

SELECCIÓN DE INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN EN OBRAS DE EDIFICACIÓN

Ing. Pablo Orihuela¹ e Ing. Karem Ulloa ²

Motiva S.A.

1. INTRODUCCIÓN

El mercado actualmente ofrece a las empresas constructoras una variedad de insumos lo cual da una enorme ventaja a las empresas ya que pueden contar con una amplia gama de alternativas. Sin embargo, esto hace que el proceso de toma de decisiones para la definición y selección de los insumos sea más complejo porque la selección no sólo debería basarse en el precio sino también en otros criterios cualitativos que pueden afectar la decisión final.

Por tal motivo, se presenta una metodología que ayuda a la toma de decisiones mediante una evaluación y selección de insumos basados tanto en criterios cuantitativos (costos) como cualitativos. Adicionalmente se resalta la importancia de definir los insumos antes de las fases de diseño y planificación de tal manera que se eviten los reprocesos y retrabajos durante la construcción.

2. LA LOGÍSTICA Y LA SELECCIÓN DE INSUMOS EN LA CONSTRUCCIÓN

La logística es un proceso multidisciplinario aplicado a una determinada obra para garantizar el suministro, almacenamiento y distribución de los recursos en los frentes de trabajo; asimismo se encarga de la estimación de las cantidades de los recursos a usar y de la gestión de los flujos físicos de producción. Este proceso se logra mediante las actividades de planificación,

¹ Gerente General Motiva S.A., porihuela@motiva.com.pe

² Ingeniera de Producción Motiva S.A., kulloa@motiva.com.pe

ejecución y control que tienen como apoyo principal el flujo de información antes y durante el proceso de producción (Adaptado de Cardoso y Silva, 1998).

Cardoso (1996) propone una subdivisión de la logística aplicable a la construcción:

- **Logística Externa (de abastecimiento):** se encarga de proveer materiales, equipos y personal necesario para la producción de las edificaciones. Entre las actividades que agrupa están: planeamiento y procesamiento de adquisiciones; calificación, selección y adquisición de insumos; transporte de insumos hasta la obra y pago a los proveedores.
- **Logística Interna (de obra):** se encarga de los flujos físicos y de las informaciones necesarias para la ejecución de los procesos constructivos, es decir se tiene como actividades el almacenamiento, transporte, manipulación y control de los insumos.

De lo anterior se infiere que la logística externa es la encargada de llevar a cabo la toma de decisiones para la definición de los insumos a usar, siendo una de las actividades más importantes porque ésta determinará los insumos que afectarán el costo, tiempo y alcance del proyecto.

3. HERRAMIENTAS PARA LA SELECCIÓN DE INSUMOS

De la revisión literaria se ha encontrado dos enfoques que plantean técnicas y herramientas que ayudan a la selección de insumos en la construcción.

3.1 Lean Construction (LC):

El Lean Construction tiene como principal objetivo maximizar el valor que se le da al cliente, eliminando los desperdicios que se generan en los proyectos. El Instituto del Lean Construction propone el Lean Project Delivery

System (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos Lean. Éste es un modelo que divide al proyecto en cinco fases: Definición del Proyecto, Diseño Lean, Abastecimiento Lean, Ensamblaje Lean y Uso.

El concepto de **logística** se menciona dentro de la fase de Abastecimiento Lean y su enfoque implica eliminar los desperdicios en la adquisición, distribución, almacenamiento, movimiento e inspección de los bienes, servicios e informaciones. De la revisión de técnicas y herramientas, que tienen relación con la evaluación de alternativas, se ha encontrado el “Concepto del Costo Total” que señala que el costo de un producto no sólo es igual al precio de venta sino que se deben considerar otros costos indirectos (transporte, mantenimiento, almacenamiento, etc).

3.2 Project Management Institute (PMI):

El PMI a través de su guía “Project Management Body of Knowledge” (PMBOK) sugiere los procesos, las áreas de conocimientos, las técnicas y las herramientas que se deben tener en cuenta para gerenciar un proyecto.

