

Process approach and SCOR model to reduce delivery delays for a maintenance equipment supplier for mineral transportation

Enfoque basado en procesos y modelo SCOR para reducir los retrasos en la entrega de pedidos de un proveedor de equipos de mantenimiento para el transporte de minerales

Fernando Salas-Loayza, Bsc¹, Ricardo Barboza-Miyoshi, Bsc¹, Rosa Salas-Castro, MSc¹, Pedro Chavez-Soriano, MSc¹, Edgar Ramos-Palomino, MSc¹, and Iliana Macassi-Jáuregui, MSc¹

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru, u201011673@upc.edu.pe, u201220179@upc.edu.pe, rosa.salas@upc.edu.pe, pedro.chavez@upc.edu.pe, pcineramos@upc.edu.pe, pcdallmac@upc.edu.pe

Abstract– This document presents the implementation of the SCOR and BPM model in a company that distributes equipment for the mining sector in Peru. Three levels of SCOR are used, the first two to identify the processes of the supply chain and the sub-processes of each of them, in the third level BPM is modeled and used where the processes are analyzed to detect the root cause of late delivery orders, generating the penalty payment. To reduce late orders, the processes and methods are redesigned. For the implementation, SCOR and BPM good practices are used for the development of the procedures, while the control and follow-up is done with the indicators that are also established in the SCOR model, expecting an improvement objective of up to 50% as proposed by other authors, so through simulation of improved processes it is obtained that result of order fulfillment is reduced by 3 weeks, achieving that orders delivered on time improve by 49% reaching objective proposed for this study.

Keywords– SCOR, BPM, order fulfillment, process redesign, mining maintenance supplier, BPMN.

Resumen– Este documento presenta la implementación del modelo SCOR y BPM en una empresa distribuidora de equipos para el sector minero en el Perú. Se utilizan tres niveles de SCOR, los dos primeros para identificar los procesos de la cadena de suministro y los subprocesos de cada uno de ellos, en el tercer nivel se modela y utiliza BPM donde se analizan los procesos para detectar la causa raíz de los pedidos de entrega fuera de plazo que generan el pago de penalizaciones. Para reducir los pedidos fuera de plazo se rediseñan los procesos y métodos deficientes. Para la implementación se utilizan las buenas prácticas SCOR y BPM para el desarrollo de los procedimientos, mientras que el control y seguimiento se realiza con los indicadores que también están establecidos en el modelo SCOR, esperando un objetivo de mejora de hasta un 50% como plantean otros autores, por lo que mediante la simulación de los procesos mejorados se obtiene que el resultado de la orden fulfillment se reduce en 3 semanas logrando que los pedidos entregados a tiempo mejoren un 49% llegando al objetivo planteado para este estudio.

Palabras clave– SCOR, BPM, cumplimiento de pedidos, rediseño de procesos, proveedor de mantenimiento minero, BPMN.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolla en una empresa distribuidora de equipamiento para soporte del sistema de transporte de minerales en las diferentes empresas mineras con operaciones en el Perú. En los últimos años, esta empresa ha evidenciado un 43% de retrasos en la entrega de pedidos a sus clientes, lo que ha generado el pago de penalidades por un aproximado del 4.5% de sus ventas anuales.

Para ello se abordará el análisis de orden fulfillment para detectar la causa del no cumplimiento de esta, usando Supply Chain Operations Reference (SCOR) para la cadena de suministro y el análisis de cada proceso crítico por medio de Business Process Management (BPM) [1]–[4], herramientas que también se aplicaran para mejorar los procesos deficientes encontrados al rediseñarlos, para de esta forma reducir el tiempo de orden fulfillment, lo que se traduce como poder entregar los pedidos a tiempo, reduciendo hasta en un 50% los pedidos entregados fuera de fecha ya que en la literatura existente se han evidenciado que el lead time de orden fulfillment puede alcanzar estas mejoras [1], [5]–[7].

