

# A multi-criteria operational approach for maximizing key-processes performance in a construction SME Peruvian company

Luis Alvarado<sup>1</sup>, José Santos<sup>1</sup>, Juan Quiroz<sup>1</sup> and Jose Alvarez, PhD<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) Lima-Perú,  
u201415137@upc.edu.pe, u201414769@upc.edu.pe and pciijqui@upc.edu.pe

<sup>2</sup>Dirección de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) Lima-Perú,  
pciijalv@upc.edu.pe

*Abstract— An improvement in the planning, supply and execution processes is proposed through a multi-criteria approach based on the application of BPM. For the development of the proposal were taken as a reference the different methodologies identified in the literature of the subject, which were integrated and resulted in the stages of identification, discovery, analysis, redesign, implementation and control of processes. It was identified that the main problem of the company in study was that their processes were not focused on a defined development methodology, were too extensive and lacked communication with each other. This caused inefficiency in them and, therefore, losses in the company.*

*Keywords— Business process management, Operations process management, Multi-criteria operational approach, Small-medium construction enterprise.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.39>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Un enfoque operacional de criterios múltiples para maximizar el rendimiento de los procesos clave en una empresa peruana de construcción Pyme

Luis Alvarado<sup>1</sup>, José Santos<sup>1</sup>, Juan Quiroz<sup>1</sup> and Jose Alvarez, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) Lima-Perú,  
u201415137@upc.edu.pe, u201414769@upc.edu.pe and pciijqui@upc.edu.pe

<sup>2</sup>Dirección de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) Lima-Perú,  
pciijalv@upc.edu.pe

*Resumen- Se propone una mejora en los procesos planificación, abastecimiento y ejecución a través de un enfoque multi-criterio basado en la aplicación del BPM. Para el desarrollo de la propuesta se tomaron como referencia distintas metodologías analizadas en la literatura del tema, las cuales se integraron y tuvieron como resultado las etapas de identificación, descubrimiento, análisis, rediseño, implementación y control de procesos. Se identificó que el problema principal de la empresa en estudio era que los procesos mencionados carecían de una metodología de desarrollo definida, eran demasiado extensos y carecían de comunicación entre sí. Esto originaba ineficiencia en los mismos y, por ende, pérdidas en la empresa. A través de esta investigación fue posible plantear una propuesta de mejora integral que brinde solución a dichos problemas. La implementación de soluciones de negocio como el BPM en empresas pymes constructoras en el Perú representa un desafío profesional para la gerencia de las mismas. Los investigadores y profesionales de este tipo de organizaciones deben tomar las herramientas y criterios planteados como fuente potencial de mejora e impulso de su desarrollo.*

*Palabras Claves – Business process management, Operations process management, Multi-criteria operational approach, Small-medium Enterprise*

*Abstract- An improvement in the planning, procurement and execution processes is proposed through a multi-criteria approach based on the application of the BPM. For the development of the proposal, different methodologies analyzed in the literature were taken as reference, which were integrated and resulted in the identification, discovery, analysis, redesign, implementation and process control stages. It was identified that the main problem of the company under study was that the aforementioned processes lacked a defined development methodology, were too extensive and lacked communication among them. This caused inefficiency in them and, therefore, losses in the company. Through this investigation it was possible to propose a proposal for integral improvement that provides a solution to these problems. The implementation of business solutions such as BPM in construction companies in Peru represents a professional challenge for the management of them. Researchers and professionals of this type of organization must take the tools and criteria proposed as a potential source of improvement and boost their development.*

*Keywords -- Business process management, Operations process management, Multi-criteria operational approach, Small-medium Enterprise*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.39>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector construcción posee una participación del 5,79% del Producto Bruto Interno (PBI) en el Perú [1], representando uno de los principales motores de la economía del país al tener un importante efecto multiplicador en su actividad, impactando a través de su desarrollo a otros sectores productivos y concatenando la economía del país de manera general [2]. Asimismo, las pymes en el Perú constituyen el 42% de la generación del PBI total del país, el 98% de su total de empresas y el 80.96% de la población económicamente activa [3]. En ese sentido, se identifica la importancia del sector y de la amplia participación de las empresas pymes en el mismo.

Se define que en las pequeñas y medianas empresas, la toma de decisiones está usualmente sujeta al criterio de una sola persona y es realizado de manera intuitiva [4]. Asimismo, sus procesos relacionados son demasiado informales y, por ende, ineficientes [5]. Este concepto no escapa de las organizaciones asociadas a la industria de la construcción, las cuales buscan regirse de las buenas prácticas del sector [6], pero que operan sin una metodología de desarrollo estructurada, presentan deficiencias en sus procesos y falencias que incrementan proporcionalmente a su nivel operacional y a la magnitud de los mismos [7] [8].

En las prácticas de las diferentes organizaciones, independientemente de su tamaño, se busca asociar la toma de decisiones a la estimación de la rentabilidad o rendimiento de un proyecto, de la mano con su nivel de riesgo asociado [4]. Es así como se deben enfocar los esfuerzos de la gerencia en las pequeñas y medianas organizaciones en mejorar continuamente su desempeño, a través de herramientas sin mayor complejidad de implementación y que no afecten su situación económica a través de grandes inversiones. Bajo este escenario y acorde al principio de simplicidad del BPM y a que su implementación se cataloga como económica [9], se identifica a esta como una solución de negocio viable.

