3/8" Ø Grado 42, Marca DeAcero.	PHV3-8	Acero	--	----	----	0.041	0.0000	0.041
PHR	Alambre recocido Cal. 16 Marca DeAcero	PHVC16	Acero	--	----	----	0.009	0.0000	0.009
Total							0.057	0.0000	0.057

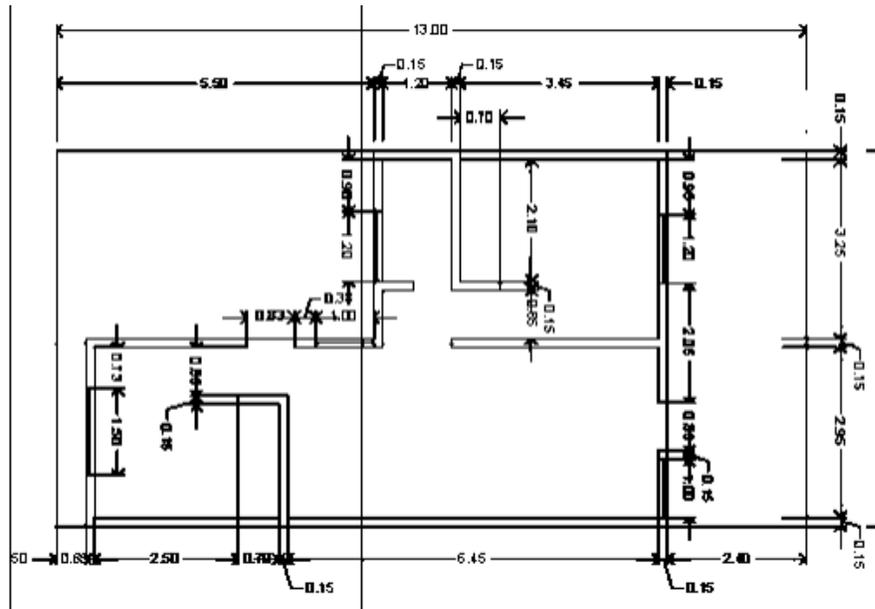
Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

3. C. CMB.001-HHO.150 Muro de block de concreto.

C		Albañilería		
Código	Concepto.	Especificaciones.	Cantidad	Unidad
CMB001	Muro de block de concreto	De block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia; sentado con pasta cemento-arena prop. 1:5 a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m.	109.56	m²

Residuos de insumos	=	0.080
Mortero hecho en obra	=	0.020
Block de concreto	=	0.060
Residuos embalaje	=	1.000
Residuos Total	=	1.080

Se cuantifican de acuerdo con información gráfica de proyecto y a especificaciones.



166

En el Concepto CMB001, se pueden identificar los insumos que hacen posible la elaboración del elemento constructivo que se codifican de acuerdo con lo estipulado, se hace de esta manera para identificar desde su especificación como insumo, los posibles residuos que puedan generar, y son:

Código HCB15 Block de concreto de 0.15 m x 0.20 m x 0.40 m de elaboración propia.

Código HMM1-5 Mortero cemento arena proporción 1:5.

C		Albañilería.				
INSUMOS		RESIDUOS				
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo
HBC	Block de concreto de 0.15 m x 0.20 m x 0.40 m de elaboración propia.	HBCB15	Pedacería	√	LTM-PLL	Tarima de madera
HMM	Mortero cemento arena proporción 1:5	HMM1-5	Residuo	√	LPC-KFT	Papel Kraft

Tratamiento de los Insumos de acuerdo con observaciones in situ:

Residuo insumo:

Por observación se plantea lo siguiente:

Existen pérdidas en cuatro acciones diferentes del manejo del block:

Primera: Llegada del insumo al área de almacenamiento.

En esta etapa se observó un bajo o casi nulo índice de desperdicio.

Se realizaron diez observaciones durante la llegada de camiones de mil piezas y el conteo registro sólo la pérdida de 6 piezas en total. El resultado se manifiesta debido a que la entrega es en embalaje de tarimas de madera de 1.20m x 1.20m de que se manipulan por medio de montacargas.

Total de residuos = 10,000 piezas con 6 piezas de desperdicio = 0.0006

Segunda: Transportación del almacén a la obra (punto específico de aplicación del insumo).

En esta etapa se, manifiesta un mayor índice que llega hasta el 1% de pérdida por los siguientes motivos:

En ocasiones el almacenamiento queda hasta 200.00m de distancia del punto de aplicación del insumo.

El manejo generalmente se hace con montacargas, pero el vehículo transita por terreno no nivelado, lo que hace que algunas de las piezas caigan en el tramo de camino.

Se transportan un máximo de 120 piezas, acomodadas 3 piezas x 8 piezas x 5 niveles acomodadas en dos direcciones. En este proceso de 15 acciones

observadas no se detectaron perdida de material; pero en entrevistas con los residentes de obra, manifestaron que hay ocasiones de hasta dos piezas quebradas por viaje.

Sin embargo, se hacen transportaciones eventuales en carretilla por parte de los auxiliares de obra, los cuales transportan hasta 15 piezas, maniobra que puede causar hasta 1% de piezas afectada por cada ocho viajes. De este tipo de maniobras se hacen de una a dos por vivienda en la etapa de levantamiento de muros.

Manejo en obra:

Según encuesta con los supervisores de obra se consideran 5 piezas por cada 1,000 que se mueven; lo que significa: $5/1,000 = 0.005$

Total de residuos = 1,000 piezas con 4 piezas de desperdicio = 0.0004

168

Tercera: Fabricación de muro.

En la construcción del muro es donde se eleva la producción de residuos, el cual tiene un promedio del 5%, debido a que el manejo se realiza es manual y con descuido; así como a la gran cantidad de cortes realizados de manera artesanal a golpe de cuchara.

Altura interior $h = 2.73$ m que significa trece hiladas de block más 0.01 m de boquilla a mezcla cortada.

Construcción:

Se considera 3 piezas perdidas por cada 100 piezas manejadas = **0.0300**

Lo cual realizando la sumatoria de los tres conceptos de pérdida, nos da un total de:

Entrada insumo + Almacenamiento y reparto + Construcción = Total de residuos.

$$0.0006 + 0.0004 + 0.0300 = 0.0310$$

Lo cual nos da un porcentaje muy cercano al 3% que se considera, por los analistas, como mínimo desperdicio en los análisis de precios unitarios que soportan las presupuestaciones de costos de muros.

Proceso de indexación de residuos: C. CMB001-HHB.

Especificación: Block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia.

Volumen de entrega (encuesta): 1,400.00 piezas.

Volumen a utilizar según cuantificación: 1,370.00 piezas.

Residual por observación: 5 piezas por unidad de vivienda.

De los datos anteriores se puede obtener un índice de producción de residuo. En este caso para el modelo de vivienda de interés social analizado, se da la siguiente situación:

$109.56\text{m}^2 \times 12.50 \text{ piezas/m}^2 = 1,370.00 \text{ piezas}$ se tiene un residuo promedio de:

$1,370 \text{ piezas por unidad de vivienda} \times 0.0310 = 42.27 \text{ piezas de residuo por vivienda.}$

169

Se asignan a cada unidad de vivienda 12 viajes de 120.00 piezas cada uno lo que equivale a 1,440 piezas de block menos los 1,370 a utilizar no da una diferencia de 70 piezas, que deben de absorber el desperdicio generado en el manejo de este material; es decir si el manejo y la instalación block se realiza correctamente no debe haber residuos significativos. Si se da al máximo analizado en las observaciones quedan residuos equivalentes a 42 piezas.

De acuerdo con lo entregado se daría un resultado de:

$$70.00 \text{ piezas} - 42.00 \text{ piezas} = 28.00 \text{ piezas.}$$

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo. A partir de:

$$\text{IPR} = \frac{\text{VRs}}{\text{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen (pzs).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (pzs).

De ahí se obtiene: $\mathbf{IPR} = \frac{28.00 \text{ pzs}}{1370 \text{ pzs}} = 0.0204$ por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de HBCB15 por unidad de volumen = 0.0204 urs

Para los insumos siguientes se tiene que realizar, en primera instancia, un análisis general, ya que los materiales que a continuación se describen, son aplicados en la elaboración de un subproducto fabricado en obra que es la pasta cemento-arena proporción 1:5 en su relación cemento-arena; trabajada a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m, para sentar los blocks de concreto.

El producto elaborado en obra HMM requiere de los insumos siguientes:

Código HHC. Cemento gris CPC-30 tipo Fuerte de marca Holcim, norma NMX-C-414-ONNCCE.

Código HHC. Arena de mina.

170

Insumo 1. C. HBC001-HMM1-5

Especificación: Mortero cemento- arena hecho en obra proporción 1-5.

Volumen a utilizar según cuantificación: 0.92 m³

Residual por observación de pasta: 0.055 m³

Se estima que en la elaboración se consumen por cada bulto de cemento gris, 0.18 m³ de arena; lo que equivale a obtener en obra aproximadamente 0.17 m³ de pasta por cada de 50 kgs de cemento. Para este análisis consideramos que la pasta a utilizar es de 0.0084 m³/m². El residual que se produce se da en el proceso de traslado y aplicación de la pasta debido a una incorrecta manipulación de herramientas y procedimiento, generándose un promedio de 0.0005 m³ por m² de muro de block fabricado, equivale a un 6% de residuos.

Si se consumen 0.0084 m^3 de pasta por m^2 de muro y se tienen 109.56 m^2 de muro, obtenemos como resultado un volumen total de material de 0.92 m^3 por vivienda. Lo que significa que se aplican como materia prima:

$$\text{Sacos de cemento gris} = 0.92 \text{ m}^3 / 0.17 \text{ m}^3/\text{bto} = 5.41 \text{ bultos}$$

$$\text{Arena} = 0.92 \text{ m}^3 / 0.18 \text{ m}^3/\text{bto} = 0.167 \text{ m}^3$$

Por lo que el residuo de mortero para fabricación de muro de block de concreto es:

$$\mathbf{0.92 \text{ m}^3 \text{ de pasta X } 6\% \text{ de estimación de residuos} = \mathbf{0.055 \text{ m}^3}$$

Proceso de indexación de residuos de C. HBC001-HMM.1-5

De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de:

$$\mathbf{IPR} = \frac{\mathbf{VRs}}{\mathbf{VPrp}}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de volumen o superficie (m^3 o m^2).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de volumen o superficie (m^3 o m^2).