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Order fulfillment se refiere a una serie de actividades (Ver Fig. 1), que empieza desde que se recibe un pedido hasta que este es entregado al cliente [8]. Estas actividades lo presenta [8] tomando como base lo planteado por [9] quien indica que está compuesto por el procesamiento de pedidos, planificación, ejecución y entrega.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.505>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

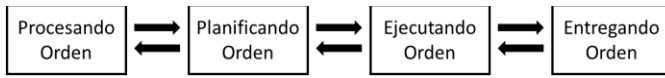


Fig. 1 Proceso de cumplimiento de pedidos de los clientes [9]

Existen pocos documentos que estudien la gestión de pedidos de cliente, mejora de procesos logísticos o la interacción, tanto entre las diversas áreas de la empresa como con la cadena logística [10]–[13], ya que en su mayoría los estudios por order fulfillment están enfocados a mejorar el almacén con distribución o modelos de optimización mediante Weibull para minimizar los pedidos y los costos de compra, o en el transporte con algoritmos genéticos [14], [15].

Estas investigaciones han aumentado debido al comercio electrónico, ya que el lead time puede llegar a ser incluso el mismo día, y ante la cantidad masiva de pedidos que se generan, se retrasan su gestión y control ocasionando altos costos en el transporte para que el pedido se entregue a tiempo [16], por lo que la calidad y flujo de la información son importantes al momento de conseguir menores costos y vías de transporte [17], intercambio de información que se da dentro de la empresa, así como con los miembros de la cadena, ayudándose de herramientas como PLI así como de software para intercambio de información [10], [18], [19], ya que [20], [21] muestran en sus documentos que intercambiar información con el proveedor agilizar la entrega de pedidos y mejora el desempeño de la order fulfillment., del mismo modo que los proveedores se desempeñaron significativamente mejor [22].

Por lo que se ha abordado por implementar soluciones tecnologías como una base de datos común entre los socios de la SCM que contribuye a la precisión de la información [18], [19]. Sin embargo, aún existen procesos donde se requiere conocimiento técnico para realizar la compra al proveedor, descartando que todos los sistemas pueden ser automatizados, es por ello que aún se aplican mejoras mediante BPM [1], [7].

A. Modelo SCOR

Pero BPM se puede combinar con otras herramientas para poder analizar el proceso, definir el rediseño o controlar los procesos nuevos, como indican [2], [3], que incorporan la

metodología SCOR en sus investigaciones para analizar y modelar los procesos de la cadena de suministros. Esta metodología consiste en vincular los procesos comerciales, indicadores y buenas prácticas en una sola estructura que permita gestionar la cadena de suministros para comprender, describir y evaluar la misma mediante la divulgación de una terminología estándar, métricas comunes y mejores prácticas [3], [4], [26], [27].

SCOR cuenta con cuatro niveles, de los cuales tres se encuentran dentro del marco de referencia y un cuarto nivel fuera de la referencia ya que debe ser adaptada a cada empresa [2], [3], [26].

- Nivel 1: Estructura del proceso, donde se define el alcance y el contenido utilizando cinco procesos en este nivel: Plan, Source, Make, Deliver, Return and Enable.
- Nivel 2: Categorías del proceso, se define el nivel de configuración de los procesos del nivel 1, es decir los subprocesos ya establecidos para cada uno en SCOR para mapear la cadena de abastecimiento.
- Nivel 3: Actividades del proceso, este nivel está enfocado definir los procesos, entradas, salidas, medición de indicadores y buenas prácticas de la cadena mapeada en el nivel 2.
- Nivel 4: Es la implementación y describe las actividades específicas de la industria que se requieren para realizar los procesos de nivel 3.

SCOR no solo se usa para modelar una cadena de abastecimiento, sino también para medir el rendimiento de esta por medio de métricas SCOR, estas se dividen en cinco y cada una a su vez se dividen jerárquicamente en tres niveles [4], [24], [25], [27], [28], además de que están orientadas hacia el cliente o hacia la empresa [4], [29]. En la Fig. 2 se muestran estas diferencias.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Partiendo como base en el enfoque por procesos utilizando BPM presentada por [30], e incorporar el modelo SCOR [2], [3], se establece una metodología de trabajo que permita