La literatura define a los procesos de BPM como conjuntos estructurados de actividades diseñadas para crear productos o brindar servicios específicos [10]. Su estructura de desarrollo se divide en procesos centrales, de soporte y de

gestión [7]. Los procesos centrales crean valor para los clientes, los procesos de soporte aseguran que los procesos centrales continúen funcionando, y los procesos de administración ayudan a planificar, monitorear y controlar otros procesos [11].

Dentro de los procesos centrales, por ejemplo, se menciona que la efectividad en el proceso de planificación en la industria de la construcción representa el top-ten de los indicadores más importantes de la misma, abarcando factores como costos y duraciones planificadas versus costos y duraciones reales, y teniendo asociado un Indicador de Importancia Relativa (RII) de 75.0% [12]. Este indicador, acompañado de la eficiencia en la ejecución (74.2% RII) y la eficiencia en el abastecimiento o aprovisionamiento específico de materiales (66.7% RII) forman la base para construir un modelo de evaluación de desempeño en empresas constructoras de distintos tamaños, tomando como punto de partida este estudio de benchmarking realizado por los autores en mención.

En la revisión de la literatura sobre el tema se evidencia una brecha entre la aplicación del BPM de manera individual y sumamente cuadrículada a través de la elaboración y documentación de decenas de procedimientos para perseguir un mejor flujo de información o trabajo y el análisis de una mejora estructurada a través de múltiples criterios para abarcar con mayor amplitud los problemas de una organización mediana perteneciente a la industria de la construcción, que sea eficiente en el corto, mediano y largo plazo. En resumen, la potencial efectividad del BPM en asociación con otros criterios o técnicas para su desarrollo de manera sinérgica aún no se ha investigado a detalle, siendo esta una situación tomada como motivación para la presente investigación.

En ese sentido, en el presente artículo se propone integrar diferentes herramientas de la ingeniería industrial como el BPM y el MRP, con la finalidad de reducir los sobrecostos operativos de la empresa en estudio a través de la mejora de los procesos de planificación, abastecimiento y ejecución anteriormente descritos. El objetivo de la investigación será reducir los costos en materiales, maquinaria, mano de obra y penalidades incurridas por incumplimiento de fechas pactadas, así como aumentar el nivel de satisfacción del cliente y, por ende, aumentar la rentabilidad de la empresa.

A continuación, se presenta el diseño general de la propuesta de mejora en la Figura 1, la cual consta de cuatro etapas fundamentales:



Fig 1. Diseño general de la propuesta

El contexto analizado brinda la base necesaria para el desarrollo de la presente investigación, identificando las principales características de las empresas pymes

constructoras, la viabilidad del BPM en referencia a las mismas y los factores críticos a tomar en cuenta para la ejecución de la propuesta de mejora de procesos descrita. Es así como la investigación se basa, en líneas generales, en el desarrollo de una propuesta basada en el BPM que integra diversas herramientas que trabajen de manera sinérgica con la misma y que potencien sus beneficios.

En las siguientes secciones se describirá el estado del arte, donde se recabará, depurará y analizará la literatura encontrada acerca del BPM y sus diferentes enfoques a lo largo del tiempo y en distintos contextos sociales, económicos y culturales. Asimismo, en el apartado de método se detallará cómo se realizará la investigación, es decir, cómo se obtendrá la data de la situación actual, cómo se realizará el diagnóstico, que abarca la identificación del problema principal de investigación y sus causas asociadas a través de las herramientas de ingeniería industrial, la construcción y detalle de la propuesta técnica innovadora y la validación, donde se analizará la viabilidad, el medio de evaluación y los resultados obtenidos de la presente investigación. Luego, se presentarán los resultados de la investigación, desde la situación actual de la empresa en estudio hasta la situación post-investigación y cómo se llegó a la misma. Finalmente, se discutirán los resultados de la investigación y se presentarán las conclusiones y limitaciones de la misma.

## II. ESTADO DEL ARTE

Existe una vasta cantidad de investigaciones sobre la mejora de procesos en diversas organizaciones mediante el uso del BPM. La literatura sobre el tema define que la implementación del BPM como solución de negocio tiene como resultados principales el aumento de las utilidades de la organización a través del mejoramiento de sus productos finales, el mejoramiento de los flujos generales internos y externos de información, la optimización en la eficiencia de los procesos y el incremento de la satisfacción del cliente [13] [14] [15] [10]. Estos resultados son los usualmente perseguidos por los profesionales e investigadores que buscan implementar BPM en sus organizaciones, acompañado, a su vez, de un sentido de madurez organizacional. Este enfoque está orientado a mejorar la rentabilidad de las organizaciones basado en la reingeniería de procesos y en donde las actividades de la empresa son repetitivas en ciertos tramos o procesos de la cadena de valor [5].

Por otro lado, se sostiene también que el enfoque del BPM debe ser estructurado y longitudinal, debiéndose aplicar a lo largo y ancho de toda la organización y a través de un enfoque marcado de mejora continua, independientemente del tamaño y la complejidad de la organización. Este enfoque plantea como principales resultados un cambio en la cultura organizacional de las empresas en las que se implementa BPM y un aumento de valor basado en la identificación y mejoramiento de la interdependencia de los procesos en el flujo de trabajo [16] [17] [9] [11], los cuales contemplan un

enfoque orientado a la estandarización como paso inicial a la aplicación de otras mejoras, en búsqueda del mejoramiento continuo. Los autores mencionan que, dado que los proyectos de implementación del BPM usualmente se enfocan erróneamente en procesos únicos, sugieren que este debe tener un enfoque integral, abarcando todos los procesos a lo largo de la cadena de valor y no concebirse únicamente como un modelado de procesos, sino como un ejercicio estratégico, metodológico, técnico e incluso social.

