Il Congreso Virtual Internacional Economía, finanzas y contextos organizativos: nuevos retos (julio 2018)

LEAN THINKING PARA FOMENTAR LA TRANSICIÓN DE LA LOGÍSTICA TRADICIONAL HACÍA EL PHYSICAL INTERNET

Vanessa Rodríguez Cornejo*

vanesa.rodriguez@uca.es

Ángel Cervera Paz*

angel.cervera@uca.es

Luis López Molina*

luis.lopez@uca.es

Víctor Pérez Fernández

victor.perez@uca.es

Miguel Ángel Montañez Del Río*

miguelangel.montañez@uca.es

Jaime Sánchez Ortiz*

jaime.sanchez@uca.es

Departamento de Organización de Empresas.

Universidad de Cádiz

Resumen

El presente estudio pretende poner de manifiesto la estrecha relación entre los paradigmas PI y Lean y por lo tanto el valor añadido que su consideración simultánea puede suponer en el análisis y optimización de las redes logísticas. En esencia, empleando Lean Thinking se obtendrían las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio. Y en consecuencia la aplicación de Lean ayuda a la reducción de costes, creando más valor para la empresa y mejorar sus resultados, siendo ello aplicable a la cadena de suministro desde la fabricación hasta el cliente.

El VSM, como herramienta LEAN aplicado a la actividad logística, recogería en un solo documento de manera gráfica, el mapa del proceso desde el suministro hasta el cliente. Empleando esta técnica se pueden encontrar actividades de NO valor. Algunas de estas actividades son: el exceso de almacenamiento, la sobreproducción, los tiempos de espera excesivos y tiempos de espera innecesarios, los defectos, rechazos y reprocesos y, finalmente, los transportes y movimientos innecesarios.

Almacenamiento, tiempos de espera, transportes y movimientos innecesarios llevan al núcleo de PI. Otros desperdicios que se podrían incluir y buscar empleando el VSM son: transportes en vacío, emisiones de CO2 innecesarias. Esta propuesta ofrece una herramienta para alcanzar los objetivos del primer roadmap que ALICE ha elaborado para alcanzar PI.

Keywords: Physical Internet, Lean Thinking, Value Stream Map y cadena de valor

1.- Introdución y objetivos.

El mundo actual es un mundo hiperconectado y esta realidad previsiblemente irá en aumento en el futuro (Coe & Yeung, 2015). Las conexiones se extienden a personas, instituciones, empresas y países, pudiéndose afirmar que los que permanezcan aislados podrán difícilmente progresar (Dasgupta & Sanyal, 2009).

Esta necesidad de conexión total y permanente hace destacar la relevancia de la logística y de la gestión de la cadena de suministro desde una perspectiva tanto global como mundial y que es necesario optimizar.

En este contexto, el concepto Physical Internet (PI) surge desarrollando la metáfora del Internet Digital, generador de una verdadera revolución en el campo de las tecnologías de las comunicaciones, pero aplicado en este caso a los objetos físicos (Pan et al, 2017). PI pretende así llegar a una logística optimizada en la que se involucran diferentes actores a través de nuevos modelos de negocio en una red logística más sostenible donde el papel de las tecnologías y de las competencias profesionales relacionadas con la flexibilidad y la adaptabilidad serán claves (Zijm & Klumpp, 2016).

Por otro lado, el paradigma Lean se basa en el principio de minimización de costos y eliminación de residuos. Según Womack et al. (1990), el concepto básico de Lean es hacer más con menos (por ejemplo: menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio), acercándose más a las necesidades del cliente.

El objetivo de este trabajo es analizar las interconexiones entre los principios de PI y Lean así como el potencial de su empleo integrado para la creación de valor en las redes logísticas.

2.- The Physical internet (PI).

Physical internet es un nuevo concepto, que nace para revolucionar los pilares de la logística, el manejo de materiales y el diseño de las instalaciones. La motivación de este nuevo paradigma se basa en la afirmación, la forma en que los objetos son movidos, manipulados, almacenados, realizado, suministrado y utilizado en todo el mundo no es sostenible desde el punto de vista económico, medioambiental y social. (Montreuil, 2010).

Montreuil (2011) consideró que las principales causas de la ineficiencia e insostenibilidad de la logística son 13, presentadas en el Cuadro 1

Inefficiency and unsustainability symptoms	Economical	Environmental	Societal
1. We are shipping air and packaging	•	•	
2. Empty travel is the norm rather than the exception	•	•	
3. Truckers have become the modern cowboys	•		•
4. Products mostly sit idle, stored where unneeded, yet so often unavailable fast where needed	•		•
5. Production and storage facilities are poorly used	•	•	•
6. So many products are never sold, never used	•	•	•
7. Products do not reach those who need them the most	•		
8. Products unnecessarily move, crisscrossing the world	•	•	•
9. Fast & reliable multimodal transport is a dream	•	•	•
10. Getting products in and out of cities is a nightmare	•	•	•
11. Logistics networks & supply chains are neither secure nor robust	•		•
12. Smart automation & technology are hard to justify	•		•
13. Innovation is strangled	•	•	•

Cuadro 1: Inefficiency and unsustainability symptoms. (Montreuil, B. (2009 and 2011)).

