



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Sello Editorial

Índice de desempeño logístico, industria 4.0 y madurez de las redes globales de valor

Un análisis multicriterio en el contexto colombiano

ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO, INDUSTRIA 4.0 Y MADUREZ DE LAS REDES GLOBALES DE VALOR. UN ANÁLISIS MULTICRITERIO EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

Autores:

Julio César González Silva
Diego Karachas Rodríguez Segura
Woody Figueroa Peinado
Benjamín Pinzón Hoyos

José Daniel Gómez Méndez
José Martín Díaz Pulido
Óscar Alejandro Vásquez Bernal

Grupos de Investigación:

Gestindustriales EOCA - Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Gecoempresarial - Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

Jaime Alberto Leal Afanador

Rector

Constanza Abadía García

Vicerrectora académica y de investigación

Leonardo Yunda Perlaza

Vicerrector de medios y mediaciones pedagógicas

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz

Vicerrector de servicios a aspirantes, estudiantes y egresados

Leonardo Emeleth Sánchez Torres.

Vicerrector de relaciones intersistémicas e internacionales

Julialba Ángel Osorio

Vicerrectora de inclusión social para el desarrollo regional y la proyección comunitaria

Myriam Leonor Torres

Decana Escuela de Ciencias de la Salud

Clara Esperanza Pedraza Goyeneche

Decana Escuela de Ciencias de la Educación

Alba Luz Serrano Rubiano

Decana Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas

Martha Viviana Vargas Galindo

Decana Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades

Claudio Camilo González Clavijo

Decano Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Jordano Salamanca Bastidas

Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Sandra Rocío Mondragón

Decana Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

Índice de desempeño logístico, industria 4.0 y madurez de las redes globales de valor. Un análisis multicriterio en el contexto colombiano

Autores:

Julio César González Silva

Diego Karachas Rodríguez Segura

Woody Figueroa Peinado

Benjamín Pinzón Hoyos

José Daniel Gómez Méndez

José Martín Díaz Pulido

Óscar Alejandro Vásquez Bernal

658.40
G643

González Silva, Julio César

Índice de desempeño logístico, industria 4.0 y madurez de las redes globales de valor. Un análisis multicriterio en el contexto colombiano / Julio César González Silva, Diego Karachas Rodríguez Segura, Woody Figueroa Peinado ... [et al.] -- [1.a. ed.]. Bogotá: Sello Editorial UNAD /2022. (Grupos de Investigación: Gestindustriales EOCA - Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Gecoempresarial - Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO)

ISBN: 978-958-651-881-9

e-ISBN: 978-958-651-884-0

1. Planificación empresarial 2. Logística empresarial 3. Competitividad 4. Industria 4.0 5. Transformación digital I. González Silva, Julio César II. Rodríguez Segura, Diego Karachas III. Figueroa Peinado, Woody IV. Pinzón Hoyos, Benjamín V. Gómez Méndez, José Daniel VI. Díaz Pulido, José Martín VII. Vásquez Bernal, Óscar Alejandro

Grupos de Investigación:

Gestindustriales EOCA - Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Gecoempresarial - Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO

ISBN: 978-958-651-881-9

e-ISBN: 978-958-651-884-0

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

©Editorial

Sello Editorial UNAD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Calle 14 sur No. 14-23

Bogotá, D.C.

Noviembre de 2022

Corrección de textos: Armando Robledo Rico

Diseño de portada: Paula Melissa Bayona
Vásquez

Diagramación: Olga Lucía Pedraza Rodríguez

Edición integral: Hipertexto SAS

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons – Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



TABLA DE CONTENIDO

RESEÑA DEL LIBRO	11
RESEÑA DE LOS AUTORES	13
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO 1. INDUSTRIA 4.0 Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR: ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA TOMA DE DECISIONES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO	19
Antecedentes.....	20
Toma de decisiones y la metodología de análisis multicriterio	20
Marco conceptual.....	22
Revisión del estado de conocimiento: una exploración de la aplicación del análisis de decisiones multicriterio	24
Aplicación del análisis de decisiones multicriterio, el índice de desempeño logístico e industria 4.0	30
Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones (MCDM) y las redes globales de valor	31
Conclusiones	40
Referencias.....	41
CAPÍTULO 2. EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO (<i>Logistic Performance Index</i>) ..	52
La competitividad	53
Aspectos teóricos de la competitividad.....	53
La evolución de la competitividad	54
La medición de la competitividad.....	56
<i>The World Economic Forum</i> y su Índice Global de Competitividad	57
El Banco Mundial (B. M.) y su Índice de Ponderación <i>Doing Business</i>	59
La logística y la cadena de suministros	62
La Logística.....	62
La cadena de suministros y la red de valor	63
El desempeño logístico	65
<i>The World Economic Forum</i> y su acercamiento al desempeño logístico	66
El Banco Mundial y su acercamiento mediante <i>Doing Business</i> al problema logístico.....	68
El Banco Mundial y el LPI	69
Colombia y la medición de la competitividad logística.	
La Encuesta Nacional Logística, (ENL).....	73

Revisión y análisis	78
Índice Global de Competitividad (WEF).....	79
Índice de Ponderación <i>Doing Business</i> . (Banco Mundial).....	79
<i>Logistics Performance Index</i> . (Banco Mundial)	79
Encuesta Nacional Logística - Colombia (DNP).....	80
Conclusiones	81
Referencias.....	82
CAPÍTULO 3. RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL CONTEXTO COLOMBIANO	94
Antecedentes.....	95
Marco conceptual	95
Conceptos fundamentales en la industria 4.0.....	97
Pirámide de la automatización en la Industria 4.0.....	99
Retos en la Industria 4.0	100
Metodología.....	103
Resultados Identificados	105
Conclusiones	107
Referencias.....	108
CAPÍTULO 4. ESTADO DE CONOCIMIENTO DEL GRADO DE MADUREZ DE REDES GLOBALES DE VALOR	110
Grado de Madurez “ <i>global value chain</i> ” and “ <i>maturity</i> ”	111
Grado de Madurez “ <i>Logistics</i> ” and “ <i>maturity</i> ”	123
Grado de madurez “ <i>Supply Chain</i> ” and “ <i>maturity</i> ” y revisión de organismos internacionales.....	129
Conclusiones	136
Referencias.....	137
CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA PONDERACIÓN DE CRITERIOS Y PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS	144
Aplicación del análisis de decisiones multicriterio, el índice de desempeño logístico e industria 4.0.....	147
Definición del objetivo-meta, criterios y alternativas según la Metodología de Análisis Multicriterio (MCDM)	149
Índice de desempeño logístico.....	150
Industria 4.0 – Tecnología.....	153
Conclusiones	160
Referencias.....	161

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR	172
Descripción del objetivo, alternativas y criterios	173
Criterios	179
Resilience Evaluation, Analysis and Learning (REAL).....	181
Conclusiones	188
Bibliografía.....	189
CAPÍTULO 7. ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO E INDUSTRIA 4.0: UN ANÁLISIS DE RESULTADOS	192
Antecedentes.....	193
Descripción de los resultados	194
Resultados del índice de desempeño logístico.....	194
Tecnología 4.0	198
Análisis de resultados	201
Resultados del índice de desempeño logístico.....	202
Comparación de los criterios BOCR (Beneficios, Oportunidades, Costos, Riesgos) frente al objetivo-meta del Índice de Desempeño Logístico (LPI).....	202
Comparación de las alternativas con respecto a los criterios	203
Resultados tecnología 4.0.....	208
Comparación de los criterios BOCR (Beneficios, Oportunidades, Costos, Riesgos) frente al objetivo-meta de tecnología 4.0.....	208
Comparación de las alternativas con respecto a los criterios	209
Preferencia de las alternativas con el objetivo meta	212
Discusión de resultados de consenso para tecnología 4.0 vs. Competitividad en Colombia	213
Discusión de resultados de consenso integrados del índice de desempeño logístico (LPI) y la tecnología 4.0.....	214
Conclusiones	215
CAPÍTULO 8. MADUREZ DE LAS REDES GLOBALES DE VALOR: UN ANÁLISIS DE RESULTADOS	220
Discusión y análisis de resultados	221
Conclusiones	225
CONCLUSIONES GENERALES	228

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia de los temas acumulada.....	27
Figura 2. Comportamiento de la importancia de los temas por año de publicación	27
Figura 3. Frecuencia y tendencia de las palabras clave.....	28
Figura 4. Nube de palabras	28
Figura 5. Producción Científica Criterio “Global Value Chain” and MCDM	32
Figura 6. Áreas de Conocimiento “Global Value Chain” and MCDM	32
Figura 7. Producción Científica Criterio “Global Value Chain” and MCDM	33
Figura 8. Áreas de Conocimiento “Supply Chain” and MCDM	34
Figura 9. Top 10 autores “Supply Chain” and MCDM	34
Figura 10. Interacción humana y máquina en un CPS	96
Figura 11. Interpretación de la pirámide de automatización en la red de automatización en la industria 4.0.....	100
Figura 12. Esquema metodología y manejo de la información retos Industria 4.0 para el contexto colombiano.	104
Figura 13. Tenencia de tecnologías en la industria colombiana.....	106
Figura 14. Empresas que no utilizan tecnologías en logística y las necesitan	107
Figura 15. Niveles de madurez	112
Figura 16. Pirámide Modelo SCM3.....	119
Figura 17. Resultados de la evaluación de la madurez ECM - Comparación de los valores promedio entre proveedores.....	123
Figura 18. Modelos de madurez son adecuados para su aplicación en el sector logístico.	125
Figura 19. Descripción de los parámetros de las dimensiones más incluyentes en los modelos de madurez.....	125
Figura 20. Metodología para la toma de decisiones.....	145
Figura 21. Diagrama de jerarquías índice de desempeño logístico.....	152
Figura 22. Diagrama de jerarquías tecnología (Industria 4.0)	155
Figura 23. Enfoques de resiliencia.	180
Figura 24. Diagrama de relaciones de alternativas y criterios.	184
Figura 25. Diagrama de jerarquías madurez de las redes globales de valor.	185
Figura 26. Comparación de la importancia de los criterios del índice de desempeño logístico con respecto al objetivo meta.	195

Figura 27. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C1. Beneficios.....	195
Figura 28. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C2. Oportunidades.....	196
Figura 29. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C3. Costos.....	196
Figura 30. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C4. Riesgos.....	197
Figura 31. Preferencia de las alternativas con respecto al objetivo meta (Prioridad global)	197
Figura 32. Importancia de los criterios con respecto al objetivo-meta.....	198
Figura 33. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C1. Beneficios.....	199
Figura 34. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C2. Oportunidades.....	199
Figura 35. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C3. Costos.....	200
Figura 36. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C4. Riesgos.....	200
Figura37. Preferencia de las alternativas de tecnología con el objetivo meta (Prioridad global)	201
Figura 38. Importancia de los criterios (Consenso de expertos)	221
Figura 39. Preferencia de las alternativas (consenso de expertos)	222
Figura 40. Consenso Expertos en importancia de criterios. Superdecisions©.....	222
Figura 41. Consenso Expertos en preferencia de alternativas en innovación. Superdecisions©.....	223
Figura 42. Consenso Expertos en preferencia de alternativas en talento humano. Superdecisions©.....	223
Figura 43. Consenso Expertos en preferencia de alternativas en resiliencia. Superdecisions©.....	224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Información principal de la búsqueda en Scopus.....	26
Tabla 2.	Dimensiones MCDM y AHP de indicadores para medir el desempeño de la cadena de suministro.....	35
Tabla 3.	Criterios para la toma de decisiones en la conformación de proveedores locales y globales en la cadena de suministro	38
Tabla 4.	Pilares de la Competitividad IGC-WEF.....	59
Tabla 5.	Áreas de medición del ciclo de vida de una empresa del Doing Business 2020	61
Tabla 6.	Indicadores de la Categoría Infraestructura de Transporte.....	67
Tabla 7.	Indicadores del LPI.....	70
Tabla 8.	Metodología para la selección de grupos de países para los encuestados.....	71
Tabla 9.	Peso de los componentes indicadores del LPI 2016 - 2018.....	72
Tabla 10.	Estructura de componentes estratégicos de la ENL.....	75
Tabla 11.	Criterios para aplicación de la ENL.....	78
Tabla 12.	Conceptos fundamentales de la Industria 4.0.....	97
Tabla 13.	Características, problemas y requisitos en la Industria 4.0.....	101
Tabla 14.	Desafíos en la Industria 4.0 en economías emergentes	101
Tabla 15.	Debilidades en economías emergentes	105
Tabla 16.	Factores de los Modelos de Madurez Digital (DMM) de Forrester	114
Tabla 17.	Modelos de evaluación de la madurez de la cadena de suministro.....	116
Tabla 18.	Modelo de madurez propuesto.	118
Tabla 19.	Modelo de evaluación de la madurez con criterios Lean para ECM en la cadena de suministro automotriz.....	121
Tabla 20.	Marco de referencia para las redes globales de valor	131
Tabla 21.	Niveles de integración de las redes globales de valor	133
Tabla 22.	Factores dinamizadores para la integración en las redes globales de valor.....	135
Tabla 23.	Pilares y categorías del índice de preparación de la red - Network Readiness Index.	175
Tabla 24.	Pilares y categorías del Índice Global de Competitividad Digital – IMD World Digital Competitiveness Index.....	176
Tabla 25.	Prioridades y categorías del Reporte Global de Competitividad (Global Competitiveness Report)	177
Tabla 26.	Pilares y categorías del Índice Global de Innovación- Global Innovation Index.....	178



RESEÑA DEL LIBRO

La competitividad es la base del desarrollo de los países, lo cual se ve reflejado en la capacidad de asegurar que las condiciones básicas para la sociedad estén resueltas en términos de equidad para el acceso a la educación, salud, infraestructura, vivienda, generación de empleo, eficiencia de los procesos productivos y un marco institucional sólido que permita generar un ambiente favorable de negocios y el desarrollo de los mercados para lograr un crecimiento económico sostenible que asegure bienestar y prosperidad.

Los entornos globales proponen nuevos escenarios de actuación, en donde la innovación, la productividad, la ciencia y la tecnología son vectores de cambio que perfilan oportunidades y desafíos para los países, siendo el desempeño logístico un factor clave para la competitividad, fortaleciendo los mercados domésticos, el acceso a los mercados internacionales y el desarrollo del comercio exterior que propicien la generación de redes de valor.

En Colombia, el CONPES 3982 de 2020 actualiza la Política Nacional Logística, para lo cual busca fortalecer las capacidades en logística e infraestructura que permitan una mejora en el índice de desempeño logístico, estableciendo prioridades de acción desde los corredores logísticos de importancia estratégica para Colombia, el fortalecimiento del transporte intermodal, la promoción y uso de las tecnologías de información y comunicación que surgen de la industria 4.0, el desarrollo del capital humano y el fortalecimiento institucional.

Con este contexto, la presente obra es el resultado de las investigaciones realizadas alrededor del índice de desempeño logístico, el aporte de la industria 4.0 y la madurez de las redes globales de valor que le aporten a la competitividad en el contexto colombiano. Para lo cual se presenta un análisis riguroso desde la aplicación de la

metodología de análisis multicriterio y el análisis de jerarquía de procesos, ambos ampliamente utilizados en las disciplinas de ingeniería y administración para la toma de decisiones, a partir de la selección de alternativas y la identificación de criterios comunes a las mismas, sometidos a evaluación de expertos en redes de valor y tendencias de la industria 4.0.

Los hallazgos resultantes de estas investigaciones perfilan desde el índice de desempeño logístico la relevancia de la infraestructura y la calidad y competencia de los prestadores de servicios logísticos, y desde las tecnologías 4.0, las necesidades del aprovechamiento de datos masivos (*big data*) y analítica de datos para los procesos de simulación e integración horizontal y vertical en las cadenas de suministro, así como la aplicación de la ciberseguridad para la mejora en la confiabilidad de las operaciones.

De igual manera, los procesos de integración en las cadenas de suministro mediante la aplicación de tecnologías 4.0 favorecen la consolidación de ecosistemas digitales en las redes globales de valor en donde se perfilan la relevancia de la innovación, la resiliencia y el talento humano en el desarrollo de capacidades organizacionales que permitan la sostenibilidad en entornos altamente cambiantes. A su vez, los índices globales de innovación y de competitividad proporcionan las métricas más adecuadas que permitan medir la madurez de las redes globales de valor.

Para el contexto colombiano, es una oportunidad seguir fortaleciendo los procesos de integración en las cadenas de suministro para la conformación de redes generadoras de valor, para lo cual es necesario seguir avanzando en el desarrollo de capacidades industriales, siendo el desempeño logístico el habilitador desde la infraestructura, la incorporación de las tecnologías 4.0 y el mejoramiento de las competencias de las empresas prestadoras de servicios logísticos que permitan gestionar los nodos participantes de las redes locales con un enfoque integrador global.

RESEÑA DE LOS AUTORES

Julio César González Silva

Profesional en Ingeniería Industrial con maestría en Gestión de la Cadena de Valor y Logística Integrada y especialización en Gestión de la Producción. Experiencia operativa, gerencial y experiencia académica en manufactura de artes gráficas, tecnología, metalmecánica, salud, alimentos, farmacia, producción, comercialización y mantenimiento de automóviles, prestación de servicios logísticos y docencia e investigación en instituciones de educación superior. Consultor en el campo operativo, táctico y estratégico en las áreas de manufactura, logística, gestión de la cadena de suministro y marketing a nivel nacional e internacional en procesos propios *In House* y *Out Site* como subcontratados a nivel 2 y 3 PL, bajo sistemas de gestión de calidad ISO con GMP y HACCP entre otros. Actualmente, profesor ocasional en la UNAD, en la Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor y en el programa de pregrado de Ingeniería Industrial.

Diego Karachas Rodríguez Segura

Profesor de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá Colombia. Ingeniero Industrial, con Maestría en Ingeniería Industrial con enfoque en logística e investigación de operaciones de la Universidad Distrital Bogotá, *Coaching* de liderazgo y desarrollo organizacional, certificado en auditoría interna. Ha publicado varios artículos en revistas y presentaciones en diferentes eventos de universidades nacionales e internacionales. Experiencia en entidades privadas y públicas, ha participado en proyectos con empresas de manufactura e ingeniería a nivel gerencial y de asesoría, enfocándose en la logística humanitaria y gestión de altos flujos de recursos y personal. Investigador en temas

de logística, simulación, Industria 4.0, cadenas de suministro, movilidad y sostenibilidad. Uso de *software* de simulación y optimización.

Woody Figueroa Peinado

Ingeniera Química, magíster en administración de negocios, especialista en negocios internacionales y especialista en gestión ambiental. Experiencia profesional en dirección de procesos de la cadena de suministro, énfasis en el sector *retail*. Dirección de proyectos para la gestión de almacenes inteligentes, incorporación de nuevas tecnologías duras y blandas, configuración de operaciones e infraestructura logística. Dirección en centros de distribución, estrategias colaborativas de negocio cliente - proveedor y prácticas de excelencia logística focalizadas hacia el servicio al cliente. Administración de activos logísticos y planeación de la oferta en materiales de embalaje en la red de valor. Docente investigador en redes globales de valor para la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO en convenio con la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

Benjamín Pinzón Hoyos

Profesor de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la UNAD. Magíster en Logística y Cadenas de Valor de la Universidad Piloto de Colombia, Especialista en Logística de Producción y Distribución de la Fundación del Área Andina, Ingeniero Industrial de la Universidad INCCA de Colombia. Es líder del programa de Especialización en Procesos Logísticos y Cadenas de Valor de la UNAD, e impartió cursos de logística, proceso de gestión, gestión de la cadena de suministro.

José Daniel Gómez Méndez

Docente Universitario. Ingeniero Industrial con especialización en pedagogía universitaria. Gestor en ambientes virtuales (AVA) candidato a maestría en formulación y evaluación de proyectos de ingeniería. Investigador y líder de prácticas profesionales y proyectos de emprendimiento.

José Martín Díaz Pulido

Ingeniero industrial, especialización en producción, candidato a Magíster en diseño y gestión de procesos con énfasis en Sistemas Logísticos, actualmente en tesis de Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos. Experiencia profesional en pla-

neación, programación y producción. Profesor investigador de la Facultad Ciencias Empresariales UVD, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO Virtual y a Distancia.

Óscar Alejandro Vásquez Bernal

Profesor asociado de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá Colombia. Doctor en Ingeniería - Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia, MBA - Maestría en Administración de Empresas de UNAD Florida, USA, e ingeniero industrial de la Universidad Antonio Nariño, Colombia. Ha publicado varios artículos en revistas y conferencias. El profesor Vásquez Bernal ha participado en proyectos con empresas de fabricación e ingeniería. Es consultor de gestión de calidad, gestión de proyectos y gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Ha impartido cursos de emprendimiento, estrategia y logística corporativa e innovación para ingenieros; sus intereses de investigación incluyen la certificación, la acreditación, el análisis de decisiones multicriterio y la optimización. Es miembro de la NFPA, LACCEI e IEEE.



INTRODUCCIÓN

Los entornos globales, las innovaciones tecnológicas y los intercambios comerciales en las cadenas de suministro perfilan una nueva manera de competir de los países y de las empresas. No se trata simplemente de esfuerzos individuales, sino en la capacidad de crear, fortalecer y asegurar la sostenibilidad de las redes globales de valor, lo cual es posible mediante los procesos de integración en las cadenas de suministro. Se trata de generar valor de manera conjunta, propiciando integraciones domésticas y globales que favorezcan el crecimiento de las economías locales y que asegure la adecuada inserción y permanencia en los mercados internacionales de manera sostenible.

La era digital, con la industria 4.0 se plantea nuevos retos y desafíos desde la competitividad, en términos de una nueva manera de hacer negocios. La incorporación tecnológica conlleva a los procesos de automatización que a su vez impacta en la manera de atender las demandas del nuevo consumidor digital y de los mercados. Es necesario el desarrollo de líderes que sean capaces de desarrollar las capacidades industriales necesarias para la conformación de ecosistemas digitales.

Este documento es el resultado de dos enfoques de investigación: el primero explora las dimensiones del índice de desempeño logístico y los elementos relacionados con la industria 4.0 que permita mediante la aplicación de la metodología de análisis de decisiones multicriterio y la técnica del proceso de análisis jerárquico, definir el índice de desempeño logístico más adecuado para la competitividad y la tecnología más adecuada para la competitividad, ambos aplicados en el contexto colombiano, basado en el análisis de beneficios, costos, oportunidades y riesgos.

El segundo enfoque de la investigación explora el concepto de las redes globales de valor que permita mediante la aplicación de la metodología de análisis de decisiones multicriterio y la técnica del proceso de análisis jerárquico, definir las alternativas más adecuadas que permitan medir el grado de madurez de las redes globales de valor basado en el análisis de criterios comunes como resiliencia, talento humano, innovación, tecnología y los negocios.

Para esto se hace necesario el juicio de expertos desde el sector externo y académico en las áreas de conocimiento anteriormente citadas para la estimación de preferencias frente las alternativas y criterios analizados, que permita llegar a consensos, con lo cual se utiliza una herramienta de *software* libre Superdecisions®, con lo cual basado en índices de consistencias permite llegar a dar respuesta a los objetivos meta planteados y hacer la escogencia de las alternativas más adecuadas en cada caso.

Al final ambos enfoques de investigación convergen en un hilo conductor común, la competitividad y la tecnología para el desempeño logístico en el contexto colombiano y la consolidación de redes globales de valor.

El documento está construido en ocho secciones: la primera sección está enfocada en una revisión sistemática de literatura relacionada con el índice de desempeño logístico, la revolución de la industria 4.0 y la metodología de análisis multicriterio y sus interdependencias; la segunda sección relacionada con los antecedentes del índice de desempeño logístico; la tercera sección con el reto de la industria 4.0 desde una perspectiva de revisión del estado del arte en el contexto colombiano; la cuarta sección enfocada en el estado de conocimiento de las redes globales de valor (*Global Value Chain*); la quinta sección ilustra la aplicación de la metodología de análisis de decisiones multicriterio para la ponderación de criterios y priorización de alternativas para el índice de desempeño logístico y la industrial 4.0; la sexta sección con la aplicación de la metodología de análisis multicriterio en las redes globales de valor. Las secciones siete y ocho destacan los resultados y las conclusiones de las investigaciones desarrolladas. Por último, están las conclusiones generales como resultado de la convergencia del ejercicio de investigación desarrollado.

Los resultados encontrados hasta el momento muestran la pertinencia de continuar con un análisis cuantitativo, aplicado a casos particulares de la industria colombiana, que permitan mediante la búsqueda de fuentes primarias y secundarias identificar las tecnologías 4.0 más relevantes y el grado de madurez de las redes de valor para el contexto colombiano a partir de los hallazgos de las preferencias de expertos.

Este libro es resultado del desarrollo de los proyectos de investigación especiales ECBTIPIE022020 Análisis multicriterio de los índices de desempeño en las Cadenas de Valor con la Revolución Industrial 4.0 en el contexto colombiano y ECBTIEXT022020 Aplicación de Metodología de Análisis Multicriterio para la medición del grado de madurez de redes globales de valor, por parte de investigadores de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD y la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

INDUSTRIA 4.0 Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR: ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA TOMA DE DECISIONES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO



Óscar Alejandro Vásquez Bernal¹
Woody Figueroa Peinado²

1 Docente Asociado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. oscar.vasquez@unad.edu.co

2 Docente investigadora. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. woody.figueroa@uniminuto.edu

ANTECEDENTES

Con el fin de comprender la importancia del proceso de toma de decisiones en la metodología de análisis multicriterio frente a los diferentes enfoques de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) y las redes globales de valor es importante realizar una revisión de los diferentes conceptos y teorías en que se fundamenta.

TOMA DE DECISIONES Y LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

En la vida diaria estamos enfrentados a tomar decisiones continuamente, tomando como base una serie de aspectos que el individuo debe considerar para dar cumplimiento a un objetivo trazado. En las organizaciones, el proceso de toma de decisiones puede estar enfocado a un grupo de personas de diferentes niveles jerárquicos, dada la importancia en el desarrollo de sus actividades, podrán establecerse decisiones de tipo estratégico, táctico u operativo, alineados a un objetivo común en la empresa. Dentro del proceso de toma de decisiones existen diferentes criterios que entran en conflicto con base en unas alternativas que el decisor contempla para enfocarse en satisfacer un objetivo determinado.

En el proceso de toma de decisiones se presentan varios actores y elementos de actuación que involucran analizar los beneficios, costos y oportunidades. En el desarrollo de proyectos se presentan aspectos que generan incertidumbre, donde el decisor requiere determinar, a partir del análisis de la información disponible, la decisión más adecuada que cumpla con unos objetivos en una organización.

Dependiendo de la complejidad del proyecto, se puede presentar que la decisión no sea solo de una persona sino de un equipo de trabajo, donde se requiere un consenso para el cumplimiento del objetivo deseado.

El análisis de decisión multicriterio es una técnica que tiene en cuenta los criterios que entran en conflicto y las compara con un conjunto de alternativas de solución para enfocarse en el cumplimiento de un objetivo o meta. Este conjunto de alternativas se denomina “conjunto de elección”. Para escoger dentro de ese conjunto de elección, el decisor tiene diversos puntos de vista denominados criterios (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Vásquez-Bernal, (2019) cita a Barba-Romero y Pomerol, (1997), el decisor debe tomar una decisión frente a un conjunto finito de alternativas comparables que están en un conjunto de elección. Las características tanto cualitativas como cuantitativas que describen esas alternativas se denominan atributos y cuando esos atributos definen las preferencias del decisor, los atributos se convierten en criterios. Un criterio expresa con mayor o menor precisión las preferencias del decisor con respecto al atributo.

Existen diferentes metodologías relacionadas con la recolección y organización de información, la comparación de los diferentes aspectos a considerar en la decisión (criterios) a partir de unas iniciativas de solución (alternativas), con el fin de dar cumplimiento a una meta o un objetivo establecido. La metodología de análisis multicriterio es ampliamente utilizada, dada su aplicación en diferentes contextos de toma de decisiones.

Por otra parte, se presentan múltiples técnicas relacionadas con la metodología de análisis multicriterio que facilitan su manejo y operación; no obstante, se han presentado discusiones de su amplio número, que se considera confuso para muchos investigadores. Esta preocupación ha sido analizada por Saaty y Ergu, (2015), en el cual indican que existen cerca de 100 métodos (o técnicas) y han sido aplicadas, de las cuales proponen 16 técnicas. Los autores consideran que, una de las formas de establecer la técnica más adecuada es por medio de responder la pregunta ¿qué método es más confiable para dar la respuesta correcta? Para ello, es importante considerar las características del decisor (experiencia, conocimiento del problema, las preferencias de decisión) y el tipo de decisión con base en cuatro aspectos (Saaty y Ergu, 2015):

- Buena comprensión de un problema de elección para minimizar la duda y la incertidumbre.
- Una estructura completa que represente todos los factores que intervienen en los criterios y alternativas.

- Una o varias escalas cardinales de medición para representar los juicios.
- Prioridades derivadas de los juicios numéricos.

No importa qué tipo de técnica de análisis multicriterio sea utilizada, una decisión involucra la definición de criterios y evaluación de alternativas por cada criterio (Saaty y Ergu, 2015). Análogamente, otros aspectos a considerar en la escogencia de una técnica están relacionadas con la simplicidad de ejecución (fácil de desarrollar), una estructura comprensiva (alcance y exhaustividad), una estructura comprensiva que involucre subestructuras de mérito dentro de la influencia del BOCR (Beneficio, Oportunidad, Costo, y Riesgo) desde las perspectivas en lo político, social, económico, legal, ambiental, tecnológico y militar (Saaty y Ergu, 2015).

A partir de esta ilustración, para el desarrollo del proyecto se considera el uso de la técnica del proceso de análisis jerárquico (Analytical Hierarchy Process), dadas sus amplias aplicaciones en la ingeniería y su aplicación en la logística y sus áreas específicas.

MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de enfocar la investigación en los temas relacionados con la metodología de análisis multicriterio, es pertinente conocer algunos conceptos relacionados. Tomando como base a Barba-Romero y Pomerol, (1997), citado por Vásquez Bernal, (2019):

- Decisor: es el individuo o el conjunto de personas que están enfrentadas a la toma de decisiones; también puede entenderse como los sujetos encargados de analizar una decisión. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) o grupo de expertos que analizan las diferentes alternativas y los criterios para tomar la decisión.
- Analista / Facilitador: es el individuo que realiza el modelamiento de la situación objeto de estudio, efectúa las observaciones y recomendaciones relacionadas con los resultados presentados en el análisis. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) que realiza los respectivos cálculos, y análisis de características por medio de una metodología establecida previamente.

- Alternativas: son las diferentes posibilidades de elección que tiene el decisor para satisfacer la decisión, las cuales son comparables entre sí, porque presentan características propias para el análisis.
- Atributos: son aquellas características que describen a las alternativas. Describen los rasgos diferenciadores de las alternativas.
- Criterios: son las preferencias de un decisor incluidas en un atributo. Es la información que el decisor debe aportar en relación con los atributos de las alternativas.
- Conjunto de elección: es el conjunto de alternativas comparables que el decisor tiene a disposición.
- Matriz de decisión: es la interrelación entre las cualidades de las alternativas y las características de los atributos, cuyo resultado es la evaluación entre las alternativas y los criterios.
- Meta: el Diccionario de la Real Academia Española (2017), la define como el fin hacia donde se dirigen las acciones. Presenta una relación muy fuerte con los objetivos teniendo en cuenta que la meta indica hacia dónde se quiere llegar, mientras que el objetivo establece cómo se dirigirán las acciones para el cumplimiento de la meta.
- Objetivos: los propósitos que especifican lo que se espera lograr, por lo tanto, el conocimiento de los objetivos es esencial para una toma de decisiones acertada, y esta noción es ampliamente aceptada por los investigadores y profesionales de la ciencia de la decisión (Bond, Carlson, Keeney, 2010).

Los sistemas de medición del desempeño de la cadena de suministro son fundamentales para evaluar el grado de desarrollo en función de las necesidades de integración, la incorporación tecnológica, la tercerización de las operaciones en el marco de la globalización; fundamental para evaluar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro. Existen tres aproximaciones a los sistemas de medición, desde la perspectiva, desde los procesos y desde la jerarquía. (Balfaqih H. *et al*, 2016).

Las técnicas más utilizadas para determinar los sistemas de medición son: Método Delphi o encuestas, AHP (Proceso de análisis jerárquico – Analytic Hierarchy Process),

Análisis de incertidumbres, DEA (análisis envolvente de datos, Data Envelopment Analysis), Simulación, ANP (Proceso de Analítico en Red – Analytic Network Process). Es recomendable que la definición de métricas se realice con el equipo de *stakeholders* o grupos de interés de allí la relevancia de las técnicas de método Delphi y AHP. (Balfaqi H. *et al*, 2016).

La metodología de análisis de decisiones multicriterio ayuda a enfocar un problema por medio de unos pasos que estructuran la información de forma sistemática a través de un objetivo, unos criterios y unas alternativas a considerar por el decisor, el cual establece la importancia de los atributos y les otorga preferencia a las diferentes posibilidades de elección. De otro lado las técnicas utilizadas dentro de la metodología extienden un abanico de posibilidades para utilizar la herramienta más adecuada para estructurar el problema que ayude a la toma de decisiones más acertada reduciendo la incertidumbre.

Con base en los conceptos anteriores, se realiza una revisión sistemática de la teoría relacionada con la metodología de análisis multicriterio, sus aplicaciones y enfoques.

REVISIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO: UNA EXPLORACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO

El análisis de decisiones multicriterio aborda los conceptos, métodos y técnicas que ayudan a los individuos o grupos de interés a tomar decisiones que generan puntos en conflicto de los diferentes puntos de vista de las partes interesadas (Belton y Stewart, 2002). A pesar de la existencia de una literatura científica relacionada con el

análisis de decisiones multicriterio, las herramientas y los métodos siguen siendo en gran medida desconocidos para los científicos, técnicos y gerentes a todos los niveles (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Diversos autores han desarrollado revisiones del estado de conocimiento en cuanto a la aplicación de la metodología de análisis multicriterio y de una de sus técnicas, el proceso de análisis jerárquico (Analytical Hierarchy Process) para la toma de decisiones en la gestión de proyectos, estrategia de operaciones, diseño de productos y procesos, planeación y programación de recursos, gestión de la cadena de suministro (Subramanian y Ramanathan, 2012). De otra parte, es posible hacer la integración de la técnica AHP con otras técnicas, aplicaciones y áreas específicas de aplicación según Ho, (2008), siendo en mayor porcentaje en la logística y las áreas relacionadas con la selección de rutas de transporte, selección de proveedores y subcontratistas, selección y ubicación de almacenes, así como la selección de planes de programación.

Con el fin de efectuar una revisión actualizada y determinar nuevos referentes teóricos relacionados con el análisis multicriterio, se realiza una metodología de búsqueda sistemática en las bases de datos de revistas indexadas de SCOPUS y Science Direct, con base en palabras clave determinadas para la construcción de un algoritmo de búsqueda.