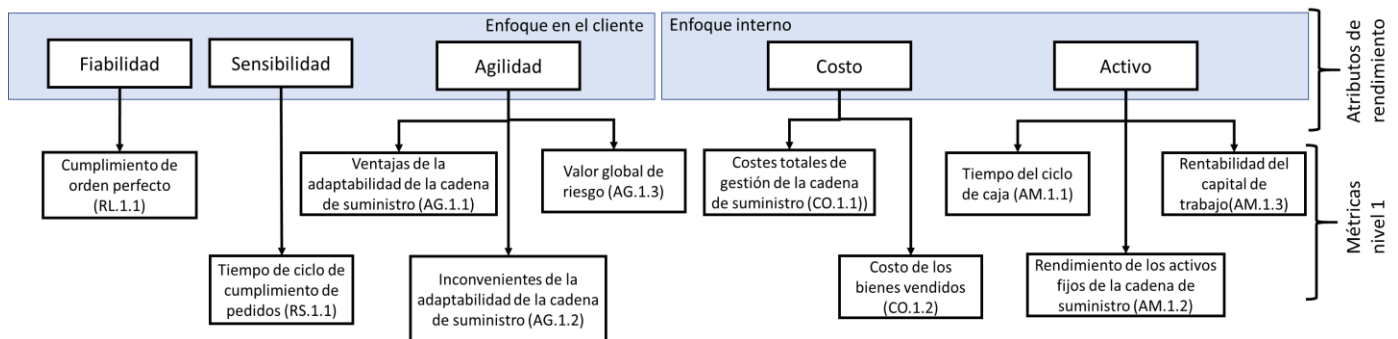


Fig. 2 Atributos de rendimiento y métricas SCOR [4], [23]–[25]

encontrar las posibles causas del problema de la empresa, como se presenta en la Fig. 3.

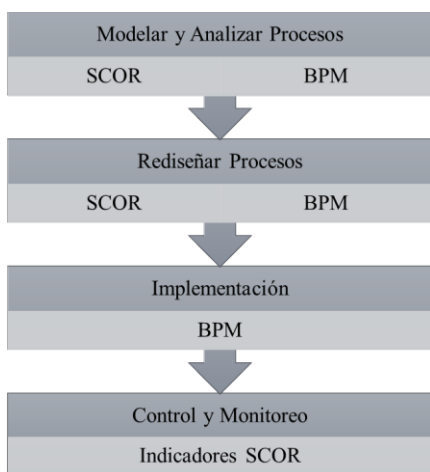


Fig. 3 Metodología de trabajo

Esta nueva metodología de trabajo propuesta consta de 4 etapas, que desarrollaremos a continuación

A. Modelado y Análisis de procesos

En esta etapa se modelarán los procesos de la cadena de suministro acorde a los niveles de SCOR, aplicando los dos primeros niveles tal como indica el marco de referencia [2], [3], [31], además de analizar el rendimiento de la cadena con las métricas SCOR respecto a cada subproceso de nivel 2 para identificar posibles causas raíz [3], [4], [26], [27]. En el tercer nivel modificado de SCOR se aplica BPM para modelar y analizar los subprocesos a partir del nivel 2, donde se usará BPMN para modelarlos a partir de reuniones con los dueños de los procesos [7] y herramientas BPM como ECR para analizar los procesos y determinar las causas raíz [1], [2], [7].

B. Rediseño de Procesos

En la segunda etapa rediseñaremos los procesos para mitigar las causas raíz encontradas [1], [7], [32] usando Análisis de Valor Agregado, donde determinaremos que actividad Eliminar, Combinar, Reorganizar o Eliminar mediante el principio ECRS [33]–[35], además de tomar en cuenta las buenas prácticas SCOR establecidas en el marco de referencia [32], [36]. Estos nuevos procesos serán diagramadas en formato BPMN [34], [35], además de que establecerán los mejores indicadores en base a las métricas analizadas en el paso previo [4], [23].

C. Implementación

La tercera etapa se deben desarrollar los procedimientos de cada proceso nuevo, así como realizar los formatos en caso de incluir nuevos documentos tal como indica [1], además deben hacerse capacitaciones a los trabajadores, haciendo énfasis en aquellos cuyos dueños del procesos tiene cambios en sus actividades [1], [7].

D. Monitoreo y Control

La última etapa es la de Monitoreo y Control donde se medirán los indicadores basados en las métricas SCOR, así como una nueva evaluación de rendimiento de la cadena de suministro mejorada para volver a encontrar posibles causa raíz de nuevos problemas [1], [23], [37] e iniciar toda la metodología como en el ciclo BPM.

