

LA PRESUPUESTACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RCD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN

Para los autores de esta comunicación presentada en la última edición de CONTART, antes de hacer el presupuesto del capítulo dedicado a residuos, es necesario haber realizado la medición, el cuadro de precios unitarios descompuestos y el presupuesto de los restantes capítulos que componen la obra.

texto_Antonio Ramírez de Arellano Agudo, Antonio Ruiz Sánchez, María Victoria de Montes Delgado y Miguel León Muñoz (Escuela de Arquitectura Técnica de la Universidad de Sevilla).

Con la entrada en vigor de la nueva normativa reguladora de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (Real Decreto 105/2008), la industria de la construcción tiene que dar respuesta a la pregunta siguiente: ¿Qué hacemos con los residuos que generamos? Pues bien, se propone un modelo donde ni la estructura formal ni la elaboración del presupuesto requieren mecanismos de adaptación, pues su desarrollo mantiene las pautas marcadas por el modelo de referencia, por lo que seguirá siendo un encuentro de la medición y del precio de cada una de las partidas que lo componen, previamente definidas en la relación de partidas. Es una adaptación de los modelos tradicionales.

En la actualidad, es imprescindible asumir que el hombre debe velar por sí mismo y por su entorno para conseguir cierto equilibrio. Hoy en día, en el ámbito industrial, no es posible implantar un proyecto sin un previo estudio de impacto ambiental. La edificación debe asumir esto como proceso industrial contaminante; por ello, es necesario trabajar para minimizar los residuos que genera que, si no son tóxicos, sí son muchos y, por tanto, deben ser objeto de control, según se establece en el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD). Para ello, deben plantearse tres puntos de vista diferentes, pero complementarios:

- Prevención de la producción: reduciendo la producción de residuos en las distintas fases del proyecto.
- Valorización de los residuos de construcción y demolición: medidas que propicien la reutilización de las materias primas secundarias.
- Eliminación compatible: vertederos controlados para el depósito de los residuos no recuperables.

Los residuos de construcción y demolición suelen generarse en los procesos de recepción de producto, almacenaje en acopio, ejecución de la obra y demolición. Estos procesos no tienen la misma capacidad generadora de restos. Por ejemplo, las demoliciones pueden producir 1,50 m³ de residuos por m² de superficie demolida, mientras que las excavaciones pueden llegar a los 0,40 m³ de excedente de tierra por m² de superficie construida.

Son muchos los agentes implicados en la gestión de los residuos, cada uno de los cuales realiza una determinada función. Las Administraciones públicas velarán por hacer políticas medioambientales, legislar, potenciar la investigación, subvencionar el buen desarrollo, crear mercados secundarios del material reutilizable y mejorar la infraestructura de vertederos y plantas de reciclaje. Desde los equipos técnicos se controla la producción y gestión dentro de la obra de los residuos generados. Los constructores y fabricantes de productos han de facilitar

y cooperar en la gestión de los residuos dentro de la obra, mientras que es función del promotor la financiación de los costes ocasionados por el tratamiento de residuos y decidir los criterios de reutilización y aprovechamiento de los restos. Son los usuarios los que soportarán los costes ocasionados por la gestión del residuo.

En los modelos actuales de presupuestación, el tratamiento presupuestario de los residuos aparece entremezclado entre los costes directos como componente de los precios unitarios. Por ejemplo: "... incluso p. p. de aprovechamiento y transporte de material sobrante a vertedero". También puede aparecer formando parte del porcentaje de costes indirectos de ejecución "C12212. Personal de limpieza, regado y recogida de escombros".

En una posible evolución y entendimiento, el presupuesto de una obra es aceptado como la estimación del coste esperado de la misma, donde con los ingresos que recibe el constructor –consecuencia del pago de las cantidades representadas en el presupuesto–, se compensan todos los costes que haya tenido que soportar durante el desarrollo de la obra, los beneficios esperados y los impuestos. El modelo se quiebra si, durante el desarrollo de la obra, aparecen residuos que pueden ser vendidos o reutilizados, proporcionando ingresos atípicos. Estos ingresos deben aparecer en el presupuesto final como la diferencia entre los costes y los ingresos atípicos estimados, o bien determinando el coste de las unidades que proporcionan dichos ingresos. La ventaja de este último es que, una vez definidos los conceptos de precio en cada nivel de la estructura de costes, todos los procedimientos a seguir son los mismos que en el modelo de referencia, por lo que parece más acertado apostar por la opción del presupuesto integrado.

