

Removiendo los pilares de la logística: el Internet Físico

Removing the pillars of logistics: the Physical Internet

Ángel Cervera-Paz, Luis López-Molina y
Vanessa María Rodríguez-Cornejo
Universidad de Cádiz (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8539>

A nivel general, las empresas siguen utilizando las mismas herramientas logísticas que generaciones anteriores, con la salvedad de la incorporación de tecnologías afines, cuando es posible. Igualmente siguen usando los mismos elementos, a los que se le han ido uniendo los nuevos canales de información y comunicación que permiten agilizar e impulsar las operaciones. Si miramos hacia un horizonte futuro en el tiempo, en concreto al año 2050, se prevé introducir una serie de cambios, que transformen esta tendencia en este "relativo corto espacio de tiempo". Esto es así porque existe una amplia expectativa de ir modificando las formas de operar, hasta alcanzar la sincromodalidad [1] del transporte. Hasta el presente han sido agentes, en su mayoría privados, los que han fabricado y comercializado los productos apoyándose para su comercialización en rutas e infraestructuras generalmente públicas (carreteras, áreas portuarias, aeropuertos, vías férreas, depósitos y zonas francas), además de en flotas de camiones, barcos, etc. correspondientes al ámbito privado.

A partir de las investigaciones del profesor Benoit Montreuil [2,3], la propia Unión Europea reconoce la necesidad del cambio en los modos de realizar las operaciones logísticas. En este trabajo se pretende hacer una aproximación a las propuestas e iniciativas que plantea Montreuil [2,3], enmarcándolas en el ámbito de la UE y relacionándolas con los problemas actuales de la logística en España.

El cambio planteado por Montreuil es sustancial y aborda lo que denomina *Physical Internet* (PI o ω) o Internet Físico que recibe su nombre por las similitudes que exhibe a nivel conceptual, este nuevo modelo logístico, con Internet y su funcionamiento esencial. Nadie se plantea por dónde circulan sus correos electrónicos,

los paquetes de datos con imágenes, sonidos o cualquier tipo de información a la que accedemos. Internet es una gran red neuronal compuesta de millones de servidores y ordenadores que actúan como emisores-receptores de información y una multitud de redes, cables y satélites que permiten transportar los datos. Cualquier información irá de un ordenador/servidor a otro empleando los canales más eficientes hasta llegar al interlocutor adecuado, sin problemas y sin la intervención de los usuarios.

El PI es un sistema logístico global basado en la Interconexión de redes logísticas mediante un conjunto estandarizado de protocolos de colaboración, contenedores e interfaces inteligentes para aumentar la eficiencia y la sostenibilidad [4].

La filosofía de PI es una 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. En este entorno los proveedores de servicio compartirán información y trabajarán conjuntamente para alcanzar la máxima eficiencia operativa y financiera, permitiendo que las mercancías 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. Cada vez es más frecuente escuchar hablar del "internet de las cosas" donde se desarrollan softwares que permiten la comunicación entre diferentes dispositivos y máquinas de una empresa o con elementos de nuestro hogar. Los estudios [2] se encaminan a la unión del desarrollo del internet de las cosas con la logística. 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 creando redes eficaces y eficientes.

En la actualidad la *Internet Física* es aún una visión sobre cómo debería funcionar la logística en el futuro, mediante una red logística integral y global [5]. Pero no es sólo una utopía, pues se están articulando los pilares para que sea una realidad y, como se ha indicado anteriormente, desde la Unión Europea se está apoyando esta idea para que se pueda implantar en un futuro no muy lejano. Es un concepto novedoso y poco desarrollado en la literatura, siendo interesante realizar un análisis del mismo y de su evolución desde su aparición a través de una revisión de la literatura existente.

El objetivo principal de este trabajo es la introducción del término *Physical Internet*, conjuntamente con una aproximación a los conceptos propuestos y la realización de un análisis del estado de la cuestión a nivel intracomunitario, estudiando las diversas acciones que se están desarrollando a merced de las distintas iniciativas.