Para dar solución a estas problemáticas, apuesta por desarrollos que permitan, a largo plazo, nuevas infraestructuras que traspongan al mundo logístico, lo que sucede ya con los paquetes de datos por internet. Donde los proveedores de servicio compartan información y trabajen conjuntamente para alcanzar la máxima eficiencia operativa y financiera, permitiendo que los productos lleguen de productores a consumidores, ya que el PI deberá ser capaz de realizar estos movimientos de manera estandarizada y eficiente debido a su configuración y protocolos predefinidos. Como él bien indica, el gran reto para una logística sostenible y moderna es diseñar un sistema que mueva, almacene, suministre y gestione los objetos físicos a través del mundo de una manera que sea económica, ambiental y socialmente eficiente y sostenible. Por tanto el PI es un concepto novedoso que apunta a optimizar los procesos logísticos, capaz de crear redes eficaces y eficientes.

Por tanto según Ballot et al. (2012) el PI se puede definir como *la forma en que los objetos físicos son manipulados, movidos, almacenados, realizados, suministrados y utilizados, orientados hacia la eficiencia logística global y la sostenibilidad,* organizando el transporte de mercancías de forma similar a la forma en que fluyen los paquetes de datos en la Internet digital. Transformando una industria logística de transporte de mercancías fragmentada en una industria basada en la logística hiperconectada. (Crainic y Montreuil, 2016).

Como podemos observar en la Figura 1, Physical internet se basa en la interconectividad física, digital, operativa, empresarial y jurídica universal logrado a través de protocolos abiertos, estándar, encapsulación, interfaces, certificación, evaluación del rendimiento y control.

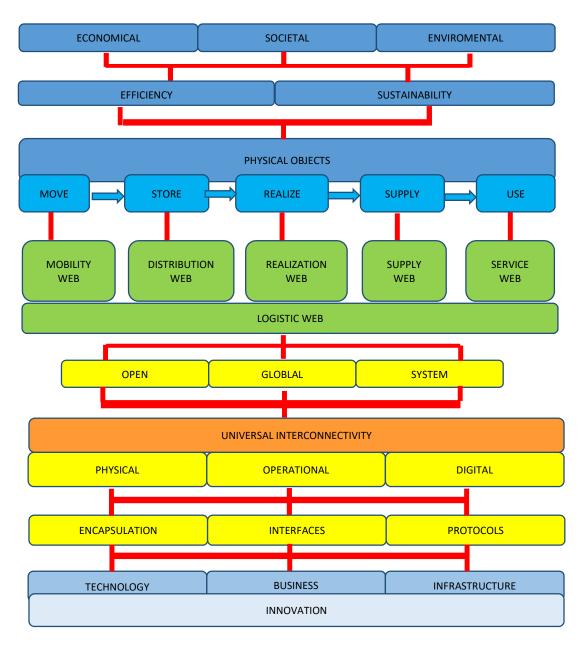


Figura 1. Foundations of the Physical internet. (Montreuil, et al. 2012).

Como se observa en el Cuadro 2, trece son las características a través de las cuales se diseñó la visión del Physical internet.

Características Physical Internet (PI o π)

- 1. Encapsulate goods in standard, ecological and intelligent containers.
- 2. Global interconnectivity.
- 3. To evolve to π -containers handling and loading systems.
- **4.** To develope smart container networks containing smart products.
- 5. Evolution towards distributed and multi-segment intermodal transport.
- **6.** Adopt of a unified conceptual multi-tier framework.
- 7. Create an open global web of suppliers.
- 8. To design products for the containers with the minimum consumption of space.
- 9. Minimize physical movements and storages, digitally transmitting the knowledge to materialize the object in the local area where a used one goes.
- 10. Deploy performance monitoring and certification of capabilities.
- 11. Prioritize network security and trust.
- 12. Stimulating innovative business models.
- **13.** Allow open innovation infrastructures.

Cuadro 2. Características Physical Internet. (Montreuil, 2011).