Las primeras palabras clave utilizadas son “MCDA” y “Logistics”; en SCOPUS se presentan 46 títulos desde los años 2010 a 2020. Realizando la depuración de información teniendo en cuenta los últimos cinco años (2015 a 2020) y algunas particularidades con las abreviaturas, se encuentran 29 títulos relacionados principalmente con modelos de pronóstico (Boutkhoum, Hanine, Tikniouine, Agouti, 2016); selección de proveedores de logística inversa (Guarnieri, Sobreiro, Nagano, Marqués Serrano, 2015); medición de la sostenibilidad de puertos secos (Awad-Núñez, González-Cancelas, Soler-Flores, Camarero-Orive, 2015); análisis financiero y ambiental para la viabilidad del suministro mundial de biomasa para la producción de biocombustibles a partir de la caña de azúcar (Reeb, Venditti, González, Kelley, 2016); estudio comparativo para el mapeo de zonas susceptibles de deslizamientos mediante técnicas combinadas GIS, MCDA, regresión logística (Erener, Mutlu, Sebnem Düzgün, 2016); aplicación de análisis de decisiones multicriterio en logística verde (Watróbski, 2016); modelo de decisión para la localización de almacenes de emergencia bajo modelos estocásticos y análisis multicriterio (He, Feng, Hu, Liang, 2017); estrategias de valorización de residuos de alimentos por medio de técnicas combinadas AHP y GIS (San Martín, Orive, Martínez, *et al.*, 2017); evaluación y selección de ERP mediante modelos de aná-

lisis multicriterio (Pereira, Ferreira, 2017); evaluación de vehículos eléctricos para el transporte refrigerado usando análisis multicriterio (Watróbski, Matecki, Kijewska, *et al.*, 2017); evaluación de desempeño de los procesos logísticos en hospitales en Brasil (Longaray, A., Ensslin, L. *et al.*, 2018); distribución de bienes mediante el análisis del desempeño bajo técnicas AHP y DEMATEL (Kijewska, K., Torbacki, W., Iwan, S., 2018), estudios empíricos de varios métodos de normalización para la selección de la localización de un aeropuerto (Pereira, T., Ferreira, F.A., Araújo, C., 2019); evaluación de la sostenibilidad de logística de última milla y estrategias de distribución en las redes de alimentos (Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., Spinler, S., 2020); priorización de barreras a resolver para la implementación de logística de reversa de desperdicios electrónicos en Brasil bajo análisis multicriterio (Vieira, B.O., Guarnieri, P., E Silva, L.C., Alfinito, S., 2020).

Con el fin de ampliar la búsqueda y evitar algunos problemas con el significado de palabras clave, se refina la búsqueda con las palabras clave “Logistics y MCDM” en la base de datos SCOPUS y por medio de la aplicación Bibliometrix y Biblioshiny se realiza el análisis de la información. De la búsqueda se obtienen 232 documentos en un periodo de tiempo del 2005 a 2021 (Tabla 1).

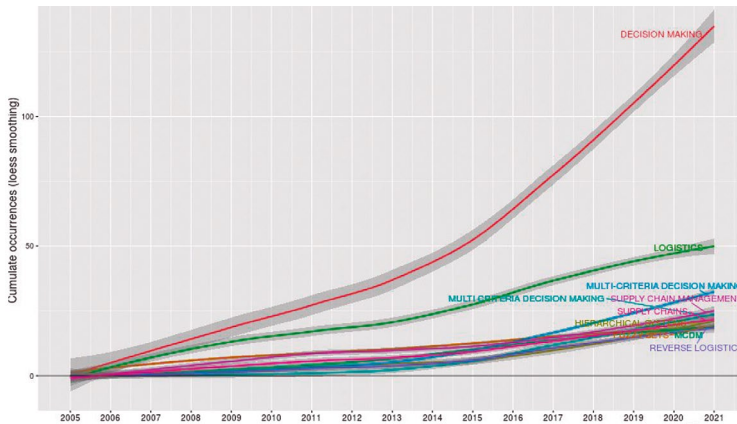
Tabla 1. Información principal de la búsqueda en Scopus

Franja de tiempo de búsqueda	2005-2021
Tipos de documentos	232
Artículos	160
Libros	1
Capítulos de libro	7
Documentos de conferencia (Memorias)	52
Documentos de revisión de conferencias	3
Editoriales	2
Revisiones	7
Autores	543
Documentos de un solo autor	26
Documentos de múltiples autores	517
Autores por documento	2,34
Coautores por documento	2,92
Índice de colaboración	2,58

Nota: Resultados de la búsqueda de Scopus para la ecuación de búsqueda “Logistics” y “MCDM” en el período 2005 al 2021.

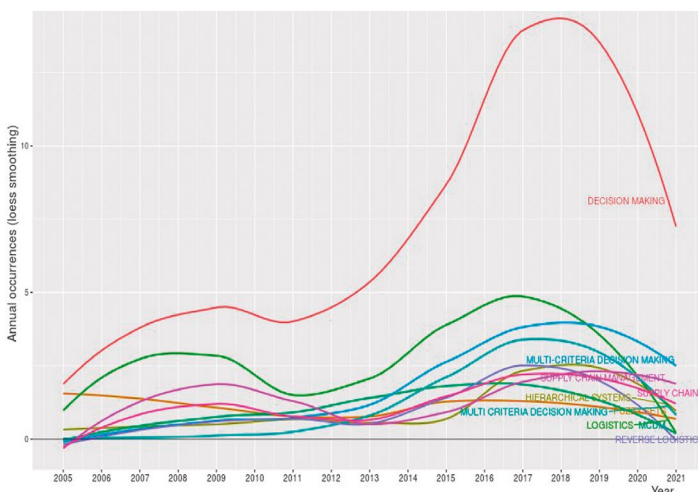
Por otra parte, se realiza el análisis de los temas de mayor importancia observándose que las palabras como “decision making”, “logistics” y “multicriteria decision making” son las que generan mayor impacto acumulado en la búsqueda. (Figura 1). Análogamente se realiza el análisis de la importancia de los temas por año, en donde se observa una tendencia incremental en los temas de “decision making” y “logistics” (Figura 2).

Figura 1. Importancia de los temas acumulada



Nota: Importancia de los términos decision making y logistics. Tomado del software: Bibliometrix, 2021.

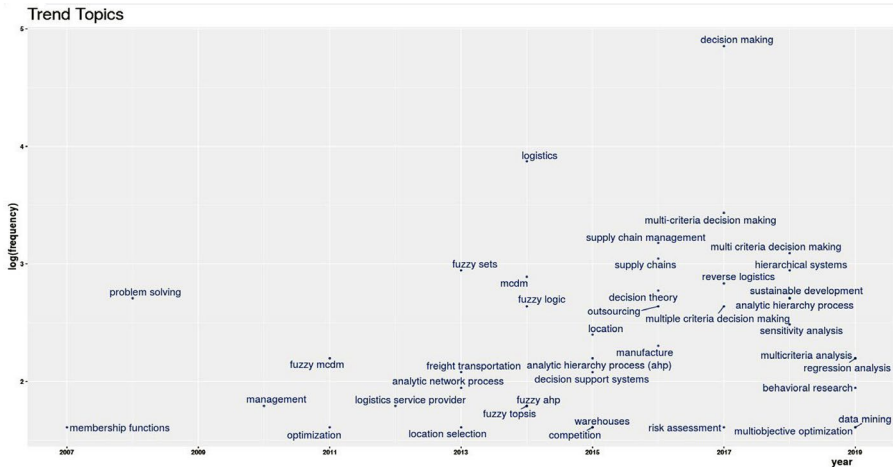
Figura 2. Comportamiento de la importancia de los temas por año de publicación



Nota: Importancia acumulada por años de los de los términos decision making y logistics. Tomado del software: Bibliometrix, 2021.

La tendencia de búsqueda indica que el término “decision making” presenta mayor cantidad de veces en los últimos cinco años, seguida por “Logistics” y “Multicriteria Decision Methods”. La dispersión de la frecuencia y tendencia de las palabras clave, se observa en la figura 3 y análogamente en el gráfico de nube de palabras (Figura 4).

Figura 3. Frecuencia y tendencia de las palabras clave



Nota: Importancia acumulada por años de los términos relacionados con decision making y logistics. Tomado del software: Biblioshiny, 2021.

Figura 4. Nube de palabras



Nota: Importancia de los de los términos relacionados con decision making y logistics expresado en nube de palabras. Tomado del software: Biblioshiny, 2021.

Manteniendo los parámetros de búsqueda anteriores, en la base de datos de Science Direct la búsqueda genera 326 documentos. Se realiza una revisión preliminar de aquellos artículos relacionados con la aplicación de análisis multicriterio, desempe-

ño logístico, metodología y perspectivas de los *stakeholders*, aplicaciones tecnológicas, gestión de la cadena de suministro inversa sostenibilidad social análisis multiatributo en grupos de toma de decisiones resiliencia en las cadenas de suministro y riesgos en la cadena de suministro en 56 artículos, de los cuales se analizan en detalle 31 artículos.

Los artículos de mayor relevancia están enfocados en el desarrollo de redes de suministro regenerativas sostenibles (de Souza; Bloemhof-Ruwaard; Borsato, 2019), resolución de problemas complejos multicriterio con la presencia de información no determinística (Sawicka, 2020), aplicación de ISO 31000 como procedimiento sistemático para la gestión del riesgo en redes de suministro (Rebula de Oliveira; Silva Marins; Martins; Pamplona, Valerio; 2017), revisión sistemática sobre sistemas de soporte de decisiones en la gestión de residuos sólidos usando tecnologías de la información e investigación de operaciones (de Souza; Montenegro González; Faceli; Casadei, 2017), revisión sistemática del diseño de red de las cadenas de suministro (Eskandarpour; Dejax; Miemczyk; Péton; 2015), gestión de redes de riesgo de la cadena de suministro - SCRNM (Qazi,; Dickson; Quigley; Gaudenzi; 2018), evaluación de la sostenibilidad social de las organizaciones dentro de la gestión de la cadena de suministro (D'Eusanio; Zamagni; Petti; 2019), uso de los métodos del MCDA en la evaluación de los proyectos de transporte (Macharis; Bernardini; 2015), el rol de los *stakeholders* y su participación (de Gooyert; Rouwettea; van Kranenburga; Freemanb; 2017), selección de proveedores resilientes en la logística 4.0 (Hasana; Jianga; Ullahb; E-Alama; 2020), modelos cuantitativos para la gestión de riesgo de la cadena de suministro (Fahimniaa; Tang; Davarzani; Sarkis; 2015), la medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018), los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapkaa; Wojciechowska; Domańska; Pawłowskib; 2019), marco generalizado de la selección de métodos multicriterio (Watróbski; Jankowski; Ziembaa; Karczmarczyk; Ziółoa; 2019), diseño y evaluación de soluciones de transporte global de carga, un caso de estudio de Polonia (Zak; Galinska; 2018), análisis y evaluación de las tres dimensiones de la sostenibilidad por medio de un estudio Delphi (Gbededoa; Liyanagea; 2020).

A partir de esa revisión se encuentran dos artículos que impactan de forma importante la investigación: La medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018) y los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapkaa; Wojciechowska; Domańska; Pawłowskib;

2019). Estos autores ratifican la importancia de utilizar metodologías para la toma de decisiones y su enfoque hacia las redes de valor y la logística.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO, EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO E INDUSTRIA 4.0

Este apartado tiene como propósito determinar la relación existente entre el índice de desempeño logístico (LPI por sus siglas en inglés), las tendencias de la industria 4.0 y la metodología de análisis multicriterio. A partir de la revisión sistemática de la teoría se encuentran artículos de interés relacionados con la temática, los cuales han sido analizados, contrastándolos con la revisión de los conceptos que los diferentes gremios, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales nacionales e internacionales tienen acerca de la temática objeto de análisis.

Rezaei *et al.*, (2018), realizan un análisis de la importancia en la medición del índice de desempeño logístico a partir de la revisión sistemática del índice de desempeño logístico de los años 2010, 2012, 2014 y 2016 (Arvis *et al.*, 2016) con el fin de priorizar los componentes que generan mayor impacto en la competitividad de las naciones en el aspecto logístico. Rezaei *et al.*, (2018), indican que en la literatura existente no hay información suficiente para establecer una ponderación de pesos que otorguen la importancia de cada uno de los componentes de LPI; por lo tanto, plantean su análisis en la aplicación del método “Best Worst Method” (BWM) para la identificación de los pesos de los componentes de LPI. Dada la profundidad de los resultados en la aplicación del método en una población de 539 expertos de universidades y 536 expertos profesionales en 6 diferentes continentes de los cuales 107 encuestas han sido respondidas, un número importante de expertos a nivel global han sido contactados, especialmente ubicados en los países de alto ingreso. Entretanto, al revisar los resultados, en los países de los grupos de bajos ingresos fueron pocos los expertos

consultados. Esto es una oportunidad para profundizar el estudio en un país como Colombia.

Con respecto a la revolución de la industria 4.0, las tendencias y nuevas perspectivas con la gestión de materiales y flujos de información para la integración de redes de suministro globales complejas aún están separados de la logística y al integrarlo con esta, como logística 4.0 mejora en los procesos de transporte y almacenaje dado el intercambio de información entre las partes interesadas del sistema logístico (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Del mismo modo, la inteligencia artificial ha sido vista como la fuerza motriz de la industria 4.0 y la logística 4.0, mediante el rol transformador en la generación de la economía y la sociedad a partir de los sistemas cognitivos y el aprendizaje de máquina (Fraunhofer Institute, 2019 citado por Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Así las cosas, la evaluación de los niveles de madurez frente a la tendencia de la logística 4.0 es un tema que ha motivado a los autores (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019).

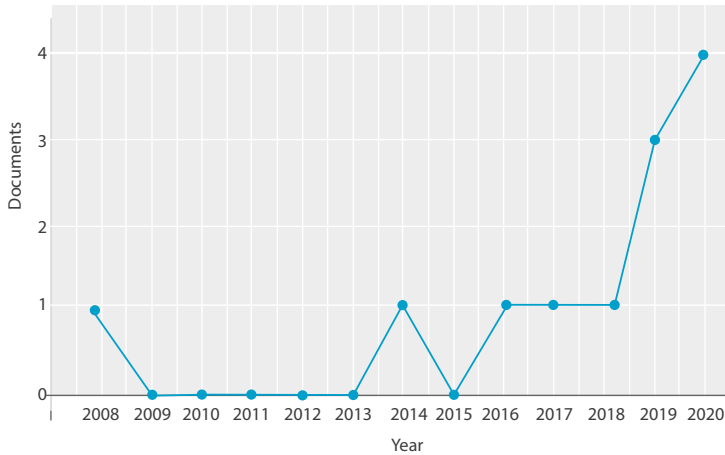
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA TOMA DE DECISIONES (MCDM) Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR

La metodología de análisis multicriterio es ampliamente aplicada para el análisis de toma de decisiones y, en combinación con otras técnicas, refinan la aplicación en los diferentes campos de la ingeniería otorgando capacidad de análisis, que a su vez se ha venido aplicando de manera creciente para medir el desarrollo y desempeño de la cadena de suministro y los modelos de gestión como un enfoque investigativo promisorio (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Se hace una primera exploración en base de datos con la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” y MCDM “Multicriteria Decision Making”, filtrando la búsqueda

en Scopus desde el 2008. En la figura 5 se observa la revisión y obtención de 12 documentos con publicaciones desde el 2008 hasta el 2020, siendo este último año con mayor producción, con 4 artículos (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

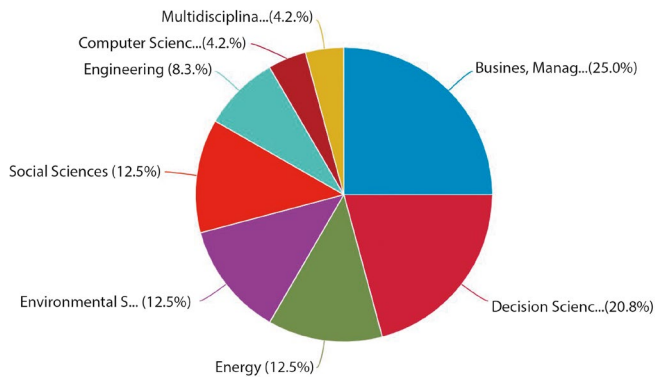
Figura 5. Producción Científica Criterio “Global Value Chain” and MCDM



Nota: Comportamiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

Las áreas de conocimiento corresponden a gestión empresarial, ciencias de decisión, energía, ciencias ambientales, ciencias sociales, ingeniería, ciencias computacionales y multidisciplinario (Figura 6).

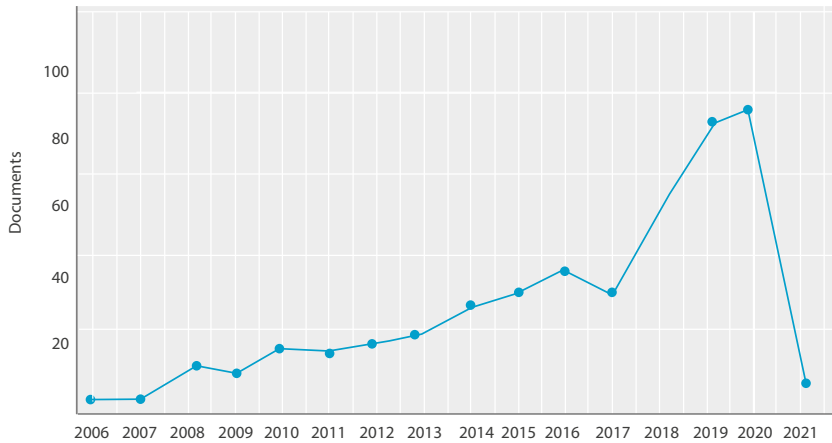
Figura 6. Áreas de Conocimiento “Global Value Chain” and MCDM



Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

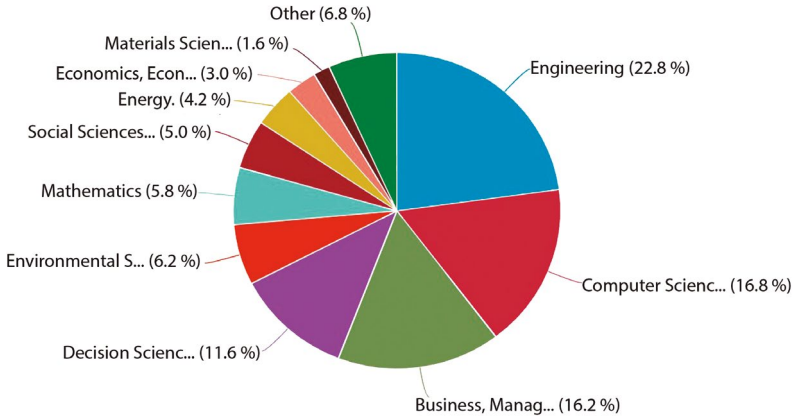
El concepto de red global de valor a partir de la búsqueda se asocia más bien a *supply chain*. De esta manera se hace una segunda exploración con la ecuación de búsqueda “*Supply Chain* “and “*MCDM*”, en la cual se encuentran 493 documentos, encontrando publicaciones desde el 2006 hasta el 2021 (Figura 7).

Figura 7. Producción Científica Criterio “*Global Value Chain*” and *MCDM*



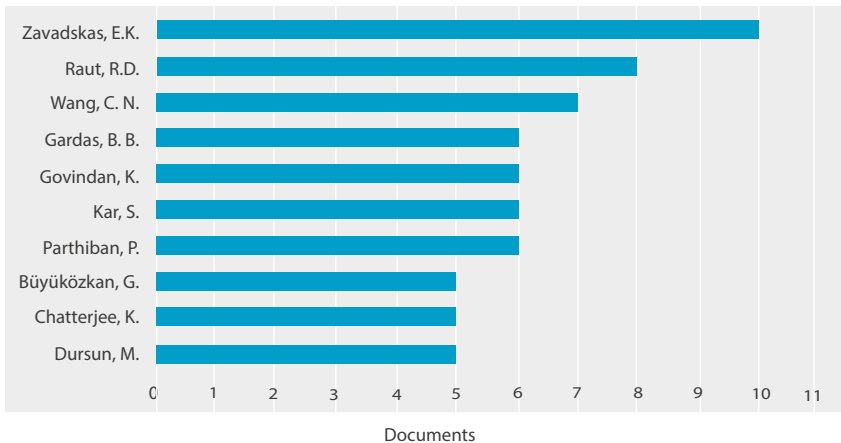
Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “*Global Value Chain*” and *MCDM*. Tomado de: SCOPUS (2020).

Las áreas de conocimiento en donde se concentra la investigación a partir de esta ecuación de búsqueda son: ingeniería (22,8 %), ciencias computacionales (16,8 %), gestión y negocios (16,2 %), ciencias de decisión (6,2 %) y ciencias ambientales (6,2 %). Figura 8.

Figura 8. Áreas de Conocimiento “Supply Chain” and MCDM

Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Supply Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

A continuación, se indica el top 10 de autores según esta ecuación de búsqueda, destacándose en el top 5, Zavadskas, E.K., con 10 publicaciones, Raut, R.D., con 8 publicaciones, Wang, C.N. con 7 publicaciones, Gardas, B. B. y Govindan, K. cada uno con 6 publicaciones (Figura 9).

Figura 9. Top 10 autores “Supply Chain” and MCDM

Nota: Producción científica por autores más representativos en la ecuación de búsqueda “Supply Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

Posteriormente se realiza una nueva búsqueda refinada, con las publicaciones más recientes desde el 2015 para lo cual la búsqueda se reduce a 352 documentos, con lo cual se realiza revisión de documentos destacando las publicaciones que aportan más contenido para el objeto de investigación. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021)

Govindan, Mangla, y Luthra (2017), definen y priorizan indicadores para medir el desempeño de la cadena de suministro utilizando análisis de jerarquía de procesos AHP aplicado al caso de empresas manufactureras en India. Los pasos desarrollados son en primer lugar la identificación de las tendencias sobre indicadores de desempeño de la cadena de suministro basado en literatura y a partir de allí, definición de indicadores y dimensiones; posteriormente se realiza la recolección de información en empresas, luego la selección de los indicadores más comunes basado en el juicio de expertos y, por último, análisis y selección final de indicadores priorizados aplicando la aproximación del análisis difuso de jerarquía de procesos. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021)

Los indicadores de gestión se categorizan en 6 dimensiones: colaboración e intercambio de información, gestión de relaciones con el cliente (CRM), competitividad, nivel organizacional, innovación y confiabilidad de la cadena de suministro. Los hallazgos en niveles de priorización definidos por pesos, así como el conjunto de indicadores seleccionados se indican a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Dimensiones MCDM y AHP de indicadores para medir el desempeño de la cadena de suministro.

Dimensión/ peso	Indicadores
<p>1. COLABORACIÓN 0,2349</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad orientada a la selección de proveedor. • Colaboración estratégica en la red de suministro (proveedores, clientes, comercializadores). • Gestión de relaciones en compras y aprovisionamiento. • Integración de actividades en la red de suministro (ventas, finanzas, producción, compras). • Programas de mejoramiento de desempeño de proveedores. • Coordinación entre los miembros de la red de suministro. • Confianza entre los miembros.

Dimensión/ peso	Indicadores
2. NIVEL ORGANIZACIONAL 0,2055	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso para la gestión. • Planeación de objetivos estratégicos. • Involucramiento de expertos para la incorporación tecnológica. • Visión y políticas organizacionales. • Competencia de la fuerza laboral y programas de entrenamiento. • Incentivos financieros. • Involucramiento de empleados. • Apoyo para la incorporación tecnológica.
3. CRM 0,1862	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción de clientes. • Lealtad de clientes. • Gestión de servicio al cliente. • Rentabilidad de servicio al cliente.
4. COMPETITIVIDAD 0,148	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad de sistemas de información (EDI, ERP, CODE BAR, RFID). • Alto rendimiento y precisión de entregas. • Optima utilización de recursos. • Gestión del Lead time. • Gestión de la rotación del inventario. • <i>Benchmarking</i>.
5. CONFIABILIDAD 0,1315	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de la Orden. • Gestión de la Demanda. • Flexibilidad de la Cadena de suministro. • Gestión del flujo de productos. • Agilidad.
6. INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevos productos y comercialización. • Compartiendo riesgos en la cadena de suministro. • Conformación de equipos dinámicos, cross-funcionales e interconectados. • Introducción de tecnologías en la cadena de suministro. • Mejoramiento de nuevos procesos de negocio. • Integración sostenible.

Nota: Dimensiones e indicadores para medir el desempeño logístico aplicando la metodología de análisis multicriterio y la técnica de análisis de jerarquía de procesos. Basado en: Govindan, Mangla, y Luthra (2017).

Por su parte, Agrawal, Mohanty, Agrawal, A.M, (2020), analizan los factores que inciden en la gestión de la cadena de suministro y el impacto de sus interrelaciones, se utiliza la técnica MCDM, y el modelo Dematel. Por su parte, Büyüközkan, Güler, Mukul, (2019), miden la madurez de la *supply chain* a partir de la analítica de datos y MCDM. De otro lado, Abdel-Basset, Mohamed, Zaiid, Gamal, y Smarandache, (2020)

abordan el método Plithogenic que permite hacer comparaciones entre los diferentes decisores aplicando la técnica MCDM, analizan problemas de localización de un centro de distribución y evaluación de una planta de producción (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Otros autores, como Surahman, Viddy, Fanany Onnilita Gaffar, Havaluddin, y Saleh Ahmar, (2018) analizan atributos para la toma de decisiones en la cadena de suministro aplicando MCDM buscando un modelo *Lean y Agile*. A su vez, Banasik, Bloemhof-Ruwaard, Kanellopoulos, Claassen, y van der Vorst, (2018), incorporan parámetros de incertidumbre para establecer los *trade-offs* o intercambios entre los criterios sociales, económicos y ambientales en *supply chain* utilizando MCDM, estableciendo dos criterios de decisión, desde el componente económico y el componente ambiental. Siendo las alternativas, la planeación de la distribución, la planeación del aprovisionamiento y la gestión del inventario (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Desde la perspectiva de proveedores o actores en la red de suministro, Kaur, Singh, y Majumdar, (2018), establecen la optimización en costos en la cadena de suministro para tomar decisiones sobre cuando contratar servicios *outsourcing* o servicios *off-shore*, creando un modelo cuantitativo integrado de decisión de operaciones *off-shore* (internacionalización de proveedores) y el *outsourcing* (tercerización de operaciones, con proveedores locales) aplicando la metodología de análisis multicriterio y el análisis de jerarquía de procesos. El modelo identifica la conveniencia de un producto para ser producido en diferentes locaciones geográficas de manera eficiente y efectiva. De esta manera, las decisiones de localización de operaciones están sujetas a la volatilidad y el tipo de industria (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Los criterios de decisión definidos para seleccionar un proveedor global o local se agrupan en siete categorías, la tecnología, el mercado, la confiabilidad, el componente financiero, la flexibilidad, la innovación y la flexibilidad. Que a su vez se dividen en subcriterios para realizar la comparación de alternativas (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios para la toma de decisiones en la conformación de proveedores locales y globales en la cadena de suministro

Criterios	Sub- criterios
TECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades técnicas y tecnológicas. • ERP
MERCADO	<ul style="list-style-type: none"> • Reputación. • Localización geográfica.
CONFIABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de respuesta. • Confiabilidad de producto. • Confiabilidad en la entrega. • Soporte de ingeniería. • Certificación de Calidad. • Soporte posventa.
FINANCIERO	<ul style="list-style-type: none"> • Costos del producto. • Gestión costos logísticos. • Salud Financiera. • Precios.
FLEXIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Producción flexible.
INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de mejoramiento continuo.
SOSTENIBILIDAD	Responsabilidad social y ambiental.

Nota: Dimensiones e indicadores para la toma de decisiones en la conformación de proveedores locales y globales en la cadena de suministro aplicando la metodología de análisis multicriterio y la técnica de análisis de jerarquía de procesos. Basado en: Kaur, Singh, y Majumdar (2018).

Otros autores analizan la gestión del riesgo en la cadena de suministro; es así como Chatterjee y Kar. (2016), analizan la vulnerabilidad en la selección de proveedores *off-shore* para la *supply chain* en el sector de la electrónica, aplicando la MCDM considerando criterios de riesgos ambientales, suministro, de la demanda, del proceso, riesgos en el control y en el aseguramiento (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

La globalización hace la cadena de suministro más vulnerable a eventos no esperados; de allí la importancia de seleccionar proveedores resilientes en la toma de decisiones. Según Svenson citado por Mohamed (2020), la cadena de suministro está sujeta a riesgos intrínsecos en sus procesos debido a interrupciones no previstas, entendidos como eventos no planificados que pueden ocurrir afectando el flujo normal o esperado de materiales. Por su parte, Govindan citado por Mohamed (2020),

una cadena de suministro resiliente es la que tiene la capacidad de operar después de alteraciones o eventos no esperados. En el mismo sentido, Simhi-levi citado por Mohamed (2020) crea un índice de gestión de riesgos hacia una cadena de suministro sostenible desde la perspectiva de la satisfacción del cliente.

De esta manera, Mohammed (2020), aplican el análisis multicriterio para la toma de decisiones y se aplica la técnica TOPSIS³ considerando los paradigmas de sostenibilidad, resiliencia y el modelo tradicional, y establecen el concepto de cadenas de suministro resilientes, que proviene de la combinación de “green” sostenible y resiliencia.

Otros autores consideran la generación de valor agregado en la cadena de suministro, como es el caso de Gurusurthy y Kodali (2008) que utilizan MCDM y Análisis de Valor Agregado PVA para definir cómo aplicar *Lean Manufacturing System* en la empresa. A su vez, Torkabadi, Pourjavad y Mayorga (2019), analizan barreras desde diferentes factores para la producción sostenible en la cadena de suministro, establece marcos de referencia desde enfoques internos y externos de la empresa, utiliza la técnica de análisis de redes de proceso. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez (2021).

3 Technique of Order Preference. Similarity to the Ideal Solution.

CONCLUSIONES

La revisión del estado de conocimiento de las palabras clave tales como “logistics”, “MCDM”, “Industry 4.0” generan resultados interesantes que se atribuyen al hallazgo de dos artículos que son estratégicos para la definición de los criterios y las alternativas.

Los artículos relacionados con la medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018) y los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapkaa; Wojciechowska; Domańska; Pawłowski; 2019), ratifican la importancia de utilizar metodologías para la toma de decisiones y su enfoque hacia las redes de valor y la logística.

La metodología de análisis multicriterio para la toma de decisiones y el análisis de jerarquía de procesos se han venido implementando de manera creciente aplicado a medir el desarrollo de la cadena de suministro, desde la toma de decisiones para la selección de proveedores domésticos o globales, la medición del desempeño de la cadena de suministro y los modelos de gestión.

La madurez de las redes globales de valor desde la metodología de análisis multicriterio incorpora modelos tradicionales, con enfoques transaccionales de costos y eficiencias, así como nuevos paradigmas asociados a los conceptos lean, agile, resiliencia, innovación, tecnología y sostenibilidad. No se encuentra una postura unificada para el grado de madurez de las redes globales de valor aplicando el análisis multicriterio en la toma de decisiones.

REFERENCIAS

Aguaron, J., y Moreno Jimenez, J. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operations Research*, 147(1), 137-145.

Analdex. (2019). *Analdex.org*. Obtenido de Analdex: <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/1992/11/2018-08-06-ndice-de-desempeo-logstico-World-Bank.pdf>

ANDI. (2018). *ANDI*. Obtenido de Encuesta Nacional Logística: <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>

ANI. (2017). <http://conferencias.cepal.org/>. Obtenido de Gobernanza del transporte: http://conferencias.cepal.org/gobernanza_transporte/Lunes%2030/Pdf/Andr%C3%A9s%20Figueredo.pdf

ANIF. (7 de 09 de 2018). *ANIF*. Obtenido de Septiembre 17 Logística del Transporte en Colombia: Índice del Banco Mundial (LPI): <https://www.anif.com.co/comentario-economico-del-dia/logistica-del-transporte-en-colombia-indice-del-banco-mundial-lpi>

Arvis, J., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A., y Naula, T. (2016). *Connecting to compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington D.C.: Word Bank.

Awad-Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler-Flores, S., y Camarero-Orive, A. (2016). A Methodology For Measuring Sustainability Of Dry Ports Location Based On Bayesian Networks And Multi-Criteria Decision Analysis. *Transportation Research Procedia*, 13, 124-133.

Ayyub, B. M. (2010). *Methods of Expert-Opinion. Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*.

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de Suministro* (Quinta ed.). Mexico D.F.: Pearson. Recuperado el 12 de Junio de 2019

Ballou, R. H. (2006). The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, 16(3), 375-386. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300002

Banco Mundial. (2019). *Connecting to Compete 2018*. Washington D.C. USA: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2017). *Connecting to Compete 2016*. Washington D.C.: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2020). *Bancomundial.org*. Obtenido de Who we are: <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Informes Globales: <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de CHAPTER 6 Ease of doing business score and ease of doing business ranking: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402_Ch06.pdf

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Comercio Transfronterizo: <https://espanol.doingbusiness.org/es/methodology/trading-across-borders>

Barba-Romero, S., y Pomerol, J. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Alcalá: Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.

Belton, V., y Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publisher.

Bond, S., Carlson, K., y Keeney, R. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), 238-255.

Borsodi, R. (1927). *The Distribution Age, a study of the economy of modern distribution*. New York: D. Appleton and Company. Recuperado el 9 de Junio de 2019, de <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/0303critic/030308borsodi.dist.age/030308toc.htm>

Boutkhoul, O., Hanine, M., Tikniouine, A., y Agouti, T. (2015). Multi-Criteria Decisional Approach Of The Olap Analysis By Fuzzy Logic: Green Logistics As A Case Study. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 40(8), 2345-2359.

Bowersox, D. J. (Enero de 1969). Physical Distribution Development, Current Status, and potential. *Journal of Marketing*, 63-70. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2ysid=34a405a8-71e2-41f3-aa57-722ce063f309%40pdc-v-sessmgr01>

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (Segunda ed.). Mexico D.F.: McGRW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Buendía Rice, E. A. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Análisis Económico*, 28(69), 55-78. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331033004.pdf>

Cabuya Padilla, B. (2016). *MODELO DE PREDICCIÓN Modelo de predicción del LPI con indicadores externos usando el método PCA. caso estudio Colombia*. Valencia, España: UNiversidad Politécnica de Valencia.

CEPAL. (2006). *Fernando Fajnzylber – Una visión renovadora del desarrollo de América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2458/S0600410.pdf?sequence=1>

Cho, D.-s., y Moon, H.-c. (2013). *From Adam Smith To Michael Porter: Evolution Of Competitiveness Theory (Extended Edition)*. Singapore: World Scientific. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://search-ebscohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=564502&lang=es&site=ehost-live>

CIVITAS. (2014). *Innovative Urban Transport Solutions*. Bruselas: CIVITAS. Obtenido de <https://civitas.eu/sites/default/files/civitas-plus-innovative-urban-transport-solutions-www-final.pdf>

Colombia Competitiva. (2020). *Avances en el IGC 2020*. Recuperado el 12 de 9 de 2020, de ¿Qué es y cómo se mide el Índice Global de Competitividad?: <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/indicadores-internacionales/indice-competitividad-global>

Compite. (2020). *Informe Nacional de Competitividad 2019-2020*. Bogotá D.C.: Compite.

CSCMP. (3 de Junio de 2019). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Recuperado el 3 de Junio de 2019, de CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

de Gooyert, V., Rouwettea, E., van Kranenburga, H., y Freemanb, E. (2017). Reviewing the role of *stakeholders* in Operational Research: A stakeholder theory perspective. *European Journal of Operational Research*, 262, 402-410.

de Souza, V., Bloemhof-Ruwaard, J., y Borsanto, M. (2019). Towards Regenerative Supply Networks: A design framework proposal. *Journal of Cleaner Production*, 221, 145-156.

de Souza, V., Melare, A., Montenegro Gonzalez, S., Faceli, K., y Casadei, V. (2017). Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. *Waste Management*, 59, 567-584.

Deloitte. (2019). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte-Reporte-Global-Competitividad: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/gt/Documents/finance/191009-Deloitte-Reporte-Global-Competitividad.pdf>

D'Eusanio, M., Zamagni, A., y Petti, L. (2019). Social sustainability and supply chain management: Methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 235, 178-189.

