

Nuevas tecnologías informáticas para la sustentabilidad logística con soporte criptográfico y mediadas por aplicaciones móviles y web, reingeniería en código abierto.

No, Irma Noemi*; Tornillo, Julián Eloy ; Ciccone, Pablo Luis Antonio; Battaglini, Javier Leonardo

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Ruta 4 (ex-Camino de cintura) – Km. 2, Lomas de Zamora, Buenos Aires (1832)
no.irma@gmail.com; ino@ingenieria.unlz.edu.ar; jtornillo@ingenieria.unlz.edu.ar
pablociccone@hotmail.com; flibatta@gmail.com

RESUMEN

Las nuevas tecnologías informáticas que intervienen de manera activa y superadora en los diferentes procesos industriales se orientan a la optimización socioeconómica y ambiental de los mercados. En el área logística las innovaciones derivadas de la digitalización en tareas de planeamiento, ejecución y el respeto ambiental se combinan con nuevas aplicaciones informáticas orientadas a la descentralización y el seguimiento de cada etapa, bajo condiciones de elevada seguridad (de perfil criptográfico) y contratación inteligente. Este artículo recorre las bases de nuestra investigación y producción de un sistema integrado de software libre, orientado a las decisiones sustentables y trazables del ingeniero en empaque, abarcando: la optimización costo-espacial con softwares de paletizado/carga, el cálculo digitalizado de huella de carbono por transportación, las tecnologías de aseguramiento de trazabilidad de productos (cadenas de bloques "Blockchain"), y las nuevas formas de contacto, mediación y contratación, referenciadas aquí bajo el nombre "Uber-logístico".

Palabras Clave: logística sustentable, trazabilidad Blockchain, decisión en empaque, contratos inteligentes.

ABSTRACT

The new computer technologies that intervene in an active way in the different industrial processes are oriented to the socioeconomic and environmental optimization of the markets. In the logistics area, the innovations derived from digitalization in planning, execution and environmental respect tasks are combined with new computer applications oriented to decentralization and monitoring of each stage, under conditions of high security (of cryptographic profile) and intelligent contracting. This article covers the bases of our research and production of an integrated free software system, oriented to the sustainable and traceable decisions of the packaging engineer, covering: cost-spatial optimization with palletizing / loading software, digitized calculation of the footprint carbon produced by transportation, product traceability assurance technologies (blockchain chains), and new forms of contact, mediation and contracting, known as "Uber-Freight".

1. INTRODUCCIÓN

La última encuesta publicada por el Observatorio de Logística Sustentable ITBA [1] sobre el estado de concientización e implementación de políticas, técnicas y herramientas de sustentabilidad logística en grandes, medianas y pequeñas empresas en Argentina, arroja un porcentual aún no satisfactorio (30%) del cumplimiento de las metas y lineamientos sobre eficiencia energética y emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que determina la Secretaría de Energía de la Nación. Parte de la optimización del cuidado ambiental en operaciones logísticas encuentra hoy, a través de plataformas de georreferenciación y contacto entre partes de la cadena logística, un importante soporte con la incorporación de tecnologías informáticas orientadas a la economía de recursos y eliminación de intermediarios. Se encuentran en fase de inicio plataformas orientadas al transporte de carga (de similares características a los softwares de transportación de personas), en modalidad móvil y web. Para el aseguramiento en la calidad de estos avances tecnológico-digitales aplicados a la ingeniería de suministros y logística, se utilizan recursos criptográficos ya probados en otros campos, específicamente el modelo de “cadena de bloques” (en adelante Blockchain) [2]. Consecuentemente, las ideas de sustentabilidad ambiental, modelos de negocios digitalizados y seguridad informática conforman un área conjunta de estudio, promoviendo mediante su interacción un avance sostenido en el campo de la Ingeniería Industrial.

En este nuevo escenario, la inclusión de recursos de software libre como soporte a digitalización de diferentes procesos de la cadena de suministros, ofrece algunas ventajas competitivas a largo plazo, considerando niveles de sustentabilidad económica y tecnológica y permanente soporte colaborativo masivamente distribuido, a través de plataformas de código abierto y gratuito.

En los siguientes apartados compartiremos los recursos hallados y las metodologías utilizadas hasta el momento para alcanzar el objetivo de: detectar y desarrollar herramientas en el ámbito de la logística sustentable a través de la sinergia: código abierto, control de impacto ambiental, trazabilidad y contratación inteligente; como orientación, se esquematiza en la Figura 1 el nuevo modelo industrial y de negocios 4.0 [3], en el cual el consumidor final (o en su defecto el comerciante minorista) activa el flujo digitalizado de las órdenes de compra dando origen a la cadena de producción/suministro y sus correspondientes registros en blockchain, la agilización del sistema de reparto por transportación bajo el sistema “Uber-Freight”, y la llegada del producto a manos del consumidor final, con etiquetas que comunican: la responsabilidad ambiental de la empresa CO₂ (“calculo/reduzco/compenso”) y el origen/trazabilidad del producto (código QR).