A través de la revisión de la literatura en mención, se define que existen diferentes enfoques acerca del BPM que son afectos a los diversos contextos en los que se desarrolla su metodología, así como los factores externos que influyen en la adaptabilidad de la misma a distintas organizaciones. En este sentido, se sintetiza el análisis realizado sobre los aportes de los diferentes autores encontrados a través la Tabla 1, que relaciona su despliegue con el enfoque que estos adoptaron sobre el tema.

Tabla 1. Relación de enfoques BPM con autores del tema

Autores	Mejora de producto final	Mejora de flujo de información	Eficiencia de procesos	Incremento de satisfacción del cliente	Mejora de cultura organizacional
Sandhu & Gunasekaran (2004)	X	X	X		
Kohlbacher & Reijers (2013)					X
Vom Broke et al (2014)		X		X	X
Haddad & Ayala, (2016)		X	X	X	
Dave (2017)			X	X	
Dachyar & Sanjiwo (2018)	X		X		
Giacosa, Mazzoleni & Usai (2018)	X		X		X

En la tabla anterior se observan los autores que desarrollaron aportes sobre el BPM de manera cronológica y los diferentes aportes que estos adoptaron en sus soluciones ante los diferentes casos de estudio sobre los que trabajaron. A través de esto, se concluye que la literatura abarca aplicaciones del BPM en distintos sectores, con diferentes fines o propósitos y a través de diversos enfoques. El BPM ha ido desarrollándose y diversificándose a través del tiempo, siendo cada vez más orientado a generar beneficios a largo plazo y dejando de lado aquellas organizaciones que buscan las bondades de su implementación en menores lapsos de tiempo [18]. Se observa que, a diferencia de otras metodologías, el

BPM se trabaja bajo un único criterio de estandarización que brinda un flujo de trabajo estructurado y continuo, pero que no ataca de manera contundente los potenciales procesos críticos en una organización a través de la integración de otros criterios, enfoques o técnicas [19]. Es así como el valor diferencial de la investigación es el lograr incorporar otras soluciones que complementen el objetivo primordial del BPM de crear un flujo de información y trabajo eficiente, que sea estandarizado, integral y que presente beneficios en un menor lapso de tiempo.

### III. MÉTODO

En la presente investigación se propone desarrollar un método que comprende cuatro etapas, las cuales son: Análisis inicial, propuesta técnica innovadora, análisis final y el análisis de resultados. A continuación, se presenta la figura 2, en la cual se muestra gráficamente la secuencia del método aplicado a lo largo del proyecto de investigación aplicada:

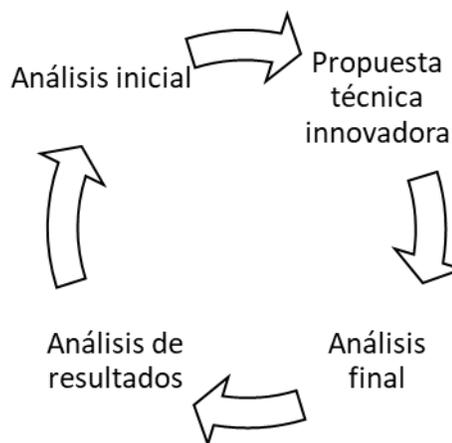


Fig 2. Etapas del método propuesto.

En los siguientes párrafos, se describe las etapas mencionadas anteriormente:

Etapa 1: Se realiza el análisis de la situación de la empresa con el objetivo de identificar posibles problemas en la actualidad. Este análisis se basa en la recolección de información a través de la extracción de datos históricos, el levantamiento de información en campo, entrevistas y encuestas realizadas al personal. Asimismo, es importante mencionar que, en esta etapa es fundamental la interacción con el personal del staff de la empresa, el cual valida y brinda los criterios de depuración de información necesarios para obtener data de calidad. Luego de realizar la recopilación de información relevante, se elabora una matriz de priorización con el objetivo de identificar el principal problema. Luego de ello, se elabora un Diagrama de Ishikawa con el fin de identificar las causas raíces que originan el problema identificado previamente y se propone herramientas de

ingeniería industrial que permitan reducir o eliminar dichas causas.

Etapas 2: Se realiza el diseño de la propuesta técnica innovadora, el cual comprende la implementación de Gestión por Procesos (BPM) junto a Planeamiento de Requerimiento de Materiales (MRP).

En primer lugar, se diseña la gestión por procesos (BPM), en la cual se busca establecer una situación proyectada (“to be”) de la empresa. La esencia de esta etapa se basa en el agrupamiento o eliminación de actividades que no generan valor ni al proceso, ni al producto generado por la organización, buscando eliminar tiempos improductivos y, de esa forma, optimizar los procesos y generar rentabilidad. Es aquí donde se establece la meta de la propuesta de mejora. Cabe recalcar que en esta etapa se hace referencia al paso anterior, tomándola como base para establecer así la meta mencionada anteriormente.

En segundo lugar, se diseña el planeamiento de requerimientos de materiales (MRP), en el cual se busca disminuir el exceso de materiales en la empresa y optimizar su rentabilidad a través de esta. Esta herramienta consta de establecer un plan de abastecimiento acertado, que permita pedir la cantidad exacta de materiales que se necesitan, en la fecha en la que se requieran y como sean necesarios. La etapa culmina con la integración del MRP a la herramienta anterior, contribuyendo a la generación de valor que esta tiene como objetivo.