La aplicación del modelo consiste en diseñar un método de presupuestación de obras de construcción, donde los residuos resultantes tengan un tratamiento individualizado, separando en el propio presupuesto los diferentes materiales. El desarrollo de esta aplicación será:

- Obtención de datos para el desarrollo del capítulo.
- Relación de partidas.
- Coeficientes de transformación que desarrollen la medición vía indirecta, mediante la transferencia de medición.
- Medición detallada del capítulo.
- Elaboración de precios básicos, auxiliares y unitarios.
- Presupuesto detallado del capítulo y presupuesto de contrata después de impuestos.
- Conclusiones: precios negativos, transferencia de medición y coeficientes de transferencia.

TRATAMIENTO PRESUPUESTARIO ACTUAL DE LOS RESIDUOS

En la actualidad, como referencia se utiliza un modelo de los denominados "clásicos", que consiste en la división del problema global en pequeñas partes fácilmente abordables para, después, unirlas.

- División del objeto tratado en partes más simples.



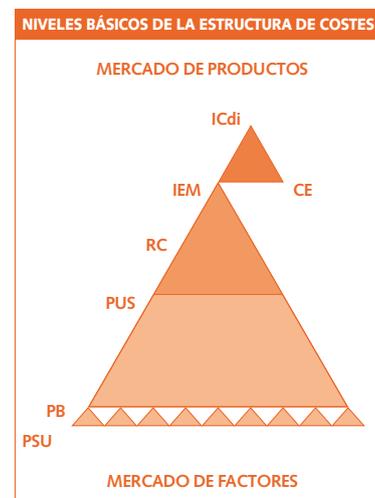
- Tratamiento de cada una de las partes.
- Agregación de los resultados obtenidos.

El modelo se apoya en una estructura de costes piramidal que va desde los costes de suministro hasta el importe de contrata (fig. 1: Niveles básicos de la estructura de costes), teniendo en cuenta costes de imputación directa y costes de imputación indirecta.

Basándonos en ello, se consiguen los objetivos marcados en las reglas de oro de la presupuestación:

- En el coste final estarán representados todos los costes generados a lo largo del proceso completo de construcción.
- No debe repetirse ningún coste.

De forma resumida, podríamos representar el proceso descrito para el cálculo del presupuesto con la siguiente secuencia de sucesos:



- Relación de partidas.
- Cálculo de precios (suministro, básicos, auxiliares, unitarios simples, unitarios complejos, unitarios funcionales).
- Medición de las actividades.
- Impuesto de ejecución material.
- Importe de contrata antes de impuestos.
- Costes indirectos generales y beneficio industrial.
- Importe de contrata después de impuestos.

El tratamiento económico de los actuales modelos de presupuestación de los costes generados por la gestión de los residuos no se hace por imputación directa, sino que se incluye en los costes directos de ejecución en los precios unitarios –cuando su participación es significativa–, o integrado dentro de los costes indirectos –cuando se trata de limpieza o retirada de los residuos obtenidos en el desarrollo normal de los trabajos.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y PRECIOS

La integración de los residuos en el sistema de clasificación de referencia se realiza mediante la asignación de un capítulo específico. El código asignado es el 17, para hacerlo coincidir con el número asignado en el catálogo de la CEE. A partir de aquí, se desarrolla la estructura arborescente del modelo de referencia, hasta alcanzar las distintas unidades de obra.



- Clasificación de precios unitarios de residuos.
- Clasificación de precios básicos de residuos (subfamilia para clasificar los productos que vayan a ser vendidos por el constructor).
- Clasificación de precios auxiliares de residuos.

Desde el punto de vista económico, en los residuos procedentes de las obras de construcción o demolición es muy importante si el destino de los mismos es la reutilización, la transformación o la eliminación. La reutilización de los productos obtenidos en nuevas construcciones es la opción más deseable, y plantea varias opciones:

- Reutilización directa en la propia obra.
- Reutilización en otras obras (confrontación con el mercado).
- Reutilización previa transformación.

Para el desarrollo de la reutilización es necesaria la existencia de mercados secundarios donde comprar y vender los residuos originados, mientras que la eliminación plantea la neutralización del residuo en condiciones diferentes a las originales, por lo que hay que transformar el residuo en plantas de reciclado. La eliminación de los residuos en un vertedero controlado sólo proporciona gastos, por lo que se ha de considerar como última opción.