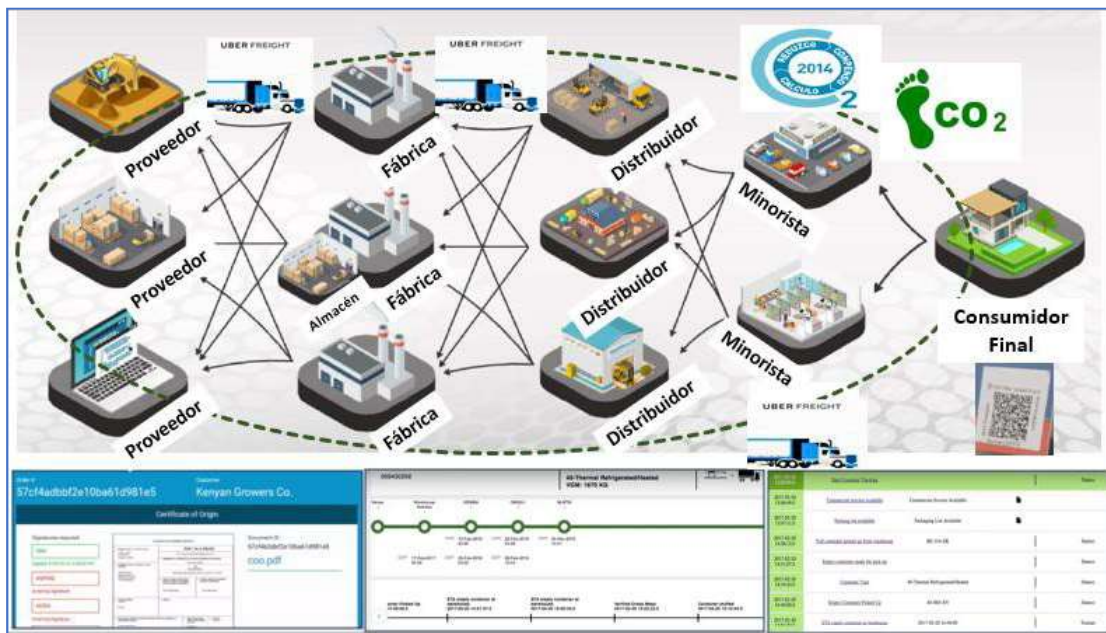


Figura 1 – Modelo Industrial 4.0 Sustentable (Fuente: elaboración propia, elementos autorizados)

2. METODOLOGÍA Y RECORRIDO

El marco de referencia teórico y técnico-profesional orientados al objeto de estudio se inicia mediante prácticas de vigilancia tecnológica, siguiendo el modelo operativo de los cinco pasos “Montes 2014” ajustado al problema [4].

La determinación de los factores críticos de vigilancia y su jerarquización se basa en el recorrido de las plataformas Patentinspiration, Espacenet y PatentScope (se han omitido las plataformas de pago: Vigile y Miniera siguiendo las decisiones de financiamiento del proyecto). A través de estas bases de datos abiertas, se han logrado extraer: palabras, personas y temas clave. El análisis

exploratorio de las búsquedas anteriores sumadas a las realizadas en diferentes bases bibliográficas de artículos/revistas científicas (Scielo, Redalyc, y otras), demuestran que el abordaje de la temática “logística sustentable” es: muy actual, heterogéneo por regiones y aún no muy exhaustivamente aprovechado.

En orden de magnitud mostramos sólo algunos de los datos recogidos con respecto a la producción de patentes en las diferentes aristas de nuestra temática: Métodos de Paletizado 13667 patentes a la fecha (Figura 2). La importante cantidad de registros incluyen diferentes abordajes y una larga tradición por la búsqueda de un óptimo operativo bajo muy diversas condiciones de contorno y propósitos.

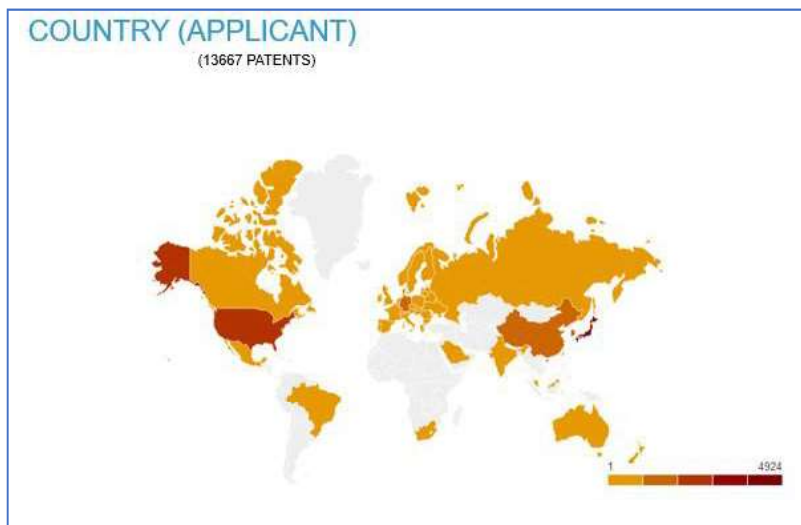


Figura 2- Métodos de Paletizado y Carga - Distribución Geográfica de Empresas propietarias de patente
(Fuente: Elaboración propia con asistente visual de Patentinspiration)

Son numerosos los estudios y recursos en medición de huella de carbono, pero al incluir el refinamiento “transportación” en la búsqueda, la cantidad de patentes se reduce muy notablemente (cuarenta y ocho). La “Huella de Carbono por transportación” analizada desde el punto de vista del propietario (applicant) de patente, puede observarse en la Figura 3. Como detalle de interés se destaca que se halló sólo una academia propietaria en la temática: la Universidad de Shanghai.



