

Producción inteligente: Diseño de un modelo para el proceso de implementación de Cadenas de Suministros Inteligentes

Smart Production: Design of a model for the process of implementing Smart Supply Chains

Eliécer Villegas-Jiménez¹, Johanna Madrigal-Sánchez²,
Johannes Dirnberger³

Villegas-Jiménez, E; Madrigal-Sánchez, J; Dirnberger, J.
Producción inteligente: Diseño de un modelo para el proceso de implementación de Cadenas de Suministros Inteligentes. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33, especial Movilidad estudiantil. Pág 73-82.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i7.5480>



- 1 Estudiante. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: eliecer1011@gmail.com
- 2 Profesora. Ingeniera en Producción Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jmadrigal@tec.ac.cr
- 3 Profesor. Ingeniero Industrial. FH JOANEUM University of Applied Sciences. Austria. Correo electrónico: johannes.dirnberger@fh-joanneum.at



Palabras clave

Información en tiempo real; Cadenas de Suministros; elementos; confianza; socios.

Resumen

La Administración de la Cadena de Suministros y la inclusión de la tecnología como una herramienta para su eficiencia, lo que hoy se denomina Cadenas de Suministro Inteligentes. Este tema es de alta importancia para las empresas en la actualidad, por esta razón el presente artículo hace una revisión de este bajo dos escenarios, el primero basado en el proceso utilizado por las empresas de manufactura en Costa Rica para su Cadena de Suministros y el segundo fue orientado a entender la implementación de un enfoque inteligente de acuerdo con el criterio de expertos austriacos. Tomando como base la información recolectada, el estudio diseña un modelo para la gestión de cadenas de suministro inteligentes con las características más relevantes para cada escenario. Finalmente, el análisis permitió concluir que actualmente la información en tiempo real es esencial para la Administración de la Cadena de Suministros.

Keywords

Real-time information; Supply Chains; items; trust; partners.

Abstract

Supply Chain Management and the technology adoption as a tool to increase efficiency is also known as Smart Supply Chain. This topic has become of importance in companies nowadays. Thus, this research analyzes this topic within two scenarios. The first one based on the process used by manufacturing companies in Costa Rica to their Supply Chain and the second was oriented to understand the implementation of a smart approach according to Austrian expert criteria. Based on the collected information a model for each scenario was designed with the most relevant characteristics. Finally, the analysis allowed to conclude that currently real-time information is essential for Supply Chain Management.

Introducción

De acuerdo con [1] la producción inteligente está cambiando la forma en la que las compañías administran la Cadena de Suministros y la responsabilidad por los bienes y las entregas, de igual manera acusa que el enfoque operacional se basa en información en tiempo real, siendo esta una de las claves para el futuro éxito de la Cadena de Suministros; en el mismo contexto de la manufactura inteligente [2] mencionan que la implementación de tecnologías de información y comunicación, tales como sistemas de identificación por radio frecuencia (RFID), IOT, sistemas cibernéticos, “big data” y computación en la nube se cree que facilitará el incremento de la productividad de los sistemas de manufactura, la calidad de los productos así como la flexibilidad de la manufactura, de esta manera la tecnología toma una relevante posición en el nuevo concepto inteligente de manufactura facilitando la toma de decisiones, el monitoreo de procesos y solución de problemas. “La tecnología puede ser usada para monitorear y encontrar problemas, por lo que los expertos en la Cadena de Suministros se pueden concentrar en la solución de problemas” [1].

Como lo menciona [3], la Gestión de la Cadena de Suministros habla de “tener el artículo correcto en la cantidad correcta en el momento correcto en el lugar correcto por el precio

correcto en las condiciones correctas para el cliente correcto” de esta manera la Administración de la Cadena de Suministros se vuelve uno de los grandes retos para empresas modernas, de igual manera se visualiza como una oportunidad valiosa en cuanto a los procesos de creación de valor en las compañías. Desde sus inicios, lo más barato, más rápido y mejor ha sido el punto de meditación de los administradores de la Cadena de Suministros [3], desde este panorama existen diferentes enfoques para la reducción de costos y el incremento de la eficiencia, como menciona [4] para manejar los crecientes desafíos de forma correcta la Cadena de Suministros debe convertirse más inteligente, asociados con esta afirmación es posible enmarcar diferentes escenarios, como la utilización de dispositivos inteligentes, minería de datos y la importancia de las tecnologías de información para promover el desarrollo de Cadenas de Suministros Inteligentes.

