

## Almacén: área clave del proceso de producción en una empresa del ramo de la construcción al noroeste de México

*Warehouse: key area of the production process in a construction company in northwestern Mexico*

**Luis F. Romero Dessens, Jaime A. León Duarte, Daniela M. Alvarado Coronado, Mucia L. Llanes Robles, Ezequiel A. Sanz Moreno**

*Palabras clave:* Almacén, industria de la construcción, sistema de inventario

*Key words:* Warehouse, construction industry, inventory system

### RESUMEN

Como en todo proceso de producción, la disponibilidad de los materiales correctos, en la cantidad necesaria y en el tiempo en que se requieren, influyen en el resultado final de la operación y la calidad del producto. La industria de la construcción en el Noroeste de México presenta un rezago en la implementación de tecnologías para la administración en general, muchos proyectos aplican métodos manuales, no solo para el seguimiento de materiales sino también para la gestión total, disponer de un sistema donde los flujos de materiales y suministros sean monitoreados y analizados, infiere en disminuir el desperdicio y que la rentabilidad de los proyectos sea factible. Se pueden tomar de referente otras empresas de la industria (automotriz, alimentos, etc.), donde existen estándares y toda un área de almacén encargada de la administración del sistema de inventarios y todo lo que este conlleva (compras, pedidos, resguardo, distribución, etc.). El objetivo en este caso es presentar la situación en una empresa constructora del Estado de Sonora, la problemática que ha estado experimentando en sus procesos debido a una ineficaz administración del área de almacén y una metodología aplicada de tres etapas basada principalmente en un sistema de

gestión y el uso de herramientas tecnológicas de rápida implementación. Al final se observa como con pequeños cambios se obtienen grandes resultados en este sector, como el ahorro de tiempo, de recursos económicos y de materiales, demostrando que el área de almacén e inventario es una parte esencial dentro de los procesos en la industria de la construcción.

### ABSTRACT

As in all production process, the availability of the right materials, in the amount needed and, in the time, it is required, influence the result of the operation and the quality of the product. The construction industry in the Northwest of Mexico, has a lag in the implementation of technologies for the management in general, many projects apply manual methods, not only for the monitoring of materials but also for the total management, it is considered it is necessary to help you to manage a system where material and supply flows are monitored and analyzed, infers in reducing waste and make the profitability of projects feasible. Other companies in the industry (automotive, food, etc.) can be taken as reference, where there are standards and a whole warehouse area in charge of the administration of the inventories system and

everything that this entails (purchases, orders, shelter, distribution, etc.). The objective in this case study, is to present the situation in a construction company in the State of Sonora, the problematic that have been experiencing in its processes due to an inefficient management of the warehouse area and how through an applied methodology of three stages mainly in a management system that is based on and the

use of rapid implementation technology tools. In the end it is observed how with small changes great results are obtained in this sector, such as the saving of time, economic and material resources, demonstrating that the warehouse and inventory area is an essential part within the processes in the construction industry.

## INTRODUCCIÓN

El área de almacén es uno de los componentes que intervienen en la red logística (diversos niveles por donde pasan los materiales desde el origen hasta el producto final) y tiene gran importancia tanto para la empresa en particular, como para la red logística en general, ya que sirve de elemento regulador en el flujo de recursos relevantes. Un almacén bien gestionado da equilibrio a toda la empresa, pues es capaz de estabilizar la producción con la demanda, ya que sincroniza las distintas necesidades de la fabricación con las fuentes de suministros y la demanda por parte de los clientes (compradores finales), además supone ofrecer permanentemente las mercancías a estos últimos. Es importante tener paralelamente un suministro constante, para que los clientes reciban un producto de calidad y a tiempo (Escrivá & Savall, 2005).

Para atender las expectativas de los clientes, las empresas se enfocan en la excelencia en un entorno cada vez más competitivo. En la actualidad, las organizaciones prevén la integración de las operaciones internas, dejando de lado la visión individualista hacia el trabajo

coordinado, por lo que todas las áreas que conforman a una empresa deberán de estar trabajando como una sola unidad que comparte flujos de materiales e información con el único fin de producir ingresos a través de la satisfacción del cliente (Reis, Stender, & Maruyama, 2017). En la industria de la construcción las áreas de producción y almacenamiento son parte fundamental si se busca crear esta unidad integral, el trabajo de estas, busca proporcionar una entrega sin problemas de los materiales, equipos, etc., que se requieren en obra para el desarrollo de edificaciones y construcciones. Sin embargo, a menudo la organización del trabajo en estas áreas no es la mejor y se ve afectada por la creciente demanda sin planeación o previsión en la producción de edificios. Una incorrecta administración en estas áreas puede ocasionar demoras en el sitio de construcción y, en consecuencia, la caída de la tasa de producción y aumento de costos. Otros factores que causan afectaciones son el almacenamiento irracional de materiales, productos y estructuras, la necesidad constante de solicitar suministros en cantidades

pequeñas que aumenta el tiempo requerido para buscar productos, ocasionando tiempos de inactividad frenando otros procesos, la pérdida de la productividad del trabajador y, en consecuencia, de los equipos y el lugar de las obras en su conjunto, y, como resultado aumentar los costos y reducir las ganancias (Radchenko & Petrochenko, 2014).