Este artículo está organizado como se indica a continuación: 1) en la siguiente sección se analiza la necesidad de dejar atrás los principios de la logística tradicional e introducir en este campo los fundamentos de PI, 2) en segundo lugar definiremos PI y su relevancia para el sector logístico europeo y 3) conclusiones.

1. PHYSICAL INTERNET: CONCEPTO Y EVOLUCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA DE LA LOGÍSTICA: DEL ÁMBITO NACIONAL A LOS PROBLEMAS GLOBALES

La problemática actual en el ámbito logístico es pluridisciplinar y está enmarcada en un mercado globalizado, en el que la información se mueve a gran velocidad y las transacciones se realizan de forma instantánea a nivel mundial a través de internet. La distribución física de los bienes, alimentos, equipos, etc. entre otros es necesaria para la sociedad debido al creciente volumen de intercambios comerciales y sus repercusiones en el resto de sectores. Esta distribución se realiza a través de una red de barcos, trenes, camiones, aviones y almacenes, que no se comporta de forma sostenible y/o eficiente ni económica, ni social, ni medioambientalmente [6].

En el caso particular de España, el Ministerio de Fomento analiza las diversas problemáticas del sector y aboga por el adecuado aprovechamiento de las capacidades de cooperación entre los distintos modos de transporte indicando que *“un adecuado aprovechamiento de las capacidades de cooperación entre los distintos modos de transporte en la canalización de determinados tipos de flujos, permitiría mejorar la eficiencia interna del propio sistema de transporte, al utilizarse adecuadamente todas las capacidades disponibles, así como reducir los costes ambientales del transporte, aprovechando los menores impactos derivados del transporte ferroviario o marítimo”* [7].

Pero más allá del ámbito español [2,3], se enumera las principales causas de la ineficiencia e insostenibilidad de la logística, proponiendo una respuesta a la insostenibilidad global de la logística, abordarlo con respuestas nuevas y creativas, no basadas en las soluciones que han llevado al sistema logístico a su situación actual en la Figura 1 de la página siguiente.

Es ahí donde PI juega un papel relevante, extrapolando la idea del mundo digital al logístico, observando cómo se ha pasado de la gestión de datos procedentes de diversos centros de procesamiento empleados de forma independiente y aislada, a un universo hiperconectado, con una enorme acumulación de datos compartidos de los que se pueden obtener resultados en beneficio de las organizaciones. La visión final de Montreuil [8], es utilizar

un PI como solución a los grandes retos globales de sostenibilidad logística, de manera que esta opción se convierta en una solución sostenible y que haga frente, progresivamente, a los problemas de la logística. Para ello hay que abordar desde nuevas perspectivas los problemas globales asociados con el modo en que los objetos físicos son transportados, manipulados, almacenados, fabricados y suministrados.

1.2. CONCEPTO DE PHYSICAL INTERNET

El término *Physical Internet* se empleó por primera vez el 15 de junio de 2006, en versión digital, en un titular de la revista británica *“The Economist”*, dedicado a artículos sobre la cadena de suministro. Número que inspiró a un grupo de investigadores, dirigidos por el profesor Montreuil, a estudiar si era posible organizar el flujo de bienes físicos del sector logístico al flujo de datos producido en internet. Este grupo de investigadores concretó la visión del Internet Físico a través de las trece características que aparecen en la Figura 2.

Por tanto según Montreuil [2], 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 [9].

1.3. EVOLUCIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL CONCEPTO PHYSICAL INTERNET

La literatura existente sobre este concepto es aún escasa, como puede comprobarse en la revisión de la literatura realizada, hasta enero de 2016, [10]. Dicha revisión se centró en bases de datos académicas y en el examen de publicaciones de conferencias dedicadas al tópico, como las del *International Physical Internet Conference* (IPIC) [11,12,13,14,15,16,17,18], se sondearon grupos de interés dedicados al tópico, como es la Iniciativa, de PI, *Alliance for Logistics Innovation through Collaboration* (ALICE), analizando sus documentos de trabajo y publicaciones, [21]. Finalmente se revisaron todos los documentos de PI de acuerdo a su aplicabilidad, es decir según su relevancia para la logística y la gestión de la cadena de suministro.

