

## **Contribución metodológica para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición en Cuba**

*Methodological Contribution to Management of Construction and Demolition Waste in Cuba*

Macyuri Alvarez Luna<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6631-7292>

Jorge Luis García Jacomino<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5381-5818>

Lesday Martínez Fernández<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3360-1905>

<sup>1</sup> Facultad de Economía. Universidad de La Habana. Cuba.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas (UCLV). Cuba.

<sup>3</sup> Facultad de Construcciones. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas (UCLV). Cuba.

\* Autor para correspondencia: [macyuri.alvarez@fec.uh.cu](mailto:macyuri.alvarez@fec.uh.cu)

### **RESUMEN**

En la presente investigación se realiza una contribución metodológica para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición en Cuba. Se valora la literatura especializada sobre los diversos modelos de gestión, para conocer sus regularidades. La mayoría carecen de estudios de la demanda y no realizan el control de la gestión mediante la evaluación de impactos. Se elabora un modelo para la gestión, que concibe mediante un esquema gráfico y conceptual, la forma de organizar su ciclo de aprovechamiento. Se estructura en tres niveles: generación, valorización y evaluación; y se establecen las relaciones internas y externas de los actores económicos que intervienen. El modelo se valida por el método de expertos. Estos coinciden en que las cualidades valoradas son adecuadas, ya que los valores de  $M_y$  oscilan entre 4,35 y 4,86, por lo que se evalúan de muy alto en una escala de 1 a 5.

**Palabras clave:** modelo y evaluación de impactos, residuos de construcción y demolición.

### **ABSTRACT**

*In this research, a methodological contribution is made for the management of construction and demolition waste in Cuba. Specialized literature on the various management models is valued to know their regularities. The majority lack demand studies and do not carry out management control through impact evaluation. A management model is developed, which conceives, through a graphic and conceptual scheme, the way to organize its use cycle. It is structured in three levels: generation, valuation and evaluation; and the internal and external relationships of the economic actors involved are established. The model is validated by the expert method. They agree that the qualities evaluated are adequate, because the values range are between 4.35 and 4.86, which is why they are evaluated as very high on a scale of 1 to 5.*

**Keywords:** *model and impact evaluation, construction and demolition waste.*

Recibido: 10/1/2024

Aceptado: 27/2/2024

## **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas la generación de residuos se ha incrementado de forma considerable (Belmonte-Sánchez, 2009; Valdés, Reyes-Ortiz y González, 2011; Altabella *et al.*, 2013) como resultado de la concentración de la población en núcleos urbanos, los cambios demográficos, la utilización de bienes materiales de rápido deterioro y el uso cada vez más generalizado de envases sin retorno, fabricados con materiales no degradables. Según informe del Banco Mundial, la cifra en el año 2016 era de 2 000 millones de toneladas anuales y se incrementará en el 2050 en un 70 %, lo que representa un volumen de 3 400 millones de toneladas anuales (Kaza *et al.*, 2018).

La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) se ha convertido en un problema acuciante al que se debe enfrentar la sociedad actual. Dada su generación

creciente, se buscan nuevos enfoques hacia sistemas más eficientes para toda la cadena de gestión, que comiencen con la recogida selectiva, continúen con los distintos tipos de tratamiento y terminen con la salida de los productos recuperados de tales residuos.

Como resultado de lo anterior, el reciclaje es de vital importancia como método de tratamiento de los RCD, con el fin de garantizar su aprovechamiento, lo que contribuye a mitigar la escasez del árido tradicional pues permite obtener nuevos áridos que se pueden reutilizar y comercializar como materiales de construcción utilizados como bases y sub-bases de pavimento para carreteras, terraplenes y caminos, mantenimiento de calles, así como en la conformación de productos para la fabricación de viviendas: bloques, baldosas, celosías, adoquines, entre otros.

En el caso de Cuba, se reporta una disminución del 13,5 % del volumen de desechos sólidos recolectados por provincias (29 810,4 Mm<sup>3</sup> en el 2018 y 25 727,8 Mm<sup>3</sup> en el 2022) (Oficina Nacional de Estadística e Información, 2023).