Los tres tipos clave de elementos físicos que permiten the Physical internet son contenedores, nodos y transportadores, como se puede ver en la Figura 2

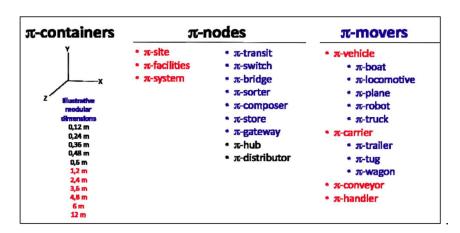


Figura 2. Elementos del Physical internet. (Montreuil, et al. 2010)

Los contenedores son las cargas unitarias fundamentales, que se mueven, manipulan y almacenan, como puede verse en la Figura 2 las hay de diferentes tamaños. Los nodos son las instalaciones o sistemas físicos, en la Figura pueden verse los distintos tipos de nodos existentes y por último los transportadores, transportan o manipulan los contenedores dentro y/o entre nodos, y también pueden verse los diferentes tipos enumerado en la Figura.

Todos estos conceptos se han analizado en la literatura científica dentro de seis tópicos (Cuadro 3).

Elemento	Autores
Modular containers (transport, packaging and handling containers).	Lin et al. 2014; Landschützer et al. 2015; Meller et al. 2012b; Tran-Dang et al. 2015; Lin et al. 2014; Sallez et al. 2015; Sarraj et al. 2014; Zhang et al. 2016.
Improvement of the vehicle, standard vehicles, seeking to share the vehicle and get the full load, achieving energy efficient vehicles.	Lin et al. 2014; Furtado, Frayret 2014; Xu et al 2013.
Open and cooperative transportation centers.	Montreuil et al. 2010; Ballot et al. 2012; Meller et al. 2012c; Montreuil et al. 2013b; Pach et al. 2014; Walha et al. 2015.
Design of integrated protocols, secure with confidential information and mechanisms of exchange with restricted access of data.	Hofman 2015; Tretola, Verdino 2014; Tretola et al. 2015; Montreuil et al. 2012 ^a
Legal framework and regulations topic	Biermasz et al. 2014)
Design of business models with equitable distribution of income.	Koulougli et al. 2015; Franklin, Spinler 2011; Eye for Transport 2011; Sohrabi, Montreuil 2014; Xu et al. 2013; Verstrepen, Van den Bossche, Lisa 2014; Genta, Cruijssen 2013; Rossi 2012; Cruijssen 2012; Jacobs et al. 2014.
Design of innovative business models built under the PI philosophy.	Montreuil et al. 2012b; Oktaei et al. 2015; Oktaei et al. 2014; Rougès, Montreuil 2014.

Cuadro 3. Tópicos Physical Internet

El Physical internet ha adquirido una especial relevancia en Europa donde The European Technology Platform ALICE, estableció una estrategia global de investigación innovación sobre la gestión de la cadena de suministro basada en el concepto Physical internet, el cual debería de estar totalmente implantado par 2050. ALICE ha identificado cinco roadmaps, interrelacionados entre sí (Figura 3) diferentes que necesitan ser analizados y gestionada para lograr su objetivo.



Figura 3. Interrelación entre Roadmaps establecidos por Alice (Alice basic, 2016).

Estos cinco roadmaps son (Alice basic, 2016):

- Sustainable, Safe and Secure Supply Chains: The effects of the strategies proposed in this roadmap are measured by means of the following objectives: Transport reduction (percentage of overall value), Improved carrier/ULD utilization (volume/weight), Emission reduction, Increased re-use, Supply chain cost reduction and Supply chain service improvement (quality and due date reliability)
- Corridors, Hubs and Synchromodality: Increased efficiency and severe reduction of energy use and CO2 emission through bundling of freight on large carriers (barges, freight trains). Networks such as Ten-T and ultimately the PI may severely contribute towards more sustainable transport:
- Information Systems for Interconnected Logistics: Use of information to enhance safety and security through information transparency, while at the same time designing less intrusive inspection methods.
- Global Supply Network Coordination and Collaboration: Both horizontal and vertical
 collaboration and coordination may lead to higher carrier loads and hence contribute to
 more efficient, hence more sustainable transport, in particular when extended to the
 coordination of forward and reverse flows.
- Urban Logistics: Urban Freight typically concerns last and first mile logistics which offers
 enormous potential for efficiency improvement, as well as emission and congestion
 reduction, by smart collaboration and coordination, and hence reducing the number of
 freight vehicles in urban areas.

Nuestro trabajo se centra dentro del primer roadmaps.

3.- Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es un sofisticado sistema de producción en la que todas las partes contribuyen hacia un todo.

El todo, en sus raíces, se enfoca en apoyar y estimular a los trabajadores para mejorar continuamente el proceso donde ellos trabajan y eliminar cualquier desperdicio que pudiera producirse en el desarrollo de sus actividades.

El enfoque inicial fue para las planta de producción, pero los principios son bastante amplios y aplicables tanto a la ingeniería, a los negocios, así como a operaciones de servicio.