Figura 3 - Huella de carbono por transportación - Propietarios de Patentes
(Fuente: Elaboración propia con asistente visual de Patentinspiration)

La herramienta blockchain como resguardo de aseguramiento criptográfico se está extendiendo a numerosos campos (en instituciones gubernamentales, empresas y academias), muy por fuera de su conocida aplicación originaria destinada al ámbito de las finanzas y las criptomonedas. Constantes noticias de nuevos usos pueden observarse en diferentes medios de divulgación social y periodística (por ejemplo, en el campo de la Blockchain Federal Argentina - BFA.ar).

Básicamente esta cadena de bloques actúa como un dispositivo de trazabilidad mediante la transmisión digital de un activo con la asignación de una pluralidad de claves públicas y la consecuente generación de claves privadas en modo de firma digital, realizando un registro de relaciones de ciertos dígitos correspondientes a activos sucesivos de la cadena, cifrando estos bloques creados y almacenándolos en una cadena de bloques (por ejemplo, mediante un algoritmo tipo hash, transformando datos en una serie de caracteres de longitud fija).

En el área de la cadena de bloques, como método criptográfico de seguridad en transportación, se hallaron treinta y ocho patentes (38), desde 2016 hasta mayo de 2019 (Figura 4). Partiendo de un código abierto, el patentamiento se dirige hacia nuevas aplicaciones o ampliaciones significativas del código en versión propietario.

El principal potencial de esta herramienta informática es su característica de inviolabilidad de la información por el uso de sistemas distribuidos entre pares (p2p).

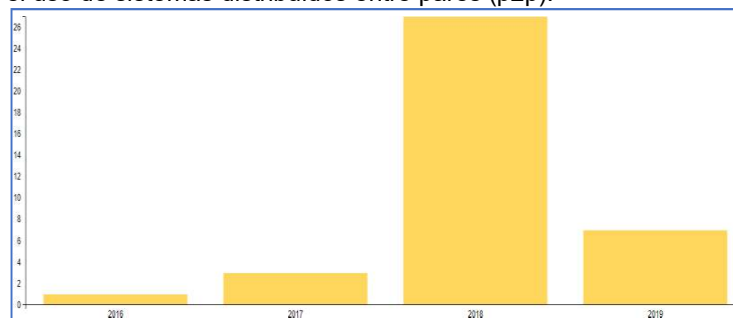


Figura 4 - Cantidad de Patentes en la temática de Blockchain aplicado a la Transportación (hasta mayo 2019)
(Fuente: Elaboración propia con datos de la base Patentinspiration)

Por último, considerar las nuevas formas de contratación logística con intervención de movilidad informática tipo “Uber” demostró algunas ventajas con respecto a los métodos logísticos tradicionales como: la precisión de la información y el rendimiento en tiempo real, la eficiencia operativa de la industria logística y los bajos costos asociados. Existen actualmente plataformas de prueba de esta tecnología, se puede mencionar como ejemplo el Uber logístico, denominado “Freight” utilizado en Texas, US, bajo control de UBER TECHNOLOGIES INC., y amparado por una legislación habilitante y reguladora de la actividad. Otros ejemplos de contratación logística directa con soporte web son Uship, Humber y Coyote.

Las patentes de esta novedosa nueva forma de negocio, y su particular modalidad de contratación, son aún escasas [5] y se basan en el modelo “ganar – ganar” eliminando la intermediación (Figura 5), sumando la posibilidad de la eliminación de ámbitos físicos para el almacenaje y gestionando espacios disponibles en modalidad multicarga.

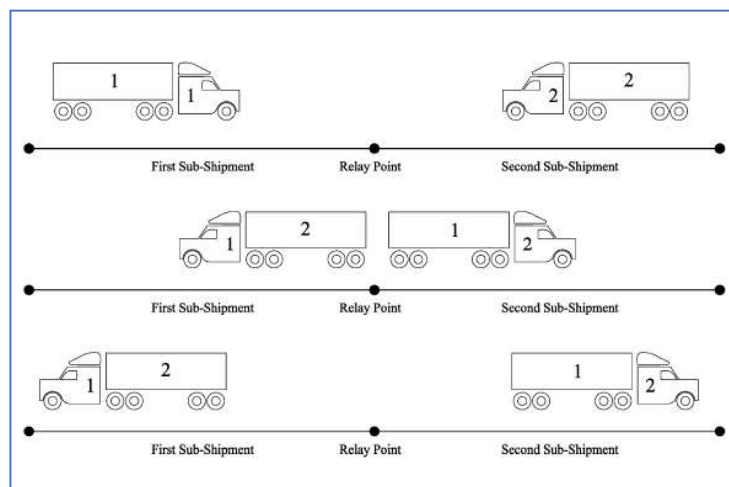


Figura 5 - Modelo de ruteo y control de cargas optimizado- Uber Freight
(Fuente: Patente WO2018136179 (A1) - Fig. 8. [4.3])