Existe un conjunto de investigaciones desarrolladas por Díaz, Rodríguez y Rodríguez (2003); Casado (2012); Bizcocho (2014); Villoria (2014); Suárez (2016); Bermejo (2016); Jiménez (2018); Carrasco (2018); Rodríguez (2019) y Sánchez (2019) con el objetivo de aprovechar los RCD; sin embargo carecen de herramientas metodológicas (modelos) cuyos objetivos estén encaminados a orientar una gestión integral de estos, por lo que el objetivo del trabajo es: proponer un modelo para la gestión integral de los RCD en Cuba.

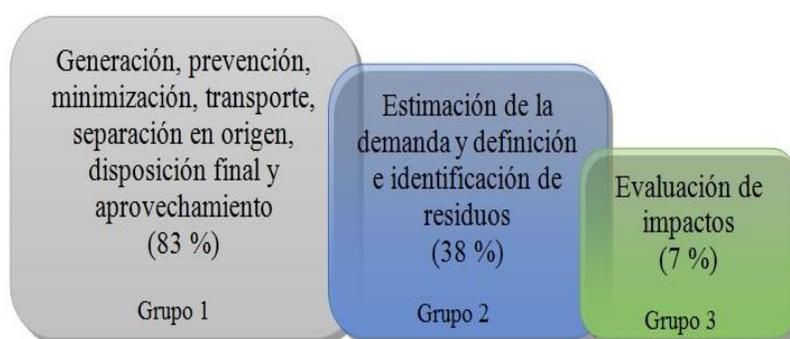
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Valoración crítica de los modelos de gestión de los RCD**

Es imprescindible contar con un modelo que permita realizar la gestión integral de los RCD, para la producción de árido reciclado, como alternativa para atenuar la situación existente con los recursos no renovables que son los áridos naturales. Varios autores (Génova, 2012; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; De Oliveira, 2007; Espinoza y Zambrano, 2021) coinciden con Pineda, Alvarez-Luna y Barrios (2016) en la definición del término modelo como una representación simplificada de la realidad, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio, y permite ver de forma clara y sencilla las distintas variables y sus relaciones. Estos resultan muy útiles en investigación, y su elaboración

implica un reto: deben presentar la realidad lo más fielmente posible y deben ser más sencillos y manejables que las situaciones reales.

Existen diversos modelos, sistemas, planes, guías de gestión de los RCD que presentan un conjunto de etapas. Se utiliza el método de análisis de conglomerados jerárquicos a través del paquete de programas estadístico SPSS para Windows (V22.0, 2013), con el fin de conocer las etapas de gestión comúnmente utilizadas por los autores estudiados, concentrándolos en tres grupos. En la Figura 1 se presenta la estructura porcentual de las etapas consideradas en el estudio por grupos de autores.



**Figura 1.** Estructura porcentual de las etapas por grupos de autores.

Como se observa, el grupo I constituye el más representativo (83 %), lo que indica que Peñuñuri y Velasco (2008), Karunasena *et al.* (2010), Acosta-Reyes (2010), Bedoya (2011), Morán *et al.* (2011), Orozco *et al.* (2014) y Pineda, Alvarez-Luna y Barrios (2016), entre otros, le dan más importancia a las etapas que comprenden desde la generación hasta el aprovechamiento. Esto demuestra que la mayoría de los estudios ponderan el diseño de los flujos y los aspectos técnicos relacionados con ellos.

El resultado del grupo II (38 %) refleja que Karunasena *et al.* (2010), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (2011) y Pineda, Alvarez-Luna y Barrios (2016) coinciden en considerar dos etapas más: la estimación de la demanda y la identificación de los RCD. Ambas etapas son fundamentales para incorporar estos residuos en el proceso de planificación de la producción en entidades transformadoras y generadoras, como recursos productivos primarios en la producción de árido reciclado para la fabricación de materiales de construcción.

Por último, en el grupo III (7 %), Pineda, Alvarez-Luna y Barrios (2016) analizan la evaluación de impactos económicos, sociales y ambientales de aprovechar los RCD para la producción de materiales de construcción. La importancia de esta etapa radica en fundamentar los procesos de toma de decisión en relación con el reciclaje de los RCD, y demostrar que la viabilidad del reciclaje de los RCD contribuye a la concientización de los actores implicados en la gestión y de la importancia de esta alternativa como premisa del desarrollo sostenible.