Erener, A., Mutlu, A., y Sebnem Düzgün, H. (2016). A Comparative Study for Landslide Susceptibility Mapping Using Gis-Based Multi-Criteria Decision Analysis (McdA), Logistic Regression (Lr) And Association Rule Mining (Arm). *Engineering Geology*, 203, 45-55.

Eskandarpour, M., Dejaj, P., Miemczyk, J., y Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54, 11-32.

Estrada mejía, S., Restrepo de Ocampo, I. S., y Silva, B. (2010). Análisis De Los Costos Logísticos En La Administración De La Cadena De Suministro. *Scientia Et Technica*, 272-277. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249050.pdf>

Fahimniaa, B., Tang, Davarzani, H., y Sarkis, J. (2015). Quantitative models for managing supply chain risks: A review. *European Journal of Operational Research*, 247, 1-15.

Figuroa Peinado, W, Vásquez Bernal, O.A, Pinzón Hoyos, B, Diaz Pulido, J.M y Gomez Méndez, J.D (2021). Análisis Bibliométrico de la medición de la madurez de las redes globales de valor: un enfoque exploratorio. En: 19 th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development” “Leveraging emerging technologies to construct the future”, Buenos Aires -Argentina, July 21-23, 2021. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.528>

Foresight. (2019). *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*. Londres: Foresight. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/781295/automation_in_freight.pdf

Gbededoa, M., y Liyanagea, K. (2020). Descriptive framework for simulation-aided sustainability decision-making: A Delphi study. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 45-57.

Ghiani, G., Laporte, G., y Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. Chichester: John Wiley and Sons.

Guarnieri, P., Sobreiro, V. A., Nagano, M. S., y Marques Serrano, A. L. (2015). The Challenge Of Selecting And Evaluating Third-Party Reverse Logistics Providers In A Multicriteria Perspective: A Brazilian Case. *Journal Of Cleaner Production*, 96(4333), 209-219.

Hasana, M., Jianga, D., Sharif, E.-A., Ullahb, A., y E-Alama, M. (2020). Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems With Applications*, 139(112799).

He, J., Feng, C., Hu, D., y Liang, L. (2017). A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on A Novel Stochastic Mcd a Method: Evidence from China. *Mathematical Problems In Engineering*, 2017(7804781).

Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications. A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228.

Kijewska, K., Torbacki, W., y Iwan, S. (2018). Application of Ahp And Dematel Methods In Choosing And Analysing The Measures For The Distribution Of Goods In Szczecin Region. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).

Krugman, P. R., y Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional, Teoría y política*. Madrid: Pearson Educación, SA.

Laseter, T., y Oliver, K. (2003). *When Will Supply Chain Management Grow Up?* Recuperado el 1 de Junio de 2019, de Strategy+Business: <https://www.strategy-business.com/article/03304?pg=0>

Liu, X. (2014). China-based logistics research: a review of the literature and implications. *International Journal of Physical Distribution y Logistics Management*, 44(5), 392-411. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2012-0225>

Lombana, J., y Rozas Gutierrez, S. (2009). Marco Analítico de la competitividad. Fundamentos para la Competitividad Regional. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 1-18.

Longaray, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Dutra, A., y Munhoz, P. (2018). Using Mcdm To Evaluate the Performance Of The Logistics Process In Public Hospitals: The Case Of A Brazilian Teaching Hospital. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 133-156.

Macharis, C., y Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*, 37, 177-186.

Martí Selva, M., Puertas Medina, R., y Garcia, L. (2014). Importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2014.916394>

Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., y Spinler, S. (2020). Sustainability Assessment of Last-Mile Logistics and Distribution Strategies: The Case of Local Food Networks. *International Journal of Production Economics*, 228(107746).

Mieg, H. A. (2009). Two Factors of Expertise? Excellence and Professionalism of Environmental Experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91-115.

Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil. (2020). *itamaraty.gov.br*. Obtenido de Banco Mundial: [http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgir%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20\(BIRD\)](http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgir%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20(BIRD)).

Mintransportes, BID. (2018). *Sistema Logístico Nacional, Una Estrategia para la Competitividad*. Estudio BID, Ministerio de Transportes/BID, Bogotá. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/Estudios%20BID/Libro%20Blanco.pdf?ver=2018-12-14-113134-343>

Moreno Jimenez, J., Aguaron, J., y Escobar, M. (2008). The core of consistency in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 17(3), 249-265.

Moreno Jimenez, L. (2002). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones*.

Oleśków-Szłapkaa, J., Wojciechowska, H., Domańska, R., y Pawłowski, G. (2019). Logistics 4.0 Maturity Levels Assessed Based on GDM (Grey Decision Model) and Artificial Intelligence in Logistics 4.0 – Trends and Future Perspective. *Procedia Manufacturing*, 39, 1734-1742.

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Obtenido de Presentación Encuesta Nacional Logística : <http://onl.dnp.gov.co/es/Publicaciones/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/Presentaci%c3%b3n%20Encuesta%20Nacional%20Log%c3%adstica%202018.pdf>

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2018: <http://onl.dnp.gov.co/es/enl/Paginas/2018.aspx>

ONL. (2020). *Encuesta Nacional Logística 2020*. Recuperado el 20 de 11 de 2021, de Encuesta Nacional Logística 2020: <https://onl.dnp.gov.co/logistica/Paginas/default.aspx>

Ortiz Torres, M., M., P., Valdés, F., y Arias Castillo, E. (2013). Desempeño logístico y rentabilidad económica. Fundamentos teóricos y resultados prácticos. *Economía y Desarrollo*, 182-193. Recuperado el 18 de 9 de 2020, de <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/264>

Padilla, R. (27-29 de 9 de 2006). *competitividad.org.do*. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 9 de 9 de 2020, de Instrumentos de medición de la competitividad: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2009/01/2.1Indicadoresdecompetitividad1.pdf>

Pereira, T., y Ferreira, F. A. (2017). A Multicriteria Decision Making Model For Assessment And Selection Of An Erp In A Logistics Context. *Aip Conference Proceedings*.

Pereira, T., Ferreira, F. A., y Araújo, C. (2019). A Multicriteria Decision Model For The Selection Of An Information System For A Logistics Company Using Mmassi/Itopen Access. *International Journal for Quality Research*, 13(4), 837-848.

Porter, M. (Marzo - Abril de 1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review Home*, 73-95. Obtenido de <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/156634860/Competitive-Advantage-Creating-and-Sustaining-Superior-Performance-Michael-Porter-1985>

Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J., y Gaudenzi, B. (2018). Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 196, 24-42.

Ramirez Díaz, L. (2006). La competitividad... ¿a qué se refiere? *Ensayos de Economía*, 107-117.

Rebula de Oliveira, U., Silva Marins, F., Martins Rocha, H., y Pamplona Salomon, V. A. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 616-633.

Reeb, C. W., Venditti, R., González, R., y Kelley, S. (2016). Environmental Lca And Financial Analysis To Evaluate The Feasibility Of Bio-Based Sugar Feedstock Biomass Supply Globally: Part 2. Application Of Multi-Criteria Decision-Making Analysis As A Method For Biomass Feedstock Comparisons. *Bioresources*, 11(3), 6062-6084.

Rey, M. F. (2008). *Encuesta Nacional Logística – Resultados del Benchmarking Logístico – Colombia 2008*. Latin America Logistics Center (LALC). Cali Colombia: Latin America Logistics Center (LALC). Recuperado el 20 de 11 de 2020, de <https://www.icesi.edu.co/blogs/logisticawww/files/2012/05/REPORTE-ENL-COLOMBIA.pdf>

Rezaei, J., van Roekel, W., y Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.

Saaty, T. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

Saaty, T., y Ergu, D. (2015). When in a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multicriteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 14(6), 1171-1187.

San Martín, D., Orive, M., Martínez, E., Vázquez, L., y Zufía, J. (2017). Decision Making Supporting Tool Combining Ahp Method with Gis For Implementing Food Waste Valorization Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1555-1567.

Sawicka, H. (2020). The methodology of solving stochastic multiple criteria ranking problems applied in transportation. *Transportation Research Procedia*, 47, 219-226.

SCC. (2012). *Scor, Supply Chain Operations, Revision 11.0*. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>

Servera-Francés, D. (Septiembre-Diciembre de 2010). Concepto y evolución de la función Logística. *Innovar Journal*, 20(38), 217-234. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>

Shaw, A. W. (1916). *Some problems in Market Distribution*. Boston: Harvard University Press. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015063904661yview=1upyseq=4>

Subramanian, N., y Ramanathan, R. (2012). A Review of Applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241.

Suñol, S. (abril-junio de 2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 31(2), 179-198. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7438487.pdf>

Vásquez-Bernal, O. A. (2019). *Diseño de una Metodología de Análisis Multicriterio para la Certificación de los Profesionales de Ingeniería en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), 84-88.

Vieira, B. O., Guarnieri, P., Silva, L. C., y Alfinito, S. (1 de May de 2020). Prioritizing Barriers to Be Solved to The Implementation Of Reverse Logistics Of E-Waste In Brazil Under A Multicriteria Decision Aid Approach. *Sustainability*, 12(10), 1-30.

Von Bertalanffy, K. L. (1976). *Teoria General de Sistemas*. Mexico D.F.: Editoriao, Fondo de Cultura Económica.

Watróbski, J. (2016). Outline of Multicriteria Decision-Making In Green Logistics. *Transportation Research Procedia*, 16, 537-552.

Watróbski, J., Jankowski, J., Ziembaa, P., Karczmarczyk, A., y Ziółoa, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107-124.

Watróbski, K., Matecki, K., Kijewska, K., Karczmarczyk, A., y Thompson, R. G. (2017). Multi-Criteria Analysis of Electric Vans For City Logistics. *Sustainability*, 9(1453), 1-30.

WEF. (2019). *A Platform for Impact*. Ginebra Suiza: WEF. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Institutional_Brochure_2019.pdf

WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra Suiza: WEF.

WEF. (2020). *World Economic Forum*. Obtenido de Our Mission: <https://es.weforum.org/about/world-economic-forum>

Zak, J., y Galinska, B. (2018). Design and Evaluation of Global Freight Transportation Solutions (Corridors). Analysis of a Real-World Case Study. *Transportation Research Procedia*, 30, 350-362.

EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO (*LOGISTIC PERFORMANCE INDEX*)



Julio César González Silva⁴

LA COMPETITIVIDAD

ASPECTOS TEÓRICOS DE LA COMPETITIVIDAD

La competitividad puede ser definida de forma simple o compleja. Según la RAE, la competitividad se define como la capacidad de competir. Porter define la competitividad como “la capacidad para sostener e incrementar la participación en los mercados internacionales, con una elevación paralela del nivel de vida de la población” y depende de “su capacidad de su industria para innovar y mejorar” (Porter M., 1990) que considera una naturaleza sistémica dependiente de un conjunto de sinergias y externalidades que las empresas deben afrontar el juego de entradas y salidas y entorno, para maximizar sus utilidades. (CEPAL, 2006)

Existen dos tipos de competitividad, la espuria y la auténtica, términos acuñados por Fernando Fanzylber, citado en CEPAL (2006). La primera, aquella de carácter temporal y esporádica, soportada en procesos temporales que aprovechan el recurso existente en calidad de recurso temporal que afecta el nivel de vida donde se desarrolla, tales como el recurso de mano de obra o los recursos naturales. El segundo tipo, CEPAL (1990), citado Suñol (2006), es entendido como “la capacidad de incrementar, o al menos de sostener, la participación en los mercados internacionales con un alza simultánea del nivel de vida de la población”, que está ligado también a la incorporación del progreso técnico (2006, p. 54) con equidad, (p. 65), construyendo “un círculo virtuoso entre crecimiento, competitividad, progreso técnico y equidad de quienes buscan dicha competitividad”, (p. 75).

El desarrollo de la competitividad auténtica requiere de:

...políticas elaboradas e implementadas por los Gobiernos. Las políticas de investigación, desarrollo e innovación tecnológica permiten elevar los niveles tecnológicos; las políticas de equidad distributiva favorecen el ensanchamiento del mercado interno; las políticas de educación elevan la calidad del capital humano; las políticas crediticias inducen

una buena asignación del capital y facilitan el equipamiento y modernización de las empresas. (Suñol, 2006)

La empresa es el centro de la competitividad. Porter afirma que las empresas son base de la competitividad de un país, al decir que "...son las firmas, no las naciones las que compiten en los mercados internacionales", (Porter, 1990). Una empresa gana competitividad en la medida en que sus capacidades administrativas, comerciales, innovadoras, técnicas y tecnológicas, así como presencia organizacional se lo permitan para ganar espacio entre clientes y consumidores, razones de ser de su labor y motor de la demanda al que responde su labor.

La competencia es el resultado de la competitividad y "el motor básico de la dinámica económica que se ve reflejada en el mercado", (Ramírez Díaz, 2006, p. 112). La competencia también señala el espacio geográfico y nicho de mercado donde el producto o servicio puede llegar a ser más exitoso al no tenerla o dejar espacio para poder ofrecerla usando a esos referentes como trampolín a un espacio donde al consumidor no es necesario decirle para qué sirve nuestra oferta.

¿Entonces qué es la competitividad? Se puede inferir que la competitividad es esa capacidad que tienen las instituciones de todo tipo, para poder aprovechar sus condiciones internas, externas y de interrelación entre ellas, para poder estar a la altura de las circunstancias que se le presentan y al nivel de aquellos que, por objetivo, se encuentran buscando la competencia. De igual forma, la competitividad es esa capacidad para salir de los momentos difíciles, sorteándolos y en algunos casos, convirtiéndolos en oportunidades de logro, bajo consideraciones regionales que sopor ten su labor en pro de una condición "auténtica" de crecimiento.

LA EVOLUCIÓN DE LA COMPETITIVIDAD

La competitividad es un concepto que ha evolucionado en el tiempo. Comprende dos etapas, el desarrollo del modelo tradicional, el desarrollo del nuevo modelo, subdivididas a su vez en múltiples acontecimientos que dieron forma al concepto actual. (Cho y Moon, 2013).

La primera etapa, la del desarrollo del modelo tradicional, comprende a su vez varias subetapas en las que primeramente se destaca el desarrollo del concepto en el mercantilismo entre los siglos XV y XVIII, en Inglaterra, Francia y España, potencias de su época.

El trabajo de Thomas Mun en el Siglo XVII resume las consideraciones relevantes de ese movimiento; posteriormente aparece la obra de Adam Smith en ese último siglo XVIII, que cambiará el pensamiento mercantilista por uno donde la competencia entre las empresas era el centro de la labor para imponerse en el mercado, basada en los conceptos de “mano invisible” y la división del trabajo como base del desarrollo de la competitividad.

La labor de Smith será precedida por los llamados autores clásicos, como Rafael Ricardo en el siglo XIX. Este autor propone, sobre la teoría de la ventaja absoluta de Smith, la teoría de ventaja comparativa, basada en la especialización de las naciones como base de su competitividad y costo de producción en el mercado mundial, tema que suma a los preceptos hechos por Smith y da un nuevo aire a la forma de entender el concepto de competitividad. (Buendía Rice, 2013, p. 58)

A inicios del siglo XX, primero en manos del sueco Eli Heckscher y luego bajo el trabajo de Bertil Ohlin, se desarrolla el Modelo de las Proporciones Factoriales, que asume a los factores de producción, capital, tierra y trabajo, como base de su propuesta. Esta teoría propone que un país es competitivo en el bien que gracias al factor o conjunto de factores que más lo beneficia en costo, situación que le permitirá ser exportado (Lombana y Rozas Gutiérrez, 2009).

Paul Krugman reconoce desde sus estudios, a finales de los años 70, (Cho y Moon, 2013), que existe dentro del modelo de Heckscher y Ohlin, dos teorías que deben ser tenidas en cuenta, la teoría interindustrial y la intraindustrial, (Lombana y Rozas Gutiérrez, 2009). El interindustrial se refiere a la característica de un país para exportar bienes que pertenecen a su nivel de capital e importar en su medida, bienes de un nivel similar de trabajo; niveles entendidos como niveles de riqueza, donde el país rico exporta bienes con altos niveles de capital e importar bienes intensivos en trabajo, tema que es contrario para un país pobre. La teoría intraindustrial por su parte se refiere al intercambio bilateral de productos de la misma industria, como alimentos, electrodomésticos, automóviles con otra región o país (Krugman y Obstfeld, 2006).

La segunda etapa o nuevo modelo, nace en las propuestas de Michael Porter, a inicios de los años 80 (citado en Buendía Rice, 2013), la que da como resultado el modelo de diamante, (Cho y Moon, 2013). En este modelo se reconocen 4 factores que son soportados por la competitividad nacional; estos son las condiciones de los factores, las condiciones de la demanda, los sectores afines y por último la estrategia, estructura y rivalidad de las empresas. (Porter M., 1990, p. 78). El primer factor, o condiciones de los factores, asume, como su nombre lo expresa, consideraciones de factores especializados del país, como base de la competitividad. El segundo, los factores de la demanda, solicita una mirada al mercado interior como base de la ventaja competitiva. El tercer factor, sectores afines, cuando se tienen recursos de aprovisionamiento de renombre internacional en el entorno local, tema que garantiza provisión de alta calidad en beneficio de la competitividad; finalmente, estrategia, estructura y rivalidad de las empresas, características que funcionan en el ámbito local pero no son transferibles a nivel regional debido a que no pueden por condiciones de país, darse en lugares diferentes al país donde se originan.

Bajo estas consideraciones, el concepto de competitividad ha pasado por diferentes enfoques de entendimiento que permiten reconocer a su manera, la visión de factores, las responsabilidades internas y externas del comercio de las naciones y los elementos que deben ser tenidos en cuenta para lograr un nivel competitivo que le permita a un país asegurar niveles de rentabilidad sostenida y creciente, situación que nace en las compañías, las que aportan su capacidad productiva y comercial, que combinada con el aprovechamiento del entorno próximo y global para lograr sus objetivos particulares, soportan el tejido empresarial, en pro del desarrollo micro y macroeconómico de la región en la que se desenvuelven y en forma extendida, a la que pertenecen.

LA MEDICIÓN DE LA COMPETITIVIDAD

Existen tres entornos de medición para la competitividad, el entorno empresarial o nivel micro, el entorno sectorial o meso y el regional o de país o nivel macro, (Padilla, 2006).

En el primer caso, el del entorno empresarial, los elementos de medición están directamente relacionados con participación del mercado, innovación, capacidad exportadora, valor agregado o capacidad de integrarse en cadenas de suministros con

otras empresas en serie o en paralelo, ligada de manera directa con su capacidad para generar rentabilidad. Para el caso del entorno sectorial, los elementos de medición son dados por criterios de comparación o *benchmarking* con sectores de otras regiones, donde los criterios de empresa pueden ser la base de dicha comparación; estos sectores pueden ser medidos como conglomerados sectoriales o clústeres. En el caso macro, regional o de país, la medición asume condiciones de retorno como el nivel de vida que otorga la competitividad industrial y sectorial en su conjunto, a los integrantes de la región o la capacidad que tiene el país con sus recursos, entes industriales y sectoriales para sobrepasar sus fronteras y abrir mercados; temas que se podrían resumir en términos de crecimiento de productividad y desempeño comercial de una región en los mercados donde hace presencia.

En la actualidad, un conjunto de instituciones de reconocida trayectoria se preocupa por promover la medición de la competitividad mediante un conjunto de índices que permiten hacer a nivel micro, meso y macro, comparaciones que aportan a la revisión y mejora de niveles de dichos índices en cada espacio donde estos tengan relevancia.

Entre los índices más conocidos está el Índice Global de Competitividad, desarrollado por el *World Economic Forum* y el índice de ponderación de *Doing Business* del Banco Mundial.

A continuación, se hace una breve revisión a estos temas.

***THE WORLD ECONOMIC FORUM* Y SU ÍNDICE GLOBAL DE COMPETITIVIDAD**

El Foro Económico Mundial, WEF por sus siglas en inglés, también llamado “el Foro de Davos” ciudad en la que desde 1973 se promulga el foro anual, es célebre por los temas que trabaja y discute y el tipo de asistentes que alberga. El WEF tiene su sede en Cologny Ginebra y funciona como una institución sin ánimo de lucro para la cooperación público privada internacional, que reúne tanto a líderes de todos los sectores, políticos, económicos, culturales, academia, ciencia y medios de comunicación a nivel internacional a debatir problemas que afronta la humanidad (WEF, World Economic Forum, 2020).

El WEF fue fundado en 1971 por Kalus M. Shwab, profesor de la Universidad de Ginebra, como una congregación europea de ejecutivos europeos y empresarios, que quieren integrar la forma de gestionar las empresas en Estados Unidos a sus compañías en Europa. Ese propósito, hoy en día ha sido ampliado al debate general de ideas que buscan dar forma a retos y soluciones enfocadas en el beneficio de la humanidad en todas las regiones del mundo. Un ejemplo de cristalización de hechos es el acuerdo NAFTA o el desarrollo del Reporte Global de Competitividad y su índice (WEF, 2019).

El *Reporte Global de Competitividad*, creado en 1979, se ha convertido desde este tiempo en un documento anual y público que ha sido apoyado en su labor por los 141 países que aportan para su confección, (WEF, 2019), ofreciendo una mirada a las variables de competitividad nacional y regional, a lo ancho y largo del mundo que sirven como base para entender en qué lugar de un *ranking* global, se encuentra un país frente a otros. Contiene un grupo de variables que permiten el seguimiento de la competitividad en el tiempo, como también desarrollar labores de comparación para reconocer países con mejor *ranking* que aporten mejores prácticas que siendo puestas en contexto, sirven para desarrollar acciones encaminadas a mejorar o sostener el nivel de competitividad propia en el tiempo. Un conjunto de variables medidas a través de un mecanismo propio de calificación, ofrece en conjunto un indicador general tipo *ranking*, llamado Índice Global de Competitividad.

El índice Global de Competitividad, (IGC), mide la capacidad que tiene un país para “generar oportunidades de desarrollo económico a los ciudadanos” (Colombia Competitiva, 2020). Está compuesto por 12 pilares de competitividad, divididos a su vez en cuatro categorías, entorno habilitante, capital humano, mercados y ecosistema de innovación.

A continuación, se presentan dichos pilares y sus categorías.

Tabla 4. Pilares de la Competitividad IGC-WEF

CATEGORÍAS	PILARES
Entorno habilitante	1. Instituciones 2. Infraestructura 3. Adopción de TIC 4. Estabilidad macroeconómica
Capital humano	5. Salud 6. Habilidades
Mercados	7. Mercado de bienes 8. Mercado laboral 9. Mercado financiero 10. Tamaño del mercado
Ecosistema de innovación	11. Dinamismo empresarial 12. Capacidad de innovación

Nota: Categorías y pilares asociados a la competitividad. Elaborado por los autores con base en http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Cada pilar está constituido por subindicadores con diferente escala de medición, (0-100, 1-7, por ejemplo); 103 indicadores en total son medidos y resumidos para los países participantes, en 12 pilares que son evaluados en un periodo de tiempo específico. De los 103 indicadores, 47 son medidos mediante la *Encuesta de Percepción de Empresarios* y 56 son datos estadísticos formales que se extraen de los resultados de la economía en los países que participan en la medición.

EL BANCO MUNDIAL (B. M.) Y SU ÍNDICE DE PONDERACIÓN *DOING BUSINESS*

El Banco Mundial (B. M.) es un organismo dedicado a promover la financiación y conocimiento a países en desarrollo. Está conformado por 189 países miembros y cuenta con personal de más de 170 países en más de 130 sedes alrededor del planeta; su sede de Washington D. C. funciona como sede principal.

El B. M. aparece como respuesta a la posguerra. En la conferencia de Breton Woods en 1944, surge como una solución de financiamiento y apoyo a la reconstrucción de países que sufrieron los embates de la Segunda Guerra Mundial. (Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil, 2020). A medida que transcurre el tiempo la institución se

capitaliza con el ingreso de nuevos miembros. Luego de unos años pasa de trabajar en la reconstrucción al apoyo de países en desarrollo, muchos de los que surgen, después de terminada la guerra.

La estructura del B. M. consta de una Junta de Gobernantes de los países miembros que tienen en sus decisiones un peso equivalente a la participación que ofrecen como soporte al capital del Banco. Dicha Junta está formada por 25 directores elegidos entre el total de países integrantes. Se reúnen en abril y diciembre y allí se discuten todas las lineamientos y políticas que rigen la labor de la organización.

El B. M. está formado por 5 instituciones, en su orden: la AIF, Asociación Internacional de Fomento; la BIRF, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento; La CIADI, Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones; la IFC, Corporación Financiera Internacional; y la MIGA, Organismo Multilateral de Garantía de Inversiones (Banco Mundial, 2020).

Las 5 instituciones tienen roles de servicio asignados en países en desarrollo tanto al sector público como privado y son asignadas a los países dependiendo de las características de ingreso o capacidades de desarrollo que dichos países demuestran. Por ejemplo, la BIRF y la IRF, instituciones dedicadas a la financiación y asesoría a los países, se reparten los países, dependiendo de sus ingresos; IRF atiende a los países más pobres, mientras que BIRF atiende a los países con ingresos medianos o aquellos que estando en rango de pobreza, tienen capacidad de crédito. Por su parte, la BIRF y la IRF se entienden con Gobiernos mientras que las otras tres, CIADI, IFC y MIGA, se entienden con el sector privado.

Dentro de las labores del Banco, el estudio de las regulaciones que anualmente modulan la actividad empresarial en los países miembros es una de ellas. De esta labor se origina *Doing Business*, una publicación anual que propone, mediante indicadores cualitativos individualizados por países, una clasificación comparada, correspondiente a la facilidad para hacer negocios en cada país en estudio.

Compara las economías de más de un centenar de naciones, tomando para ello temas que van desde la forma de hacer negocios, hasta la revisión del entorno normativo y regulatorio. Este reporte que mide a 190 economías del mundo en 2020 llega este año, a su décima séptima edición. (Banco Mundial, 2020).

Para medir la facilidad de hacer negocios, fundamento esencial para el comercio de cualquier nivel, la publicación revisa las regulaciones de 12 áreas del ciclo de vida

de la empresa dentro de un país. Diez, dedicadas a la facilidad de hacer negocios en el país y dos dedicadas a ver cómo el mercado laboral es regulado y cómo las contrataciones del Gobierno influyen en el mercado. Dicha medición genera una forma particular de entender también el nivel de competitividad de los países involucrados.

A continuación, se presentan las 12 áreas, 10 antiguas formadas por 41 indicadores y dos nuevas introducidas al informe de 2020.

Tabla 5. Áreas de medición del ciclo de vida de una empresa del *Doing Business 2020*

1. Apertura de una empresa	2. Pago de impuestos
3. Manejo de permisos de construcción	4. Comercio transfronterizo
5. Obtención de electricidad	6. Cumplimiento de contratos
7. Registro de propiedades	8. Resolución de insolvencia
9. Obtención de créditos	10. Regulación del mercado laboral
11. Protección de los inversionistas minoritarios	12. Contrataciones con el Gobierno

Nota: Áreas de medición del ciclo de vida de una empresa acorde al *Doing Business*. Elaborado por los autores con base en <https://www.doingbusiness.org/en/methodology> y <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

Toda medición que se lleva a cabo para registrar los indicadores que publica el *Doing Business*, es hecha buscando responder a tres preguntas que permiten ahondar en el conocimiento de la facilidad de hacer negocios en los países que constituyen la muestra medida en:

“¿cuándo cambian los gobiernos la regulación para desarrollar su sector privado? ...¿cuáles son las características de los gobiernos que implementan reformas? Y ...¿cuáles son los efectos del cambio regulatorio en diferentes aspectos de la actividad económica y de la inversión?” (Banco Mundial, 2020, p. 2,14).

Para medir y posteriormente comparar los indicadores entre países involucrados en la medición, inicialmente se toman los datos de una nación, se calcula el indicador, acorde con la metodología fijada por la elaboración del informe y después se normaliza dicha medida, a una unidad común para todos los países medidos, llevando dichos indicadores a un factor común, por área de medición, (Banco Mundial, 2020, p. 78).

Entre los datos normalizados, la mayor medición indica las mejores prácticas regulatorias para hacer negocios y viceversa. Esto permite que, si se está en un nivel inferior al revisado, se pueda dar una mirada a las condiciones regulatorias de un país por encima del *ranking* y usar sus buenas prácticas, que ajustadas a las necesidades de implementación permiten mejoras en el país que desee usarlas.

LA LOGÍSTICA Y LA CADENA DE SUMINISTROS

LA LOGÍSTICA

La evolución del concepto de logística ha pasado por múltiples facetas. Shaw (1916), Borsodi (1927), Bowersox, (1969) (2007) y Ballou, (2004) (2006) son bases y pilares de lo que se entiende hoy en día como tal.

En Servera-Francés (2010) y Liu (2014), la construcción de la función logística es una integración de procesos que mueven el flujo de materiales, bienes y servicios e información.

Bajo la consideración de la teoría de sistemas, en calidad de sistemas abiertos, Von Bertalanffy (1976), citado en Ghiani, Laporte, y Musmanno, (2013), los procesos logísticos en conjunto, y por separado, cumplen condiciones de entrada, proceso, salida y retorno; bajo la consideración de función logística, cuenta con cinco grandes procesos que, integrados, formulan dicha función, el proceso de aprovisionamiento, producción y distribución física y los procesos de servicio al cliente e inventarios que manejan los flujos de tipo físico y de información (Servera-Francés, 2010, p.228).

El concepto de logística es entendido durante muchos años como distribución, esa fuerza transversal a la compañía que le permite llevar el producto terminado hasta el cliente final y en la medida en que evoluciona hacia los 70, su labor con otras áreas de

la empresa, colindantes con su tarea, tales como el proceso de aprovisionamiento, los procesos de planeación y programación de producción y los procesos de salida representados por las labores de la distribución física ya tenida en cuenta.

La evolución tiene un punto de inflexión cuando Bowersox en 1974, define el concepto de función logística, detallado por Servera-Frances, de la siguiente forma: “la función logística abarca la gestión de materiales y la planificación de todas las actividades necesarias para el movimiento de materias primas, componentes y productos terminados, desde los proveedores hasta las plantas de fabricación, en y entre las instalaciones de la empresa, y desde estas hasta los clientes” (Servera-Frances, 2010, p 228).

Hoy en día los lineamientos del Council Supply Chain Management Professionals (CSCMP) son un ejemplo de la proposición de límites de cobertura de esta disciplina dentro de la empresa:

“Las actividades de gestión de logística suelen incluir la gestión de transporte entrante y saliente, la gestión de flotas, el almacenamiento, el manejo de materiales, el cumplimiento de pedidos, el diseño de la red logística, la gestión de inventario, la planificación de la oferta / demanda y la gestión de proveedores de servicios logísticos de terceros. En diversos grados, la función logística también incluye el abastecimiento y la adquisición, la planificación y programación de la producción, el embalaje y el montaje, y el servicio al cliente. Está involucrado en todos los niveles de planificación y ejecución: estratégico, operativo y táctico. La gestión logística es una función integradora, que coordina y optimiza todas las actividades logísticas; así como integra las actividades logísticas con otras funciones que incluyen *marketing*, fabricación de ventas, finanzas y tecnología de la información” (CSCMP. 2019).

LA CADENA DE SUMINISTROS Y LA RED DE VALOR

En paralelo, con el desarrollo de la logística de los años 80, Keith Oliver en su entrevista de 1982 en el Financial Times, inicia el camino que trazaran sus palabras al reconocer la *supply chain* como el concepto que da origen a lo que se entiende hoy como cadena de suministro (Laseter y Oliver, 2003) y que acogerá a la función logística y sus

procesos. No pasa mucho hasta que Michael Porter, propone el concepto de “value chain” (1985, p. 45) para abrir aún más el espectro de conceptos que proponen el manejo transversal de flujos logísticos, fondos y valor agregado a lo largo de un conjunto proveedores y clientes trabajando al unísono para satisfacer a un consumidor cada día más difícil de cautivar.

La gestión de la cadena de suministro se encarga del manejo de las relaciones existentes entre las entidades que arman dichas cadenas, proveedores, proveedores de proveedores, fabricantes, clientes y clientes de clientes, todos buscando satisfacer al consumidor final. Esta estructura permite entender áreas de aprovisionamiento, áreas de manufactura y áreas de distribución, que en su conjunto conforman el sistema al que responde la cadena en bucles continuos que conducen el flujo logístico hacia adelante y hacia atrás, mantiene la comunicación y el flujo de fondos del que se alimenta la razón de ser de las empresas que en ella conviven.

Su objetivo de satisfacción está unido a los conceptos de colaboración, coordinación, cooperación e integración, que se convierten en las premisas que manejan la relación entre miembros de la cadena, también entendida como red que en su conjunto compiten con otras estructuras de configuración similar buscando cautivar el mercado y con ello ampliar su espacio de influencia. Una labor que se ha convertido en respuesta para la forma de entender la interacción de las empresas modernas.

Su estudio es relativamente reciente comparado con el de la logística o la ciencia de la administración o las ingenierías; una de las respuestas a ese reto es el Modelo SCOR. En 1996, con el nacimiento del SCC (*Supply Chain Council*), también conocido hoy como ASCM, (*Association for Supply Chain Management*), se desarrollará entre socios de ese concilio el modelo SCOR, (*Supply Chain Operations Reference Model*), soportado en cinco procesos, planear, proveer, hacer, entregar y retornar, (plan, source, make, delivery and return), (SCC, 2012), y posteriormente la introducción del sexto proceso, habilitación (enable), serán los elementos que permitirán el estudio de la cadena de suministro dentro de patrones de estructura simple y suficiente para poder describir a dicha cadena desde un modelo referente, no importando la extensión o complejidad de dicha cadena.

EL DESEMPEÑO LOGÍSTICO

Siendo la logística la gestora de los flujos de la cadena de suministro, su desempeño en esa tarea se convierte en un factor determinante de la competitividad de dicha cadena, (Ballou, 2004). De este depende en gran medida el nivel de servicio y satisfacción que recibe el cliente (Bowersox, Closs, y Cooper, 2007) y consumidor, (CSCMP, 2019), razón de ser de la labor de la cadena y de cada empresa que hace parte de ella. Bajo estos parámetros, y comprendiendo su condición elemental a nivel empresarial y de cadena, comprender la dinámica de medición del desempeño logístico se convierte en tema de importancia.

Se debe entender el desempeño logístico como la contribución que hace la logística al logro de los objetivos de la empresa o la cadena de suministro. Basados en su definición, se puede entender que, a mayor nivel de satisfacción del cliente al costo esperado por la empresa, la logística está cumpliendo su propósito. De aquí que el desempeño logístico se entienda como una magnitud medible y cuantificable, gracias a que la satisfacción y los presupuestos son variables del mismo tipo dentro de las ecuaciones de resultados de la empresa y en términos macro, asumiendo el entorno empresarial como influenciador de su dinámica, un elemento fundamental que puede aportar a que dicha empresa o cadena de suministro pueda gestionar con mayor facilidad su logística facilitando aumentar su desempeño, gracias a esos “vientos a favor” que los mecanismos externos que le rodean aportan para mejorar sus niveles de competitividad en el mercado.

Un sistema de indicadores es la clave para convertir a la logística en una disciplina efectiva, (Ortiz Torres, Valdés y Arias Castillo, 2013). Los indicadores de la logística o LKPI (*Logistics Key Performance Indicators*), al convertirse en el tablero de mando de la gestión de flujo transversal de una compañía, aportan el ingrediente de control y coordinación, base de la medición de la efectividad de la logística haciéndose cargo de una responsabilidad que aporta a la competitividad de la empresa y la cadena.

