



SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

DESARROLLO DEL MÓDULO GESTIÓN LOGÍSTICA INTERNO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN LA PLATAFORMA GICO

BOTERO, Luis Fernando (1); VÁSQUEZ, Alejandro (2)

(1) Universidad EAFIT, (57 4) 2619500 ext. 9659, e-mail: lfbotero@eafit.edu.co

(2) Universidad EAFIT, e-mail: avasqu12@eafit.edu.co

RESUMEN

Con la finalidad de integrar los procesos de gestión de calidad, ambiental, salud y seguridad con la gestión de la producción, se desarrolló, en el año 2006, el sistema de información en plataforma web GICO (Sistema de gestión integrada para la industria de la construcción), a partir de la recolección de datos en tiempo real, mediante dispositivos móviles. La utilización de esta plataforma como herramienta de aplicación de los principios de construcción sin pérdidas en la constructora Conconcreto S.A. representó una mejora sustancial en la productividad de la empresa. Sin embargo, se identificó el abastecimiento interno en obras como un campo con desperdicios evitables desligado del sistema de gestión, lo cual imposibilitaba conectar, desde el momento de la planificación, la información relacionada con el manejo del inventario, la distribución de materiales en obra, tiempos operativos en la gestión de entradas y salidas de almacén, tiempos de entrega de los materiales, entre otros. El presente artículo expone el desarrollo del módulo Gestión logística interna en obras de construcción, de la plataforma GICO, y los hallazgos al respecto de los impactos de su aplicación en una obra piloto.

Palabras-clave: Sistema integrado de gestión, logística interna en obra, Construcción sin pérdidas

ABSTRACT

In order to integrate the processes of quality management, environmental, health and safety with production management system, using the web GICO (integrated management system for construction industry) that was developed in 2006. This system captures data in real time through mobile devices and smartphones. The use of this platform as a tool for implementing the Lean Construction principles in Conconcreto S.A. has represented a substantial improvement in business productivity. However, the material supply creates wastes and found detached to Production management system, which made it impossible to connect, from the time of planning, the information related to inventory, the distribution of materials on site, materials delivery times, etc. This paper presents the development of logistic management module for construction projects connected to GICO Web, and the impact of the implementation in a pilot construction project.

Keywords: Management integrated system, Construction Logistic, Lean Construction

1 INTRODUCCIÓN

El presente artículo expone el desarrollo del módulo Gestión logística interna en obras de construcción en la plataforma GICO. Para ello se hizo un acercamiento teórico conceptual a los fundamentos de la gestión logística y su aplicación al sector de la construcción. Se llevó a cabo un análisis de los procesos de logística interna identificados en obras de la constructora Conconcreto S.A., y se hizo el levantamiento de requisitos para el nuevo desarrollo. Finalmente, se seleccionó una obra de la

constructora, en la cual, a manera de prueba piloto, se implementó el nuevo sistema logístico con la finalidad de medir los impactos causados.

2 ANTECEDENTES

A partir del año 2002 los conceptos de Lean Construction fueron conocidos por empresas constructoras colombianas y en algunas de ellas comenzaron a ser implementados. Asimismo, las condiciones contractuales impuestas por algunas entidades públicas en el tema de certificación de calidad, las obligaciones de los empleadores en cuanto a la seguridad y salud ocupacional y la presión por el aumento de la productividad y la competitividad como estrategia de supervivencia en los mercados, condujo a las empresas del sector de la construcción en Colombia al desarrollando e implementación aislada de algunos sistemas de gestión.

Bajo este contexto y por iniciativa del grupo de investigación en gestión de la construcción Gescón, de la Universidad EAFIT y un grupo de doce empresas constructoras colombianas se llevó a cabo en el año 2006 el desarrollo del Sistema de gestión integrada en la construcción GICO, que integra los procesos de calidad ambiental, salud ocupacional y seguridad, con la planificación y control de la producción, bajo los principios de Lean Construction, a través de la utilización de la herramienta de planificación y control Last Planner, como núcleo fundamental del sistema. GICO funciona a partir de un sistema de información en ambiente web y la utilización de dispositivos móviles para la captura de datos de obra en tiempo real, y presenta como características básicas la planificación como eje central del sistema, el controla solo de lo planificado y la generación de estadísticas en tiempo real. Sin embargo, el sistema de gestión descrito no integraba los procesos logísticos internos de las obras de construcción.