De ahí se obtiene: $\mathbf{IPR} = \frac{0.055 \text{ m}^3}{0.92 \text{ m}^3} = 0.0598$ por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de C. HBC001-HMM1-5 por unidad de volumen = 0.0598

Se utiliza un bulto de 50.00 kg de cemento Fuerte de Holcim de papel Kraft con dimensiones de $0.40 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$ en dos capas (aproximadamente $1.56 \text{ m}^2/\text{bto}$) y su gramaje mínimo es de $100 \text{ gr}/\text{m}^2$, estamos considerando que el embalaje del cemento impacta.

$$\mathbf{Saco \text{ Cemento} = \text{Gramaje (kg)} \times \text{Área papel (m}^2\text{)} \times \text{btos}$$

$$\mathbf{Saco \text{ Cemento} = 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 1.56 \text{ m}^2 \times 5.41 \text{ btos} = \mathbf{0.8440 \text{ btos/viv}}$$

Lo que da como resultado que cada vivienda impacta el área de trabajo con residuo de papel contaminado con cemento $0.156 \text{ kg}/\text{lte}$, y si nos remitimos a las consideraciones de coeficiente de residuos de los autores ya mencionados, se

determina que su impacto es total, ya que no se recicla o reutiliza dentro de la obra, por lo que su índice es alto; solo se convierte en basura.

Proceso de indexación de residuos de insumo C. Albañilería. HBC001-HMM1-5. De los datos anteriores se puede obtener un Índice de Producción de Residuo a partir de.

$$IPR = \frac{VRs}{VPrp}$$

De donde:

IPR = Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).

VRs = Volumen de residuo posible promedio en unidades de peso (kg).

VPrp = Volumen proyectado de uso en unidades de peso (kg).

De ahí se obtiene: $IPR = \frac{0.8440 \text{ kg}}{0.8440 \text{ kg}} = 1.00$ por lo que el índice de residuos.

Índice de residuos de HBC001-HMM1-5 por unidad de peso = 1.0000 urs

De acuerdo con los coeficientes obtenido por Ramírez de Arellano (2002), se considera que cuando el índice de residuos es igual a 1.00 *urs*, el valor IPR es de la magnitud de su resultante en su unidad de medida, ya que el índice indica que el total de producto ingresado se convierte en residuo como es el caso de los embalajes.

De acuerdo con los coeficientes obtenido por Ramírez de Arellano (2002), se considera que cuando el índice de residuos es igual a 1.00 *urs*, el valor IPR es de la magnitud de su resultante en su unidad de medida, ya que el índice indica que el total de producto ingresado se convierte en residuo como es el caso de los embalajes.

C		Albañilería.					CMB.001		
INSUMOS		RESIDUOS					ÍNDICES		
Código insumo	Insumos	Código Residuo Insumo	Tipo de Residuo	Embalaje	Código Residuo Embalaje	Tipo de Residuo	Residuo Insumos	Residuo Embalaje	Residuo Concepto (Total)
HBC	Block Concreto 0.15x0.40x0.40 m	HBCB15	Concreto	--	----	----	0.0204	0.0000	0.0204

HMM	Mortero cemento arena proporción 1:5	HMM1-4	Residuo	√	LPC-KFT	Papel Kraft	0.0000	0.8440	0.8440
Total							0.0204	0.8440	0.8644

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

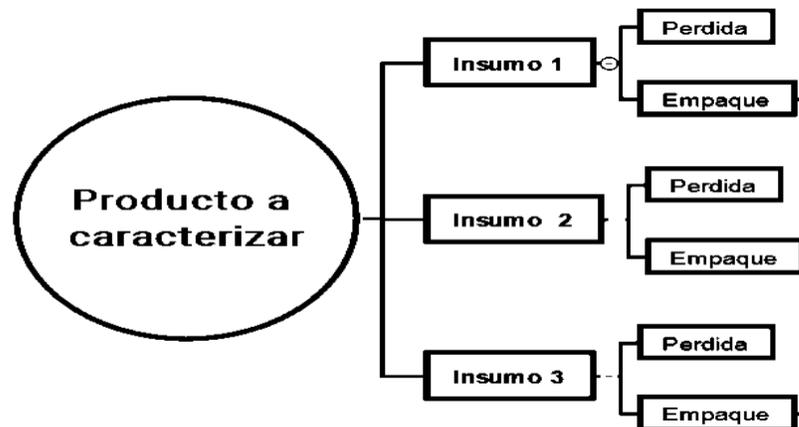
5.4 Proceso del CReC.

Para lograr caracterizar los residuos de construcción habría que referirnos a la posibilidad de analizar cada insumo para establecer sus condiciones y sus viabilidades de modelizar su comportamiento en la construcción de la vivienda de interés social en México.

Como ya se estableció en el Capítulo 2, punto 2.3.1; la caracterización implica la identificación, tipificación y cuantificación de los componentes integrantes de un objeto o elemento, en este caso de los que materializan a la vivienda de interés social; cuestión que a partir de los modelos de presupuestación existentes no es posible totalmente, debido a su vocación de carácter cuantitativo por lo cual es necesario realizar adaptaciones que permitan establecer no solo cuanto resulta en cantidad de cada proceso constructivo sino cual es exactamente el tipo residual.

Un modelo de caracterización debe establecer varios acercamientos a la realidad, los cuales no necesariamente deben de ser únicamente cuantitativos. Por un lado, cuáles son los insumos que producen residuos de acuerdo con un determinado proceso constructivo; por otro, cuáles son los tipos de residuo y sus

Esquema 21. Flujo de información del CReC para caracterizar los residuos de la

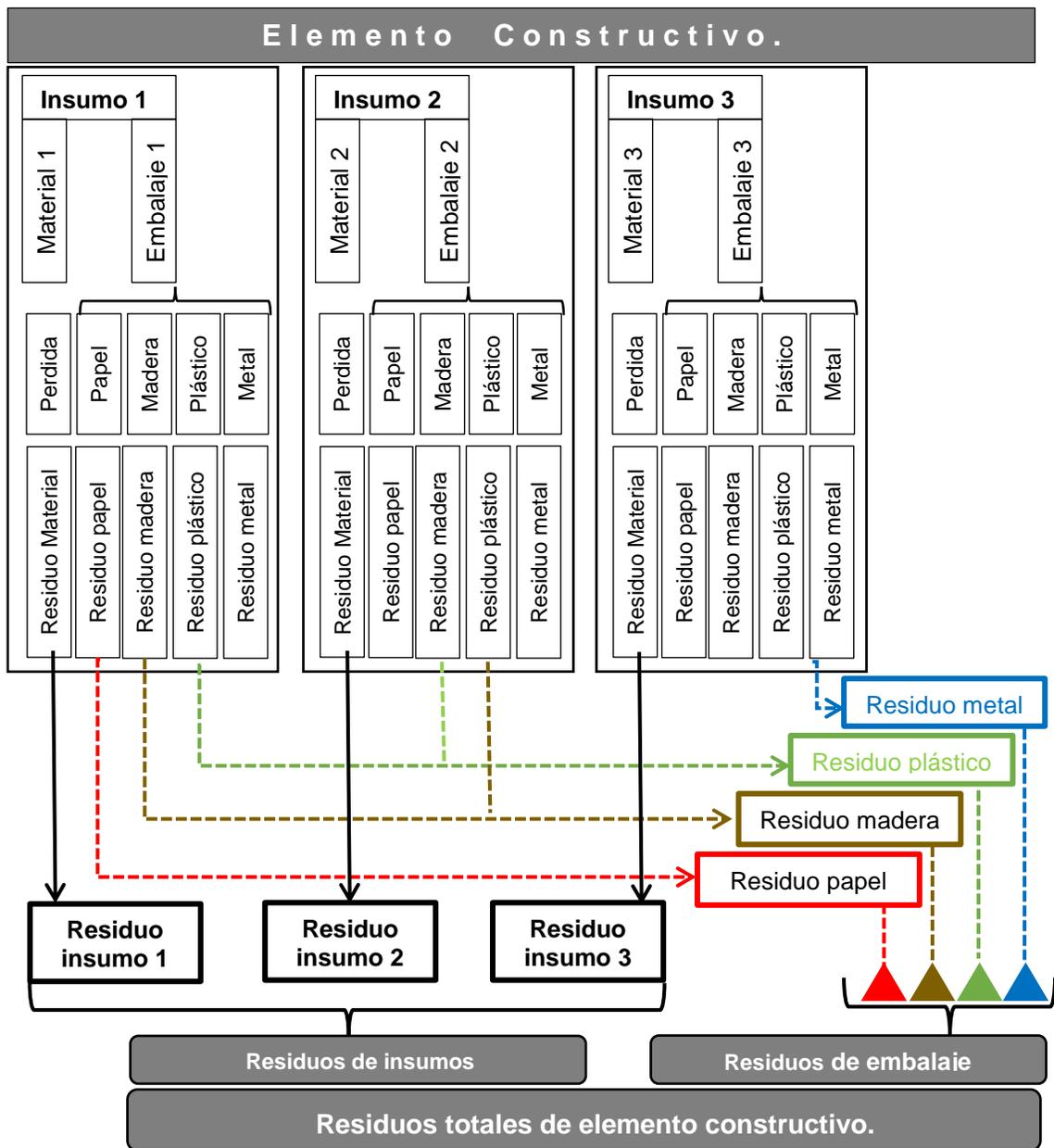


Elaborado por Jesús Martín López López

características; así como su cantidad en referencia a su origen, lo cual se puede definir de acuerdo con el Esquema 21.

Este proceder diverso del sistema, lleva a considerar que la multiplicidad de resultados a definir en un modelo de caracterización no son exclusivamente cuantitativos sino que involucran la definición e identificación de los residuos, motivo por el cual el tratamiento no debe circunscribirse a un mero proceso matemático, el cual no podemos eludir, sino más bien es conveniente la integración a un procedimiento de análisis basado en el estudio funcional del comportamiento de dicho sistema según se ejemplifica en el Esquema 22.