Con base en los indicadores, se puede dimensionar la eficacia y eficiencia de sus procesos, aprovisionamiento, producción, distribución, modulados desde sus procesos de inventario y servicio al cliente y sus procesos de apoyo de almacenamiento y transporte que en últimas proporcionan la capacidad de la gestión de flujos de materiales, bienes y servicios bajo criterios de entrega perfecta al cliente, razón de ser de la labor a cargo.

El control y seguimiento que se le haga a los indicadores de desempeño de la logística es fundamental para el éxito de la sincronía entre la empresa y la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente. De su manejo depende la regularidad que tenga el sistema logístico y la posibilidad de planear en el tiempo frente a la capacidad instalada, el aporte que se hará al mercado del producto o servicio esperado. También la sincronización de los ciclos de pedido, manufactura y provisión que, desde sus ópticas de gestión de inventarios en cantidad y velocidad, se convierten en los procesos que modulan la efectividad de la logística para la empresa.

La contribución de los indicadores propios de empresa aporta a la labor de efectividad que en ella se buscan. Sin embargo, estos solo aportan la visión interna, la que debe ser complementada con una mirada del entorno que rodea a la empresa y la cadena a que pertenece.

Los indicadores que aportan la visión externa hacen aún más completa la revisión y medición de desempeño integral de la empresa, como fundamento de la competitividad en suma de todos los miembros y cadenas que conforman un sector o un país. Cabe resaltar en este nivel, desde la revisión hecha hasta el momento, los aportes que desde el *World Economic Forum*, El Banco Mundial y el *Doing Business*, como también el desarrollo del *Logistics Performance Index*, hacen como aporte a la mirada integral del desempeño general de la logística de un país.

THE WORLD ECONOMIC FORUM Y SU ACERCAMIENTO AL DESEMPEÑO LOGÍSTICO

Para el tema logístico, el pilar 2: Infraestructura, divide los indicadores en dos categorías, los indicadores de infraestructura de transporte y los indicadores de utilidad. A continuación, se presentan los indicadores de transporte.

Tabla 6. Indicadores de la Categoría Infraestructura de Transporte

Pilar: infraestructura, categoría: infraestructura de transporte		
Indicador	Definición	Valor de medición
Conectividad carretera. (Road Quality Index WEF)	“Medida de la velocidad promedio de conectividad entre 10 o más ciudades importantes en la economía. Asimismo, compara kilómetros de travesía en vehículo versus distancia en línea recta”, (Deloitte, 2019).	0-100
Calidad de la infraestructura carretera	“Consulta sobre la calidad de la red vial por medio de entrevistas a sectores productivos”, (Deloitte, 2019)	1-7
Densidad de vías férreas	“Kilómetros de línea férrea con respecto al área total del país”, (Deloitte, 2019).	km/1000 km ²
Eficiencia del servicio de trenes	“Consulta sobre la eficiencia del sistema ferroviario por medio de entrevistas a sectores productivos”, (Deloitte, 2019).	1-7
Conectividad aeroportuaria	“Indicador de conectividad de la IATA, el cual se basa en la disponibilidad de asientos de avión por destino de viaje”, (Deloitte, 2019).	Puntaje
Eficiencia del servicio de transporte aéreo	“Consulta sobre la eficiencia de los servicios aéreos por medio de entrevistas a sectores productivos”, (Deloitte, 2019).	1-7
Conectividad de líneas navieras. Red marítima global	“Se basa en el Linear Shipping Connectivity Index de las UNCTAD, el cual evalúa la vinculación del país con la red de logística marítima a nivel global”, (Deloitte, 2019).	0-100
Eficiencia de los servicios portuarios	“Consulta sobre la eficiencia de los servicios portuarios por medio de entrevistas a sectores productivos” (Deloitte, 2019).	1-7

Nota: Indicadores asociados a la categoría de Infraestructura de Transporte en el pilar infraestructura. Elaborado por los autores con base en http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Los cuatro modos más comunes de transporte: carretero, ferroviario, aéreo y marítimo están compuestos y cada uno es medido por dos indicadores que en suma dan un 25 % por cada modo para un total de 100 %. Para la categoría de infraestructura de transporte que, a su vez, representa un 50 % de peso para el pilar infraestructura. Dicho pilar pesa dentro del total del Índice Global de Competitividad un 8,33 %, valor equitativo para los 12 pilares del índice.

EL BANCO MUNDIAL Y SU ACERCAMIENTO MEDIANTE *DOING BUSINESS* AL PROBLEMA LOGÍSTICO

Dentro de los indicadores del *Doing Business*, toma importancia para la medición de competitividad Logística el área de comercio transfronterizo, un indicador que cada año busca reflejar aún más el tiempo y costo asociado a los procesos de importación y exportación de bienes. (Banco Mundial, 2020). Esta medición se descompone a su vez en frente a las operaciones de importaciones y exportaciones (Impo/Expo) en cuatro categorías que miden para cada situación, exportación e importación, el tiempo y costo de esta labor. Las categorías de tiempo y costo para ambas operaciones son medidas por los mismos indicadores en diferentes unidades, cumplimiento documental y cumplimiento fronterizo, medidos para tiempo en horas y para costo en dólares. (Banco Mundial, 2020, p. 80). Para el caso de costo cabe resaltar que dicho costo no tiene en cuenta lo aranceles que se paguen durante la transacción.

Para dar ranking a cada economía, por intermedio del área de medición de facilidad de Comercio Transfronterizo, se ordena el indicador de mayor a menor, luego de sacar el promedio simple de las puntuaciones de tiempo y costo de los resultados obtenidos para los dos indicadores por tipo de operación, cumplimiento documental y cumplimiento fronterizo. Calculados estos valores, se procede a dar el resultado que luego es puesto en su orden comparativo con el de otros países, recibe su puesto según el lugar que ocupe en el ordenamiento y así es puntuado.

Según el Banco Mundial, (2020) en el *Doing Business* los datos recolectados mediante cuestionarios aplicados a los actores que intervienen en el proceso de comercio transfronterizo, no tienen en cuenta el transporte interno del país pues asumen su precio y tiempo, sometidos a múltiples variables externas como pueden ser las variables topográficas propias del terreno del país, la infraestructura de transporte y sus características y las consideraciones de tipo logístico como distancia a puertos desde origen o ubicaciones de plataformas logísticas al servicio del proceso previo a la operación de importación y exportación, que si bien afectan desde dentro a la labor de entrada y salida de mercancías, no afecta la regulación de traspaso que soporta el comercio transfronterizo de la economía en estudio. Situaciones irregulares en

frontera ocasionadas por prácticas informales o situaciones de inseguridad o guerra tienen indicador igual a cero, pues llevan al pronunciamiento de que “no registra practica” frente a regulaciones y políticas de manejo de comercio transfronterizo.

En el proceso transfronterizo medido por el *Doing Business* intervienen temas tan importantes para dicha labor como el medio de transporte y la operación de sus puertos, la forma como la documentación es incorporada y accedida desde el sistema de información que maneje estos documentos y la información en ellos, la efectividad de los entes gubernamentales que intervienen, por ejemplo la aduana, los cuerpos de policía o aquellos que ejercen la seguridad de frontera, las entidades regionales de control o las reglamentarias como los ministerios, por mencionar algunos ejemplos.

Todos estos entes y operaciones que hacen parte de la intermediación de frontera adicionan complejidad convertida en tiempo y costo; de ellos depende la agilidad con la que se logre migrar de un lugar a otro de la frontera las mercancías que constituyen la base del comercio transfronterizo. Como se ha dicho antes, en esta medición hay conciencia de situaciones informales o atípicas que no tienen soporte documental. Dichas situaciones no hacen parte del modelo de medición y en casos extremos pueden generar valores equivalentes a cero.

EL BANCO MUNDIAL Y EL LPI

El Banco Mundial, consciente de que la Logística es base de la competitividad de los países, ha construido desde su publicación *Connecting to compete*, informe anual que recoge en una mirada global los componentes que forman el *Logistics Performance Index* (LPI) o Índice de Desempeño Logístico, mediante el cual es posible comparar las capacidades y cualidades de los sistemas logísticos nacionales que, en comparación, aportan a la labor país nuevas formas de entender sus dinámicas de movimiento de mercancía desde o hacia su interior, conectándose con el mundo y “ha sido adoptado por varios países como un indicador clave de desempeño”, (Banco Mundial, 2019, p. 8) y considerado como un elemento importante que aporta a la medición del desempeño del comercio internacional, (Martí Selva, Puertas Medina, y García, 2014).

Este índice es publicado por el Departamento de Comercio y Transporte del Banco Mundial desde 2007, cada 2 años, hasta el 2018 y se ha convertido en uno de los elementos de análisis y discusión de mayor relevancia en cuanto al análisis macro de labor logística, se refiere. Considera una serie de indicadores que al igual que el dado por el

informe de *Doing Business*, permite hacer comparaciones entre países, reconoce indicadores propios de la labor logística diferentes a los de la labor interna de empresa y cadena y propone la mirada que complementa la labor privada con la gubernamental.

El LPI ha sido aplicado en el 2018 a 167 países soportado en una encuesta que se hace a operadores logísticos, sobre la base de datos cualitativos y cuantitativos que permiten reconocer seis aspectos esenciales logísticos. La tabla a continuación resume indicadores, propósito y escala de medición:

Tabla 7. *Indicadores del LPI.*

Indicador	Mide	Fundamento	Forma de medición
Aduanas	La eficiencia del despacho de aduanas y de la gestión de las fronteras.	Área de regulación de políticas (entrada) ⁵	1= baja a 5= alta
Infraestructura	La calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte.	Área de regulación de políticas (entrada)	1= baja a 5= alta
Calidad de la logística y competencia	La competencia y la calidad de los servicios logísticos.	Área de regulación de políticas (entrada)	1= baja a 5= alta
Puntualidad	La frecuencia con que los envíos llegan a los destinatarios dentro del plazo de entrega previsto o esperado.	Rendimiento de la prestación de servicios (salidas) ⁶	1= baja a 5= alta
Embarques internacionales	La facilidad de organizar la venta de productos internacionales a precios competitivos.	Rendimiento de la prestación de servicios (salidas)	1= baja a 5= alta
Seguimiento y rastreo	La capacidad de rastrear y localizar los envíos.	Rendimiento de la prestación de servicios (salidas)	1= baja a 5= alta

Nota: Características de los indicadores del Índice de desempeño logístico. Basado en Banco Mundial (2019)

5 Las entradas se definen como las regulaciones y políticas que rodean al ejercicio logístico. (Cabuya Padilla, 2016)

6 Las salidas son aquellos aspectos que definen el desempeño en los servicios logísticos. (Cabuya Padilla, 2016)

La metodología de obtención de la información y posterior análisis y conversión de datos para el armado de los seis indicadores tiene varias etapas que están ligadas a la forma como se genera la información desde la encuesta de operadores logísticos. En una primera etapa, que corresponde a las preguntas 10 a la 15 que corresponden a las condiciones de logística internacional, se clasifica a los países participantes por su nivel de ingreso, bajo, medio o alto y su acceso al mar. Esta clasificación, genera unos condicionales que solicitan responder a varios criterios como se presenta a continuación.

Tabla 8. Metodología para la selección de grupos de países para los encuestados

	Encuestados con bajo ingreso	Encuestados con mediano ingreso	Encuestados con ingreso alto
Encuestados de países con costa	Las cinco exportaciones más importantes de países asociados + Los tres más importantes países socios importadores	Los tres más importantes países asociados de exportación + La importación más importante país asociado + Cuatro países al azar, uno de cada grupo de países: a. África b. Asia oriental y Asia Central c. América Latina d. Europa menos Central Asia y la OCDE	Dos países al azar de una lista de las cinco exportaciones más importantes: países asociados y los cinco más importantes países importadores asociados + Cuatro países al azar, uno de cada grupo de países: a. África b. Asia oriental y Asia Central c. América Latina d. Europa, menos Central, Asia y la OCDE
Encuestados de países sin litoral	Las cuatro exportaciones más importantes de países asociados + Las dos importaciones más importantes de países asociados + Dos países con puentes terrestres	Los tres más importantes países asociados de exportación + La importación más importante país asociado + Dos países con puentes terrestres + Dos países al azar, uno de cada grupo de países: a. África, Asia oriental y el Asia central, y América Latina b. Europa menos Central Asia y la OCDE	+ Dos países al azar del país combinando grupos a, b, c y d

Nota: Descripción de la metodología para la selección de grupos de países encuestados del Índice de Desempeño Logístico. Tomado de (Banco Mundial, 2019, p. 59).

La encuesta se basa en la respuesta a los seis indicadores, respuestas que no son todas las veces respuestas en su totalidad por lo que los analistas del proceso interpolan datos basados en la media y desviación de respuestas que luego se agrega y con ella llena espacios vacíos para darle continuidad a las mediciones que después generan el *ranking* en el que se encuentra el país con respecto al resto, tanto a nivel de indicador como del LPI en su conjunto.

La medición de los seis indicadores se hace mediante una encuesta masiva de operadores logísticos de país, durante un periodo de seis meses, quienes luego de contestar a cada una de las preguntas correspondientes a cada indicador, (una pregunta por cada indicador), es procesada junto al total de encuestas país, mediante un algoritmo estadístico que genera el valor del indicador.

Para generar el LPI, a cada indicador se le ha dado un peso que puede cambiar por cada medición, producto de la experiencia de medición que se ha alcanzado en el tiempo. Los pesos usados para calcular el LPI de 2016 y 2018 a cada uno de los componentes se muestra en la tabla a continuación, demostrando el cambio por año:

Tabla 9. *Peso de los componentes indicadores del LPI 2016 - 2018*

Indicador	Peso 2018	Peso 2016
Aduanas	0,4072	0,41
Infraestructura	0,4130	0,41
Calidad de la Logística y competencia	0,4166	0,41
Puntualidad	0,4056	0,40
Embarques internacionales	0,3961	0,41
Seguimiento y rastreo	0,4104	0,41

Nota: Composición de pesos de los componentes del índice de desempeño logístico. Tomado de (Banco Mundial, 2019, pág. 60). (Banco Mundial, 2017, pág. 67).

Usando estos valores, se multiplica el resultado encontrado por indicador y luego se suma. El resultado de la suma será el valor del indicador LPI para el país en esa medición, también llamado LPI internacional. Se ordenan los valores de los componentes indicadores y en su orden es colocado el número correspondiente a su orden, partiendo en el número mayor de calificación con el número equivalente de países en revisión, para luego descender en el orden, uno a uno, hasta llegar al número uno de la lista, que será el país con menor calificación del componente. De esta forma

también se hace para el LPI y con ello se generan el ranking por país para componente y LPI.

Elementos que pueden generar desviaciones son tenidos en cuenta como el conocimiento del operador en un país de bajos ingresos, donde su conocimiento o cercanía a los entes gubernamentales pueda generar imprecisiones en su respuesta hasta las situaciones trocadas de transporte y acceso a movilidad de carga que pueden llegar a tener países con dificultades de acceso a zonas costeras.

Todas estas desviaciones son tenidas en cuenta para que el resultado del *ranking* sea comparable entre naciones y se puedan hacer inferencias con respecto a las calificaciones presentadas.

Existe también el LPI nacional o doméstico. Frente a esto Cabuya Padilla dice:

“El LPI doméstico se divide en dos partes:

Ambiente e Instituciones (Environment and Institutions): se evalúan la calidad de la infraestructura y servicios de transporte (puertos, aeropuertos, ferrocarril y carreteras) y la fiabilidad en la cadena de suministro en cuanto al personal, mejoras e inconvenientes en los servicios logísticos.

Rendimiento (performance): evalúa los procedimientos fronterizos para la importación y exportación, tiempo de servicios, costos y las agencias”. (Cabuya Padilla, 2016, p. 12).

COLOMBIA Y LA MEDICIÓN DE LA COMPETITIVIDAD LOGÍSTICA. LA ENCUESTA NACIONAL LOGÍSTICA, (ENL)

Colombia no es ajena a las bondades de la logística. Su medición tanto a nivel de WEF como del Banco Mundial, en cuanto a estos aspectos, lo refleja. Sin embargo,

y bajo consideraciones de la Política Nacional Logística del país, enmarcada dentro del documento CONPES 3547 del 2008, propone como objetivo principal la obtención de información en logística, (ONL, 2018). Este ejercicio nace de una “metodología de *benchmarking* logístico a nivel empresarial se aplica en México, Argentina, Perú, Panamá, Nueva Zelanda, Nigeria y otras economías emergentes donde el CELSC administra programas de *benchmarking*” (Rey, 2008).

Bajo esos parámetros, el Departamento Nacional de Planeación del Gobierno de Colombia, (DNP), se plantea la Encuesta Nacional Logística, conocida también por sus siglas ENL, que a la fecha ha tenido cuatro versiones, 2008, 2015, 2018 y la más reciente, 2020, dentro de la cual se compara la operación logística de los empresarios colombianos a nivel sectorial, nacional y regional. Esta última llevada a cabo por la Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible (DIES) del DNP.

La encuesta es estructurada en 5 módulos de revisión y análisis, que a su vez es alimentada por otros subcriterios, generando así los valores que propone su metodología de trabajo. Estos son:

1. Desempeño logístico
2. Tercerización
3. Comercio exterior
4. Perspectivas de los servicios logísticos
5. Competitividad regional.

A continuación, se propone la estructura que presentó la encuesta del 2018.

Tabla 10. Estructura de componentes estratégicos de la ENL

criterio	Subcriterio	Definición o medida	Elementos particulares que ayudan a la definición
Desempeño logístico. Costo logístico y operación.	Indicador de Costo	Costo logístico de las empresas del país, como porcentaje de las ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de Almacenamiento • Transporte • Administrativos y servicio al cliente • Otros costos
	Indicador de tiempo	Tiempo que las empresas del país presentan para sus diferentes subcriterios medidos en unidad de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de cargue y descargue (operación y espera). (horas). • Tiempos de abastecimiento y distribución. (Días) • Tiempos de almacenamiento. (días rotación inventario). • Tiempos de pago de servicios logísticos. (días)
	Indicador de calidad	Porcentaje de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Pedido perfecto. (% del total de pedidos) (sin daños, completo, a tiempo y documentación perfecta). • Problemas de entrega (% por tipo del total).
	Uso de tecnologías	% de empresas encuestadas que conocen, usan o requieren tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de tecnologías en logística. (Rastreo y seguimiento, documentos electrónicos, Tecnologías de Información EDI, WMS, ERP, TMS, RFID, pronósticos y planeación demanda). • Utilización y necesidad de tecnologías. (Ídem)
Tercerización	Nivel de tercerización en procesos logísticos	% de empresas encuestadas que tercerizan procesos por tipo de servicio logístico.	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de carga y distribución • Compras y manejo de proveedores • Almacenamiento • Rastreo y seguimiento de pedidos • Procesamiento de pedidos de clientes • Logística de reversa • Control de cadena de frío • Comercio Exterior • Rastreo y seguimiento de vehículos • Planeación y reposición de inventarios

criterio	Subcriterio	Definición o medida	Elementos particulares que ayudan a la definición
Comercio Exterior	Normatividad	Criterios de seguridad de las normas y uso de documentación	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad que brinda la norma aduanera. (% si/no/no sabe) • Utilización de la declaración anticipada. (% de empresas que importan y la usan)
	Mercado Externo	Percepción de facilidad para manejo logístico en lugar de destino	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de la logística en los mercados destino. (nivel de percepción en % por destino) • Percepción de calidad en nodos de comercio exterior. En tipo de infraestructura y trámites.
	Tiempo y costos de servicios portuarios		<ul style="list-style-type: none"> • Costos logísticos en comercio exterior (% sobre las ventas)
Perspectivas de los servicios logísticos	Logística verde	% de empresas que han realizado alguna acción de logística verde	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de empaques o envases reusables • Logística de reversa • Uso de vehículos alternativos • Manejo eficiente energía en centros de distribución • Reducción de emisiones de CO2 en actividades logísticas • Uso de combustibles alternativos • Otros
	Innovación	% de empresas que ha realizado alguna estrategia de innovación en logística	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia en operación logística • Proyectos de mitigación de riesgos • Desarrollo de prácticas colaborativas • Estrategia de logística urbana • Desarrollo de proyectos sostenibles • Desarrollo de plataformas abiertas para intercambio de información • Actividades de logística nocturna • Otros
	Barreras logísticas		<ul style="list-style-type: none"> • Costo de transporte • Robos, delincuencia y actividades criminales. • Complejidad en distribución urbana • Disponibilidad del cliente para recepción de mercancías • Deficiencia en infraestructura especializada logística • Complejidad, en distribución nacional • Siniestros • Normatividad de circulación • Ruptura de cadena de frío

Criterio	Subcriterio	Definición o medida	Elementos particulares que ayudan a la definición
Logística Regional	Infraestructura	Considera la calidad de la infraestructura a partir de la percepción de las empresas sobre su disponibilidad y nivel de mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de pavimentación • Estado de vías • Disponibilidad de esas vías
	Servicios logísticos	Califica la percepción de 1 a 5 de los servicios, donde 5 es la máxima calificación y 1 la mínima, posteriormente se promedian los nueve servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte fluvial • Transporte terrestre • Transporte aéreo • Transporte marítimo • Almacenamiento • Agencias aduaneras, • Agente de carga y transporte • Patio y manejo de contenedores • Cadena de frío
	Índice de logística regional	Compuesto por cuatro condiciones, cada una equivalente al 25 %	<ul style="list-style-type: none"> • Costos logísticos por región • Calidad de servicios logísticos por región, indicadores. • Uso de tecnologías en procesos logísticos • Infraestructura de transporte. Calidad, disponibilidad y nivel de mejora.

Nota: Composición de criterios, subcriterios y elementos que hacen parte de la Encuesta Nacional Logística. Elaborado por los autores con base en (ONL, 2018).

La encuesta es llevada a cabo en seis regiones a las que se les revisa seis actividades económicas, teniendo en cuenta cuatro tamaños de empresa. Dicha estructuración es presentada a continuación:



Tabla 11. Criterios para aplicación de la ENL

Región	Caribe	Centro-orientado	Centro sur amazonia	Llanos	Eje Cafetero y Antioquía	Pacífico
Actividad económica	Comercio	Industrias	Construcción	Transporte y almacenamiento	Agropecuaria	Minería
Tamaño de empresa	Grande	Mediana	Pequeña	Micro		

Nota: Criterios para la elaboración de la Encuesta Nacional Logística. Elaborado por los autores con base en (ONL, 2018)

La encuesta se reparte a lo largo y ancho del país, teniendo en cuenta la densidad de población y el Registro Único Empresarial y de Servicios para generar el marco muestral por criterio. Bajo este marco de revisión, la ENL, en sus cuatro versiones, contando la de 2020, presenta la información recolectada por los entes encargados de dicha encuesta proporcionando información en los tres marcos de referencia, región, actividad y tamaño de empresa y perfila las consideraciones de país y región en los temas sensibles que atañen a la logística interna del país como a la percepción de la logística externa, sirviendo como base para el desarrollo de políticas públicas en pro del desarrollo del país en estos aspectos.

REVISIÓN Y ANÁLISIS

Siendo el interés de este estudio el aporte de la industria 4.0 a la labor logística como soporte de la competitividad, es necesario revisar desde este punto la conveniencia de qué índice o índices usar, de los presentados, con el fin de poder proponer las variables que confirmen la mejor elección para abordar el tema objeto de este trabajo.

ÍNDICE GLOBAL DE COMPETITIVIDAD (WEF)

Como fue visto en anteriores apartes, el Índice Global de Competitividad, centra su interés en el desarrollo de indicadores asociados a la infraestructura de transporte. Entendiendo al transporte como el proceso de interconexión entre empresas, y uno de los rubros más grandes de la logística (Estrada Mejía, Restrepo de Ocampo, y Silva, 2010), y su gestión y manejo uno de los más evolucionados hasta el momento en dicho campo, como lo refiere de manera general para el transporte de carga Foresight en la Gran Bretaña, (2019) o para el caso de transporte urbano, uno de los temas de mayor tratamiento logístico, como lo indica CIVITAS, (2014), que propone a esta parte de indicador como soporte de un análisis de tipo logístico.

ÍNDICE DE PONDERACIÓN *DOING BUSINESS*. (BANCO MUNDIAL)

El índice de *Doing Business* tiene un espacio centrado de interés en el desarrollo de indicadores logísticos dentro de su desarrollo del índice, centrado en la labor transfronteriza. De esta manera, el Banco Mundial, consciente de la profundidad que le debe dar al tema de la logística, desarrolla un índice mucho más especializado, que incluso asume temas que son tomados en cuenta en el índice de *Doing Business*, dando pie para ser utilizado en este trabajo el LPI (Logistic Performance Index).

LOGISTICS PERFORMANCE INDEX. (BANCO MUNDIAL)

El indicador LPI es un indicador altamente especializado en temas logísticos. Un interés avalado anualmente por las naciones que en él participan, como en el caso de 2018, donde más de 160 países fueron medidos, (Banco Mundial, 2019, p. iv). Si bien el LPI tiene un sesgo dado por la mayoría de las empresas involucradas en el transporte, como se indica para el Índice Global de Competitividad, el tomar como referente

en gran medida al transporte, es de por sí, hacer propio gran parte de la logística en un índice.

Por otro lado, se corrobora el uso del LPI en temas generales logísticos cuando los temas especializados en la materia a nivel país, es usado el LPI como guía de dichas labores. Para ello, cabe resaltar el interés y uso dado para el caso colombiano por entidades nacionales que soportan sus análisis en los resultados de este índice. ANIF (2018), la ANI, (2017), la ANDI, (2018), el Ministerio de Transportes, (2018) o el Consejo Privado de Competitividad, para desarrollar su *Informe Anual de Competitividad* (Compite, 2020), usan como soporte para sus análisis de factores logísticos, al LPI dentro de sus consideraciones de base. Esta pequeña muestra es un indicador de que la labor de revisión puede ser dada desde la revisión de este trabajo, usando este índice.

Entendidas las dos opciones que presentan los indicadores presentados, Índice Global de Competitividad y LPI, es conveniente decir que al revisar los detalles de los mismos, estos se complementarían, pues el Índice Global de Competitividad es detallado en infraestructura al mostrarla dividida por modos y medios de transporte, mientras que en ese rubro, el LPI muestra un indicador general para dicha clasificación, (infraestructura), tema que al estar ligado al transporte soportan la revisión del tema de mayor impacto dentro de costos.

El LPI ofrece mediciones en seis diferentes campos adicionales, que complementan la labor de indicadores.

Bajo esta revisión se propone usar los seis indicadores de LPI, dentro de los que al indicador de infraestructura se le adicionan los indicadores del pilar de infraestructura, Categoría: infraestructura de transporte. 1, de Índice Global de Competitividad, formado por ocho indicadores centrados en modos y medios de transporte.

ENCUESTA NACIONAL LOGÍSTICA - COLOMBIA (DNP)

La revisión no quedaría completa si no se incluyera dentro del barrido de fuentes de información un instrumento de origen nacional que pudiera ofrecer criterios valiosos

de carácter logístico, al interior de la nación; para ello la Encuesta Nacional Logística de Colombia con sus 5 criterios de revisión de la logística nacional colombiana, permiten hacer un barrido a las consideraciones de desempeño logístico, tercerización, comercio exterior, perspectivas de los servicios logísticos y competitividad regional desde una óptica empresarial, sectorial y regional los temas propios de la logística, “cuyo objetivo es fortalecer los sistemas inteligentes, el análisis y la gobernanza de la información para el mejoramiento de la infraestructura y los servicios de transporte, almacenamiento, comercio exterior y demás procesos logísticos en el país”, (ONL, 2020).

Estas consideraciones, unidas al tema de que es un ejercicio no solo desarrollado en Colombia, sino en otros países, bajo una metodología similar permiten reconocer criterios que aportan desde la logística nacional información a cualquier estudio que se desee llevar a cabo. Por tanto, sus consideraciones son valiosas y compaginan con los demás índices aquí estudiados, si se tiene de presente que la intención de este estudio es poder proporcionar una visión integral tanto interna como externa de la logística del país.

Finalmente, cabe resaltar cómo dentro de esta encuesta se muestran aspectos directamente relacionados con el tema en desarrollo, referentes a tecnología e innovación, temas íntimamente ligados a los aspectos que propone la revisión de industria 4.0 y logística que propone el objetivo de este trabajo.

CONCLUSIONES

Luego de una revisión sobre competitividad, su historia, concepto, se ha hecho una revisión de los índices ligados a su medición, detallando su naturaleza y composición. Posteriormente, y luego de un acercamiento a los fundamentos de la Logística se ha revisado el componente de cada índice que se ocupa de la tarea logística.

De la revisión se descarta el uso de los indicadores de índice de ponderación de *Doing Business* por tener desde su desarrollador, el Banco Mundial, un índice especializado en el tema de claro reconocimiento para la revisión de competitividad logística, tema que se ve complementado por los indicadores del WEF que aportan desde su Índice

Global de Competitividad y su Indicador de infraestructura de transporte, aplicable a modos y medios, tema que es preponderante en la labor logística a todo nivel.

De igual forma, los criterios de la ENL de Colombia, proporciona una mirada logística interna al país, permitiendo con ello poder permear detalles que en los otros indicadores pueden existir pero que, en este, por su connotación regional y sectorial puede aportar detalle al estudio, unido a su marcado interés en revelar aspectos prospectivos o de desempeño logístico donde la tecnología y la sensibilidad de sus usuarios está presente y que directamente se relacionan con la competitividad empresarial, regional y de país, temas que abren espacio para generar una relación intuitiva con los aspectos que propone la Industria 4.0.

Queda pendiente con base en la revisión multicriterio, escoger los criterios que pueden ser relevantes para el estudio, en una sección posterior de revisión y análisis de dichos aspectos.

REFERENCIAS

Aguaron, J., y Moreno Jimenez, J. (2003). The geometric consistency index: Aproximated thresholds. *European Journal of Operations Research*, 147(1), 137-145.

AnalDEX. (2019). *Anadex.org*. Obtenido de AnalDEX: <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/1992/11/2018-08-06-ndice-de-desempeo-logstico-World-Bank.pdf>

ANDI. (2018). *ANDI*. Obtenido de Encuesta Nacional Logística: <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>

ANI. (2017). <http://conferencias.cepal.org/>. Obtenido de Gobernanza del transporte: http://conferencias.cepal.org/gobernanza_transporte/Lunes%2030/Pdf/Andr%C3%A9s%20Figueredo.pdf

ANIF. (7 de 09 de 2018). *ANIF*. Obtenido de Septiembre 17 Logística del Transporte en Colombia: Índice del Banco Mundial (LPI): <https://www.anif.com.co/comentario-economico-del-dia/logistica-del-transporte-en-colombia-indice-del-banco-mundial-lpi>

Arvis, J., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A., y Naula, T. (2016). *Connecting to compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington D.C.: Word Bank.

Awad-Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler-Flores, S., y Camarero-Orive, A. (2016). A Methodology For Measuring Sustainability Of Dry Ports Location Based On Bayesian Networks And Multi-Criteria Decision Analysis. *Transportation Research Procedia*, 13, 124-133.

Ayyub, B. M. (2010). *Methods of Expert-Opinion. Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*.

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de Suministro* (Quinta ed.). Mexico D.F.: Pearson. Recuperado el 12 de Junio de 2019

Ballou, R. H. (2006). The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, 16(3), 375-386. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300002

Banco Mundial . (2019). *Connecting to Compete 2018*. Washington D.C. USA: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2017). *Connecting to Compete 2016*. Washington D.C.: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2020). *Bancomundial.org*. Obtenido de Who we are: <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Informes Globales: <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de CHAPTER 6 Ease of doing business score and ease of doing business ranking: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402_Ch06.pdf

Barba-Romero, S., y Pomerol, J. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Alcalá: Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.

Belton, V., y Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publisher.

Bond, S., Carlson, K., y Keeney, R. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), 238-255.

Borsodi, R. (1927). *The Distribution Age, a study of the economy of modern distribution*. New York: D. Appleton and Company. Recuperado el 9 de Junio de 2019, de <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/0303critic/030308borsodi.dist.age/030308toc.htm>

Boutkhoul, O., Hanine, M., Tikniouine, A., y Agouti, T. (2015). Multi-Criteria Decisional Approach Of The Olap Analysis By Fuzzy Logic: Green Logistics As A Case Study. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 40(8), 2345-2359.

Bowersox, D. J. (Enero de 1969). Physical Distribution Development, Current Status, and potential. *Journal of Marketing*, 63-70. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=34a405a8-71e2-41f3-aa57-722ce063f309%40pdc-v-sessmgr01>

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (Segunda ed.). Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Buendía Rice, E. A. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Análisis Económico*, 28(69), 55-78. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331033004.pdf>

Cabuya Padilla, B. (2016). *MODELO DE PREDICCIÓN Modelo de predicción del LPI con indicadores externos usando el método PCA. caso estudio Colombia*. Valencia, España: UNiversidad Politécnica de Valencia.

CEPAL. (2006). *Fernando Fajnzylber – Una visión renovadora del desarrollo de América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2458/S0600410.pdf?sequence=1>

Cho, D.-s., y Moon, H.-c. (2013). *From Adam Smith To Michael Porter: Evolution Of Competitiveness Theory (Extended Edition)*. Singapore: World Scientific. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://search-ebSCOhost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=564502&lang=es&site=ehost-live>

CIVITAS. (2014). *Innovative Urban Transport Solutions*. Bruselas: CIVITAS. Obtenido de <https://civitas.eu/sites/default/files/civitas-plus-innovative-urban-transport-solutions-www-final.pdf>

Colombia Competitiva. (2020). *Avances en el IGC 2020*. Recuperado el 12 de 9 de 2020, de ¿Qué es y cómo se mide el Índice Global de Competitividad?: <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/indicadores-internacionales/indice-competitividad-global>

Compite. (2020). *Informe Nacional de Competitividad 2019-2020*. Bogotá D.C.: Compite.

CSCMP. (3 de Junio de 2019). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Recuperado el 3 de Junio de 2019, de CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

de Gooyert, V., Rouwettea, E., van Kranenburga, H., y Freemanb, E. (2017). *Reviewing the role of stakeholders in Operational Research: A stakeholder theory perspective*. *European Journal of Operational Research*, 262, 402-410.

de Souza, V., Bloemhof-Ruwaard, J., y Borsanto, M. (2019). Towards Regenerative Supply Networks: A design framework proposal. *Journal of Cleaner Production*, 221, 145-156.

de Souza, V., Melare, A., Montenegro Gonzalez, S., Faceli, K., y Casadei, V. (2017). Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. *Waste Management*, 59, 567-584.

Deloitte. (2019). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte-Reporte-Global-Competitividad: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/gt/Documents/finance/191009-Deloitte-Reporte-Global-Competitividad.pdf>

D'Eusano, M., Zamagni, A., y Petti, L. (2019). Social sustainability and supply chain management: Methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 235, 178-189.

Erener, A., Mutlu, A., y Sebnem Düzgün, H. (2016). A Comparative Study for Landslide Susceptibility Mapping Using Gis-Based Multi-Criteria Decision Analysis (Mcd), Logistic Regression (Lr) And Association Rule Mining (Arm). *Engineering Geology*, 203, 45-55.

Eskandarpour, M., Dejax, P., Miemczyk, J., y Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54, 11-32.

Estrada Mejía, S., Restrepo de Ocampo, I. S., y Silva, B. (2010). Análisis De Los Costos Logísticos En La Administración De La Cadena De Suministro. *Scientia Et Technica*, 272-277. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249050.pdf>

Fahimniaa, B., Tang,, Davarzani, H., y Sarkis, J. (2015). Quantitative models for managing supply chain risks: A review. *European Journal of Operational Research*, 247, 1-15.