En el contexto de eficiencia en la Administración de la Cadena de Suministros en manufactura, [5] menciona que los principales controladores de esta área son el Manejo de inventarios, Outsourcing, Transporte, Tecnologías de información, Instalaciones y finalmente Precios; en esta misma línea de la definición de los factores de éxito para las Cadenas de Suministros [6] proponen cinco pilares para alcanzar una cadena sostenible en la compañía: “Orientación” que está relacionada con el soporte de la alta administración al proceso, “Continuidad” basada en la creación de relaciones de tipo ganar-ganar con los proveedores, “Colaboración” con los socios utilizando tecnologías de información, “Administración del riesgo” en todo el proceso y “Proactividad” relacionada con la innovación.

Además, [7] menciona que conforme el mundo empieza a trabajar de forma diferente se pueden apreciar como emerge un nuevo tipo de Cadena de Suministros, una Cadena de Suministros más inteligente y con tres características principales, las cuales son:

- Instrumentación: la información de la Cadena de Suministros que antes era creada por personas ahora será generada por dispositivos y sistemas que en tiempo real informarán de eventos que ocurren, así como el estado de planes, compromisos, recursos, inventarios y requerimientos de los clientes.
- Interconexión: una interacción no solo entre clientes, proveedores y sistemas tecnológicos sino también entre objetos a lo largo de la Cadena de Suministros que monitoreen su flujo, permitirá la creación de planes y toma de decisiones a escalas mundiales.
- Inteligencia: los ejecutivos recibirán un apoyo en cuanto a la evaluación de compromisos, mediante la simulación de diversos cursos de acción, así mismo una Cadena de Suministros más inteligente será capaz de aprender y tomar decisiones por sí misma sin necesidad de intervención humana.

En [2] la investigación acerca de la manufactura inteligente y la Administración de la Cadena de Suministros proponen que para alcanzar el éxito en estos ámbitos se debe responder no solo a los problemas de tecnología y manufactura sino también a los relacionados con toda la Cadena de Suministros, así mismo como proposiciones adicionales hacen mención a que la operación de las Cadenas de Suministros es conducida por los datos, además que para el diseño y conducción de una red de fabricación se debe tomar en cuenta el conocimiento no solo los costos de mano de obra.

Siguiendo con la línea enmarcada en la conducción de la Cadena de Suministros por los datos [8] describen que la Administración de la Cadena de Suministros se denomina básicamente como “el diseño, planeación, ejecución, control y monitoreo de los bienes” y a la misma vez se puede visualizar como un enfoque que administra los movimientos de los materiales en la organización tanto dentro como fuera de ella y desde un punto de vista de Cadenas Inteligentes se apoya en la utilización del internet de las cosas (IoT), sistemas RFID y sistemas

de posicionamiento global (GPS) para mantener información actualizada acerca del estado de los bienes y lograr que estos lleguen en perfecto estado al cliente; mediante la utilización de estas tecnologías se alcanza un control del flujo de los productos, la información y las finanzas ayudando al crecimiento del negocio y brindando una plataforma global a la organización para desarrollar y expandir una mayor satisfacción del consumidor [2].

Según lo expuesto por [7] y que es respaldado por distintos autores como [9], la aplicación de Cadenas de Suministro Inteligentes con sus características de instrumentación, interconexión e inteligencia permitirá a las empresas enfrentar los principales retos de sus Cadenas de Suministros, generando múltiples beneficios; en la figura 1 se muestra un resumen de los principales retos y beneficios de utilización de un enfoque inteligente para la administración de la área bajo mención según la literatura consultada.