Estos grupos incluyen las etapas: generación, prevención o minimización de los residuos, transporte (o almacenamiento) de los recursos, separación en origen y recogida selectiva, disposición final, aprovechamiento de los RCD (reciclar y reutilizar), estimación de la demanda y definición e identificación de los residuos, así como la evaluación de impactos; lo que significa que el modelo a seguir debe integrar en sus etapas estos elementos. Estos modelos tienen las siguientes regularidades:

- Tienen en cuenta las normativas establecidas.
- Indistintamente, en sus etapas, tienen en cuenta la minimización de los residuos.
- En los casos en que no sea posible lo anterior, establecen la gestión de los residuos teniendo en cuenta la reutilización, el reciclaje y la disposición final.

Sin embargo, carecen de los siguientes aspectos:

- La mayoría no tiene en cuenta el estudio de la demanda.
- No se realiza el control de la gestión de los residuos a través de la evaluación de impactos.
- No se realiza el seguimiento de la gestión de los RCD como forma de control.
- La gestión carece de un enfoque integrador.

De los modelos estudiados el que se considera que posee una visión más integral de la gestión de los RCD es el propuesto por Pineda, Alvarez-Luna y Barrios (2016) de Cuba, aunque no se presenta una concepción general (conceptual y gráfica) del problema al reflejar esencialmente los procesos para el aprovechamiento de este tipo de residuos y su

evaluación de impactos. Alvarez-Luna (2020) considera que la experiencia cubana en el tratamiento productivo de los RCD es muy limitada, y carece de un modelo de gestión a tales efectos con enfoque de economía circular.

### **Elaboración del modelo para la gestión integral de los RCD en Cuba**

La concepción de un modelo para la gestión integral de los RCD ofrece un punto de partida acertado para:

- Disponer de un método científico para organizar, planificar, dirigir y controlar la gestión integral de los RCD.
- Obtener un conocimiento de los hechos y un análisis real de la situación.
- Contribuir a la toma de decisiones con criterio sistemático, ajustado a las características específicas de los territorios, que facilite el avance progresivo hacia una mayor utilización de este tipo de residuo y se mitigue la creciente escasez de los recursos naturales no renovables.
- Vincular a los diferentes actores que intervienen en el proceso de reciclaje para la consecución de objetivos comunes y contribuir a su integración.
- Permitir un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.
- Desarrollar competencias técnicas y empresariales a los efectos de lograr la resiliencia de las ciudades.
- Contar con mecanismos de control y seguimiento que garanticen la corrección en caso de desviaciones.

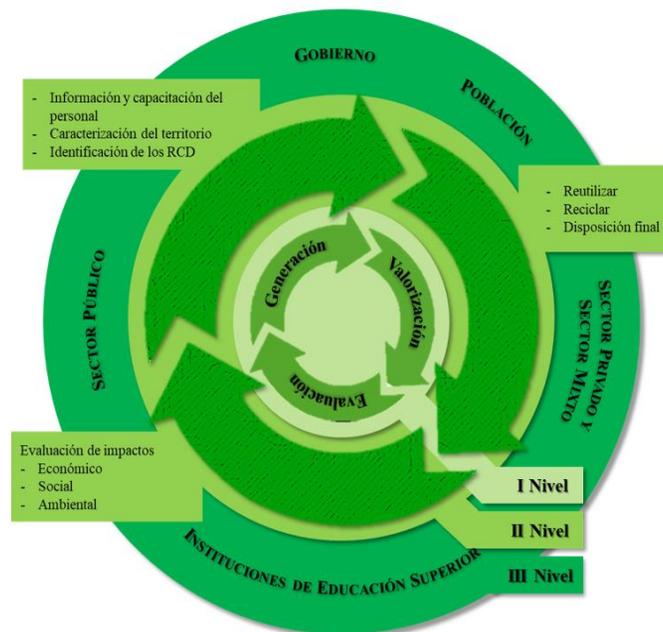
El diseño del modelo se sustenta en las premisas siguientes:

- Se utiliza un enfoque sistémico donde se integran las dimensiones del ciclo, las etapas y los actores relacionados con la gestión de los RCD.
- Concibe la integración de los actores que se involucran en el proceso de la gestión de los RCD.
- Se corresponde con los objetivos del desarrollo sostenible.

El modelo debe cumplir dos requisitos básicos:

1. Dar prioridad a la valorización de los RCD frente a la eliminación, que deberá constituir la última opción deseable.
2. Libre entrada y salida de RCD de un territorio, priorizando las necesidades de la localidad.