Foresight. (2019). *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*. Londres: Foresight. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/781295/automation_in_freight.pdf

Gbededoa, M., y Liyanagea, K. (2020). Descriptive framework for simulation-aided sustainability decision-making: A Delphi study. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 45-57.

Ghiani, G., Laporte, G., y Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. Chichester: John Wiley and Sons.

Guarnieri, P., Sobreiro, V. A., Nagano, M. S., y Marques Serrano, A. L. (2015). The Challenge Of Selecting And Evaluating Third-Party Reverse Logistics Providers In A Multicriteria Perspective: A Brazilian Case. *Journal Of Cleaner Production*, 96(4333), 209-219.

Hasana, M., Jianga, D., Sharif, E.-A., Ullahb, A., y E-Alama, M. (2020). Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems With Applications*, 139(112799).

He, J., Feng, C., Hu, D., y Liang, L. (2017). A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on A Novel Stochastic Mcda Method: Evidence from China. *Mathematical Problems In Engineering*, 2017(7804781).

Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications. A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228.

Kijewska, K., Torbacki, W., y Iwan, S. (2018). Application of Ahp And Dematel Methods In Choosing And Analysing The Measures For The Distribution Of Goods In Szczecin Region. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).

Krugman, P. R., y Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional, Teoría y política*. Madrid: Pearson Educación, SA.

Laseter, T., y Oliver, K. (2003). *When Will Supply Chain Management Grow Up?* Recuperado el 1 de Junio de 2019, de Strategy+Business: <https://www.strategy-business.com/article/03304?pg=0>

Liu, X. (2014). China-based logistics research: a review of the literature and implications. *International Journal of Physical Distribution y Logistics Management*, 44(5), 392-411. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2012-0225>

Lombana, J., y Rozas Gutierrez, S. (2009). Marco Analítico de la competitividad. Fundamentos para la Competitividad Regional. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 1-18.

Longaray, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Dutra, A., y Munhoz, P. (2018). Using Mcda To Evaluate the Performance Of The Logistics Process In Public Hospitals: The Case Of A Brazilian Teaching Hospital. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 133-156.

Macharis, C., y Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*, 37, 177-186.

Martí Selva, M., Puertas Medina, R., y Garcia, L. (2014). Importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2014.916394>

Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., y Spinler, S. (2020). Sustainability Assessment of Last-Mile Logistics and Distribution Strategies: The Case of Local Food Networks. *International Journal of Production Economics*, 228(107746).

Mieg, H. A. (2009). Two Factors of Expertise? Excellence and Professionalism of Environmental Experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91-115.

Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil. (2020). *itamaraty.gov.br*. Obtenido de Banco Mundial: [http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgi%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20\(BIRD\)](http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgi%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20(BIRD)).

Mintransportes, BID. (2018). *Sistema Logístico Nacional, Una Estrategia para la Competitividad*. Estudio BID, Ministerio de Transportes/BID, Bogotá. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/Estudios%20BID/Libro%20Blanco.pdf?ver=2018-12-14-113134-343>

Moreno Jimenez, J., Aguaron, J., y Escobar, M. (2008). The core of consistency in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 17(3), 249-265.

Moreno Jimenez, L. (2002). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones*.

Oleśków-Szłapkaa, J., Wojciechowska, H., Domańska, R., y Pawłowski, G. (2019). Logistics 4.0 Maturity Levels Assessed Based on GDM (Grey Decision Model) and Artificial Intelligence in Logistics 4.0 – Trends and Future Perspective. *Procedia Manufacturing*, 39, 1734-1742.

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Obtenido de Encuesta Nacional Logística : <http://onl.dnp.gov.co/es/Publicaciones/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/Presentaci%C3%B3n%20Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2018: <http://onl.dnp.gov.co/es/enl/Paginas/2018.aspx>

ONL. (2020). *Encuesta Nacional Logística 2020*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2020: <https://onl.dnp.gov.co/logistica/Paginas/default.aspx>

Ortiz Torres, M., M., P., Valdés, F., y Arias Castillo, E. (2013). Desempeño logístico y rentabilidad económica. Fundamentos teóricos y resultados prácticos. *Economía y Desarrollo*, 182-193. Recuperado el 18 de 9 de 2020, de <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/264>

Padilla, R. (27-29 de 9 de 2006). *competitividad.org.do*. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 9 de 9 de 2020, de Instrumentos de medición de la competitividad: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2009/01/2.1Indicadoresdecompetitividad1.pdf>

Pereira, T., y Ferreira, F. A. (2017). A Multicriteria Decision Making Model For Assessment And Selection Of An Erp In A Logistics Context. *Aip Conference Proceedings*.

Pereira, T., Ferreira, F. A., y Araújo, C. (2019). A Multicriteria Decision Model For The Selection Of An Information System For A Logistics Company Using Mmassi/Itopen Access. *International Journal for Quality Research*, 13(4), 837-848.

Porter, M. (Marzo - Abril de 1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review Home*, 73-95. Obtenido de <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/156634860/Competitive-Advantage-Creating-and-Sustaining-Superior-Performance-Michael-Porter-1985>

Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J., y Gaudenzi, B. (2018). Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 196, 24-42.

Ramírez Díaz, L. (2006). La competitividad ... ¿a qué se refiere? *Ensayos de Economía*, 107-117.

Rebula de Oliveira, U., Silva Marins, F., Martins Rocha, H., y Pamplona Salomon, V. A. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 616-633.

Reeb, C. W., Venditti, R., Gonzalez, R., y Kelley, S. (2016). Environmental Lca And Financial Analysis To Evaluate The Feasibility Of Bio-Based Sugar Feedstock Biomass Supply Globally: Part 2. Application Of Multi-Criteria Decision-Making Analysis As A Method For Biomass Feedstock Comparisons. *Bioresources*, 11(3), 6062-6084.

Rey, M. F. (2008). *Encuesta Nacional Logística – Resultados del Benchmarking Logístico – Colombia 2008*. Latin America Logistics Center (LALC). Cali Colombia: Latin America Logistics Center (LALC). Recuperado el 20 de 11 de 2020, de <https://www.icesi.edu.co/blogs/logisticawww/files/2012/05/REPORTE-ENL-COLOMBIA.pdf>

Rezaei, J., van Roekel, W., y Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.

Saaty, T. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

Saaty, T., y Ergu, D. (2015). When in a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multicriteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology y Decision Making*, 14(6), 1171.1187.

San Martin, D., Orive, M., Martínez, E., Vázquez, L., y Zufia, J. (2017). Decision Making Supporting Tool Combining Ahp Method with Gis For Implementing Food Waste Valorization Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1555-1567.

Sawicka, H. (2020). The methodology of solving stochastic multiple criteria ranking problems applied in transportation. *Transportation Research Procedia*, 47, 219-226.

SCC. (2012). *Scor, Supply Chain Operations, Revision 11.0*. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>

Servera-Francés, D. (Septiembre-Diciembre de 2010). Concepto y evolución de la función Logística. *Innovar Journal*, 20(38), 217-234. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>

Shaw, A. W. (1916). *Some problems in Market Distribution*. Boston: Harvard University Press. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015063904661yview=1upyseq=4>

Subramanian, N., y Ramanathan, R. (2012). A Review of Applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241.

Suñol, S. (abril-junio de 2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 31(2), 179-198. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7438487.pdf>

Vásquez-Bernal, O. A. (2019). *Diseño de una Metodología de Análisis Multicriterio para la Certificación de los Profesionales de Ingeniería en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), 84-88.

Vieira, B. O., Guarnieri, P., Silva, L. C., y Alfinito, S. (1 de May de 2020). Prioritizing Barriers to Be Solved to The Implementation Of Reverse Logistics Of E-Waste In Brazil Under A Multicriteria Decision Aid Approach. *Sustainability*, 12(10), 1-30.

Von Bertalanffy, K. L. (1976). *Teoría General de Sistemas*. Mexico D.F.: Editorio, Fondo de Cultura Económica.

Watróbski, J. (2016). Outline of Multicriteria Decision-Making In Green Logistics. *Transportation Research Procedia*, 16, 537-552.

Watróbski, J., Jankowski, J., Ziembaa, P., Karczmarczyk, A., y Ziółoa, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107-124.

Watróbski, K., Matecki, K., Kijewska, K., Karczmarczyk, A., y Thompson, R. G. (2017). Multi-Criteria Analysis of Electric Vans For City Logistics. *Sustainability*, 9(1453), 1-30.

WEF. (2019). *A Platform for Impact*. Ginebra Suiza: WEF. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Institutional_Brochure_2019.pdf

WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra Suiza: WEF.

WEF. (2020). *World Economic Forum*. Obtenido de Our Mission: <https://es.weforum.org/about/world-economic-forum>

Zak, J., y Galinska, B. (2018). Design and Evaluation of Global Freight Transportation Solutions (Corridors). Analysis of a Real-World Case Study. *Transportation Research Procedia*, 30, 350-362.

RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL CONTEXTO COLOMBIANO



Diego Karachas Rodríguez Segura⁷

ANTECEDENTES

Los retos de la industria 4.0 son de carácter mundial dado que la digitalización industrial conecta a países y continentes, por lo cual se vuelve es un reto la normalización entre economías, bloques económicos, continentes y flujos de mercados e información. Se identifica a través de la bibliografía la necesidad de distinguir los retos para las economías emergentes, dado que presentan en altos porcentajes similitudes con los mismos actores interesados, gobiernos, sector privado, academia y sociedad. Se establece una matriz de los retos identificados por otras investigaciones y revisiones académicas, detectando las debilidades comunes en el reto de la industria 4.0. De esta manera se establece una metodología para identificar con base en información oficial por medio de las grandes encuestas que caracterizan los temas alrededor de los retos de la industria 4.0, que en este caso se tiene en cuenta la Encuesta Nacional Logística y la Encuesta Nacional de las Tecnologías de la Información, estableciendo los respectivos análisis y conclusiones.

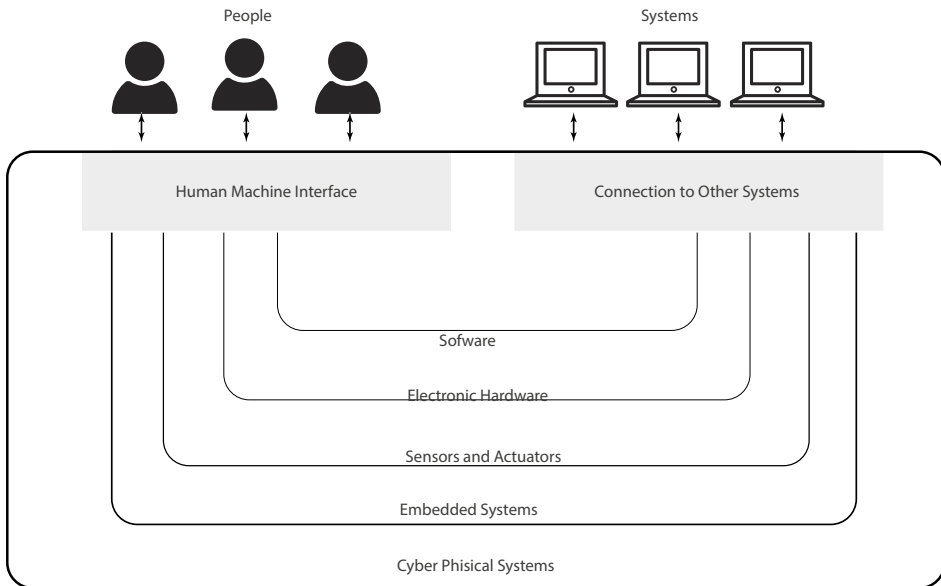
MARCO CONCEPTUAL

La Industria 4.0 es la integración de maquinaria y dispositivos físicos complejos con sensores y *software* en red, que se utilizan para predecir, controlar y planificar mejores resultados empresariales y sociales; la Industria 4.0 se define como “un nuevo nivel de organización y gestión de la cadena de valor en todo el ciclo de vida de los productos de igual forma en un término colectivo para las tecnologías y los conceptos de organización de la cadena de valor” (Zhou, Liu, y Zhou, 2015), la industria 4.0 apareció por primera vez en un artículo publicado en noviembre de 2011 por el Gobierno alemán resultante de una iniciativa sobre la estrategia de alta tecnología para 2020.

Las fábricas inteligentes estructuradas con modulares de Industria 4.0 o conocidos como sistemas ciberfísicos (CPS) que monitorean los procesos físicos, crean una copia virtual del mundo físico y toman decisiones descentralizadas mediante señales que a través del Internet de las Cosas (IoT) con CPS se comunican y cooperan entre

sí con los humanos en tiempo real, donde los participantes de la cadena de valor ofrecen y utilizan el Internet de Servicios (IoS) (Lu, 2017). La Industria 4.0 trae cambios disruptivos a las cadenas de suministro, modelos de negocios y procesos de negocios (Figura 10).

Figura 10. Interacción humana y máquina en un CPS



Nota: Mecanismos de interacción humana y máquina con sistemas ciber físicos CPS. Kamble, Gunasekaran, y Sharma, (2018).

Los principios de Industria 4.0 son interoperabilidad, virtualización, descentralización, capacidad en tiempo real, orientación de servicio y modularidad (Shastri, Singh, y Gupta, 2015). La Industria 4.0 se puede resumir como un proceso de fabricación integrado, adaptado, optimizado, orientado al servicio e interoperable, que se correlaciona con algoritmos, *big data* y altas tecnologías.

Como tecnología emergente se espera que los Sistemas Ciberfísicos (CPS) ofrezcan soluciones prometedoras para transformar la operación y el papel de muchos sistemas industriales existentes. Algunos de estos conceptos se establecen en la tabla 12.

Los CPS, como los sistemas de producción física cibernética (CPPS) de la Industria 4.0, se activan y aplican mediante el desarrollo de entidades computacionales, procedimientos relacionados con datos, automatización y tecnología de fabricación, y

Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) (Monostori *et al.*, 2016, p. 621). La Industria 4.0 hace que la integración de valor agregado ocurra horizontal y verticalmente en el proceso de fabricación, específicamente, el procedimiento horizontal está integrado por módulos de creación de valor desde el flujo de material hasta la logística del ciclo de vida del producto, mientras que el procedimiento vertical integra el producto, el equipo y las necesidades humanas con diferentes niveles de agregación de los sistemas de creación de valor y fabricación. La inteligencia y la digitalización se integran desde la adquisición de materia prima hasta el sistema de fabricación, el uso del producto y el final de la vida útil del producto (Monostori *et al.*, 2016, p. 626).

CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN LA INDUSTRIA 4.0

Son muchos los conceptos generados alrededor de la industria 4.0, de esta manera se identifican los más relevantes como referencia para entender los desafíos que las industrias tradicionales debe distinguir para adaptarse a los cambios, como se describe en la tabla 12.

Tabla 12. *Conceptos fundamentales de la Industria 4.0*

Conceptos	Descripciones
Fábrica inteligente	La fábrica inteligente es más automatizada, flexible y dinámica. La fabricación está equipada con sensores, actores y sistemas autónomos. Las máquinas y los equipos tendrán la capacidad de mejorar los procesos mediante la auto-optimización y toma de decisiones de manera autónoma.
Nuevos sistemas en el desarrollo de productos y servicios	El desarrollo de productos y servicios es individualizado. Siendo de gran importancia, los enfoques de la innovación abierta y la inteligencia del producto, así como la memoria del producto.

Conceptos	Descripciones
Auto organización en la fabricación	Los procesos cambian en toda la cadena de suministro y fabricación; estos cambios tienen un impacto en los procesos cambiantes de la gestión de proveedores, la logística y gestión del ciclo de vida de un producto. Junto con todos estos cambios, los procesos de fabricación se conectan entre las empresas. Estos cambios requieren una mayor descentralización, de los sistemas de fabricación existentes.
CPS	El CPS (Car Picking System) comprende máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción que pueden intercambiar información, desencadenar acciones y controlarse de forma independiente. Los productos basados en múltiples agentes, pedidos, procesos de máquinas, controles, inteligencia artificial y algoritmos genéticos presentan un proceso integral de interoperabilidad.
Interoperabilidad	Integración con clientes y proveedores y la adopción de negocios de modelos innovadores. El aspecto crucial asociado con la industria 4.0 son las redes inteligentes basadas en CPS. Al respecto, ISO 16100 define la interoperabilidad como la capacidad de compartir e intercambiar información utilizando una sintaxis y una semántica comunes para cumplir con una relación funcional específica de la aplicación a través de una interfaz común.
Sistemas de producción ciber física	Los sistemas de producción ciber física (CPPS) consisten en componentes automatizados que se comunican entre sí a través de múltiples niveles de una instalación de fabricación o producción, incluidas las redes de planta, almacén y logística. Las características de los CPPS incluyen interacciones inteligentes y autónomas de objetos CPS, capacidad de respuesta a los cambios, integración de recursos de fabricación en la nube como servicios adaptables y seguros.
Productos inteligentes	En los productos se insertan sensores y microchips que permiten la comunicación a través de IoT entre sí y con los seres humanos convirtiéndose en objetos “inteligentes” a medida que sus fabricantes conectan sensores a su embalaje que pueden ser detectados cuando se está utilizando el producto y pueden comunicarse con teléfonos inteligentes cuando se escanea. Estos productos inteligentes están provocando invasión de la privacidad y, en consecuencia, seguridad personal.
Nuevos sistemas en distribución y manufactura	Se sugiere que estos sistemas de distribución y manufactura pueden ser una combinación de herramientas robóticas personales inteligentes, como lo son Siri, Viv, Cortana, Google Now, desde el enfoque del internet en las cosas (IoT). Eso puede convertirse en el modelo dominante de la interacción entre compradores y vendedores.
Adaptación a las necesidades humanas	Sistemas ciberfísicos en donde se integran la computación, las redes y los procesos físicos. Un ejemplo es el control de funciones humanas vitales que permiten la atención médica urgente a través de aplicaciones móviles, sensores en ropa y sensores y cámaras de vigilancia en pisos.

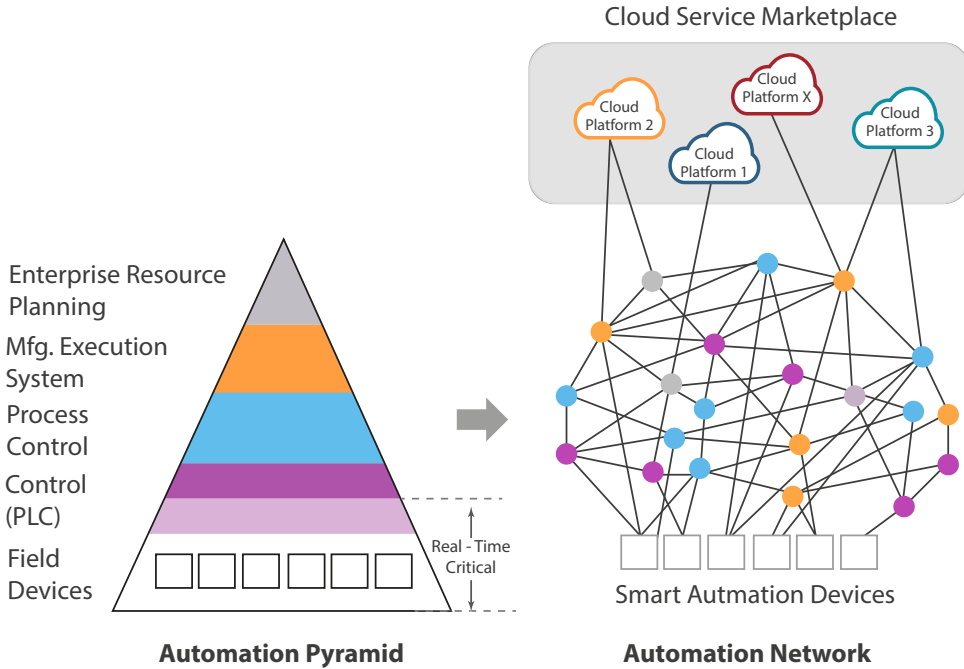
Conceptos	Descripciones
Smart city	Smart city se define como una ciudad que comprende seis factores en su política de desarrollo: economía inteligente, movilidad inteligente, entorno inteligente, personas inteligentes, vida inteligente, y gobernanza inteligente. Es el producto del desarrollo acelerado de la nueva generación de las Tecnologías de la Información (TI) y la economía basada en el conocimiento, por medio de la combinación de redes de internet, de telecomunicaciones, de transmisión inalámbrica de banda ancha y otras redes de sensores con el IoT como núcleo.
Sostenibilidad digital	La sostenibilidad y la eficiencia de los recursos están cada vez más en el centro del diseño tanto de ciudades como de fábricas inteligentes, con el componente ético en el manejo de información privada.

Nota: Descripción de conceptos fundamentales en la industria 4.0 a partir de Roblek, Meško, y Krapež, (2016).

PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0

Es importante tener en cuenta que una de las bases de la industria 4.0 es la automatización, la cual se modifica con las nuevas tecnologías y en la manera que cambia la pirámide y la conforma en un sistema de nodos interconectados que llevan información entre los diferentes conjuntos de sensores, controladores (PLC), procesadores industriales (CPPS), sistemas de información y ERP, de esta manera la tradicional “pirámide de automatización” para el control de fabricación, surgen problemas de integración en la planificación de recursos empresariales (ERP), los sistemas de ejecución de fabricación (MES). Del mismo modo, la fabricación inteligente requiere integración de servicios basados en la nube, de manera diversa interconectados con las empresas, las fábricas inteligentes, junto con sus procesos controlados por dispositivos inteligentes (Figura 11). Esta integración requiere de un intercambio continuo de información entre estos sistemas heterogéneos que operan bajo una amplia variedad de estándares de comunicación (Ray y Jones, 2006).

Figura 11. Interpretación de la pirámide de automatización en la red de automatización en la industria 4.0



Nota: Descripción de la automatización de sistemas de la industria 3.0 a la industria 4.0. Ray y Jones, (2006).

RETOS EN LA INDUSTRIA 4.0

Los desafíos en la industria 4.0 se interpretan como los requisitos para ser considerado estar en los niveles de digitalización industrial y de automatización; de esta manera para tener esta transformación en la industria tradicional se identifican los problemas principales que afectan al modelo de negocio tradicional y paralelamente se identifican los requisitos principales para enfrentar la transformación digital. Como se describe en la tabla 13.

Tabla 13. Características, problemas y requisitos en la Industria 4.0

Características principales de la industria 4.0	Problemas principales que afectan al modelo de negocio tradicional	Requisitos principales para enfrentar la transformación digital
Interoperabilidad	Redes y reducción de barreras	Digitalización, redes y reducción de barreras
Virtualización	Flexibilidad y personalización	Flexibilidad y personalización
Descentralización de la decisión	Producción en masa individualizada	Producción en masa individualizada
Fabricación	Producción local	Producción local
Capacidad en tiempo real	Precio bajo	Precio bajo
Servicio de orientación	Bienes y servicios inteligentes	Bienes y servicios inteligentes
Modularidad	Fragmentación de la cadena de valor	Fragmentación de la cadena de valor
	Globalización y descentralización de la producción	Globalización y descentralización de la producción
	Sistemas de producción integrados V-H	Marco legal

Nota: Descripción de las características, problemáticas y requisitos para la aplicación de la industria 4.0 en las empresas. Pereira y Romero (2017).

El conjunto de barreras para el desarrollo de la Industria 4.0, se identifica como los desafíos a superar que dependen del entorno en cada país, de las condiciones sociales, económicas, tecnológicas, la seguridad institucional, la competitividad, el nivel industrial, lo que hace que diferentes autores identifiquen desafíos distintos para países de economías emergentes, como se indican en la tabla 14.

Tabla 14. Desafíos en la Industria 4.0 en economías emergentes

Desafíos	Conceptos
Baja comprensión de las implicaciones de la industria 4.0	Hay un conocimiento muy bajo sobre las implicaciones de la Industria 4.0 entre los investigadores y los profesionales. Se requiere de una investigación altamente organizada y focalizada para su adopción en el entorno de fabricación.
Pobre investigación y desarrollo en la adopción de la Industria 4.0	La mayoría de las organizaciones empresariales se enfrentan a diferentes problemas en la adopción efectiva de la industria 4.0 debido a la ausencia de estrategias para la transformación empresarial. La razón principal detrás de esto es la falta de investigación enfocada en abordar los diversos aspectos de la adopción de la industria 4.0.

Desafíos	Conceptos
Asuntos legales	Industria 4.0 tiende a desarrollar una red ciberfísica donde varias máquinas, sensores, instalaciones y humanos están interconectados mediante aplicaciones en la nube que permiten intercambiar datos entre sí. Para ayudar a las industrias se deben tener en cuenta un marco legal definido que permitan adoptar ideas y procedimientos tecnológicos modernos.
Visión y estrategia de operaciones digitales de la empresa pobre	La Industria 4.0 describe un enfoque innovador para las operaciones comerciales y especialmente la fabricación mediante la transformación digital, lo que requiere una visión y misión clara sobre las operaciones digitales.
Bajo apoyo de gestión y dedicación	La Industria 4.0 exige una transformación en los procesos comerciales y las actividades de la cadena de suministro, para lo cual es necesario establecer prácticas de gestión.
Problemas de perfil y complejidad	En los últimos años, las cadenas de suministro se están volviendo globales y se caracterizan por estructuras altamente complejas. Por lo tanto, la fuerza laboral debe estar capacitada para conocer los procesos esenciales, sus dependencias y la interpretación de datos para aceptar la digitalización en el entorno de fabricación. Los profesionales de negocios generalmente carecen de competencias para gestionar los problemas de complejidad relacionados con el análisis de datos, el espacio o el tiempo, el uso de instrucciones particulares, en la adopción efectiva de la Industria 4.0.
Falta de cultura digital	La digitalización es el requisito principal para iniciar la industria 4.0 en el entorno empresarial. Además, la industria 4.0 generalmente es de naturaleza interdisciplinaria y se requiere la digitalización para conectar diferentes elementos de una red.
Comportamiento renuente hacia la Industria 4.0	La mayoría de las industrias aún no están familiarizadas con el tema de la industria 4.0. Debido a la ignorancia de los posibles beneficios, la mayoría de las industrias son reacias a adoptar tecnologías basadas en la Industria 4.0.
Beneficio económico poco claro de las inversiones digitales	En la Industria 4.0, se hace hincapié en su competencia técnica y conocimiento, mientras que la discusión económica aún está incipiente. La falta de un retorno de la inversión claramente definido podría verse como uno de los principales desafíos para las iniciativas de la Industria 4.0 para lograr la sostenibilidad.
Falta de estándares globales y protocolos de intercambio de datos	Para lograr el éxito en esto, las industrias deben seguir estándares globales y protocolos de intercambio de datos. Se ha notado que las industrias carecen de estándares y protocolos en las transferencias de datos al adoptar tecnologías modernas de interfaz de información orientadas a la sostenibilidad en las redes comerciales.
Falta de infraestructura y redes basadas en internet	La alta infraestructura, las instalaciones y tecnologías basadas en Tecnología de la Información son cruciales para la adopción efectiva de los conceptos de la Industria 4.0. La mala conectividad a Internet es una barrera que debe superarse para las iniciativas de la Industria 4.0.

Desafíos	Conceptos
Falta de competencia para adoptar / aplicar nuevos modelos de negocio	El sistema industrial actual necesita un entorno altamente personalizado y flexible para competir a nivel mundial. En este sentido, las industrias necesitan adoptar nuevos modelos de negocio. La integración de múltiples sistemas requiere un alto uso de datos, especialmente procesos de fabricación. El análisis industrial de big data aumenta la productividad de las empresas y la predicción de nuevos eventos que proporciona una base concreta para planificar nuevos proyectos.
Mala calidad de los datos existentes	La calidad de los datos es uno de los requisitos principales para tomar decisiones en la adopción exitosa de la Industria 4.0. El hecho de interconectar varias máquinas, sensores, sistemas de fabricación e instalaciones requiere el manejo de un alto volumen de información.
Falta de integración de plataformas tecnológicas	La integración de la tecnología es esencial para la comunicación efectiva y mayor productividad. Las industrias enfrentan dificultades para diseñar una interfaz flexible para integrar varios componentes heterogéneos.
Problema de coordinación y colaboración	La colaboración y la transparencia entre los miembros son importantes para comprender las políticas organizacionales al adoptar conceptos de la Industria 4.0 y mejorar la sostenibilidad de la cadena de suministro.
Temas de seguridad	Una de las características de Industria 4.0 es la capacidad de conectarse a través de entornos organizacionales, lo que tiene el potencial de hacer que la cadena de suministro sea más eficiente. Sin embargo, son vulnerables a los ataques cibernéticos.
Falta de apoyo y políticas gubernamentales	Las políticas y normas gubernamentales son cruciales para desarrollar la sostenibilidad de la cadena de suministro a través de la Industria 4.0. Claramente, hay una falta de directrices sobre la Industria 4.0 en la mayoría de las economías.
Restricciones financieras	En la industria 4.0, las restricciones financieras se consideran un desafío importante entre las organizaciones empresariales para desarrollar sus capacidades en términos la adquisición de equipos de alta tecnología.

Nota: Descripción de los desafíos para la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en las economías emergentes. Tomado de: (Luthra y Mangla, 2018).

METODOLOGÍA

Se realiza la consulta bibliográfica buscando identificar cuáles son los retos percibidos por diferentes autores en economías emergentes, en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0, estableciendo una tabla con los retos y sus descripciones, para hacer comparaciones en el contexto colombiano, identificando las

debilidades y barreras para el contexto colombiano. De esta manera, se toma información reciente, teniendo en cuenta dos encuestas realizadas en los dos últimos años, la Encuesta Nacional Logística desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación en 2018 y la Encuesta Nacional TIC de 2017 en Colombia. Basándose en las debilidades y barreras, en los resultados y los insumos se analizan los datos obtenidos mediante un esquema metodológico de revisión de información (Figura 12).

Figura 12. Esquema metodología y manejo de la información retos Industria 4.0 para el contexto colombiano.



Nota: Descripción de la metodología sugerida para el manejo de la información y los retos de la aplicación de la industria 4.0 en el contexto colombiano. Los autores (2021).

RESULTADOS IDENTIFICADOS

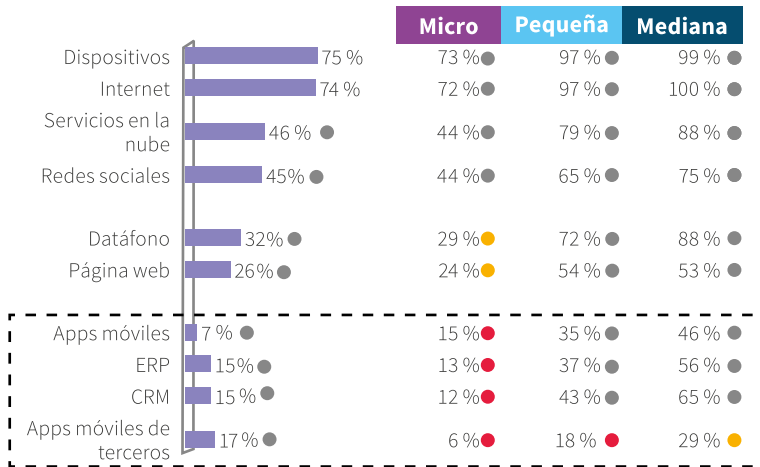
A partir de la revisión de las fuentes bibliográficas y los documentos de distintos gremios, se identifican algunas debilidades relacionadas con la investigación y desarrollo de la industria 4.0, legislación, estrategia en operaciones digitales, percepción de la industria 4.0 en economías emergentes (Tabla 15).

Tabla 15. Debilidades en economías emergentes

Debilidades	
Investigación y desarrollo en la adopción de la Industria 4.0	Falta de estándares globales y protocolos de intercambio de datos
Asuntos legales	Falta de infraestructura y redes basadas en internet
Visión y estrategia de operaciones digitales de la empresa	Falta de competencia para adoptar / aplicar nuevos modelos de negocio
Bajo apoyo de gestión y dedicación	Baja calidad de los datos existentes
Problemas de perfil y complejidad	Falta de integración de plataformas tecnológicas
Falta de cultura digital	Problema de coordinación y colaboración
Comportamiento renuente hacia la Industria 4.0	Temas de seguridad
Beneficio económico poco claro de las inversiones digitales	Falta de apoyo y políticas gubernamentales Restricciones financieras

Nota: Identificación de debilidades para la implementación de la industria 4.0 en las economías emergentes. Elaboración de los autores a partir de la revisión bibliográfica (2021).

De la encuesta de TIC se identifican algunas debilidades y aunque la tenencia de herramientas básicas es alta, *softwares* más especializados como CRM (15 %) y ERP (15 %) presentan menores niveles de tenencia en las microempresas un 13 % y en las pequeñas empresas en un 12 % (Figura 13).

Figura 13. Tenencia de tecnologías en la industria colombiana

Nota: Distribución de la tenencia de tecnología según la composición de empresas en Colombia. Encuesta Nacional TIC 2017.

En la encuesta TIC se encuentra analogía con las debilidades identificadas en las economías emergentes, destacándose la falta de integración de plataformas tecnológicas, como se refiere en la figura anterior. En el caso de las aplicaciones móviles (Apps), la tenencia de la industria según su composición representa para la mediana empresa un 46 %, la pequeña empresa un 35 % y la microempresa un 15 % evidenciando como uno de los retos la relevancia de la incorporación tecnológica.

La automatización en la industria se evidencia el 15 % de Sistemas de Información de requerimientos ERP al igual que los CRM. Con relación a la Encuesta Nacional Logística de 2018 en lo relacionado con el uso de tecnología, se identifica la existencia de herramientas para tener una mayor trazabilidad sobre los procesos, como un elemento central de la competitividad y la innovación, puntos clave en la economía global y en el papel cada vez más relevante en la logística para desempeño productivo. Se evidencia que un 93 % las empresas no utilizan tecnologías en los procesos de logística, aunque sí reconocen que las necesitan. Como el caso de la factura electrónica con un 21,9 %, el rastreo y seguimiento de pedidos (10,1 %) y la captura con código de barras (13,3 %), como lo describe la siguiente figura.

Figura 14. Empresas que no utilizan tecnologías en logística y las necesitan

Empresas que no utilizan tecnologías en logística y las necesitan	No utiliza	No utiliza y necesita
Rastreo y seguimiento de vehículos	87,8 %	8,3 %
Rastreo y seguimiento de pedidos	85,5 %	10,1 %
Sistemas y aplicativos de planificación de recursos empresariales -ERP	97,6 %	6,3 %
Sistemas y aplicativos de administración de transporte - TNS	97,2 %	3,8 %
Sistemas y/o aplicativos de administración de transporte - TMS	98,6 %	3,3 %
Pronósticos y/o planeación de demanda	97,9 %	6,9 %
Captura con código de barras	92,8 %	13,3 %
Captura con identificación de radio frecuencia -RFID	98,9 %	2,2 %
Intercambio electrónico de datos -EDI	92,1 %	3,8 %
Factura electrónica	86,6 %	21,9 %

Nota: Distribución de las tecnologías no utilizadas por las empresas en Colombia, aunque se reconocen como necesarias. Elaboración de los autores a partir de la Encuesta Nacional Logística DNP 2018 (Másmela *et al.*, 2018)

CONCLUSIONES

Dentro de los desafíos en materia del desarrollo y transformación hacia una industria 4.0, se destacan diferentes grupos de interés tales como Gobierno, sector privado, academia y sociedad. De forma transversal se hacen relevantes, aspectos que impulsan como lo son la tecnología, la economía, la competitividad, el interés político, la innovación con cambios de negocio, la educación con investigación desde los diferentes actores interesados.

Con la información identificada en las encuestas, la tecnología se destaca dado que presenta cifras muy limitadas para garantizar un proceso escalonado a la implementación de procesos automatizados en la industria y de la utilización de sistemas informáticos especializados como los CRM y ERP en la industria colombiana.

