

La administración de los materiales en la construcción

Solís Carcaño, R.¹, Zaragoza Grifé, N.² y González Fajardo, A.³

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2009 - Fecha de aceptación: 14 de diciembre de 2009

RESUMEN

La actividad de construir consiste en utilizar el trabajo del ser humano y de las máquinas para transformar materiales en obras de ingeniería y de arquitectura. La administración de los materiales incluye los procesos de planeación, negociación, pedido, recepción, almacenamiento, uso, resurtido, pago y control. Esta diversidad de procesos, la gran variedad de materiales, la información que se genera y la participación de muchas empresas ajenas a la constructora, hace que la administración de los materiales sea compleja, por lo que es importante comprender el fenómeno y contar con procedimientos sistematizados. El objetivo del presente escrito es proporcionar una guía para la ejecución de los procesos necesarios para la administración de los materiales en la construcción.

Palabras clave: construcción, administración, recursos, materiales.

Construction materials management

ABSTRACT

The construction industry involves both the effort of the human being and machines to transform materials into architecture and engineering works. Materials management includes the following processes: planning, supplying, negotiation, ordering, reception, storage, use, resupplying, payment and cost control. This diversity of management processes, the great variety of materials, the amount of information generated during management, and participation of third party companies in these processes, causes materials management to be very complex. This is the reason why it is important to understand the phenomenon and to have systematized processes. The purpose of this paper is to provide a guide for the execution of the necessary processes for the construction materials management.

Key words: construction, management, resources, materials.

¹ Profesor del C. A. Ingeniería de la Construcción de la Fac. de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (e-mail: tulich@uady.mx).

² Profesor del C. A. Ingeniería de la Construcción de la Fac. de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (e-mail: zgrife72@uady.mx).

³ Profesor del C. A. Ingeniería de la Construcción de la Fac. de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (e-mail: jagonz@uady.mx).

INTRODUCCIÓN

La actividad de construir consiste en transformar e integrar materias primas y principalmente productos semimanufacturados en un bien tangible, que en forma genérica podría denominarse como obra de ingeniería y/o arquitectura. La transformación se realiza por medio de una serie de operaciones relativamente complejas, por lo cual la actividad constituye una industria (Quintal *et al.* 2008).

Una de las principales fuentes de complejidad de la actividad de construir proviene del hecho de que se utilizan muchos tipos de recursos, y además éstos son usados en cantidades relativamente grandes; de ahí que sea una necesidad que las empresas dedicadas a la construcción cuenten con sistemas cuyo objetivo sea administrar adecuadamente los recursos utilizados (Serpell y Alarcón 2003). Después de definir los procedimientos administrativos el siguiente paso es la utilización de tecnologías de información, como el *intercambio electrónico de datos* (EDI por sus siglas en inglés) que fue propuesto por Peat (2002) para mejorar la cadena de suministros en la construcción.

Para la administración de cada uno de los recursos utilizados en la construcción se realizan un conjunto de procesos que inician con la elaboración del plan de ejecución (Duncan 2000); continúan con las acciones necesarias para poder disponer de los recursos en la obra en forma expedita; y concluyen con su utilización y pago. Durante todos estos procesos, especialmente los dos últimos, se ejerce otro proceso denominado control. El objetivo del presente escrito es proporcionar una guía para la ejecución de los procesos necesarios para la administración de los materiales en la construcción.

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La ejecución exitosa de un proyecto de construcción requiere que todos los recursos sean administrados de manera efectiva, pero especialmente los materiales ya que constituyen la mayor parte, tanto en cantidad como en costo, de los recursos que se utilizan. Según Domínguez (1993), el 54.51% del total de los costos directos en obras de edificación de tamaño medio y pequeño, corresponden a los materiales; de aquí que la utilidad de una empresa constructora está determinada en gran medida por la efectividad con la que se administran estos recursos (González y Tirado, 1998).

Los materiales se caracterizan porque son recursos susceptibles de ser almacenados; son en su mayoría imperecederos; ocupan espacios relativamente grandes dentro de la construcción; y pueden ser consumidos en forma no uniforme y/o discontinua.

Son difíciles de administrar debido a que participan muchas empresas ajenas a la que construye, tales como fabricantes, distribuidores y transportistas. También, su administración requiere de la repetición constante de los procesos, ya que su gestión está sujeta a restricciones de carácter financiero y de almacenamiento, así como intermitencia y dispersión en su utilización.

PROCESOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES

La administración de los materiales se inicia en la etapa de planeación en la cual se elaboran los programas de utilización de cada uno de ellos. En un estudio realizado en el sureste de México (Alcudia, 2002) se reportó que el 67% de las empresas manifestaron que elaboraban sus programas de utilización de materiales antes del inicio de la ejecución de la obra; sin embargo en el mismo estudio se pudo inferir que el 71 % de las empresas no analizaban a detalle los procesos constructivos para obtener esos programas, por lo que se podría esperar que en la mayoría de los casos la administración de los materiales haya sido deficiente.

Para el caso específico de los materiales, los procesos administrativos se pueden definir en las siguientes fases: la planeación, la negociación, el pedido, la recepción, el almacenamiento, el uso, el resurtido, el pago y el control.

LA PLANEACIÓN

Esta primera fase tiene su fundamento en el proyecto (basado en las necesidades de los inversionistas o usuarios), el contrato de obra, los procedimientos constructivos seleccionados, el programa de obra, el presupuesto de obra y el contexto particular en el cual se ejecutará el proyecto.