La Figura 2 muestra el modelo propuesto. Se observa que se establecen las posibles relaciones internas y externas del proceso de aprovechamiento de los RCD, basado en los criterios de sostenibilidad, con enfoque de economía circular.



**Figura 2.** Propuesta de modelo teórico para la gestión integral de los RCD.

Se estructura en tres niveles: el primer nivel constituido por la organización del ciclo que comprende generación, valorización y evaluación de los RCD; un segundo nivel que desarrolla el ciclo explicando las etapas que lo integran, y un tercer nivel que establece el papel de los actores que se involucran en el proceso del reciclaje de los RCD, donde se declaran las interrelaciones desde las dimensiones hacia los actores.

La concepción general del modelo tiene el propósito de explicar la relación conceptual entre los niveles de la gestión de los RCD, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada territorio. A continuación, se detalla cada uno de los niveles antes mencionados:

### **Primer nivel: ciclo de los RCD**

Este nivel tiene como objetivo organizar el ciclo de los RCD, teniendo en cuenta sus tres dimensiones.

1. **Generación:** los generadores separan y clasifican los residuos para su entrega al punto limpio o lugar de tratamiento, y su transportación se realiza según lo pactado entre generador y receptor de los RCD.
2. **Valorización:** en el punto limpio o el lugar del tratamiento serán valorizados para su aprovechamiento o disposición final.
3. **Evaluación:** la viabilidad de la comercialización se fundamenta con la evaluación de los impactos económicos, sociales y medioambientales del aprovechamiento en la producción.

### **Segundo nivel: ampliación del ciclo de los RCD**

En este nivel el objetivo está en desarrollar el ciclo de los RCD, las relaciones que se establecen entre las dimensiones se explican con más detalle al tener en cuenta las etapas implícitas. Para que sea efectiva la gestión en la generación de los RCD, es necesario concebir varias etapas, como la sensibilización y toma de conciencia de los actores implicados a través de la información y capacitación; la caracterización del territorio en cuanto a las limitaciones y potencialidades en torno a la gestión de estos residuos, y de esta manera estimar los volúmenes generados (Alvarez-Luna *et al.*, 2016).

La valorización debe tener en cuenta la composición de los RCD que es muy variada, pues depende de numerosos factores como las prácticas de construcción y demolición existentes, las materias primas y los productos de construcción empleados. Cada uno de los materiales que conforman este flujo presenta características diferentes, por lo que en función de ellas variará su potencial para la reutilización y el reciclaje, así como las posibilidades de reducir su presencia en los vertederos.

Para fundamentar la viabilidad de la comercialización de los RCD, se propone evaluar los impactos económicos, ambientales y sociales.

### **Tercer nivel: relación desde las etapas hacia los actores**

Las relaciones que se establecen desde las etapas hacia los actores, constituyen parte importante en la correcta gestión de los RCD, así como su implicación para resolver la problemática de su generación y tratamiento. El modelo concibe la integración de estos en grupos de trabajo por niveles, donde sean consideradas las opiniones, sugerencias, conocimientos y aportes individuales o colectivos.

Los actores que participan en la gestión de los RCD están representados dentro de los sectores público, privado y mixto, así como las instituciones de la educación superior, el gobierno y la población.

El sector público está conformado por las empresas, entidades presupuestadas y las cooperativas; el privado, por los trabajadores por cuenta propia y las empresas con capital totalmente extranjero; y el mixto, por los contratos de asociación económica internacional y trabajadores por cuenta propia que tienen contrato con los talleres de producción local de materiales de construcción. Las instituciones de la educación superior que participan en la capacitación, orientación y acompañamiento de la gestión, se conforman por las universidades, los centros de investigación y las Empresas de Ciencia y Tecnología (Consejo de Ministros, 2019). El gobierno debe coordinar cómo realizar la gestión y la población alta generadora de residuos.

### **Validación del modelo por el método de criterio de expertos**

La validación del modelo propuesto para la gestión integral de los RCD se realiza mediante el método de expertos. Para la aplicación del procedimiento de validación por el método mencionado se siguen los pasos que se relacionan a continuación:

- Selección de los expertos: se realiza a partir de las propuestas de Botamino (2006) y Jiménez (2017).
- Aplicación de los test de validación: se realiza utilizando los principios del método Delphi.