El presupuesto de una obra es el estudio de su coste, siendo éste la agregación sucesiva de los costes estimados de todas las partidas. En nuestro modelo de presupuestación de residuos, el presupuesto se plantea como la diferencia de costes e ingresos. La reutilización o la venta hacen que el contratista perciba ingresos atípicos que desvirtúan el equilibrio económico establecido. Para resolver este problema, se alcanzaría el presupuesto final como diferencia entre los costes estimados y los ingresos atípicos establecidos. Esto supondría una amplia modificación del modelo de referencia.

Otra forma de actuar es la integración de los ingresos unitarios esperados en el cálculo del coste de las unidades que los proporcionan. Con ello, no se modifica la estructura del modelo de referencia, incluyendo en los precios de suministro y básicos el ingreso percibido por los contratistas como precio negativo. El resto de la estructura de costes es exactamente igual, lo que hace decantarse por esta segunda opción. Atendiendo a lo expuesto anteriormente, decimos que:

- Precio de suministro de residuos es el coste por unidad de elemento básico, de acuerdo con las condiciones de compra, o el ingreso por unidad de elemento residual, según las condiciones de venta.
- Precio básico de residuos es el coste por unidad de elemento básico en condiciones de ser aplicado en obra, o el ingreso por unidad de elemento básico puesto en obra en condiciones de ser suministrado al comprador.
- En los precios auxiliares de residuos y en los precios unitarios de retirada de residuos no es necesaria ninguna transformación, según sus definiciones en el propio modelo de referencia.

MEDICIÓN Y PRESUPUESTO EN EL MODELO DE REFERENCIA

La medición conduce a la cantidad con que cada unidad interviene en la obra. La medición conlleva un estudio minucioso del proyecto,

conversaciones con su autor y con el promotor, concretar los aspectos no decididos en el mismo, recopilar en los mercados información de los costes de suministro, relación de partidas y medición sobre plano. De entre ellos, conviene destacar la relación de partidas, con la que se materializa la estructura del presupuesto. Puede ser muy simple, mediante un listado completo de todas las unidades de obra con el código, la unidad de medida, el nombre corto y el criterio de medición. La medición sobre plano es la etapa final del proceso, la cual se divide en dos partes: la recogida de datos relativos a la colocación y dimensiones de cada elemento, y el traslado de los datos al documento "estado de dimensiones". En este documento se muestran la identificación, las dimensiones y el resultado de cada uno de los elementos a medir.

Existen también unos instrumentos de sincronización entre los procesos de medición, precio y presupuesto que hacen que el modelo sea coherente y evitan los desajustes entre bloques. Estos instrumentos son el código, la unidad de medida y el criterio de medición.

En la toma de datos se pretende obtener de los planos la información necesaria y suficiente para determinar la cantidad de intervención de cada partida en el presupuesto. Son muchos los datos a obtener, por lo que el orden y criterios son fundamentales. Para hacer este procedimiento más fácil, repetitivo y simple, se aplican las transferencias de medición, pues:

- Son múltiples las unidades de obra en las que su medición es igual, en todo o en parte, a otras unidades.
- Gran parte de la medición de las unidades de obra es proporcional a la medición de otras partidas.

Las transferencias aportan menos tiempo, menor número de datos, menos errores y mayor facilidad de comprobación de datos. Hay varios tipos de transferencias:

- Transferencia global: transferencia de la medición completa
- Transferencia parcial: transferencia de parte de una medición. Puede ser subtotal o por suma de subtotales de operaciones intermedias.

El presupuesto es la síntesis donde confluyen la medición y el precio. Para su desarrollo se emplean unos impresos donde aparecen identificación, dimensiones e importes de cada uno de los elementos. De esta forma, se facilita un alto grado de detalle en toda la estructura del presupuesto. En cada uno de los niveles se proporciona un resumen del presupuesto, cuyo desarrollo está formalizado en soportes impresos con esta estructura: identificación, importes y porcentajes. Al pie del informe se aplican los costes exógenos, que convierten el importe de ejecución material en importe de contrata después de impuestos.

ADAPTACIÓN DEL MODELO. LA MEDICIÓN DE RESIDUOS

Para organizar la medición, es de especial importancia recordar el origen de los residuos, pues es donde se encuentra la información necesaria y suficiente para afrontar la medición detallada.