Tras analizar la literatura se observa que se han invertido considerables esfuerzos en el establecimiento de las bases del PI. En la Figura 3 se muestran los principales tópicos del PI analizados en la literatura.

La Unión Europea no ha permanecido ajena a este fenómeno y en los últimos años ha fomentado la creación de diversas plataformas y ha contribuido a la financiación de diversos grupos de investigación para contribuir al tópico.

Síntomas de ineficiencia e insostenibilidad	Económicos	Medio-ambientales	Sociales
1. El aire se envía y se embala.	X	X	
2. Cargas medias y contenedores vacíos por norma general	X	X	
3. Los conductores de camiones pasan más tiempo en la carretera que en su hogar.	X		X
4. Muchos productos fuera de uso, almacenados donde no se necesitan y de difícil acceso	X		X
5. Instalaciones de producción y almacenamiento usadas de manera poco eficiente.	X	X	X
6. Muchos productos se convierten en desperdicio por no llegar a tiempo al mercado.	X	X	X
7. Dificultad para que los productos lleguen a donde los necesiten.	X		
8. Movimientos innecesarios de productos, debido a la incompetencia de encontrar más cerca los puntos de uso	X	X	X
9. El transporte multimodal ágil sigue siendo un sueño.	X	X	X
10. La mayoría de las ciudades no cuentan con el equipo necesario para facilitar el transporte de mercancías.	X	X	X
11. La cadena de suministro y las redes de logística son inseguras y débiles.	X		X
12. La automatización y las tecnologías inteligentes son difíciles de justificar.	X		X
13. La innovación es un cuello de botella.	X	X	X

Figura 1: Síntomas de ineficiencia e insostenibilidad logística [2, 3]

Características Physical Internet (PI o π-I)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Encapsular mercancías en contenedores estándares, ecológicos e inteligentes. 2. Interconectividad global. 3. Evolucionar a sistemas π-contenedores de manipulación y carga. 4. Explotar redes inteligentes de contenedores que contienen productos inteligentes. 5. Evolución hacia el transporte intermodal distribuido y multi-segmento. 6. Adopción de un marco conceptual unificado multi-tier (multinivel). 7. Activar y explotar una web global abierta de proveedores. 8. Diseñar productos que encajen en los contenedores con el mínimo gasto de espacio. 9. Minimizar movimientos físicos y almacenajes transmitiendo digitalmente conocimiento para materializar el objeto en la zona local donde vaya a ser utilizado. 10. Desplegar una monitorización del rendimiento y una certificación de capacidades. 11. Priorizar la seguridad y confianza de las redes. 12. Estimular modelos de negocio innovadores. 13. Permitir infraestructuras de innovación abierta.

Figura 2: Características Physical Internet. Montreuil [2]

1.4. PHYSICAL INTERNET EN LA UNIÓN EUROPEA

Las políticas europeas reconocen cada vez más la importancia de la logística y el desarrollo sostenible del transporte para la economía. Se estima que la logística supone entre el 10 y el 15% del coste final de los productos terminados, determinando de este modo la competitividad europea respecto a otras economías mundiales y mejorar la eficiencia de la logística en Europa un 10% podría suponer un ahorro de 100.000 millones de euros para la industria europea [34].

Con este objetivo nace, ALICE en 2013, una iniciativa de *European Platform Driving Knowledge to Innovations in Freight Logistics* (WINN), siendo un proyecto europeo cofinanciado mediante el Programa Marco de la Comisión Europea.

ALICE tiene encomendado elaborar un plan estratégico que promueva PI incluyendo la investigación, la innovación y la logística, así como la cadena de suministro dentro de Europa, apoyando asimismo la implementación del Programa de la UE para la investigación en el Horizonte 2020.

ALICE, como puede verse en la Figura 4, está trabajando para que en 2050 esté implantado en su totalidad el PI en Europa. Para lograr este objetivo, interrelaciona 5 mapas de rutas [35].