REFERENCIAS

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., y Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101(July), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.comp-ind.2018.06.004>

Lu, Y. (2017). Journal of Industrial Information Integration Industry 4 . 0 : A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

Luthra, S., y Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., ... Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621–641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>

Pereira, A. C., y Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>

Ray, S. R., y Jones, A. T. (2006). Manufacturing interoperability. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(6), 681–688. <https://doi.org/10.1007/s10845-006-0037-x>

Roblek, V., Meško, M., y Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>

Shastri, A., Singh, S. R., y Gupta, S. (2015). Supply chain management under the effect of trade credit for deteriorating items with ramp-type demand and partial back-ordering under inflationary environment. *Uncertain Supply Chain Management*, 3(4), 339–362. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2015.6.001>

Zhou, K., Liu, T., y Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>

ESTADO DE CONOCIMIENTO DEL GRADO DE MADUREZ DE REDES GLOBALES DE VALOR



Woody Figueroa Peinado⁸

Benjamín Pinzón Hoyos⁹

José Daniel Gómez Méndez¹⁰

José Martín Díaz Pulido¹¹

8 Docente investigadora. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO - woody.figueroa@uniminuto.edu

9 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – benjamin.pinzon@unad.edu.co

10 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – josed.gomez@unad.edu.co

11 Docente investigador. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO – jose.diazp@uniminuto.edu

Las organizaciones humanas son entes orgánicos que, al igual que sus creadores, responden a un ciclo de vida donde su nacimiento, juventud, madurez y envejecimiento, son parte de su evolución (Greiner, 1972), (Adizes, 1994). Las cadenas de suministro como entidades que contiene dos o más organizaciones legalmente separadas, (Cannella, *et al.*, 2010), en palabras de Bustillos y Carballo, citando a Li, *et al.* (2009) requieren “ir más allá de los límites de una sola empresa, hacia la integración de los procesos comerciales entre los socios a lo largo de toda la cadena” ... “como un sistema completo, lo que puede conducir a un rendimiento superior” (2018). Las redes globales de valor son una extensión regional ampliada del concepto de *supply chain*, (Nukala, Sampath, p. 177, 2013). Reconocer la relación entre grados de madurez y cadenas globales de suministro, se convierte en el tema principal discutir en este apartado.

Con el fin de identificar el estado de conocimiento desde la perspectiva de autores, del grado de madurez de las redes globales de valor se definen tres ecuaciones de búsqueda: “*global value chain*”, relacionado en el informe anterior, “maturity”, “logistics” and “maturity” y “supply chain” and “maturity”, estos dos últimos relacionados a continuación:

GRADO DE MADUREZ “GLOBAL VALUE CHAIN” AND “MATURITY”

Para la realización de las consultas se ha utilizado la ecuación de búsqueda “global value chain” and “matutritry” en bases de datos de la biblioteca de la UNAD; de igual forma se realizaron consultas en Google Scholar, Research Gate, etc. En esta búsqueda no se encontró como tal GVC and Maturity. De la búsqueda se han seleccionado cinco artículos con mayor aproximación así:

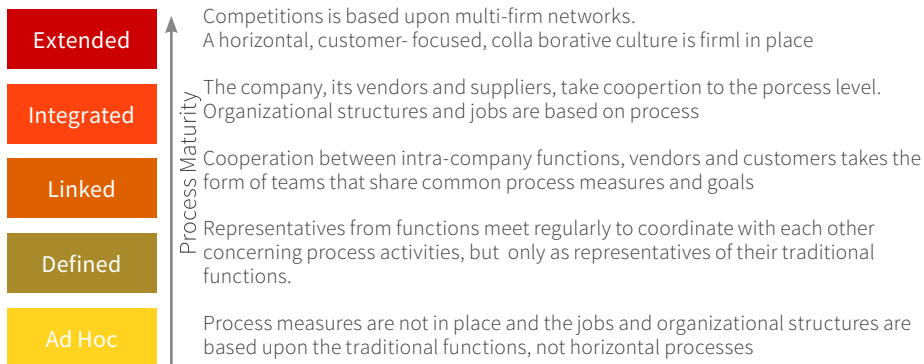
1. How mature is your global supply chain?
2. Analysis of companies’ digital maturity by hesitant fuzzy linguistic MCDM methods.

3. Supply Chain Management Maturity Level Assessment.
4. Diagnóstico de la madurez de los procesos de la cadena de valor de una pequeña empresa mexicana de productos de maíz.
5. Engineering change management maturity assessment model with lean criteria for automotive supply chain.
6. Modelos de madurez y su idoneidad para aplicar en pequeñas y medianas empresas.

Sobre las lecturas de estos artículos se realiza el resumen de algunos de ellos.

How Mature is your Global Supply Chain? Con relación a los modelos de madurez, Sernick (2017) menciona que hay una serie de artículos académicos escritos sobre el tema y según a quien leas, hay cuatro o cinco niveles en el modelo de madurez. Para su discusión Sernick utiliza el modelo CIPS¹² (Figura 15).

Figura 15. Niveles de madurez



Nota: Descripción de los niveles del proceso de madurez. Sernick, (2017)

En términos generales, los niveles de madurez son:

Ad hoc (nivel 1): no hay métricas para los procesos. Los trabajos y las estructuras organizativas se basan en las funciones tradicionales, no en los procesos horizontales.

Definido (L2): los representantes funcionales se reúnen regularmente para coordinarse entre sí en relación con las actividades del proceso, pero solo como representantes de sus funciones tradicionales.

Vinculado (L3): la cooperación entre las funciones internas de la empresa, los proveedores y los clientes adopta la forma de equipos que comparten medidas y objetivos de procesos comunes.

Integrado (L4): la empresa, sus clientes y proveedores cooperan a nivel de procesos. Las estructuras organizativas y los trabajos se basan en procesos.

Extendido (L5): la competencia se basa en redes de empresas múltiples. Se encuentra establecida firmemente una cultura de colaboración horizontal, centrada en el cliente.

Otros estudios dividen la cadena de suministro en cuatro niveles de madurez. A medida que las organizaciones aumentan el nivel de madurez de sus procesos, obtienen beneficios operativos y financieros reales. Cuanto más maduros son los procesos de la organización, más optimizadas se vuelven las operaciones de la cadena de suministro, más visibilidad tienen del producto a lo largo de la cadena de suministro, menor es el costo total de aterrizaje del producto y mayor es la utilización de capital. En pocas palabras: las empresas con procesos de negocio de cadena de suministro maduros son más rentables y, por lo tanto, más competitivas.

Büyüközkan, G., Güler, M., y Kahraman, C., (2020) en su artículo *Analysis of companies digital maturity by hesitant fuzzy linguistic MCDM methods*, presenta un marco de decisión basado en los métodos HFLTS¹³, Proceso de jerarquía analítica lingüística difusa vacilante AHP¹⁴ y Evaluación de la relación aditiva de HFL¹⁵- (ARAS)¹⁶. Tiene como objetivo proporcionar un método científico que ayude a determinar los criterios más importantes para el Modelo de Madurez Digital (DMM)¹⁷ de las empresas y a clasificar las empresas.

13 Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets (HFLTS)

14 Analytical Hierarchy Process (AHP)

15 Hesitant Fuzzy Linguistic (HFL)

16 Additive Ratio Assessment (ARAS)

17 Digital Maturity Model (DMM)

Mencionan los autores que, en los últimos años, el sector bancario en Turquía ha dado pasos importantes en términos de digitalización. De acuerdo con esto, prueban la aplicabilidad de la metodología propuesta en el sector bancario. Para seleccionar el banco más digital, identifican y evalúan diferentes empresas bancarias utilizando la metodología HFLAHP-HFL ARAS.

Los factores de evaluación los determinan sobre la base de investigaciones, informes y consejos de expertos industriales. Estos factores se resumen en la Tabla 16 y se basan principalmente en el DMM de Forrester.

Tabla 16. Factores de los Modelos de Madurez Digital (DMM) de Forrester

Culture (C1)	Organization (C2)	Technology (C3)	Insights(C4)
Competitive strategy's dependency on digital (C11)	Prioritization of consumer journeys (C21)	Having fluid technology budget to allow shifting priorities (C31)	Having clear and quantifiable goals (C41)
Board and C-level executives' support on digital strategy (C12)	Assignment of right resources to digital strategy, governance, execution (C22)	Co-working of marketing and technology resources (C32)	Recognition of the importance of every employee (C42)
Leaders' attitude toward digital strategy (C13)	Best qualified staff in digital functions (C23)	Flexible and collaborative approach to technology development (C33)	Using customer-centric metrics (C43)
Targeted digital education and training (C14)	Having digital skills embedded throughout the organization (C24)	Leveraging the modern architectures (C34)	Measurement of channels' together work (C44)
Communication of digital vision internally and externally (C15)	Encouraging cross-functional teams (C25)	Measuring technologies teams by business outcomes time (C35)	Driving digital strategy by customer insights (C45)
Taking measured risk to enable innovation (C16)	Having defined and repeatable process for digital programs (C26)	Using customer experience assets to steer the technology design (C36)	Digital design and development powered by customer insights (C46)
Prioritization of the customer experience with the performance of any channel (C17)	Having vendor partners that deliver value to digitalization (C27)	Implementation of digital tools to promote employee (C37)	Feeding lessons learned from digital programs back into our strategy (C47)

Nota: Descripción de los factores de los modelos de madurez digital de Forrester. Büyüközkan, G., Güler, M., y Kahraman, C., (2020).

DMM¹⁸ proporciona un enfoque sistemático mediante la introducción de diferentes niveles, dimensiones y factores en el recorrido de DT de las empresas. Los autores consideran este estudio como una guía, que pretende apoyar a los gerentes, investigadores y profesionales en la obtención de perspectivas analíticas sobre DMM. Las empresas pueden conocer los factores de madurez digital más importantes a través de este documento. Adicionalmente, el marco utilizado en este estudio es generalizable y puede ser adaptado o extendido a otros contextos.

En su artículo *Supply Chain Management Maturity Level Assessment*, Haraburda, (2017) menciona como Crane Army Ammunition Activity desarrolló el Modelo de madurez de gestión de la cadena de suministro (SCM3) y lo utilizó para evaluar y mejorar sus propios niveles de madurez. (DoD usa). Inicia su investigación planteando el problema de varias décadas relacionado con la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) del Departamento de Defensa (DoD), concretamente con los excesos en los niveles de inventario, los controles inadecuados y los sobrecostos.

En esta investigación considera el autor los siguientes cinco modelos de evaluación de la madurez de la cadena de suministro y que emplean algunos conceptos del modelo de marco SCOR. Como se muestra en la Tabla 17, cada uno de estos modelos contiene cinco niveles de madurez organizacional.

Tabla 17. Modelos de evaluación de la madurez de la cadena de suministro.

SUPPLY CHAIN MATURITY MODELS							
Model	Author(s)	Year	Organizational Maturity Levels				
			I	II	III	IV	V
SCM-BPO	Mc Cormick y Johnson	2002	Ad Hoc	Defined	Linked	Integrated	Extended
SCM2	Poirier y Quinn	2004	Enterprise Integration	Corporate Excellence	Partner Collaboration	Value Chain Collaboration	Full Network Connectivity
LME	Reay, Colaiani, Harleston, Maletic y Marcus	2006	Initial	Managed Logistics	Tailored Logistics	Quantitatively Managed	Optimized Integration
S(CM) ²	García	2008	Undefined	Defined	Manageable	Collaborative	Leading
SCPM3	De Oliveira, Ladeira y Mc Cormack	2011	Foundation	Structure	Vision	Integration	Dynamics

Note. LME= Logistics Maturity Evaluator; SCM2= Supply Chain Maturity Model; SCM² = Supply Chain Capability Maturity Model; SCM-BPO= Supply Chain Management-Business Process Orientation; SCPM3= Supply Chain Process Management Maturity Model.

Nota: Descripción de los modelos de madurez de las cadenas de suministro y sus autores más representativos. Haraburda (2017).

Gestión de la cadena de suministro: orientación a los procesos comerciales:

SCM-BPO. Cada uno de los cinco niveles de madurez organizacional de este modelo contiene características asociadas con la previsibilidad, la capacidad, el control, la eficacia y la eficiencia (Mc Cormack y Johnson, 2002, pp. 50-52). El nivel más bajo (Ad hoc) tiene procesos de cadena de suministro no estructurados y mal definidos. El siguiente nivel (Definido) tiene procesos definidos que están separados entre sí. El tercer nivel (Vinculado) tiene procesos que están conectados entre sí. El siguiente nivel (Integrado) tiene todos sus procesos organizacionales conectados entre sí con un objetivo unificado. Finalmente, el nivel más alto (Extendido) está representado con una cadena de suministro integrada y multiorganizacional.

Modelo de madurez de la cadena de suministro - SCM2: este modelo se basa en una visión empresarial, con el primer nivel (integración empresarial) que implica la integración funcional (Poirier y Quinn, 2004). El segundo nivel (Excelencia Corporativa) tiene sus procesos organizacionales internos optimizados para cumplir con sus metas, que

es similar al cuarto nivel en el modelo SCM-BPO. La colaboración externa comienza en el tercer nivel (Partner Collaboration), un nivel difícil de alcanzar. El siguiente nivel (colaboración en la cadena de valor) implica la optimización de la cadena de suministro con discusiones frecuentes con proveedores y clientes. El nivel más alto (conectividad de red completa) implica la integración total de comunicaciones con organizaciones externas. Este modelo se basa en el concepto de que las cadenas de suministro claramente definidas, gestionadas, medidas y controladas mejoran el rendimiento.

Evaluador de madurez logística - LME¹⁹: este modelo de cadena de suministro aplica una evaluación cuantitativa al modelo de desarrollo de CMM (Reay *et al.*, 2006, citado por Haraburda (2017), p. 663). El primer nivel (inicial) representa los procesos de la cadena de suministro no estructurados. El siguiente nivel (Logística gestionada) tiene procesos repetibles. El tercer nivel (logística a medida) tiene procesos bien definidos en toda la organización. El siguiente nivel (administrado cuantitativamente) tiene métricas efectivas para administrar sus procesos. El nivel más alto (integración optimizada) tiene procesos integrados que se enfocan en un desempeño óptimo. Además de una evaluación organizacional general, este modelo evalúa estos cinco niveles de madurez en seis áreas funcionales: organización / fuerza laboral, procesos logísticos, desempeño, recursos, disponibilidad tecnológica y visión/estrategia (Haraburda, 2017, p.663).

SCPM2. Este es un modelo de madurez que evalúa el nivel de integración de los procesos de la cadena de suministro de una organización, desde los proveedores a través de la organización hasta los clientes (García, 2008, págs. 32, 74-75). Al igual que los otros modelos, el primer nivel (Indefinido) tiene procesos de cadena de suministro no estructurados y mal definidos. El siguiente nivel (Definido) tiene procesos definidos que están separados entre sí. El tercer nivel (Manejable) aplica métricas para administrar sus procesos. El siguiente nivel (Colaborativo) implica discusiones frecuentes con proveedores y clientes. El nivel más alto (Leading) aplica la mejora continua a sus procesos en pos de aplicar procesos de referencia que otras organizaciones quieren emular.

Modelo de madurez de la gestión de procesos de la cadena de suministro - SCPM3: este es un modelo basado en una evaluación de casi 800 empresas en todo el mundo. Define los diferentes niveles de vencimientos en función de los procesos

relacionados de la cadena de suministro de empresas con desempeño similar (de Oliveira, Ladeira y Mc Cormack, 2011). El primer nivel (Fundación) representa las primeras etapas en las que se desarrollan los procesos. El siguiente nivel (Estructura) tiene procesos definidos donde se comienza a medir el desempeño. El tercer nivel (Visión) tiene procesos que impulsan futuras mejoras. El siguiente nivel (Integración) tiene procesos integrados con proveedores y clientes. El nivel más alto (Dinámica) tiene procesos que utilizan indicadores clave de desempeño que permiten responder a los cambios ambientales.

El modelo de madurez aplicado en la investigación fue el SCM3, que se basó en gran medida en el modelo LME. El nuevo modelo de evaluación propuesto es un híbrido. Utilizando los mismos niveles de madurez organizacional del modelo LME, SCM3 reemplazó su enfoque logístico con el de SCM, mientras combinaba la efectividad de los otros cuatro modelos. En la tabla 18 se presenta el Modelo de madurez propuesto.

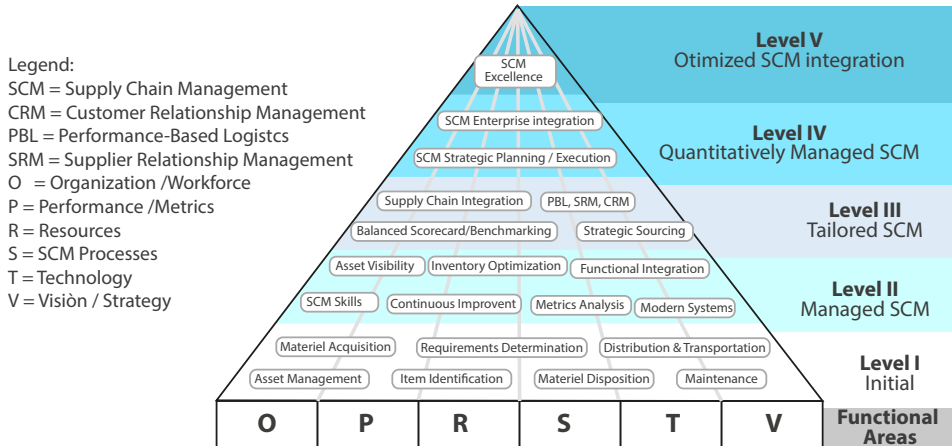
Tabla 18. Modelo de madurez propuesto.

Model	Organizational Maturity Levels (Functional Areas and Components)				
	I	II	III	IV	V
SCM3	Initial	Managed SCM	Tailored SCM	Quantitatively Managed SCM	Optimized SCM Integration

Nota: Descripción del modelo de madurez propuesto a partir de la revisión documental.

SCM3 utilizó muchas de las preguntas de la encuesta LME, cada una de las cuales se revisó para evaluar con mayor precisión la SCM de una organización. Este nuevo modelo de evaluación también evaluó las mismas seis áreas funcionales, con un enfoque en los procesos de SCM. En cuanto a los componentes funcionales, este nuevo modelo eliminó tres y revisó varios otros del modelo LME, lo que resultó en solo 23 componentes en el SCM3 como se muestra en la siguiente figura.

Figura 16. Pirámide Modelo SCM3



Nota: Descripción de los niveles del modelo de madurez SCM3

En la investigación titulada “Diagnóstico de la madurez de los procesos de la cadena de valor de una pequeña empresa mexicana de productos de maíz” (Arellano González, Carballo Mendivil, Orrantía López, y Salazar Rivera. 2013), reportan el caso de una pequeña empresa industrial mexicana, donde se aplicó una rúbrica para evaluar la madurez de los procesos de su cadena de valor.

Después de aplicado el modelo el autor concluye:

“El desempeño dentro de la red de la cadena de suministro de una organización puede afectar la misión de una organización, por lo que es fundamental desarrollar y mantener una cadena de suministro madura. La encuesta SCM3 es una herramienta de diagnóstico estructurada de alto nivel que podría usarse para evaluar la capacidad actual de la cadena de suministro de la organización e identificar áreas objetivo para proyectos de mejora del desempeño y reducción de costos. Los resultados de esta encuesta podrían ayudar a mejorar la toma de decisiones operativas para los esfuerzos de logística organizacional, enfocar el énfasis en la gestión relacionada con el suministro y alinear los recursos organizacionales dentro de la cadena de suministro organizacional. Además, estos resultados podrían proporcionar una visión empresarial de cómo los procesos SCM de la organización se comparan con los de los mejores en la industria. Aunque esta investigación se centró en el CMIB, evaluaciones de SCM3 similares realizadas en otras organizacio-

nes de bases industriales de defensa deberían arrojar resultados similares” (Haraburda, 2017, p. 675).

En el artículo “*Engineering change management maturity assessment model with lean criteria for automotive supply chain*” (Tavčar, J., Demšar, I., y Duhovnik, J., 2018), revisan la gestión de cambios de ingeniería (ECM)²⁰ y la aplicación de métodos *lean*²¹ (Mrugalska, B., Wyrwicka, M. K., 2017), en el proceso de desarrollo de productos. Las conclusiones de la revisión de la literatura se resumen en un modelo para evaluar el nivel de madurez de ECM ajustada.

El artículo inicia explicando cómo la gestión de cambios de ingeniería (ECM, por sus siglas en inglés) no solo se refiere a la resolución de problemas en respuesta a una queja de un cliente o al reconocimiento de fallas en el diseño o la documentación. ECM puede llamarse variación o diseño adaptativo.

La propuesta de los autores es que los métodos *Lean* pueden desencadenar enfoques innovadores para ECM. La principal contribución de este trabajo es un modelo para evaluar el nivel de madurez de ECM, incorporando criterios *Lean* en la cadena de suministro automotriz.

El modelo de evaluación del nivel de madurez del proceso ECM en la cadena de suministro automotriz se presenta en la tabla 19. Los criterios se dividen en seis grupos, donde cada criterio tiene seis niveles de evaluación de madurez. Cada criterio de madurez puede tratarse independientemente de los demás. Los niveles de madurez se definen de la siguiente manera:

- i. 0 - El criterio no se implementa en absoluto.
- ii. 1 - Hay un modesto uso del criterio.
- iii. 2 - Los criterios se especifican en procedimientos escritos, pero no se practican estrictamente en el trabajo diario.

20 Engineering Change Management

21 Taiichi Ohno desarrolla el método LEAN bajo el desarrollo TPS, Toyota Process System con base en los conceptos iniciales de Kiichiro Toyoda y su empresa Hilados y Tejidos Toyoda.

- iv. 3 - Se practica el criterio, pero más del 40 % de los empleados no lo reconocen como muy útil.
- v. 4 - Los criterios están definidos y practicados a buen nivel, y son bien aceptados por el 80 % de los empleados.
- vi. 5 - La implementación del criterio se encuentra en el nivel superior y puede utilizarse como referencia para otros.

El modelo fue probado en ocho proveedores automotrices de componentes, módulos y subsistemas. Todos los proveedores analizados llevan más de 15 años en la cadena de suministro automotriz y sus características básicas se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Modelo de evaluación de la madurez con criterios Lean para ECM en la cadena de suministro automotriz.

Group	Assessment criteria for lean ECM in the automotive supply chain
(1). ECM process flow	1.1. Internal process flow at ECM is well defined
	1.2. Roles in the EC process are well understood by employees
	1.3. External process flow between customer and supplier is well defined and IT supported
	1.4. Close collaboration between the customer and supplier already in the PD phase.
	1.5. Long-term strategic relationship between customer and supplier.
(2). Set-based CE	2.1. Systematic assessment of EC proposal in all phases of the product life cycle.
	2.2. Preparing a set of potential solutions for the proposed EC.
	2.3. Systemic testing of potential solutions (virtual and physical prototypes).
	2.4. Integration of EC process with a Knowledge database (recording of new findings, use of stored knowledge).
	2.5. Set-based CE in the phase of PD (minimises the number of changes later).
(3). Chief engineer - technical leadership	3.1. One person is responsible for each EC.
	3.2. One person follows each product (product family) through the whole product life cycle.
	3.3. The knowledge of key personnel is built up in a systemic way.
	3.4. The EC managers are powerful persons (they can be integrators).
	3.5. Involvement of the customer's chief engineer in the approval process.

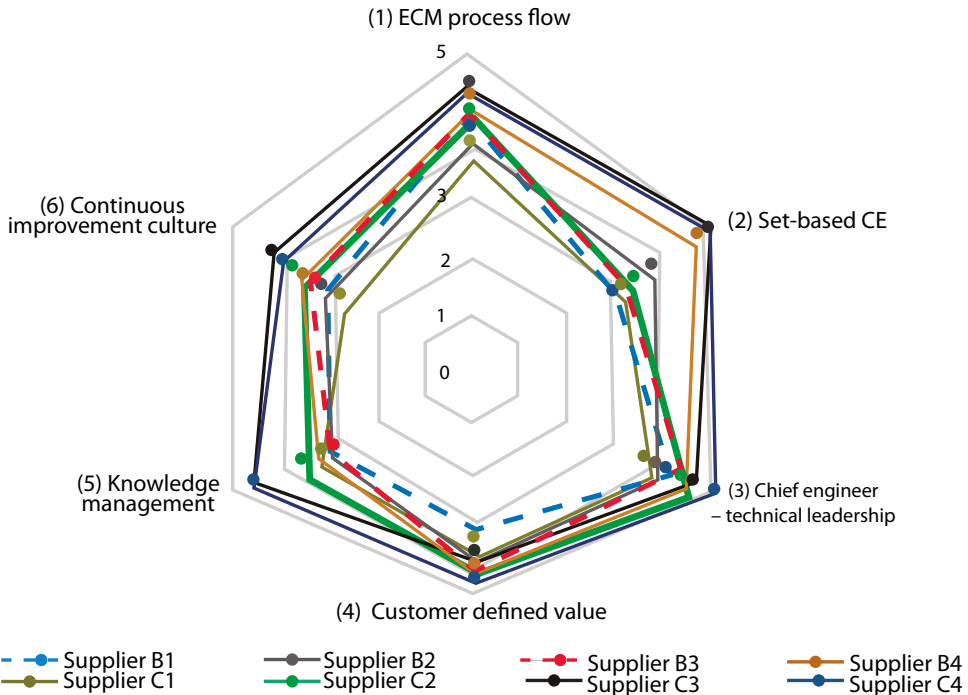
Group	Assessment criteria for lean ECM in the automotive supply chain
(4). Customer-defined value	4.1. Each ECproposal is assessed from the customer 's point of view.
	4.2. The customer is actively involved in decision- making during EC approval.
	4.3. There is an EC proposal added-value assessment (in all phases of the product life cycle).
	4.4. The employees at the supplier are aware of what constitutes added-value for the customer.
	4.5. The supplier is pro-active in implementing customer added-value.
(5). Knowledge management	5.1. The product change history is recorded systematically.
	5.2. Key decisions in PD and EC process are recorded.
	5.3. Collecting of knowledge and distribution among employees in systemic way.
	5.4. Application of methods and statistics into decision processes (design of experiments).
	5.5. Application of knowledge database is integrated into the EC process.
(6). Continuous improvement culture	6.1. The company encourages employees to improve continuously.
	6.2. Continuous production process optimisation occurs.
	6.3. The creation and keeping of EC propagation maps on each product .
	6.4. There is systemic knowledge transfer to new products (new product generations).
	6.5. Desing for changeability during PDP.

Nota: Descripción de los criterios de evaluación en la cadena de suministro automotriz. Tavčar, J., Demšar, I., y Duhovnik, J., (2018)

Los resultados de la evaluación ECM de ocho proveedores automotrices se presentan en la figura 17. El diagrama muestra los valores promedio de los cinco criterios en cada grupo. Una comparación entre los proveedores automotrices muestra que los proveedores C3 y C4 cumplen significativamente mejor los criterios Lean que los demás. El resultado era esperado, porque los proveedores C3 y C4 son varias veces más grandes que los demás, y la complejidad de los subsistemas desarrollados y fabricados por el proveedor C3 y C4 es mayor que la de los otros proveedores. El resultado muestra que los sistemas que son más complejos necesitan un mejor soporte utilizando métodos formales, especialmente en el área de gestión del conocimiento. Un punto débil de los proveedores más pequeños es la gestión del conocimiento y la CE de base establecida. En varias áreas, el proveedor de componentes B3 tiene una mejor evaluación que los proveedores de tipo C. Esto se debe a que el proveedor B3

es más grande que el proveedor C1 y C2. En la figura 17 se muestra una presentación detallada de todos los criterios de evaluación para los ocho proveedores.

Figura 17. Resultados de la evaluación de la madurez ECM - Comparación de los valores promedio entre proveedores.



Nota: Comparación de los resultados de madurez ECM. Tavčar, J., Demšar, I., y Duhovnik, J., (2018)

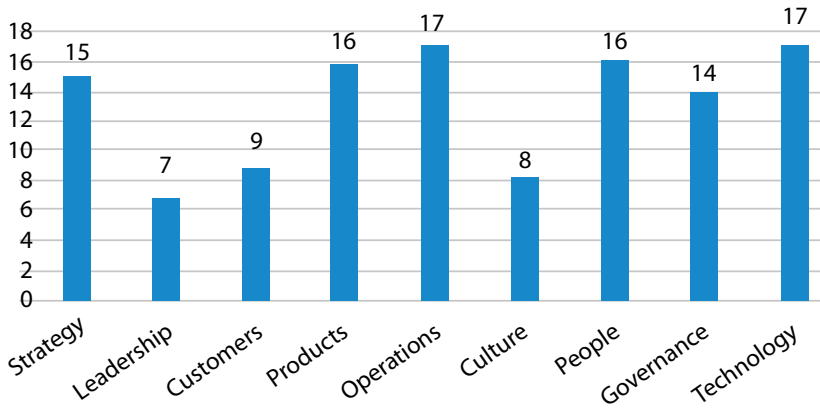
GRADO DE MADUREZ “LOGISTICS” AND “MATURITY”

Afirman Angreani, Vijaya and Wicaksono (2020), un modelo de madurez es una técnica amplia para medir varios aspectos e identificar el estado actual de los procesos en una organización, que se puede utilizar como punto de partida para la mejora empresarial.

En el contexto de la Industria 4.0, se utilizan varios términos para expresar el modelo, como modelo de evaluación de la preparación, hoja de ruta, marco e índice de madurez. Tienen el mismo propósito de medir cómo el estado actual de una unidad organizativa, que es capaz de adoptar e implementar el concepto de industria 4.0 en el futuro. La revisión sistemática de la literatura de los estudios empíricos implementados en el modelo de madurez publicados en varias fuentes relevantes y acreditadas se fundamentó en estudios relevantes publicados entre 2011 y 2019. Esta revisión finalmente identificó 17 estudios primarios seleccionados que corresponden a las dos preguntas de investigación principales planteadas en la revisión, que se centra en los sectores de fabricación y logística, que pueden estos procesos mejorarse en gran medida mediante la introducción de tecnologías como sistemas ciberfísicos, internet de las cosas e inteligencia artificial.

El propósito principal de la revisión es abordar las siguientes preguntas así: *¿Con base en qué dimensiones, los investigadores desarrollan modelos de madurez de Industria 4.0? y cuáles son los parámetros más utilizados e influyentes en esas dimensiones? ¿Cómo se comparan esos modelos de madurez entre sí en términos de complejidad de dimensión, técnicas, nivelación de madurez y tipo de sectores de aplicación del modelo?*

La mayoría de los modelos de madurez son diseñados para ser implementados en el sector manufacturero y solo nueve de los modelos de madurez son adecuados para su aplicación en el sector logístico. En la figura 18, la abscisa representa las categorías, *strategy* (estrategia), *leadership* (liderazgo), *customers* (clientes), *products* (productos), *operations* (operaciones), *culture* (cultura), *people* (personas), *governance* (gobierno) y *technology* (tecnología), la ordenada representa los niveles de aceptación. Las dimensiones tecnología y operaciones son las más consideradas, mientras que el liderazgo y la cultura se consideran las menos importantes. (Angreani, Vijaya y Wicaksono, 2020).

Figura 18. Modelos de madurez son adecuados para su aplicación en el sector logístico.

Nota: Descripción de los modelos de madurez para su aplicación en el sector logístico. Angreani, Vijaya y Wicaksono, (2020)

Teniendo en cuenta las dimensiones de mayor influencia (tecnología y operaciones), en la figura 19, se describen los parámetros a considerar para detallar su importancia.

Figura 19. Descripción de los parámetros de las dimensiones más incluyentes en los modelos de madurez.

Dimension	Parameter
Operations	<ul style="list-style-type: none"> Utilize data analytics and information sharing in the operations. Decentralization of processes and decision making. Autonomous processes. Digital modeling and simulation. Utilize data and information sharing Utilize dynamic collaboration by using automated information exchange.
Technology	<ul style="list-style-type: none"> Availability of new modern technology. ICT integration (vertical and horizontal). Utilization of the Internet of Things. Mobile device utilization. Implement machine to machine communication. Cloud usage and optimization. Implementation of data governance. Optimization of ICT security.

Nota: relación de los parámetros y dimensiones de los modelos de madurez. Angreani, Vijaya y Wicaksono, (2020)

En la figura anterior, la dimensión operación, se utiliza un análisis de datos e intercambio de información en las operaciones y en la dimensión tecnología hay disponibilidad de nueva tecnología moderna. (Angreani, Vijaya and Wicaksono, 2020, p. 341).

Se descubrió que las técnicas de desarrollo del modelo de madurez más utilizadas en estudios seleccionados consisten en Revisión de Literatura (LR), Modelado Conceptual (CM), Método Cualitativo (QT), Método Cuantitativo (QL), Taller (WS), Estudios de Caso (CS), Red Analítica Procesamiento (ANP), Diseño y Mejoramiento de Fábrica (FDI).

La alineación entre el modelo de madurez y los modelos comerciales de la Industria 4.0 ha requerido una consideración y justificación de acuerdo con los objetivos comerciales de la organización en la implementación de la Industria 4.0. Sin embargo, no basta con tener un modelo de madurez. Se necesitan más esfuerzos para facilitar su aplicación.

Facchini, *et. al.*, (2020), describen que la adopción de tecnologías de Industria 4.0 se ha vuelto particularmente importante en la actualidad para las empresas con el fin de optimizar sus procesos de producción y estructuras organizativas. Sin embargo, las empresas a veces tienen dificultades para desarrollar un plan estratégico que innove su modelo de negocio actual y desarrolle una visión de Industria 4.0. Para superar la creciente incertidumbre e insatisfacción en la implementación de la Industria 4.0, se desarrollaron nuevos métodos y herramientas que abordan específicamente las áreas de empresas dedicadas, como la logística, la gestión de la cadena de suministro y los procesos de fabricación, para proporcionar orientación y apoyo para alinear las estrategias comerciales de las empresas y operaciones. En las principales investigaciones científicas se examinaron modelos de madurez existentes, vinculados al contexto de implementación de la Industria 4.0 en los procesos logísticos.

Consecutivamente, dos empresas han sido investigadas mediante una encuesta, construida en torno a tres macroaspectos fundamentales, denominados en la propensión de la empresa hacia la Industria 4.0 y la Logística 4.0; el uso actual de tecnologías en el proceso logístico, y el nivel de inversión hacia tecnologías de Industria 4.0 para una transición de Logística 4.0. De esta forma surgió un modelo de madurez de Logística 4.0 como resultado principal de nuestra investigación, capaz de identificar el nivel de madurez de las empresas en la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en sus procesos logísticos. Además, el modelo destacó las fortalezas y debilidades de las dos empresas investigadas con respecto a la transición hacia Logística 4.0. A partir de los resultados obtenidos se propuso finalmente una hoja de

ruta para potenciar la digitalización de los procesos logísticos, de acuerdo con los principios de la cuarta revolución industrial.

Werner-Lewandowska, y Kosacka-Olejnik, (2019), presentan los resultados de la investigación realizada sobre el desarrollo de un modelo de madurez logística para empresas. El enfoque propuesto permite a las empresas autoevaluar su nivel de avance en la implementación de procesos logísticos con el uso del modelo de madurez logística. Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación, se pueden determinar direcciones para acciones adicionales. El modelo propuesto comprende tres dimensiones: modelo SCOR, fases de la industria y herramientas logísticas, lo que lo convierte en un enfoque original en el campo de la investigación de madurez logística. Conjuntamente, el modelo descrito está dedicado a la industria de servicios, que se encuentra en el nicho de investigación.