Etapas 3: En la presente etapa, se realiza el análisis de los resultados posterior a la implementación de las herramientas propuestas sobre un proyecto piloto. Como parte del análisis, se evalúan los siguientes indicadores: Rendimiento de tiempo, rendimiento de costos, demoras en el lead time de aprovisionamiento y el índice de exceso de materiales. La información obtenida en esta etapa se da a través de los registros generados por los softwares utilizados; así como, en los registros físicos y virtuales generados por los empleados. Asimismo, se evalúa la efectividad y la eficacia de la propuesta de investigación.

Etapas 4: Finalmente, se debe realizar el análisis de resultados a través de un cuadro comparativo de indicadores, en el cual se muestra la comparación de los resultados iniciales y los resultados obtenidos mediante el proyecto piloto, con el objetivo de evaluar la variación de los resultados y determinar si son aceptables o si se requiere realizar modificaciones en la propuesta de mejora.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados iniciales

La organización tomada como caso de estudio es una empresa pyme constructora peruana, perteneciente al sector privado y constituida en el año 2006. La empresa desarrolla proyectos de construcción de edificaciones destinadas a diversos usos, sean industriales o de vivienda, habiendo tenido como clientes a importantes empresas nacionales e internacionales y habiéndose desarrollado a lo largo de todo el país.

La empresa tuvo un crecimiento sostenido a lo largo de su desarrollo como empresa, a través del aumento de su capacidad operativa, número de clientes, número de proyectos y, en consecuencia, de sus utilidades. A pesar de este crecimiento, en los últimos proyectos realizados por la empresa se empezaron a presentar utilidades debajo de las esperadas, en un contexto de aumento de su ritmo operacional y de la magnitud de sus proyectos. Esa situación reflejaba la deficiencia de su gestión operacional, la cual repercutía en la reducción de su rentabilidad.

En el periodo 2016-2017, la empresa presentó utilidades netas un 34.05% por debajo de las esperadas, representando una importante brecha en pérdidas monetarias. Esto se puede visualizar en la Figura 3.

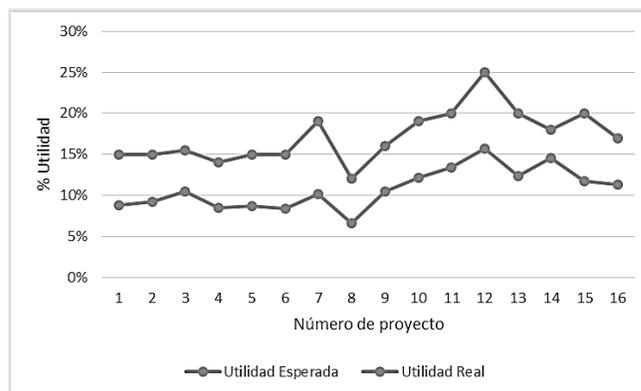


Fig 3. Situación actual de las utilidades esperadas y reales de la empresa

En la figura anterior se puede evidenciar la brecha entre las utilidades esperadas y las obtenidas a lo largo de 16 proyectos realizados por la empresa en el periodo en estudio, reflejándose de forma gráfica su situación negativa.

Luego de identificar la situación actual de la empresa, se procedió a determinar el problema denominado sobrecostos operativos, así como sus respectivas causas, correspondientes a la deficiencia de tres procesos claves en la empresa; la planificación, el abastecimiento y la ejecución.

Como parte de la primera etapa de diagnóstico, se utilizó una gama de herramientas de la ingeniería industrial con la

finalidad de identificar el problema principal de la investigación y sus causas raíces. Se identificó que el problema principal era la deficiente gestión de operaciones, al cual se encontraban asociadas diferentes causas. Como paso siguiente, se realizó un análisis de Pareto.

Diagrama de Pareto de Causas Raíces preliminares

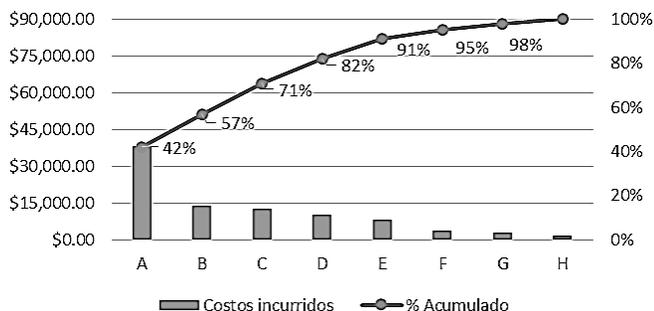


Fig. 4: Diagrama de Pareto de las causas raíces del problema

Como resultado del análisis, se identificaron las causas raíces A, B y C, las cuales corresponden a una planificación inexacta, un inadecuado procedimiento para la solicitud de materiales y un inadecuado procedimiento para documentar y controlar operaciones.

Siendo las causas raíces las mencionadas anteriormente, se definen como indicadores al rendimiento de tiempo, demoras en el lead time de aprovisionamiento, el índice de exceso de materiales y al rendimiento de costos como principales indicadores de medición de la investigación, detallados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados iniciales

Indicador	Unidad	Valor inicial
Rendimiento de tiempo	Porcentaje (%)	67.23%
Demoras en Lead Time de aprovisionamiento	Días	35 días
Índice de exceso de materiales	Porcentaje (%)	15.5%
Rendimiento de costos	Porcentaje (%)	63.82%

En la tabla anterior se definen los valores iniciales de la investigación, representando el punto de partida de la misma. De esta forma se determina que los objetivos específicos de la investigación se enfocarán en mejorar los mismos, apoyándose en herramientas de ingeniería industrial.