IV. CASO DE ESTUDIO

El ciclo de la orden de pedido tiene 4 etapas: Emisión de orden de compra, Producción por parte de proveedor, Puesta en puerto para embarque de pedido y Nacionalización de carga, al revisar el registro de cada uno de los pedidos de fajas que se realizaron, pudimos obtener los tiempos por cada etapa y así compararlos con el tiempo que maneja la empresa para estimar una fecha de entrega [1], [3], [7].

TABLA I
TIEMPO ESTANDAR VS TIEMPO REAL

Etapa	Tiempo Estándar	Tiempo Real
Emisión de O/C	5 días	14 días
Elaboración de producto	90 días	90 días
Puesta en puerto de origen (Alemania)	7 días	17 días
Nacionalización de carga y entrega a cliente	8 días	8 días

En la Tabla I se presenta la etapa y la comparativa de los tiempos donde podemos ver que la demora del pedido se da en dos etapas, la emisión de la O/C al proveedor, donde la empresa demora 9 días más de lo esperado, y puesta de pedido en puerto para su embarque, donde hay una demora de 10 días.

A. Modelado y Análisis de procesos

1) Modelo SCOR

Al realizar el nivel 1 de SCOR, como se muestra en la Fig. 4, se identificaron los actores y procesos clave de la cadena de suministro [2], [3], [26]. Como actores se tiene al Proveedor, la Empresa y el Cliente, donde los procesos claves identificados para la Empresa son: Planear, Aprovisionar y Entregar.

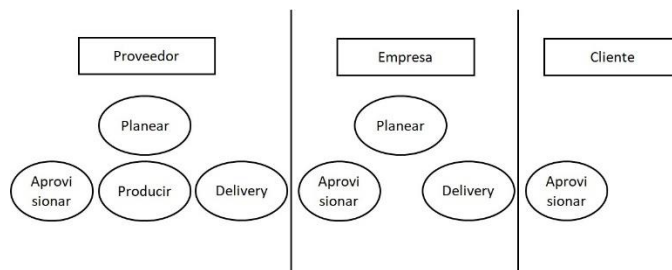


Fig. 4 Procesos clave y modelado de actores

Para el nivel 2 se desglosa cada proceso del nivel 1 según indica el marco de referencia SCOR [23] para el cual se identificaron 13 subprocesos en la cadena de suministro [2], [3], [26], [31].

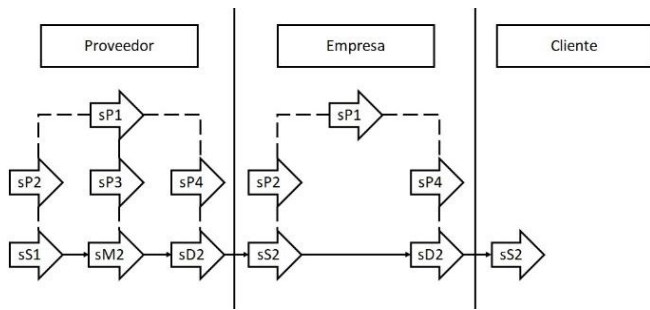


Fig. 5 Subprocesos del nivel 2 del SCOR

Dentro de la empresa se desglosaron cinco subprocesos [3], [26], de los cuales 3 son administrativos (sP1, sP2 y sP4) y 2 operativos (sS2 y sD4), tal como se muestra en la Fig. 5. Una vez identificados los subprocesos podemos medir el rendimiento de la empresa distribuidora en la cadena de abastecimiento [4], [25], [27]. De acuerdo al análisis, utilizando esta metodología la empresa cumple con el modelo planteado por SCOR, por lo que las posibles causas no son por ausencias de procesos sino en cómo se realizan, para lo que se diagramaron los procesos en donde los tiempos reales exceden al estándar

2) BPM

Utilizando la metodología BPM, se identificaron las causas de los retrasos en la entrega de pedidos en las dos etapas más críticas de nuestra cadena abastecimiento.