3 GESTIÓN LOGÍSTICA

3.1 Fundamentos de gestión logística

Siempre ha existido la necesidad, en cualquier estructura de empresa, de optimizar los recursos para reducir los costos en la cadena de valor y maximizar la utilidad. Lo anterior implica la introducción del concepto de logística como “el proceso de planificación, ejecución y control de procedimientos para el transporte y almacenamiento eficaz y eficiente de mercancías y de servicios y la información relacionada, desde el punto de origen, hasta el punto de consumo, con el fin de ajustarse a los requisitos del cliente” (CSCMP, 2010).

El concepto Lead Time se define como “el tiempo total que transcurre entre la colocación de un pedido y su recepción”, incluyendo también los procesos de órdenes de pedido, preparación y transporte (CSCMP, 2010). Derivado de este, el Lead Time Gap es la brecha en el tiempo de espera para que el cliente cuente con el producto terminado, anterior al Lead Time de pedido. La filosofía Just in time, se desarrolló a partir de la necesidad que tenía la empresa Toyota de disminuir el Lead Time Gap a partir de la eliminación de actividades que no agregaran valor dentro de la cadena productiva.

La aplicación de estos conceptos a la industria de la construcción, a través de la filosofía Lean Construction, tiene como principal objetivo maximizar el valor eliminando los

desperdicios generados en las obras. Este objetivo se busca en cada una de las fases de un proyecto de construcción, incluyendo el abastecimiento. La logística, como parte del abastecimiento, es el proceso aplicado para garantizar el suministro, almacenamiento y distribución de los recursos a los frentes de trabajo. Comprende además la estimación de cantidades y la gestión de los flujos físicos de producción (Orihuela y Ulloa, 2011). El concepto de logística aplicado a la construcción comprende procesos externos a la obra y procesos al interior de esta. La logística interna se encarga de los flujos físicos y de las informaciones necesarias para la ejecución de los procesos constructivos, contemplando actividades de almacenamiento, transporte interno, manipulación y control de los insumos (Cardoso, 1996).

3.2 Gestión logística aplicada a proyectos de construcción

La aplicación de los conceptos de gestión logística a proyectos de construcción, desde el estudio de los procesos de gestión, la aplicación de nuevos sistemas de gestión, sus implicaciones, el uso de herramientas tecnológicas de información y comunicación, entre otros, han sido objeto de diversos estudios y proyectos de aplicación. Algunos de ellos son relacionados a continuación.

Koskela (1997) y Melles (1997) aplicaron los conceptos desarrollados por la compañía Toyota para su cadena de producción en la gestión de la cadena de suministro de la construcción. Taylor y Bjornsson (1999) plantearon un sistema de mejora del inventario dentro de la cadena de suministro a partir de la transmisión de información vía internet. O'Brien (1999) presenta la gestión de la cadena de suministro como herramienta para la reducción de costos, el aumento del control y la consecución de la planificación deseada. Vrijhoef y Koskela (2000) exponen que la cadena de suministro de la construcción genera gran cantidad de desperdicios y problemas, que son generados en etapas anteriores a la actual y como consecuencia de un deficiente control. Arbulu, et al. (2003) proponen la aplicación de las técnicas de reingeniería de procesos y la gestión de la cadena de suministro, para la eliminación de ineficiencias en la cadena de suministro de la construcción. Sobotka y Czarnigowska (2005) exponen algunos problemas logísticos presentados en proyectos de construcción, ligados especialmente a sistemas de abastecimiento. Los resultados presentados son obtenidos a partir del estudio de rutinas de abastecimiento de contratistas. Lejeune y Yakova (2005), a partir de la teoría Fiske de las formas relacionadas, proponen una tipología de configuración de la cadena de suministro. Cutting-Decelle, et al. (2007), hacen una revisión de diferentes enfoques para la aplicación de tecnologías de comunicación a la cadena de suministro, utilizadas en la industria manufacturera, y exponen un análisis de la aplicación de estas a la industria de la construcción. Mossman (2007) presenta experiencias de la gestión logística en la construcción, en el Reino Unido, planteando enlaces con herramientas como Last Planner. Analiza la contribución que la gestión logística puede dar en la optimización de los procesos constructivos, reduciendo al mínimo la generación de residuos y el uso de energía. Concluye que la herramienta Last Planner es ante todo un sistema de planificación logística. Mossman (2008) define siete flujos críticos a controlar para garantizar el éxito en la construcción: materiales, personal, información, equipo, condiciones externas, espacio y trabajo previo. Plantea que la gestión logística en construcción atiende los primeros cuatro flujos (materiales, personal, información y equipo), y facilita implícitamente el control de un quinto flujo (condiciones externas).