La medición de los residuos se puede afrontar como cualquier otro capítulo. Se amplía el sistema de clasificación con el capítulo 17, con división

en partes y selección de unidades. La unidad de medida y el criterio de medición tendrán la misma función que en los capítulos restantes, pero es la transferencia de medición como método indirecto la que obtiene un papel singular en la medición de este capítulo 17, pues gracias a ella se podrá estimar con suficiente precisión la cantidad de residuos que van a producirse, ya que en ningún documento del proyecto se representan los residuos que se generan.

MEDICIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE DEMOLICIONES, DESMONTADOS Y LEVANTADOS

En la forma tradicional de actuar se manifiesta una relación de proporcionalidad entre el volumen del elemento constructivo demolido y el transporte de material sobrante. Por ello, resulta posible aplicar una transferencia de medición para determinar la cantidad de residuos. Transferencia de medición de las partidas correspondientes a la unidad de obra que las genera.

$$Q_r = \varphi(Q_u)$$

Siendo:

Q_r = Cantidad de residuos.

Q_u = Cantidad de la unidad de obra que genera los residuos.

Se establecen unos coeficientes de transformación que materializan esa transferencia de medición relacionados con los siguientes elementos:

CR = Coeficiente para medir la parte del elemento que se convierte en residuo.

CC = Coeficiente para convertir la unidad de medida de la partida origen en la unidad de medida de la partida destino.

CT = Coeficiente para transformar el criterio de medición de la partida origen en criterio de medición de la partida destino.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar, mediante transferencia, la medición de la retirada de los restos que proporciona la demolición de una solera de hormigón.

Datos conocidos:

- Los datos no corresponden a ninguna realidad.
- Medición origen: 01RSS00001 m² demolición de solera de hormigón = 200,00 m².
- Medición destino: m³ de retirada de residuos de hormigón. Medido el volumen esponjado.
- Espesor de la solera: 0,20 m.
- El hormigón durante la demolición se esponja el 30%.

Solución:

$CC = 0,20 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (espesor de la solera).

$CT = 1,30$ (transforma el volumen construido en esponjado).

$CR = 1,00$ (toda la solera se convierte en residuo).

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	n°	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
17. Residuos		CR		CC	CT			
17H. Hormigones, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, etcétera.								
17HHH00001	m ³ retirada de residuos de hormigón. Medido el volumen esponjado.							
	=01RSS00001..	1,00	200,00	0,20	1,30			52,00
							Total	52,00

Comentarios:

- El modelo de estructura de organización de los datos se adapta modificando el uso de las columnas de dimensiones.
- La columna (n°) se destina al coeficiente CR.
- La columna (Dim. X) se destina a la medición transferida.
- La columna (Dim. Y) se destina al coeficiente CC.
- La columna (Dim. Z) se destina al coeficiente CT.

MEDICIÓN DE RESIDUOS EN OBRAS DE NUEVA PLANTA

Se producen diversas situaciones, directamente relacionadas con las características del residuo, que aconseja diferentes estrategias basadas todas en el mismo método.

MEDICIÓN DE RETIRADA DE ESCOMBROS

Se aplica el mismo método definido anteriormente para la medición de residuos procedentes de demoliciones, desmontados y levantados.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar la medición de retirada de escombros depositados en el solar.

Datos conocidos:

- Los datos no corresponden a ninguna realidad.
- Los escombros a retirar ocupan un espacio en el solar con las siguientes dimensiones medias: Largo = 20 m / Ancho = 15 m / Alto = 1,50 m.
- Medición destino: m³ de retirada de escombros. Medido el volumen esponjado.
- Los escombros ya esponjados en el montón, se esponjan al removerlos el 15%.

Solución:

Los escombros están en el solar en montones sin clasificar, por lo que se miden como residuos mezclados.

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	n°	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
17. Residuos					CT			
17R. Residuos mezclados								
17RRR00001	m ³ retirada de escombros. Medido el volumen esponjado.							
	Solar	1,00	20,00	15,00	1,50	450,00	517,50	
					1,15	450,00	Total	517,50

Comentarios:

- La columna "Dim. Z" cumple dos funciones: la asignada en el modelo de referencia para ubicar la dimensión Z; y la asignada en la adaptación de servir al coeficiente CT que mide el esponjamiento.