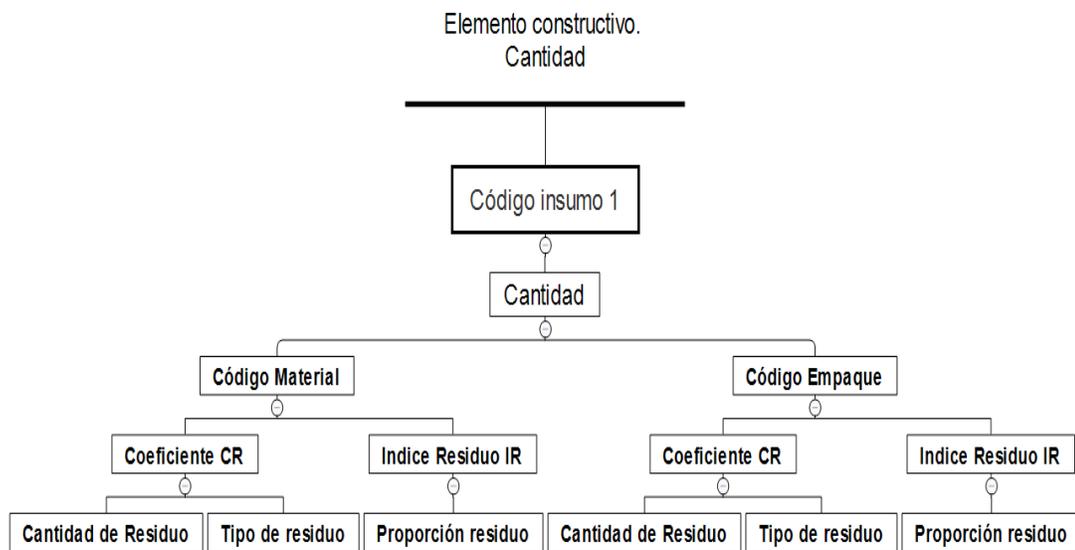
Esquema 22. Sistema funcional del proceso de análisis de los residuos generados por los insumos que integran un elemento constructivo.



Este comportamiento de generación de residuos producto de la elaboración de un elemento constructivo que se determina a partir de la gran diversidad de materia prima que consume y del empaque o forma de llegada al sitio de construcción de dichos insumos, es lo que lleva a pensar en una solución que contemple tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos del fenómeno.

Al ser de vocación multifactorial, el sistema de caracterización de residuos debe contemplarse como un proceso de resoluciones parciales que vayan indicando cantidades y tipos de residuos producto de la acción de construir por lo que a partir de una información general se deben de obtener resultados en un proceso como el que se indica en el Esquema 23 y que se ajustan al Esquema 22.

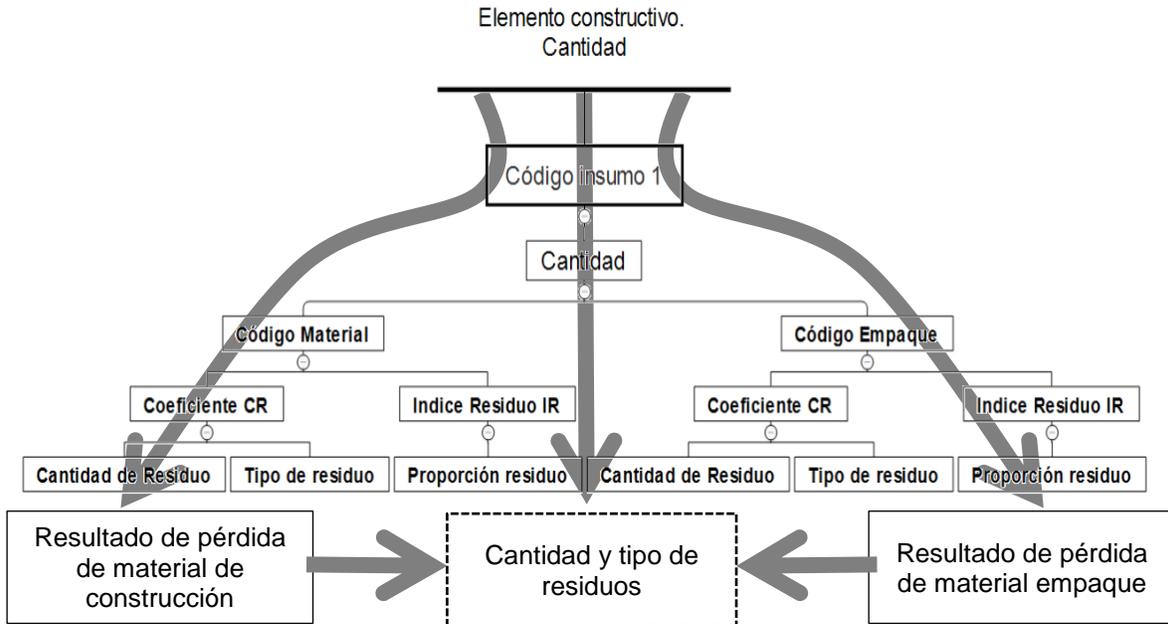
Esquema 23. Sistema de caracterización del CReC.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

De donde el elemento constructivo está determinado por el código establecido en la Tabla 1 y 7 del Capítulo 4, las cuales relacionan insumos y definen los componentes de dicho elemento constructivo, separándolos bajo el procedimiento ya descrito; lo cual lleva a distinguir varios flujos procesales para la identificación de residuos, como se aprecia en el Esquema 24.

Esquema 24. Flujo procesal dentro del sistema de caracterización para la obtención de datos múltiples en el CReC

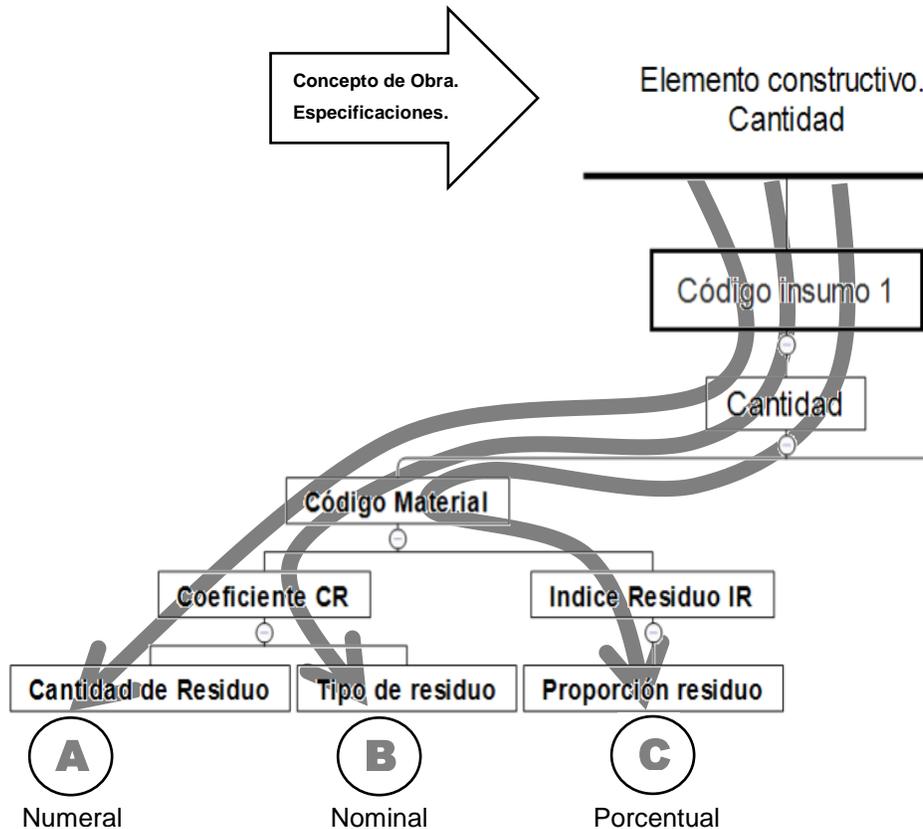


Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Estos vectores de trabajo tienen un comportamiento diferente, por lo que su tratamiento debe ser distinto, aunque con el mismo enfoque de cuantificación e identificación. Mientras que una materia prima genera residuos por pérdida de material, un empaque es en sí mismo un residuo, tal como se ha determinado en el proceso de indexación de residuos, por lo que el tratamiento de análisis debe ser diferente. Este manejo analítico se aprecia en el Esquema 25.

Para el caso de los insumos o materia prima, la secuencia “A” permite el cálculo del volumen de residuos producidos por la acción de construir, por lo que es de carácter matemático. La secuencia “B” permite tipificar el tipo de residuo generado en esa acción de construir por lo tanto requiere de formatos de identificación que no son numéricos sino nominales. En tanto que la secuencia “C” también está en función de un proceso de cálculo, por lo que lo que se obtiene es un dato porcentual.

Esquema 25. Secuenciación de los diferentes procesos de identificación de residuos.



Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

5.5 Expresión matemática del CReC.

Con la determinación de las especificaciones del Concepto de Obra y su volumetría y considerando la secuencialidad antes mencionada estamos en condiciones de definir el proceso a partir de la aplicación de modelos matemáticos que permitan obtener la cantidad de material susceptible de convertirse en residuo.

Para ello hemos de aplicar en primera instancia la Ecuación 7, la cual está elaborada en función de lo planteado Ramírez de Arellano (2006)

(Ecuación 8)

$$R_t = Q_i \times CR$$

De donde:

R_t = Cantidad residual total generado por un Concepto de Obra.
 Q_i = Cantidad total del Concepto de Obra en su unidad de medida específica.
 CR = Coeficiente que determina la parte del insumo que se convierte en residuo.

Como ejemplificación. Si aplicamos esta ecuación al Concepto de Obra CMB001, podemos obtener un primer resultado cuantitativo.