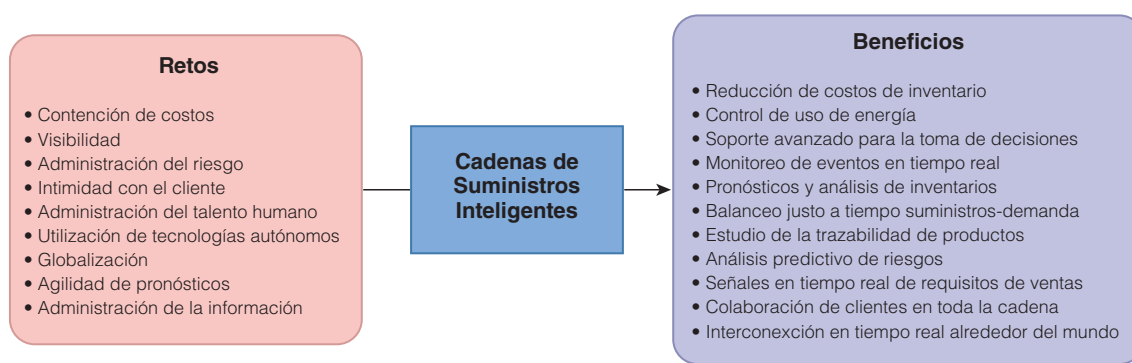


Figura 1. Principales retos y beneficios de las Cadenas de Suministros Inteligentes de acuerdo con la teoría.

Metodología

Proceso general de la investigación

El presente trabajo fue desarrollado como una investigación científica bajo la metodología de estudio de casos múltiples con un enfoque cualitativo exploratorio, ya que como sugiere [10] este tipo de orientación de estudio pretende identificar elementos o variables que influyen en el desarrollo de un fenómeno; de igual manera [11] menciona que la aplicación de estudios de casos es de gran utilidad cuando se desea analizar eventos contemporáneos, en los cuales se desea identificar el por qué y el cómo de los mismos sin la necesidad de tener control sobre ellos, descripciones que se adaptan al enfoque de este proyecto; además [12] describen que el estudio de caso está siendo cada vez más aceptado como instrumento de investigación científica en el área empresarial al comprobarse que la comprensión de los procesos de toma de decisiones, implementación y cambios en las organizaciones requieren de un análisis no ejecutable con números elevados de observaciones. A partir de esto se plantea como objetivo estudiar el proceso utilizado por las empresas de manufactura en Costa Rica para administrar su Cadena de Suministros y entender el procedimiento que conlleva la implementación de una Cadena de Suministros Inteligente, la metodología general seguida durante el proyecto se muestra en la figura 2.