La siguiente figura ilustra los tres pilares básicos del Lean consta de filosofía, técnica y gestión.

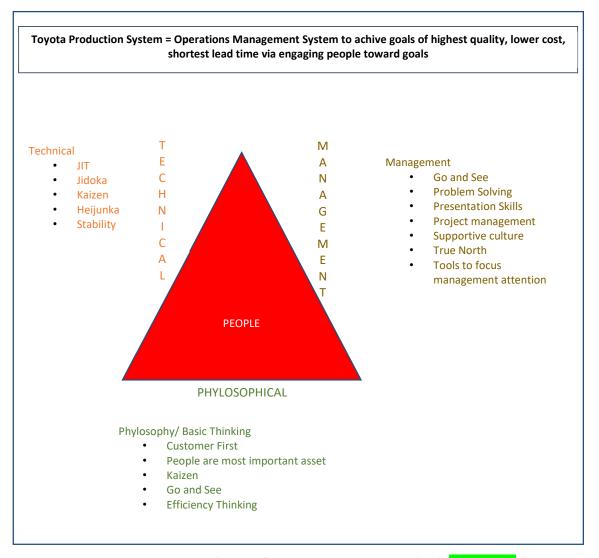


Figura 4: A Toyota leader's view of Toyota Production System (TPS) (Liker, 2004).

El punto crítico para un pensamiento Lean es determinar qué es "Valor". El valor sólo puede ser definido en última instancia por el cliente. El valor es significativo sólo cuando es expresado en términos de productos específicos (un bien o servicio, y a menudo los dos a la vez) que reúnen las necesidades del cliente en un tiempo determinado y a un precio determinado.

El valor es creado por el productor, desde el punto de vista del cliente, pero en muchas ocasiones es muy difícil para los fabricantes definir el valor con precisión (Womack & jones, 2003).

Cuando se aplica TPS (Toyota Production System), se comienza examinando el proceso de manufactura desde la perspectiva del cliente. La primera pregunta en TPS es siempre "¿Qué quiere el cliente de este proceso?" (Dos tipos de clientes: el cliente interno en los siguientes pasos en la línea de producción, y el cliente externo, el consumidor final, (Liker, 2004)).

Lean persigue eliminar los desperdicios (MUDA en japonés). Eliminar la Muda es el objetivo principal de la mayor parte de los esfuerzos de esta filosofía. Los 7 desperdicios son:

- 1. Esperas
- 2. Sobreproducción
- 3. Defectos
- 4. Exceso de movimientos
- 5. Exceso de procesamiento
- 6. Exceso de inventario
- 7. Exceso de Transporte

Existe un último desperdicio que interrelaciona a todos los anteriores, el talento humano en tanto en cuanto no se utilice la creatividad y la inteligencia de la fuerza de trabajo y de toda la organización para eliminar los 7 desperdicios anteriores.



Figura 5: Los ocho desperdicios

Si nos centráramos en los 7+1 desperdicios, al menos cuatro de ellos tienen que ver con la logística (interna y/o externa): esperas, exceso de movimientos, exceso de inventarios y exceso de transporte.

Por tanto, habría que plantearse cómo:

- 1. Distribuir los productos necesarios, en la cantidad adecuada y convenientemente presentado, mirando hacia atrás en la cadena de suministro.
- 2. Buscar la efectividad en la distribución de productos mirando hacia delante de la cadena de suministro.
- 3. Eliminar los despilfarros en cada eslabón de la cadena para mejorar la efectividad de las operaciones.
- 4. Acortar los plazos de entrega en cada eslabón de la cadena para llegar antes a los clientes.

4.- Relación entre ambos conceptos mediante análisis de las interrelaciones.

Para lograr alcanzar la implantación de PI (2050) el primer paso propuesto por ALICE es alcanzar el roadmap "Sustainable, Safe and Secure Supply Chains". Entre los objetivos definidos para este roadmap se encuentran

	IMPACTS
SOCIETAL	+ Customer satisfaction.
	+ Products availability.
	+ Secure societies
ENVIROMENTAL	- Energy consumption (kWh Logistics/GDP).
	+ Renewable energy sources share.
	- CO2 Emissions (kg CO2/tkm).
ECONOMICAL	+ Return on assets and working capital.
	- Cargo lost to theft or damage.
	- Total supply chain costs.

Cuadro 4: Expected impacts from the implementation of ALICE roadmaps proposed actions (adapted ALICE).

Como analizamos en la Figura 1 el PI pretende lograr que la cadena de valor logística permita una mayor eficiencia y sostenibilidad económica, ambiental y social, aplicando la logística web mediante innovaciones en tecnología, modelos de negocio e infraestructura.