	Código	Cantidad		Coeficiente		
Muro block de concreto	CMB001	109.56	X	0.0800	=	8.76 m ²

Es decir que 8.76 m² de muro se pueden convertir en residuo del proceso de fabricación de dicho muro. Esta acción nos permite generar el porcentaje de residuos a partir de la indexación de los análisis de la vivienda de interés social.

Una segunda relación consiste en determinar qué cantidad de insumos se convierten en residuo en donde se aplica el Índice de Producción de Residuo de la materia prima (IPR_i) obtenido con la aplicación de la Ecuación 5 y concentrado en la Tabla 29.

(Ecuación 9)

$$R_i = R_t \times IPR_i$$

De donde:

R_i = Cantidad residual generado por cada insumo integrante del Concepto de Obra.

R_t = Cantidad residual total generado por un Concepto de Obra.

IPR_i = Índice de Producción de Residuo que determina la proporción del insumo que se convierte en residuo.

Aplicando el ejemplo anterior tenemos que:

Muro block de concreto	Código Insumo		Cantidad		IPR _i		
	HBCB15	=	8.76	X	0.020	=	0.175 urs
CMB001	Block de concreto						
	HMM1-5	=	8.76	X	0.060	=	0.526 urs
	Mortero cemento arena						

Lo que significa que, proporcionalmente se genera más residuo de mortero que de piezas de block en una relación de casi 1 a 3; que en volumen no significa que es la misma unidad de medida.

La tercera relación es la que determina cantidad de residuos producidos por el embalaje de los insumos. Para ello se aplica el Índice de Producción de Residuo del empaque del insumo (IPRe) obtenido con la aplicación de la Ecuación 5.

(Ecuación 10)

$$R_e = R_t \times IPR_e$$

De donde:

R_e = Cantidad residual generado por el empaque de cada insumo integrante del Concepto de Obra.

R_t = Cantidad residual total generado por un Concepto de Obra.

IPR_e = Índice de Producción de Residuo que determina la proporción del empaque del insumo que se convierte en residuo.

Continuando con el ejemplo anterior tenemos que:

179

Mortero cimento arena	Código Insumo	Cantidad	IPRe		
HMM1-5	HBCB15	=	8.76	X	1.000
				=	8.76 urs

Este dato representa que el empaque de la materia prima aplicada en la elaboración del elemento que nos sirve ejemplo se convierte todo en desecho por lo que es conveniente analizar la gestión del residuo resultante.

Por último, la identificación de los residuos se da a partir de la codificación de cada insumo y la suma de sus literales de acuerdo con la Ecuación 10, puesto que esta se realiza en función del origen del residuo.

(Ecuación 11)

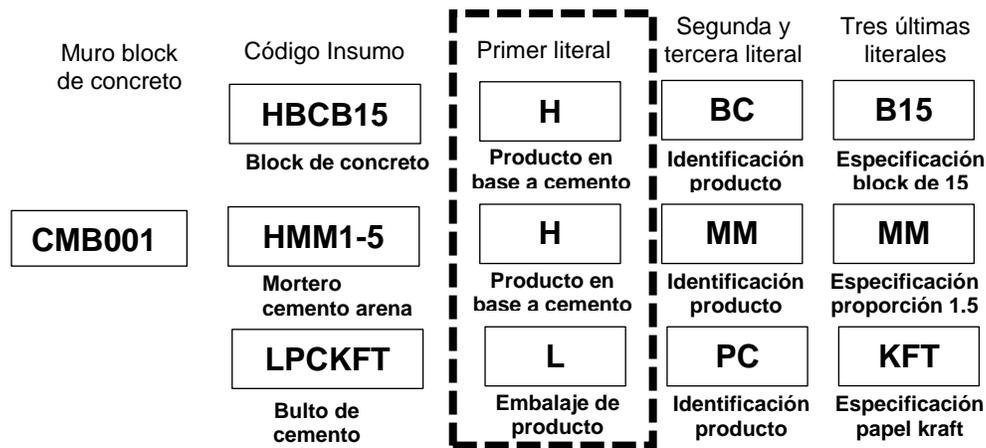
$$Krc = \sum C_d$$

De donde:

Krc = Tipificación de los residuos.

C_d = Códigos

La ecuación se refiere a un procedimiento de sumas parciales de las literales identificativas del origen del insumo, que está representada por la primer literal del código del insumo, tal como se muestra en el ejemplo.



180

$$\mathbf{Krc} = \mathbf{H} + \mathbf{H} + \mathbf{L} = \mathbf{2H} + \mathbf{L}$$

Lo que significa que tenemos dos elementos que producen residuo tipo H originados por productos elaborados con cemento y áridos; y un tipo L originados por productos elaborados con celulosa (papel/cartón).

Estas posibilidades de cuantificación e identificación de los residuos se pueden concentrar en la siguiente expresión:

(Ecuación 12)

$$\mathbf{CReC} = (\mathbf{R}_t + \mathbf{R}_i + \mathbf{R}_e + \mathbf{Krc})$$

De donde:

CReC = Caracterización del residuo.

R_t = Cantidad residual total generado por un Concepto de Obra.

R_i = Cantidad residual generado por cada insumo integrante del Concepto de Obra.

R_e = Cantidad residual generado por el empaque de cada insumo integrante del Concepto de Obra.

Krc = Codificación del insumo.

Lo que nos da como respuesta CReC, la totalidad residual por la acción de elaboración de un elemento constructivo; su proporción residual de insumos y embalaje, así como el origen del residuo. Aplicando el ejemplo que se ha seguido podemos decir que:

La elaboración de 109.56 m² de muro de block de concreto tiene la posibilidad de generar residuos 8.76 m² (**R_t**) de residuos totales; con un índice de residuos por insumos (**R_i**) de 0.175 urs de block de concreto de origen cemento (**H**), 0.526 urs de mortero cemento arena de origen cemento (**H**); así como residuos por embalaje (**R_e**) de 1.000 urs de papel kraft de origen celulosa (**L**).

181

Para dar lectura de los resultados se tendría que hacer de acuerdo con la Tabla 28, en la cual se expresa el grado de impacto que el residuo, propicia en función de su volumen de producción y de su relación IPR.

Tabla 28. Impacto ambiental por volumen de producción de los residuos de la construcción.

Magnitud de Índice	Unid.	Gestión	Categoría	Impacto ambiental
0.00 - 0.40	urs	Baja	1	Poca gestión.
0.41 - 0.80	urs	Media	2	Volumen manejable
0.81- 1.20	urs	Alta	3	Problemas de gestión
>1.20	urs	Especial	4	Gran volumen con problemas de gestión*

* Caso que se da principalmente en residuos del embalaje de los insumos.

Elaborado por Jesús Martín López López (2018).

Por lo que el resultado se leería de la siguiente manera:

Muro de block de concreto de 0.15m x 0.20m x 0.40m de elaboración propia; sentado con pasta cemento-arena proporción 1:5 a mezcla cortada con boquilla de 0.01 m tiene:

$R_t = 8.76 \text{ m}^2$, con dos residuos específicos “H” de categoría 1 y 2 respectivamente; y un residuo “L” de categoría 4.

Esta lectura detecta tipo y magnitud de los posibles residuos, lo que permite su análisis de manera inmediata, ya que posibilita la toma de una decisión que disminuya las afectaciones futuras en la gestión de los residuos.

5.5 Conclusiones de la actividad 4.

Una vez desarrollado el modelo CReC, podemos deducir de forma generalizada que su funcionamiento se corresponde con la realidad del proceso constructivo y la producción de residuos de construcción, ya que demuestra que los insumos establecidos por las especificaciones de obra planteadas en el proyecto ejecutivo es la parte fundamental de análisis para la determinación de la cantidad y tipo de residuos.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proceso muestran el tipo de materiales que más se utilizan durante el proceso de obra negra o albañilería, que es la fuente principal de generación de residuos como quedó de manifiesto dentro de la información contenida en la Tabla 19. Principales insumos de la vivienda de interés social contemporánea en México (2017) del Capítulo 3 y se evidenció en el punto 5.4 de este capítulo.

El otro aspecto que se demuestra es que el más alto índice de producción de residuos está representado por los empaques de los materiales como son bolsas, cajas o envolturas las cuales, de acuerdo con el proceso de caracterización, corresponden a un 100% del residuo que la fabricación de un elemento constructivo genera.

El CReC cumple con eficiencia el objetivo inicial que se planteó en función de la pregunta que da origen al presente trabajo de investigación: ¿Cuál sería la forma de caracterizar los residuos producto del proceso de construcción de vivienda en México, para eficientar la toma de decisiones desde la etapa proyectual?, cuya respuesta se da en función de que su cometido procesal es el de indicar en cantidad y tipo los residuos de la construcción de la vivienda de interés social en México como se demuestra en el punto 5.4 de este capítulo; que se concentra en cuatro expresiones matemáticas:

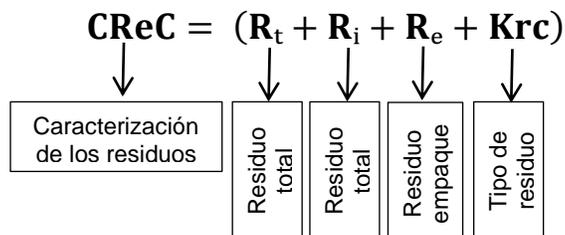
$R_t = Q_i \times CR \rightarrow$ Magnitud de residuos en función de su volumetría original.

$R_i = R_t \times IPR_i \rightarrow$ Índice de producción de residuos en función de los insumos.

$R_e = R_t \times IPR_e \rightarrow$ Índice de producción de residuos en función del embalaje.

$Krc = \Sigma Cod \rightarrow$ Identificación de los residuos en función de su origen.

Procesándose bajo este criterio:



Obteniéndose resultados que se categorizan con la Tabla 28 de este capítulo, con lo cual se logra el objetivo de describir en cantidad y tipo de residuos de la construcción de la vivienda en México y cuyos coeficientes e índices se concentran en la Tabla 29, con lo que se cumplimenta este trabajo.

Tabla 29. Tabla de coeficientes e índices de identificación para aplicar al CRcC en la construcción de vivienda de interés social en México.

