

FORTALECIENDO PRÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA LOGÍSTICA ANTE DISRUPCIONES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

STRENGTHENING PRACTICES FOR TEACHING LOGISTICS FACING DISRUPTIONS IN THE SUPPLY CHAIN

J. Escalante Euán¹
J. Santos Flores²
F. Aguilar Vázquez³
F. Mex Arriaga⁴

RESUMEN

Enseñar ingeniería industrial con enfoque innovador que tenga presente las inminentes disrupciones en la cadena de suministro presenta a los docentes varios desafíos, lo que refleja la naturaleza compleja y dinámica del panorama industrial global. Las interrupciones en la cadena de suministro pueden surgir de diversas fuentes, incluidos los desastres asociados a la naturaleza, los eventos geopolíticos y las crisis sanitarias globales. La naturaleza impredecible y evolutiva de estas interrupciones dificulta que los educadores anticipen e incorporen ejemplos en tiempo real en sus materiales didácticos. En esta investigación se valoraron las prácticas y estrategias docentes para fortalecer la enseñanza de la logística, particularmente ante contextos asociados a las disrupciones en la cadena de suministro.

ABSTRACT

Teaching industrial engineering with an innovative approach that takes into account the imminent disruptions in the supply chain presents teachers with several challenges, reflecting the complex and dynamic nature of the global industrial landscape. Supply chain disruptions can arise from a variety of sources, including natural disasters, geopolitical events, and global health crises. The unpredictable and evolving nature of these disruptions makes it difficult for educators to anticipate and incorporate real-time examples into their instructional materials. In this research we explore teaching practices and strategies to strengthen the teaching of logistics, particularly in contexts associated with disruptions in the supply chain.

ANTECEDENTES

El campo de la Ingeniería Industrial está estrechamente relacionado con la eficiencia y optimización de los sistemas de la cadena de suministro. En el panorama empresarial contemporáneo, las interrupciones en la cadena de suministro se han vuelto cada vez más comunes debido a diversos factores, como desastres naturales, eventos geopolíticos y pandemias globales. Enseñar Ingeniería Industrial frente a las interrupciones de la cadena de suministro requiere metodologías innovadoras que preparen a los estudiantes para enfrentar los desafíos de una economía global dinámica e interconectada.

Esta investigación exploró una selección de enfoques para impartir conocimientos en Ingeniería Industrial y al mismo tiempo abordar como problemática el efecto de las disrupciones en la cadena de suministro. Para enseñar Ingeniería Industrial de manera efectiva en el conocimiento en Ingeniería Industrial de la cadena de suministro, los

¹Profesor. Universidad Autónoma de Yucatán/ Tecnológico Nacional de México/ FIQ-UADY-ITM.

jesus.ee@merida.tecnm.mx, jesus.escalante@correo.uady.mx

²Profesor. Universidad Autónoma de Yucatán/ FMVZ. sflores@correo.uady.mx

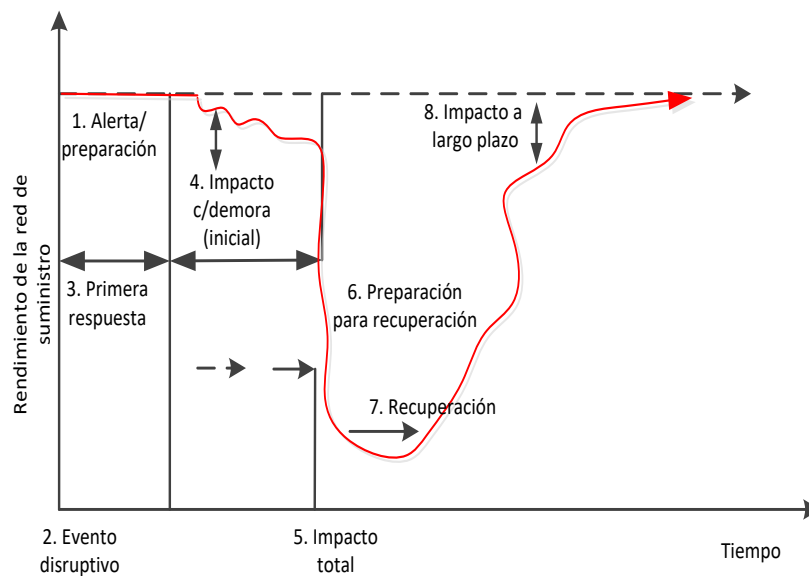
³Profesor. Tecnológico Nacional de México/ ITM. felix.av@merida.tecnm.mx