Por otra parte Womak & Jones en Lean Thinking (1996) proponen:

- 1. Analizar el flujo de valor de un proceso y eliminar los despilfarros
- 2. Analizar qué es lo que realmente crea valor para el cliente, con el objetivo de dárselo
- 3. Crear un nuevo flujo de valor a partir de las necesidades de los clientes
- 4. Continuar de forma cíclica las etapas anteriores en un proceso de mejora continua

En esencia, empleando Lean Thinking se obtendrían las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio. Y en consecuencia la aplicación de Lean ayuda a la reducción de costes, creando más valor para la empresa y mejorar sus resultados, siendo ello aplicable a la cadena de suministro desde la fabricación hasta el cliente.

El enfoque lean hace hincapié en los procesos, instando a la organización a centrar sus esfuerzos en los que generan más valor, de manera horizontal, ya que todo valor generado es el resultado de un proceso. Pero no olvida a las personas, ni a los clientes (internos o externos) para los cuales se trabaja en un determinado proceso, ni a los empleados y directivos que son los que hacen posible el proceso y la generación del valor.

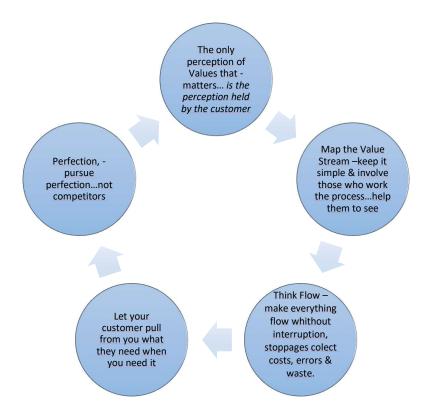


Figura 6: The 5 Principles of Lean Thinking (Womack and Jones, 1996)

El VSM aplicado a la actividad logística recogería en un solo documento, de manera gráfica, el mapa del proceso desde el suministro hasta el cliente. Empleando esta técnica se pueden encontrar actividades de NO valor. Algunas de estas actividades son: el exceso de almacenamiento, la sobreproducción, los tiempos de espera excesivos y tiempos de espera

innecesarios, los defectos, rechazos y reprocesos y, finalmente, los transportes y movimientos innecesarios.

Almacenamiento, tiempos de espera, transportes y movimientos innecesarios llevan al núcleo de PI. Otros desperdicios que se podrían incluir y buscar empleando el VSM son: transportes en vacío, emisiones de CO2 innecesarias. Esta propuesta ofrece una herramienta para alcanzar los objetivos del roadmap.

5.- VSM aplicado a la logística.

Value Stream Mapping (VSM) es una técnica lean de mejora de proceso (Rother and Shook, 1999). Es desarrollada para comprender el conjunto de acciones o actividades que aportan valor y las que no en una cadena de valor: flujo de producción desde el proveedor hasta el cliente o consumidor.

Esta herramienta ha demostrado ser efectiva generando una mayor visibilidad del proceso (Klotz et al., 2008) y una reducción del lead time y de los inventarios (Seth and Gupta, 2005).

Una aproximación al método de trabajo para la realización de VSM es la siguiente (Hernández and Vizán, 2013):

- 1. Dibujar los iconos de clientes, proveedores y control de producción.
- 2. Identificar los requisitos de clientes por mes/día.
- 3. Calcular la producción diaria y los requisitos de contenedores.
- 4. Dibujar iconos logísticos con la frecuencia de entrega.
- 5. Agregar las cajas de los procesos en secuencia, de izquierda a derecha.
- 6. Agregar las cajas de datos debajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
- 7. Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias.
- 8. Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos.
- 9. Agregar los símbolos y el número de operadores.
- 10. Agregar los sitios de inventario y niveles en días de demanda.
- 11. Agregar las flechas de flujo y otra información que pueda ser útil.
- 12. Agregar datos de tiempo, turnos al día, tiempos de descanso y tiempo disponible.
- 13. Agregar horas de trabajo, valor agregado y tiempos de entrega al pie de los procesos.
- 14. Calcular el tiempo de ciclo, de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento.

Este procedimiento suele realizarse para tres estados diferentes: Estado actual, Estado futuro y Estado ideal.

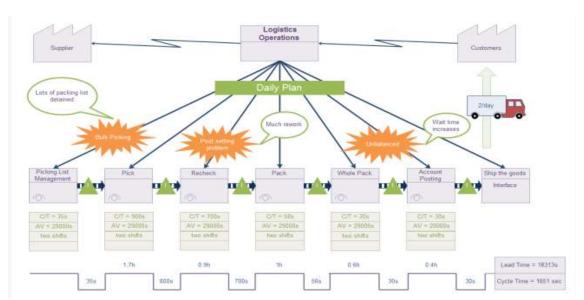


Figura 7: VSM aplicado a la logística (https://www.edrawsoft.com/template-logistics-value-stream-map.php, 06/01/2017)

En el anexo se muestran algunos ejemplos de símbolos VSM.