Concepto de Obra	Insumo	CR=R _t	IPR		Tipo de residuo										Categ		
			R _i	R _e	A	C	H	L	M	N	P	S	Y				
Limpieza y desmonte.	Suelo	0.010	0.010	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Nivelación y Compactación	-----	-----	-----	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---
Trazo	Cal	1.009	0.009	1.000	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Losas de cimentación	Conc. Prem	0.057	0.007	---	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	Varilla		0.041	---	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-			
	Alambre		0.009	---	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-			
Castillo ahogado	Conc Obra	1.096	0.093	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Varilla		0.003	---	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-			
Cerramiento	Conc Obra	1.167	0.091	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Cast Prefab		0.076	---	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-			
Losas vigueta y bovedilla	Vigueta	1.121	0.001	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	3
	Bovedilla		0.020	---	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-			
	Malla		0.003	---	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-			
	Conc Obra		0.091	---	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
Muro de block	Block Conc	1.080	0.020	---	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Mortero		0.060	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
Pisos y banquetas concreto	Conc Obra	1.090	0.090	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Registro sanitario	Block Conc	1.207	0.020	---	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Mortero		0.060	---	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
	Conc Obra		0.090	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
	Tapa conc		0.057	---	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
Impermeabilización	Impermeabil	1.055	0.055	1.000	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	3	
Pretil de block	Block Conc	1.080	0.020	---	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Mortero		0.060	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
Chafalán de concreto azotea	Mortero	1.060	0.060	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Base tinaco	Block Conc	1.207	0.020	---	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Mortero		0.060	---	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
	Conc Obra		0.090	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
	Losa conc		0.057	---	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-			
Aplanado de pasta	Mortero	1.060	0.060	1.000	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	3	
Yeso en muros y cielos	Yeso	1.050	0.050	1.000	-	-	-	√	-	-	-	-	-	√	-	3	

La tabla anterior muestra algunos de los elementos constructivos que se realizan durante la etapa de obra negra, y que son los más representativos de la generación de residuos de la construcción. En lo que respecta a instalaciones, muebles y carpinterías los R_t equivalen a 1.000 ya que son elementos prefabricados que se entregan en obra en su respectivo embalaje.

CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES.

C.1 Generales

Como se ha podido analizar a lo largo del presente trabajo, la gestión de los residuos debiera darse a partir de su origen ya que una vez generados se convierten de manera general en vectores de impacto ambiental debido, principalmente al desconocimiento de su procedencia. Por ello, a nivel global, la actividad de la construcción trata de accionar mecanismo para disminuir el uso excesivo de los recursos naturales, utilizando alternativas como los materiales reciclados a partir de los diferentes procesos industriales; pero más aún se empieza a pensar en tecnologías limpias.

En la estructura del presente trabajo se evidencio a uno de los factores que intervienen en la producción importante de residuos dentro de la industria de la construcción y dentro de la dinámica de los asentamientos humanos; que es la materialización de la vivienda como uno de los procesos constructivos que consume una importante cantidad de insumos de origen natural e industrial y que por consecuencia se convierte en un significativo generador de desechos debido a la masividad en el volumen de unidades construidas en México; por lo que se significa en punto de partida importante para el estudio de los residuos en la industria de la construcción en el país.

De acuerdo con el punto 1.3 del Capítulo 1, el mayor volumen de construcción de vivienda se da en la denominada de interés social, ya que es la que está destinada a las clases menos favorecidas de la población, como se pudo analizar. Por otro lado, los diversos organismos dedicados a la vivienda en México consideran que el estándar de superficie cubierta de construcción es la que corresponde a 50.00m², por lo que se determinó que dicha tipología habría de regir el presente trabajo, la cual se examinó desde dos aspectos referenciales como son su producción histórica de los diez años recientes y la de nueva construcción.

Por último, se estableció que Saltillo, Coahuila, México sería una ciudad que daría indicadores confiables con respecto a lo que pasa en el país, debido a que es

capital de estado, cuenta con una población de casi un millón de habitantes, con una vocación industrial y con relación a principales núcleos urbanos del norte del país como se determinó en el punto 1.4 del Capítulo 1.

Ya en el Capítulo 2 se plantea que para entender el problema de los residuos de la construcción es necesario conocer el fenómeno a partir de aspectos como su volumen, la etapa del proceso constructivo donde se generan y su composición para estar en condiciones de entender con mayor claridad el problema.

En primer lugar, a nivel global hay un histórico aumento exponencial del volumen de producción de residuos generados a partir de los trabajos de la industria de la construcción el cual a lo largo del tiempo se va incrementado sustancialmente. Esta situación significa que no se han tomado las precauciones necesarias para evitar el alto volumen de residuos originados en los diferentes niveles de participación de las entidades involucradas en la construcción arquitectónica y urbana.

187

De acuerdo con lo presentado en el punto 2.2.2 del Capítulo 2 dentro del proceso de construcción se pueden considerar tres momentos en los cuales se puede considerar que se producen los residuos de manera real o potencial: el proyecto, la construcción y la demolición; en los cuales solo en el primero se puede prevenir la magnitud de los residuos a generar.

Los residuos que se pueden considerar de mayor volumen de producción según la Tabla 15, son los derivados de componentes y procesos que incluyen el cemento como insumo base, que en conjunto con los áridos o pétreos conforman concretos, pastas y morteros para la elaboración de elementos estructurales, adhesivos de cerámicas o acabados en general.

Con base en esta información se denota la conveniencia de trabajar en una herramienta teórica que permita la caracterización de los residuos de la construcción; lo cual significa la identificación de ellos a través de un procedimiento que permita reconocer y analizar cada una de las etapas de la producción identificando los factores que se integran en el proceso constructivo, para estar en condiciones de predecir el tipo de gestión a la cual deben someter, aun antes de producirse.

Ante este hecho se plantea el objetivo principal de este trabajo que es de diseñar un modelo teórico de caracterización de los residuos de la construcción el cual se fundamenta en los procedimientos que integran datos de entrada, proceso y datos de salida y en las experiencias de modelos de presupuestación de obra de construcción debido a que la experiencia en este tipo de modelos conlleva una notable cercanía con las pretensiones de este trabajo. Con ello se pueden obtener resultados que permitan observar el fenómeno de manera más amplia.

188

Para este efecto se inicia con una etapa de identificación de los procesos constructivos y de las materias primas que se utilizan en la industria de la construcción de vivienda de interés social; partiéndose de dos tipos de estudio.

El primero es aquel que muestra cual ha sido el comportamiento de la actividad constructiva de la vivienda en los diez años recientes, para con ello tener una perspectiva evolutiva del tema. El segundo análisis se da en función de la vivienda de nueva construcción, para tener una prospectiva de la industria en el emplazamiento seleccionado para análisis, como caso de estudio, que es la ciudad mexicana de Saltillo, Coahuila.

Los hallazgos son los siguientes:

- La vivienda de interés social de los años recientes se ha construido con sistemas de edificación tradicionales como son una cimentación de concreto ciclópeo, estructura menor de castillos, dadas de cimentación y cerramientos de

concreto armado, muros de block de concreto de 0.15 m de ancho sentado con mortero cemento arena, losa de concreto solido o aligerada armada, acabados interiores de empastado de yeso y exteriores de pasta cemento arena, los porcentajes de materiales utilizados para el envolvente de la vivienda se exponen en el Capítulo 3 y se concentran en los siguientes porcentajes:

Muros interiores y exteriores de block de concreto hasta un 85%

Estructura de concreto armado mayor a 95%

Losas o techumbres de concreto armado solidos o aligerado mayor al 95%

Los pisos tienen como base un firme de concreto simple 100% sobre el cual, más del 50% son recubiertos con loseta de cerámica, colocada con adhesivo de pasta cemento arena o adhesivo industrial con base de cemento.

- La vivienda de interés social de nueva construcción no dista mucho, en su proceso constructivo, de los antecedentes ya observados que se evidencian en los resultados mostrados en el Capítulo 3.

189

El estudio muestra que el insumo predominante es el cemento y sus productos derivados; además que la mayor parte de los residuos corresponde a empaques de los insumos, por lo que de ahí se deriva la vocación de análisis de este trabajo

C.2 Del modelo de caracterización.

Tal como se ha venido exponiendo la conveniencia de diseñar un modelo teórico que permita dilucidar el comportamiento de los residuos de la construcción en un sistema constructivo determinado es fundamental para la gestión ambiental, económica y física de los mismos. Esta situación fue la que propicio el presente trabajo y que ha llevado a la elaboración de un modelo que posibilite la caracterización de los residuos de la industria de la construcción.

Por tal motivo se concluye que:

1. El objetivo principal planteado se cumple al generarse una herramienta teórica (Capítulo 5) creada dentro del trabajo de investigación que logra el cometido

para el que fue diseñada, la caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda en México, ya que permite modelizar un proceso de producción de residuos dentro de un sistema constructivo a partir en la información contenida en el proyecto arquitectónico y el proyecto ejecutivo, en base a esquematizar el flujo de comportamiento de los residuos.

2. El modelo se presenta como una herramienta metodológica de manejo accesible que puede integrarse en programas informáticos especializados en el campo de los residuos de la construcción.
3. El modelo tiene la capacidad de:
 - Visualizar la caracterización de los residuos de la construcción de la vivienda en México, a partir de las especificaciones de los insumos y su proceso constructivo (Especificaciones y presupuestación).
 - Establecer un procedimiento que posibilite la obtención de datos cualitativos y cuantitativos dentro de un sistema multifactorial en el cual existen una gran cantidad de variables y por lo tanto una serie de datos de salida de distinta naturaleza, origen y destino.
 - Propiciar la integración de conceptos y coeficientes aplicados en otros procesos para lograr una mayor eficiencia en la modelización de los escenarios de comportamiento posible de los residuos de la construcción.
 - Permitir desarrollar una base de datos específica de los insumos que constituyen los elementos constructivos de la vivienda de interés social en México y sus posibles residuos.
 - Facilitar, por su configuración, las actualizaciones y revisiones de forma constante, lo que le da vigencia y durabilidad a su aplicación con la posibilidad de adaptación a otras tipologías constructivas.
4. El modelo introduce:
 - La codificación de los insumos y residuos para su manejo eficiente en la aplicación del CReC en México.
 - El concepto “*urs*”, como la unidad de medida necesaria para la identificación de los resultados que se obtienen con la aplicación del CReC.