Una de las áreas de conocimiento es la denominada **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto** que incluye: planificación de las compras y adquisiciones, planificación de la contratación, selección de vendedores, administración y cierre de los contratos. Las técnicas y herramientas relacionadas con la evaluación de alternativas son: análisis de fabricación directa o compra, sistemas de ponderación de criterios cualitativos y sistema de calificación de vendedores.

La metodología que se propone, en este estudio, integra y desarrolla las técnicas y herramientas de ambos enfoques; asimismo, las complementa usando otras técnicas propuestas por la Teoría de Decisiones.

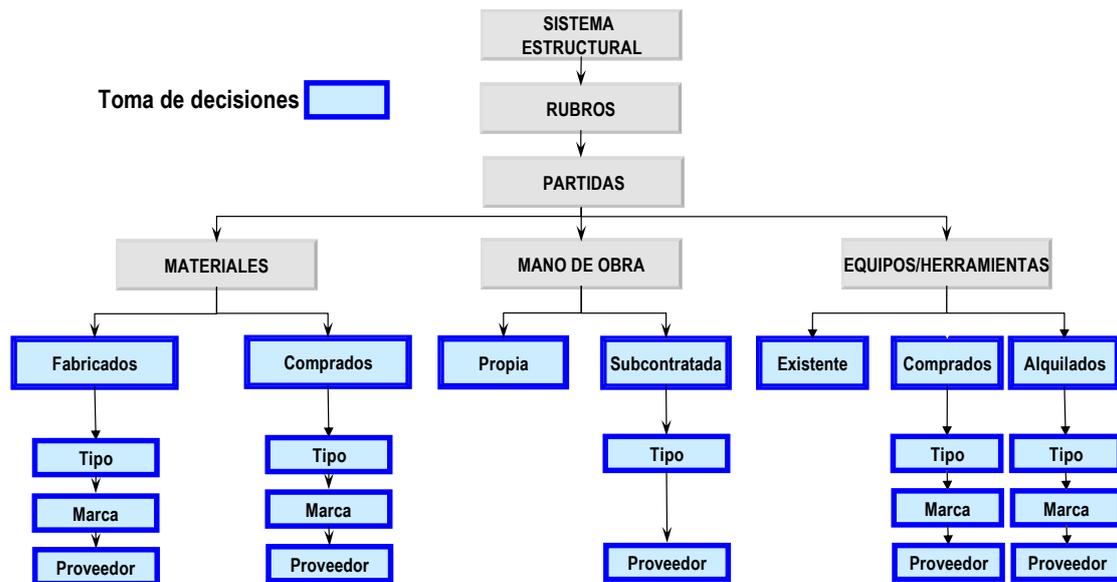
Antes de pasar a explicar la metodología propuesta es necesario entender que tipo de decisiones se deben tomar para definir el abastecimiento de los insumos y en qué fases de un proyecto es recomendable hacerlas.

4. MOMENTOS PARA LA SELECCIÓN DE INSUMOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Para desarrollar un proyecto de construcción se necesitan de los tres recursos básicos, es decir materiales, mano de obra, equipos y herramientas que deben combinarse para realizar los diferentes procedimientos constructivos. Estos recursos están compuestos por insumos que al unirse definen los costos unitarios de cada partida del presupuesto y por lo tanto el costo de directo de un proyecto.

Por lo tanto, una adecuada evaluación y selección de insumos es muy importante debido a que si se hace de manera correcta y anticipada evitará que durante la fase de construcción se generen mayores costos que los presupuestados.

El proceso de selección de los insumos implica que se resuelvan una serie de interrogantes que van desde la identificación del insumo, el origen, el tipo, la marca y el proveedor. Cuando se habla de origen del insumo se hace referencia a si los materiales se fabricarán en obra o comprarán, si la mano de obra será propia o subcontratada y si los equipos serán comprados o alquilados. El siguiente esquema resume los puntos donde se deben tomar decisiones para los tres tipos de recursos.



La selección de insumos se puede realizar en tres etapas del proyecto, la primera corresponde al abastecimiento antes del diseño, la segunda durante la planificación y la última durante la construcción.