6.- Conclusiones y trabajos futuros.

El presente estudio pone de manifiesto la estrecha relación entre los paradigmas PI y Lean y por lo tanto el valor añadido que su consideración simultánea puede suponer en el análisis y optimización de las redes logísticas.

Especialmente es de destacar la técnica VSM que conduce a identificar actividades que no aportan valor y que generan exceso de almacenamiento, sobreproducción, tiempos de espera excesivos o innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos y finalmente, transportes y movimientos innecesarios.

La aplicación de Lean y VSM en procesos logísticos puede llevar a facilitar el desarrollo y avance de PI, fundamentalmente a través de la optimización en aspectos de carácter muy vinculados a la logística como son: almacenamiento, tiempos de espera y transportes y movimientos innecesarios. Otros aspectos o "desperdicios" que podrían ser claves en la aplicación de Lean en su relación con PI son: los transportes en vacío y las emisiones CO2 innecesarias. En este sentido, resulta clave las conclusiones del estudio de Dües et al (2011).

La limitación fundamental de las conclusiones del presente estudio se focaliza en su carácter teórico, ya que se basa en una revisión bibliográfica sistemática sobre la temática abordada. Es por ello que el equipo investigador propone como estudios a abordar en el futuro, realizar un

proyecto de adaptación al concepto PI en al menos una empresa del sector logístico y aplicar durante el mismo técnicas Lean como el VSM.

Se propone así mismo analizar en detalle distintos alcances en el proyecto llegando hasta el análisis de la implementación de la estrategia Pull en el consumidor final y por lo tanto partiendo el estudio desde que el cliente solicita mercancía hasta que ésta le es entregada, estudiando todas las fases intermedias (recepción del pedido, fabricación, almacenamiento, envío, etc.)

7.- Bibliografía.

Alice Documents & publish (2016): ALICE Basic presentation November 2016.

Ballot, E., Gobet, O., & Montreuil, B. (2012): *Physical internet enabled open hub network design for distributed networked operations*. In Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing Control (pp. 279-292). Springer Berlin Heidelberg.

Ballot, E., Montreui, I B & Thivierge, C, (2012): *Design of Physical Internet Facilities: A Road-Rail Hub*. In Benoit Montreuil (Ed.): Progress in Material Handling Research. Charlotte, NC: MHIA, pp. 1–34.

Biermasz, J., Louws, M & Kneppelhout.(2014): *Legal Framework Transformation*. In CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality Deliverable D2.9. 2014. Available online at http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-D-2-9-Legal-Framework-excl-contr.-august-2014.pdf,Revisado 20 de Abril de 2017.

Coe, N.E, Yeung, H. W-C. (2015): *Global Production Networks: Theorizing Economic Development in an interconnected world.* Oxford University Press.

Crainic, T. G., & Montreuil, B. (2016): *Physical Internet Enabled Hyperconnected City Logistics*. Transportation Research Procedia, 12, 383-398.

Cruijssen, F.(2012): Framework for Collaboration. In CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality Deliverable D2.1. Available online at http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-D-2-1-Framework-for-collaboration-full-report-2.pdf. Revisado 01 de mayo de 2017.

Dasgupta, S., Sanyal, D. (2009): *Bridge to the future: connect your strategies in an interconnected world*. Foresight, Vol. 11, No. 1, pp. 81-93. https://doi.org/10.1108/14636680910936459

Dües, C.M., Tan K.H., Lim, M. (2011): *Green as the new lean: How to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain*. Journal of Cleaner Production, Vol. 40, No. 02, pp. 93-100. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.023

Eye for Transport.North.(2011): *American Horizontal Collaboration in the Supply Chain*. Available online at http://faculty.ineg.uark.edu/rmeller/web/CELDi-PI/NAHCSC-2011.pdf. Revisado 20 de marzo de 2017.

Franklin, J & Spinler, S.(2011): Shared Warehouses – Sharing Risks and Increasing Eco-Efficiency. In International Commerce Review, Vol. 10 (1), pp. 22–31.

Furtado, P & Frayret, J.(2014): *Impact of Resource Sharing of Freight Transportation*. In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May28-30. pp. 1–15.

Genta, S & Cruijssen, F.(2013): Web . Set of Methods ad Tools Supporting Collaboration and Co-Modalit". In CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality Deliverable D2.6. Available online at http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-D-2-6-WP2-T2.2-D2.6-20131031-2.pdf. Revisado 20 de marzo de 2017.

Hernández, J.C. and Vizán, A. (2013): Lean Manufacturing. Concepto, técnicas e implantación, Fundación EOI.