La búsqueda bibliográfica, acompañada de la realización de cursos específicos en las áreas de: huella de carbono (“Huella y contrahuella de carbono”, Universidad Politécnica de Madrid, España) y blockchain (“La disrupción del blockchain”, Universidad Austral, Argentina, y “Blockchain: Understanding Its Uses and Implications”, The Linux Foundation), dieron respaldo a la vigencia, oportunidad y empuje de la logística como área de interés para la aplicación de estos conceptos.

Con la información recorrida disponible, sumada a la posibilidad de utilizar software de código abierto se elaboró un plan de acción y se iniciaron tareas tendientes a alcanzar los siguientes objetivos:

- 2019.- Producir una ayuda para la toma de decisión sustentable del ingeniero en empaque, a través de la elaboración de un paquete informático ejecutable de manera abierta y gratuita en un entorno de desarrollo integrado (IDE) disponible (elegido: “R”), que ofrezca un conjunto de soluciones de distribución óptimas al problema logístico de paletizado y distribución, bajo

diferentes condiciones de contorno, acompañadas de una medida (indicador) del impacto ambiental por huella de carbono.

- 2020.- Determinar las variables de interés (desagregadas desde las categorías: elementos, funciones, contexto de aplicación, alcance, riesgos y oportunidades), sobre un conjunto reducido de aplicativos informáticos en desarrollo y en uso (unidades de análisis) correspondientes al campo de cadenas de bloques y Uber logísticos sintetizando el recorrido realizado mediante una matriz tipo FODA tecnológico-logística para nuestro contexto regional [6].

Se espera que otros investigadores a través de esta divulgación se sumen al esfuerzo de lograr una logística sustentable y regionalmente sostenible. En el próximo apartado se esbozan algunos detalles del camino iniciado para el logro de los objetivos señalados.

3. EL SOFTWARE LIBRE COMO SOPORTE A LA ACTIVIDAD LOGÍSTICA

El cálculo de huella de carbono se encuentra muy extendido e informatizado por medio de diversas calculadoras web personales y asociadas a actividades específicas; existen además bases de datos con indicadores de daño ambiental por categoría de vehículo/transporte, y por actividad/producto (TCF: transport carbon footprint y PCF: product carbon footprint). En la actualidad el transporte aporta entre el 10 y el 20% de los gases efecto invernadero y la cuarta parte de este impacto es generada por el transporte automotor de cargas [7], motivando estos datos el enfoque de nuestra investigación. Reportes desagregados basados en datos suministrados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) correspondientes a veintiséis países de América Latina y el Caribe, incluyen diversos indicadores (generales, carreteras, ferrocarriles, aéreo, acuático, actividades logísticas), produciendo información denominada “perfil del país en transporte de carga”, disponible web en forma abierta y gratuita [8]. Con los recursos mencionados hasta el momento, se extraen parámetros de interés para los objetivos planteados (en Argentina: indicador $CO_2/carga=0.08$, distancia promedio recorrida por camión=116000 km/año, y otros).

La incorporación de un indicador de huella de carbono en actividades logísticas dentro de un paquete de código libre supone tareas de reingeniería sobre los esfuerzos ya realizados hasta el momento para este fin. En este sentido se utiliza el código de paletizado creado en “R” [9] como alternativa a los programas PLMStackBuilder y Tops PRO [10], para extenderlo a prestaciones de carga y transporte siguiendo la línea de estos programas, sumando el agregado de impacto ambiental por transportación.

La elección del IDE “R” se basa no sólo en su característica de código abierto y gratuito, sino también en su capacidad para interactuar con diversos lenguajes (html, Python, C++, y otros) compilando los códigos creados con una amplia gama de formatos de salida (Word, pdf, html, html5, slides, libros, artículos científicos (con estilo LaTeX y otros), aplicaciones interactivas shiny, etc.). Las continuas aportaciones al crecimiento del entorno de desarrollo “R” posibilita el avance y perfeccionamiento del código de paletizado (versión 1) para el cumplimiento de los objetivos señalados en apartado anterior; por ejemplo: mediante el uso del paquete “raster”, se pueden incorporar distribuciones (mosaicos) a layers, así como asignar propiedades a diferentes grupos de embalajes (Figura 6), aportando avances a la visualización de la unidad de carga. La librería “sf” de “R” añade importantes herramientas para el ploteo y análisis de datos vectoriales, generando objetos espaciales jerarquizados (geometrías) aplicables al problema de distribución y organización de cargas poligonales [11].