Inicia con la identificación de cada uno de los materiales que son necesarios para la construcción del proyecto, así como la cuantificación de la cantidad necesaria de cada uno, incluyendo las mermas o desperdicios.

Después, es muy importante distribuir los recursos de los conceptos de costo del presupuesto de obra en las actividades del programa. La definición de los conceptos de costo del presupuesto en el esquema de precios unitarios difiere en muchas ocasiones de la definición de las actividades del programa; sin embargo la misma cantidad y costo de los materiales del presupuesto tienen que ser distribuidos entre las actividades. Para este paso se puede hacer uso de las tecnologías actuales, como ejemplo González *et al.*

(2008) proponen el uso de una hoja electrónica que integra los recursos presupuestados con el tiempo programado; a esta hoja electrónica le denominan *hoja electrónica de integración de insumos y avances programados* (HEIAP).

El programa de necesidades o de suministro de materiales es una derivación del programa de utilización, y muestra las fechas en que se deben recibir los materiales en el sitio de construcción para su utilización o transformación; representa una simplificación del programa de utilización, ya que no es factible recibir materiales todos los días, por lo que se consideran solicitudes por lotes de materiales que deben estar en la obra al inicio de un período específico.

El siguiente proceso consiste en definir el catálogo de cuentas de costo, que representa una codificación de las partes del proyecto hasta llegar a los recursos específicos y que permitirá llevar el control del proyecto en forma ordenada y congruente. Los patrones de comparación para el control de costos se obtienen calculando los presupuestos de control para cada una de las cuentas definidas. La cantidad y el costo unitario de cada recurso de cada actividad será la información básica para el *presupuesto de control* de cada cuenta.

Los programas de materiales y el catálogo de cuentas con sus presupuestos de control deben ser comunicados a las partes involucradas de la empresa constructora, tales como a la *Gerencia o Superintendencia de Obra* y al *Departamento de Adquisiciones o Compras*. Acciones de comunicación, divulgación o información al interior de la empresa son siempre importantes e indispensables para una administración eficientemente.

Una vez definida la forma de administrar y controlar los insumos, en la última parte de la fase de planeación se recomienda diseñar la logística para la distribución de materiales en el sitio de construcción, en función de las características físicas del terreno y la forma de ejecución de los trabajos. Mediante este diseño se define la ubicación, el número y la capacidad de los almacenes de la obra. Además, se deberá establecer la estructura organizacional para llevar a cabo la distribución de los materiales a los centros específicos de consumo. Adicionalmente, se debe desarrollar una logística de transporte estableciendo las rutas de tránsito más recomendables para llegar a los centros de recepción y consumo de materiales.

LA NEGOCIACIÓN

En esta fase se consideran los factores concernientes a la formalización de los acuerdos con los proveedores de materiales de construcción. La primera parte es la elaboración de las *solicitudes de cotización*, las cuales se envían a los proveedores previamente elegidos, ya sea del *catálogo de proveedores* propio o por medio de una investigación de mercado. La *solicitud de cotización* puede contener una o más familias de materiales dependiendo de las especialidades o tipos que maneje cada proveedor. Para esta parte cuenta mucho la experiencia previa de la empresa la cual genera un nivel de confiabilidad para cada uno de los proveedores.

El proceso continúa con el análisis de las cotizaciones recibidas por parte de los proveedores, que respondieron a la solicitud previa. Para dicho análisis se concentrarán los datos de las cotizaciones en formatos elaborados para tal propósito, ya sea agrupados por familias de materiales o por los artículos que puedan suministrar uno o más proveedores. El resultado de este análisis será la determinación de los proveedores más confiables.

La siguiente parte es llevar a cabo pláticas con los proveedores incluidos en la lista anterior, para elegir las mejores opciones comerciales y discutir con ellos las condiciones de compra, tales como: precio, tiempo de entrega, créditos, términos contractuales y garantías que regirán los suministros de la construcción. Como resultado de lo anterior se realiza la selección definitiva de los proveedores, procediéndose a formalizar los acuerdos a través de contratos para el suministro de materiales (González y Tirado, 1998).

EL PEDIDO

Durante la ejecución, la administración de los materiales se inicia con el *pedido*, el cual tiene como evento inicial la solicitud que hace el área de producción *-residencia de supervisión-* de una cantidad (o lote) de uno o varios materiales; esta solicitud es dirigida al área administrativa y se le denomina usualmente *requisición* en el lenguaje de la construcción. Las *requisiciones* tienen como patrón de tiempo el programa de adquisiciones previamente elaborado, aunque podrá ser ajustado como se explica más adelante.

Cuando el área administrativa recibe una *requisición* de material, un empleado administrativo (*encargado de compras*) revisa que la cantidad del material que ya se ha comprado (en caso de no ser la primera solicitud), más la solicitada, no rebase al *presupuesto de control*. En caso de no rebasarse, el *encargado de compras* elabora una solicitud dirigida a un proveedor

determinado, denominada la *orden de compra*, la cual debe ser autorizada por un *administrador* de mayor rango (*gerente de compras*); y posteriormente, la empresa constructora entrega la *orden de compra* al proveedor seleccionado.

La Figura 1 muestra por medio de un diagrama de secuencia los procesos administrativos que conforman el pedido. Las figuras humanas y las cajas representan

a los actores que intervienen en los procesos; los trazos punteados representan la línea de vida de los actores en la administración del material; los rectángulos (sobre las líneas de vida) representan las intervenciones de los actores en los procesos; las flechas son los mensajes entre los actores; la simbología está basada en la que proponen Gamma et al. 2003.