#### 4.2 Propuesta técnica innovadora

El artículo tiene como principal objetivo aumentar el rendimiento de tiempo y costos en los proyectos desarrollados por la empresa en estudio, así como reducir las demoras en su Lead Time de aprovisionamiento a través de la integración de las herramientas del BPM, PERT-CPM y MRP. La investigación busca demostrar que estas herramientas pueden trabajar de manera sinérgica a través de su despliegue de manera sistemática y ordenada, optimizando así los procesos de negocio claves de la empresa a través del mejoramiento, agrupamiento y eliminación de actividades críticas en la misma. Estos beneficios atacan directamente al problema identificado en la empresa, potenciando los procesos de planificación, abastecimiento y ejecución identificados como causantes del problema principal que la aqueja.

Es importante mencionar que el despliegue de la propuesta debe ser metódico, dividiendo las herramientas en etapas de desarrollo de manera individual para luego ser integradas a un solo diseño de propuesta [7]. Por ello, a continuación, se presentarán las etapas del desarrollo de cada herramienta descrita, describiendo así la propuesta de forma detallada.

En primer lugar, el aporte inicia con el despliegue del BPM, el cual consta de 9 etapas y se muestran en la Figura 5.

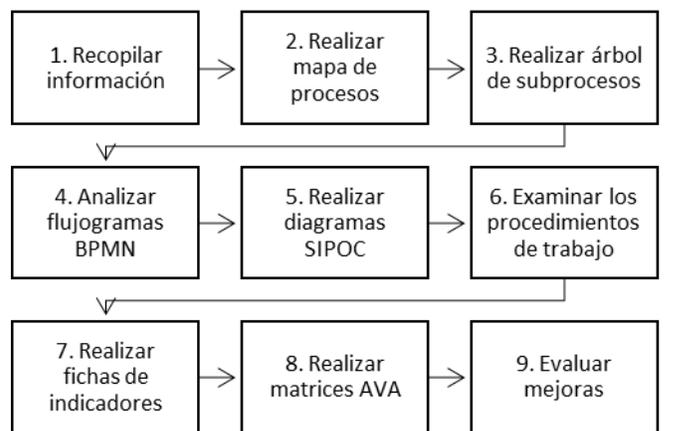


Fig 5. Etapas del Business Process Management (BPM). Adaptado de Song, Schunnesson & Rinne (2015)

Etapa 1: En esta primera etapa se realizan entrevistas a los responsables de cada área, se revisan datos históricos y se analiza cómo se presupuestan los proyectos y los costos en los que incurre la empresa por proyecto. Asimismo, se recopila documentos relacionados con las actividades de los obreros y como se controlan. Aquí es importante relevar información sobre metrados, presupuestos y cronogramas de obra, entre otros.

Etapa 2: A continuación, se realiza el mapa de procesos para conocer los procesos estratégicos, los procesos clave y los procesos de soporte de la empresa constructora,

dentro de los cuales se considera desde la licitación hasta la entrega final del proyecto. Esta fase ayuda a conocer la descripción de los procesos productivos de la empresa de manera general.

Etapa 3: En esta fase se disgregan los procesos operativos encontrando los subprocesos de la empresa. Esta actividad describe los subprocesos operativos, ayudando en la descomposición de las operaciones de la empresa; de esta manera, se puede realizar un diagnóstico inicial acertado.

Etapa 4: Se realizan diagramas de flujo de los subprocesos operativos, planificación técnica, planificación operativa y emisión de órdenes de compra, los cuales son los subprocesos fundamentales a analizar en el estudio. El objetivo principal de mostrar los diagramas de flujo es representar gráficamente las etapas de los procesos y las interacciones que presentan, de este modo, se facilita la comprensión del funcionamiento. Asimismo, se busca analizar el proceso actual para proponer mejoras y mantener un adecuado control.

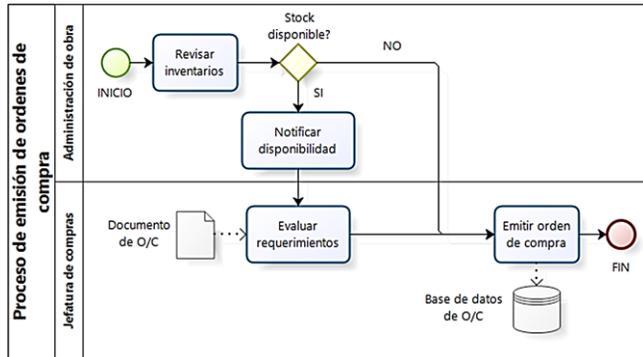


Fig 6. Flujograma BPMN del proceso de emisión de órdenes de compra

Etapa 5: Los diagramas SIPOC muestran cómo se desarrollan las actividades en cada subproceso. Asimismo, los diagramas SIPOC tiene como objetivo principal la representación gráfica de un proceso de gestión, permitiendo visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo, donde encontramos proveedor(S), recursos (I), proceso (P), salidas (O) y cliente (C). Estos diagramas acompañan el desarrollo de los diagramas de flujo.

Etapa 6: Los procedimientos de trabajo son documentos que ayudan a describir de forma detallada cómo se realizan las actividades, procesos o funciones desarrolladas por los obreros y personal de staff, asignando los responsables de su ejecución. Estos son fundamentales cuando se realizan mejoras en los procesos, ya que son documentados para su posterior revisión y aprobación.