Asimismo, se encuentran implementaciones de la gestión logística en proyectos de construcción a partir de la aplicación de estrategias para la planificación de materiales,

como el Material Logistics Plan, MLPs (Harker, Allcorn y Taylor, 2007). Al igual que planteamientos para la planificación de la cadena de suministro para el control de los flujos establecidos en el plan logístico (materiales, personas, información y equipo), en donde, con el objetivo de cumplir con el tiempo logístico, se busca fortalecer todo tipo de relaciones existentes entre cada uno de los actores de la cadena de suministro (O'Brien, London y Vrijhoef, 2002), (Vicedo, Langa y Tomás, 2005), (Sullivan, Barthorpe y Robbins, 2010).

El software Logística wi-fi, diseñado por la Corporación de desarrollo tecnológico, CDT, es un caso de aplicación de TIC enfocada en los procesos logísticos de aprovisionamiento de frentes de obra, conformada por los procesos de planificación, abastecimiento, recepción, salidas, distribución y administración. “Fue diseñado para realizar vales de consumo desde los distintos frentes de trabajo a la bodega de la obra, mediante el uso de dispositivos móviles (PDA) que se comunican con bodega a través de una red inalámbrica” (CDT, 2006).

3.3 Implementación de herramientas TIC y software de gestión en la logística de proyectos de construcción

La logística de los proyectos de construcción implica la manipulación de un volumen de datos considerable que no conviene manejar en forma manual por razones de productividad, claridad y consistencia en la administración de la información. La cantidad de variables que intervienen en la operación del sistema logístico para planificación de materiales, y en sí, las variables que intervienen en cualquier proceso constructivo justifican la automatización de la información; de esta forma se suprimen procesos administrativos que no agregan valor y que adicionalmente interrumpen la labor de los profesionales encargados de la ejecución de obra.

Las tecnologías de información y comunicación TIC emergen como una solución. Existen diversos paquetes tecnológicos y herramientas de soporte para el control de cada uno de los flujos logísticos en obra; es muy común la utilización de software de control y programación, contabilidad, gestión de materiales, personal, entre otros. Sin embargo, no es común encontrar en los proyectos una integración entre los distintos frentes de información, lo cual necesariamente genera pérdidas. Si la información de cada uno de los sitios se logra transmitir en forma remota al centro de trabajo del residente de obra, y este a su vez transmite esta información a los profesionales encargados de la gestión logística y demás labores administrativas, el flujo logístico de información se agiliza, favoreciendo los demás flujos logísticos.

La idea de consolidar la información a partir de TIC y de suprimir actividades de gestión logrando así la reducción del tiempo total transcurrido entre la solicitud de un pedido y su despacho, se logra integrando el software de gestión logística con el software planificador de recursos empresariales ERP. De esta manera se puede garantizar que los pedidos se hagan en forma remota y se evita la intermediación de varios agentes de control que redundan información y demoran las solicitudes de abastecimiento.