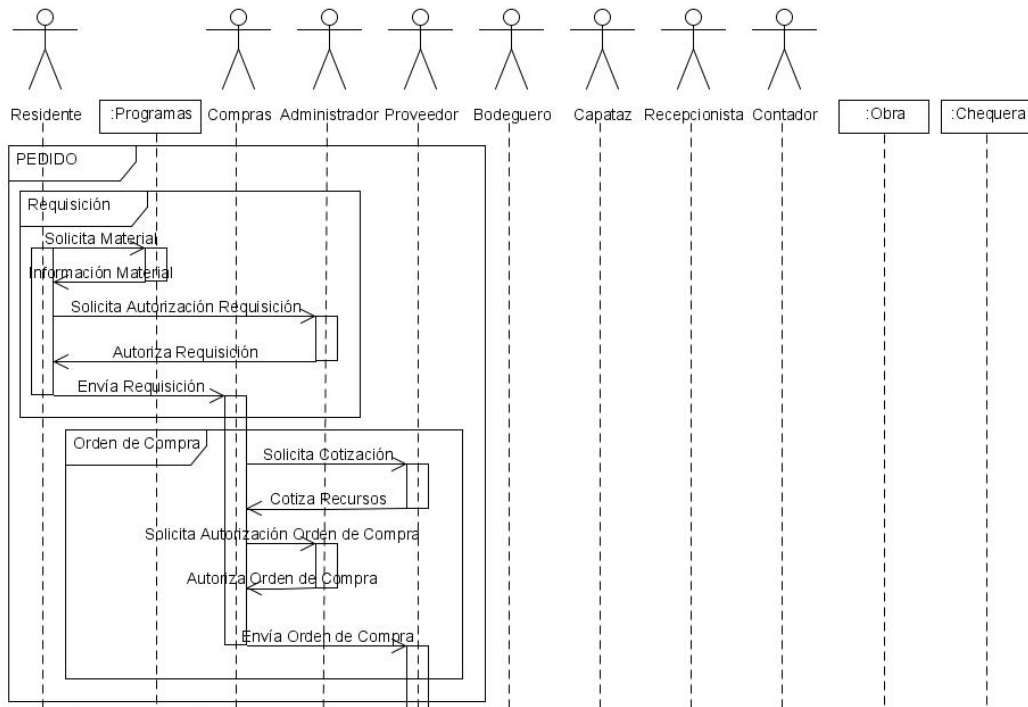


Figura 1. Diagrama del pedido del material (fuente: elaboración propia).

En el caso de que se rebase la cantidad cuantificada en la planeación, es necesario que el solicitante del material justifique el incremento con base en la ejecución de mayores cantidades de trabajo, modificación al proyecto, o bien compruebe que la cantidad cuantificada inicialmente fue errónea. A esta cantidad de material mayor a la planeada suele denominarse *excedente*.

Cuando se solicite un material que no se encuentre en el listado de los que se planearon utilizar, la *requisición* también debe incluir una justificación válida. En estos dos últimos casos mencionados la compra debe ser autorizada como un caso especial por un *administrador* de rango medio o alto.

Para un mayor nivel de información, la *requisición* puede especificar a qué parte de la obra será destinado el material; en este caso el área administrativa podrá comparar las cantidades acumuladas del material que han sido compradas para ser utilizadas en cada parte

específica de la obra, con las que fueron planeadas para cada parte. Las diferentes partes de la obra suelen denominarse las *partidas* de construcción; en algunas ocasiones, si se desea un mayor nivel de información, las partidas pueden subdividirse en otras partes de acuerdo a los criterios que se consideren convenientes.

Desde el momento en que el área de producción elabora la *requisición* hasta que la *orden de compra* es entregada al proveedor transcurre un tiempo t_1 , el cual es una variable aleatoria que depende totalmente de la eficiencia de la empresa constructora. Y desde el momento en que el proveedor recibe la *orden de compra* hasta que el material es entregado en la obra transcurre un tiempo t_2 , el cual es una variable también aleatoria, que depende principalmente de la eficiencia del proveedor, pero a la vez de la interacción entre la empresa constructora y el proveedor. Buscando mejorar esta interacción, Hong-Minh et al. (1999) sugirieron, como una forma de

investigación empírica, intercambiar temporalmente al personal de empresas constructoras y proveedores, buscando obtener la percepción que tiene el interlocutor sobre el fenómeno.

El tiempo t que transcurre entre la *requisición* hasta que material está disponible en la obra para su consumo se denomina el *tiempo de demora* (Nahmias 1999) y puede representarse por medio de la Ecuación 1:

$$t = t_1 + t_2 \quad (1)$$

Algunos materiales pueden no ser de uso común o bien ser especificados durante la ejecución del proyecto; en estos casos la empresa constructora podría no contar con la información necesaria para emitir la orden de compra (¿quién los vende?, ¿cuáles son las condiciones de venta?, etc.). De ahí que en estos casos se requiera añadir al *tiempo de demora* de un tiempo t_3 , para hacer la búsqueda de la información que la empresa constructora no tiene disponible. Para pedidos subsiguientes del mismo material (mientras no cambien las condiciones del mercado) el t_3 tendrá valor nulo y únicamente se considerará el *tiempo de demora* (Ecuación 1).

Para estos materiales de uso no común, o para cualquier material cuya oferta sea temporalmente inestable, es conveniente estimar el t_2 de una manera conservadora, tomando en cuenta la incertidumbre en el plazo de entrega. En el caso en que los materiales se entreguen con un *tiempo de demora* (t) menor al estimado (entrega adelantada), se producirá un mayor nivel en el inventario del material a la fecha de recepción (respecto del planeado); el único inconveniente a esto sería no contar con suficiente espacio para el almacenamiento.