⁴Profesor. Universidad Tecnológica Metropolitana/ UTM. Fredi.mex@utmetropolitana.edu.mx

estudiantes primero deben desarrollar una comprensión integral de las causas, los impactos y las consecuencias de estas. Los docentes pueden presentar estudios de casos, ejemplos históricos y escenarios del mundo real para ilustrar la complejidad de los sistemas de la cadena de suministro y las vulnerabilidades que pueden surgir.

Es fundamental que los estudiantes reconozcan que pueden ocurrir interrupciones en varios puntos de la cadena de suministro, desde el abastecimiento de materias primas hasta la fabricación y la distribución. Autores como Baker et al. (2013); Bhamra et al. (2011); Carvalho et al. (2012); Fonseca et al. (2011); Sheffi & Rice Jr. (2005) han señalado la importancia de ampliar y diversificar las contribuciones en esta línea de investigación (Riesgo y resiliencia en entornos empresariales). Las fases de un evento disruptivo en una Cadena de Suministro de acuerdo con Sheffi & Rice Jr. (2005) son: (i) La cadena de suministro se encuentra en operación conforme lo planeado, (ii) las operaciones en la cadena se resienten dado el impacto total del evento, finalmente, (iii) la implementación de acciones de recuperación como se ilustra en la Figura.

Figura 1. Impacto de un evento disruptivo



Fuente: Sheffi & Rice Jr. (2005)

A pesar de que los estudios con enfoque hacia los modelos de suministro han sido importantes, se considera que aún existen brechas, principalmente en la configuración de herramientas que permitan explorar el riesgo en las operaciones logísticas y el efecto de estas interrupciones en el flujo de suministros inherentemente vinculados a la toma de decisiones de los directores y principales actores en la cadena de valor. Así como responder a cuestiones relacionadas con la percepción del entorno y su locación en zonas de riesgo.

De acuerdo con los estudios de las Naciones Unidas y CEPAL (NU-CEPAL, 2010) refieren que, diversas zonas de Latinoamérica no están lo suficientemente preparados para afrontar el

impacto producido por los cambios súbitos en la demanda, además de su limitado desarrollo económico, social, político y tecnológico.

La enseñanza de la Ingeniería Industrial frente a las interrupciones de la cadena de suministro debería enfatizar la integración de los marcos de gestión de riesgos. Los estudiantes deben estar familiarizados con metodologías para identificar, evaluar y mitigar riesgos dentro de la cadena de suministro. Esto incluye, el uso de herramientas de evaluación de riesgos, planificación de escenarios y el desarrollo de planes de contingencia sólidos. Al inculcar una mentalidad proactiva de gestión de riesgos, los estudiantes pueden contribuir a la resiliencia de los sistemas de la cadena de suministro frente a interrupciones imprevistas.

En este mismo sentido, la incorporación de tecnología y análisis de datos en tiempo real en el plan de estudios es esencial para preparar a los estudiantes para afrontar las disrupciones de la cadena de suministro de forma eficaz (Oteafy & Hassanein, 2012). Los programas de Ingeniería Industrial deberían incluir módulos sobre la toma de decisiones basada en datos, el análisis predictivo y el uso de tecnologías emergentes como blockchain e Internet de las cosas (IoT) en la gestión de la cadena de suministro (Ahmed et al., 2016). Los proyectos y los ejercicios prácticos pueden exponer a los estudiantes a la aplicación de estas tecnologías para mitigar las interrupciones y mejorar la visibilidad de la cadena de suministro.

Los ejercicios de simulación ofrecen un enfoque de aprendizaje práctico y experiencial para enseñar Ingeniería Industrial frente a interrupciones en la cadena de suministro (Holweg & Bicheno, 2002). Al crear escenarios simulados de cadenas de suministro, los estudiantes pueden participar activamente en procesos de toma de decisiones relacionados con la gestión de inventarios, la previsión de la demanda y la logística durante eventos disruptivos. Estos ejercicios proporcionan un entorno de aprendizaje dinámico donde los estudiantes pueden probar diferentes estrategias y observar las consecuencias de sus decisiones en un entorno libre de riesgos.