4 SISTEMA DE GESTIÓN LOGÍSTICA

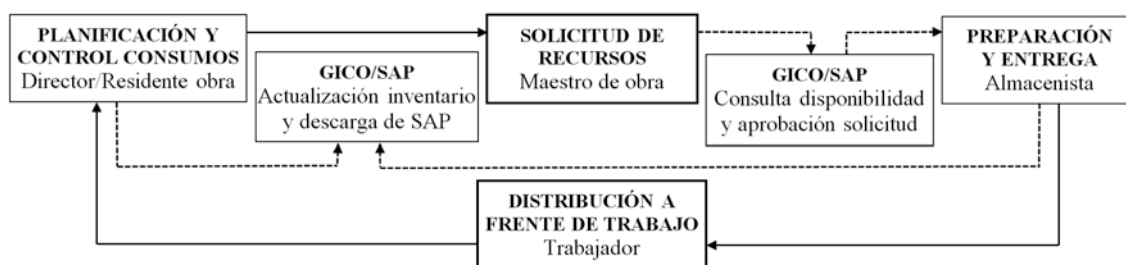
El sistema de gestión logística desarrollado tuvo como fundamento el análisis de los procesos de logística interna llevados a cabo tradicionalmente en obras de construcción, con la finalidad de que el nuevo sistema armonizara en la mayor medida posible con los

procesos a los que el personal de obra está habituado, así como procurando que su implementación no interfiriera con el normal desarrollo de los proyectos.

La Figura 1 muestra un esquema general de la tradicional cadena logística a nivel interno, es decir, sin considerar la labor de proveedores de insumos. El proceso tiene como eje central la solicitud de recursos y la distribución de dichos recursos a los frentes de trabajo. Para ello el maestro de obra elabora un vale de salida que es llevado por el trabajador al almacenista, quien, en caso de contar con el recurso solicitado, hace la entrega para que sea transportado al frente de trabajo. Además, la cadena logística requiere que el recurso entregado sea descargado de los inventarios, para ello el vale de salida entregado al almacenista debe enviarse al director de la obra quien, tras asignar el código presupuestal, lo devuelve al almacenista para realizar la descarga del inventario.

Este proceso de aprovisionamiento constituye un elemento a mejorar, debido a características como grandes distancias entre el almacén y los frentes de obra, manejo de inventarios y procesos de soporte administrativos, realizados manualmente; indispensables para contar con un continuo aprovisionamiento de recursos. Las cuales se traducen en ineficiencias, como horas hombre de trabajo pérdidas debido a la no disposición de materiales mínimos para el desarrollo de la labor.

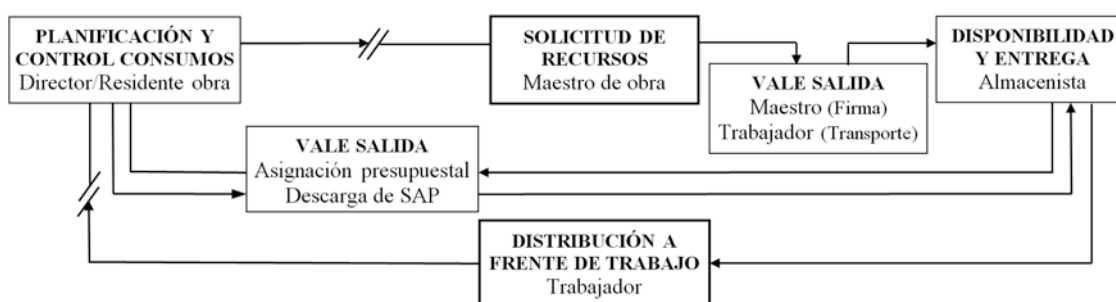
Figura 1 – Cadena de logística interna tradicional



Fuente: Elaboración propia

Basado en este proceso, el nuevo sistema de gestión plantea una optimización de la cadena logística, constituyendo una herramienta que permite planificar los consumos de material, en un ambiente web, y realizar la solicitud de materiales mediante un dispositivo móvil, que se comunica con el sistema de información utilizado por la empresa constructora y valida la disponibilidad de material en función del inventario disponible, las solicitudes previas realizadas y los materiales reservados. Su esquema general de funcionamiento se presenta en la Figura 2.