Uno de los puntos más importantes para tener los materiales en la obra en el momento oportuno reside en estimar el *tiempo de demora* (incrementado con t_3 en los casos mencionados) para cada uno de los materiales. Para determinar cuándo se debe hacer la solicitud de un material se parte del dato que se tiene disponible que es la fecha en la cual se inicia la utilización del mismo; a esta fecha se le resta el *tiempo de demora* para obtener la fecha en que se tiene que hacer la *requisición*.

Cuando el proveedor recibe una *orden de compra* procede a programar el envío del material a la obra atendiendo a factores tales como: existencia disponible, número de pedidos programados con anterioridad, modalidad de pago acordado con la empresa constructora, historial de cumplimiento de la empresa de los plazos de pago, valor estimativo de la empresa constructora como cliente, etc.

LA RECEPCIÓN

Una vez que el proveedor sitúa el material en la obra, el empleado de la empresa constructora responsable del almacén procede a verificar sus especificaciones, su integridad y su cantidad. En caso de que el material corresponda con lo que fue solicitado en la *orden de compra*, el responsable del almacén lo recibe del proveedor y le firma la *nota de remisión* que ampara este hecho. A partir de la *nota de remisión* el responsable del almacén elabora un documento que genera un movimiento de almacén denominado *entrada*, y carga el material contablemente al inventario; con este procedimiento el nivel del inventario del material queda actualizado. La Figura 2 presenta el diagrama de secuencia de los procesos para la recepción del material.

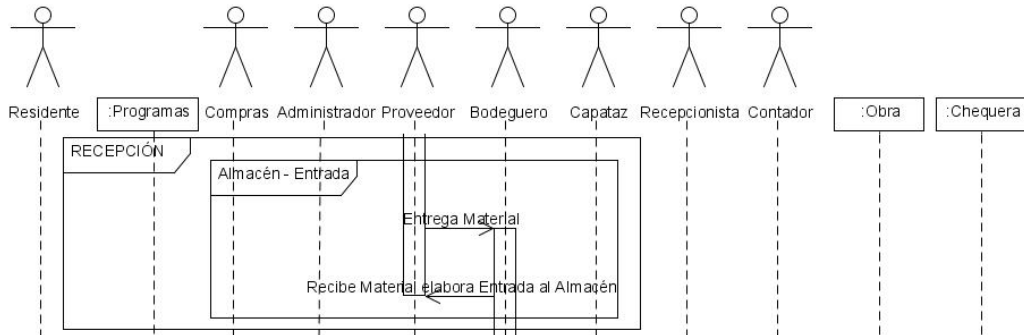


Figura 2. Diagrama de la recepción del material (fuente: elaboración propia).

Cuando el material que el proveedor pretende entregar no cumple con lo especificado o bien no ha

llegado en buen estado a la obra, el responsable del almacén debe rechazarlo y notificar de este caso

anómalo al área de compras de la empresa constructora y al área de producción que lo solicitó; con esta información la empresa constructora hará la negociación pertinente para que el material sea reenviado en el menor tiempo posible y resolver el problema.

Lo más probable es que en este caso el *tiempo de demora* que se haya estimado sea insuficiente para contener dos ciclos de pedido, por lo que para algunos materiales es deseable considerar un tiempo adicional t_4 que considere un lapso en el cual el material permanezca almacenado en obra antes de ser utilizado, a manera de *amortiguador* del sistema. En el caso más general el tiempo T que transcurre entre la *requisición* del material y su utilización puede representarse con la Ecuación 2:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (2)$$

Cabe aclarar que el t_3 puede tomar un valor nulo en los casos en que se cuente con la información suficiente en el momento de hacer la *requisición*. Estos casos podrían ser cuando: la empresa constructora ya posee la información proveniente de proyectos anteriores; no teniendo experiencia previa, el acopio de la información se hace en la fase de planeación del proyecto; o bien, no se trate de la primera solicitud del material para la obra. A las solicitudes subsecuentes se les denomina *resurtido* o *reorden* del material. La Figura 3 muestra gráficamente el modelo representado por la Ecuación 2.

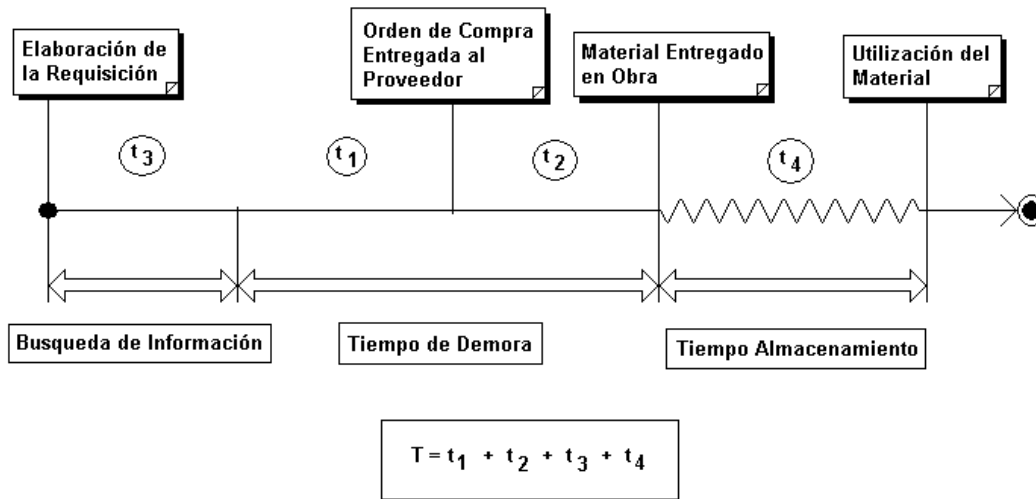


Figura 3. Esquema que representa el tiempo que transcurre entre la requisición y la utilización del material (fuente: elaboración propia).