Para evitar las anteriores afectaciones y propiciar una ejecución exitosa de un proyecto de construcción, se requiere que todos los recursos sean manejados de manera efectiva, y es el área de almacén quien se encarga de la mayor parte de todo lo que debe ser administrado, tanto en cantidad como en monto, por lo que es fundamental en todo el proceso de producción (González, Arcudia & Álvarez, 2002). Esta industria es considerada en la actualidad como incierta y en la que se asumen cambios de última hora, errores de diseño, subidas de precio, cambios de materiales, retrasos, etc. La construcción alberga dentro de sí imprecisiones intrínsecas que no se contemplan en otras industrias, por lo tanto, las mismas constructoras se rezagan de la producción convencional (producción basada en procesos establecidos como en otras industrias) considerándose un caso especial resignado a malos resultados dejando por fuera todo tipo de cambio (Bautista, 2015), ya sean de tipo administrativo, tecnológico, ambiente laboral, etc., sólo por mencionar algunos aspectos. Con todo y sus problemas arraigados, conforma una parte importante

de los resultados económicos de un país, por tanto, la introducción y aprobación de nuevos sistemas de gestión en su ejecución son indispensables para mejorar el rendimiento y la obtención de resultados favorables (Porras, Sánchez & Galvis, 2014).

Se han buscado propuestas que puedan contrarrestar dichos problemas, estas general-mente tienden a ser versiones de los procedimientos adoptados por el sector manufacturero y ligeramente modificados para adaptarse a las condiciones de la industria de la construcción, es importante que, sin resaltar el origen de las mejoras, estas se orienten y alineen para alcanzar los objetivos organizacionales (Faisal, 2014).

Se dice que, para llegar a un estado deseado, sólo hay que planificar los pasos necesarios en el camino hacia el resultado y objetivos. Este camino se puede recorrer a pasos muy "grandes" (cambios e inversiones considerables), pero muchas veces eso no es posible (por los requerimientos económicos principalmente), por lo que hay que tener en cuenta que también se tiene la opción de realizar varios pasos "pequeños" para llegar igual de lejos. El obtener victorias rápidas (*Quick wins* en inglés) que son implementaciones rápidas de soluciones a problemáticas detectadas en las organizaciones, proporcionan grandes beneficios, en la mayoría de los casos además del poco tiempo requerido para su aplicación, suelen ser de muy bajo costo y generalmente orientadas a la utilización de herramientas tecnológicas (Sangers, 2017).

La construcción como ya se mencionó está rezagada de la gestión de recursos, uno de ellos es el material, la administración para el mismo contempla una función coordinadora responsable de planificar y controlar el flujo. Incluye planificación y extracción de materiales, evaluación y selección de proveedores, compras, gastos, envío, recepción de materiales, almacenamiento e inventario, y distribución de materiales. Es importante planificar y controlar los materiales para garantizar que la calidad y la cantidad correcta de materiales y equipos instalados se especifiquen de manera adecuada y oportuna, se obtengan a un costo razonable y estén disponibles cuando sea necesario. Muchos proyectos de construcción aplican métodos manuales, no solo para el seguimiento de materiales sino también para la gestión en general, y esto implica técnicas basadas en papel y es problemático por los muchos errores humanos que ocurren (Kasim, 2015).

Según varios autores como Roy, Brown & Gaze (2003) y Martínez (2011) diversos factores influyen en la lentitud con que se adoptan los nuevos avances tecnológicos en esta industria en particular, entre estos factores se encuentran:

(I) Las empresas constructoras son altamente conservadoras y adversas al riesgo.

(II) Hasta la fecha estas no han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos ya que la rentabilidad que han obtenido los ha satisfecho.

(III) Sus competidores son también altamente conservadores, por lo que no es necesario buscar un cambio para estar en competencia.

Estos factores generan una cierta inercia negativa en la industria de la construcción ante el cambio y la modernización. Ghio y Bascuñan Walker (1993) decían que son pocas las empresas que vislumbran las innovaciones tecnológicas como oportunidades poderosas de generar negocios y que, de mantenerse esa situación, las empresas constructoras irían perdiendo competitividad lentamente, hasta desaparecer ante empresas más agresivas del mismo sector que si se unirían al crecimiento tecnológico. En el año 2018 puede mantenerse dicha conclusión debido a que el panorama es el mismo, sin embargo, los resultados ya no, es importante que se promueva la innovación en la industria de la construcción

Considerando todo lo anterior se decidió realizar un caso de estudio de manera local.

La empresa bajo investigación se dedica a la construcción de casas residenciales, se ubica en el estado de Sonora, México, esta cuenta con varias áreas que la conforman, entre ellas la de administración, la de producción (obra), la de almacén, entre otras, siendo esta última la que se optó seleccionar para su análisis, debido a su importancia e interacción con todas las demás, en especial con la de producción.

El proceso central en la industria de la construcción es el de "producción" (todas aquellas actividades y tareas involucradas directamente con la construcción física), y

en este caso en particular, se ha detectado que es donde existe un mayor consumo de tiempo y recursos respecto a las otras áreas, esto se debe a una inadecuada distribución de tiempos del personal, el 95% de las personas se encuentran en obra dejando prácticamente sin recurso humano las otras áreas. Las actividades realizadas por ese 5% restante está ocasionando ineficiencia en los procesos, primeramente, por el desconocimiento de los niveles de inventario, el desperdicio de materiales, por tener cantidades excesivas de un mismo artículo, o por la falta de artículos indispensables (cemento, tuberías, cableado, etc.), por el incumplimiento en los tiempos de suministro a obra y por múltiples registros manuales de entradas/salidas.

## METODOLOGÍA

En la figura 1, se describe la metodología propuesta. Esta metodología permitirá analizar desde la perspectiva de manufactura, los elementos que componen la práctica de construcción y la posibilidad de utilizar estrategias de solución de implementación rápida que puedan ser utilizadas tanto en la manufactura convencional como en la industria de la construcción.