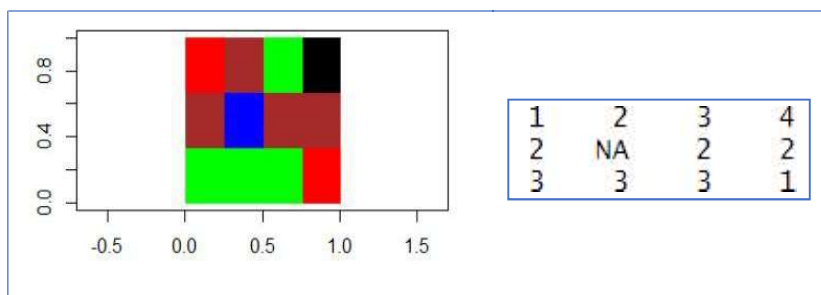


Figura 6 - Librería raster aplicada a paletizado (Fuente: Elaboración propia en R)

El análisis de los cálculos intervinientes en la formulación del indicador de huella de carbono logística se inició mediante la decodificación de herramientas informáticas disponibles en diferentes soportes y contextos. Dada la flexibilidad comentada anteriormente de la interacción del IDE “R” con múltiples plataformas y lenguajes, se realizó un proceso de análisis, reingeniería, rediseño y codificación para la obtención de una calculadora de huella de carbono interfaz usuario capaz de ser aplicada al área de la cadena de suministros.

Enumeramos algunos insumos y tareas realizadas:

- Enfoques metodológicos y tratamiento de datos correspondientes a calculadoras de huella de carbono desarrolladas por diferentes organizaciones y gobiernos:

- Calculadora de Huella de Carbono Alcance 1+2 para organizaciones 2018 – V.14 (Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) – Gobierno de España /formato Excel).
 - Calculadora prospectiva de cambio climático y energético (“The UK 2050 Calculator”) desarrollada por el Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido, y sus adaptaciones (bajo convenio) a diferentes países (Colombia y México / versiones Excel y html).
 - Calculadoras online disponibles (Carbon Footprint Calculator desarrollo de la organización Carbontrust y Calculadora del Gobierno de Aragón)
- Se han agregado recursos disponibles en el sitio colaborativo Github para el cálculo de la huella de carbono. Se han corregido y rediseñado los códigos disponibles como primeros ensayos en HTML-R y Python-R.
- Se han agregado recursos de parámetros y variables de interés reservando los datos útiles para el análisis logístico en contexto (transporte de carga y sus combustibles en la región de estudio) y factores de emisión (FE: “*Aquellos que convierten los datos de la actividad económica (energía eléctrica, combustibles fósiles, etc.) en las emisiones de gases de efecto invernadero (en kg Co₂equivalente)*” [12], pág. 10).
- Se han agregado recursos de diseño de logos, vistas (Figura 7) y decisiones de interfaz usuario (utilizando formato de markdown a través de “R markdown”).



Figura 7 - Vista de la pantalla inicio del módulo-script " CO2" (Elaboración propia)

Los principales obstáculos para el desarrollo del script “CO2” han sido:

- Algunas herramientas de Python -útiles por su agilidad en su entorno de origen- entorpecen la interfaz R-Python (el framework minimalista “Flask”, por ejemplo), por lo cual se requiere de un esfuerzo adicional de programación.
- Se pretende embeber el cálculo de la distancia origen-destino logístico en el código R, mediante una interfaz visual basada en Google Maps; pero las llaves (key) a nivel “programador” para estas interfaces (API - Google) han comenzado a ser de pago, por lo cual el uso del paquete tendrá un costo bajo este formato, perdiendo la importante propiedad de gratuidad del entorno “R”.

Se decide entonces iniciar el desarrollo en paralelo de dos prototipos: uno con la posibilidad usuario de incorporar una llave API de su propiedad (a ser recordada por el programa y con aviso de fecha de caducidad/remplazo) y otro menos elegante pero más sencillo en el cual el usuario informa el kilometraje del trayecto logístico como input del script. El código final disponible para “R”, con el informe de: diseño óptimo de paletizado, distribución de carga en transporte, y valor final de huella de carbono producida por la tarea logística, se encuentra en la etapa de diseño por bloques (Figura 8).