Planteamiento del problema

Los programas de Ingeniería Industrial pueden enfrentar desafíos para brindar a los estudiantes suficiente experiencia práctica para lidiar con las interrupciones de la cadena de suministro. La falta de acceso a proyectos, pasantías o simulaciones prácticas relevantes para la industria puede obstaculizar el desarrollo de habilidades prácticas para la resolución de problemas.

Aprendizaje basado en proyectos

Proveer un adecuado sistema de aprendizaje los participantes aprenden a asumir la función formativa, supervisando ellos mismos lo que aprenden. Sin embargo, la facción sumativa no puede desligarse porque de alguna forma se debe comprobar hasta qué punto los evaluados han aprendido lo que se supone deben aprender (Fuertes et al., 2015). Los modelos utilizados tradicionalmente centran la evaluación en cogniciones aisladas sin considerar su conexión con el marco de conocimientos general y personal del participante, esta tendencia no favorece la construcción del conocimiento y se vuelve obsoleto para las tendencias y necesidades actuales en la educación.

Un modelo de evaluación que encaja con el PBL es aquel por competencias. Éste se orienta a evaluar las competencias en los estudiantes teniendo como referencia el desempeño de estos ante las actividades y problemas del contexto profesional, social, disciplinar e investigativo. Esto privilegia el desempeño del estudiante ante actividades reales o simuladas propias del contexto. De igual manera ofrece resultados de retroalimentación cuantitativa, así como cualitativa según (Brown & Pickford, 2013).

Objetivo General

El propósito de la investigación fue documentar las lecciones aprendidas en un escenario real de aprendizaje empleando como estrategia el aprendizaje basado en proyectos (PBL) con énfasis en la simulación. Para lograrlo, propusimos un modelo conceptual que nos permitiera documentar los resultados de las diferentes fases del proceso. De acuerdo con Saenz (2012) algunos beneficios son:

- Desarrollar la capacidad de aprendizaje de los participantes.
- Promover la participación y empoderamiento de los actores que intervienen en el proyecto.
- Dotar a los educadores de los conocimientos, habilidades y enfoques pedagógicos necesarios para preparar a los estudiantes para los desafíos de una economía global que cambia rápidamente.

METODOLOGÍA

Materiales

La simulación consta de 4 actores; detallista, mayorista, distribuidor y el fabricante. Cada uno tiene un rol definido en la cadena de suministro y el flujo del producto. La política de inventarios se definió de manera simple, si el inventario que tienen en almacén es menor al stock de seguridad se emite la orden de compra de acuerdo con las necesidades del cliente (lote de entrega establecido para el proveedor). El ciclo productivo, inicia con una capacidad de inventario para producir cierto número de unidades del producto.