El estudio cuenta con tres fases, inicia con una investigación sustancial del estado actual y la detección de oportunidades de mejora, posteriormente se pretende que con base lo diagnosticado se proponga una

Es por ello por lo que se han seleccionado una serie de propuestas, de rápida implementación y de bajo costo, que combatan estas actividades que frenan el proceso principal de la empresa, las mismas consisten en la utilización de tecnologías móviles, un sistema de inventarios y la conformación de paquetes estandarizados de materiales. Se espera que al utilizarlas dentro de la empresa tanto los costos y como los desperdicios bajen, se mejoren los tiempos de entrega y que se cumplan los programas de trabajo. En las siguientes secciones se describirán a detalle las acciones realizadas para el diseño, implementación y evaluación de la propuesta para la mejora del desempeño del área de almacén.

serie de soluciones con el fin de implementar las que mejor se adecuen al problema. En la etapa final se presentan y miden los resultados obtenidos por la aplicación de las herramientas de rápida implementación.

Etapa I: Análisis del entorno y detección de oportunidades

Se realizó un análisis que consistió en: visitas a las distintas áreas de interés, con los trabajadores involucrados, revisión de los actuales métodos de trabajo en las diferentes áreas y un estudio general del mismo.



Figura 1.- Metodología de solución propuesta

En el análisis de detección de los puntos clave dentro de la empresa, se estableció que el área de producción es la de mayor importancia (consumo de 95% de mano de obra) y en la que se presentan grandes oportunidades de mejora, sin embargo, por la estrecha relación entre almacén-producción, es clave una correcta operación entre ambas, todos los problemas en el área de obra como los procesos inestables, el desperdicio de recursos, el incumplimiento de los planes

de trabajo, etc. Se deben a la falta de una adecuada administración y coordinación en el flujo de materiales, los tiempos de entrega, el surtido de pedidos y la adquisición de materiales. En la figura 2, se observa que producción a pesar de ser el área más fuerte y con más peso dentro del proceso en general, depende de dos áreas básicas: almacén y mano de obra, por ende, los resultados obtenidos dependen directamente del funcionamiento de sus procesos precedentes.

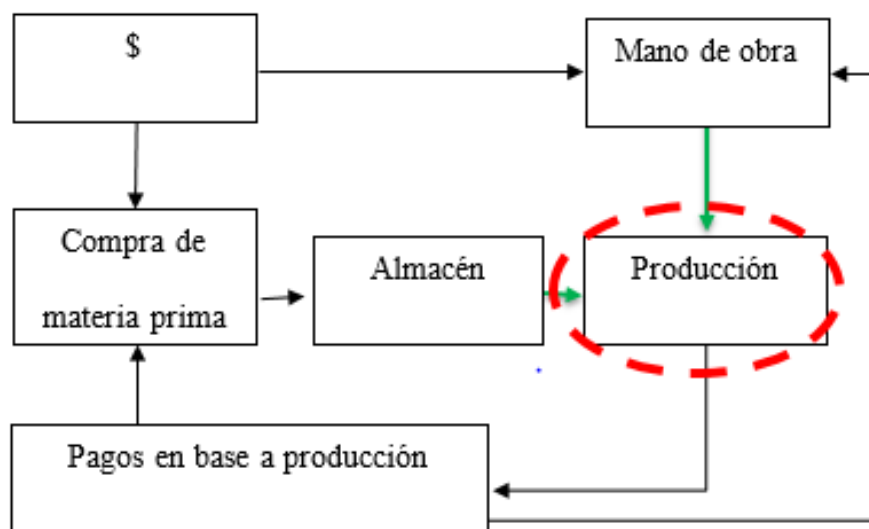


Figura 2.- Proceso general de un proyecto



Este estudio se enfoca en los almacenes como proceso clave para la ejecución de las actividades. En la construcción la forma de trabajo y manejo del inventario se desempeñan de la misma manera y con los mismos métodos desde hace décadas, sin la implementación de herramientas tecnológicas o nuevas técnicas que se utilizan en otras industrias en el país y el mundo, el resultado es el descrito anteriormente.

En los proyectos de construcción se tiene la particularidad de que cuando se cambia de proyecto, se cambia también de almacén, ya que el lugar del proyecto por lo general es diferente. En el transcurso de esta investigación se contó en el punto intermedio con el cambio de proyecto, por lo cual se quiso analizar el inventario final del almacén que estaba a punto de concluir para saber el aprovechamiento posterior

del mismo, así como también analizar la proporción de productos en inventario. En la tabla 1, se muestra a grandes rasgos los resultados obtenidos.

En este análisis se contó con la existencia de 187 artículos en inventario, el 44% de esos productos no se les estableció un precio (no existe método de selección, fue aleatorio en base al tiempo disponible). Aun así, estimando un valor monetario del 56% de los artículos, dio una suma de \$92075 pesos almacenados. De esa cifra el 29% es de pintura, con un análisis en sitio se atribuye dicha acumulación a la complejidad de manejo, las personas encargadas hacían pedidos incluso de colores que ya había en existencia, como consecuencia de lo anterior se encontró una necesidad de implementar un sistema de inventarios y una señalización adecuada dentro del almacén.