Para lograr alcanzar estos mapas de ruta se han establecido diversos grupos de trabajo e investigación formados por los fundadores de ALICE, entre los que destacan la plataforma española LOGISTOP; el Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística de Valencia; o el Zaragoza Logistics Center.

Entre los proyectos que se están desarrollando para alcanzar los objetivos de la plataforma ALICE se encuentran:

Bestfact: Se centra en varias áreas interrelacionadas como la distribución urbana de mercancías, la logística verde/sostenible y la comodidad –combinación de medios en el transporte como por ejemplo rutas de barco + tren + camión para ser más sostenible. Entre las acciones desarrolladas para lograr sus objetivos cabe mencionar GnewtCargo, un proveedor de servicios de logística en Londres que emplea furgonetas eléctricas para la distribución urbana o Cargobikes en Gro-

ningen/Assen, donde las PYME locales reciben un apoyo financiero para comprar una bicicleta de carga. A cambio, proporcionan a BESTFACT datos sobre el uso de la bicicleta. Con ello demuestran el uso práctico de bicicletas de carga electrónica para la distribución urbana. Han realizado más de 20 publicaciones entre 2012 y 2017 analizando los resultados [36].

Modulushca: El sistema trata a las mercancías como si fueran paquetes de datos y busca que estos viajen de la misma manera que lo hacen aquéllos en la red de internet (en los que van viajando de nodo a nodo de forma agrupada en paquetes, uniéndose unos datos en unos puntos, otros en otros, etc., hasta que llegan a su destinatario). Durante el tiempo de vida del proyecto, los principales logros han sido: la finalización de un marco sobre cómo Internet físico puede permitir un sistema de logística interconectada, desarrollando varios talleres con expertos de los socios de la industria, explicando también los obstáculos y factores de éxito a un sistema habilitado para Internet físico. El desarrollo de cajas modulares en dos versiones, versión 1 centrada en el mecanismo de enclavamien-

Elemento	Autores
Contenedores modulares (Manejo de contenedores, contenedores de transporte y/o de embalaje).	[19,20,21,22]
Mejora del vehículo, estandarizándolo, buscando compartir el vehículo y, conseguir la carga completa, logrando vehículos eficientes desde el punto de vista energético.	[19,23]
Diseño de Centros de transportes abiertos con un totalmente funcional, eficiente y efectivo para la manipulación de la carga.	[24,25,26,27]
Creación de protocolos integrados, seguros con información confidencial y mecanismos de intercambio con acceso restringido de datos.	[12,17,28]
Análisis del marco legal y las regulaciones sobre el tópico.	[29]
Modelos de cooperación con Reparto equitativo de los ingresos.	[30,31,32]
Modelos de negocios innovadores construidos bajo los pilares del PI.	[33,18,14]

Figura 3: Tópicos Physical Internet (10)