Cuando la cantidad del material que el proveedor pretende entregar es menor a la que fue solicitada en la *orden de compra*, el responsable del almacén debe recibir el material, salvo que se requiera que todo el material provenga de un mismo lote para minimizar la variabilidad en sus características (como en el caso de materiales utilizados en acabados arquitectónicos). Cuando se reciba una cantidad menor se debe corregir manualmente la nota de remisión (en el caso de que no sea correcta) y notificar a las áreas de compras y producción, para que gestionen el envío de la cantidad faltante. Si una parte del material es rechazada (por no estar en buen estado) y otra parte es recibida, se procede como si fuera una entrega con una cantidad menor a la solicitada.

Cuando la cantidad del material que el proveedor pretende entregar es mayor a la que le fue solicitada

en la *orden de compra*, el responsable del almacén podría recibir únicamente la cantidad amparada en la orden de compra. Sin embargo, la opción más deseable es que consulte con las áreas de producción y administración si la empresa constructora está interesada en recibir la cantidad adicional del material; la decisión será tomada dependiendo de: si la cantidad adicional será necesaria en la obra, la conveniencia financiera, la capacidad de almacenamiento en la obra, el lapso que transcurrirá antes de que el material sea utilizado, la facilidad para conseguir posteriormente el material, etc. En el caso que se decida recibir la cantidad adicional del material, el área de producción realizará el procedimiento administrativo de solicitar esta parte adicional, señalando en la *requisición* que ese material ya ha sido entregado; a su vez el área administrativa emitirá también una *orden de compra*

también especial, señalando al proveedor que el material ya ha sido entregado.

En muchos casos el precio de venta de los materiales no incluye el trabajo de descarga en la obra, por lo que el área de producción tendrá que prever esta situación para contar con los recursos humanos o máquinas necesarios para su descarga y traslado al almacén. A esta modalidad de entrega se le denomina *libre a bordo* (LAB) en la obra; también se podría pactar la entrega de algún material como LAB en el almacén del proveedor, en este caso el transporte a la obra también corre por cuenta de la empresa constructora. Es probable que, por derecho o por *usos* y *costumbres*, en muchas localidades se tenga que contratar a un sindicato de trabajadores de transporte y/o de carga y descarga de materiales para ejecutar estas tareas, aun cuando la empresa constructora pueda realizarlas con sus propios medios.

EL ALMACENAMIENTO

Dependiendo de los diferentes tipos de materiales, éstos podrían requerir de ser almacenados en un espacio cerrado y resguardado (un verdadero almacén), o bien en espacios abiertos estratégicamente seleccionados para minimizar los traslados dentro de la obra; en el lenguaje de la construcción, a estos traslados o cambios de sitio de los materiales dentro de la obra suelen denominarse *acarreo*s.

Los materiales que se almacenan en espacios cerrados son aquellos que reaccionan al contacto con la atmósfera, tienen tamaños pequeños o son costosos. Los materiales que se almacenan en espacios abiertos son aquellos relativamente inertes, que ocupan gran espacio, o son entregados a granel. En todos los casos el material debe ser vigilado para evitar que tenga algún uso diferente al planeado; para los materiales que se almacenan en espacios abiertos, los principales elementos para su salvaguarda son el cercado perimetral de la obra y el personal de vigilancia de la misma.

EL USO

Cuando el material se encuentra en un espacio cerrado y bajo resguardo, los responsables de las diferentes fracciones de la obra solicitan al empleado responsable del almacén la cantidad que requieren, usualmente para una jornada de trabajo. Esta cantidad de material se les entregada por medio de un movimiento de almacén denominado la *salida*, cuya cantidad y costo son cargados a la cuenta de la obra. Con la salida de almacén se debe actualizar el nivel de inventario del material.

Para un mayor nivel de información, el material puede ser cargado contablemente a la parte específica de la obra en la cual se va a utilizar (en las cuentas predefinidas); de esta forma se puede conocer qué cantidad del material se ha utilizado en cada *partida* de la obra. La Figura 4 presenta el diagrama de secuencia de los procesos para el uso del material.

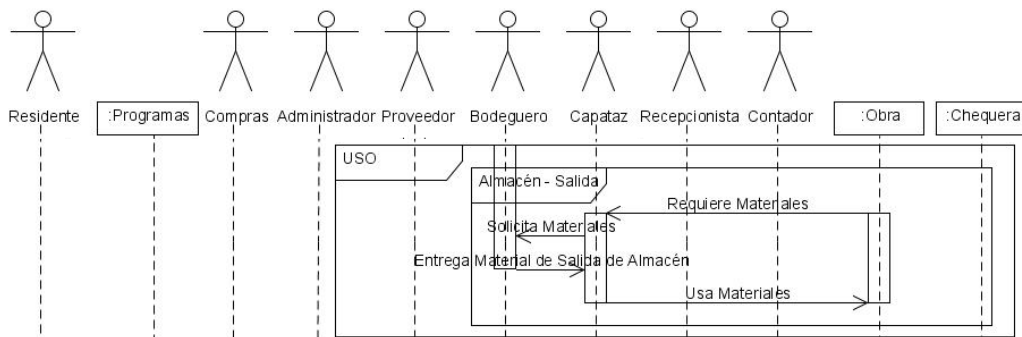


Figura 4. Diagrama del uso del material (fuente: elaboración propia).