- La Categorización de impacto ambiental por volumen de producción de los residuos de la construcción (ver Tabla 28, Capítulo 5) como referente para la lectura de los resultados que el modelo propicia.
- Un referente de índices y coeficientes aplicables en una primera instancia a la construcción de la vivienda y con posibilidades de un mayor contexto de trabajo.

5. El modelo de caracterización tiene su aplicación directa en las viviendas de interés social de Saltillo, Coahuila, México, en el fraccionamiento “Villas de Santiago”, donde se instrumentó en sus proyectos ejecutivos de las viviendas y presupuestaciones analizadas.

6. A partir de la estructura del CReC, es posible aplicarlo en otra tipología constructiva debido a que su proceso depende una y exclusivamente de los insumos, empaques y residuos que estos producen.

C.3 Modelos base del proyecto de caracterización de residuos.

Las principales fuentes de conocimiento acerca de la modelización de comportamiento de los residuos de la construcción han sido los trabajos elaborados en la Universidad de Sevilla, representados principalmente por Ramírez de Arellano y Mercader Moyano, entre otros. Modelos que han sido el resultado de un amplio análisis y que ha demostrado su eficiencia en el campo de la industria de la construcción.

Esto ha propiciado, no solo un impacto a nivel de dicha industria; sino que además ha fundamentado y posibilitado la operatividad de leyes, ordenamientos, normas y especificaciones, entre otros; lo cual demuestra su valía e importancia en el complejo ambiente de la edificación.

Consideramos conveniente acentuar que la mayoría de estos modelos tienen una vocación presupuestal y otros tratan sobre los aspectos del orden ambiental desde una perspectiva del hecho consumado; es decir el enfoque principal está destinado a los aspectos económicos y ambientales; lo que plantea, según Ponce Bernal (2016) la necesidad de avanzar y abordar el estudio de diversos modelos

capaces de abarcar la gestión completa de la obra, siendo una de ellas la previsión de su impacto en el medio en que se ha de emplazar.

Dichos modelos, aunque de validez global, es necesario que se sometan a escrutinio fuera de su ámbito de origen; ya que como se mencionó al inicio, un modelo de caracterización de los residuos de la construcción debe ser de aplicación general; que responda a los múltiples intereses que conforman el hacer humano y sea susceptible de actualizaciones de acuerdo con la transformación de la realidad. Una de esas posibilidades se encuentra en la elaboración de distintas aplicaciones para las que fueron creados o bien que sirvan de fundamento para otros modelos; ya que se trata de realizar una mejora en el manejo de los residuos de la construcción; siendo la mejor gestión su no producción.

C.4 Acerca de los alcances de la metodología.

Una vez realizado el presente trabajo, se concluye que la metodología planteada al inicio para elaborar un modelo de caracterización de los residuos de construcción ha sido conveniente para los alcances que se pretendían en sus inicios, ya que se logran analizar las cuestiones relacionadas con el tema de los residuos de la construcción, así como establecer un marco dentro del cual se desarrollan los planteamientos expuestos a lo largo del documento.

Esta metodología posibilita la selección homogénea de los especímenes de estudio para su análisis (ver Capítulo 1), lo que le permite hacer extensible su práctica en otros ámbitos geográficos y tipológicos ya que los resultados obtenidos se dan a partir de la investigación aplicada a la vivienda de interés social construida en Saltillo, Coahuila, México; la cual puede ser considerada, como representativa de la que se edifica en México, ya que reúne las características generales, al menos de las que se construyen en el norte del país, zona de alta industrialización que está determinada por un entorno social, económico y cultural tal que, permite la construcción masiva de esta tipología constructiva.

La metodología ha permitido considerar los factores que han de interactuar en la generación de los residuos ya que permite una secuencialización de las actividades y de los análisis, estableciendo las pautas necesarias para la toma de decisiones en la consecución de un modelo que permita la caracterización de los residuos de la construcción desde la etapa proyectual

Sin embargo, es de hacer notar que la metodología puede ser más eficiente si se consideran que la complejidad del tema de la caracterización de los residuos implica la necesidad de una mayor perspectiva de análisis, ya que las consideraciones a obtener no solo son de tipo cuantitativo, sino que involucran aspectos que en ocasiones son de apreciación o descriptivas como sería el tipo y definición del residuo.

C.5 Acerca de lo que queda por hacer.

Actualmente la industria de la construcción es muy compleja con un ritmo de evolución acelerado, lo que la hace susceptible de un mayor uso de tecnologías en materiales y procesos, así como de aplicaciones informáticas o determinadas por normativas cada vez más exigentes en su cumplimiento; lo que nos lleva a requerir la utilización de modelos teóricos que permitan entender el comportamiento de una edificación en la totalidad de sus resultantes, inclusive aun antes de que materialice; por lo cual modelizar los futuros escenarios de comportamiento de toda acción resulta imprescindible hoy en día.

Dentro del amplio espectro que incluye el análisis de los residuos de la construcción, es de esperar, que no todos los aspectos pueden ser recogidos desde una sola óptica; y se considera conveniente continuar, en primer lugar y a partir de este trabajo, con la mejora del CReC, ya que su evolución está en relación directa con la de la industria de la construcción en cuanto a procesos e insumos, por lo tanto es susceptible de transformación y mejora, tal como es el comportamiento de esta industria.

Esta situación permite una serie de posibilidades a partir de su información y propuesta, ya que establece una posición de trabajo más amplia en base la esquematización de la información, lo cual pueden ser referentes de futuros trabajos relacionados con este tema.

La esquematización y aplicación de un modelo como el presentado, posibilita la elaboración o complemento de herramientas informáticas como los sistemas BIM (Building Information Modeling) o modelado de información del edificio. Herramientas que incrementan su uso en la gestión integral de los proyectos arquitectónicos, ya que sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información necesaria para tomar decisiones durante la etapa proyectual del edificio debido a sus estándares abiertos para la interoperabilidad (Pons Achell, 2014).

De la misma manera es conveniente considerar que queda abierta, para el análisis, la codificación de los factores que intervienen en el proceso de producción de residuos y de sus resultantes, así como los criterios de categorización, puesto que no es el alcance del presente trabajo.

194

C.6 Comentario final

El modelo de caracterización de los residuos de la construcción (CReC) cumple con eficiencia el objetivo inicial que responde a la pregunta de investigación que da origen al presente trabajo ¿Cuál sería la forma de caracterizar los residuos producto del proceso de construcción de vivienda en México, para eficientar la toma de decisiones desde la etapa proyectual?, ya que su cometido procesal que es el de indicar en cantidad y tipo los residuos de la construcción de la vivienda de interés social en México, se logra bajo un secuenciación de actividades que plantean resultados que son aplicables y entendibles para la toma de decisiones en la etapa proyectual; puesto que contrasta una realidad existente con una realidad posible como lo es la producción de vivienda en México.

El modelo se plantea en su etapa teórica, con la intención de que se utilice como fundamento para su aplicación en herramientas informáticas o prácticas, ya

que establece un proceso que efficientiza las formas de caracterización de los residuos de la construcción.

FUENTES DE INFORMACIÓN.

- Aboites Manríquez, Gilberto; Castro Lugo, David; Feliz Verduzco, Gustavo y Gutiérrez Flores, Luis (2015). Perfil económico de la zona metropolitana de Saltillo. Gobierno municipal de Saltillo, Coah; Dirección General de Desarrollo Económico. México.
- Aldana, J. C. y Serpell, Alfredo. (2012). Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un meta análisis. Revista de la Construcción vol.11no.2. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200002>. Chile
- Alderete Herrera, Julio César (2013). Vivienda de Interés Social. RUA. México. En <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/37771/1/RUA3%209-13.pdf>
- Aquino Bolaños, Esperanza (2015). Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentables. Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Ingeniería Ambiental-Residuos Sólidos. México.
- Arroyo L, Pilar Ester; Carrete L, Lorena de la Paz y Trujillo L, Andrea (2012). Segmentación de Individuos con Base en su Perfil Demográfico, Conocimiento, Actitudes y Conducta de Reciclaje en una Economía Emergente. Revista Panorama Socioeconómico Año 30, N° 44, (Julio 2012). México.
- Banco Mundial (2012). Las ciudades van a enfrentar un marcado aumento de los costos del tratamiento de basuras. Comunicado de prensa del Grupo Banco Mundial de junio 6 del 2012. En <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2012/06/06/cities-to-face-sharply-rising-costs-for-garbage-treatment>
- Barona Díaz, E; Sánchez Rodríguez, F. (2005). Características de la vivienda de interés básica, social y económica urbana en Puebla-México. e-Gnosis. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000313>.
- Blandón González, Begoña (2003). Caracterización del material granular obtenido por reciclado de residuos cerámicos. Tesis Doctoral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España.
- BOE (2009). Plan Nacional Integrado de Residuos para el Periodo 2008-2015. Boletín Oficial del Estado, España.
- Carvajal Villaplana, Álvaro (2002). Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. Revista Comunicación, Vol. 12, Núm. 1 (23). Editorial Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/comunicacion/article/download/1212/1118>
- CEMPRE (2011). Residuos Sólidos Urbanos: Manual de Gestión Integral. Compromiso Empresarial para el Reciclaje. Uruguay.
- CMIC (2013) "Plan de manejo de residuos de la construcción y demolición". Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, México.
- Colombia (2008). Política de Gestión ambiental Urbana. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C. Colombia.
- Comisión Europea (2015). Cerrar el círculo: la Comisión adopta un ambicioso paquete de nuevas medidas sobre la economía circular para impulsar la competitividad, crear empleo y generar crecimiento sostenible. Comunicado de prensa de la Comisión Europea, de fecha 2 de diciembre de 2015;