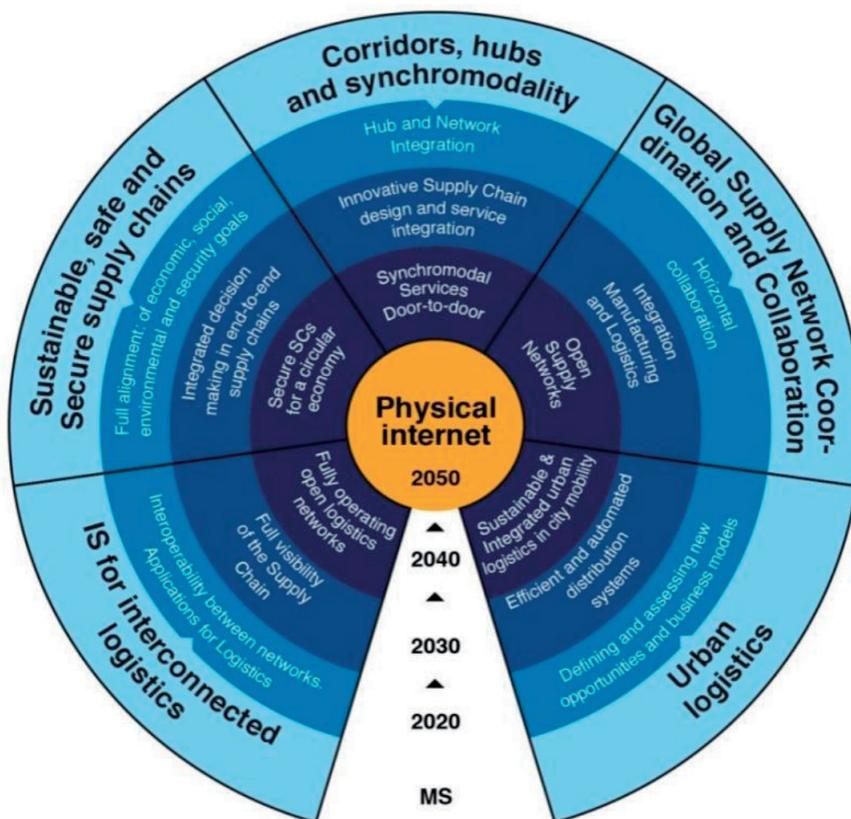


Figura 4: Roadmaps The European Technology Platform ALICE

to y versión 2 realizada por paneles; han seleccionado y descrito algoritmos para la interconexión digital entre diferentes sistemas informáticos, así como un enfoque de sensorización y comunicación para unidades logísticas modulares. Han desarrollado recomendaciones para la normalización de contenedores isomodulares o la promoción activa de la Internet Física mediante material de difusión (folleto, plantillas, sitio web, espacio de trabajo interno para compartir información, listas de correo, etc.) [37].

CO3: Colaboración horizontal entre empresas con proyectos pilotos, con resultados en descensos de los costes y de CO₂. Este proyecto desarrolló y validó (demostró) nuevas cadenas de valor y estrategias empresariales entre grandes empresas/despachantes permitiéndoles reducir los costos del 10-20%, con reducciones de la huella de carbono del 20-30%. En el periodo de septiembre del 2011 a agosto 2014, las herramientas, tecnologías y modelos de negocio desarrollados fueron aplicados y validados en el mercado a través de estudios piloto y 6 casos de prueba. Por último, el consorcio CO3 promovió y facilitó la búsqueda de coincidencias y el intercambio de conocimientos a través de más de 50 conferencias y talleres prácticos para transferir conocimientos y aumentar la conciencia y aceptación de la colaboración horizontal [38].

Chill-on: Mejorar la calidad, segu-

ridad, transparencia y trazabilidad de la cadena de suministro de congelados y refrigerados, mediante tarjetas inteligentes e-chillon y embalaje inteligente.

Tiger: Descongestionar los puertos europeos conectando el mar con terminales tierra adentro evaluando la efectividad e impacto medioambiental identificando criterios sostenibles e indicadores reales.

Comcis: Servicios colaborativos para la gestión de contenedores, desarrollando TICs que accedan a información estandarizada, consolidada y emitida desde diferentes fuentes. Analizan la información logística que una cadena de suministro proporciona, o puede proporcionar, para llevar a cabo una replanificación dinámica y utilizar mejor los recursos.

Para continuar y ampliar la labor de estos proyectos iniciales, se están incorporando otros adheridos al último programa del Horizonte 2020, como son Atopine, Co-gistic, Cluster 2.0, Logicmatic, Movility 4EU o Smart rail, todos ellos desarrollados en los grupos de trabajos de Alice.

2. CONCLUSIONES

La sociedad de la información ha abierto miles de puertas para obtener mejoras en la gestión de las empresas de manera individual y en las relaciones que existen entre ellas, sus proveedores y sus clientes. Esto plantea nuevos retos y paradigmas

en las organizaciones. Con la introducción de PI como modelo, la logística actuará como motor de cambio y fuente de nuevos retos en la gestión, aminorando los costes, reduciendo emisiones a la atmósfera, disminuyendo el número de camiones en nuestras carreteras y mejorando la calidad de vida de los trabajadores del sector.