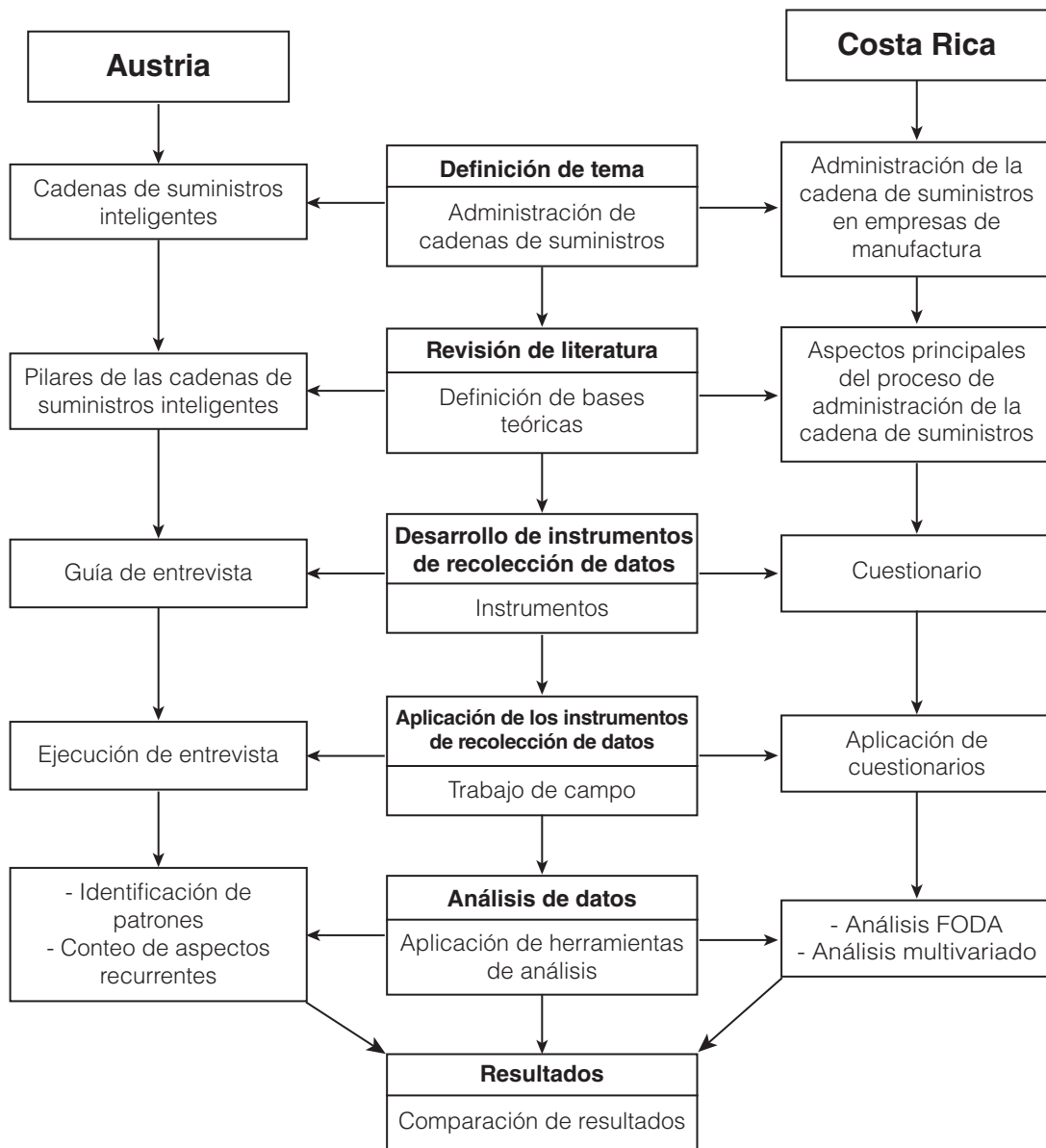


Figura 2. Proceso general de la investigación

Selección de la muestra

Se definieron dos poblaciones metas para el estudio y ambas se realizó un muestreo por conveniencia que de acuerdo con [13] tiene un enfoque práctico el cual busca obtener la mejor información en el menor tiempo posible, tomando en cuenta las circunstancias que rodean al investigador y al grupo de interés; la primera de ellas las empresas de manufactura donde se analizaron once casos de diferentes sectores como dispositivos médicos, productos de cuidado personal, bebidas, alimentos, dispositivos electrónicos, entre otros; la segunda los expertos austriacos en el tema de Cadenas Suministros en este caso se analizó el criterio tres personas con amplia experiencia en al área en industrias como la automotriz, papel, electrónica, vidrio, construcción y metal.