Figura 2 – Cadena sistema de logística interna desarrollado



Fuente: Elaboración propia

4.1 Desarrollo del módulo Gestión logística GICO

El ambiente móvil se realizó sobre la versión existente de Gico Móvil. El alcance del proyecto contempló la generación del paquete de instalación o compilación para plataformas iOS y Android. Todas las funcionalidades del ambiente móvil están encapsuladas en una aplicación descargable, que puede encontrarse en la tienda de aplicaciones. La aplicación móvil también opera bajo el esquema offline, ya que cuenta con un componente de sincronización que permite guardar los datos maestros del sistema en el dispositivo móvil, con el fin de realizar operaciones aún en condiciones de poca señal o con interrupción del acceso a internet. Los datos son almacenados de manera temporal en la base de datos del dispositivo móvil y al contar con acceso a internet se hace el envío de la información al sistema.

El sistema está integrado por cinco módulos: Notificaciones, Seguridad, Cargues, Suministros y Solicitudes. El módulo Notificaciones permite configurar notificaciones sobre eventos de la aplicación que deban ser monitoreados frecuentemente, como son: materiales agotados, materiales sobrepedidos, materiales en cantidad crítica, materiales cercanos al tope, kits en orden de producción y kits liberados. Las notificaciones son enviadas por correo electrónico a los usuarios ingresados según una periodicidad establecida. El módulo Seguridad monitorea la autorización de los usuarios en las diferentes funcionalidades del aplicativo, para que se desplieguen solo las funcionalidades que corresponden a los permisos asignados a un usuario específico. El módulo Cargues permite realizar cargues masivos de las actividades y materiales registrados en la ERP SAP. Para las empresas que no cuentan con plataforma SAP para registrar materiales y actividades de manera automática en GICO, se cuenta con un módulo que permite la creación y modificación de materiales y actividades. El módulo Suministros permite realizar las siguientes acciones sobre los materiales y actividades: asignación de cantidades críticas, asignación de cantidades topes, pre asignación de códigos presupuestales, creación de destinos, gestión de kits de consumo y asignación de material a un destino. El módulo Solicitudes permite realizar la solicitud de materiales o kits para su consumo en un destino y actividad específica; además consultar, modificar, cancelar, despachar y descargar pedidos del sistema de información, así como asignar códigos presupuestales. El sistema además cuenta con la opción de consulta de indicadores de productividad y desempeño, como apoyo fundamental para la planificación y control de consumos. Mediante esta opción el usuario puede configurar los reportes que desee obtener, mediante la utilización de la herramienta SQL server de Microsoft.

5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN LOGÍSTICA EN UNA OBRA PILOTO

El sistema de gestión logística desarrollado tuvo como prueba de campo su aplicación en el proyecto Finito de la constructora Concreto S.A. Se hicieron los cargues respectivos de inventario y se dotó a la obra de un dispositivo móvil con la aplicación GICO instalada, con acceso al nuevo módulo de Gestión logística. El dispositivo fue entregado a un maestro de obra previamente capacitado en el manejo de la aplicación y encargado de coordinar una cuadrilla dedicada a realizar actividades de acabado: pisos, enchapes, estucos, impermeabilizaciones y pintura.

En la reunión semanal de Last Planner se programaron las tareas de construcción a ejecutar en la semana siguiente y los recursos necesarios para estas tareas, se diseñaron

los kits de material por unidad de producción y se realizó la orden de elaboración para el almacén.

El maestro de obra realizó las solicitudes de despacho desde el dispositivo móvil y con la colaboración de un auxiliar logístico se mantuvo un registro en paralelo de las solicitudes de material realizadas. En consecuencia se contaba tanto con el soporte físico de la solicitud de material como con la respectiva solicitud electrónica diligenciada a través de la aplicación, permitiendo realizar un conteo manual de las cantidades de material solicitados en cada salida para luego totalizarlo y compararlo con el dato almacenado en el entorno web. La cuadrilla logística suministró los kits para que los trabajadores encontraran el material en el frente de trabajo en el momento de iniciar la actividad. De esta manera se disminuyeron los tiempos de espera por falta de material y desplazamientos en búsqueda de material, que, en el histórico de reportes de productividad de la constructora constituyen el 67% de la causa de tiempos que no agregan valor, es decir, las mayores pérdidas de productividad en las obras de construcción de la empresa.