Figura 2. Módulos del simulador

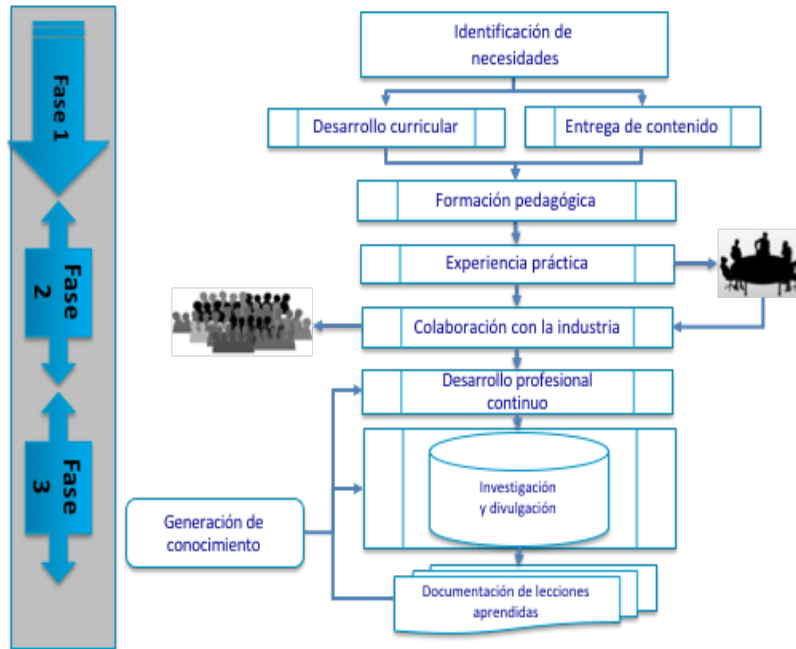


Método

Formar docentes para que enseñen Ingeniería Industrial de manera eficaz frente a las interrupciones en la cadena de suministro requiere una metodología integral que abarque conocimientos teóricos, habilidades prácticas y enfoques pedagógicos diseñados para abordar las complejidades de la gestión de la cadena de suministro. La siguiente metodología

describe los pasos y componentes clave involucrados en la capacitación de docentes para este propósito, cada una de las fases se describen en la Figura 2.

Figura 2. Modelo conceptual para la evaluación del aprendizaje



En la fase 1, la metodología refiere que se requiere realizar una evaluación exhaustiva de las necesidades para identificar los desafíos y requisitos específicos que enfrentan los profesores del programa de ingeniería industrial. Esto puede implicar encuestas, entrevistas con docentes, profesionales de la industria y otros actores de interés, así como, análisis del plan de estudios y metodologías de enseñanza actuales.

El enfoque de la investigación fue documentar las lecciones aprendidas en el desarrollo y puesta en práctica de un modelo de simulación basado en el juego de la cerveza. En donde los participantes analizaron un problema clásico en la cadena de suministro, específicamente el impacto de las interrupciones ocasionadas por el efecto látigo.

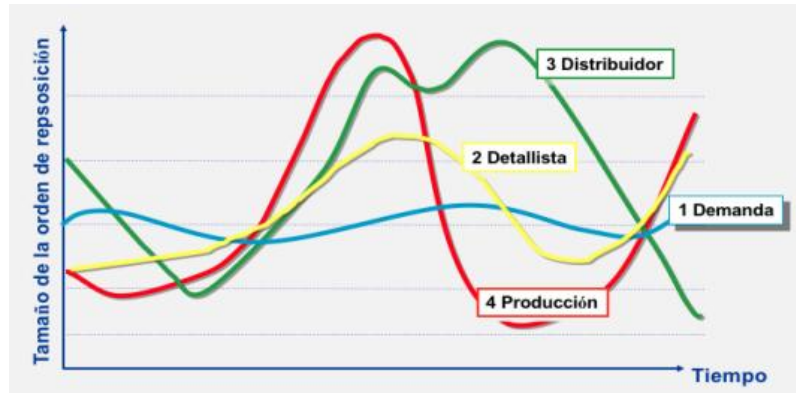
The Beer Game, desarrollado por la MIT Sloan School of Management en la década de 1960, es un popular juego de aprendizaje experiencial que se utiliza para enseñar conceptos fundamentales en logística, gestión de la cadena de suministro y dinámica de sistemas (Forrester, 1958). Al simular la dinámica de una cadena de suministro simple para la producción y distribución de cerveza, los participantes obtienen información sobre las complejidades de la gestión de la cadena de suministro. A continuación, se presentan algunas lecciones clave aprendidas del Juego de la Cerveza como estrategia de enseñanza-aprendizaje en la logística:

- Conciencia del efecto látigo (Figura 3): Los participantes aprenden sobre el efecto látigo, donde las pequeñas fluctuaciones en la demanda a nivel del consumidor pueden amplificarse a medida que avanzan en la cadena de suministro. Esto resalta la

importancia de una previsión precisa de la demanda y la comunicación entre los socios de la cadena de suministro.