Tabla 1.- Inventario final de un proyecto

	MATERIAL	EXISTENCIAS	PRECIO UNITAR	IVA	\$ EN INVENTARIO	PORCENTAJE EN DINERO
4						
5	BLOCK	1		\$ -	\$ -	0.00%
15	BOQUILLA	2		\$ -	\$ 210.89	0.23%
22	CEMENTO	12		\$ -	\$ 1,796.00	1.95%
27	CINTAS	6		\$ -	\$ 3,197.17	3.47%
34	LLAVES	70		\$ -	\$ 7,712.93	8.38%
43	CORROSIVOS	3.5		\$ -	\$ -	0.00%
49	ELECTRICO	463.35		\$ -	\$ 4,719.33	5.13%
86	HERRAMIENTA	39		\$ -	\$ 3,434.55	3.73%
111	HERRAMIENTA MENOR	7		\$ -	\$ 210.82	0.23%
135	IMPERMEABILIZADA	3		\$ -	\$ 2,099.51	2.28%
140	LIMPIEZA	8		\$ -	\$ 73.90	0.08%
151	LOSA AZOTEA	150		\$ -	\$ 237.80	0.26%
160	MUEBLES BAÑO	28		\$ -	\$ 11,147.26	12.11%
170	PEGAMENTO PVC- CPVC	4		\$ -	\$ -	0.00%
178	PINTURA	30.75		\$ -	\$ 26,927.43	29.24%
216	PISO CERAMICO	28		\$ -	\$ 3,197.17	3.47%
227	TUBO PLUS	347		\$ -	\$ 2,205.76	2.40%
240	PLOMERIA GAS- COBRE- GALV	234		\$ -	\$ 11,972.27	13.00%
266	PUERTA	23		\$ -	\$ 8,416.96	9.14%
281	SELLADORES Y SILICONES	8		\$ -	\$ 278.40	0.30%
289	TEXTURAS MUROS	9		\$ -	\$ 860.31	0.93%
301	TORNILLERIA	5		\$ -	\$ -	0.00%
317	PVC-CPVC	399		\$ -	\$ 2,191.16	2.38%
374	YESO	5		\$ -	\$ 369.98	0.40%
377	REMATE VENTILA	23		\$ -	\$ 327.63	0.36%
381	TEXTURA TECHO	2		\$ -	\$ 488.29	0.53%
383	VENTANAS	5		\$ -	\$ -	0.00%
387	ROTOPLAS	14		\$ -	\$ -	0.00%
390					\$ 92,075.53	

Como se puede ver es una suma considerablemente alta, posterior al análisis realizado se estimó que solo el 36% de los artículos en inventario podía ser utilizado en el siguiente proyecto, si bien se trata de proyectos de casas residenciales pero el proyecto contaba con especificaciones muy diferentes. Lo antes mencionado resulta en un desperdicio que se convierte en una gran pérdida de dinero, se considera importante buscar técnicas y métodos que contrarresten estos resultados desfavorables.

Como se mencionó, la empresa sigue el método de administración convencional (registros manuales, pedidos basados en la intuición, entre otros) ocasionando imprecisiones, se rezagan en adoptar avances tecnológicos que en la mayoría de las empresas de las industrias ya hace años los integraron a sus procesos, en gran medida debido a que en la mayoría de empresas de otro giro (manufactura, alimentos, etc.) no se contempla el diseño y ejecución de proyectos complejos y únicos bajo circunstancias desconocidas (clima, aspectos legales, ubicación geográfica variable, entre otros), es decir, gran parte del rezago tecnológico se debe a la variabilidad de las condiciones físicas, administrativas, económicas, legales, ambientales, entre otras, que tienen un mayor peso el caso del ramo de la construcción. La visión en este caso de estudio es utilizar métodos comunes y fáciles utilizados usualmente en cualquier empresa sin importar su ramo, ayudando a

combatir las actividades indeseables detectadas a través del mejoramiento de la operación y administración del área de almacén.

#### Etapa II: Implementación de acciones

Con base en el panorama y los problemas detectados en la etapa I se establecieron varias propuestas de solución (Tabla 2), los pasos a seguir para la selección de herramientas o métodos dependen del contexto general del problema, el lugar donde serán aplicadas y los recursos disponibles de cada empresa, a continuación, se muestran los escenarios observados y algunas posibles mejoras a aplicar desde el punto de vista ingenieril. Posteriormente se seleccionaron las que se implementarían en este estudio, tomando en cuenta el tiempo de aplicación de cada una. Como se trata de acciones fáciles y rápidas como se mencionó en el marco teórico, se evaluaron y analizaron por medio de discusión verbal entre los interesados, tanto las implementaciones más factibles como las más comprometidas con los resultados esperados y se seleccionaron las expuestas en la Tabla 3. Como para el presente trabajo se pretende mejorar con Quick Wins (victorias rápidas) la eficiencia del área de almacén, se seleccionaron las propuestas que conllevan menos tiempo de implementación y al mismo tiempo son consideradas buenas para obtener un impacto significativo en los resultados en producción.



Tabla 2. Propuestas según escenarios observados.

Proceso	Contexto del problema	Herramienta/método de mejora	
<b>General</b>	Problemas de gestión de recursos	Uso de tecnologías básicas	
		Integrated Project Delivery (IPD)	
		Building Information Modeling (BIM)	
		Last planner	
<b>Compra de materia prima</b>	Recorridos excesivos	Sistema de comunicación	
		Disminución de proveedores	
		Exceso o falta de material en producción	Enlace con el inventario
		Gran variedad de materiales	Compactar pedidos/ sistema de pedidos
<b>Bodega</b>	Los materiales no se encuentran con facilidad	5,s	
	Exceso o falta de material en producción	Sistema de inventarios	
		Rediseño del área de almacén	
<b>Producción</b>	Retrabajos	One piece flow	
		Sistema Pull	
		Trabajo constante en los productos/ no tiempo muerto	
		Calidad deficiente	Calidad total
<b>Mano de obra</b>	El tiempo consume la utilidad del proyecto	Last planner	
	Especializada	Estandarización de precios	
	Consumo incontrolado de recursos	Sistema de control de pagos	
	Trabajan con base en el material disponible sin cumplir con el plan de trabajo	Last planner	

Tabla 3.- Propuesta de solución

PROPUESTAS	• TIEMPO APROXIMADO DE IMPLEMENTACIÓN
Rediseño del área de almacén	• 4 semanas
Rediseño del sistema de pedidos	• 1 semana
Toma de tiempos en producción e impacto de almacén en los mismos	• 2 meses
Uso de tecnologías básicas	• 1 semana

El sistema de gestión básico que se propone se basa en dos fases, la primera consiste en el rediseño del sistema de pedidos por parte de producción y como complemento el uso de tecnologías básicas para mejorar la comunicación entre ambas áreas.