- Anonimato de los expertos.
- No conocer al resto de los componentes de la muestra.
- Se circula y recircula el instrumento hasta obtener criterios con mayor nivel de consenso.
- Procesamiento de los datos por expertos: se procesan los resultados de la aplicación de los instrumentos anteriores por separado. Se calcula, para cada experto, la media aritmética, la moda y la mediana para conocer la tendencia central entre criterios. También se determina la desviación estándar, la cual forma parte de la fórmula del Índice de Consenso de Expertos (ICS). Si este valor sobrepasa el 85 % se considera alto. La fórmula de este estadígrafo se obtuvo de Costa y Abreu (2009).

Para la selección de los expertos hay que tener en cuenta cinco aspectos:

1. Selección *a priori* de todas las personas que pudieran ser consideradas como expertos.
2. Aplicación del cuestionario a expertos.
3. Cálculo del coeficiente de conocimiento o información ( $K_c$ ) de cada experto.
4. Cálculo del coeficiente de argumentación ( $K_a$ ) de cada experto.
5. Cálculo del coeficiente de competencia ( $K$ ) de los expertos.

La selección *a priori* de los expertos se realiza teniendo en cuenta la experiencia, nivel académico y científico, y temas de investigación afines con su temática de estudio. El Coeficiente de Conocimiento o Información ( $K_c$ ) de cada experto se determina a partir de la ecuación:

$$K_c = n (0,1)$$

donde:

n: grado seleccionado por el experto en la pregunta 3 del cuestionario.

El coeficiente ( $K_c$ ) de cada experto se obtiene de extraer el valor correspondiente con la fuente de argumentación marcada por el experto en la pregunta 4, según se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Fuentes de argumentación para el cálculo del coeficiente  $K_c$ .

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0,3	0,2	0,1
Experiencia investigativa en el tema	0,5	0,4	0,2
Estudio de trabajos de autores nacionales	0,05	0,05	0,05
Estudio de trabajos de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Intuición	0,05	0,05	0,05

Fuente: Jiménez (2017).

Este coeficiente de argumentación ( $K_a$ ) de cada experto se determina a partir de la ecuación:

$$K_a = \sum_{i=1}^6 n_i$$

donde:  $n_i$  = valor correspondiente a la fuente de argumentación «i» (1 hasta 6).

El coeficiente de competencia ( $K$ ) de los expertos:

$$K = 0,5(K_c + K_a)$$

Los resultados se valoran de la manera siguiente:

$0,8 \leq K < 1,0$  Alto

$0,5 \leq K < 0,8$  Medio

$K < 0,5$  Bajo

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la validación del modelo teniendo en cuenta los aspectos anteriores.

**Tabla 1.** Expertos seleccionados por el método del criterio de expertos.

Expertos	Grado	Kc	Fuentes de argumentación						Ka	K
			1	2	3	4	5	6		
1	5	0,5	0,1	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8	0,65
2	10	1,0	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,95
3	6	0,6	0,1	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8	0,70
4	9	0,9	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,90
5	8	0,8	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,85
6	8	0,8	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,85
7	7	0,7	0,3	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	1,0	0,85
8	9	0,9	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,90
9	9	0,9	0,3	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,9	0,90
10	6	0,6	0,3	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	1,0	0,80

Fuente: elaboración propia a partir de Jiménez (2017).

Los ocho expertos seleccionados son especialistas en los temas de reciclaje de RCD y gestión, con un coeficiente de competencia igual o mayor a 0,8. La Tabla 3 resume los datos personales de los expertos seleccionados y muestra que en el proceso de selección hay dos expertos que se eliminan porque el coeficiente de competencia fue menor de 0,8.

**Tabla 2.** Datos de los expertos seleccionados

Expertos	Título	Experiencia	Centro de trabajo	Cargo
2	Dr. C.	Más de 30 años	UCLV	Directivo
4	Dra. C.	Más de 25 años	UCLV	Directivo
5	Dra. C.	Más de 30 años	UCLV	Directivo
6	Dr. C.	Más de 10 años	UCLV	Directivo
7	Dra. C.	Más de 10 años	UCLV	Directivo
8	Dr. C.	Más de 30 años	UCLV	Directivo
9	Dr. C.	Más de 30 años	UMCC	Directivo
10	Dr. C.	Más de 30 años	UCLV	Especialista

Fuente: elaboración propia a partir de Jiménez (2017).