Cuando el material se almacena en un espacio abierto, en el momento en que se recibe y se elabora la *entrada* al almacén, se elabora también su *salida* del almacén, y es cargado a la cuenta de la obra (o a la partida correspondiente). Cuando se recibe el material se coloca físicamente en el lugar más conveniente tratando de minimizar sus *acarreo*s, pero buscando no invadir áreas destinadas a otros fines (especialmente al tránsito); cuando el material se almacena de esta forma, los responsables de los diferentes *frentes* lo

toman y utilizan sin necesidad de algún proceso administrativo.

EL RESURTIDO

El caso más simple para la administración de los materiales es hacer un único pedido de cada material, almacenarlo y utilizarlo de acuerdo al programa correspondiente. Lo anterior hace mínimos los costos de hacer la requisición, turnarla, revisarla y autorizarla; hacer la orden de compra, revisarla,

autorizarla y hacerla llegar al proveedor; y revisar el material, recibirlo, hacer la entrada al almacén, y actualizar el inventario. A la suma de todos los costos correspondientes a los procesos mencionados se le denomina el *costo del pedido* (Nahmias 1999). También, hacer un único pedido de un material podría llevar a una economía de escala y a minimizar el riesgo de no contar con el material en el momento oportuno.

Por otro lado, hacer un único pedido podría hacer mayores los costos de resguardo, desperdicio, daño, robo, etc.; así como también hacer mayor el costo de oportunidad del capital de la empresa constructora. A la suma de los costos anteriores se le denomina el *costo del inventario*.

Por regla general en cualquier tipo de empresa se busca minimizar el nivel del inventario, sin embargo en la industria de la construcción parece que los *costos del inventario* no se perciben de manera clara, o bien se consideran menos importantes que los costos asociados al riesgo de no tener el material en el momento oportuno; esta última situación ocasiona a su vez otros costos asociados a la demora en la ejecución de la obra, tales como: recurso humano desocupado o subocupado, incremento en los costos indirectos, sanciones contractuales, etc.. Al respecto, en el estudio realizado por Alcudia (2002) las empresas constructoras manifestaron que, históricamente, sólo en el 11% de los casos no tuvieron problemas en la ejecución de sus proyectos por no tener el material disponible en forma oportuna.

La cantidad de material a comprar por pedido, el lapso que transcurre entre pedidos consecutivos y el número de pedidos que se hacen del mismo material durante la obra son variables mutuamente dependientes. Existen dos factores que imponen restricciones rígidas a algunas de las variables mencionadas. El primero es el espacio físico que se tiene para almacenar un material; en este caso, la cantidad que se puede comprar en un pedido (C) está restringida por la capacidad de almacenamiento (A) que para ese material se tenga en la obra y por el nivel esperado del inventario (N_I) al día de recibir el pedido; la Ecuación 3 presenta la función de restricción:

$$C \leq A - N_I \quad (3)$$

El segundo factor que podría imponer una restricción rígida (para productos perecederos) es el tiempo de caducidad del material (T_c) o tiempo máximo durante el cual el material se conserva sin que se dañe o descomponga. El número de pedidos (N) que se

pueden hacer del mismo material tiene un límite inferior que está restringido por T_c , y además depende del tiempo de utilización total (T_U) del material en la obra; la Ecuación 4 presenta la función de restricción:

$$N \geq \frac{T_U}{T_c} \quad (4)$$

Existe otro factor que podría también imponer una restricción flexible a la C, que es la liquidez (L) de la empresa constructora en el momento que se tenga que pagar el material. Este factor suele ser determinante en la mayoría de las decisiones que toma una empresa, sin embargo a diferencia de los dos factores rígidos antes mencionados, es factible de ser superado mediante alguna acción de carácter financiero. En este caso, la cantidad de material que se puede comprar en un pedido (C) está restringida por la L disponible para ese material, y además es dependiente del precio unitario del material (P); la Ecuación 5 presenta la función de restricción:

$$C \leq \frac{L}{P} \quad (5)$$

Se pueden identificar tres tipos de comportamientos de consumo de los materiales: utilización continua durante un único lapso relativamente corto, utilización continua durante un lapso relativamente largo y utilización discontinua que genera varios lapsos de consumo.

Para el primer caso se debe buscar hacer un único pedido para minimizar el *costo del pedido*; si alguna o varias de las restricciones (rígidas o flexible) no lo permiten, la compra se tendrá que hacer con un *tamaño del lote* que satisfaga a todas las restricciones; y partir del *tamaño del lote* determinar cuántos pedidos serán necesarios.

Si el consumo es continuo durante un lapso largo, lo más probable es que se tengan que hacer varios pedidos. La determinación del *tamaño del lote* se hace buscando satisfacer todas las restricciones, y tratando de buscar el punto de equilibrio entre los *costos del pedido, del inventario* y del riesgo asociado a no tener el material en el momento oportuno.

La velocidad con la que se consume un material se denomina la *tasa de consumo* (Nahmias 1999); si ésta es relativamente constante, se puede establecer un ciclo de pedidos con lapsos de *resurtido* también constantes (siempre que lo permitan las condiciones de liquidez de la empresa y de almacenamiento);

En el caso de utilización discontinua del material con varios lapsos de consumo, la solución más simple es suponer una compra por cada lapso de consumo y revisar su factibilidad en la forma como se mencionó para el primer caso; o bien darle el tratamiento del segundo caso y determinar el *tamaño del lote* sin considerar la discontinuidad en el consumo.