Etapa 7: Las fichas de indicadores permiten conocer si la empresa y sus procesos están siendo exitosos o se están cumpliendo con los objetivos. Las fichas de indicadores se establecen en un inicio para conocer cuál será el objetivo a cumplir. En esta etapa se designan los responsables de la gestión de la información y de los reportes, el periodo de evaluación y hacia quien se dirige el reporte. En esta etapa es importante la participación de los ingenieros residentes, supervisores de obra y administradores de obra.

Etapa 8: Las matrices de Análisis de Valor Agregado (AVA) examinan detalladamente cada fase de un proceso para determinar si contribuyen con las necesidades, en otras palabras, si agregan valor. Dentro de las clasificaciones de esta matriz se puede conocer si la actividad agrega valor al cliente (VA), valor al proceso (NNVA) o si no agrega valor (NVA). A través de esta aplicación se logra tener procesos más efectivos, ser más productivos y competitivos frente a la competencia.

Tabla 3. Matriz AVA del proceso de planificación técnica

Actividades	Tiempo (min)	VA	NNVA	NVA
Recepcionar informe				X
Definir partidas		X		
Calcular requerimientos		X		
Elaborar reporte			X	
Enviar reporte				X
Recepcionar reporte				X
Evaluar reporte			X	
Elaborar informe			X	
Enviar informe				X
Recepcionar informe				X
Total	27.81	4.45	6.40	16.96
Porcentaje	100%	16%	23%	61%

Etapa 9: En la última fase, se realiza seguimiento a la propuesta de la mejora implementada, se verifica que se sigan correctamente los procedimientos establecidos y se monitorea mediante los indicadores establecidos. Asimismo, se evalúa el desempeño financiero y operacional.

Tabla 4. Evaluación de mejoras mediante el BPM

Proceso	Tiempo actual (horas)	Tiempo proyectado (horas)
Planificación técnica	17.28	12.82
Planificación operativa	17.32	10.48
Emisión de órdenes de compra	318.30	89.58
<b>Total</b>	<b>352.90</b>	<b>112.88</b>
<b>Reducción</b>	<b>68.01%</b>	

A continuación, se mostrarán las cinco etapas para la implementación de la herramienta MRP. Esta herramienta se desarrolla hacia la causa raíz de planificación inexacta y su objetivo principal es programar correctamente los pedidos de materiales. Se espera que esta herramienta ayude en la planificación y administración de los materiales; asimismo, trata de cumplir con otros objetivos específicos como asegurar los materiales de construcción para su disponibilidad en las operaciones, mantener los niveles de inventario adecuados y planear las actividades de operación, horarios de entrega y actividades de compra.

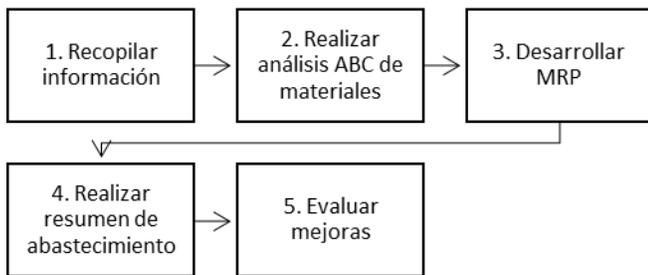


Fig 9. Etapas del Material Resource Planning (MRP). Adaptado de Rossi, Pero & Cigolini (2016)

Etapa 1: En esta primera etapa, se ordena la información en función a los proyectos similares ya realizados. La información en función a los gastos realizados por cada material ayudará a analizar y clasificar según el tipo de importancia (clasificación A, B o C). Para el desarrollo de este estudio se analizarán los materiales de clasificación A, ya que representan mayores sobrecostos.

Etapa 2: Mediante el análisis ABC de materiales se pueden clasificar los productos con mayores egresos económicos durante el periodo de estudio. Se trabajan sobre los materiales de clasificación A, dentro de esta clasificación están todos los materiales pertenecientes al 80% acumulado, entre los cuales usualmente se refieren a aceros, cemento y ladrillos según los datos históricos de la empresa. Luego, se

procede a realizar el diagrama BOM (Lista de materiales) para los materiales más significativos.

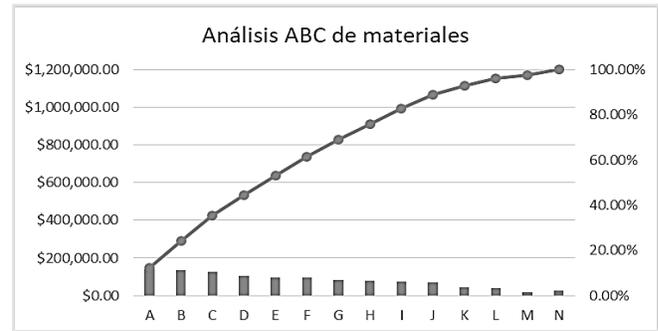


Fig 10. Análisis ABC de materiales para el MRP.

Etapa 3: Con la lista de materiales de clasificación A, se procede a realizar el MRP, asociando a los materiales identificados con su demanda bruta, recepción pendiente, disponibilidad, requerimientos netos, recepciones planificadas y las cantidades de emisión de orden de compra. Asimismo, se relacionan los materiales con su lead time de aprovisionamiento asociado a cada proveedor, su stock inicial y stock de seguridad.