Herramientas de análisis de datos

- Análisis de entrevistas: una vez realizadas las entrevistas se recurrió al uso de técnicas que permitieran obtener los aspectos más relevantes de las mismas, el análisis se basó en el uso de cuadros fundamentados en los métodos de Identificación de patrones y el Conteo de aspectos recurrentes, para de esta manera identificar cuales puntos son considerados claves en el proceso por parte de los expertos austriacos.
- Análisis de cuestionarios: Inicialmente fue desarrollado un Análisis FODA del método aplicado por las compañías manufactureras en Costa Rica para administrar su Cadena de Suministros con el fin de caracterizar el estado actual de mismo, además con un enfoque más estadístico se analizó los datos provenientes de los cuestionarios utilizando el software Minitab, el cual facilitó la aplicación de un Análisis Multivariado empleando un Análisis de Elementos con los factores establecidos previamente de forma teórica para determinar cuáles son de importancia para caracterizar el proceso estudiado según su consistencia interna, esto basado en el criterio Alfa Cronbach, el cual de acuerdo con [14] se puede evaluar con las siguientes reglas $\geq .9$ – excelente, $\geq .8$ – bueno, $\geq .7$ – aceptable, $\geq .6$ – cuestionable, $\geq .5$ – pobre, $< .5$ – inaceptable, una vez determinados los elementos más importantes para el proceso se procedió a realizar un estudio de Componentes Principales fundamentado en el uso del principio de “Eigenvalue” el cual define que los factores a incluir en la caracterización final del área estudiada son aquellos cuyo valor es mayor que la unidad, finalmente para establecer los elementos que deben incluirse en cada factor se realizó un Análisis de Factores donde como método de extracción se aplicó Máxima Verosimilitud, ya que de acuerdo con distintos autores [15] esta es la técnica más recomendada por su versatilidad para calcular un rango amplio de índices de bondad de ajuste, así como la ejecución de pruebas de significancia estadística con los datos disponibles y para la rotación de los datos se usó el método Varimax que según lo descrito por [16] es el procedimiento de mayor uso cuando se busca que cada elemento sea representativo únicamente en uno de los factores definidos.

Resultados

1. Administración de la Cadena de Suministros. Estudio de caso en Costa Rica
 - Análisis FODA

Los resultados del Análisis FODA son mostrados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis FODA

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)	Debilidades (D)	Amenazas (A)
<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo de la gerencia al proceso - Visibilidad de la demanda - Proactividad en el proceso - Uso programas computarizados para administrar áreas específicas de la Cadena de Suministros como optimizadores de rutas, ERP - Integración de distintas áreas de la compañía - Desempeño adecuado en términos de demanda - Satisfacción del cliente - Organización de los procesos 	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización del proceso de recolección de la información - Utilización constante de la información en tiempo real para la toma de decisiones - El uso de tecnologías de información a lo largo de la Cadena de Suministros - Brindar mayor importancia a aspectos como Internet de las cosas y Computación en la nube en el proceso 	<ul style="list-style-type: none"> - Escasa importancia brindada al aspecto de relaciones con los socios de la Cadena de Suministros - Alta dificultad en la administración de los pronósticos - Dificultad en la administración del talento humano participante en el proceso - Ausencia de personal dedicado a la administración del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de manejo de tiempos de espera de los productos - Elección de proveedores que no se adapten a las necesidades de la compañía - Incumplimiento en fechas de entrega, lo que puede generar pérdida de clientes

- Análisis multivariado

El modelo definido de forma teórica para el proceso de Administración de la Cadena de Suministros se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Modelo teórica del proceso de Administración de la Cadena de Suministros

Factor	Composición interna (Elementos)
Procesos internos	Manejo de inventarios (MI)
	Transporte (TN)
	Método de definición de precios (MDP)
	Apoyo de la gerencia al proceso (AGP)
	Administración de riesgo (AR)
	Condiciones de las instalaciones (CDI)
	Proactividad en el proceso (PP)
Entes externos	Relaciones con los proveedores (RP)
	Intercambio de información con proveedores (INP)
	Outsourcing (OTS)
Recolección de la información	Sistemas de radio frecuencia (RFID)
	Sistemas de posicionamiento global (GPS)
	Sensores (SNS)
Administración de la información	Información en tiempo real (ITR)
	Tecnologías de información (TI)
	Computación en la nube (CP)
	Big data (BD)
	Internet de las cosas (IOT)

Con esta información se procedió a realizar un Análisis de Elementos basado en el Alfa de Cronbach para definir los ítems de importancia estadística para el proceso, en el cuadro 3 se muestran los elementos que fueron sustraídos en cada corrida realiza y así mismos la evolución criterio de decisión utilizado.