Luego de conocer los expertos se procede a la aplicación del test de validación, el cual se realiza teniendo en cuenta dos aspectos: aplicación del instrumento para la validación del modelo y el procesamiento de los datos por expertos.

Para validar el modelo, los expertos son capacitados en su contenido y se procede a la aplicación de los cuestionarios teniendo en cuenta las cualidades del modelo como: la integración de los componentes, el valor metodológico, la importancia social, la lógica de las etapas y fases y la adecuación a la realidad. Todas estas cualidades se evaluaron en una escala ordinal de 1 a 5, donde la 1 es la más baja y la 5 la más alta.

Una vez aplicados los cuestionarios a los expertos se determina ICS, así como las medidas de tendencia central y de dispersión, a través de la siguiente ecuación:

$$ICS = \left(1 - \frac{Si}{SL}\right) * 100 \%$$

donde:

ICS: índice de consenso de los expertos.

Si: desvío estándar del juicio de los expertos para la cualidad «i».

SL: desvío estándar máximo posible.

La Tabla 4 muestra los resultados sobre la valoración de los expertos respecto a las cualidades del modelo.

**Tabla 3.** Valoración de las cualidades del modelo.

Muestra seleccionada de expertos	Integración de los componentes	Valor metodológico	Lógica de las etapas	Adecuación a la realidad	Importancia social
E1	5	5	4	4	5
E2	4	4	5	4	4
E3	4	5	5	5	5
E4	5	4	5	5	5
E5	4	4	5	5	5
E6	5	4	4	5	5
E7	5	5	5	4	5
E8	5	4	5	5	5
Media ( $M_y$ )	4,60	4,35	4,73	4,60	4,86
Mediana ( $M_e$ )	5	4	5	5	5
Moda ( $M_o$ )	5	4	5	5	5
Desv. estándar ( $S_i$ )	0,518	0,518	0,463	0,518	0,354
ICS (%)	89,65	89,65	90,74	89,65	92,93

Se observa que todas las cualidades valoradas (integración de los componentes, valor metodológico, lógica de las etapas, adecuación a la realidad e importancia social) presentan valores de  $M_y$  que oscilan entre 4,35 y 4,86, por lo que se evalúan de muy alto en una escala de 1 a 5. Esto indica que los expertos consideran adecuadas las cualidades del modelo propuesto.

Por su parte  $M_e$  y  $M_o$  muestran resultados iguales, lo que corrobora un acercamiento aceptable a la normalidad de los resultados de los criterios recopilados por los expertos. Según estos estadígrafos de tendencia central, es muy alta la valoración que le otorgan los encuestados al modelo diseñado.

El test de validación se aplica al circular el instrumento, obteniendo valores altos en los estadígrafos de tendencia central y en el ICS. Los expertos consultados expresan especial acuerdo con la importancia social y la lógica de las etapas del modelo, por lo que no es necesaria una segunda circulación.

En todos los aspectos el ICS superó el 85 %, lo cual se considera bueno. Por tanto, según el criterio de los expertos, el modelo propuesto queda validado.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Como resultado de este trabajo se concluye que la reincorporación de los residuos de los procesos productivos al circuito técnico-económico constituye la base de la economía de la

construcción sostenible. En particular, los RCD y su ulterior conversión en áridos reciclados reviste fuente de beneficios económicos, sociales y ambientales.

Asimismo, el resultado del análisis de conglomerados jerárquicos permite conocer las regularidades de los modelos, al tener en cuenta la minimización de los residuos; sin embargo, la mayoría no incluye el estudio de la demanda ni la evaluación de impactos, y la gestión carece de un enfoque integrador.