EL PAGO

Cuando un proveedor recibe una *orden de compra* y la surte, emite una o varias *notas de remisión* que amparan las diferentes entregas. Posteriormente elabora y entrega a la empresa constructora un documento con valor contable y fiscal en donde se registra la cantidad y el valor del material que está vendiendo; este documento se denomina la *factura* del material y se entrega a un *repcionista* de la oficina central de la empresa constructora, acompañada de la(s) *nota(s) de remisión* que amparan la(s) entrega(s). Cuando la empresa constructora recepciona la *factura*, la canjea por un documento denominado el *contra recibo*, el cual contiene el importe de la factura y es considerado como un comprobante de que la empresa constructora se compromete a pagar el material comprado.

El *contra recibo* permite diferir el pago de la factura al menos hasta el día que la empresa constructora tiene asignado para el pagos a sus acreedores, que generalmente es una vez a la semana; en ocasiones algunas empresas constructoras también asignan un día específico para la recepción de las *facturas*.

El *repcionista* entrega al responsable de los asientos contables (*contador*) la factura para que revise: la información fiscal de la empresa constructora, la correspondencia con los datos de la *orden de compra* y las entregas físicas consignadas en las *notas de remisión*, fecha, operaciones aritméticas, cálculo de impuestos, etc. Si la factura está correcta, el *contador*

genera la *cuenta por pagar* al proveedor y constituirá un pasivo para la empresa constructora, hasta su pago.

Si la condición de compra es de pago inmediato, denominado *al contado*, el pago se hará a la brevedad posible ya que la entrega del material estaría condicionada al pago del mismo. Si la condición de compra es con un número determinado de días de crédito, el material se entregaría (con el correspondiente *tiempo de demora*) y el pago se haría en la fecha de vencimiento del crédito.

Cuando una empresa constructora se vuelve cliente frecuente de un proveedor, éste suele otorgarle una línea de crédito con un monto máximo y un tiempo de pago establecidos. Con este acuerdo la empresa constructora puede comprarle al proveedor durante toda la obra diferentes materiales a crédito, sin rebasar el monto máximo, y debe ir pagando las facturas sin dejar vencer el límite establecido de tiempo.

Periódicamente, la empresa constructora tiene que determinar cuáles de sus *cuentas por pagar* va liquidar. Un administrador (*tesorero*, o *director de finanzas*) recibe del *contador* la lista de *cuentas por pagar* y determina qué *cheques* se entregarán a los proveedores con base al saldo de la chequera y de la liquidez que la empresa disponga para ser utilizada en el pago de materiales. Adicionalmente utilizará otros criterios para elegir, tales como: fecha de vencimiento del crédito, importe de la *cuenta por pagar*, conveniencia de pagar a cierto proveedor, tolerancia a falta de pago del proveedor, etc.

En el momento en que se paga el material, la empresa constructora entrega al proveedor el cheque correspondiente al importe de la factura y recupera el *contra recibo*. La Figura 5 presenta el diagrama de secuencia de los procesos para el pago del material.

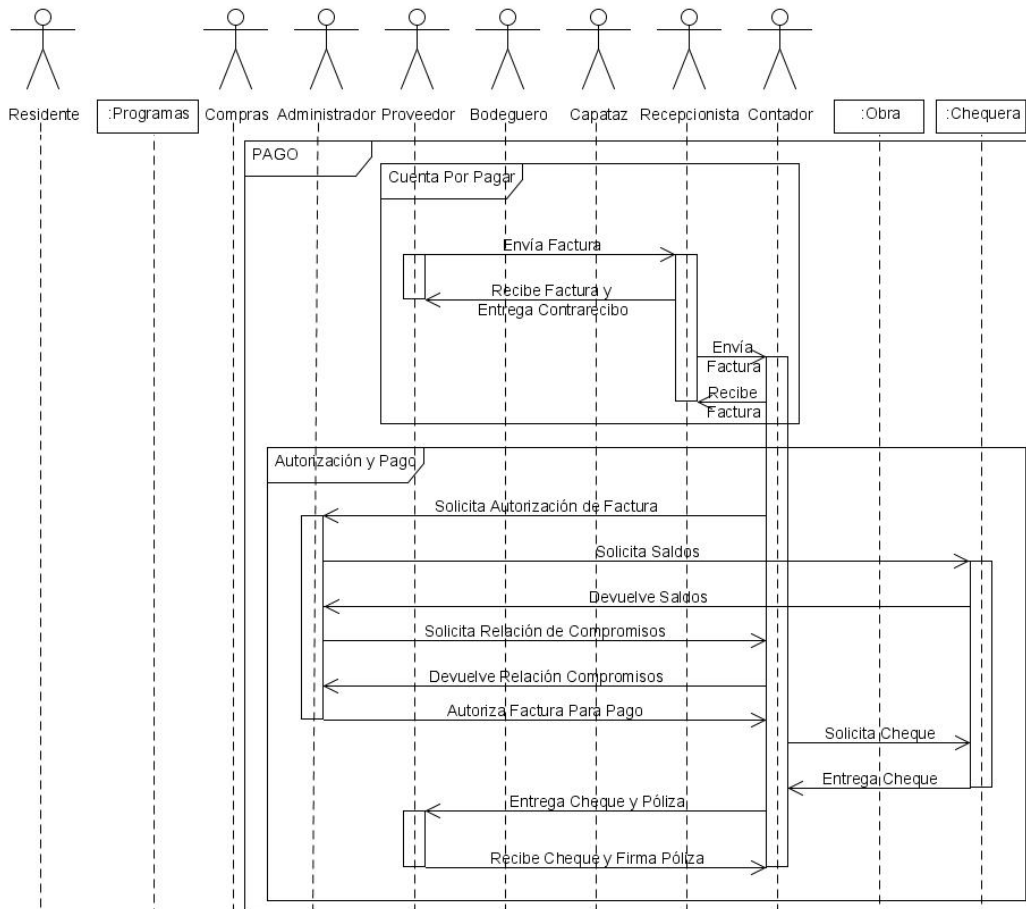


Figura 5. Diagrama del pago del material (fuente: elaboración propia).