Cuadro 3. Alfa de Cronbach y elemento sustraído por corrida

# Corrida	Alfa Cronbach	Elemento sustraído
1	0,8531	-
2	0,8757	RFID
3	0,8932	BD
4	0,9003	IOT
5	0,9065	CP
6	0,9121	SNS
7	0,9124	MI
8	0,9130	GPS
9	0,9126	OTS
10	0,9104	RP

Finalmente se realizó un Análisis de Componentes Principales para definir la cantidad de factores a incluir en el modelo final y un Análisis de Factores para la agrupación de los elementos finales en los factores definidos, el resultado del modelo final se muestra en la figura 3,



Figura 3. Modelo estadístico del proceso de Administración de la Cadena de Suministros utilizado por las empresas de manufactura en Costa Rica

2. Cadenas de Suministros Inteligentes. Estudio de caso en Austria

La información recolectada durante las entrevistas permitió identificar los aspectos recurrentes que muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Datos recurrentes en las entrevistas

Aspecto	Conteo	Comentario
Generación de información confiable y relevante	2/3	U de los principales beneficios del uso de este enfoque
Uso de información en tiempo real	3/3	Importante en casos como puntos atípicos
Selección de información	3/3	Debe ser posible detectar puntos atípicos
Buenas relaciones con los socios de la Cadena de Suministros	3/3	Aspecto considerado parte fundamental de una Cadena de Suministros Inteligentes
Uso de computación en la nube	2/3	Útil para compartir información
Uso de plataforma adecuada para compartir información	3/3	Esencial para compartir información relevante con los socios
Reducción de almacenamientos	3/3	Beneficio destacado por los expertos
Reducción de costos	3/3	Uno de los objetivos y beneficios del enfoque

Analizada la información y definidos los aspectos de mayor importancia, se propone un modelo a utilizar por las empresas que deseen implementar un enfoque inteligente para administrar su Cadena de Suministros, este se muestra en la figura 4.