Etapa 4: En la etapa 4 se realiza el resumen del despliegue del MRP a través del “Programa de Abastecimiento de Ítems MRP de categoría A”. En este programa se detallan las fechas de pedido, actividades, acciones, ítems, cantidades de pedido, unidades de medida y fechas de entrega programadas. Asimismo, se planteó la siguiente nomenclatura:

Pi: Pedido a realizar i días antes del inicio de la actividad.

Ci: Fecha de entrega planificada i días después del inicio del proyecto.

Etapa 5: En la etapa final se evalúan oportunidades de mejora respecto al despliegue de la herramienta. En esta etapa es fundamental conocer la apreciación de los colaboradores operativos, ya que ellos son quienes desempeñan las actividades. De este modo, se espera mejorar las condiciones en que se desempeñan las actividades y sus aportes son tomados en cuenta para mejorar la propuesta implementada.

En esta sección se desarrolló de manera detallada la propuesta técnica innovadora tomando como referencia diferentes artículos consultados. Se explicó la importancia de cada herramienta y su relación directa con cada causa del problema. Asimismo, se muestra el despliegue a seguir para su implementación en otros estudios. Por último, el despliegue de cada herramienta culmina con propuestas de mejora, donde los principales responsables son las personas que realizan las actividades en específico; de esta manera, se busca que la propuesta de mejora se actualice frente a nuevas tendencias o que sea fácil de adaptarse a los trabajadores.

### 4.3 Resultados finales

El medio de validación en la presente investigación constó de un proyecto piloto de edificación para vivienda de 01 piso, abarcado por 120m<sup>2</sup> de terreno, 90m<sup>2</sup> de construcción, desde la etapa de cimentación hasta la etapa de acabado, con un tiempo estimado de 90 días calendarios y un presupuesto aproximado de USD 60,000.00.

El estudio piloto se realizó de manera interna e íntimamente controlada, sobre el cual se desplegó la propuesta de investigación. Este resultó de suma importancia para poder verificar si los esfuerzos realizados en el diseño de la solución tuvieron resultados positivos para la organización.

Para el proceso de validación se elaboraron y utilizaron hojas de registro físicas y virtuales para realizar el seguimiento y medir el avance de la propuesta aplicada en el piloto descrito anteriormente. Estos registros fueron llenados progresivamente a lo largo del piloto, teniendo como resultado datos importantes para realizar la comparación de los resultados teóricos y los resultados obtenidos. A través de estos y posterior al desarrollo de la propuesta técnica innovadora, se obtuvieron los resultados finales mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados finales

Indicador	Unidad	Valor inicial
Rendimiento de tiempo	Porcentaje (%)	92.35%
Demoras en Lead Time de Aprovevisionamiento	Días	3 días
Índice de exceso de materiales	Porcentaje (%)	4.21%
Rendimiento de costos	Porcentaje (%)	96.15%

Con los resultados obtenidos a través del piloto, se logró mejorar la situación de la empresa identificada al inicio de la investigación, la cual consistía en los gaps existentes entre las utilidades planificadas y las utilidades reales de la empresa en estudio. Esta mejora se identifica de manera gráfica en la Figura 11.

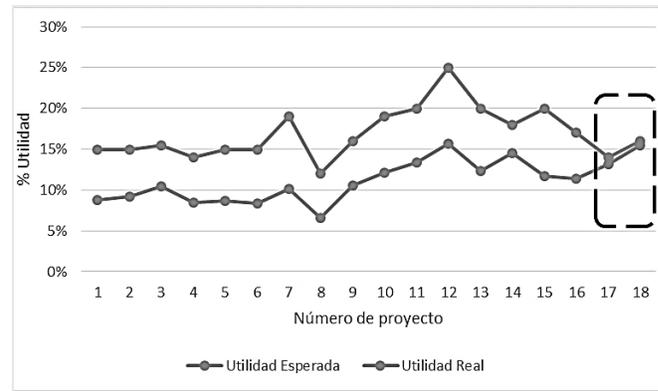


Fig 11. Situación mejorada de las utilidades esperadas y reales de la empresa.

En conclusión, se define que la investigación logró reducir significativamente el problema, mejorándolo en un 32.33% a través de los indicadores de medición planteados sobre las causas raíces identificadas.

## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se analizarán los resultados iniciales, proyectados y obtenidos en la investigación. Como se mencionó anteriormente, la investigación se basó en cuatro indicadores principales, correspondientes al rendimiento de tiempo, costos, demoras en el Lead Time y el índice de aprovisionamiento. El resumen de los mismos se encuentra en la Tabla 6.

Tabla 6. Cuadro comparativo de resultados

Indicador	Unidad	Valor inicial	Valor proyectado	Valor obtenido
Rendimiento de tiempo	%	67.23%	95%	92.35%
Demoras en Lead Time de aprovisionamiento	Días	35 días	0 días	3 días
Índice de exceso de materiales	%	15.5%	3%	4.21%
Rendimiento de costos	%	63.82%	95%	96.15%

Como se observa en la tabla anterior, los indicadores utilizados para la investigación tuvieron resultados satisfactorios en relación a lo proyectado. Se observa que los

indicadores de rendimiento de tiempo y demoras en el Lead Time de aprovisionamiento no alcanzaron el valor proyectado al inicio de la investigación, siendo estos afectados por factores externos, que interfirieron en el objetivo trazado. A pesar de ello, estos cumplieron los resultados proyectados en gran proporción, demostrando así el valor que la propuesta brinda para solucionar el problema identificado.