Las compras de materiales también pudieran obedecer a otros tipos de estrategias económicas, como pudiera ser adelantar compras de materiales *al contado* en los últimos días del mes, con el fin de reducir el pago del impuesto empresarial de tasa única (IETU) en ese mes, el cual se aplica en México sobre los saldos de las chequeras fiscales; lo anterior significa elegir pagar el impuesto sobre la renta (ISR) en vez del IETU en ese mes, de acuerdo a las opciones fiscales establecidas. Otra estrategia podría ser adelantar compras de materiales, para convertir parte de la liquidez de la empresa constructora en activos, principalmente en casos de inestabilidad en los precios del mercado o de escasez del material.

EL CONTROL

El control consiste en el establecimiento de sistemas que permiten comparar lo ejecutado con lo planeado, detectar errores, desviaciones, así como las causas y posibles soluciones, todo lo cual permite decidir oportunamente las acciones correctivas para mejorar o conservar el buen desempeño del proyecto (Isidore y Back, 2002). En el caso de los materiales se trata de

controlar eficientemente su *adquisición*, su *empleo* y su *pago*, para así prevenir y corregir durante la ejecución: sobrepagos, mermas, desperdicios, entregas fuera de especificación o calidad deficiente, compras erróneas, robos, etc.; incluso puede servir para retroalimentar la estimación de cantidades y costos de los materiales para la planeación de futuros proyectos.

El control de los materiales no es una fase independiente, sino que está integrada con las fases anteriormente descritas. La recopilación, la organización y el análisis de la información que se genera durante la ejecución debe ser realizada por expertos del área, generalmente integrado en un *Departamento de Control* o de *Ingeniería de Costos*. La toma de decisiones basada en la información recopilada es realizada por los administradores del más alto nivel, generalmente los *Directores de Obra*, *Gerentes de Proyectos* o *Superintendentes*. Sin embargo, el control es efectuado en todos los niveles, ya que la única manera de lograr que un proyecto sea exitoso es que el desempeño promedio de todos los

que intervienen sea bueno, desde los *almacenistas* hasta el *Director de Obra*, pasando por obreros, sobrestantes, residentes, contadores, ingenieros de costos, jefes de frente, etc., además de los profesionales que se encargaron de realizar la planeación.

CONCLUSIONES

La eficiencia en la administración de los materiales está influida por la manera en la que se coordinan de las diferentes áreas operativas de la empresa

constructora, las cuales son las responsables de programar, solicitar, gestionar, recibir, resguardar, utilizar y pagar los materiales. Además la meta de tener los materiales en la obra en el momento oportuno está también supeditada a la interacción de la empresa constructora con muchas otras empresas fabricantes o comercializadoras de materiales. Por lo que la comprensión de los procesos administrativos involucrados y la aplicación de modelos de ingeniería pueden hacer que el fenómeno sea menos aleatorio y se pueda controlar adecuadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcudia, C. (2002). *Propuesta de un Sistema Integral de Planeación y Control de Proyectos de Construcción en Yucatán*, Tesis inédita de Maestría, UADY, Mérida, México.

Domínguez, J. (1993). *Propuesta para la Sistematización y Automatización del Control de Costos de Construcción*. Tesis inédita de Maestría, UADY, Mérida, México.

Duncan, H. (2000). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Third Edition, PMI Standard, Pennsylvania, U.S.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. and Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*, First Edition, Addison Wesley, Saddle River, N.J., U.S.

González, J. y Tirado, I. (1998). *Diagnóstico sobre la administración de materiales de empresas constructoras de viviendas de interés social*. Ingeniería, Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Vol. 2, Núm. 3. Mérida, México, pp. 21-32.

González, J., Zaragoza, N., Alcudia, C., Díaz, J. y Massa, P. (2008). *Mejoras tecnológicas para la gestión de proyectos de la PyMES de construcción*. Memorias del II Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC). Santiago, Chile. Enero 2008, pp. 324 – 335.

Hong-Minh, S., Barker, R., and Naim, M. (1999). *Construction Supply Trend Analysis*, Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7), Berkeley, Ca. U.S.

Isidore, L J and Back, W E (2002). *Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration*. Journal of Construction Engineering Management (Reston), Vol. 128, 2002, No. 3, pp. 211-219.

Nahmias, S. (1999). *Análisis de la Producción y las Operaciones*, Primera Edición Compañía Editora Continental, México, D.F.

Peat, M. (2002). *Supply Chain Management in Construction Industry*, Institution of Civil Engineers, Londres, U.K.

Quintal, A., Lezama, A. y Viana, M. (2008). *La Industria de la Construcción Factor Relevante del Desarrollo de Yucatán*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Serpell, A. y Alarcón, L. (2003). *Planificación y Control de Proyectos*, Tercera Edición, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Este documento se debe citar como:

Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo, A. (2009). **La administración de los materiales en la construcción**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-3, pp. 61-71, ISSN: 1665-529X.