El modelo de madurez logística presentado tiene un carácter conceptual y original, lo que resulta de la investigación bibliográfica realizada sobre la madurez logística en las empresas. En las empresas pueden utilizar el modelo de madurez logístico propuesto como método de gestión de las actividades logísticas de la empresa, en donde el principal beneficio del enfoque propuesto es el conocimiento sobre el nivel de madurez logística de la empresa en áreas de investigación particulares. Se puede enfocar las actividades de mejora en operaciones logísticas que requieren un mayor nivel de madurez, en cada área de actividad logística que equivale a una mayor competitividad de la empresa de servicios, que es un elemento de la cadena de suministro. En particular, cobra relevancia cuando se trata de empresas que ofrecen servicios logísticos como: transporte, furgón, etc. Los procesos que realizan los operadores logísticos con el uso de herramientas logísticas repercuten en la eficiencia de toda la cadena de suministro.

Teniendo en cuenta el enfoque abordado en el contexto práctico, con herramientas de ingeniería logística, que se utilizan en el modelo, con el método de gestión de ingeniería, en una versión modificada del modelo de madurez logística en cuanto a la lista de herramientas logísticas, que se utilizará en la investigación sobre el nivel de madurez logística en el sector servicios, por ejemplo, en Polonia. Las direcciones para futuras investigaciones también indican la necesidad de expandir el modelo con estrategias logísticas implementadas por las empresas. Al respecto, se realizó una hipótesis de investigación, indicando que existe una correlación entre la estrategia logística aplicada por la empresa y el nivel de madurez logística que la empresa alcanza en un área determinada.

La capacidad de absorber conocimiento en una organización es un elemento clave en la implementación de soluciones en flujos de material, información y gestión. La capacidad de utilizar el conocimiento da la mayor posibilidad de utilizar soluciones dentro del alcance de Logística 4.0. Este es un conjunto de soluciones que se esfuerzan por mejorar el rendimiento de las empresas y respaldar el concepto de Industria 4.0 de implementación. Estas soluciones son muy avanzadas y su implementación requiere un amplio conocimiento y comprensión. Así, la implementación de soluciones contemporáneas en el campo de La logística 4.0 requiere que la organización mejore primero la absorción de conocimiento. Esta habilidad es el terreno sobre el que se puede construir un sistema logístico eficaz utilizando técnicas, tecnologías y soluciones organizativas. La investigación realizada estaba destinada para aportar inspiración y estructura, para centrar sus esfuerzos entre las dimensiones del modelo de madurez (flujo de material, flujo de información y gestión) en el contexto del nivel de absorción de conocimientos necesario para mejorar sus niveles de madurez. Es importante destacar que los resultados de la investigación confirmaron que los expertos ven la relación entre el conocimiento de niveles de absorción y los niveles de madurez de Logística 4.0. Por tanto, es legítimo concluir que los modelos pueden usarse de manera complementaria y deben formar la base para la planificación de actividades bajo la implementación de soluciones con respecto a cambios en la gestión, organización del material y flujos de información. La dependencia identificada también debe tenerse en cuenta cuando a analizar la preparación estratégica de una empresa para implementar el concepto de Logística 4.0, especialmente en el aspecto de la gestión de recursos humanos. El tema presentado en la investigación se está volviendo cada vez más actualizado debido al desarrollo de la red 5G, lo que brinda la oportunidad de crear una comunicación amplia y públicamente disponible de infraestructura para soluciones incluidas en Logística 4.0. Así, gracias al desarrollo de la tecnología 5G, Se reducen los costos de implementación y uso de soluciones de Logística 4.0, lo que probablemente contribuirá a su difusión de identificar los factores del uso efectivo de las herramientas de Logística 4.0 resultantes de la capacidad de absorber conocimiento en una organización, que se está convirtiendo en un tema importante desde el punto de vista de la visión de la construcción de empresas sostenibles y cadenas de suministro sostenibles. La conclusión general de la investigación fue que, para alcanzar un mayor nivel de madurez, se requiere absorción de conocimiento, en la absorción de soluciones dentro de los flujos de materiales, los flujos de información y los métodos de gestión (Stachowiak, et. al, 2019).

Werner-Lewandowska y Kosacka-Olejnik (2021). Afirman que se presentó el proceso de desarrollo de un plan de acción para mejorar la madurez logística en la industria de servicios a nivel empresarial, utilizando la hoja de ruta tecnológica. La investigación muestra que para la madurez logística de las empresas que prestan servicios en el campo del transporte y almacenamiento, en donde los factores clave del mercado son: nuevas tecnologías, complejidad de los servicios, tamaño del mercado, disponibilidad de los empleados, suministro de materiales y servicios necesarios para realizar los servicios, personalización de servicios, carácter intangible de un servicio, ejecución independiente del servicio y acceso a empleados calificados. En términos de recursos empresariales tratados como una herramienta logística, cuyo uso aumenta el nivel de madurez logística de un proveedor de servicios de transporte y almacenamiento, los elementos clave son: escaneo de madurez del almacén, subcontratación de almacén de 3PL que es intermediario entre fabricante y cliente, el 4PL que es el puente entre el fabricante y la cadena de suministro, transporte gestión de sistemas, evaluación de riesgos de la cadena de suministro, auditoría de gestión de la cadena de suministro. Se recomienda que, especialmente, estas herramientas sean implementadas en la práctica empresarial por el sector de proveedores de servicios.

GRADO DE MADUREZ “*SUPPLY CHAIN*” AND “*MATURITY*” Y REVISIÓN DE ORGANISMOS INTERNACIONALES

Con el fin de realizar una revisión actualizada y que permita obtener nuevos elementos teóricos como apoyo a esta investigación se determinó realizar la consulta en la base de datos SCOPUS; allí se encontraron varios documentos que proponen modelos para la medición de los procesos de madurez de las cadenas de suministro buscando la competitividad entre las industrias de servicios. Estos modelos ayudan a las empresas en la mejora de sus proyectos, permitiendo un diagnóstico basado

en indicadores y que miden la forma como se encuentran frente a la competencia. Los documentos fueron seleccionados teniendo en cuenta los cuatro últimos años (2017 al 2021).

De esta forma se encuentran documentos relacionados principalmente con un modelo de madurez de la industria 4.0 basado en reglas difusas para operaciones y gestión de la cadena de suministro (Caiado, Scavarda, Gavião, Nascimento, Garza-Reyes, 2021), propuesta de modelo de madurez en sostenibilidad en la cadena de suministro (Santos, Quelhas, *et al.* 2020), medir la madurez del proceso de la cadena de suministro de servicios: un nuevo marco (Balouei Jamkhaneh, Safaei Ghadikolaei, 2020), madurez de la gestión de la cadena de suministro: una revisión bibliográfica integral sobre modelos, dimensiones y enfoques (Jeshmberah, Beheshtikia, 2019), gestión sostenible de la cadena de suministro: modelos de decisión para la transformación y la madurez (Reefke, Sundaram, 2018), modelos de madurez en la sostenibilidad de la cadena de suministro: una revisión sistemática de la literatura (Correia, Carvalho, Azevedo y Govindan, 2017), un modelo de madurez del sistema para la gestión de la cadena de suministro (Umeda, 2017).

Desde el entorno institucional, existen diferentes aportes frente a la investigación en las redes globales de valor. En el documento titulado *Estrategia de competencias de la OCDE 2019 - Competencias para construir un futuro mejor*²², las cadenas de valor mundial han surgido a partir de la globalización; esto hace que no todos los procesos de producción se realicen en un lugar. Esto implica que algunas partes sean realizadas en diferentes sitios geográficos; la tendencia de los países miembros de la OCDE, como lo es Colombia, es la deslocalización de las tareas comunes y que requieren competencia de bajo nivel. Esto ha generado una pérdida grande de puesto de trabajo en las economías desarrolladas, con un claro beneficio para los países en vía de desarrollo, permitiendo la reducción de la pobreza en estos países, y mediante la tecnología se ha descentralizado mucha información, se han generado nuevos empleos y borrado barreras geográficas son cada vez menos extensas.

La globalización económica ha permitido que dos redes se extiendan por la OCDE, las Cadenas Globales de Valor (CGV) y las Redes Globales de Innovación (GIN), las primeras corresponden a la transferencia de bienes y servicios y las segundas corres-

22 Estrategia de Competencias de la OCDE 2019-Competencias para construir un futuro mejor. <http://www.oecd.org/skills/OECD-skills-strategy-2019-ES.pdf>

ponden a la innovación. Se ve con bastante preocupación que los países no son capaces de aprehender el valor de las actividades innovadoras y por ello es necesario entender bien la dependencia recíproca entre estos dos tipos de redes.

United Nations Industrial Development, (UNIDO, 2015), plantean que los objetivos de las redes globales de valor pueden perfilarse desde lo económico, referente al fortalecimiento de las exportaciones y sustitución de importaciones, lo social, referente a la reducción de la pobreza, la generación de empleo y el desarrollo regional y lo industrial, referido al desarrollo empresarial y su incorporación en las redes globales que permitan añadir valor a cada uno de los participantes. En este sentido, se propone un marco de referencia para el análisis de las redes globales de valor; sin embargo, no hay un indicador o índice integrador. Las dimensiones que se plantean se enuncian en la tabla 20.

Tabla 20. Marco de referencia para las redes globales de valor

Dimensión	Característica
Mapeo inicial	Producto, actores y funciones, flujo de producto y mercados finales, interacciones de negocios, servicio
Abastecimiento	Características de producto, productores y proveedores Disposiciones contractuales Logística de entrada, infraestructura y transporte Comunicación
Capacidad de producción y tecnología	Capacidad de producción Tecnología Uso del conocimiento Costos y márgenes Innovación
Comercio y mercado final	Características de producto final Demanda del consumidor Capacidades de comercio y mercadeo
Gobernanza de las cadenas de valor	Actores dominantes Distribución de valor adicionado Concentración de clúster Tipo de gobernanza Colaboración y asociación
producción sostenible	Uso de materiales y desperdicios Uso de energía Efectos en biodiversidad Estándares ambientales

Dimensión	Característica
Cadena de valor financiera	Atractivo financiero Riesgos financieros Normas y prácticas Disponibilidad de financiamiento Necesidades financieras
Ambiente de negocios y contexto sociopolítico	Regulaciones de producto y comercio Provisión de servicios públicos y privados Políticas Contexto social y cultural

Nota: Descripción de las dimensiones y características de las redes globales de valor. (UNIDO, 2015).

United Nations for trade and development conference (UNCTAD, 2013) desarrolla un programa EORA MRIO data set, (EORA Multi-regional input-output data set) donde compila bases de datos para medir las redes globales de valor, para lo cual define los indicadores asociados a los ejes de: comercio, inversión y desarrollo.

Expresado en: valor agregado de exportaciones, valor agregado doméstico que sumados representan el valor agregado. Este ejercicio se viene desarrollando desde 2013 cada 2 años, compila las bases de datos de 189 países y se relaciona también con otras bases de datos como valor de comercio adicionado (Trade in Value Added - TVA) de la OCDE, EXIOBASE (Unión Europea), Global Trade Analysis Project de la Universidad de Purdue y la CEPAL.

La construcción de la UNCTAD mediante la base de datos EORA recoge información de productos elaborados por cada país, posteriormente establece los bloques diagonales de intercambio comercial (trade-offs), lo cual implica mapear la producción de bienes intermedios hasta el consumidor final, identificando el número de intermediario.

Se trata entonces de medir el valor agregado de comercio de cada país para luego hacer un análisis matricial intersectorial de flujos de materiales, analizando o describiendo el valor adicionado o agregado en las exportaciones de cada país e industria. El proyecto UNCTAD EORA data base mide como las industrias están conectadas con sistemas de producción internacional, el cual varía de sector productivo generando factores de competitividad entre países y regiones.

Dentro de los factores que favorecen la participación del valor agregado doméstico en las exportaciones son:

- El tamaño de la economía, por el fortalecimiento de las cadenas de suministro internas y el desarrollo de las industrias domésticas.
- La composición de las exportaciones, en la medida en que sean más amplios los segmentos de industrias participantes.
- El modelo de exportaciones empleado por los países, favorecido por el desarrollo de políticas.
- El grado de inversión extranjera directa favorece el desarrollo de los mercados domésticos y el incremento en el comercio (UNCTAD, 2013).

Los niveles de integración en las cadenas globales de valor propuestos por UNCTAD pueden tomar diferentes rutas (Tabla 21).

Tabla 21. Niveles de integración de las redes globales de valor

Nivel de Integración	Característica
Participación Inicial	Puede darse por importaciones de bienes intermedios, servicios y participación en exportaciones, principalmente por afluencia de la inversión extranjera directa para el desarrollo de operaciones de maquila.
Preparación	Puede darse por el fortalecimiento de exportaciones en determinados sectores productivos en donde se tenga capacidad productiva interna. Se producen bienes intermedios con lo cual se sustituyen ciertas importaciones.
Ascenso en la generación de valor	Puede darse en los casos que ya hay un nivel significativo de integración en donde se genera un mayor valor agregado en las exportaciones, teniendo una mayor proporción de cadenas de suministro que cubren más sectores productivos. Al tiempo que aumenta la inversión extranjera directa en segmentos no cubiertos por el país con un factor tecnológico superior.
Convirtiéndose en GVC	Puede ocurrir cuando el incremento de las exportaciones hace que sea necesario incrementar la participación de importaciones para mejorar la capacidad productiva en procesos específicos, se aumenta el desarrollo de redes comerciales internacionales.

Nivel de Integración	Característica
Competiendo en GVC	Aumento en las capacidades productivas domésticas para poder competir con exportaciones de alto valor agregado. La inversión extranjera directa está dirigida a integrar operadores en redes de producción internacional a través de las fusiones y adquisiciones.
Catalizadores en GVC	Aumento en las capacidades productivas domésticas para competir con éxito en las exportaciones, con un componente diferenciador en que la inversión extranjera directa actúa como catalizador en la integración comercial internacional y nacional dinamizando por tanto el desarrollo de las capacidades productivas.

Nota: Descripción de los niveles de integración de las redes globales de valor (UNCTAD,2013).

Las limitaciones de estos modelos de entradas y salidas que se identifican son: la dificultad en la desagregación de actividades que se dan al interior de los sectores y la recopilación de información para inferir flujos comerciales de bienes intermedios que no son fácilmente capturados desde la información de los países de datos aduaneros, lo cual hace establecer supuestos. (Antrás, 2019, p. 8).

The World Bank en su informe World Development Report (2019) refiere que las cadenas globales de valor o redes globales de valor se basan en la hiperespecialización de procesos productivos dinamizando el intercambio comercial, mediante el relacionamiento entre empresas, la cooperación y el desarrollo de políticas gubernamentales. Sin embargo, hoy enfrentan amenazas como la industria 4.0 al reducir la necesidad del uso intensivo de mano de obra que desplace la producción hacia otros países, debido a la automatización y la impresión 3D que acercan la producción al consumidor. Por otra parte, están los conflictos comerciales, que pueden hacer retraer hacia mercados domésticos. Por último, están los impactos ambientales, ejerciendo mayor presión por los recursos naturales.

Los vínculos de un país en las cadenas globales de valor se miden en el nivel de participación en las cadenas, la especialización sectorial en el comercio y el grado de innovación. En este sentido World Bank hace una propuesta para aumentar la transición hacia un mayor nivel de participación de las redes globales de valor.

Como se indica:

Nivel 0. Commodities. Productos básicos de manufactura. La participación de la manufactura en las exportaciones es baja.

Nivel 1. Básico. Nivel limitado de manufactura.

Nivel 2. Intermedio. Nivel avanzado de manufactura y servicios.

Nivel 3. Avanzado. Desarrollo de procesos innovadores.

Identificando a su vez los factores que dinamizan los niveles de participación de las redes globales de valor, desde condiciones de mercado, capacidades en términos de innovación, tecnología, la infraestructura física, y el desarrollo de políticas institucionales que favorezcan la consolidación de redes (Tabla 22).

Tabla 22. Factores dinamizadores para la integración en las redes globales de valor

Categoría	Factores	Básico	Intermedio	Avanzado
Dotaciones	Políticas públicas	Prioridad		
	IED	Apoyo inversión y clima de negocios		
	Financiamiento	Acceso a créditos	Aumento de capital accionario	
	Capacidades	Costos laborales	Técnica y Gestión	Innovación
Tamaño de mercado	Acceso a mercados	Acuerdos comerciales	Profundización de acuerdos	
Geografía	Logística y transporte	Inversión	Servicios logísticos avanzados - Hubs logísticos	
Infraestructura	Tecnológica	Inversión		5G
Instituciones	Gobierno	Estabilidad política	Acuerdos comerciales profundos	
	Innovación	Normalización	Cumplimiento contratos	Propiedad intelectual

Nota: Descripción de los factores dinamizadores en las redes globales de valor (World Bank, 2019).

Se destaca la importancia de requerirse el aumento de capacidades y niveles de inversión en la infraestructura física para atender las operaciones logísticas y el transporte, tendiente hacia el mejoramiento de las competencias en la prestación de los servicios logísticos avanzados y la consolidación de Hubs- logísticos.

CONCLUSIONES

Un modelo de madurez es una técnica para medir aspectos e identificar el estado actual de los procesos en una organización, que se puede utilizar como punto de partida para la mejora empresarial. En el contexto de la Industria 4.0, es un modelo de evaluación en la preparación, de la hoja de ruta y del índice de madurez, con propósito de medir el estado actual de una unidad organizativa, que es capaz de adoptar e implementar el concepto de industria 4.0 en el futuro, que se centra en los sectores de la fabricación y logística, para mejorar los procesos mediante la introducción de tecnologías como sistemas ciberfísicos, internet de las cosas e inteligencia artificial.

La mayoría de los modelos de madurez son diseñados para ser implementados en el sector manufacturero, en las categorías de estrategia, de liderazgo, de los clientes, de los productos, de las operaciones, de la cultura, de las personas, del gobierno y de la tecnología. En los niveles de aceptación están las dimensiones de tecnología y de operaciones, que son las más representativas, mientras que el liderazgo y la cultura se consideran las menos importantes. En la dimensión de operación, se utiliza un análisis de datos e intercambio de información y en la dimensión tecnología hay disponibilidad de nueva tecnología moderna.

La adopción de tecnologías de Industria 4.0 se ha vuelto particularmente importante en la actualidad para las empresas con el fin de optimizar sus procesos de producción y estructuras organizativas. Las empresas que a veces tienen dificultades para desarrollar un plan estratégico, para innovar el modelo de negocio actual y desarrollar la visión de Industria 4.0, se desarrollarán nuevos métodos y herramientas que abordan las áreas de las empresas dedicadas a la logística, en la gestión de la cadena de suministro y a los procesos de fabricación, para proporcionar orientación y apoyo en la alineación de las estrategias comerciales de las empresas y las operaciones.

Se requiere que la organización mejore primero en el contexto de la absorción de conocimientos, para construir un sistema logístico eficaz utilizando técnicas, tecnologías y soluciones organizativas en las dimensiones del modelo de madurez del flujo de material, del flujo de información y de la gestión. Los modelos pueden usarse de manera complementaria y deben formar la base de la planificación de actividades, bajo la implementación de soluciones con respecto a cambios en la gestión de la organización del material y de flujo de la información.

El ejercicio permite que las empresas y organizaciones midan su desempeño y su gestión con miras a que mejoren su camino hacia oportunidades de ofrecer unos altos modelos de madurez con estándares de gran calidad que conlleven a la integración de las tecnologías digitales en sus procesos con el fin de que sean cada día más competitivas

Desde el enfoque institucional, las redes globales de valor han sido analizadas por organismos mundialmente reconocidos como: World Bank, OCDE, UNCTAD y UNIDO, perfilando factores y características que posibilitan los mayores niveles de participación de las redes.

REFERENCIAS

Adizes, I. (1994). Ciclos de vida de la organización: cómo y porqué crecen y mueren las organizaciones y qué hacer al respecto. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

Angreani, L.S., Vijaya, A. and Wicaksono, h. (2020). Systematic Literature Review of Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing and Logistics Sectors. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920322010>

Antrás, P. (2019). *Conceptual Aspects of Global Value Chains. The World Bank Economic Review*, 34(3), 2020, 551–574 doi: 10.1093/wber/lhaa006

Balouei Jamkhaneh, H., Safaei Ghadikolaei, AH. (2020) Medir la madurez del proceso de la cadena de suministro de servicios: un nuevo marco. *Revista internacional*

de productividad y gestión del rendimiento. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJPPM-08-2019-0395/full/html>

Banasik, A., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Kanellopoulos, A., Claassen, G. D. H., y van der Vorst, J. G. A. J. (n.d.). *Multi-criteria decision-making approaches for green supply chains: a review. Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30(3), 366–396. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s10696-016-9263-5>

Barba-Romero, S. and Pomerol, J.-C., *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. (2a Edición), Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá (1997) (in Spanish).

Büyükoçkan, G., Güler, M., y Kahraman, C. (2020). Analysis of companies' digital maturity by hesitant fuzzy linguistic MCDM methods. *Journal of Intelligent y Fuzzy Systems*, 38(1), 1119–1132. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.3233/JIFS-179473>

Caiado, RGG, Scavarda, LF, Gavião, LO, (...), Nascimento, DLDM, Garza-Reyes, JA. (2021), Un modelo de madurez de la industria 4.0 basado en reglas difusas para operaciones y gestión de la cadena de suministro, *Revista Internacional de Economía de la Producción*. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527320302401>)

Casella, B., Bolwijn, R., Moran, D., Kanemoto, K (2019) Improving the analysis of global value chains: the UNCTAD-Eora Database. *Transnational Corporations*. Vol. 26. Número 3. <https://Unctad.org>

Cobo, A., Rocha, E. R. y Villamizar, M.A. (2018). Análisis de la innovación en las empresas manufactureras mediante un enfoque multicriterio. *Ingeniería Mecánica*, vol. 21, núm. 1, pp. 01-09. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2251/225162342001/html/index.html>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (diciembre, 2019). Avances en los Lineamientos Metodológicos para Aproximarse a la Medición de Resiliencia. <https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/8-lineamientos-medicacion-resiliencia-cepal.pdf>

Correia, E., Carvalho, H., Azevedo, SG, Govindan, K. (2017) *Modelos de madurez en la sostenibilidad de la cadena de suministro: una revisión sistemática de la literatura. Sostenibilidad (Suiza)* 9 (1), 64., <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/64>

Chatterjee, K., y Kar, S. (2016). Multi-criteria analysis of supply chain risk management using interval valued fuzzy TOPSIS. *OPSEARCH*, 3, 474. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s12597-015-0241-6>

Cisco Global Digital Readiness Index (2020). Cisco Global Digital Readiness Index. <https://www.cisco.com/c/en/us/about/csr/research-resources/digital-readiness.html>

Facchini, F., Oleśków-Szłapak, J., Ranieri, L. and Urbinati, A. (2020). *A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/1/86>

Greiner, Larry E. “Evolution and revolution as organizations grow.” *Harvard Business Review*, vol. 76, no. 3, May-June 1998, pp. 55+. <https://hbr.org/1998/05/evolution-and-revolution-as-organizations-grow>

Govindan, K. (1), Mangla, S. K. (2), y Luthra, S. (3). (n.d.). Prioritising indicators in improving supply chain performance using fuzzy AHP: insights from the case example of four Indian manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 28(6–8), 552–573. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1080/09537287.2017.1309716>

Grundke, R., *et al.* (2017), “Skills and global value chains: A characterization”, OECD Science, *Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/05, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/cdb5de9b-en>

Haraburda, S. S. (2017). Supply Chain Management Maturity Level Assessment. *Defense Acquisition Research Journal: A Publication of the Defense Acquisition University*, 24(4), 656–681. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.22594/dau.16-772.24.04>

IMD World Competitiveness Center (2020). IMD World Digital Competitiveness index. <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2020/>

Jeshmberah, M., Beheshtikia, S. (2019). *Madurez de la gestión de la cadena de suministro: una revisión bibliográfica integral sobre modelos, dimensiones y enfoques*. *Logforum* 16 (1), págs.103-116. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu>

co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85077539839yorigin=resultslistysort=plf-fysrc=synlo=ynlr=ynls=ysid=d8b22efc260b9fe350c2ee8360a9afceysot=bytsd=byssl=26ys=TITLE%28Supply+and+Maturity%29yrelpos=9yciteCnt=3ysearchTerm=

Kaur, H. (1), Singh, S. P. (2), y Majumdar, A. (3). (n.d.). Modelling joint outsourcing and offshoring decisions. *International Journal of Production Research*, 57(13), 4278–4309. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1080/00207543.2018.1471245>

Mohammed, A. (2020). Towards ‘gresilient’ supply chain management: A quantitative study. *Resources, Conservation y Recycling*, 155. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.resconrec.2019.104641>

OCDE (2019) Estrategia de competencias de la OCDE 2019. Competencias para construir un futuro mejor. <http://www.oecd.org/skills/OECD-skills-strategy-2019-ES.pdf>

Portulands Institute (2020). Network Readiness Index. <https://networkreadinessindex.org/>

Rae (2021). *Innovación*. <https://dle.rae.es/innovacion>

Saaty, Thomas L. and Ergu, Daji, (2015). When is a Decision-Making Method Trustworthy? *Criteria for Evaluating Multi-Criteria Decision-Making Methods*. International Journal of Information Technology y Decision-Making Vol. 14 (2015) World Scientific Publishing Company. DOI: 10.1142/S021962201550025X

Santos, DA, Quelhas, OLG, Gomes, CFS, (...), de Araújo, RA, Santos, SDSC (2020). Propuesta de modelo de madurez en sostenibilidad en la cadena de suministro

Reefke, H., Sundaram, D. (2018). Gestión sostenible de la cadena de suministro: modelos de decisión para la transformación y la madurez. *Sistemas de Soporte a la Decisión 113*, págs.56-72 <https://www.sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0167923618301192?via%3Dihub>

Revista Sostenibilidad (Suiza) 2020. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9655>

Stachowiak, A., Adamczak, M., Hadas, L., Domański, R. and Cyplik, P. (2019). Knowledge Absorption Capacity as a Factor for Increasing Logistics 4.0 Maturity. Vol. 9 Issue 24, p5365-5365, 1p. https://www.researchgate.net/publication/337841753_Knowledge_Absorption_Capacity_as_a_Factor_for_Increasing_Logistics_40_Maturity

Surahman, Viddy, A., Fanany Onnilita Gaffar, A., Haviluddin, y Saleh Ahmar, A. (2018). Selection of the best supply chain strategy using fuzzy based decision model. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.14419/ijet.v7i2.2.12748>

Tavčar, J., Demšar, I., y Duhovnik, J. (2018). Engineering change management maturity assessment model with lean criteria for automotive supply chain. *Journal of Engineering Design*, 29(4/5), 235–257. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1080/09544828.2018.1463513>

The World Bank (2020). *World Development Report (2020). Trading for development in the age of global value chains* <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32437/211457ovSP.pdf>

Umeda, S. (2017). Un modelo de madurez del sistema para la gestión de la cadena de suministro. *Avances de IFIP en tecnología de la información y la comunicación*. págs.3-10. https://link-springer-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/chapter/10.1007%2F978-3-319-66926-7_1

UNCTAD (2013) *Global Value Chains and development analysis. Investment and value-added trade in the global economy*. Unctad.org

UNIDO (2015). *Global Value Chains and development. UNIDO's support towards inclusive and sustainable industrial development*. www.unido.org

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteriadecision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), 84-88.

Vásquez-Bernal, O. A. (2018). *Diseño de una metodología de análisis multicriterio para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69506/79646296.2018_V1.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

World Bank (2020). *Global Competitiveness Report*. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020>

World Industrial Property Organization (WIPO), INSEAD and Cornell SC Johnson Business (2020). Global Innovation Index. <https://www.globalinnovationindex.org/Home>

Werner-Lewandowska, K. y Kosacka-Olejnik, M. (2019), Logistics Maturity Model for Engineering Management – Method Proposal. Volume 27, Issue 1, pp. 33-39. https://www.researchgate.net/publication/332198586_Logistics_Maturity_Model_for_Engineering_Management_-_Method_Proposal

Werner-Lewandowska K. y Kosacka-Olejnik M. (2021). *How to improve logistics maturity? – a roadmap proposal for the service industry*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2351978920321016?token=C2B900D711D469B-2249C302BA48528131D4D989D3F3F4A58201C7C29A272D89A9523777C41C74BF6F6B-8FBD92A9900B3>

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA PONDERACIÓN DE CRITERIOS Y PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS



Óscar Alejandro Vásquez Bernal²³

Julio César González Silva²⁴

Diego Karachas Rodríguez Segura²⁵

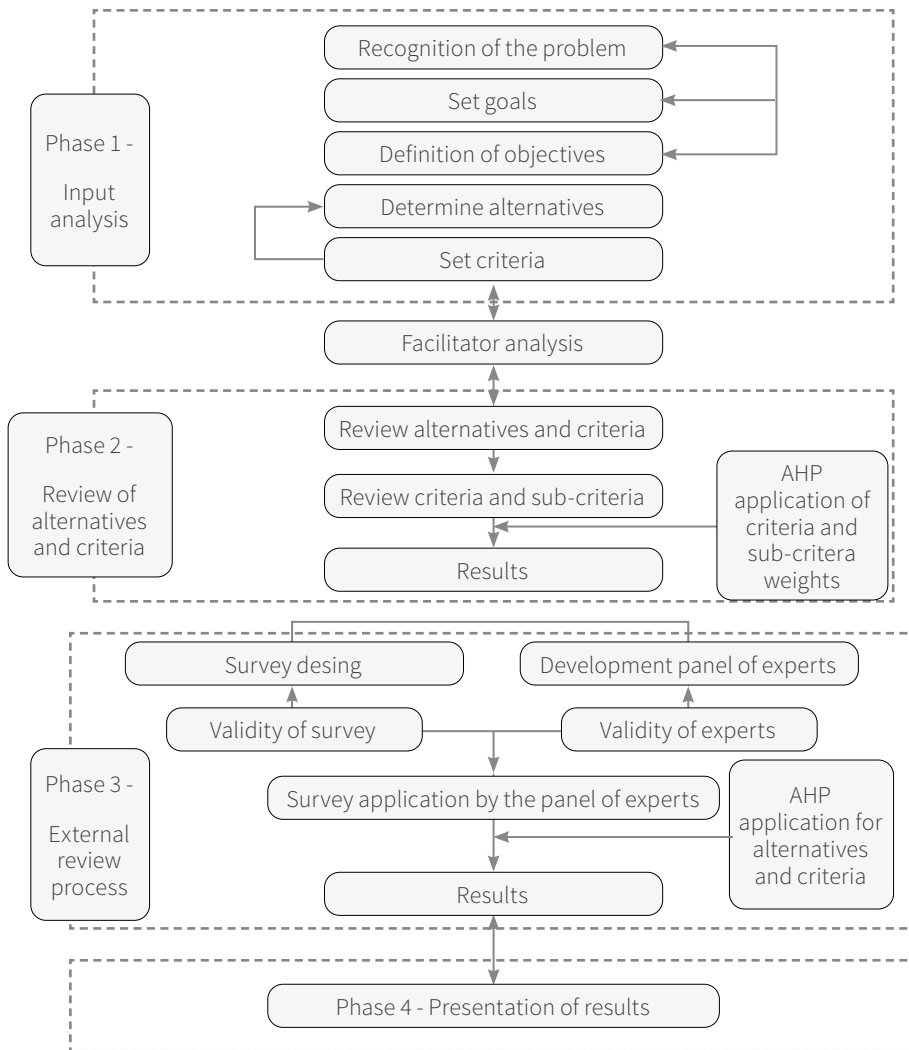
23 Docente Asociado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – oscar.vasquez@unad.edu.co

24 Docente investigador. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – julio.gonzalez@unad.edu.co

25 Docente investigador. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – diego.rodriguez@unad.edu.co

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado la metodología combinada de análisis de decisiones multicriterio y enfoque basado en metas (Vásquez-Bernal y Cortés Aldana, 2018), en la cual se establecen cuatro fases y sus respectivos pasos. En la figura 20 se muestran las fases para el desarrollo metodológico que apoyará la investigación.

Figura 20. Metodología para la toma de decisiones



Nota: Diagrama de la metodología para la toma de decisiones. Vásquez-Bernal y Cortés-Aldana (2018).

A continuación, se definen las fases de la metodología y posteriormente se realiza su aplicación:

La Fase 1: análisis de los elementos de entrada, comprende el reconocimiento del problema, determinar la meta-objetivo, los criterios y alternativas dentro del conjunto de elección, en el cual el decisor determinará su importancia y preferencia para satisfacer la meta-objetivo con base en la toma de decisiones.

La Fase 2: proceso de revisión de alternativas y criterios, contempla la revisión de las alternativas y los criterios con respecto a la meta-objetivo. Estos análisis los realiza el equipo facilitador con base en la información técnica recolectada y la experiencia de los investigadores, generando un constructo preliminar.

La Fase 3: proceso de revisión externa, comprende el apoyo de expertos externos que analizará con base en su experiencia profesional y académica los criterios y alternativas construidas por los investigadores que valorarán la importancia de los criterios y la preferencia de las alternativas.

Con el fin de soportar de manera técnica las calidades de los expertos, se desarrollará la validación de su experiencia, así como la validación de los instrumentos de recolección de información que los expertos diligenciarán por medio de entrevistas semiestructuradas con el acompañamiento de los investigadores (equipo facilitador).

La Fase 4: presentación de resultados, comprende los elementos de salida después de la ponderación y priorización de los criterios y alternativas. A continuación, se describen las fases aplicadas en la investigación relacionada con el índice de desempeño logístico e industria 4.0.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO, EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO E INDUSTRIA 4.0

Este apartado tiene como propósito determinar la relación existente entre el índice de desempeño logístico (LPI²⁶ por sus siglas en inglés), las tendencias de la industria 4.0 y la metodología de análisis multicriterio. A partir de la revisión sistemática de la teoría se encontraron artículos de interés relacionados con la temática, los cuales se analizaron y contrastaron la revisión de los conceptos que los diferentes gremios, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales nacionales e internacionales.

Rezaei *et al.* (2018), realizan un análisis de la importancia en la medición del índice de desempeño logístico a partir de la revisión sistemática del índice de desempeño logístico de los años 2010, 2012, 2014 y 2016 (Arvis *et al.*, 2016) con el fin de priorizar los componentes que generaron mayor impacto en la competitividad de las naciones en el aspecto logístico. Rezaei *et al.* (2018), indican que en la literatura existente no hay información suficiente para establecer una ponderación de pesos que otorguen la importancia de cada uno de los componentes de LPI, por lo tanto, plantean su análisis en la aplicación del método “Best Worst Method” (BWM) para la identificación de los pesos de los componentes de LPI. Dada la profundidad de los resultados en la aplicación del método en una población de 539 expertos de universidades y 536 expertos profesionales en seis diferentes continentes de los cuales 107 encuestas fueron respondidas; un número importante de expertos a nivel global. Entretanto, al revisar los resultados, en los países de los grupos de bajos ingresos fueron pocos los expertos consultados.

Esto es una oportunidad para profundizar el estudio en un país como Colombia.

Con respecto a la revolución de la industria 4.0, las tendencias y nuevas perspectivas con la gestión de materiales y flujo de información para la integración de redes de suministro globales complejas aún está separado de la logística y al integrarlo con esta como logística 4.0 mejora los procesos logísticos para evitar errores y disrupciones en los procesos de transporte y almacenaje dado el intercambio de información entre las partes interesadas del sistema logístico (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Del mismo modo, la inteligencia artificial ha sido vista como la fuerza motriz de la industria 4.0 y la logística 4.0, mediante el rol transformador en la generación de la economía y la sociedad a partir de los sistemas cognitivos y el aprendizaje de máquina (Fraunhofer Institute²⁷, 2019 citado por Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Así las cosas, la evaluación de los niveles de madurez frente a la tendencia de la logística 4.0 es un tema que ha motivado a los autores (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019, p. 1737).