En la fase del diseño se deben definir aquellos insumos que afectarán a los planos. Esto implica definir los insumos que proporcionan información necesaria para el diseño de algunos elementos estructurales, principalmente se debe decidir sobre el tipo de muros, el tipo de losas de techo, el tipo de acero, el tipo de sistema de alimentación de agua, etc.

En el siguiente gráfico se muestra como la decisión de un tipo de ladrillo para los muros de tabiquería puede afectar considerablemente al diseño:

LADRILLOS

TABIQUE	INSUMO		3 sótanos+10 pisos 	PESO	
		PESO (KG/M2)			(TON)
	Ladrillo Arcilla Tubular 	49.5		165	
	Ladrillo Arcilla Hueco 	128		429	
	Ladrillo Sílico Calcáreo 	140		470	
	Ladrillo Concreto 	179		602	
			Tabiques=3,354 m2		

En este gráfico se presentan algunas alternativas de tipos de ladrillos que se pueden usar en los muros de tabiquería y sus pesos por m²; se puede apreciar que el peso que estos pueden agregar a un edificio de 10 pisos varían desde 165 ton hasta 602 ton. Este peso tendrá una fuerte influencia en el comportamiento sísmico del edificio y por lo tanto es fundamental considerar el tipo de ladrillo a usar antes del diseño estructural.

En la fase de planificación se debe decidir sobre los tres tipos de recursos (materiales, mano de obra y equipos) que determinarán el presupuesto del proyecto y que en algunos casos darán parámetros para la programación de la obra.

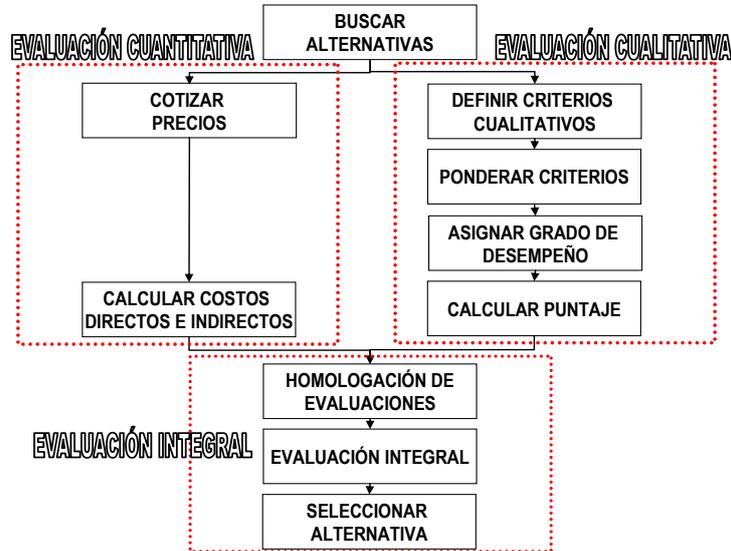
En la fase de construcción, lo ideal es que la mayoría de los recursos estén definidos; sin embargo, muchas veces en la práctica hay que factores externos como la falta de stock o la subida de precios que obligan al cambio de los insumos.

5. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DE INSUMOS

La metodología propuesta, en este estudio, se basa en las técnicas y herramientas encontradas en la literatura que han sido complementadas con otros conceptos presentados en la Teoría de Decisiones.

Esta metodología tiene como objetivo el ofrecer un procedimiento que permita evaluar y seleccionar insumos usando tanto criterios cuantitativos (costos) como cualitativos. Esto permitirá que se deje de lado la práctica de seleccionar alternativas basándose únicamente en el menor precio o en intuiciones. A continuación se presenta un esquema con los pasos que conforman la metodología propuesta:

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE INSUMOS



Para entender mejor el procedimiento lo desarrollaremos a través de un ejemplo en el cual se explicarán todas los pasos que integran la metodología. Este ejemplo consistirá en definir la forma de trabajo de acero a usar en una obra de edificación.

5.1 BUSCAR ALTERNATIVAS:

Este paso consiste en investigar los diferentes productos o servicios que nos ofrece el mercado. La información necesaria se puede encontrar generalmente en páginas Web, catálogos, revistas especializadas, ferias de construcción o contactándose directamente con los mismos proveedores.