Emisión de Orden de Compra

El proceso de emisión de O/C tiene tres subprocesos: Elaboración de Pedido de Materiales, Elaboración de O/C y Aprobación de O/C [1], [7], [38]. Una de las causas del retraso del envío de la orden de compra al proveedor es que el ingeniero de fajas no se encuentra en oficina, esto porque una de sus funciones es realizar visita a campo [1], [7]. Otra causa son los reprocesos por errores de digitación, ya que luego de levantar el método de identifioco [1], [38] que el asistente logístico no verifica lo ingresado.

Embarque de pedido

Actualmente este proceso está a cargo del forwarder quien pide los documentos para iniciar la búsqueda del booking, sin embargo, estos al no recibir respuesta se comunican con la empresa para que ellos soliciten el Packing list preliminar, perdiendo en promedio una semana hasta que se confirme la fecha de booking [3], [38]. Hay que resaltar que la empresa no interviene hasta que el forwarder comunica que no ha tenido respuesta y es allí donde recién la empresa entra en acción solicitando los documentos para entregárselos al forwarder [3], [31]. En anexos se presenta el DAP de este proceso.

B. Rediseño de procesos

Cada motivo encontrado en la fase anterior se rediseñará acorde al análisis de valor agregado y los principios de ECRS [33]–[35].

1) *Proceso de Emisión de O/C incluye aprobación de personal que no se encuentra en oficina*

Además, se incluye el documento de Verificación de Pedido de Materiales (VPM) que recopilará la información del requerimiento del cliente y la cotización, que se utilizará para registrar en el sistema el Pedido de Materiales y revisar en caso de errores de digitación. Para medir las mejoras usaremos el indicador 1 [4], [23], [25], [27].

2) *Método de Emisión de O/C no establece la verificación de datos ingresados al sistema*

Aquí también se implementa un nuevo documento llamado Verificación de Orden de Compra (VOP), el cual consta de completar la información del Pedido de Materiales y la Cotización en uno solo para una primera revisión, además más adelante este mismo documento nos servirá para una segunda revisión cuando ya se haya terminado de emitir la orden de compra y en caso de encontrar errores corregirlos inmediatamente. Los indicadores a usar para medir esta mejora son [4], [23], [25], [27] el 2 y 3.

3) *Proceso de Solicitud de Documentos para Reserva de Booking*

El rediseño consistirá en que ahora la empresa, dos semanas antes a la entrega prometida por el proveedor, consultará por estado del pedido, en caso el proveedor cumpla con la fecha establecida se le enviará un correo solicitando la preparación del packing list preliminar [1], [38].

TABLA II
INDICADORES

Nº	Indicador	Actual	Meta	Rojo	Amarillo	Verde
1	Porcentaje de pedido de materiales aprobados en plazo máximo de un día	21%	32%	Menor a 20%	20% - 32%	Mayor a 32%
2	Porcentaje de órdenes de compra sin reproceso por error de digitación	52%	78%	Menor a 45%	45% - 78%	Mayor a 78%
3	Porcentaje de O/C emitidas en máximo 5 días	47%	71%	Menor a 42%	42% - 71%	Mayor a 71%
4	Porcentaje de PL preliminares procesadas a tiempo	44%	66%	Menor a 45%	45% - 66%	Mayor a 66%
5	Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	57%	85%	Menor a 45%	45% - 85%	Mayor a 85%

Los indicadores para medir este proceso son [4], [23], [25], [27] el 4 y 5. En la Tabla II se ve el indicador, en su estado actual, objetivo y el semáforo de indicadores.

V. RESULTADOS

Para obtener los resultados se simularon en Arena Simulation los procesos actuales y propuestos [2], [38], [39], analizando los datos previamente recopilados para obtener las distribuciones con Input Analyzer y configurando el simulador en 10 corridas y 550 días como limite.