En contrapartida las investigaciones sobre PI se encuentran en una etapa inicial, a pesar de que es una disciplina que ha ido ganando una mayor atención e importancia entre los investigadores del sector logístico.

De ahí la trascendencia de proporcionar una visión de la situación actual y de los avances de la investigación de este concepto así como de sus elementos, para permitir a otros investigadores desarrollar ideas que ayuden a implementar la logística del futuro. Este trabajo pretende ayudar a la comprensión de los elementos básicos y claves del PI, un conjunto de elementos que no está completo, pues existen elementos más complejos cuyo estudio está fuera del alcance de este documento, y que permitiría a los interesados analizar las diversas acciones que se están desarrollando en la Unión Europea para incrementar la eficiencia del sector logístico.

Asimismo la Unión Europea ha apostado por el concepto de PI en su Programa Horizonte 2020, mediante el desarrollo de proyectos y propuestas ligados a la plataforma Alice.

Todas las investigaciones y propuestas que están en marcha o ya finalizadas, abogan por que con la implantación del PI se logren ciertos hitos medioambientales, gracias a reducir el consumo global de energía, la producción, el transporte, la contaminación y gases invernaderos asociados a la logística. Eso además conllevaría los aumentos de las ganancias a nivel global en logística, producción y transporte, así como la productividad a nivel económico e incrementar significativamente la calidad de vida de los trabajadores del sector logístico, productivo y del transporte. Por último, y no menos importante, se espera una mejora a nivel social, haciendo más accesibles los productos que la población necesita.

Como trabajo futuro, se pretende vincular herramientas utilizadas en procesos productivos para localizar y mejorar las actividades que no crean valor, al campo de la logística. El fin es descubrir las herramientas susceptibles de aplicar al sector logístico, que posibiliten la eficiencia suficiente que reclama el modelo PI.

PARA SABER MÁS

[1] Gracia Buiza Camacho, Mar Cerban Jimenez, Cristina Gonzalez Gaya. "ASSESSMENT OF THE FACTORS INFLUENCING ON A SMART PORT WITH AN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS". DYNA 91, no. 5 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7800>

[2] Montreuil B. "Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge". Cirrelt. March 2011. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12159-011-0045-x>

[3] Montreuil B. "The Physical Internet Manifesto". 2009. [online], version 1.10 available: <http://physicalinternetinitiative.org> recuperado el 13 de enero de 2017

[4] Ballot E, Montreuil B, & Meller R. "The Physical Internet. Paris: Predit. (2014).

[5] Sáenz M.J. Internet física: ¿Logística Reinventada? Zaragoza Logistic Center. Febrero de 2016. <http://www.zlc.edu.es/noticias-y-eventos/noticias/internet-fisica-logistica-reinventada/>, recuperado el 22 de mayo de 2017.

[6] Perrels A, Himanen, V & Lee-Gosselin M. "Building blocks for sustainable transport: obstacles, trends, solutions". (Eds.). 2007. Emerald Group Publishing Limited.

[7] Informe Estrategia Logística de España. Ministerio de Fomento, Gobierno de España. Julio de 2013. <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/9F137531-A314-433C-B377-E8A3F59572F5/121814/20131125EstrategiaLogistica.pdf>

[8] Montreuil B. "Physical Internet Manifesto: Transforming the Way Physical Objects are Moved, Stored, Realized, Supplied and Used, Aiming Toward Greater Efficiency and Sustainability, Quebec, Version 1.11.1. Noviembre 2012a. <http://physicalinternetinitiative.org/Physical%20Internet%20Manifesto%20Version%201.11%202012-11-20.pdf>. Recuperado 5 de Abril de 2017.

[9] Crainic T.G. & Montreuil B. "Physical Internet Enabled Hyperconnected City Logistics". Transportation Research Procedia, 2016, Vol, 12, pp. 383-398.

[10] Treiblmaier H, Mirkovski K & Lowry, P.B. "Conceptualizing the Physical Internet: Literature Review, Implications and Directions for Future Research" 11th CSCMP Annual European Research Seminar, Vienna, Austria, May 12-13 2016. <https://ssrn.com/abstract=2861409>.