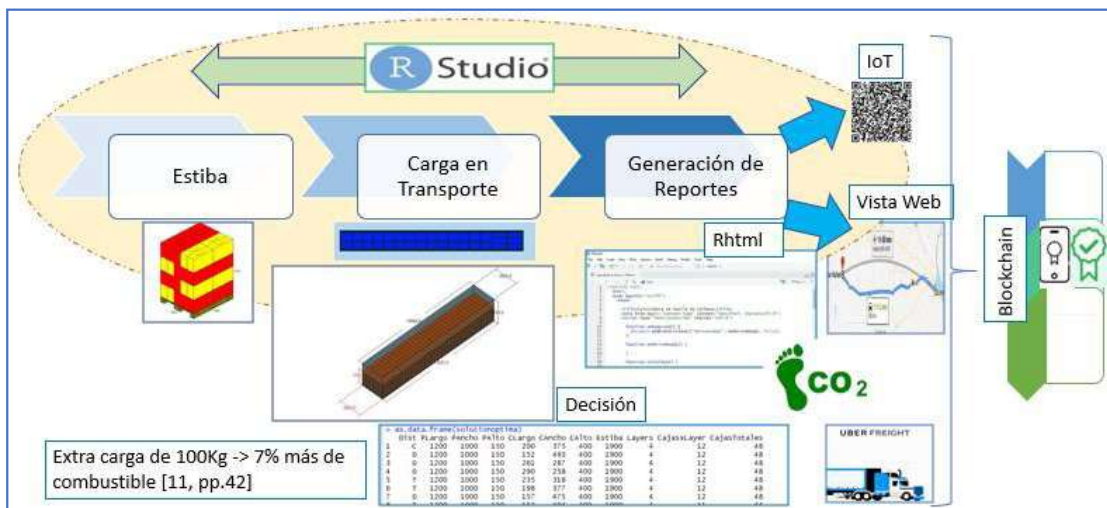


Figura 8 - Bloques de diseño para programación de Scripts en R. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, los indicadores de huella de carbono obtenidos servirán de insumo para la elaboración del inventario de emisiones de GEI (gases efecto invernadero) de la empresa, siguiendo las orientaciones de la serie ISO 14064 [13] y considerando el enfoque de control operacional con alcances 1 y 2 [14].

4. TECNOLOGÍAS BLOCKCHAIN Y UBER-LOGÍSTICO EN LA CADENA DE SUMINISTROS

La tecnología blockchain fue creada por Satoshi Nakamoto en el año 2009 como un protocolo de dinero digital basado en un sistema entre pares (p2p). Sus características de elevada seguridad criptográfica y código abierto permitieron extender su alcance a múltiples campos más allá de las conocidas criptomonedas. Usos de recursos compartidos en la nube como las ofimáticas Graphite y Google Drive, el software corporativo SAP, y la emprendedora IBM con diversos productos (entre ellos el importante IBM Food Trust), son algunos ejemplos de su aplicabilidad. La incorporación de la tecnología blockchain a la cadena logística para asegurar la no adulteración de la legitimidad de productos de elevado valor comercial y la conservación adecuada de alimentos frescos, son promovidos por diversas agrupaciones. La Organización Mundial del Comercio (OMC - WTO) impulsa una iniciativa llamada "Blockchain, Supply Chain Traceability Project" (Proyecto Blockchain de trazabilidad de la cadena de suministros) para asegurar el verdadero origen y la rigurosa trazabilidad hasta destino de los productos, incluyendo además en algunos casos, recursos adicionales de IoT para validar y certificar la calidad de los productos (ver figura 9). La OMC considera que el sistema Blockchain proporciona un intercambio seguro de datos y un repositorio a prueba de manipulaciones para documentos y eventos de envío en todos sus niveles (productivos, transportistas, aduaneros y comerciales). Este sistema podría reducir significativamente las demoras y el fraude ahorrando miles de millones de dólares anualmente, y según la OMC, reducir las barreras dentro de la cadena de suministro internacional podría aumentar el PIB mundial en casi un 5% y el volumen total de comercio en un 15% [15].



Figura 9 – Código de seguimiento logístico para mariscos Fish Trax (izq.) – IoT validando la cadena de bloques del pescado fresco (der) (Fuente: <https://fishcoin.co/#seafood-industry>)

En el área de la logística sustentable la utilización de la herramienta blockchain permite al consumidor elegir productos sostenibles y alineados al cumplimiento de los objetivos que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) plantea para la lucha contra el cambio climático proveyendo instrumentos de elevada y fiable trazabilidad, agregando el potencial de automatizar y fortalecer el monitoreo, el reporte y la verificación (MRV) del impacto ambiental de proyectos. Algunas de las soluciones blockchain para combatir el cambio climático son: el monitoreo de bosques, las transacciones de energías renovables y de bonos de carbono, entre otras [16]. Walmart, Unilever y Nestlé son algunas de las empresas que han implementado esta tecnología. En la Tabla 1 se enumeran algunas características de la tecnología Blockchain aplicada a la cadena de suministros, halladas en la revisión bibliográfica de este trabajo:

Tabla 1- Fortalezas y Debilidades básicas de Blockchain en Logística (Fuente: elaboración propia)

Fortalezas	Debilidades
Reducción en la emisión de documentos en soporte rígido (papel).	Gran cantidad de actores involucrados en el sistema.
Agilidad y fiabilidad de datos con el respaldo de un modelo matemático descentralizado.	El nivel de verificación requiere mayor número de transacciones con respecto a un modelo centralizado.
Veloz detección de cuellos de botella en la cadena de suministros.	Heterogeneidad en la incorporación de recursos adicionales de validación/registro
Trazabilidad precisa y en tiempo real de cada eslabón de la cadena de suministro.	Soportes de pago.

Escalabilidad en automatización y sincronización.	Necesidad de capacitación continua para el uso de los softwares y sus actualizaciones.
Creación de pronósticos logísticos fiables, y flexibilidad de reestructuración contractual.	Un modelo global requiere el consenso de todas las partes de la cadena, incluyendo las instancias normativas/gubernamentales.