### CONCLUSIONES

El proyecto piloto logró el objetivo principal de la investigación, disminuyendo las diferencias entre utilidades en 6% mediante la integración de las herramientas.

En particular, mediante la herramienta MRP se reduce en 56% el costo de materiales ya sea por exceso en las cantidades solicitadas o por sobrecosto de pedido generado a último momento. Por otro lado, mediante el despliegue del BPM se disminuye en 66% el tiempo en actividades que no agregan valor al proceso ni al cliente, disminuyendo así los costos en materiales y mano de obra.

En función de la evaluación económica, el proyecto de mejora muestra un TIR de 79% y un índice beneficio costo (B/C) de 3.81, respaldando la viabilidad económica de la propuesta y resultando atractiva para los profesionales e investigadores que busquen replicar o mejorar la investigación desarrollada.

Finalmente, se concluye que la integración del BPM con la herramienta MRP puede generar resultados óptimos en comparación a su despliegue de manera independiente. Esto se da básicamente porque se complementan criterios de desarrollo para poder fortalecer los puntos débiles de las mismas, unificando de manera sinérgica el rediseño general de los procesos de negocio de la empresa brindado por el BPM y la implementación de la metodología de abastecimiento del MRP en los puntos críticos del proceso de la empresa.

Como limitación de esta investigación se define que es un caso de estudio particular en una empresa de construcción de pequeño tamaño en Perú. El tamaño de la empresa a estudiar es de vital importancia ya que varían en cultura y tipo de trabajo, estos factores acompañados de la ubicación geográfica y factores económicos del sector desempeñan un papel importante en la determinación de los efectos del trabajo desarrollado.

### REFERENCES

[1] A. Enrique Espinosa Becerra Arq José Antonio Vallarino Sr Adolfo Gálvez Villacorta Sr Gerard Fort Dasso Sr Kurt Uzátegui Dellepiani Sr Martín Bedoya Benavides Ing Humberto Martínez Díaz Ing Guido Valdivia Rodríguez and A. L. Siu, "Informe Económico De La Construcción," p. 46, 2018.

[2] A. Vargas, V. Castro, and E. Bautista, "Importancia Del Crecimiento Del Sector Construcción En La Economía Y Sociedad Peruana," *Gestión en el Terc. Milen.*, vol. Vol. 14, N, pp. 25–32, 2011.

[3] A. Beatrice Avolio, "Factores que Limitan el Crecimiento de las mypes en peru."

[4] A. Pekuri, L. Pekuri, and H. Haapasalo, "Business models and project selection in construction companies," *Constr. Innov.*, vol. 15, no. 2, pp. 180–197, 2015.

[5] M. Segatto, S. I. D. de Pádua, and D. P. Martinelli, "Business process management: A systemic approach?," *Business Process Management Journal*, vol. 19, no. 4, pp. 698–714, 2013.

[6] S. Demirkesen and B. Ozorhon, "Impact of integration management on construction project management performance," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 35, no. 8, pp. 1639–1654, 2017.

[7] M. Malinova and J. Mendling, "Identifying do's and don'ts using the integrated business process management framework," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 24, no. 4, pp. 882–899, 2018.

[8] R. M. de Moraes, S. Kazan, S. I. D. de Pádua, and A. L. Costa, "An analysis of BPM lifecycles: From a literature review to a framework proposal," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 20, no. 3, pp. 412–432, 2014.

[9] J. Vom Brocke, T. Schmiedel, J. Recker, P. Trkman, W. Mertens, and S. Viaene, "Ten principles of good business process management," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 20, no. 4, pp. 530–548, 2014.

[10] E. Giacosa, A. Mazzoleni, and A. Usai, "Business Process Management (BPM): How complementary BPM capabilities can build an ambidextrous state in business process activities of family firms," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 24, no. 5, pp. 1145–1162, 2018.

[11] M. Lehnert, A. Linhart, and M. Röglinger, "Value-based process project portfolio management: integrated planning of BPM capability development and process improvement," *Bus. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 377–419, 2016.

[12] H. A. E. M. Ali, I. A. Al-Sulaihi, and K. S. Al-Gahtani, "Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 25, no. 2, pp. 125–134, 2013.

[13] C. R. Haddad, D. H. F. Ayala, M. U. Maldonado, F. A. Forcellini, and A. G. R. Lezana, "Process Improvement for Professionalizing Non-Profit Organizations: BPM Approach," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 22, no. 3, pp. 634–658, 2016.

[14] M. A. Sandhu and A. Gunasekaran, "Business process development in project-based industry: A case study," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 10, no. 6, pp. 673–690, 2004.

[15] M. Dachyar and Z. A. H. Sanjiwo, "Business Process Re-Engineering of Engineering Procurement Construction (EPC) Project in Oil and Gas Industry in Indonesia," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 9, pp. 1–8, 2018.

[16] B. Dave, "Business process management - A construction case study," *Constr. Innov.*, vol. 17, no. 1, pp. 50–67, 2017.

[17] M. Kohlbacher and H. A. Reijers, "The effects of process-oriented organizational design on firm performance," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 19, no. 2, pp. 245–262, 2013.

[18] Y. L. Antonucci and R. J. Goeke, "Identification of appropriate responsibilities and positions for business process management success: Seeking a valid and reliable framework," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 17, no. 1, pp. 127–146, 2011.

[19] R. Zare, P. Chavez, C. Raymundo, J. Rojas, "Collaborative Culture Management Model to Improve the Performance in the Inventory Management of a Supply Chain", 2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería, CONIITI 2018 - Proceedings 8587073.