TABLA III
RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE EMISIÓN DE ÓRDEN DE COMPRA

		Actual	Propuesto
Emisión de orden de compra	Tiempo Emisión O/C (días)	12	7
	TPM menor a 1 (unidad)	5	7
	Reprocesos (unidad)	10	5
	O/C emitidas en menos de 5 días (unidad)	9	14
	Pedidos (unidad)	22	21
Solicitud de doc. para reserva de booking	Pedidos (unidad)	20	20
	Documentos a Tiempo (unidad)	9	13
Cumplimiento de la orden	Order Fulfillment (sem)	24	19
	Pedidos (unidad)	16	19
	Pedidos a Tiempo (unidad)	9	15

Los resultados de cada simulación de los procesos analizados para este caso se muestran la Tabla III, los cuales son usados para calcular los indicadores, tanto para la situación actual como la propuesta, así como el porcentaje de mejora de cada uno mostrándose en la Tabla IV, de los cuales los indicadores 1, 2 y 3 miden el proceso de Emisión de O/C, el indicador 4 el proceso de Solicitud de documentos para reserva de booking y el indicador 5 para medir el Cumplimiento de la orden.

TABLA IV
METRICAS

Nº	Indicador	Actual	Propuesto	Mejora
1	Porcentaje de pedido de materiales aprobados en plazo máximo de un día	23%	33%	47%
2	Porcentaje de órdenes de compra sin reproceso por error de digitación	52%	76%	45%
3	Porcentaje de O/C emitidas en máximo 5 días	43%	67%	56%
4	Porcentaje de documentación de pedidos (shipping y factura) procesada a tiempo	45%	65%	44%
5	Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	53%	79%	49%

Tal y como se hizo anteriormente evaluando el rendimiento actual, también se evalúa el rendimiento de la nueva cadena de abastecimiento [4], [25], [27], obteniendo de la simulación que el Tiempo de Emisión de O/C es de 7 días, mientras que el Tiempo de pedido en puerto es de 9 días. En la Tabla V se

muestran los resultados, tanto del rendimiento actual como del propuesto.

TABLA V
VARIACIONES DE LAS MÉTRICAS SCOR

Métrica	Actual	Propuesto
RL.1.1. Cumplimiento de orden perfecto	58%	79%
RL.2.2. Entrega a la fecha del compromiso con el cliente	58%	79%
RL. 2.3. Precisión de documentación	44%	65%
RL.3.32. Compromiso con el Cliente se logra que lo reciba en la fecha	58%	79%
RL.3.50. Exactitud en la documentación para envío	44%	65%
RS.1.1. Tiempo de ciclo de cumplimiento de pedidos	23 semanas	19 semanas
RS.2.3. Tiempo de ciclo del Delivery	21 semanas	18 semanas
RS.3.20. Tiempo de ciclo actual de pedido logístico	23 semanas	19 semanas
RS.3.51. Tiempo de ciclo de Cargar producto y generar documentación de envío	4 semanas	2 semanas
RS.3.111. Tiempo de ciclo de Recibir, configurar, ingresar y validar el pedido	2 semanas	1 semana

Por último, se calcula el impacto económico del pago de penalidades respecto a las ventas.

TABLA VI
IMPACTO SOBRE LAS VENTAS

Ventas	USD 3,135,655
Penalidades	USD 93,575
Impacto de la propuesta	2.98%

En la Tabla VI se muestra que el impacto luego de simular las mejoras es del 2.98%, mejorando en un 51% respecto a la situación actual.

VI. CONCLUSIONES

Aplicando las metodologías BPM y SCOR se logró reducir la cantidad de pedidos que generaban el pago de penalidades por el retraso en su entrega, presentando una mejora de hasta un 50% [1], [7], sin embargo los indicadores 2 (porcentaje de órdenes de compra sin reproceso por error de digitación) y 4 (porcentaje de documentación de pedidos procesada a tiempo) están 5% por debajo de las expectativas.

El indicador 4 solo mejoro un 44%, debido a que el proceso contempla factores externos a la empresa, como el tiempo de respuesta del proveedor, así como posibles demoras en la fabricación del producto. Sin embargo, el rendimiento de la cadena de suministro propuesta se tiene que el tiempo del ciclo de la orden se adecua a lo estándar planteado por la empresa.

Es recomendable que la empresa pueda documentar todos sus procesos través de un manual de procesos y procedimientos, ya que el presente trabajo ya contempla el desarrollo de tres de ellos, y como futuras investigaciones se recomienda que la línea de investigación se centre en la gestión de la comunicación [21] ya que interfieren varios actores y estos se encuentran en ciudades o incluso países diferentes, como en el caso de la empresa de estudio, que para la aprobación de orden de compra debe pasar por la sucursal en Chile.