Los recursos de Internet orientada a las cosas (IoT) aplicados a tareas de transportación permiten monitorear diferentes parámetros, realizar seguimientos y gerenciar recursos, pero están limitados en conectividad y alcance [17], y por el momento no solucionan el tiempo ocioso de circulación de camiones (superior a 65%) ni logran optimizar los tiempos de rotación y espacio en almacenes. En este contexto y en medio de la incesante expansión de aplicaciones tecnológicas surge un nuevo modelo de transportación (que llamamos “Uber-logístico”) basado en un sistema distribuido, conectando de manera directa a profesionales transportistas con las necesidades de transporte de las empresas bajo un modelo ganar-ganar, mediante una plataforma/app informática que contiene los registros y validaciones de ambas partes intervinientes, con capacidad de mensajería y contratación online. Las primeras fortalezas y debilidades que se desprenden del modelo se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 2 - Fortalezas y Debilidades básicas de “Uber-Logístico”(Fuente: elaboración propia)

Fortalezas	Debilidades
Mejora de oportunidades de transportación.	Dependencia de la conectividad en ruta.
Disminución de capacidad ociosa de carga.	Necesidad de controles exhaustivos en el otorgamiento de permisos profesionales de transporte.
Negociación directa y ágil.	Dependencia de la calidad de programación de la app y sus sucesivas actualizaciones.
Reducción de tiempo de rotación de inventario.	Conflicto de intereses de asociaciones gremiales y sindicatos.
Veloz acreditación de pagos.	Aseguramiento del estado técnico y legal de cargas.
Escasas necesidades de almacenamiento prolongado, tendiendo a la supresión de almacenes.	Heterogeneidad territorial en el marco legal que reconoce a la app como modelo de negocios.
Modelo de precios “oferta-demanda” (libre mercado)	Modelo de precios “oferta-demanda” (inestabilidades estacionales)

Si bien el funcionamiento de la herramienta Uber-logística en sus diferentes versiones (Uber Freight, Uship, Humber, Coyote, etc.) es similar al extendido sistema de pasajeros “Uber”, su complejidad legal, el grado de responsabilidad empresarial y el impacto mercantil de su uso, ralentizan la implementación global de esta herramienta tecnológica en el área de la cadena de suministros. Uniendo las capacidades de blockchain y del modelo Uber-logístico, la cadena de suministros se caracterizará por su transparencia y agilidad, beneficiando a todas las partes intervinientes.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE ACCIÓN

El recorrido de los productos a menudo es tan extenso que aporta un valor cercano al 10% del precio final y un elevado porcentual de las emisiones de CO₂ del planeta [17], por ello consideramos relevante su estudio y visualización para la toma de decisiones del ingeniero. Actualmente un 53% de las empresas radicadas en Argentina no está realizando una medición de su huella de carbono, específicamente en el área logística sólo un 9% de las empresas que emitieron algún reporte de sustentabilidad durante 2018 afirman que su medición en el área de cadena de suministros y transporte puede considerarse completo, mientras que un 18% de los reportes contienen valores incompletos en esta temática [1]. Este faltante de informes y reportes puede ser considerado como una oportunidad para la aplicación de las herramientas logísticas digitales que hemos mencionado y estamos desarrollando en los campos de la sustentabilidad y el cuidado ambiental, entendiendo que las obligaciones normadas vigentes en numerosos países [18] constituyen un futuro inmediato para nuestra región.

La medición de la huella de carbono en los procesos logísticos construye un indicador trazable para la mejora, atendiendo recomendaciones como:

- Elegir vehículos que utilizan formas alternativas de energía limpia (híbridos, eléctricos).
- Determinar las dimensiones adecuadas de los vehículos (no sobredimensionar).
- Optimizar rutas.
- Realizar mantenimiento preventivo de vehículos.
- Considerar materiales ecológicos, impulsar procesos de reciclado y la gestión de residuos.
- Favorecer negocios colaborativos, multicargas y conducción responsable.

El enfoque hacia los procesos de transportación dentro de la cadena logística se sustenta en su importante e inextinguible grado de participación en ella (dado que siempre existirá la necesidad de una transportación física), el elevado impacto ambiental que suponen (aproximadamente un 4% del total de GEI [7]), y las oportunidades informáticas que surgen (Blockchain y Uber-logístico) para incluirlos dentro de una economía digital que aliente la permanencia competitiva de la empresa en el mercado.

Por último, entendemos que la incorporación de las herramientas mencionadas en este trabajo supone una importante oportunidad de vanguardismo y ventaja competitiva, además de generar una marca positiva para la imagen corporativa, pero también invita al desarrollo de *nuevos modelos logísticos* que eviten el solapado de esfuerzos (en cálculos duplicados de huella de carbono, por ejemplo), favorezcan la optimización de recursos (cargas/transporte e IoT/trazabilidad) y se orienten hacia una elevada satisfacción de mercado (Uber-logístico en tiempo y reglado), todo ello bajo el cumplimiento del doceavo objetivo ONU para el desarrollo sostenible: "*Producción y Consumo responsables*".