MEDICIÓN DE RETIRADA DE TIERRAS PROCEDENTES DE EXCAVACIONES

Puede ser midiendo el transporte de tierras a vertedero por transferencias de medición, con una variación en el cambio de capítulo; o puede que el transporte se incluya como parte proporcional, donde aplicaremos el proceso explicado para la medición de los restos procedentes de demoliciones.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar, mediante transferencia, la medición de retirada de tierras a vertedero.

Datos conocidos:

- Los datos no corresponden a ninguna realidad.
- Medición origen: 02PMM00001 m³ excavación en pozos. Medida en perfil natural = 150,00 m³.
- Medición origen: 02ZMM00001 m³ excavación en zanjas. Medida en perfil natural = 225,00 m³.
- Medición destino: m³ retirada de tierras a vertedero. Medida en perfil esponjado.
- Las tierras esponjan el 25%.

Solución:

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	n°	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
17. Residuos					CT			
17T. Terrenos								
17TTT00001	m ³ retirada de tierras a vertedero. Medida en perfil esponjado.							
	=02PMM00001..	1,00	150,00		1,25	150,00	468,75	
	=02ZMM00001..	1,00	225,00			225,00		
						375,00	Total	468,75

Comentarios:

- La columna "Dim. Z" se destina al coeficiente CT, que mide el esponjamiento.

RETIRADA DE RESTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA EJECUCIÓN DE NUEVAS UNIDADES DE OBRA

En los procesos de ejecución de nuevas unidades de obra, la generación del residuo puede producirse en varias etapas: transporte, acopio, transporte interior, cortes, roturas o retrocesos, mala ejecución... La medición directa de estas cantidades de residuos es algo difícil de conseguir con éxito; por ello volvemos a proponer métodos indirectos de medición. Modelo de los coeficientes de proporcionalidad, con una ligera adaptación.

$$Q_r = \varphi(Q_m) = Q_m(CR \cdot CT \cdot CC)$$

En este caso siendo:

Q_r = Cantidad de residuos.

Q_m = Cantidad de material que proporciona el residuo.

CR = Coeficiente para medir la parte del elemento básico o auxiliar origen que se convierte en residuo.

CC = Coeficiente para convertir la unidad de medida del elemento básico o auxiliar origen en la unidad de medida de la partida destino.

CT = Coeficiente para transformar el criterio de medición del elemento básico o auxiliar origen en el criterio de medición de la partida destino.

Para su aplicación, necesitamos un "listado de necesidades" donde quedan recogidas las cantidades de los productos básicos y productos auxiliares necesarios en la obra, obteniéndose este de los buenos programas informáticos de ejecución de mediciones y presupuestos de obra.

Aceptado el modelo, el listado de necesidades se convierte en referencia suficiente para determinar la cantidad de productos básicos o auxiliares que se convierte en residuos, mediante la aplicación del porcentaje de pérdidas que corresponde a cada material.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar la medición de la retirada de residuos de áridos.

Datos conocidos:

- Los datos de referencia son los contenidos en el Listado de Necesidades del ejercicio núm. 8.
- La unidad de medida del residuo es el m³.
- El coeficiente de pérdidas que se convierte en residuo es el 1% (las pérdidas globales consideradas habitualmente para determinar la cantidad de componentes en los precios unitarios es del 5%, pero de esos cinco puntos porcentuales sólo uno se convierte en residuo).
- Las arenas y las gravas en estado natural se encuentran esponjadas.

Solución:

$CR = 1\% = 1 / 100 = 0,01$.

$CC = 1,00 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

$CT = 1,00$.

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	nº	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR		CC	CT			
17.	Residuos							
17H.	Hormigones, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, etcétera.							
17HAA00001	m ³ retirada de residuos de áridos a una distancia de 5 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido el volumen esponjado.							
	=AA00200..	0,01	86,15	1,00	1,00		0,86	
	=AA00300..	0,01	1.432,55	1,00	1,00		14,33	
	=AG00400..	0,01	1.016,77	1,00	1,00		10,17	
	=AG00700..	0,01	3.925,00	1,00	1,00		39,25	
	Total						64,61	

Comentarios:

- Como ya se ha comentado anteriormente, lo singular de la adaptación de la transferencia a la medición de residuos de productos básicos es que la cantidad origen no es otra partida del presupuesto, sino un conjunto de elementos del listado de necesidades. Esta posibilidad resuelve definitivamente el problema de la medición de residuos, trasladando el problema a la estimación del coeficiente de pérdidas en relación con las características y el consumo de cada producto.
- En este ejercicio, se produce la circunstancia de que todos los coeficientes de transformación son iguales en todas las transferencias, por lo que es posible simplificar el proceso operativo utilizando, como factor común, el conjunto de coeficientes.