Las alternativas obtenidas para este ejemplo son: Acero Pre-Habilitado y el Acero Habilitado en Obra.



5.2 EVALUACIÓN CUANTITATIVA:

- **Cotizar precios:**

Se refiere a solicitar a los proveedores los precios de las alternativas a evaluar.

Los precios obtenidos para las alternativas son: S/. 3.76 para el acero pre-habilitado y S/. 3.38 para acero en varillas de 9 m.

- **Calcular costos directos e indirectos:**

Implica analizar los costos directos e indirectos que pueda tener la alternativa.

Para el ejemplo se ha hecho un análisis a nivel de costo unitario, es decir se ha considerado 7% de desperdicio para el acero habilitado y los costos de los subcontratos de mano de obra. Los costos obtenidos son: S/.4.21xkg para acero pre-habilitado y S/. 4.27 xkg para acero en varillas.

		ALTERNATIVAS	
		Acero Pre-Habilitado	Acero Habilitado en Obra
			
COSTOS (S/.xkg)	Materia	3.76	3.38
	Desperd.	0.00	0.24
	Mano de Obra	0.45	0.65
	Total	4.21	4.27

5.3 EVALUACIÓN CUALITATIVA

- **Identificar y seleccionar criterios cualitativos:**

Consiste en elegir que criterios adicionales a los costos de compra que se van a usar para evaluar las alternativas.

Los criterios seleccionados para el ejemplo son: calidad del doblado, espacio disponible para almacenamiento, control del uso y tiempo de entrega.

- **Ponderar criterios:**

Consiste en valorar la importancia relativa que tiene cada criterio para la persona encargada de la decisión. Para esta parte se hace uso de la Teoría de Decisiones, que analiza y estudia los procesos para tomar decisiones. Esta teoría presenta diferentes metodologías tales como: Análisis Jerárquico (AHP), Matriz de Pares, y Ponderación Lineal o Scoring; para este artículo se ha trabajado con la última metodología.

Esta metodología permite asignar directamente la importancia para cada criterio usando una escala que va de menor a mayor importancia. Una vez asignado el nivel de importancia a cada criterio, se calculan los pesos dividiendo el nivel asignado para cada criterio entre la suma de todos los niveles.

- **Asignar grado de desempeño:**

Consiste en establecer una escala de desempeño a la que se asigna una escala numérica. Una vez asignada la escala numérica se calculan los pesos.

- **Calcular el puntaje:**

Consiste en calcular el puntaje de cada alternativa que puede ser por ejemplo: malo, regular y bueno; luego se le asigna el grado de desempeño para cada alternativa con respecto a cada criterio.

ESCALA IMPORTANCIA		ALTERNATIVAS				
1	2	3	4	5	Acero Pre-Habilitado	Acero Habilitado en Obra
Menor → Mayor						
ESCALA DESEMPEÑO						
Malo	Regular	Bueno				
1	2	3				
COSTOS (\$/xkg)						
	Material	3.76	3.38			
	Desperd.	0.00	0.24			
	Mano de obra	0.45	0.65			
	Total	4.21	4.27			
CRITERIOS	IMP.	PESO	DESEMPEÑO	DESEMPEÑO		
Calidad del doblado	3	0.27	Bueno (3)	Regular (2)		
Espacio para almac.	2	0.18	Regular (2)	Regular (2)		
Control del material	2	0.18	Bueno (3)	Malo (1)		
Tiempo de entrega	4	0.36	Regular (2)	Bueno (3)		
	11	1.00	2.43	2.16		

5.4 EVALUACIÓN INTEGRAL

- Homologación de evaluaciones:**

Los resultados obtenidos en las evaluaciones cuantitativa y cualitativa están en unidades diferentes, el primero está expresado en moneda y el segundo en puntaje. Por lo tanto se homologarán para tenerlos en las mismas magnitudes.

Para pasar los costos a puntajes se usará la propuesta de Shapira y Goldenberg (2005) que consiste en normalizar inversamente los costos. Por otro lado, los resultados de la evaluación cualitativa se normalizaran pero de manera directa.