Hofman, W.(2015: Federated Platforms for Seamless Interoperability in the Physical Interne". In : Second Physical Internet Conference. Paris, France, July6-8, pp. 1–16.

Jacobs, K., Van Lent, C., Verstrepen, S & Bogen, M.(2014): *Horizontal Collaboration in Fresh & Chilled Retail Distribution*. In *CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality* Deliverable D4.3.2. Online at http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-Deliverable-Nestl%C3%A9-Pepsico-STEF-case-study-1.pdf. Revisado 01 de mayo de 2017.

Klotz, L., Michael H., Henry, H and John, B. (2008): *The Impact of Process Mapping on Transparency*. International Journal of Productivity and Performance.

Koulougli, K., Chaabane, A & Amodeo, L.(2015): Assessment of Transportation Collaboration in Global Logistics. In: Second Physical Internet Conference. Paris, France, July 6-8, pp. 1–16. Landschützer, C., Ehrentraut, F & Jodin, D. Containers for the Physical Internet: Requirements and Engineering Design Related to FMCG Logistics. In Logistics Research 2015, Vol. 8 (1), pp. 1–22. Available online at http://dx.doi.org/10.1007/s12159-015-0126-3.

Liker, J. K. (2004): *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (Reissue ed.). McGraw-Hill Education.

Lin, Y. Meller, R., Ellis, K., Thomas, L & Lombardi, B (2014): *A decomposition-based approach* for the selection of standardized modular containers. In International Journal of Production Research, Vol.52 (15), pp. 4660–4672. Available online at http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=97015269&site=ehost-live.

Meller, R,. Lin, Y,. Ellis, K & Thomas, L, (2012): Standardizing Container Sizes Saves Space in the Trailer: A Result of the CELDi Physical Internet Project". In Center for Excellence in Logistics and Distribution, University of Arkansas.

Meller, R., Montreui, I B., Thivierge, C., Montreuil, B & Zachary. (2012): Functional Design of Physical Internet Facilities: A Road-Based Transit Center. In Benoit Montreuil (Ed.): Progress in Material Handling Research. Charlotte, NC: MHIA.

Montreuil B. (2009): *The Physical Internet Manifesto*. [online], version 1.10 available: http://www.physicalinternetinitiative.org, recuperado el 13 de enero de 2017.

Montreuil, B. (2010): *Physical Internet Manifesto*, version 1.4, 2010-04-02, www.physicalinternetinitiative.org, recuperado el 10 de enero de 2017.

Montreuil, B. (2011): *Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge*. Logistics Research, 3(2-3), 71-87

Montreui, I B., Meller, R & Ballot, E, (2010): *Towards a Physical Internet: The Impact on Logistics Facilities and Material Handling Systems Design and Innovation* Functional. In: International Material Handling Research Colloquium, IMHRC 2010. Milwaukee, US, June 21-24 2010.

Montreuil B., R.D. Meller & E. Ballot (2012): *Physical Internet Foundations, In: Service Orientation in Holonic and Multi Agent Manufacturing and Robotics*, edited by T. Borangiu et al., Springer.

Montreuil, B., Meller, R. D., & Ballot, E. (2013). Physical internet foundations. In Service orientation in holonic and multi agent manufacturing and robotics (pp. 151-166). Springer Berlin Heidelberg.

Montreuil, B., Ballot, E, & Fontane, F.(2012): *An Open Logistics Interconnection Model for the Physical Internet*. In: Information Control Problems in Manufacturing. Bucharest, Romania, 23-25 May, pp. 1–6.

Montreuil, B., Meller, R., Thivierge, C., Montreuil & Zachary, (2013): Functional Design of Physical Internet Facilities: A Road-Based Crossdocking Hub. In Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, 2013 pp. 1–55.

Montreuil, B., Rougès, J.F., Cimon, Y & Poulin, D.(2012c): *The Physical Internet and Business Model Innovation*. In Technology Innovation Management Review. June, pp. 32–37.

Oktaei, P., Hakimi, D., Lehoux, N, Montreuil, B & Cloutier,, C.(2015): *Impact of Geographic Locations on the Business Model of Physical Internet Enabled Transit Centers*. In: Second Physical Internet Conference. Paris, France, July 6-8, 2015, pp. 1–19.

Oktaei, Parnian; Lehoux, N & Montreuil, B.(2014): *Designing Business Models for Physical Internet Transit Centers*". In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May 28-30 2014, pp. 1–17.

Pach, C., Berger, T., Adam, E., Bonte, T & Sallez, Y.(2014): *Proposition of a Potential Fields Approach to Solve Routing in a Rail-Road PI-Hub*. In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, 28-30 May 2014, pp. 1–12.