Solución con factor común

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	nº	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR		CC	CT			
17.	Residuos							
17H.	Hormigones, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, etcétera.							
17HAA00001	m ³ retirada de residuos de áridos a una distancia de 5 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido el volumen esponjado.							
	=AA00200..	1,00	86,15	1,00	1,00	86,15	64,60	
	=AA00300..	1,00	1.432,55			1.432,55		
	=AG00400..	1,00	1.016,77			1.016,77		
	=AG00700..	1,00	3.925,00			3.925,00		
		0,01						
						6.460,47	Total	64,60

Comentarios:

- La posibilidad de utilizar el factor común como instrumento es tanto más útil cuanto mayor es el número de líneas de medición a considerar.

MEDICIÓN DE MATERIALES NO INTEGRADOS EN LA UNIDAD DE OBRA

Son materiales que no quedan integrados en la unidad de la obra y que, en algunos casos, suelen tener varios usos. Los porcentajes de uso se aplicarán a los coeficientes, pero el modelo a seguir es idéntico al anterior.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar la medición de la retirada de residuos procedentes de encofrados recuperables de madera.

Datos conocidos:

- Los datos de referencia son los del Listado de Necesidades.

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
C		Cimentaciones y estructuras	
CE		Elementos auxiliares	
CE00100	m	Puntal de madera	530,00
CM		Maderas y elementos de encofrado	
CM00200	m ³	Madera de pino en tabla	22,70
CM00300	m ³	Madera de pino en tablón	35,50

- La unidad de medida del residuo es la t.
- El coeficiente de pérdidas que se convierte en residuo es el 5%.
- Porcentaje de utilidades:
 - Puntales = 100% (la totalidad de los usos se producen en esta obra).
 - Madera en tabla = 50% (la mitad de los usos se producen en esta obra).
 - Madera en tablón = 25% (un cuarto de los usos se producen en esta obra).
- El esponjamiento de la madera en relación con el volumen nominal es el 50%.
- Densidad de la madera = 0,800 t/m³.
- Dimensiones del puntal = Diám. 8 cm.

Solución:

El 5% de toda la madera se convierte en residuo = $5 / 100 = 0,05$.
 $CR_1 = \text{Madera en puntal} = ((1,00 - 0,05) \times 100 / 100) + 0,05 = 1,00$.
 $CR_2 = \text{Madera en tabla} = ((1,00 - 0,05) \times 50 / 100) + 0,05 = 0,53$.
 $CR_3 = \text{Madera en tablón} = ((1,00 - 0,05) \times 25 / 100) + 0,05 = 0,29$.
 $CC_1 = \text{Madera en puntal} = 3,14 \times 0,042 \times 1,00 \times 0,800 = 0,004 \text{ t/m}$.
 $CC_2 = \text{Resto de la madera} = 0,800 \text{ t/m}^3$.
 $CT = \text{El esponjamiento no afecta al resultado porque el residuo se mide en peso} = 1,00$.

IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	ni	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR	CC	CT				
17.	Residuos							
17M.	Maderas, papeles, cartones, plásticos, sintéticos y vidrios.							
17MMM00001	t retirada de residuos de maderas a una distancia de 5 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido el peso en báscula.							
	=CE00100..	1,00	530,00	0,004	1,00		2,12	
	=CM00200..	0,53	22,70	0,80	1,00		9,62	
	=CM00300..	0,29	35,50	0,80	1,00		8,24	
							Total	19,98

Comentarios:

- En este caso, la única dificultad de la aplicación del modelo adaptado es el cálculo de los coeficientes para introducir el efecto de las reutilizaciones.
- Puede representar alguna dificultad en el cálculo de CR que, según los datos, el 5% de toda la madera se convierte en residuo, además del porcentaje por reutilización en la propia obra, que se aplica al 95% restante.

RETIRADA DE RESTOS DE ENVASES UTILIZADOS EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES

Cada vez es más frecuente que los materiales lleguen envasados, con la intención de los fabricantes de reducir riesgos para disminuir costes. Como consecuencia de esto, hay que someter a cuantificación los restos generados por la utilización de materiales envasados en procesos de ejecución de obra. Para ello, aplicaremos métodos indirectos de transferencia de medición como procedimiento más conveniente.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar la medición de la retirada de residuos procedentes de no retornables de papel o cartón.