En el diagrama representado en la figura 3, se muestra de forma concreta la relación del uso de nuevas herramientas y métodos en almacén aunado al área de producción para propiciar mejores resultados.



**Figura 3.-** Acciones implementadas en el estudio

### Rediseño del sistema de pedidos

En la empresa bajo estudio se observó una deficiencia al momento de llevar a cabo el requerimiento de materia prima para producción, en primer lugar, es inexistente, es decir, el material que se consume en obra no se programa, si bien en ocasiones existen programas de obra, pero el 99% de las semanas se cambia, debido a que no existe el material que se va a utilizar o la mano de obra que se requiere no está disponible.

La fabricación de casas subsiste bajo el consumo constante de material que está en almacén, que por tratarse de una cantidad elevada (505 aproximadamente) resulta complicado controlarlos dejando por fuera la administración, por la naturaleza de trabajo rápido en este sector se trabaja con lo que se tiene y no con lo que se ocupa, por la falta de coordinación con producción y mano de obra en ocasiones el proceso de obra se ve detenido. Existe una deficiencia

también al no controlar el material que va requiriendo cada lote de casa y tampoco se tiene un estándar de lo que lleva cada una de las edificaciones y lo que ya ha sido utilizado en ellas.

El no controlar lo que se consume por casa se debe principalmente a la naturaleza del trabajo en la construcción, y a la complejidad del mismo producto, que por ser de gran tamaño y con cientos de insumos, se vuelve complicado controlarlos todos. Comúnmente la industria de la construcción se basa en el requerimiento de insumos "pieza por pieza" y conforme se va requiriendo por los trabajadores, una solución rápida en cuanto a lo observado es la clasificación y consolidación de paquetes para reducir los pedidos de 505 posibles materiales a solo 15 opciones.

Este sistema forma dichos paquetes con base en la separación de la fase de

construcción a ejecutar (cimentación, muros, azotea, etc.) y la tarea a realizar (plomería, electricidad, estructuras de acero, etc.). esto con el fin de que se tenga un trabajo conjunto con mano de obra (factor importante en producción) y cada persona en lugar de hacer una lista de 40-80 productos (dicha lista no existe por el tiempo que implica hacerla) solo ocupe 1 que englobe todo.

El nuevo sistema de requerimientos por parte de producción (Figura 4), se maneja por medio de paquetes, es decir, no se aceptan pedidos por pieza, el pedido se realizará a partir de 3 distintivos: Prototipo (modelo de la casa), proceso y actividad dentro del proceso.

La cantidad de materiales por cada tarea en un solo proceso en un determinado modelo de construcción contempla en promedio 20 productos diferentes, el sistema viejo que consiste en pedir productos y materiales uno por uno propicia el descontrol. La implementación de este nuevo método de paquetes predefinidos, inclina a un mejor control y ayuda a simplificar la lista de materiales a pedir, usando un solo ID (ver figura 4) para varios productos en lugar de escribirlos uno a uno, así el trabajador solicita el paquete que va a necesitar según la tarea, proceso y prototipo en que se encuentre trabajando, evitando el pensar qué le hace falta, cómo se llama el material, las cantidades de los mismos, etc...

PROTOTIPO	ID	PROCESO	TAREA	PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDADES
A	A-CP01	CIMENTACION	PLOMERIA	PRODUCTO 1		
				PRODUCTO 2		
				PRODUCTO N		
	A-CE01	CIMENTACION	ELECTRICO	PRODUCTO 1		
				PRODUCTO 2		
				PRODUCTO N		
	A-C...	CIMENTACION	...	PRODUCTO 1		
				PRODUCTO 2		
				PRODUCTO N		
	A-MP01	MUROS	PLOMERIA	PRODUCTO 1		
				PRODUCTO 2		
				PRODUCTO N		
A-M...	MUROS	...	PRODUCTO 1			
			PRODUCTO 2			
			PRODUCTO N			
...		AZOTEA	PLOMERIA	PRODUCTO 1		
			PRODUCTO 2			
			PRODUCTO N			
...		AZOTEA	ELECTRICO	PRODUCTO 1		
			PRODUCTO 2			
			PRODUCTO N			
B	...	...	...	...	...	...

El ID se usara para el pedido de materiales, incluye lo necesario para llevar a cabo esa parte del proceso y elimina el desagste de pedir pieza por pieza.

Figura 4.- Nuevo sistema de pedidos a almacén

Los materiales que conforman cada paquete no son calculados al azar, se obtienen a través de los planos de diseño de cada uno de los modelos (tipos de casas) del proyecto o desarrollo inmobiliario, por lo tanto, la cuantificación de materiales es

exacta o muy apegado a la realidad, dejando de lado las acciones tomadas por intuición o cálculos sobre la marcha. Dichos cálculos para cada paquete se obtienen de un trabajo conjunto entre residente de obra y mano de obra directa en producción.

### Uso de tecnologías básicas

Aunado al método descrito anteriormente, se realizó como complemento un documento electrónico para el control y actualización de los niveles de inventario con la ayuda de Microsoft Excel y tecnología móvil, este programa se utiliza para actualizar en tiempo real lo que se consume en producción y con lo que el Esta técnica tiene relación con el método propuesto anteriormente ya que en conjunto darán como resultado un mejor flujo de materiales en el proceso de producción y disponibilidad de materia prima en tiempos más cortos.