[11] Furtado P & Frayret J. "Impact of Resource Sharing of Freight Transportation". In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May 28-30 2014 pp. 1-15.

[12] Tretola G & Verdino V. "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, 2014 pp. 1-47.

[13] Sohrabi H & Montreuil B. "Towards an Interconnected Distribution Planning Framework". In: First International Physical Internet Conference. Québec City, Canada, May 28-30 2014, pp. 1-15.

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

[15] Rougès J.F & Montreuil, B. "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.

[16] Hofman W. "Federated Platforms for Seamless Interoperability in the Physical Internet". In: Second Physical Internet Conference. Paris, France, July 6-8 2015, pp. 1-16.

[17] Tretola G, Verdino V & Biggi, D. "A Common Data Model for the Physical Internet". In: Second Physical Internet Conference. Paris, France, July 6-8 2015, pp. 1-16.

[18] Oktaei P, Hakimi D, Lehoux N, Montreuil B & Cloutier, C. "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.

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

[20] 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 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12159-015-0126-3>

[21] Meller R, Lin Y, Ellis K & Thomas L. "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. 2012a

[22] Zhang Y, Liu S, Liu Y & Li R. "Smart box-enabled product-service system for cloud logistics". In International Journal for Production Research, 2016, pp. 1-14.

[23] Xu X, Pan S & Ballot E. "A Sharing Mechanism for Superadditive and Non-Superadditive Logistics Cooperation". In: International Conference on Industrial Engineering and Systems Management. Rabat, Morocco, October 28-30 2014, pp. 1-10.

[24] Montreuil B, Meller R & Ballot E. "Towards a Physical Internet: The Impact on Logistics Facilities and Material Handling Systems Design and Innovation". In: International Material Handling Research Colloquium, IMHRC 2010. Milwaukee, US, June 21-24 2010.

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

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

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

[28] Montreuil B, Ballot E, & Fontane, F. "An Open Logistics Interconnection Model for the Physical Internet". In: Information Control Problems in Manufacturing. Bucharest, Romania, 23-25 May, 2012b pp. 1-6.

[29] Biermasz J, Louws M & Kneppelhout. "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

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

[31] Eye for Transport.North. "American Horizontal Collaboration in the Supply Chain". 2011. Available online at <http://faculty.ineg.uark.edu/rmeller/web/CELDi-PI/NAHCSC-2011.pdf>. Revisado 20 de marzo de 2017.

[32] Xu X, Pan S & Ballot E. "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.

[33] Jacobs K, Van Lent C, Verstrepen S & Bogen, M. "Horizontal Collaboration in Fresh & Chilled Retail Distribution". In CO3: Collaboration Concepts for Co-Modality Deliverable D4.3.2.2014. Online at <http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-Deliverable-Nestl%20C3%A9-Pepsico-STEF-case-study-1.pdf>. Revisado 01 de mayo de 2017.

[34] Montreuil B, Rougès J.F, Cimon Y & Poulin D. "The Physical Internet and Business Model Innovation". In Technology Innovation Management Review. June 2012c, pp. 32-37.

[35] ALICE. Basic presentation. Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe. 2016. Available online at http://www.etp-logistics.eu/wp-content/uploads/2016/12/ALICE-Basic-presentation-20161213.01_reduced-version.pdf. Revisado 15 de febrero de 2017.

[36] <http://www.bestfact.net/>. Revisado 15 de septiembre de 2017.

[37] Final Report Summary - MODULUSCA (Modular Logistics Units in Shared Co-modal Networks). 2016. <http://cordis.europa.eu/docs/results/314/314468/final1-modulushca-finalreport-sectiona.pdf>. Revisado 15 de septiembre de 2017.

[38] Periodic Report Summary 2 - CO3 (Collaboration Concepts for Comodality). 2015. http://cordis.europa.eu/result/rcn/150525_en.html. Revisado 15 de septiembre de 2017.