Datos conocidos:

- Los datos de referencia se contienen en el Listado de Necesidades.

LISTADO DE NECESIDADES DE PRODUCTOS BÁSICOS

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
G		Aglomerantes y morteros	
GC		Cementos	
GC00100	t	Cementos blanco en sacos	25,00
GK			
GK00100	t	Cal aérea apagada en polvo en sacos	9,50
GY			
GY00100	t	Yeso blanco YF en sacos	51,00
GY00200	t	Yeso negro YG en sacos	205,00
R		Revestimientos	
RA		Azulejos	
RA00200	m ²	Azulejo blanco de 15 x 15 cm	2.500,00

- La unidad de medida del residuo es el kg.
- Todos los envases se convierten en residuo.
- Los aglomerantes se suministran en sacos de papel para 50,00 kg.
- El saco de papel para 50,00 kg pesa 0,20 kg/u.
- Los azulejos se suministran en cajas de cartón para 1,00 m².
- Densidad del papel y del cartón = 1.000,00 kg/m³.
- Dimensión de la caja de azulejos = 15 x 15 x 40 cm.
- Espesor del cartón = 0,5 mm.

Solución:

$CR = \text{En todos los casos} = 100 / 100 = 1,00$.
 $CC_1 = \text{Papel en sacos para 50 kg} = (1.000 / 50) \times 0,20 = 4,00 \text{ kg/t}$.
 $CC_2 = \text{Cartón en cajas para 1,00 m}^2 = ((4 \times 0,15 \times 0,15) + (4 \times 0,15 \times 0,40)) \times 0,0005 \times 1.000,00 = 0,17 \text{ kg/m}^2$.
 $CT = \text{El esponjamiento no afecta al resultado porque el residuo se mide en peso}$.

IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	ni	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR	CC	CT				
17.	Residuos							
17M.	Maderas, papeles, cartones, plásticos, sintéticos y vidrios.							
17MMM00001	kg retirada de residuos papel y cartón a una distancia de 5 km, incluso carga con medios manuales. Medido el peso en báscula.							
	=GC00100..	1,00	25,00	4,00			100,00	
	=GK00100..	1,00	9,50	4,00			38,00	
	=GY00100..	1,00	51,00	4,00			204,00	
	=GY00200..	1,00	205,00	4,00			820,00	
	=RA00200..	1,00	2.500,00	0,17			425,00	
							Total	1.587,00

Comentarios:

- También en este caso, la posible dificultad de la aplicación del modelo adaptado sólo afecta al cálculo de los coeficientes.
- La medición se resuelve usando la tonelada como unidad de medida.

Solución:

$CC_1 = \text{Papel en sacos para } 50 \text{ kg} = (1.000 / 50) \times 0,20 = 4,00 \text{ kg/t.}$
 $CC_2 = \text{Cartón en cajas para } 1,00 \text{ m}^2 = ((4 \times 0,15 \times 0,15) + (4 \times 0,15 \times 0,40)) \times 0,0005 \times 1.000,00 = 0,17 \text{ kg/m}^2.$
 $CC_3 = \text{Transformación de t en kg} = 1,00 / 1.000 = 0,001 \text{ t/kg.}$

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	ni	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR		CC	CT			
17. Residuos								
17M. Maderas, papeles, cartones, plásticos, sintéticos y vidrios.								
17MMM00001 kg retirada de residuos papel y cartón a una distancia de 5 km, incluso carga con medios manuales. Medido el peso en báscula.								
=GC00100..	1,00	25,00	4,00			100,00		
=GK00100..	1,00	9,50	4,00			38,00		
=GY00100..	1,00	51,00	4,00			204,00		
=GY00200..	1,00	205,00	4,00			820,00		
=RA00200..	1,00	2.500,00	0,17			425,00		
			0,001			1.587,00	1,59	
							Total	1,59

TRANSPORTE DE RESIDUOS EN EL INTERIOR

En el capítulo se ha planteado la retirada del acopio hasta el almacén, depósito o vertedero exterior. El proceso de producción de residuos siempre los sitúa en el lugar donde se generan. Por ello, el transporte interior en la obra para depositar el residuo en los lugares de acopio, por clases y previa separación para optimizar costes exteriores, hay que afrontarlo económicamente. Así, se plantea hacer una transferencia de medición donde las partidas origen sean cada una de las retiradas de residuos al exterior, pues los residuos que se generan en el interior son los que hay que retirar.