A continuación, se describe a grandes rasgos y de forma gráfica la función del sistema de inventario electrónico antes descrito.

Como se muestra en la figura 5, el usuario que utilice este documento tiene varias opciones: dar de alta un nuevo producto (que en este caso se manejaron como

administrador observa y toma decisiones en el área de compras (insumos, tiempos y cantidades), sirve para comparar lo que se tiene con lo que está programado a consumirse.

La información que contenga este documento electrónico compartido servirá para generar un historial que ayude en futuras tomas de decisiones y planeación. paquetes), modificar un producto y dar entradas y salidas (figura 6) a los mismos cuando se realicen compras o envíos a obra.

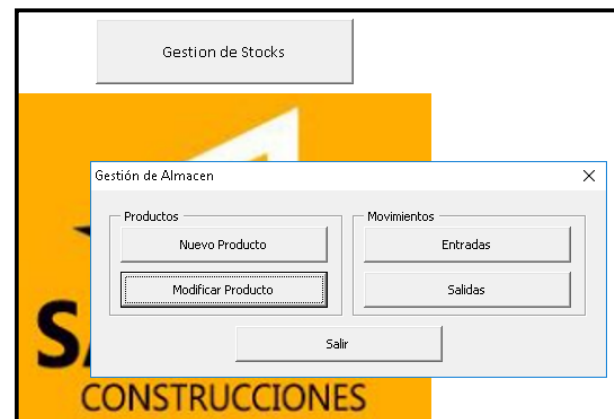


Figura 5.- Visión general del programa

Figura 6.- Visión de la plantilla de salidas de material

La información que se capture en este sistema se irá directamente a una base de datos que servirá al momento de hacer requerimientos de materiales a proveedores, hacer una programación de pedidos y simplificar las tareas de transporte y tiempos que conllevaba estas actividades.

Como ya se mencionó, la base de datos tendrá en tiempo real la disponibilidad de los materiales, así también se sabrá el destino de cada uno de ellos, es decir, cuándo, cuánto y dónde se utilizaron.

Como se observa en estas capturas de las ventanas del sistema de inventario implementado, su utilización es simple y sólo demanda de una capacitación inicial que no requiere de una gran inversión de tiempo, pero su efectividad ha demostrado

que la inclusión de herramientas tecnológicas en los procesos internos de las empresas de la industria de la construcción es muy necesaria y altamente efectiva.

#### Etapa III: Evaluación

En la figura 7, se puede observar que, comparando los valores que se tenía antes de la implementación de la metodología en las áreas de producción, almacén y compras, con aquellos obtenidos después de esta son sumamente favorables.

Existen diversas maneras de realizar la evaluación, en este caso se realizó mediante la comparación directa (uno a uno) de diversos subprocesos dentro de las áreas involucradas, para medir la diferencia entre el antes y el después.

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los resultados básicamente son los mencionados en la figura 7, aunado a eso como se mencionó anteriormente, la implementación de una herramienta electrónica en almacén ayudará a controlar el consumo de materia prima en producción, ya que se va a saber en tiempo real el consumo de paquetes (figura 8). Con la implementación de pedidos por paquetes ahora resulta más fácil a los encargados de proyectos hacer las proyecciones de pedidos debido a que

saben lo que les hace falta a través de las distintas clasificaciones (cimentación, muros, azotea, etc.), y a las divisiones de las mismas (plomaría, eléctrico, acero, etc.). Además, de que resulta sencillo identificar cuándo ya se va a terminar un proyecto y poder evitar los resultados antes obtenidos anteriormente (etapa I). Con el control de paquetes proporcionados a producción se puede observar el nivel de avance en obra y el material que falta para el término del proyecto.