- **Dinámica de la cadena de suministro:** The Beer Game demuestra la naturaleza dinámica de las cadenas de suministro. Los cambios en los niveles de inventario, las cantidades de los pedidos y los retrasos en diversas etapas de la cadena de suministro afectan el rendimiento general del sistema. Los participantes experimentan de primera mano cómo las decisiones en una parte de la cadena afectan a todo el sistema.
- **Importancia de la comunicación:** La comunicación eficaz entre los socios de la cadena de suministro es fundamental. El juego enfatiza los desafíos que surgen cuando hay falta de comunicación entre minoristas, mayoristas, distribuidores y fabricantes. La falta de comunicación puede conducir a decisiones subóptimas y a una mayor variabilidad.
- **Desafíos de la gestión de inventario:** Los participantes obtienen información sobre los desafíos de la gestión de inventarios, incluida la compensación entre costos de mantenimiento y desabastecimientos. La simulación ilustra cómo los niveles de inventario excesivos o insuficientes pueden tener consecuencias posteriores y afectar a toda la cadena de suministro.
- **Impacto en el tiempo de entrega:** El impacto del tiempo de entrega en la toma de decisiones y el rendimiento general del sistema se vuelve evidente. Los participantes aprenden para tener en cuenta los plazos de entrega al tomar decisiones de pedidos y comprenden cómo los retrasos pueden afectar la sincronización de la cadena de suministro.
- **Función del intercambio de información:** El intercambio de información es crucial para una gestión eficaz de la cadena de suministro. The Beer Game destaca los beneficios de compartir información precisa y oportuna entre los socios de la cadena de suministro para minimizar el efecto látigo y mejorar la eficiencia general del sistema.
- **Riesgo e incertidumbre:** La simulación presenta a los participantes las incertidumbres inherentes a la gestión de la cadena de suministro. Los factores externos, como la variabilidad de la demanda y las interrupciones de la oferta, pueden afectar la toma de decisiones, y los participantes aprenden a adaptar sus estrategias frente a la incertidumbre.
- **Colaboración en equipo:** La simulación de la Cerveza se juega a menudo en equipos, lo que fomenta la colaboración y el trabajo en equipo. Los participantes aprenden la importancia de la coordinación y cooperación entre los miembros del equipo para optimizar el desempeño de la cadena de suministro y lograr objetivos comunes.
- **Pensamiento sistémico:** La simulación promueve el pensamiento sistémico, ayudando a los participantes a comprender que la cadena de suministro es un sistema interconectado donde las decisiones en un nivel pueden tener efectos en cascada a lo largo de toda la cadena. Esta perspectiva holística es crucial para una gestión eficaz de la cadena de suministro.
- **Mejora continua:** Después de cada ronda de la simulación, los participantes participan en sesiones informativas para analizar su desempeño, identificar ineficiencias y discutir posibles mejoras. Esto fomenta una mentalidad de mejora continua y refuerza la importancia de aprender de la experiencia.

Figura 3. Efecto látigo



Fuente: Adaptado de Tom Mc Guffry, Electronic Commerce and Value Chain Management, 1998 (Christopher, 2016).

El Juego de la Cerveza sirve como una herramienta eficaz para el aprendizaje experiencial, permitiendo a los participantes internalizar conceptos clave de logística y gestión de la cadena de suministro a través de una simulación práctica. Las lecciones aprendidas del juego contribuyen a una comprensión más profunda de las complejidades y desafíos inherentes a la gestión de las cadenas de suministro modernas.

RESULTADOS

La asistencia promedio de los profesores fue del 95 %, y como resultado del proceso de evaluación aplicado y reportado por la instancia capacitadora se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Evaluación del aprendizaje

Grupo	Modulo 1. Simulación de la cadena de suministro (Beer Game). Módulo 2. Simulación montacargas	Resultado
1	Consideraron que obtuvieron nuevos elementos que les permitirán mejorar sus competencias docentes.	Notable
2	Los aspectos que más llamaron su atención fueron la experiencia vivencial con los instructores y la metodología empleada.	Notable
3	Los profesores consideraron que hubo elementos novedosos, relacionados con las técnicas docentes, particularmente en el manejo de los casos y el uso del simulador del montacargas (figura pendiente).	Sobresaliente

Adicionalmente, los profesores identificaron las siguientes áreas de oportunidad:
 Colaboración con la industria: Fomentar la colaboración entre el mundo académico y la industria para brindar a los docentes información sobre las prácticas, los desafíos y las soluciones actuales de la industria relacionados con las interrupciones de la cadena de suministro. Esto puede implicar conferencias invitadas de la industria, pasantías, visitas a

sitios y proyectos de investigación colaborativos que permitan a los docentes mantenerse actualizados sobre las tendencias emergentes y las mejores prácticas.