- Bruselas, Bélgica. Recuperado en http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_es.htm
- CONAVI (2010). Código de Edificación de Vivienda. Comisión Nacional de Vivienda. México.
- Del Río Merino, Mercedes; García Navarro, Justo y Villoria Sáez, Paola (2011) "Legal Aspects which Implement Good Practice Measures in the Management of Construction and Demolition Waste". The Open Construction and Building Technology Journal (Suppl 2-M2).
https://www.researchgate.net/publication/261215595_Legal_Aspects_which_Implement_Good_Practice_Measures_in_the_Management_of_Construction_and_Demolition_Waste el.
- Del Río Merino, Mercedes (2012). Problemática de los RCD. Propuestas para su gestión y reciclaje. Memorias del II Congreso Nacional de Construcción Sostenible y Construcciones Ecoeficientes". Editora Ma. de Pilar Mercader Moyano, Universidad de Sevilla.
- De los Santos Méndez, Noemí (2005). Los escombros como agregados en la Industria de la construcción.
http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/30/f_Mendez_etal.pdf
- De Mena, Javier (2016). Materiales de rápida renovación para la construcción. En <http://www.mimbrea.com/materiales-de-rapida-renovacion-para-la-construccion/>
- De Montes Delgado, María Victoria (2007). Nuevo modelo de presupuestación de obras basado en procesos productivos. Tesis doctoral Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
- Di Lauro, Anna; Sicher, Sabrina y Grimaldi, Donatella (editores) (2007). Linee guida sui rifiuti speciali costruzione e demolizione. Italia.
- Díaz Álvarez, Cristian Julián (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. Interdisciplina 2, núm. 2: p. 51–70. Universidad Central, Colombia. DOF (1984) "Ley Federal de Vivienda", Diario Oficial de la Federación, Secretaria de Gobernación. México.
- DOF (1984). Ley Federal de Vivienda. Diario Oficial de la Federación, Secretaria de Gobernación. México.
- DOF (2015). Ley de Vivienda. Reformas. Secretaria de Gobernación. México.
- Elías, C; Jiménez, J.J; Montón, J.A; Muñoz, P.J; Prieto, J; Serrano, F. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo. McGraw-Hill, España.
- EPA (2000) "C&D Debris Recycling Study: Final Report". Environmental Protection Agency. Florida, USA.
- EPA (2008) "2007. Construction & demolition debris industry study for the Massachusetts Department of Environmental Protection". Environmental Protection Agency, DSM Environmental Services, Inc. USA.
- Felicísimo Pérez, Ángel Manuel (1994). Modelos digitales del terreno. Editorial Pentalfa, Oviedo, España.
- Flores López, Jorge Luis (2010). Estudio de caracterización de los residuos sólidos. Proyecto L1C2-120 FPA: Implementación del sistema de manejo integral de

- residuos sólidos urbanos en el distrito de Las Lomas. Municipalidad Distrital de las Lomas, Piura. Perú.
- Formentini, Dileta y Zárate Pinilla, Rafael Augusto (2003). Estudio de factibilidad para una planta piloto de recuperación de escombros. Universidad de La Sabana, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Especialización en Finanzas y Negocios Internacionales. Bogotá, Colombia.
- Galarza Meza, Marco Paulo (2011). Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control. Pontificia Universidad Católica de Perú. Perú.
- García Almirall, Pilar; Queraltó i Ros, Pau; Valls Dalmau, Francesc y Biere Arenas, Rolando (2010). Prototipo SIG para la gestión patrimonial de suelo. Ponencia en el 6° International Conference on Virtual City and Territory, CTVA: Mexicali, México. https://www.researchgate.net/publication/50882174_Prototipo_SIG_para_la_gestion_patrimonial_de_suelo/figures?lo=1
- García Buitrago (2014). Guía para la elaboración del plan de gestión de los residuos de la construcción y demolición (RCD) en obra. Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C. Secretaria Distrital de Ambiente. Colombia.
[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20\(RCD\)%20en%20obra.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20(RCD)%20en%20obra.pdf)
- García Rodríguez, Salvador y Solís Flores, Juan Pablo (2011). 3CV+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. Revista Ingeniería de Construcción Vol.23 N°1, abril de 2008 www.ing.puc.cl/ric PAG.102-111.
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732008000200005&script=sci_arttext
- García Temoltzi, José Fidel (2015). Gestión de residuos de la construcción y la demolición en Chile. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Fundación de la industria de la Construcción. México.
http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20%C3%A9cnicas/chile_bp.pdf
- GobEdoMéx (2007). Diagnóstico básico de residuos de la construcción del Estado de México. Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente. México.
- GODF (2015). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el Distrito Federal; actualizada el 26 de febrero de 2015. Gaceta Oficial del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. México
- Góngora Pérez, Juan Pablo (2014). El reciclaje en México. Revista Comercio Exterior, vol. 64, núm. 3, mayo y junio de 2014, México.
- Hoorweg, Daniel y Bhada-Tata, Perinaz. (2012). What a waste. A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series; Produced by the World Bank's Urban Development and Local Government Unit of the Sustainable Development Network. Washington DC, USA.

- IHOBE (2004). Monografía sobre residuos de construcción y demolición. IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Gobierno Vasco, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. España.
- IHOBE (2006). Residuos de la construcción y demolición en la CAPV: de problema ambiental a oportunidad de mercado. Gobierno Vasco, Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. España.
- INEGI (2014) "Residuos. Generación de residuos sólidos urbanos por tipo de residuo, 2000 a 2012". México.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb311&s=est&c=33223>.
- INFONAVIT (2016). Avance semanal nacional de crédito. 21 de febrero de 2016.
http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/33694359-729b-4ee5-b03b-9e819e3e8188/Avance_semanal_de_creditos_otorgados_por_estado.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=33694359-729b-4ee5-b03b-9e819e3e8188
- Jaime Solorio, Elizabeth (2011). El consumo y la generación de residuos sólidos: una problemática ambiental en "Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima".
- Jofra Sora, Martha (2016). Metodología para la gestión ambiental de RCD en ciudades de América Latina. Fundación ENT, Diputación de Barcelona, Alcaldía Mayor de Bogotá, Col. Colombia.
- Junta de Andalucía (2017). Clasificación sistemática de precios básicos, auxiliares y unitarios. Junta de Andalucía, Consejería de Fomento y Vivienda. España.
<http://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoyvivienda/areas/vivienda-a-rehabilitacion/planes-instrumentos/paginas/bcca-sept-2017.html>
- K'Akumu, Owiti A. (2007). Sustain no city: An ecological conceptualization of urban development. Westminster Research. University of Westminster.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.536.7965&rep=rep1&type=pdf>
- Kofoworola, Oyeshola Femi y Gheewala, Shabbir H. (2008) "Estimation of construction waste generation and management in Thailand", Waste Management.
- LGPGIR (2015). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de mayo de 2015. México.
- Machado Rivera, Marco Antonio (2004). Modelos contables y realidad. Una aproximación conceptual a su relación. Memorias del VI Simposium Internacional de Investigación Contable. Centro Colombiano de Investigaciones Contables. Colombia.
- Martel Vargas, Guerry Jack (2008). Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones para su aprovechamiento. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis Maestría, México.
- Martín Morales, María (2013). El residuo de construcción y demolición (RCD) como árido en la elaboración de prefabricados no estructurales. Tesis doctoral por la Universidad de Granada. España.
 En <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=59230>

- Mercader Moyano, Ma del Pilar (2010). Cuantificación de los recursos construidos y emisiones de CO2 producidas por las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto. Tesis Doctoral. Departamento de construcciones arquitectónicas. Universidad de Sevilla, España.
- Mercader Moyano, Pilar, Yajnes, Martha E. y Caruso, Susana Inés (2016). Experimental characterisation of a cement-based compound with recycled aggregates and EPS from rehabilitation work. Revista de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Construcción Civil. Chile. En <http://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/rdlc/article/view/748/155>
- Mercante, Irma Teresa (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. Revista Científica de UCES Vol. XI N° 2, primavera. Argentina.
- Mihelcic, J. R. y Zimmerman (2012). Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. Alfaomega. México.
- Molar Orozco, María Eugenia y Aguirre Acosta, Laura Itzel (2013). ¿Cómo es la habitabilidad en Viviendas de Interés Social? Caso de estudio: Fraccionamientos Lomas del Bosque y Privadas la Torre en Saltillo, Coah. Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas. Vol. 2, Núm. 4 julio-diciembre 2013, México.
file:///C:/Users/Jes%C3%BAsMart%C3%ADn/Downloads/Dialnet-ComoEsLaHabitabilidadEnViviendasDeInteresSocialCas-5055991.pdf
- Molina Terrén, José María (1997). Recuperación de Materiales de Construcción. Instituto Juan de Herrera. España.
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/a1molina.html>
- Montes Delgado, María Victoria de (2007). "Nuevo modelo de presupuestación de obras basado en procesos productivos". Tesis doctoral Universidad de Sevilla. España. Recuperado e <http://grupo.us.es/garditec/tomo01.pdf>
- Montoya Reyes, Eduardo (2010). Hacia una Vivienda de Interés Social Sostenible en la ciudad de Tijuana, México. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Mymrin, Vsévolod A; Alekseev, Krill P; Catai, Rodrigo E; Izzo, Ronaldo L.S; Rose, Juliana L; Nagalli, André; Romano, Cezar A. (2015). Construction material from construction and demolition debris and lime production wastes. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.054> 0950-0618/ Elsevier Ltd. USA.
- Nava Vera, Carmen Zenia (2003). Caracterización y evaluación de los lixiviados de residuos de construcción, pétreos, cerámicos y de hormigón. Tesis Doctoral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España.
- Ojeda Benítez, Sara; Muñoz Lujan; Rubén y González Navarro, Félix Fernando (1998). Análisis estadístico del comportamiento de los residuos sólidos domiciliarios en una comunidad urbana. Frontera Norte, Vol. 10, Núm. 19. México.
- ONU (2010). Buildings and construction as tools for promoting more sustainable patterns of consumption and production. Innovation briefs, No. 9, United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