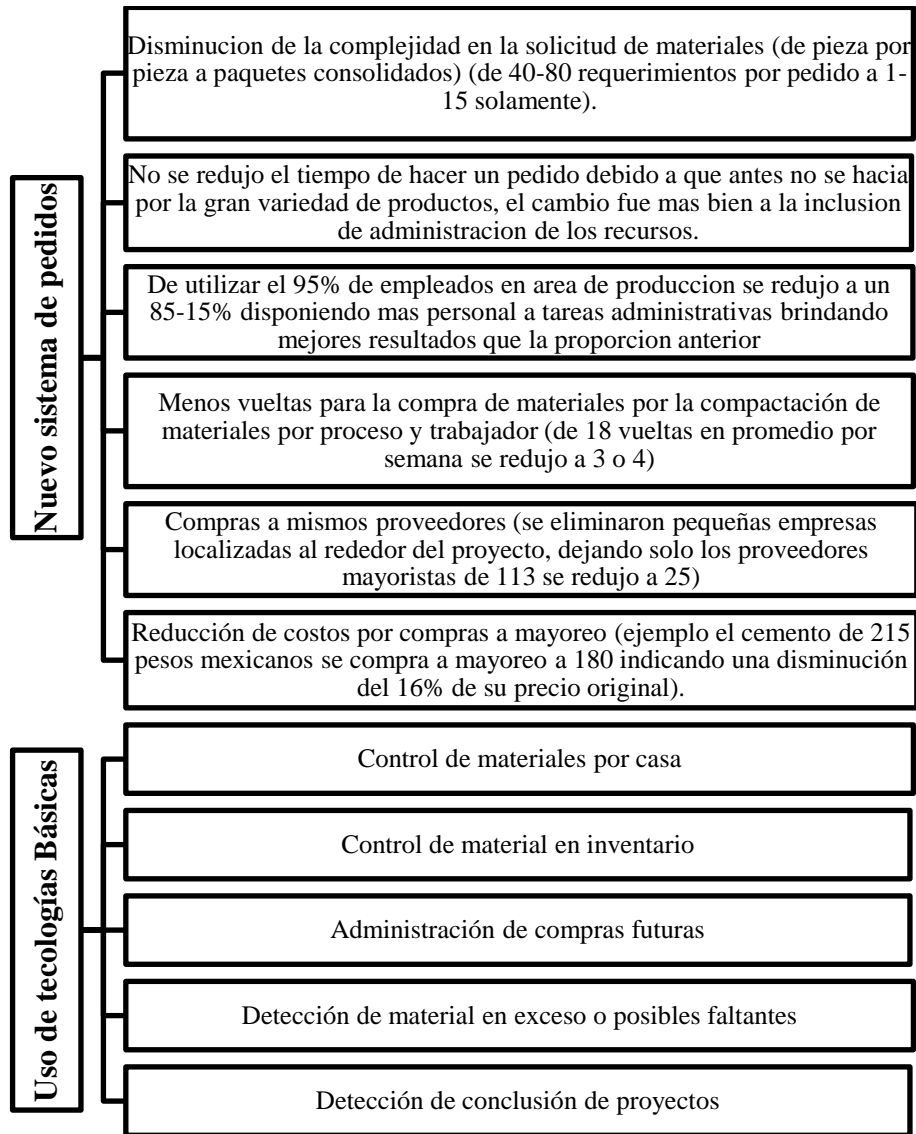


Figura 7.- Resultados de las acciones implementadas

PAQUETE	Casa 17	Casa 18	Casa 19	Casa 20	Casa 21	Casa 22	Casa 23	Casa 24	Casa 25	Casa 26
CIMENTACIÓN-PLOMERIA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CIMENTACIÓN-ACERO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CIMENTACIÓN-ELECTRICO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MUROS1-PLOMERIA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MUROS1-ELECTRICO	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
MUROS1-BLOCK										
MUROS1-ACERO										

Figura 8.- Control de paquetes



Las acciones implementadas y una mejor administración del área de almacén de la empresa constructora, ha resultado ser clave para el flujo del proceso de producción, ayudándolo a que se comience a ver una reducción y uniformidad en los tiempos de construcción, esto se debe en gran parte a que con la ayuda del sistema de inventario se mejoró la disponibilidad de los materiales (teniendo disponibilidad el 95% de las veces), tanto en cantidad y tiempo, también menor número de desperdicios, la disminución de los pedidos que la empresa hace a sus proveedores al consolidar compras por volumen, y no sólo pieza por pieza, además de reducir los tiempos de pedidos.

Simplemente al complementar apropiadamente el área de producción con la de almacén y tecnologías adecuadas, viéndolas como lo que son, partes de un sistema general que deben de trabajar

considerando las necesidades y requerimientos de las demás, se logran observar posibles oportunidades de mejora que de otra forma sería muy difícil detectar; este es el caso con la elaboración de "paquetes de materiales" que se surten al área de producción dependiendo del nivel de avance que se tenga producción (en cada una de las viviendas), facilitando el flujo de materiales y el surtido a tiempo de los mismos.

Estas mejoras en el área de almacén están comenzando a mejorar el flujo de información entre la obra y la gerencia en tiempo real, con la utilización del sistema de inventario y dispositivos móviles, clave para la futura programación precisa de tiempos, cantidades y tipos de materiales que se deberán realizar, aunque el desarrollo inmobiliario aún se encuentre en la etapa de diseño y definición de presupuestos.

### Discusión

La mayoría de las empresas del ramo de la construcción en el estado de Sonora presentan cierto nivel de resistencia al cambio en cuanto a la implementación de tecnologías y técnicas de mejoramiento que empresas de otras industrias ya utilizan desde hace décadas, existen grandes oportunidades que pueden ser aprovechadas, las implementaciones de mejora que en este caso de estudio se mostraron, lograron beneficios en el corto y mediano plazo sin la necesidad de la inversión de grandes cantidades de recursos, ya sea tiempo o dinero, o cambios

radicales en las áreas y sus procesos internos.

Para lograr que la cadena de mejoras aumente, se propusieron acciones para su puesta en marcha en la empresa en un futuro cercano, siguiendo con la ideología de rápida implementación y bajo consumo de recurso:

1. Bajo las actuales y futuras tendencias, las cuales reflejan una necesidad de reducir el crecimiento horizontal del espacio físico ocupado por las instalaciones destinadas para almacenar materiales y aprovechar el espacio físico por la altura disponible, se propone comenzar con el rediseño del

almacén, enfocándose en la utilización de estantería que aproveche mejor la altura de la bodega. Esto permitirá que se aproveche mejor la superficie disponible, reduzcan los movimientos y distancias recorridas por los operarios encargados del almacén, aumentando su eficiencia al momento de acomodar las entradas y surtir los pedidos o paquetes para el área de producción.

2. Elaborar una programación detallada del proceso de construcción de los distintos tipos de viviendas que se construyen para estimar los tiempos necesarios que cada subproceso de la obra necesita, con lo que se podrán realizar proyecciones de materiales y de paquetes de los mismos de forma más precisa, contando con las cantidades necesarias (ya resuelto) en los tiempos necesarios para cumplir con el programa general de producción de la empresa.

3. La correcta señalización y etiquetado de aquellos productos que deben de ser manejados individualmente (sacarlos de su empaque y manejarlos a granel), es otra de

las propuestas que se recomienda implementar próximamente, esto mejora el acomodo e identificación al momento de surtir los pedidos del área de producción, evitará el desperdicio de materiales y propiciará la correcta captura de salidas en el sistema de inventario.