5.1 Mejoras en procesos de obra

Antes de la implementación del módulo de gestión logística de GICO en la obra piloto, un almacenista diligenciaba en promedio una salida de almacén cada 3 minutos, tomando diariamente hasta 4 horas para este proceso, que en la mayoría de los casos era realizado en jornada extra. Con el sistema logístico implementado se logran 3 salidas en 2.5 minutos, disminuyendo considerablemente el tiempo extra de digitación en la jornada diaria y mejorando el proceso de entrega de materiales o kits de materiales a los trabajadores en los diferentes frentes de trabajo.

Luego de la implementación del sistema el tiempo utilizado por el trabajador buscando al maestro de obra para obtener la orden de salida de material y la espera para la entrega de los materiales se redujeron considerablemente, debido a la previa planeación de consumo y a la utilización la cuadrilla logística.

Por medio de las alertas que genera el aplicativo relacionadas a las cantidades disponibles de material almacenado: material agotado, sobrepedido, en cantidad tope o en cantidad crítica, se automatiza un proceso que normalmente no se hacía debido a la cantidad de tareas inherentes a la entrega de material, posibilitando que el inventario se encuentre preparado para las necesidades actuales y futuras de obra. Dichas alertas se generan de dos formas, con las notificaciones automáticas generadas por la plataforma y por las alertas que llegan a través del maestro de obra, quien tiene acceso a la información real del material en el almacén, debido a que luego de cada solicitud se conoce el número de elementos restantes del recurso que acaba de pedir.

Las descargas de datos sobre el consumo de recursos de obra al ERP de la empresa (SAP) normalmente no están al día por demoras en la codificación presupuestal por parte del director de obra. La posibilidad de codificar desde cualquier lugar a través de la aplicación GICO para dispositivos móviles, permite tener esta información, proveniente del director de obra, directamente en este sistema de datos centrales de la compañía y actualizados al día. El manejo de información transaccional sobre recursos logra sostenerse en el proceso y no en las personas.

Cada error de digitación por parte del almacenista al momento de ingresar en el ERP de la empresa el código presupuestal del material diligenciado en la solicitud física (orden de salida, en algunas oportunidades con letra poco legible), genera un reproceso que

obliga a diligenciar un formato adicional implementado por la empresa. Esto exige que los datos errados sean corregidos directamente por el director de almacenes de la empresa, actividad que no siempre se realiza de manera oportuna, evitando que el inventario se encuentre actualizado.

Con el nuevo sistema, el almacenista ya no tiene que digitar una a una las solicitudes en el ERP, gracias a que el aplicativo hace esto una vez el maestro realiza la solicitud, dejando los datos almacenados directamente en la base de datos del aplicativo, listos para ser enviados al ERP cuando el almacenista lo autorice desde su usuario en GICO. Así se convierte tiempo de actividades de soporte: recepción de solicitudes, registro y digitalización de datos, gestión de la información, en tiempo de actividades que generan valor: gestión y custodia de recursos de obra, planeación de pedidos a proveedores, reducción de desperdicios, armado de kits.

6 CONSIDERACIONES FINALES

El proyecto desarrollado constituye un aporte a la gestión de la obra incorporando herramientas tecnológicas a la gestión logística interna, que, en consecuencia, posibilita una mejor planificación del consumo de recursos, traducido en disminución de ineficiencias relacionadas con detenciones o tiempos de espera en frentes de trabajo por materiales agotados o deficiente aprovisionamiento, eliminación o disminución de horas hombre empleadas en recorridos por solicitud, despacho y transporte de materiales al hacia las unidades de producción.

La posibilidad de contar con la información en tiempo real generada en las obras relacionada con los procesos logísticos internos, permite un mayor control sobre los procesos, a partir de revisiones instantáneas en pro de la disminución de errores y reprocesos, y, en tanto constituye información histórica, no estática, a la cual la plataforma logística tiene acceso para la elaboración de informes automatizados, posibilitando la obtención de indicadores logísticos, que alimentan los procesos de evaluación y toma de decisiones, y la definición de programas de mejoramiento.