REFERENCIAS

- [1] R. Andersson, E. Bridi, Y. Pardiño-Baez, M. Maldonado, F. Forcellini, and F. Moraes, "Improvement in public administration services: A Case of business registration process," *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 9, pp. 109–120, Jan. 2018.
- [2] E. Lhassan, R. Ali, and F. Majda, "Combining SCOR and BPMN to support supply chain decision-making of the pharmaceutical wholesaler-distributors," in *Proceedings - GOL 2018: 4th IEEE International Conference on Logistics Operations Management*, 2018, pp. 1–10.
- [3] L. Hammadi, E. de Cursi, V. Barbu, A. Ouahman, and A. Ibourk, "SCOR model for customs supply chain process design," *World Cust. J.*, vol. 12, no. 2, pp. 95–106, 2018.
- [4] F. R. Lima-Junior and L. C. R. Carpinetti, "Predicting supply chain performance based on SCOR® metrics and multilayer perceptron neural networks," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 212, pp. 19–38, 2019.
- [5] M. Shamsuzzaman, M. Alzeraif, I. Alsyouf, and M. Khoo, "Using Lean Six Sigma to improve mobile order fulfillment process in a telecom service sector," *Prod. Plan. Control*, vol. 29, no. 4, pp. 301–314, 2018.
- [6] P. Mishra and R. Sharma, "Measuring business performance in a SCN using Six Sigma methodology-a case study," *Int. J. Ind. Syst. Eng.*, vol. 25, no. 1, pp. 76–109, 2017.
- [7] C. Haddad, D. Ayala, M. Uriona Maldonado, F. Forcellini, and Á. Lezana, "Process improvement for professionalizing non-profit organizations: BPM approach," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 22, no. 3, pp. 634–658, 2016.
- [8] K. Medini, "Customer order fulfillment in mass customisation context - An agent-based approach," *Int. J. Simul. Process Model.*, vol. 10, no. 4, pp. 334–349, 2015.
- [9] W. Zhang and M. Reimann, "Towards a multi-objective performance assessment and optimization model of a two-echelon supply chain using SCOR metrics," *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, vol. 22, no. 4, pp. 591–622, 2014.
- [10] B. Ashenbaum and A. Maltz, "Purchasing-logistics integration and supplier performance: An information-processing view," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 28, no. 2, pp. 379–397, 2017.
- [11] M. Dachyar and G. Novita, "Business process re-engineering of logistics system in pharmaceutical company," *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 7, pp. 4539–4546, 2016.
- [12] K. Leung, K. Choy, P. Siu, G. Ho, H. Lam, and C. Lee, "A B2C e-commerce intelligent system for re-engineering the e-order fulfillment process," *Expert Syst. Appl.*, vol. 91, pp. 386–401, 2018.
- [13] M. Marchesini and R. Alcántara, "Logistics activities in supply chain business process: A conceptual framework to guide their implementation," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 6–30, 2016.
- [14] C. Lin, K. Choy, G. Ho, and T. Ng, "A genetic algorithm-based optimization model for supporting green transportation operations," *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 7, pp. 3284–3296, 2014.
- [15] S. Moon and J. Lee, "Optimizing concurrent spare parts inventory levels for warships under dynamic conditions," *Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 16, no. 1, pp. 52–63, Mar. 2017.
- [16] S. Hum, M. Parlar, and Y. Zhou, "Measurement and optimization of responsiveness in supply chain networks with queueing structures," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 264, no. 1, pp. 106–118, 2018.
- [17] S. Shin and M. Pak, "The Critical Factors for Korean Freight Forwarders' Purchasing Negotiation in International Logistics," *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 32, no. 4, pp. 195–201, 2016.
- [18] A. Benabdellah, A. Benghabrit, I. Bouhaddou, and E. Zemmouri, "Big data for supply chain management: Opportunities and challenges," in *Proceedings of IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, AICCSA*, 2017.
- [19] A. De Barros, C. Ishikiriya, R. Peres, and C. Gomes, "Processes and benefits of the application of information technology in supply chain management: An analysis of the literature," in *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 55, pp. 698–705.