- ONUDI (2007) "Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos" Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) Secretaría Estatal para Asuntos Económicos (SECO) Laboratorio de Análisis de Residuos (LARE). Cuba.
- Pacheco Bustos, Carlos Albeiro; Fuentes Pumarejo, Luis Guillermo, Sánchez Cotte, Édgar Humberto, Rondón Quintana, Hugo Alexander (2017). Residuos de construcción y demolición, una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y Desarrollo* 2017, 35 (julio-diciembre).
- Pérez-Foguet, Agustí (editor) (2007). Tecnología y materiales de construcción para el desarrollo. *Ingeniería aplicada a la cooperación y al desarrollo*, Vol. 10. España.
- PNUMA-UNITAR (2013). Guía para la elaboración de estrategias nacionales de gestión de residuos avanzar desde los desafíos hacia las oportunidades. Programa Interinstitucional de Gestión Racional de los Productos Químicos, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, United Nations Institute for Training and Research, Organización de las Naciones Unidas.
- Ponce Bernal, Manuel Enrique (2016). Modelo de control de costes durante el desarrollo de los procesos productivos en obras de edificación. Tesis Doctoral Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, E.T.S. de Ingeniería de Edificación. Sevilla, España.
- Pons Achell, Juan Felipe (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción. Madrid, España.
- Ramírez de Arellano Agudo, Antonio; Llatas Oliver, Carmen; García Torres, Inmaculada; Linares Romero, Pablo; García Caraballo, Elena Isabel; Escobar García, Marga; Carnerero Moya, María y Hernández Juárez, Rocio (2002). "Retirada selectiva de residuos: Modelo de presupuestación". Fundación Cultural del Colegio de Aparejadores Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla. España.
- Ramírez Durán, Daniel Felipe y Sosa Chaparro, Angie Tatiana (2016). Formulación de alternativas de manejo para Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para la Ciudad de Bogotá. Universidad de la Salle, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá, DC; Colombia.
- Ramírez Rojas, María Isabel (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Colombia.
- Regueiro y González Barros, Manuel (2008). El suministro de materias primas minerales: un nuevo reto para Europa. *MACLA* Nº 8. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. España.
- Richardson, Alan (editor) (2013). *Reuse of Materials and Byproducts in Construction Waste Minimization and Recycling*. Springer, United Kingdom.
- Romero Navarrete, Lourdes; Hernández Rodríguez, Mauricio y Acevedo Dávila, Jorge (2005). Vivienda y autoconstrucción. Participación femenina en un proyecto asistido. *Frontera Norte*, Vol. 17, No. 33, enero-junio de 2005. México.
- Rosa García, Juan Carlos y Pastó Carmona, Elsa (2003). Gestión de escombros y otros residuos de la construcción. *Revista AMBIENT*. Curso 2003-2004, 24 edición. Barcelona, España.

- Ruíz, Alejandro (2013). Vivienda de interés social en México. Nuevas oportunidades en el sector de la vivienda. KPMG Cárdenas Dosal, S. C. México.
- SDA (2014). Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA); Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Colombia.
- Sadaphal, Rohit (2014). Sustainable transformation of construction waste: An approach for CSR enhancement. The indian concrete journal, India.
- Salazar Jaramillo, Alejandro (2011) ¿Los escombros de construcción, son realmente un problema técnico? Ponencia presentada en el Seminario CAMACOL: “Pasos Firmes hacia la Sostenibilidad en Colombia”. Cali, Colombia.
- Sánchez Upegui, Alexánder Arbey (2011) “Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos. Católica del Norte Fundación Universitaria, Colombia.
- Sánchez Corral, Javier (2012). La vivienda “social” en México. Pasado-presente-futuro? Sistema Nacional de Creadores de Arte y JSa. México.
- Santana Almora, Susana Ignacia, (2012). Diagnóstico de la cultura y gestión ambiental del manejo de los Residuos Sólidos en la UPIICSA. Tesis para obtener el grado de Maestro en administración, por el Instituto Politécnico Nacional, México.
- Sarmiento Sarmiento, Antonio Walter (2015). Caracterización del manejo de residuos sólidos en el distrito de Desaguadero-Puno-Perú. Revista de Investigación Altoandín. Perú.
- SEDESOL (2001). Plan sectorial de vivienda 2001-2006. Secretaría de Desarrollo Social. México.
- SEMARNAT (2001). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT (2002). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Gobierno de la República Mexicana. México. En http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadísticas_2000/informe_2000/indice.htm
- Semedo Vaz, Luciene Eveline; Vahia Pontual, Leandro; Benedicto Mainier, Fernando y Ana Lucía Torres Seroa da Motta (2016). “Construction and Demolition Waste Management Scenario in Republic of Cape Verde. The Case Study of City of Praia”. Journal of Environmental Protection 7, 2009-2017. En: <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.713155>
- Soibelman, Lucio (2003) “Desperdicios vs el control de los materiales”. Revista “Construcción y Tecnología en Concreto” Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), septiembre de 2003. México.
- Solís Carcaño, R; Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo (2009). “La administración de los materiales en la construcción”. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-3, pp. 61-71, ISSN: 1665-529X.
- Solís Guzmán, Jaime; Marrero, Madelyn; Montes Delgado, María Victoria y Ramírez de Arellano, Antonio (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste. En journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

- Tam, Vivian W.Y. (2008). On the effectiveness in implementing a waste management plan method in construction. Revista "International journal of integrated waste management".
https://www.researchgate.net/publication/6263549_On_the_effectiveness_in_implementing_a_waste-management-plan_method_in_construction
- Taboada González, Paúl A; Aguilar Virgen, Quetzalli y Ojeda Benitez, Sara (2011). Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México. Avances en Ciencias e Ingeniería, vol. 2, núm. 1, Executive Business School, La Serena, Chile.
- Villoria Sáez, Paola; del Río Merino, M; Romaniega Piñeiro, S. (2013). Assessing construction and demolition waste on masonry works to avoid future generation. Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su control. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (UPM).
http://oa.upm.es/33605/1/INVE_MEM_2013_184199.pdf. España.
- Villoria Sáez, Paola (2015) "Cuantificación de residuos de construcción y demolición (RCD) para su gestión en obras de edificación". Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (UPM).
<https://www.researchgate.net/publication/267555152> Madrid, España.
- Villoria Sáez, Paola; Santa Cruz Astorqui, Jaime; del Río Merino, Mercedes; Mercader Moyano, María del Pilar y Rodríguez Sánchez, Antonio (2017). "Estimation of construction and demolition waste in building energy efficiency retrofitting works of the vertical envelope". Journal of Cleaner Production en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.113> 0959-6526/© 2017. Elsevier Ltd.

ACRONIMOS Y DEFINICIONES

BIM	Building Information Modeling.
bto	Bulto.
cast.	Castillo.
Categ.	Categoría.
C_d	Códigos de los residuos.
CIDOC	Centro de Investigación y Documentación de la Casa, A.C. en el caso de la Ecuación 1 es la estimación de créditos para VIS en Coahuila.
CReC	Modelo de Caracterización de los Residuos de la Construcción.
CR	Coeficiente que determina la parte del insumo que se convierte en residuo.
CRs	Coeficiente de residuos de la construcción a aplicar como constante de acuerdo con el residuo especificado en función del Concepto de Obra.
CrVIS	Estimación de créditos para vivienda de interés social en Coahuila, en la Ecuación 2.
Coah	Coahuila.
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda. En el caso de la Ecuación 1 es la estimación propuesta por el Código de Edificación de Vivienda.
conc.	Concreto.
Cto	Cuarto o habitación.
DOF	Diario oficial de la federación de México.
EMMTP	European Minerals and Materials Tecnology Platform.
et al.	Otros.
f'c	Se define como la resistencia del concreto a la compresión de diseño del calculista y determinada con probetas de tamaño normalizado, expresada en MPa, si no se especifica su edad, se adopta que es a los 28 días.
HbSLW	Porcentaje de habitantes establecidos en Saltillo (INEGI, 2011).
Impermeabil.	Impermeabilización.
INFONAVIT	Instituto Nacional de Fomento a la vivienda de los trabajadores.
INEGI	Instituto nacional de estadística y geografía.
Input	Entrada.
IO	Input-Output (Entrada-Salida).
IPR	Índice de Producción de Residuo en unidades de residuo (urs).
IPR_e	Índice de Producción de Residuo que determina la proporción del empaque del insumo que se convierte en residuo.
IPR_i	Índice de Producción de Residuo que determina la proporción del insumo que se convierte en residuo.
jgo	juego o conjunto.
kg	kilogramo.
km	kilometro.
Krc	Tipificación de los residuos.
lte	lote.
lts	litros

M	Muestra determinada para estudio en unidades, identificación de la Ecuación 2.
m	metro.
ml	metro lineal.
mm	milímetro.
mms	milímetros.
m²	metro cuadrado.
m³	metro cúbico.
NL	Nuevo León.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
Output	Salida.
Prefab.	Prefabricado.
Prem.	Premezclado.
PNUMA-UNITAR	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones.
prop.	Proporción.
pza	pieza.
RCD	Residuos de la construcción y demolición.
rcd	Unidad de medida de los RCD.
RCD_i	Aquellos residuos producidos por la materia prima aplicada en la elaboración de un producto destinado a la construcción de un objeto arquitectónico o urbano, que se consideran como una constante que esta descrita en la Tabla 1.
Re	Cantidad residual generado por el empaque de cada insumo integrante del Concepto de Obra.
R_i	Cantidad residual generado por cada insumo integrante del Concepto de Obra.
R_t	Cantidad residual total generado por un Concepto de Obra.
Q_i	Cantidad total del Concepto de Obra en su unidad de medida específica.
RUV	Registro único de vivienda.
SEDESOL	Secretaría de desarrollo social.
SEMARNAT	Secretaría de medio ambiente y recursos naturales.
SMG	Salario mínimo general.
Sm²	Superficie construida en metros cuadrados, identificación de la Ecuación 1, para determinar la tipología de vivienda a analizar.
t	Tonelada.
Tamps.	Tamaulipas.
tons	Toneladas.
urs	Unidades de residuo.
UMA	Unidad de medida y actualización.
VISnv	Porcentaje de créditos destinados para vivienda nueva.
VPrp	Volumen proyectado de uso en unidades de peso (kg).
VRs	Volumen de residuo posible promedio en unidades de peso (kg).
vr	varilla.
vrs	varillas.
VSM MDF	Veces el salario mínimo mensual del Distrito Federal.