El modelo propuesto para la gestión integral de los RCD en Villa Clara, validado por el método de expertos con un índice de consenso mayor del 85 %, constituye la plataforma teórica de cualquier estudio de la provincia o del país; explica las relaciones entre las dimensiones (generación, aprovechamiento y evaluación), las fases (caracterización, diseño de la gestión y evaluación de impactos), así como los actores (sector público, sector privado y sector mixto, instituciones de educación superior, gobierno y la población).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-REYES, M. (2010). *Propuesta para la implementación de planta de tratamiento de residuos de construcción en el área metropolitana de Bucaramanga* (Trabajo de grado). Universidad Pontificia Bolivariana.
- ALTABELLA, J.; COLOMER-MENDOZA, F.; GALLARDO-IZQUIERDO, A. y ALBEROLA, C. (2013). Aprovechamiento de residuos inertes para la construcción, explotación y clausura de rellenos sanitarios (Ponencia). *V Simposio Iberoamericano de Ingeniería de residuos sólidos*. Universidad Nacional de Cuyo.
- ALVAREZ-LUNA, M.; BARRIOS, G. Y.; MARTÍNEZ, L. y PINEDA, M. (2016). Modelo para la gestión integral de los áridos reciclados en la provincia de Villa Clara. X Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales y III Convención Internacional de Estudios Turísticos. Editorial Samuel Feijóo, 7-19. Recuperado el 20 de junio de 2023 de <https://dspace.uclv.edu.cu/items/fe2b0bff-75a8-49ba-b186-eeb6407241d9>
- ALVAREZ-LUNA, M. (2020). *Modelo de gestión integral de los residuos de construcción y demolición en Cuba. Caso provincia de Villa Clara* (Tesis de doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.

- BEDOYA, A. B. (2011). *Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición* (Trabajo de diploma). Universidad de San Buenaventura.
- BELMONTE-SÁNCHEZ, A. (2009). *Análisis de la reutilización de residuos procedentes de la industria de silestone en la fabricación de mezclas bituminosas* (Tesis de doctorado). Universidad de Granada.
- BERMEJO, G. A. 2016. *Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) generados en Barranquilla DEIP*. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- BIZCOCHO, N. (2014). *Aplicación del análisis de ciclo de vida a la gestión de los residuos de construcción* (Tesis de doctorado). Universidad de Sevilla.
- BOTAMINO, I. (2006). *Residuos de construcción y demolición* (Tesis de maestría). Escuela de Organización Industrial (OIT). Recuperado el 20 de junio de 2023 de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://static.eoi.es/savia/documents/componente45733.pdf&ved=2ahUKEwj86IqqprmFAxW5TDABHVusCYUQFnoECBkQAQ&usg=AOvVaw2rj1jSnS-4ySavg2xnja3n>
- CARRASCO, R. B. (2018). *Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).
- CASADO, L. F. (2012). *Mejoras tecnológicas en el reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD)* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid.
- CONSEJO DE MINISTROS (2019, 8 de noviembre). Decreto 363. De los parques científicos y tecnológicos y de las empresas de ciencia y tecnología que funcionan como interface entre las universidades y entidades de ciencia, tecnología e innovación con las entidades productivas y de servicios. *Gaceta Oficial de la República de Cuba* (86) (Ordinaria). 1924-1930. Recuperado el 13 de abril de 2023 de <https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2019-o86.pdf>
- COSTA, Y. J. y ABREU, R. (2009). Estrategia de localización con enfoque multiobjetivo para almacenes intermedios en procesos de reciclaje de envases de vidrio. *Ingeniería*

- Industrial XXX* (1), 1-6. Recuperado el 10 de abril de 2018 de <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/243>
- DE OLIVEIRA, G. E. (2007). Modelos teóricos aplicados al turismo. *Estudios y Perspectivas del Turismo, XVI* (1), 96-110. Recuperado el 15 de abril de 2023 de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-17322007000100005](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322007000100005)
- DÍAZ, I. M.; RODRÍGUEZ, J. M. y RODRÍGUEZ, S. B. (2003). *Esquema de trituración de planta para el reciclaje de escombros de la ciudad de Santa Clara* (Tesis de doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.
- ESPINOZA, J. y ZAMBRANO, J. A. (2021). Modelos económicos: una visión simplificada de la realidad. *BCVoz Económico*, (3), 1-4. Recuperado el 12 de mayo de 2023 de [https://www.bcv.org.ve/system/files/publicaciones/bcvoz\\_economico\\_3-2021.pdf](https://www.bcv.org.ve/system/files/publicaciones/bcvoz_economico_3-2021.pdf)
- GALAGOVSKY, L. R. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Investigaciones Didácticas, XIX* (2), 231-242. Recuperado el 20 de junio de 2023 de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735>
- GÉNOVA, G. (2012). Conceptos básicos de modelado. En J. García *et al.* (2012), *Desarrollo de software dirigido por modelos conceptos, métodos y herramientas* (67-80). RAMA. Recuperado el 23 de julio de 2023 de <http://www.lcc.uma.es/~av/Publicaciones/12/LibroDSDM.pdf>
- JIMÉNEZ, R. (2017). *Gestión del conocimiento en empresas de comercio minorista de bienes culturales en Cuba* (Tesis de doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.
- JIMÉNEZ, R. S. (2018). *Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico para nuevos materiales de construcción sostenibles* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid.
- KARUNASENA, G.; AMARATUNGA, D.; HAIGH, R. & LILL, I. (2010). Post Disaster Waste Management Strategies in Developing Countries: Case of Sri Lanka. *International Journal of Strategic Property Management, XIII* (2), 171-190. Recuperado el 20 de junio de 2023 de [https://www.researchgate.net/publication/227640373\\_Post\\_](https://www.researchgate.net/publication/227640373_Post_)