Desarrollo Profesional Continuo: Establecer un marco para el desarrollo profesional continuo para apoyar el aprendizaje continuo y la mejora de habilidades de los profesores de Ingeniería Industrial. Esto puede incluir la participación en conferencias, talleres, seminarios web y cursos en línea centrados en la gestión de la cadena de suministro, la evaluación de riesgos y las estrategias de resiliencia.

Análisis de Datos: Brindar capacitación sobre la incorporación de tecnología y análisis de datos en el plan de estudios de ingeniería industrial. Ofrecer talleres sobre el uso de software de simulación, herramientas de visualización de datos y otras plataformas tecnológicas relevantes para la gestión de la cadena de suministro.

CONCLUSIONES

Enseñar Ingeniería Industrial frente a las interrupciones en la cadena de suministro requiere un enfoque integral y con visión de futuro. Al centrarse en comprender las disrupciones, integrar marcos de gestión de riesgos, incorporar tecnología y análisis de datos en tiempo real, implementar ejercicios de simulación de la cadena de suministro, fomentar la colaboración interdisciplinaria, interactuar con socios de la industria y adoptar un desarrollo curricular adaptativo, los educadores pueden preparar a los estudiantes para que sean resilientes y adaptables. profesionales en el complejo mundo de la gestión de la cadena de suministro. A medida que las disrupciones continúan siendo un desafío predominante en la economía global, el papel de la educación en ingeniería industrial se vuelve cada vez más crítico en la configuración de la fuerza laboral futura.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, E., Yaqoob, I., Gani, A., Imran, M., & Guizani, M. (2016). Internet-of-things-based smart environments: state of the art, taxonomy, and open research challenges. *In IEEE Wireless Communications*, vol. 23(5), pp. 10–16. <https://doi.org/10.1109/mwc.2016.7721736>
- Barker, K., Ramírez, J., & Rocco, C. (2013). Resilience-based network component importance measures. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 117, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.03.012>
- Bhamra, R., Dani, S., & Burnard, K. (2011). Resilience: the concept, a literature review, and future directions. *International Journal of Production Research*, vol. 49(18), 5375–5393. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.563826>
- Brown, S. y Pickford, R. (2013). *Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior*. Narcea
- Carvalho, H., Barroso, A., Machado, V., Azevedo, S., & Cruz, V. (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation. *Computers and Industrial Engineering*, 62(1), pp. 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.10.003>

- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th Ed.). Pearson Education
- Fonseca, P., Casanovas, J., Montero, J., & Guasch, A. (2011). Experiences of simulation use in industrial projects. *SCS M&S Magazine*, vol. 7(3) pp. 152-150. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/18476>
- Forrester, J. (1958). Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*, vol. 36, pp. 37-66. <https://es.scribd.com/doc/158721742/Industrial-Dynamics-A-Major-Breakthrough-for-Decision-Makers>
- Fuertes, G., Vargas, M., Soto, I., Witker, K., Peralta, M., & Sabattin, J. (2015). Project-based learning versus cooperative learning courses in engineering students. In *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13(9), pp. 3113-3119. <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7350066>
- Holweg, M., & Bicheno, J. (2002). Supply chain simulation – a tool for education, enhancement, and endeavour. *International Journal of Production Economics*, vol. 78(2), pp. 163-175. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00171-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00171-7)
- Naciones Unidas - Comisión Económica para América Latina y el Caribe [NU-CEPAL] (2010). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2009*. Editorial CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/924-anuario-estadistico-america-latina-caribe-2009-statistical-yearbook-latin-america>
- Oteafy, S., & Hassanein, H. (2012, January 30 –February 02). *Towards a global IoT: Resource re-utilization in WSNs*. 2012 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC). Maui, HI, USA, pp. 617-622. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6167496>
- Saenz, A. (2012). *El Éxito de la Gestión de Proyectos. Un nuevo enfoque entre lo tradicional y lo dinámico*. [Tesis de Doctorado, Universitat Ramon Llull, España]. <https://www.studocu.com/row/document/usmanu-danfodiyo-university-sokoto/management/arturo-saenz-tesis-2012-rev-1/36438580>
- Sheffi, Y., & Rice Jr., J. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MITSloan Management Review*, 47, 41-48. <https://sloanreview.mit.edu/article/a-supply-chain-view-of-the-resilient-enterprise/>