6. REFERENCIAS

- [1] Encuesta logística ITBA (2018), Disponible en: <https://www.itba.edu.ar/intranet/ols/wp-content/uploads/sites/4/2019/05/2018-Encuesta-Logistica-Sustentable-en-Argentina.pdf>
- [2] Tapscott D., Tapscott A. (2017). *La revolución blockchain: Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Publicaciones Deusto - Grupo Planeta. E-book
- [3] Roig, C. (2017). "Industria 4.0: la cuarta (re) evolución industrial". *Harvard Deusto Business Review*, N. 266, pp. 64-70, ISSN 0210-900X. Disponible en: <http://www.ivlogistica.com/es/wp-content/uploads/2017/06/64-71-carlos-roig-industria-4c.pdf>
- [4] San Juan, Y.I., Romero Rodríguez F.I. (2016). "Modelos y Herramientas para la Vigilancia Tecnológica". *Revista Ciencias de la Información*, Vol. 47, N°2, pp. 11-18.
- [5] Patentes
 1. WO2018006267 (A1) 2018-01-11, TONG KA MAN [CN] (+2), SHENZHEN STARPOST SUPPLY CHAIN MAN CO LTD [CN]
 2. US2018339711 (A1) 2018-11-29, BURNETTE DONALD [US], UBER TECHNOLOGIES INC [US]
 3. WO2018136179 (A1) 2018-07-26, BERDINIS ERIC [US] STAUFFER JOHN [US] (+1), UBER TECHNOLOGIES INC [US]
 4. US2013150078 (A1) 2013-06-13, FURUTA SEIICHI [JP], DENSO CORP [JP].
- [6] Ponce H. (2007). "La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales". *Revista Contribuciones a la Economía* Vol. 12 N°1, pp. 113-130, enero-junio 2007. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>, <http://www.eumed.net/ce/2006/hpt-FODA.htm>
- [7] Gutiérrez García, C.(2018). "Huella de Carbono y transporte de mercaderías", *Asociación Intermodal de América del Sur – AIMAS, en Énfasis Logística (digital)* 09/07/18, Disponible: <http://www.logisticasud.énfasis.com/notas/81105-huella-carbono-y-transporte-mercaderias>
- [8] BID (2012). *Portal Logístico – Perfiles por país*. Base interactiva de datos del Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <http://logisticsportal.iadb.org/countryprofiles>
- [9] No, I. (2019) "Paletizado en R versión 1" – Software registrado en guarda No, Irma N. (Ex-2019-00832039-APN-DNDA#MJ / 2019-00949241)
- [10] No, I. Redchuk A. (2018) "Análisis de programas de paletizado y desarrollo de un código para la toma de decisiones de unidades de carga en R" . *Memorias COINI 2018 – XIº Congreso de Ingeniería Industrial*. Mendoza, Argentina. pp. 419-429. Disponible en: <http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/3501>
- [11] Mas, J-F. (2013). *Análisis Espacial con R: Usa R como un Sistema de Información Geográfica*. 1ª Ed., European Scientific Institut (ESI), Kocani, República de Macedonia. Disponible en: <http://eujournal.org/files/journals/1/books/JeanFrancoisMas.pdf>
- [12] Dirección Provincial de Bioeconomía y Desarrollo Rural, Dirección de Sustentabilidad, Ambiente y Cambio Climático (2017). *Plan de Bioeconomía, Agricultura sustentable + Industrialización inteligente: Cálculo Huella de Carbono Institucional*. Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires. Disponible en: https://www.gba.gob.ar/static/agroindustria/docs/direccion_de_sustentabilidad_medio_ambiente_y_cambio_climatico/Informe_Huella_de_Carbono_Institucional-MAIBA_2017.pdf
- [13] ISO 14064 (1 y 2) (2006). *Gases de efecto invernadero*. Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero. Disponibles en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es> <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-2:ed-1:v1:es>

- [14] OSE (2010). *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte por carretera*. Observatorio de Sostenibilidad de España (OS). Disponible en: http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/06/manual_huella-carbono_transporte.pdf
- [15] IBM Blockchain (2019). "Blockchain with Supply Chain". *Blockchain understanding its uses and implications*. Linux Foundation (2019), plataforma Edx. Disponible en: <https://courses.edx.org/courses/course-v1:LinuxFoundationX+LFS170x+2T2018/course/>
- [16] Paris, A. G. (2018) "Blockchain y el cambio climático", transcripto por Federico Ast, para el curso *La Disrupción del Blockchain*, Universidad Austral, 2019. Disponible en: <https://medium.com/astec/el-blockchain-en-la-lucha-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico-59c228e3250f>
- [17] Breccia, H. (2019) "Un Tetris infinito". *Revista Énfasis Logística*. Edición junio 2019, pp.82-87.
- [18] Real Decreto 163/2014, España (2014), *Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/03/14/163>

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Andrés Redchuk por su dirección en la investigación y en su persona a toda la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.