	ACERO PRE -HABILITADO	ACERO HABILITADO
EVALUACION CUANTITATIVA	Normal = $\frac{1/4.21}{1/4.21+1/4.27} = 0.50$	Normal = $\frac{1/4.27}{1/4.21+1/4.27} = 0.49$
EVALUACION CUALITATIVA	Normal = $\frac{2.43}{2.43+2.16} = 0.52$	Normal = $\frac{2.16}{2.43+2.16} = 0.47$

- Evaluación Integral:**

Este es el último paso que nos determinará que alternativa es la más conveniente y simplemente consiste en sumar los puntajes de la evaluación

cuantitativa y el puntaje homologado de la evaluación cuantitativa. La alternativa con el mayor puntaje es la se que se deberá escoger.

		ALTERNATIVAS	
		Acero Pre-Habilitado	Acero Habilitado en Obra
ESCALA IMPORTANCIA 1 2 3 4 5 Menor → Mayor			
ESCALA DESEMPEÑO Malo Regular Bueno 1 2 3			
COSTOS (\$/xkg)	Material	3.76	3.38
	Desperd.	0.00	0.24
	Mano de obra	0.45	0.65
	Total	4.21	4.27
		0.50	0.49
CRITERIOS	IMP.	PESO	DESEMPEÑO
Calidad del doblado	3	0.27	Bueno (3)
Espacio para almac.	2	0.18	Regular (2)
Control del material	2	0.18	Bueno (3)
Tiempo de entrega	4	0.36	Regular (2)
	11	1.00	
		2.43	2.16
		0.52	0.47
EVALUACIÓN INTEGRAL		1.02	0.97

- **Selección de la alternativa:**

Después de realizar las sumas de puntajes se obtiene que la mejor alternativa para es el Acero Pre-Habilitado con un puntaje de 1.02.

6. CONCLUSIONES

- El proceso de toma de decisiones es hecho constantemente durante el ejercicio profesional de ingenieros civiles y arquitectos; sin embargo muchas veces se hace sin un procedimiento formal siguiendo únicamente intuiciones o basándose sólo en costos que a la larga pueden generar problemas durante la construcción.
- La metodología propuesta es un procedimiento formal que ayuda a elegir entre varias alternativas ofreciendo dos importantes ventajas: en primer lugar permite evaluar las alternativas usando criterios cualitativos; y en segundo lugar integra los resultados de las evaluaciones cualitativas y

cuantitativas en una evaluación final.

- La metodología propuesta además puede ser utilizado como un documento de sustento técnico para justificar las decisiones hechas, el cual puede ser revisado y corregido para enmendar una decisión mal tomada.
- El uso de esta metodología en las etapas de diseño y planificación ayudará a evitar decisiones de último momento que generen reprocesos y mayores costos para el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

- ARBULU, Roberto; BALLARD, Glenn. *Lean Supply System in Construction*. Conferencia Intenacional Group for lean construction. Copenhagen, Dinamarca,2004.
- BALLARD, Glenn. *The Lean Project Delivery System: An Update*. Lean Construction Journal, 2008.
- CARDOSO, Franciso. *Importance dos estudos de preparação e da logística na organização dos sistema de produção de edifícios: alguns aprendizados a partir da experiência francesa*. Seminario Lean Construction, Sao Paulo, 1996.
- GREGORY, Norris; HAROLD, Marshall. *Multiattribute Decision Analysis Method for Evaluating Buildings and Buildings Systems*.
- MOSSMAN, Alan. *Lean Logistics: Helping to create value by bringing people, information, plan and equipment and materials together at the workforce*. Conferencia Intenacional Group for lean construction. Michigan, EE.UU,2007.
- SILVA, Fred B.; CARDOSO, Francisco. *A Importância da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios*. VII Encuentro Nacional de Tecnologia en Construcción, 1998.

- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *“Una Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos – PMBOK GUIDE”*. Newtown Square, Pennsylvania. EUA, 2003.
- ROCHE, Hugo; CONSTANTINO, Viejo. *Análisis Multicriterio en la Toma de Decisiones*, 2005.