- [20] N. Dwaikat, A. Money, H. Behashti, and E. Salehi-Sangari, "How does information sharing affect first-tier suppliers' flexibility? Evidence from the automotive industry in Sweden," *Prod. Plan. Control*, vol. 29, no. 4, pp. 289–300, 2018.
- [21] D. Ojha, F. Sahin, J. Shockley, and S. V. Sridharan, "Is there a performance tradeoff in managing order fulfillment and the bullwhip effect in supply chains? The role of information sharing and information type," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 208, pp. 529–543, 2019.
- [22] A. Ross, K. Kuzu, and W. Li, "Exploring supplier performance risk and the buyer's role using chance-constrained data envelopment analysis," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 250, no. 3, pp. 966–978, 2016.
- [23] APICS, "Supply Chain Operations Reference Model SCOR," Chicago, 2017.
- [24] F. R. Lima-Junior and L. C. R. Carpinetti, "An adaptive network-based fuzzy inference system to supply chain performance evaluation based on SCOR® metrics," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, 2020.
- [25] L. G. Zanon, R. F. Munhoz Arantes, L. D. D. R. Calache, and L. C. R. Carpinetti, "A decision making model based on fuzzy inference to predict the impact of SCOR® indicators on customer perceived value," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 223, 2020.
- [26] J. Fattah, L. Ezzine, H. E. Moussami, and A. Lachhab, "Analysis of the performance of inventory management systems using the SCOR model and Batch Deterministic and Stochastic Petri Nets," *Int. J. Eng. Bus. Manag.*, vol. 8, pp. 1–11, 2016.
- [27] C. K. Dissanayake and J. A. Cross, "Systematic mechanism for identifying the relative impact of supply chain performance areas on the overall supply chain performance using SCOR model and SEM," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 201, pp. 102–115, 2018.
- [28] B. Kocaoğlu, B. Gülsün, and M. Tanyaş, "A SCOR based approach for measuring a benchmarkable supply chain performance," *J. Intell. Manuf.*, vol. 24, no. 1, pp. 113–132, 2013.
- [29] P. Chithambaranathan, N. Subramanian, and P. L. K. Palaniappan, "An innovative framework for performance analysis of members of supply chains," *Benchmarking*, vol. 22, no. 2, pp. 309–334, 2015.
- [30] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers, *Fundamentals of business process management*, vol. 1. Springer, 2013.
- [31] D. Essajide and L. Rachidi, "Planning and Modelling of Pharmaceuticals Wholesale-Distributors Supply Chain Using SCOR Model: A Moroccan Case Study," *Int. J. Manag. Sci. Bus. Res.*, 2017.
- [32] J. B. Oliveira, R. S. Lima, and J. A. B. Montevechi, "Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 62, pp. 166–191, 2016.
- [33] B. Suhardi, N. Anisa, and P. W. Laksono, "Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry," *Cogent Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–13, 2019.
- [34] B. Phruksaphanrat and S. Duangburong, "Lean techniques and simulation-based optimization for improving wood plastic composite manufacturing," *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, vol. 41, no. 3, pp. 559–566, 2019.
- [35] H. Y. Shan, L. N. Li, Y. Yuan, and C. Wang, "Simulation and Optimization of Production Line in Em-plant based Assembly Workshop," in *IEEE International Conference on Industrial*

Engineering and Engineering Management, 2019, vol. 2019-December, pp. 1381–1385.

- [36] J. A. Palma-Mendoza, K. Neailey, and R. Roy, “Business process re-design methodology to support supply chain integration,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 34, no. 2, pp. 167–176, 2014.
- [37] H. Mezouar and A. El Afia, “Performance analysis model for service supply chains: Case of the retirement supply chain,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 1429–1438, 2018.
- [38] J. L. Pereira and A. P. Freitas, “Towards a characterization of BPM tools’ simulation support: The case of BPMN process models,” *Int. J. Qual. Res.*, vol. 13, no. 4, pp. 783–796, 2019.
- [39] S. Balan, “Using simulation for process reengineering in refractory ceramics manufacturing—a case study,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 93, no. 5–8, pp. 1761–1770, 2017.