Disaster\_Waste\_Management\_Strategies\_In\_Developing\_Countries\_Case\_Of\_Sri\_Lanka

- KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P. Y. & VAN WOERDEN, F. (2018). *What a Waste 2.0: a Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications.
- MORÁN, J.; VALDÉS, A.; AGUADO, P.; GUERRA, M. y MEDINA, C. (2011). Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informes de la Construcción*, (53), 89-95.
- OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN (ONEI) (2023). Anuario estadístico de Villa Clara 2023. La Habana.
- OROZCO, C. J. ET AL. (2014). Guía para la elaboración del plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra (segunda versión). Secretaria Distrital de Ambiente (ed.). Bogotá, D.C., Colombia.
- PEÑUÑURI, A. y VELASCO, C. (2008). Manual de procedimientos para una empresa de la localidad que ofrece servicios de estudios socioeconómicos. Primer Congreso Internacional de Negocios. Sonora, México.
- PINEDA, M. D.; ALVAREZ-LUNA, M. y BARRIOS, G. Y. (2016). *El modelo para la gestión integral de reciclaje de los RCD en Villa Clara* (Trabajo de Diploma). Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.
- RODRÍGUEZ, C. (2019). *Los residuos de construcción y demolición (RCD) y las escorias de central térmica como áridos para la elaboración de hormigones y prefabricados no estructurales. Estudio en laboratorio y aplicación industrial* (Tesis de doctorado). Universidad de Alicante.
- SÁNCHEZ, Z. (2019). *Utilización de árido reciclado para la fabricación de piezas de hormigón prefabricado de mobiliario urbano* (Tesis de doctorado). Universidad de Granada.
- SUÁREZ, S. S. (2016). *Propuesta metodológica para evaluar el comportamiento ambiental y económico de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la producción de materiales pétreos*. (Tesis de doctorado). Universitat Politècnica de Catalunya.
- UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y DE LOS RECURSOS NATURALES (UICN) (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. *Academia*. Recuperado el 15 de abril de 2018 de

[https://www.academia.edu/21696715/Gu%C3%ADa\\_de\\_manejo\\_de\\_escombros\\_y\\_otros\\_residuos\\_de\\_la\\_construcci%C3%B3n](https://www.academia.edu/21696715/Gu%C3%ADa_de_manejo_de_escombros_y_otros_residuos_de_la_construcci%C3%B3n)

VALDÉS, G.; REYES-ORTIZ, Ó. J. y GONZÁLEZ, G. (2011). Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. *Revista Científica de Ingeniería y Desarrollo*, XXIX (1) 17-33. Recuperado el 10 de junio de 2020 de <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2880>

VILLORIA, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid.

### **Conflictos de intereses**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

### **Contribución autoral**

Macyuri Alvarez Luna: aportó la valoración crítica de los diversos modelos que se reportan en la literatura especializada. Realizó la concepción metodológica del esquema gráfico y conceptual sobre cómo organizar el ciclo de aprovechamiento de los RCD, así como la validación del modelo por el método de expertos.

Jorge Luis García Jacomino: apoyó en la realización de la concepción metodológica del esquema gráfico y los aspectos técnicos de cómo organizar el ciclo de aprovechamiento de los RCD.

Lesday Martínez Fernández: apoyó en la realización de la concepción metodológica de los aspectos técnicos de los residuos de construcción y demolición.