4. Como estas existen otras técnicas y herramientas, sin importar si son del tipo tecnológico o no, que mejorarán el desempeño del área de almacén y de todas aquellas que se relacionan con esta de una u otra forma.

Este trabajo apoya a empresas que trabajan en este ramo con literatura para el área de almacén y algunos de los temas relacionados con este, los resultados obtenidos al igual que otros estudios que sirvieron de referencia para este estudio como el de Saavedra y Tapia (2013), el de Soto (2012) y el de González, Arcudia, y Álvarez (2002) apoyan el desarrollo del sector empresarial y sirven de guía para la inserción en nuevas líneas de investigación.

## CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de la situación actual en una empresa mexicana del sector de la construcción, se detectó la necesidad de pasar de los modelos tradicionales de administración a un nivel un poco más avanzado, esto para hacer frente a los cambios que están dándose en el entorno productivo.

Se han analizado los métodos de administración y control de proyectos

constructivos en dicha empresa, comprobando que deben de evolucionar hacia la utilización de nuevas técnicas o herramientas de trabajo, por ejemplo, el uso de una metodología clara y fácil de implementar para obtener resultados rápidos, y es con esta idea en mente que surgió la metodología de tres etapas que permitió de una manera sencilla y con la inversión de pocos recursos (tiempo,

dinero, capacitación), el comenzar a obtener resultados positivos en cuanto a la compra, control, disposición y suministro de los distintos materiales requeridos en el proceso de "Obra", ayudando a reducir los tiempos de surtido Almacén-Obra, mejorar la adquisición de grandes volúmenes de materiales a menores precios, controlar el grado de avance y de insumos invertidos por casa en construcción, detección de excesos o faltantes de material, entre otros beneficios antes descritos.

Si se toma en cuenta que la gran mayoría de empresas de este sector están siendo administradas de la manera "tradicional", esta metodología pudiera ser la clave para

#### REFERENCIAS

Bautista, M. (2015). *Aplicación de Lean Construction a través de un Sistema Kanban en un estudio de arquitectura* (Trabajo de grado). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/59858>

Porras, H.; Sánchez, O. & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32–53. Recuperado de <http://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298/235>

Escrivá, J. & Savall, V. (2005). *Almacenaje de Productos*. México: McGraw-Hill.

Faisal, A. (2014). *Construction Project Management Research Compendium* (Vol. 5). UK: Nova Science Pub Inc.

Ghio, V. & Bascuñan, R. (1993). Innovación de la tecnología en la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 0(i), 9–18. Recuperado de

la inclusión de nuevas tecnologías que apoyen y modernicen a la industria de la construcción en el sector al darle la relevancia que el área de almacén merece como un primer paso.

Finalmente, hay que recalcar que la metodología fue implementada de forma rápida, se obtuvieron resultados favorables en un corto plazo (2 semanas) después de iniciar a trabajar con ella, y se espera en un futuro trabajo presentar, con datos reales, las cifras oficiales obtenidas a lo largo de todo un nuevo proyecto de construcción para compararlo con los valores obtenidos con anterioridad en otros desarrollos residenciales.

<http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/360>

Gonzalez, J.; Arcudia, C. & Álvarez, S. (2002). Sistema para la administración de materiales en proyectos de construcción masiva de vivienda. *Revista Ingeniería Industrial*, 23 (2), 3-11.

Kasim, N. (2015). Intelligent Materials Tracking System for Construction. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 47 (2), 218–230. DOI: <http://dx.doi.org/10.5614%2Fj.eng.technol.sci.2015.47.2.11>

Martínez, J. (2011). Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22741.42725>

Radchenko, A. & Petrochenko, M. (2014). Logistics of processes of building materials warehousing. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 1(905), 32–39.

- Reis, A.; Stender, G. & Maruyama, U. (2017). Internal logistics management: Brazilian warehouse best practices based on lean methodology. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 26(3), 329–345. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2017.081965>
- Roy, R.; Brown, J. & Gaze, C. (2003). Re-engineering the construction process in the speculative house-building sector. *Construction Management and Economics*, 21(2), 137–146.
- Saavedra, M. & Tapia, B. (2013). El uso de las tecnologías de información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. *Enlace Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 10(1), 85–104.
- Sangers, J. (2017). “Quick Wins”: las cosas pequeñas te cambian la vida. Recuperado de <http://www.asthma-uk.co.uk/asthma4.htm>
- Soto, J. (2012). Como lograr ventajas competitivas en el sector de la construcción a través de la logística (Tesis Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1302>

#### **Autores**

**Luis Felipe Romero Dessens.** Profesor, Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora, México. Profesor con Perfil PRODEP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8431-6365>

Email: [luisfelipe.romero@unison.mx](mailto:luisfelipe.romero@unison.mx)

**Jaime Alfonso León Duarte.** Profesor, Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora, México. Profesor con Perfil PRODEP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8874-0529>

Email: [jleond@industrial.uson.mx](mailto:jleond@industrial.uson.mx)

**Daniela Michelle Alvarado Coronado.** Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1137-9653>

Email: [a210215118@alumnos.uson.mx](mailto:a210215118@alumnos.uson.mx)

**Mucia Lorena Llanes Robles.** Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9402-9538>

Email: [lorena.llanes.0@gmail.com](mailto:lorena.llanes.0@gmail.com)

**Ezequiel Alonso Sanz Moreno.** Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9086-2269>

Email: [a211200120@alumnos.uson.mx](mailto:a211200120@alumnos.uson.mx)

Recibido: 04-12-2017

Aceptado: 09-04-2018