Pan, S., Ballot, E., Huang, G., Montreuil, B. (2017): *Physical Internet and interconnected logistics services: research and applications.* International Journal of Production Research, Vol. 55, No. 9, pp. 2603-2609. DOI: 10.1080/00207543.2017.1302620

Rossi S. (2012): Chalenges of Co-Modality in a Collaborative Environmen. In CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality Deliverable D2.3. 2012. Available online at http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-D-2-3-Position-Paper-on-Co-modality_def.pdf. Revisado 01 de mayo de 2017.

Rother,

M & Johns, H. (1999). *Learning see: allocation of added value current value and eliminate Muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.

Rougès, J.F & Montreuil, B.(2014): *Crowdsourcing Delivery: New Interconnected Business Models to Reinvent Delivery.* In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May 28-30, 2014, pp. 1–19.

Sallez, Y,. Montreuil, B & Ballot, E, (2015): On the Activeness of Physical Internet Containers. In Theodor Borangiu, André Thomas, Damien Trentesaux (Eds.): Service Orientation in Holonic and Multi-agent Manufacturing, Vol. 594: Springer International Publishing (Studies in Computational Intelligence), pp. 259-269. Available online at http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-15159-5_24.

Sarraj, R., Ballot, E., Pan, S., Hakimi D & Montreuil B. (2014): *Interconnected Logistic Networks and Protocols: Simulation-Based Efficiency Assessment*. In International Journal of Production Research, Vol. 52 (11), pp. 3185–3208.

Seth, D. & Gupta, V. (2005): *Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study.* Production Planning & Control 16 (1): 44–59.

Sohrabi, H & Montreuil, B.(2014): *Towards an Interconnected Distribution Planning Framework*. In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May 28-30, pp. 1–15.

Tran-Dang, H,. Krommenacker, N & Charpentier, P, (2015): *Enhancing the Functionality of Physical Internet Containers by Wireless Sensor Networks*. In: Second Physical Internet Conference, pp. 1–13. Paris, France, July

TrentesauxT (Eds.): Service Orientation in Holonic and Multi-agent Manufacturing, Vol. 594: Springer International Publishing (Studies in Computational Intelligence), pp. 307-314. Available online at http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-151595_28.

Tretola, G & Verdino, V.(2014): A Collaborative Approach for Managing Data and Processes in the Physical Internet Using Modular Logistics. In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, 28-30 May, pp. 1–47.

Tretola, G., Verdino, V & Biggi,, D.(2015): *A Common Data Model for the Physical Internet*. In: Second Physical Internet Conference. Paris, France, July 6-8, pp. 1–16.

Verstrepen, S & Van den Bossche, L.(2014): *Retail Inbound Horizontal Collaboration*. Available online at http://www.co3-project.eu/wo3/wpcontent/uploads/2011/12/spar_retail_bundling_of_loads.pdf. Revisado 20 de marzo de 2017.

Walha, F., Chaabane, S., Bekrar, A & Loukil, T.(2015): *A Simulated Annealing Metaheuristic for a Rail-Road PI-Hub Allocation Problem*. In Theodor Borangiu, André Thomas, Damien, pp.16. Womack, J., Jones, D. T. and Roos, D. (1990): *The Machine That Changed the World*. New York, Rawson Associates.

Womack, J. P. & Jones, D. (1996): Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation. Simon and Shuster, New York, NY 397. https://www.edrawsoft.com/template-logistics-value-stream-map.php, 06/01/2017

Womack, J. P. & Jones. D. (2003): Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation. Second edition. Simon & Schusters. New York.

Xu, X., Pan, S & Ballot, E. (2013): A Sharing Mechanism for Superadditive and Non-Superadditive Logistics Cooperation. In: International Conference on Industrial Engineering and Systems Management. Rabat, Morocco, October 28-30 2013, pp. 1–10.

Zhang, Y., Liu, S., Liu, Y & Li, R, (2016): *Smart box-enabled product-service system for cloud logistics*. In International Journal for Production Research, pp. 1–14.

Zijm, H., Klumpp, M. (2016): *Future Logistics: What to expect, how to adapt*. Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016, Bremen, Springer.

ANEXO: SÍMBOLOS VSM. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado	
	Fuentes externas: Representa a clientes, proveedores y procesos de manufactura externos		Flecha de traslado: Representa el traslado de materias primas y producto terminado.	
	Transporte		Información: Programación.	
	Casillero de datos con indicadores del proceso.		Flecha de empuje para conectar flujo de materiales. Push	
	Flecha de arrastre para conectar flujo de materiales. Pull	→	Información transmitida de forma manual.	
7	Información transmitida de forma electrónica.	WWW.	Relámpago Kaizen: Simboliza los puntos donde deben realizarse mejoras.	
	Final de línea del tiempo: Indica Lead Time.	0	Operador: Indica el número de operarios	