Ejemplo:

Objetivo: Desarrollar la medición del transporte interior de residuos hasta el lugar de acopio en la obra.

Datos conocidos:

- Los datos de referencia están en la siguiente relación de partidas.

Medición origen: Relación de partidas con transporte interior

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
17AHA00001	t	Retirada de residuos de acero. Medido el peso en báscula.	4,01
17HAA00001	m³	Retirada de residuos de áridos. Medido el volumen esponjado.	35,33
17HAP00001	m³	Retirada de residuos de albero. Medido el volumen esponjado.	5,80
17HCW00001	m³	Retirada de residuos cerámicos. Medido el volumen esponjado.	43,17
17HHC00001	m³	Retirada de residuos de cemento. Medido el volumen esponjado.	0,24
17HHH00001	m³	Retirada de residuos de hormigón. Medido el volumen esponjado.	137,00
17HWM00001	m³	Retirada de residuos mezclados. Medido el volumen esponjado.	139,23
17MMM00001	t	Retirada de residuos de maderas. Medido el volumen esponjado.	94,15
17MMP00001	kg	Retirada de residuos de plásticos y sintéticos. Medido el peso en báscula.	2.165,27

- La unidad de medida del residuo es la t.
- Las densidades de los restantes residuos son las siguientes:

17HAA00001	m³	Residuos de áridos	= 1,80
17HAP00001	m³	Residuos de albero	= 1,80
17HCW00001	m³	Residuos cerámicos	= 1,50
17HHC00001	m³	Residuos de cemento	= 1,80
17HHH00001	m³	Residuos de hormigón	= 1,80
17HWM00001	m³	Residuos mezclados	= 1,65

Solución:

CR = EN TODOS LOS CASOS = 100 / 100 = 1,00.

CC¹	t	Residuos de acero	= 1,00
CC²	m³	Residuos de áridos	= 1,80
CC³	m³	Residuos de albero	= 1,80
CC⁴	m³	Residuos cerámicos	= 1,50
CC⁵	m³	Residuos de cemento	= 1,80
CC⁶	m³	Residuos de hormigón	= 1,80
CC⁷	m³	Residuos mezclados	= 1,65
CC⁸	t	Residuos de maderas	= 1,00
CC⁹	kg	Residuos de plásticos y sintéticos	= 0,001

MEDICIÓN								
IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES			RESULTADOS			
Código	Localización	ni	Dim. X	Dim. Y	Dim. Z	Auxiliar	Parcial	Total
		CR		CC	CT			
17. Residuos								
17W. Varios								
17WWW00001 t de transporte interior de residuos diversos hasta el acopio clasificado, situado a una distancia media de 50 m, incluso carga con medios manuales. Medido el peso en báscula.								
=17AHA00001..	1,00	4,01	1,00			4,01		
=17HAA00001..	1,00	35,33	1,80			63,59		
=17HAP00001..	1,00	5,80	1,80			10,44		
=17HCW00001..	1,00	43,17	1,50			64,76		
=17HHC00001..	1,00	0,24	1,80			0,43		
=17HHH00001..	1,00	137,00	1,80			246,6		
=17HWM00001..	1,00	139,23	1,65			229,73		
=17MMM00001..	1,00	94,15	1,00			94,15		
=17MMP00001..	1,00	2.165,27	0,001			2,17		
							Total	715,88

Comentarios:

- La aplicación del modelo no tiene ninguna singularidad.

CONCLUSIÓN

Ni la estructura formal ni la elaboración del presupuesto requieren mecanismos de adaptación, por lo que su desarrollo debe seguir las pautas marcadas para el modelo de referencia.

Al explicar los mecanismos de adaptación de la medición se ha puesto énfasis en demostrar que, en la etapa de proyecto, la mejor forma de realizar la medición de las partidas dedicadas a la retirada de residuos es con métodos indirectos. La transferencia de medición es una herramienta excepcionalmente útil. Para las transferencias se pueden usar mediciones de otras partidas del presupuesto o elementos del listado de productos básicos y auxiliares. Así, como paso previo a la elaboración del presupuesto del capítulo dedicado a los residuos, es necesario haber realizado la medición, el cuadro de precios unitarios descompuestos y el presupuesto de los restantes capítulos que componen la obra.