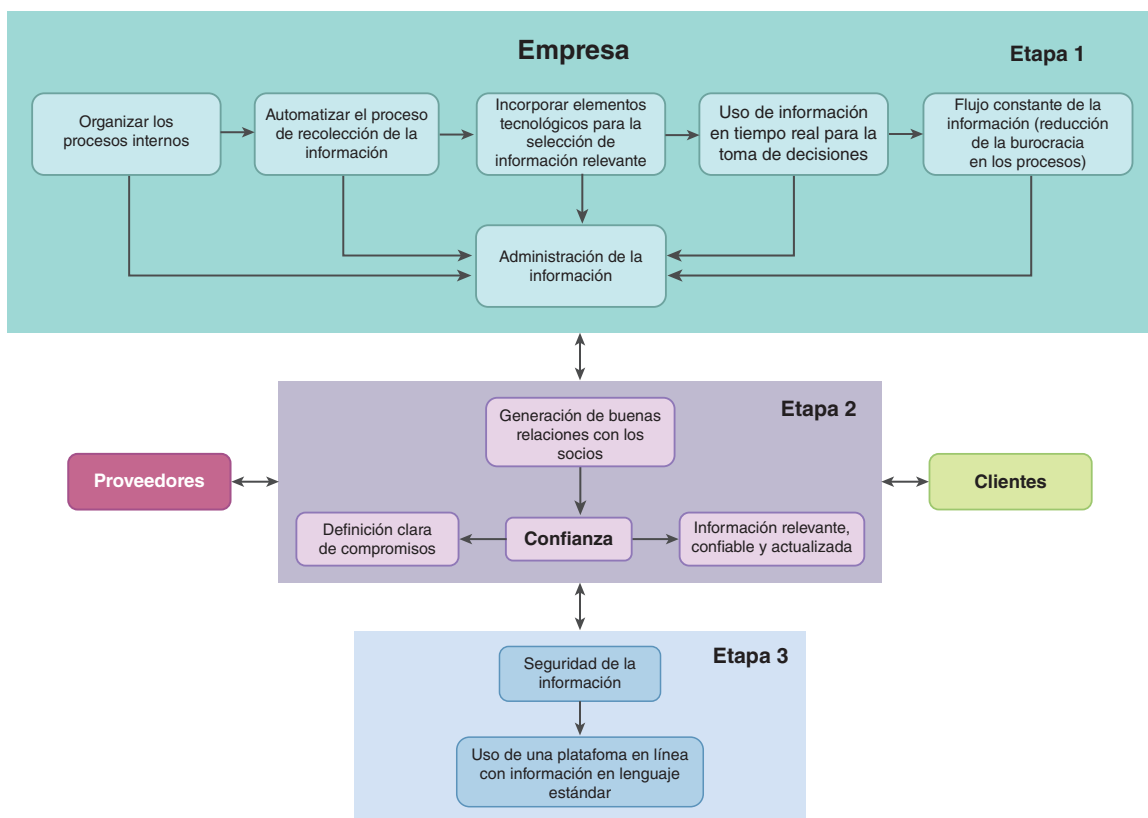


Figura 4. Modelo para proceso de implementación de Cadenas de Suministros Inteligentes.

Conclusiones

Los aspectos fundamentales del proceso utilizado por las empresas de manufactura en Costa Rica para administrar su Cadena de Suministros están relacionados principalmente con proceso internos, donde una evaluación de dichos puntos a nivel interno de la compañía permitiría a las

empresas tener una panorama bastante claro del desempeño del área; mientras que de acuerdo con los expertos austriacos el enfoque inteligente en las Cadenas de Suministros está basado fundamentalmente en la administración eficaz de la información, que generaría múltiples beneficios como la reducción de costos, reducción de almacenamientos, producción de mejor información, reducciones de tiempos de ciclo de los productos, incremento ganancias, entre otros.

Asociado a las diferencias encontradas entre los procesos analizados se visualiza la implementación de un enfoque inteligente en la Administración de la Cadena de Suministros como importante oportunidad para las empresas de manufactura en Costa Rica para enfrentar los retos de un mercado exigente y en constante cambios como el actual.

Referencias

- [1] Palmquist, D. (2014). 5 Trends Driving the Movement Toward Smart Manufacturing. Obtenido de 5 Trends Driving the Movement Toward Smart Manufacturing: <http://mktforms.gtnexus.com/rs/gtnexus/images/GTNexus-5-Trends-Driving-the-Movement-Toward-Smart-Manufacturing.pdf>
- [2] Lin, Y., Ieromonachou, P., & Sun, W. (2016). Smart manufacturing and supply chain management. International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences , 1-5.
- [3] Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. (2016). Smart supply chain management; a review and implications for future research. The International Journal of Logistics Management, Vol. 27, 395-417.
- [4] Butner, K. (2010). The smarter supply chain of the future. Strategy & Leadership. Vol. 38, 22-31.
- [5] Matthew, J. (2017). Supply Chain Management (SCM) Utilization Based on SCM Drivers in Manufacturing Industry. Jurnal Pengurusan, Vol. 50, p1-16.
- [6] Beske, P., & Seuring, S. (2014). Putting sustainability into supply chain management. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 19 pp.322-331.
- [7] IBM. (2009). The smarter supply chain of the future. Obtenido de The smarter supply chain of the future: <https://www.ibm.com/downloads/cas/AN4AE4QB>
- [8] Yuvaraj, S., & Sangeetha, M. (2016). Smart Supply Chain Management using Internet of Things(IoT) and Low power Wireless Communication Systems. IEEE WiSPNET conference, 555-558.
- [9] Mussomeli, A., Gish, D., & Laaper, S. (2016). The rise of the digital supply network. Obtenido de The rise of the digital supply network: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3465_Digital-supply-network/DUP_Digital-supply-network.pdf
- [10] Martínez, C. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. Pensamiento y Gestión, 20, 165-193.
- [11] Yin, R. K. (1994). Case Study Research: Design and Methods. SAGE Publications.
- [12] Villarreal, O., & Landeta, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. Una aplicación a la internacionalización. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Vol 16, 31-52.
- [13] Quintana, A. (2006). Metodología de Investigación.
- [14] Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales. Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education.
- [15] Madrigal, J. (2012). Assessing Sustainability of the Continuous Improvement Through the Identification of Enabling and Inhibiting Factors. Obtenido de Assessing Sustainability of the Continuous Improvement Through the Identification of Enabling and Inhibiting Factors.
- [16] Méndez, C., & Rondón, M. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. Revista Colombiana de Psiquiatría, 197-207.