REFERENCIAS

ARBULU R., TOMMELEIN I., WALSH, K. y HERSHAUER J. **Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain**. En: Building Research and Information, Vol. 31, N°2, pp. 161-171, 2003.

CARDOSO, F. **Importance dos estudos de preparação e da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios: alguns aprendizados a partir da experiência francesa**. En: Seminario Lean Construction, Sao Paulo, 1996.

CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE CHILE (CDT). **Guía de resultados para la optimización de la logística interna en obras de construcción**. Santiago de Chile, 2006.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP). **Supply chain management terms and glossary**, 2010.

CUTTING-DECELLE, A., YOUNG, B., DAS, B., CASE, K., RAHIMIFARD, S., ANUMBA, C. y BOUHLAGHEM, D. **A Review of Approaches to Supply Chain Communications: from Manufacturing to Construction**. Disponible en: <http://itcon.org/2007/5/>. Acceso en: 10 May. 2012.

HARKER, A.; ALLCORN, W. y TAYLOR, D. **Material logistics plan, good practice guidance: Guidance for clients, design, teams, construction contractors and sub-contractors on**

developing and implementing an effective material logistics plan. Banbury, Oxfordshire, UK, Waste and resources action programme WRAP, 2007.

KOSKELA, L. **Lean production in construction**. Alarcon, L. (Ed.), Lean Construction, A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, 1997.

LEJEUNE M. y N. YAKOVA. **On characterizing the 4 C's in supply chain management**. En: Journal of Operations Management 23 81-100, 2005.

MELLES, B. **What do we mean by lean production in construction?** Alarcon, L. (Ed.), Lean Construction. Balkema, Rotterdam, 1997

MOSSMAN, A. **Lean Logistics**: Helping to create value by bringing people, information, plan and equipment and materials together at the workplace. En: Conferencia Intenacional Group for lean construction. Michigan, EE.UU, 2007.

MOSSMAN, A. **More than materials**: managing what's needed to create value in construction. En: EUROPEAN CONFERENCE ON CONSTRUCTION LOGISTICS – ECCL, Dortmund, Germany, 2008. Paper. 19 Whitehall, Stroud GL5 1HA, UK, 2008.

ORIHUELA, P. y ULLOA, K. **Abastecimiento Lean de Recursos para la Construcción**. En Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°13, 2011.

O'BRIEN, W. **Construction supply chain management**: a vision for advanced co-ordination, costing and control. Proceedings of the Berkeley-Stanford Construction Engineering and Management. En: Workshop: Defining a Research Agenda for AEC Process/Product Development in 2000 and Beyond, University of California, Berkeley, CA., 1999

O'BRIEN, W.; LONDON, K. y VRIJHOEF, R. **Construction supply chain modeling**: a research review and interdisciplinary research agenda. En: Proceedings IGLC (10: Aug: 2002, Gramado, Brazil). Paper. International group for Lean Construction IGLC, 2002.

SOBOTKA A. y CZARNIGOWSKA A. **Analysis of Supply System Models for Plannig Construction Projects Logistics**. En: Journal of Civil Engineering and Management. Vol XI, N° 1, 73-82. ISSN 1392-3730, 2005

SULLIVAN, G.; BARTHORPE, S. y ROBBINS, S. **Managing construction logistics**. Wiley-Blackwell, 2010.

TAYLOR, J. y BJORNSSON, H. **Construction supply chain improvements through internet pooled procurement**. Proceedings of IGLC-7, Berkeley, CA, 1999.

VICEDO, J.; LANGA, M.; TOMÁS, J. **La Importancia de la Gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la construcción**. En: IX Congreso de ingeniería de organización. (9: 8-9, Sep.: 2005, Gijón, España). Memorias. Universidad Politécnica de Valencia, Alicante, España, 2005.

VRIJHOEF, R. y KOSKELA, L. **The four roles of supply chain management in construction**. European Journal of Purchasing & Supply Management 6, 2000.

AGRADECIMIENTOS

A la constructora Conconcreto S.A., por el apoyo recibido.