27 Trends in Artificial Intelligence, Fraunhofer, <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/Publications/Trends-in-artificial-intelligence.pdf>, accessed on October 26th, (2018).

DEFINICIÓN DEL OBJETIVO-META, CRITERIOS Y ALTERNATIVAS SEGÚN LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO (MCDM)

El desarrollo del marco teórico ha permitido identificar características comunes de diferentes autores respecto a la relación entre el índice de desempeño logístico, la Industria 4.0 y la metodología de análisis multicriterio como herramienta para la toma de decisiones. Es importante destacar que existen criterios diferentes entre estas temáticas (índice de desempeño logístico e Industria 4.0), no obstante, pueden tener elementos comunes que puedan fortalecer y construir un enfoque común que potencialice la logística con la tecnología.

Con el fin de analizar los criterios y las alternativas de las temáticas anteriormente mencionadas, es importante establecer los objetivos, criterios y alternativas que coadyuvan a establecer la importancia de los criterios y la preferencia de las alternativas. Se realizó el análisis de manera independiente y posteriormente se efectuaron los análisis y comparación correspondientes.

La aplicación de la Metodología de Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDM) y el Análisis de Jerarquía de Procesos (AHP por sus siglas en inglés) requiere definir según Barba-Romero y Pomerol, (1997) y Saaty y Ergu, (2015), el objetivo o meta, las alternativas, los atributos, criterios, la matriz de decisión y los decisores.

Para el caso de esta investigación se han establecido para cada temática el objetivo-meta, los criterios y alternativas.

ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO

Objetivo - meta: el índice de desempeño logístico más adecuado para la competitividad.

Criterios: se han considerado como criterios, aquellos que están relacionados con los beneficios, oportunidades, costos y riesgos (BOCR) que puede tener una alternativa con respecto al cumplimiento del objetivo-meta. A continuación, se definen los criterios:

- *C1. Beneficios:* valor agregado recibido o dado, producto de entrar en contacto, (usar), con la alternativa.
- *C2. Oportunidades:* la posibilidad de obtener algún tipo de mejora, como consecuencia de entrar en contacto (usar) con la alternativa.
- *C3. Costos:* lo que es necesario pagar para poder entrar en contacto (usar) la alternativa.
- *C4. Riesgos:* posibilidad de que se presente un mal como consecuencia de entrar en contacto (usar) con la alternativa.

Para el caso de análisis de toma de decisiones, los beneficios y oportunidades son criterios para maximizar; los costos y los riesgos son criterios para minimizar.

Alternativas: basado en los hallazgos de la revisión del estado de conocimiento, se consideraron las siguientes alternativas relacionadas con el índice de desempeño logístico:

- *A1. Aduanas:* la eficiencia del despacho de aduanas y de la gestión de las fronteras.
- *A2. Infraestructura:* la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte.

- *A3. Calidad logística y competencia:* la competencia y la calidad de los servicios logísticos.
- *A4. Embarques internacionales:* la facilidad de organizar la venta de productos internacionales a precios competitivos.
- *A5. Puntualidad:* la frecuencia con que los envíos llegan a los destinatarios dentro del plazo de entrega previsto o esperado.
- *A6. Seguimiento y rastreo:* la capacidad de rastrear y localizar los envíos.

Una vez definidos los criterios y las alternativas, se ha realizado el diagrama de jerarquías con el fin de conocer las interacciones entre los criterios con respecto al objetivo-meta y las alternativas con respecto a los criterios (Figura 21).

Figura 21. Diagrama de jerarquías índice de desempeño logístico.



Nota: Relación del objetivo-meta, criterios y alternativas.

INDUSTRIA 4.0 – TECNOLOGÍA

Objetivo - meta: la tecnología que más impacta en la competitividad.

Criterios: se han considerado los mismos criterios de la temática del índice de desempeño logístico definidos a continuación:

- C1. *Beneficios:* valor agregado recibido o dado, producto de entrar en contacto, (usar), con la alternativa.
- C2. *Oportunidades:* la posibilidad de obtener algún tipo de mejora, como consecuencia de entrar en contacto (usar) con la alternativa.
- C3. *Costos:* lo que es necesario pagar para poder entrar en contacto (usar) la alternativa.
- C4. *Riesgos:* posibilidad de que se presente un mal como consecuencia de entrar en contacto (usar) con la alternativa.

Para el caso de análisis de toma de decisiones, los beneficios y oportunidades son criterios para maximizar; los costos y los riesgos son criterios para minimizar.

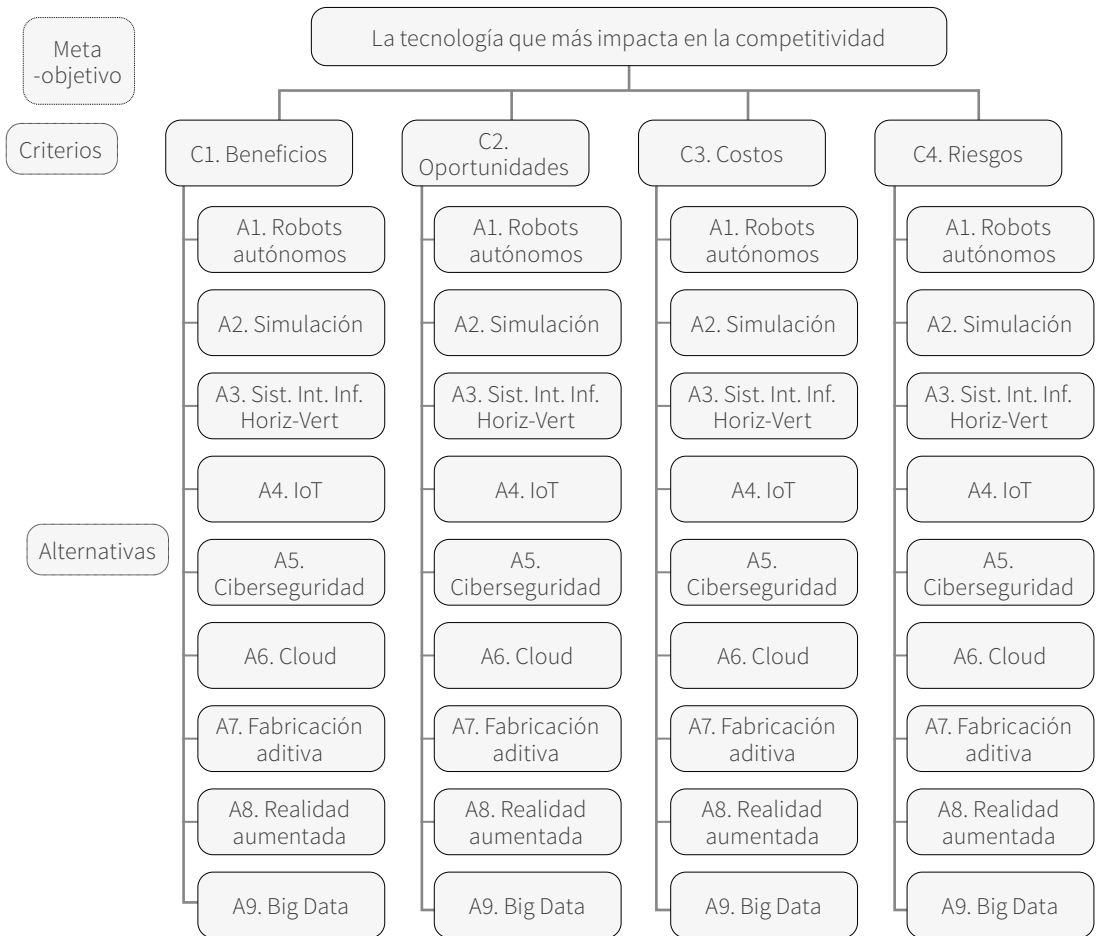
Alternativas: basado en los hallazgos de la revisión del estado de conocimiento, se han considerado las siguientes alternativas relacionadas con la tecnología:

- A1. *Robots autónomos:* tienen la habilidad para relacionarse con los humanos en un ambiente laboral, al igual que los robots virtuales o también llamados asistentes virtuales como los *bots* o *chatbots* usados con frecuencia en aplicaciones de gestión empresarial (Fedotov *et al.*, 2020).
- A2. *Simulación:* es una tecnología que refleja el mundo físico por medio de un modelo virtual, logrando optimizar tanto productos como procesos en un ambiente virtual. En la industria la simulación permite realizar pruebas para anticipar cualquier cambio en el plano real, logrando configurar las máquinas en menos tiempo sin afectar la calidad del producto (Promyoo *et al.*, 2019).

- A3. *Sistemas de integración información horizontal y vertical*: son redes universales con agrupación de datos que permite generar cadenas automatizadas dentro de una compañía, logrando así integrar totalmente la compañía con las áreas, las funciones y las capacidades.
- A4. *Internet de las cosas (IoT)*: esta tecnología está basada en las conexiones industriales de internet compartiendo en tiempo real información de dispositivos, plantas, oficinas entre otros (Witkowski, 2017).
- A5. *Ciberseguridad*: es proteger los sistemas industriales y líneas de producción críticas con alto riesgo de vulnerabilidad y amenaza cibernética, generando así, sistemas avanzados para la gestión de identidades, acceso a maquinaria y usuarios, para que la comunicación sea confiable y segura.
- A6. *La Nube (Cloud)*: las industrias cuentan con un sinnúmero de tareas en sus procesos, así mismo, requiere un mayor flujo de datos entre lugares y compañías. Todos los datos de las máquinas usan computación en la nube para alimentar los sistemas de producción, apoyando el monitoreo y control en los procesos (Flynn *et al.*, 2017).
- A7. *Fabricación aditiva*: en esta tecnología aparece la impresión 3D más avanzada, no solo produce un objeto de manera individual, sino que logra producir de manera personalizada pequeños lotes de productos ligeros y completos. Esta tecnología logra que las fabricaciones sean descentralizadas con un alto rendimiento disminuyendo el stock de los productos (Cotteleer y Sniderman, 2017).
- A8. *Realidad aumentada*: es un sistema que soporta la variedad de servicios, como se evidencia en la elección de piezas en un almacén. Esta tecnología brinda información a los trabajadores en tiempo real apoyando la toma de decisiones, por ejemplo, con gafas de realidad aumentada podrá observar el interior de la máquina en reparación, recibiendo instrucciones de la pieza que se debe cambiar.
- A9. *Big data*: esta tecnología tiene una gran capacidad para recolectar, almacenar y analizar datos, logrando evidenciar cuellos de botella en la fabricación, permitiendo optimizar energía, maquinaria y la calidad en el proceso (Witkowski, 2017).

Una vez definidos los criterios y las alternativas se ha realizado el diagrama de jerarquías con el fin de conocer las interacciones entre los criterios con respecto al objetivo-meta y las alternativas con respecto a los criterios (Figura 22).

Figura 22. Diagrama de jerarquías tecnología (Industria 4.0)



Nota: Relación del objetivo-meta, criterios y alternativas.

Siguiendo con los lineamientos de la metodología, se han aplicado los pasos como procedimiento a seguir para analizar las temáticas del índice de desempeño logístico y de tecnología (Industria 4.0).

Seguidamente se realiza la aplicación de la metodología:

FASE 1. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE ENTRADA.

Índice de desempeño logístico:

Meta-objetivo: el índice de desempeño logístico más adecuado para la competitividad.

Conjunto de elección - alternativas: se definen como conjunto de alternativas las que tienen elementos comunes que permitan hacer comparaciones según los criterios definidos. Para el caso del índice de desempeño logístico se consideraron las siguientes alternativas:

A1. Aduanas

A2. Infraestructura

A3. Calidad logística y competencia

A4. Embarques internacionales

A5. Puntualidad

A6. Seguimiento y rastreo

Estas alternativas fueron definidas anteriormente en esta sección.

Tecnología (Industria 4.0)

Meta-objetivo: la tecnología que más impacta en la competitividad.

Conjunto de elección - alternativas: se definen como conjunto de alternativas las que tienen elementos comunes que permitan hacer comparaciones según los criterios definidos. Para el caso de la tecnología (Industria 4.0) se consideraron las siguientes alternativas, las cuales fueron definidas anteriormente.

A1. Robots autónomos

A2. Simulación

A3. Sistemas de integración información horizontal y vertical

A4. Internet de las cosas (IoT)

A5. Ciberseguridad

A6. La Nube (Cloud)

A7. Fabricación aditiva

A8. Realidad aumentada

A9. Big data

Conjunto de elección - criterios: son las preferencias de un decisor incluidas en un atributo. Es la información que el decisor debe aportar en relación con los atributos de las alternativas. Para ambas temáticas (Índice de desempeño logístico y tecnología - Industria 4.0) se han definido cuatro criterios a considerar:

C1. Beneficios

C2. Oportunidades

C3. Costos

C4. Riesgos

Para el caso de esta investigación se han considerado los beneficios y las oportunidades como criterios a maximizar, dado que son elementos positivos para considerar en la decisión, mientras que los costos y los riesgos se han considerado como criterios para minimizar.

Entre la fase 1 y la fase 2 está la interacción del facilitador, el cual analiza los elementos de entrada y realiza la revisión de alternativas y criterios.

Análisis del facilitador: el equipo facilitador fueron los investigadores responsables del proyecto.

FASE 2. REVISIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIOS.

En esta fase se realiza la revisión de alternativas y criterios que estén soportados teóricamente y se considera la aplicación de la técnica del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP²⁸). Se han considerado los hallazgos de la revisión del estado de conocimiento relacionadas con el índice de desempeño logístico y tecnología (Industria 4.0) y la experiencia de los investigadores en estas temáticas. Con respecto a la aplicación de la técnica del proceso de análisis jerárquico, se han tenido en cuenta los constructos de diagramas de jerarquías de las temáticas analizadas anteriormente.

FASE 3. PROCESO DE REVISIÓN EXTERNA.

En esta fase se ha realizado el diseño de los instrumentos de valoración para la recolección de datos a los expertos. Se ha desarrollado el panel de expertos considerando la experiencia profesional, académica e investigativa. Para los instrumentos de valoración se ha realizado la validación tomando como base a Corral (2009) en su artículo titulado “Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos” considerando tres elementos: La validez de contenido, validez de constructo y validez de criterio. Se ha dispuesto de un profesional experto para la validación del instrumento de valoración. Para la validación de los expertos

se tuvieron en cuenta los lineamientos de Royal Society of Canada (2010), Ayyub (2000), Ericsson, K.A. (1996) y Mieg (2009).

Posteriormente, tomando como base lo construido en la Fase 2, junto con lo desarrollado en esta fase, se ha utilizado el *software* Superdecisions © para apoyar el proceso de priorización de alternativas de cada uno de los expertos.

Saaty (1980) ha establecido una escala de valoración entre 1 y 9 siendo 1 un valor que otorga igual importancia o preferencia entre los criterios o las alternativas y 9 una importancia o preferencia muy fuerte de un criterio o alternativa frente a otra. La variabilidad de las valoraciones muestra el índice de consistencia del decisor. Según Saaty (1980, 2012), no debe ser superior que 10 %; sin embargo, diferentes estudios realizados por Moreno-Jiménez (2002), Aguarón y Moreno Jiménez (2003), Moreno-Jiménez, Aguarón y Escobar (2008) indican que un índice de consistencia puede estar entre un 15 % y 20 % siendo manejables en los casos reales. Con el fin de evitar una variabilidad alta de los índices de consistencia se ha realizado el análisis por consenso enfocado en tomar los resultados de las valoraciones de cada experto y determinar la media geométrica para minimizar el índice de consistencia de las valoraciones dadas por los expertos. Para el caso de esta investigación se han tomado los datos consensuados.

Fase 4. Presentación de resultados.

En esta fase se incorporan los análisis de los resultados de la ponderación de criterios y priorización de alternativas de los datos consensuados de los expertos.

CONCLUSIONES

La revisión del estado de conocimiento de las palabras clave tales como “logistics”, “MCDM”, “Industry 4.0” han generado resultados interesantes que atribuyeron en el hallazgo de dos artículos estratégicos para la definición de los criterios y las alternativas.

Los artículos relacionados con la medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018) y los niveles de madurez de la logística 4.0, la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Sztafka; Wojciechowska; Domańska; Pawłowski; 2019) ratifican la importancia de utilizar metodologías para la toma de decisiones y su enfoque en las redes de valor y la logística.

La metodología de análisis de decisiones multicriterio ha sido ampliamente aplicada en aspectos considerados de alta importancia, para apoyar al decisor en escoger la alternativa más adecuada que satisfaga un objetivo que dé solución a una problemática específica. Del mismo modo, la metodología combinada de análisis de decisiones multicriterio y enfoque basado en metas aplicada en esta investigación, han ayudado a organizar sistemáticamente las actividades a desarrollar para establecer las alternativas más adecuadas para los objetivos planteados en el índice de desempeño logísticos y la tecnología (Industria 4.0).

El análisis por consenso de las valoraciones de los expertos ayuda a reducir el índice de consistencia que pueden presentar algunos resultados dados por los expertos. Es clara la motivación en establecer las causas por las cuales se pueden presentar índices de consistencia altos en algunos expertos consultados, posiblemente por la disposición de tiempo, comodidad en la aplicación del instrumento por medio de entrevista semiestructurada o comprensión de los conceptos de los criterios y alternativas pueden ocasionar tal variabilidad.

REFERENCIAS

Aguaron, J., y Moreno Jimenez, J. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operations Research*, 147(1), 137-145.

Analdex. (2019). *Analdex.org*. Obtenido de Analdex: <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/1992/11/2018-08-06-ndice-de-desempeo-logstico-World-Bank.pdf>

ANDI. (2018). *ANDI*. Obtenido de Encuesta Nacional Logística: <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>

ANI. (2017). <http://conferencias.cepal.org/>. Obtenido de Gobernanza del transporte: http://conferencias.cepal.org/gobernanza_transporte/Lunes%2030/Pdf/Andr%C3%A9s%20Figueredo.pdf

ANIF. (7 de 09 de 2018). *ANIF*. Obtenido de Septiembre 17 Logística del Transporte en Colombia: Índice del Banco Mundial (LPI): <https://www.anif.com.co/comentario-economico-del-dia/logistica-del-transporte-en-colombia-indice-del-banco-mundial-lpi>

Arvis, J., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A., y Naula, T. (2016). *Connecting to compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington D.C.: World Bank.

Awad-Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler-Flores, S., y Camarero-Orive, A. (2016). A Methodology For Measuring Sustainability Of Dry Ports Location Based On Bayesian Networks And Multi-Criteria Decision Analysis. *Transportation Research Procedia*, 13, 124-133.

Ayyub, B. M. (2010). *Methods of Expert-Opinion. Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*.

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de Suministro* (Quinta ed.). Mexico D.F.: Pearson. Recuperado el 12 de Junio de 2019

Ballou, R. H. (2006). The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, 16(3), 375-386. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300002

Banco Mundial . (2019). *Connecting to Compete 2018*. Washington D.C. USA: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2017). *Connecting to Compete 2016*. Washington D.C.: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2020). *Bancomundial.org*. Obtenido de Who we are: <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Informes Globales: <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de CHAPTER 6 Ease of doing business score and ease of doing business ranking: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402_Ch06.pdf

Barba-Romero, S., y Pomerol, J. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Alcalá: Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.

Belton, V., y Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publisher.

Bond, S., Carlson, K., y Keeney, R. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), 238-255.

Borsodi, R. (1927). *The Distribution Age, a study of the economy of modern distribution*. New York: D. Appleton and Company. Recuperado el 9 de Junio de 2019, de <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/0303critic/030308borsodi.dist.age/030308toc.htm>

Boutkhoul, O., Hanine, M., Tikniouine, A., y Agouti, T. (2015). Multi-Criteria Decisional Approach Of The Olap Analysis By Fuzzy Logic: Green Logistics As A Case Study. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 40(8), 2345-2359.

Bowersox, D. J. (Enero de 1969). Physical Distribution Development, Current Status, and potential. *Journal of Marketing*, 63-70. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=34a405a8-71e2-41f3-aa57-722ce063f309%40pdc-v-sessmgr01>

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (Segunda ed.). Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Buendía Rice, E. A. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Análisis Económico*, 28(69), 55-78. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331033004.pdf>

Cabuya Padilla, B. (2016). *MODELO DE PREDICCIÓN Modelo de predicción del LPI con indicadores externos usando el método PCA. caso estudio Colombia*. Valencia, España: UNiversidad Politécnica de Valencia.

CEPAL. (2006). *Fernando Fajnzylber – Una visión renovadora del desarrollo de América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2458/S0600410.pdf?sequence=1>

Cho, D.-s., y Moon, H.-c. (2013). *From Adam Smith To Michael Porter: Evolution Of Competitiveness Theory (Extended Edition)*. Singapore: World Scientific. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://search-ebscohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=564502&lang=es&site=ehost-live>

CIVITAS. (2014). *Innovative Urban Transport Solutions*. Bruselas: CIVITAS. Obtenido de <https://civitas.eu/sites/default/files/civitas-plus-innovative-urban-transport-solutions-www-final.pdf>

Colombia Competitiva. (2020). *Avances en el IGC 2020*. Recuperado el 12 de 9 de 2020, de ¿Qué es y cómo se mide el Índice Global de Competitividad?: <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/indicadores-internacionales/indice-competitividad-global>

Compite. (2020). *Informe Nacional de Competitividad 2019-2020*. Bogotá D.C.: Compite.

CSCMP. (3 de Junio de 2019). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Recuperado el 3 de Junio de 2019, de CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?h-key=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

de Gooyert, V., Rouwettea, E., van Kranenburga, H., y Freemanb, E. (2017). Reviewing the role of *stakeholders* in Operational Research: A stakeholder theory perspective. *European Journal of Operational Research*, 262, 402-410.

de Souza, V., Bloemhof-Ruwaard, J., y Borsanto, M. (2019). Towards Regenerative Supply Networks: A design framework proposal. *Journal of Cleaner Production*, 221, 145-156.

de Souza, V., Melare, A., Montenegro Gonzalez, S., Faceli, K., y Casadei, V. (2017). Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. *Waste Management*, 59, 567-584.

Deloitte. (2019). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte-Reporte-Global-Competitividad: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/gt/Documents/finance/191009-Deloitte-Reporte-Global-Competitividad.pdf>

D'Eusano, M., Zamagni, A., y Petti, L. (2019). Social sustainability and supply chain management: Methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 235, 178-189.

Erener, A., Mutlu, A., y Sebnem Düzgün, H. (2016). A Comparative Study for Landslide Susceptibility Mapping Using Gis-Based Multi-Criteria Decision Analysis (Mcd), Logistic Regression (Lr) And Association Rule Mining (Arm). *Engineering Geology*, 203, 45-55.

Eskandarpour, M., Dejaj, P., Miemczyk, J., y Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54, 11-32.

Estrada mejía, S., Restrepo de Ocampo, I. s., y Silva, B. (2010). Análisis De Los Costos Logísticos En La Administración De La Cadena De Suministro. *Scientia Et Technica*, 272-277. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249050.pdf>

Fahimniaa, B., Tang, Davarzani, H., y Sarkis, J. (2015). Quantitative models for managing supply chain risks: A review. *European Journal of Operational Research*, 247, 1-15.

Foresight. (2019). *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*. Londres: Foresight. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/781295/automation_in_freight.pdf

Gbededoa, M., y Liyanagea, K. (2020). Descriptive framework for simulation-aided sustainability decision-making: A Delphi study. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 45-57.

Ghiani, G., Laporte, G., y Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. Chichester: John Wiley and Sons.

Guarnieri, P., Sobreiro, V. A., Nagano, M. S., y Marques Serrano, A. L. (2015). The Challenge Of Selecting And Evaluating Third-Party Reverse Logistics Providers In A Multicriteria Perspective: A Brazilian Case. *Journal Of Cleaner Production*, 96(4333), 209-219.

Hasana, M., Jianga, D., Sharif, E.-A., Ullahb, A., y E-Alama, M. (2020). Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems With Applications*, 139(112799).

He, J., Feng, C., Hu, D., y Liang, L. (2017). A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on A Novel Stochastic Mcdm Method: Evidence from China. *Mathematical Problems In Engineering*, 2017(7804781).

Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications. A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228.

Kijewska, K., Torbacki, W., y Iwan, S. (2018). Application of Ahp And Dematel Methods In Choosing And Analysing The Measures For The Distribution Of Goods In Szczecin Region. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).

Krugman, P. R., y Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional, Teoría y política*. Madrid: Pearson Educación, SA.

Laseter, T., y Oliver, K. (2003). *When Will Supply Chain Management Grow Up?* Recuperado el 1 de Junio de 2019, de Strategy+Business: <https://www.strategy-business.com/article/03304?pg=0>

Liu, X. (2014). China-based logistics research: a review of the literature and implications. *International Journal of Physical Distribution y Logistics Management*, 44(5), 392-411. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2012-0225>

Lombana, J., y Rozas Gutierrez, S. (2009). Marco Analítico de la competitividad. Fundamentos para la Competitividad Regional. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 1-18.

Longaray, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Dutra, A., y Munhoz, P. (2018). Using Mcdca To Evaluate the Performance Of The Logistics Process In Public Hospitals: The Case Of A Brazilian Teaching Hospital. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 133-156.

Macharis, C., y Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*, 37, 177-186.

Martí Selva, M., Puertas Medina, R., y García, L. (2014). Importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2014.916394>

Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., y Spinler, S. (2020). Sustainability Assessment of Last-Mile Logistics and Distribution Strategies: The Case of Local Food Networks. *International Journal of Production Economics*, 228(107746).

Mieg, H. A. (2009). Two Factors of Expertise? Excellence and Professionalism of Environmental Experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91-115.

Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil. (2020). *itamaraty.gov.br*. Obtenido de Banco Mundial: [http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgi%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20\(BIRD\)](http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgi%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20(BIRD)).

Mintransportes, BID. (2018). *Sistema Logístico Nacional, Una Estrategia para la Competitividad*. Estudio BID, Ministerio de Transportes/BID, Bogotá. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/Estudios%20BID/Libro%20Blanco.pdf?ver=2018-12-14-113134-343>

Moreno Jimenez, J., Aguaron, J., y Escobar, M. (2008). The core of consistency in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 17(3), 249-265.

Moreno Jimenez, L. (2002). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones*.

Oleśków-Szłapkaa, J., Wojciechowska, H., Domańska, R., y Pawłowski, G. (2019). Logistics 4.0 Maturity Levels Assessed Based on GDM (Grey Decision Model) and Artificial Intelligence in Logistics 4.0 – Trends and Future Perspective. *Procedia Manufacturing*, 39, 1734-1742.

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Obtenido de Presentación Encuesta Nacional Logística : <http://onl.dnp.gov.co/es/Publicaciones/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/Presentaci%c3%b3n%20Encuesta%20Nacional%20Log%c3%adstica%202018.pdf>

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2018: <http://onl.dnp.gov.co/es/enl/Paginas/2018.aspx>

ONL. (2020). *Encuesta Nacional Logística 2020*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2020: <http://onl.dnp.gov.co/es/enl/Paginas/2020.aspx>

Ortiz Torres, M., M., P., Valdés, F., y Arias Castillo, E. (2013). Desempeño logístico y rentabilidad económica. Fundamentos teóricos y resultados prácticos. *Economía y Desarrollo*, 182-193. Recuperado el 18 de 9 de 2020, de <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/264>

Padilla, R. (27-29 de 9 de 2006). *competitividad.org.do*. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 9 de 9 de 2020, de Instrumentos de medición de la competitividad: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2009/01/2.1Indicadoresdecompetitividad1.pdf>

Pereira, T., y Ferreira, F. A. (2017). A Multicriteria Decision Making Model For Assessment And Selection Of An Erp In A Logistics Context. *Aip Conference Proceedings*.

Pereira, T., Ferreira, F. A., y Araújo, C. (2019). A Multicriteria Decision Model For The Selection Of An Information System For a Logistics Company Using Mmassi/Itoopen Access. *International Journal for Quality Research*, 13(4), 837-848.

Porter, M. (Marzo - Abril de 1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review Home*, 73-95. Obtenido de <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/156634860/Competitive-Advantage-Creating-and-Sustaining-Superior-Performance-Michael-Porter-1985>

Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J., y Gaudenzi, B. (2018). Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 196, 24-42.

Ramirez Díaz, L. (2006). La competitividad ... ¿a qué se refiere? *Ensayos de Economía*, 107-117.

Rebula de Oliveira, U., Silva Marins, F., Martins Rocha, H., y Pamplona Salomon, V. A. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 616-633.

Reeb, C. W., Venditti, R., Gonzalez, R., y Kelley, S. (2016). Environmental Lca And Financial Analysis To Evaluate The Feasibility Of Bio-Based Sugar Feedstock Biomass Supply Globally: Part 2. Application Of Multi-Criteria Decision-Making Analysis As A Method For Biomass Feedstock Comparisons. *Bioresources*, 11(3), 6062-6084.

Rey, M. F. (2008). *Encuesta Nacional Logística – Resultados del Benchmarking Logístico – Colombia 2008*. . Latin America Logistics Center (LALC). Cali Colombia: Latin America Logistics Center (LALC). Recuperado el 20 de 11 de 2020, de <https://www.icesi.edu.co/blogs/logisticawww/files/2012/05/REPORTE-ENL-COLOMBIA.pdf>

Rezaei, J., van Roekel, W., y Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.

Saaty, T. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

Saaty, T., y Ergu, D. (2015). When in a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multicriteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 14(6), 1171-1187.

San Martín, D., Orive, M., Martínez, E., Vázquez, L., y Zufía, J. (2017). Decision Making Supporting Tool Combining Ahp Method with Gis For Implementing Food Waste Valorization Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1555-1567.

Sawicka, H. (2020). The methodology of solving stochastic multiple criteria ranking problems applied in transportation. *Transportation Research Procedia*, 47, 219-226.

SCC. (2012). *Scor, Supply Chain Operations, Revision 11.0*. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>

Servera-Francés, D. (Septiembre-Diciembre de 2010). Concepto y evolución de la función Logística. *Innovar Journal*, 20(38), 217-234. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>

Shaw, A. W. (1916). *Some problems in Market Distribution*. Boston: Harvard University Press. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015063904661&view=1up&seq=4>

Subramanian, N., y Ramanathan, R. (2012). A Review of Applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241.

Suñol, S. (abril-junio de 2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 31(2), 179-198. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7438487.pdf>

Vásquez-Bernal, O. A. (2019). *Diseño de una Metodología de Análisis Multicriterio para la Certificación de los Profesionales de Ingeniería en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), 84-88.

Vieira, B. O., Guarnieri, P., Silva, L. C., y Alfinito, S. (1 de May de 2020). Prioritizing Barriers to be Solved to The Implementation of Reverse Logistics Of E-Waste In Brazil Under A Multicriteria Decision Aid Approach. *Sustainability*, 12(10), 1-30.

Von Bertalanffy, K. L. (1976). *Teoría General de Sistemas*. México D.F.: Editorio, Fondo de Cultura Económica.

Watróbski, J. (2016). Outline of Multicriteria Decision-Making In Green Logistics. *Transportation Research Procedia*, 16, 537-552.

Watróbski, J., Jankowski, J., Ziembaa, P., Karczmarczyk, A., y Zioloa, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107-124.

Watróbski, K., Matecki, K., Kijewska, K., Karczmarczyk, A., y Thompson, R. G. (2017). Multi-Criteria Analysis of Electric Vans For City Logistics. *Sustainability*, 9(1453), 1-30.

WEF. (2019). *A Platform for Impact*. Ginebra Suiza: WEF. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Institutional_Brochure_2019.pdf

WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra Suiza: WEF.

WEF. (2020). *World Economic Forum*. Obtenido de Our Mission: <https://es.weforum.org/about/world-economic-forum>

Zak, J., y Galinska, B. (2018). Design and Evaluation of Global Freight Transportation Solutions (Corridors). Analysis of a Real-World Case Study. *Transportation Research Procedia*, 30, 350-362.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR



Óscar Alejandro Vásquez Bernal²⁹

Woody Figueroa Peinado³⁰

Benjamín Pinzón Hoyos³¹

José Daniel Gómez Méndez³²

José Martín Díaz Pulido³³

29 Docente Asociado Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - oscar.vasquez@unad.edu.co

30 Docente investigadora. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO - woody.figueroa@uniminuto.edu

31 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - benjamin.pinzon@unad.edu.co

32 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - josed.gomez@unad.edu.co

33 Docente investigador. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO - jose.diazp@uniminuto.edu

El desarrollo del marco teórico ha permitido identificar características comunes de diferentes autores respecto a la configuración de redes globales de valor, en términos de capacidad de respuesta, flexibilidad, resiliencia, colaboración e integración, con una alta orientación hacia el cliente en entornos innovadores de negocios, altamente tecnológicos y con retos de sostenibilidad ambiental y social.

La metodología de análisis de decisiones multicriterio (MCDA)³⁴ orienta al decisor a establecer los criterios con base en los atributos a considerar con base en las alternativas para una toma de decisiones adecuada. La estructuración de los parámetros es fundamental para determinar los elementos de decisión a considerar en un entorno de incertidumbre. A continuación, se hace una descripción detallada del objetivo, alternativas y criterios que se consideraron en esta investigación, su aplicación y posteriores resultados para su análisis.

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado la metodología combinada de análisis de decisiones multicriterio y enfoque basado en metas (Vásquez-Bernal y Cortés Aldana, 2018), en la cual se establecen cuatro fases y sus respectivos pasos.

DESCRIPCIÓN DEL OBJETIVO, ALTERNATIVAS Y CRITERIOS

La aplicación de la metodología de Análisis Multicriterio (MCDM) y el Análisis de Jerarquía de Procesos requiere definir según Barba-Romero y Pomerol, (1997) y Saaty y Ergu, (2015), objetivo o meta, alternativas, atributos, criterios, decisores y matriz de decisión.

Objetivo: definir las alternativas más adecuadas que permitan medir el grado de madurez de las redes globales de valor.

Alternativas: basado en los hallazgos del marco teórico, se realiza una revisión de alternativas, que son interpretadas como índices globales, de amplio alcance que estén relacionados con el concepto de redes globales de valor, que sean definidos por organismos mundialmente reconocidos y que sean comparables entre sí al tener características comunes para el análisis, como se indica:

- Alternativa 1: índice de preparación de la red - **Network Readiness Index**. De Portulands Institute: define pilares, categorías e indicadores enfocados a la tecnología y su impacto en la transformación digital.
- Alternativa 2: índice global de competitividad digital - IMD World Digital Competitiveness Index. Del Centro mundial de competitividad: define pilares, categorías e indicadores enfocados en el aporte de la tecnología en la competitividad global y preparación de futuro.
- Alternativa 3. Índice global de preparación digital CISCO - Cisco Global Digital Readiness Index. De la compañía CISCO: define pilares e indicadores enfocados en la preparación tecnológica hacia una economía inclusiva.
- Alternativa 4. Reporte Global de competitividad - Global competitiveness Report. Del Banco Mundial: para la versión 2020 y por efectos de la COVID-19 define prioridades, categorías e indicadores enfocados en la preparación de futuro y la resiliencia.
- Alternativa 5: Índice Global de Innovación - Global Innovation Index. Del World Intellectual Property (WIPO) - INSEAD - Cornell SC Johnson Business: define pilares, categorías e indicadores enfocados en la innovación.

Atributos de las alternativas: los atributos se refieren a las características propias de cada alternativa. Según se indica:

- **Alternativa 1: índice de preparación de la red - Network Readiness Index. Define cuatro pilares:** tecnología, impacto, gente y gobernanza que a su vez se desagregan en categorías e indicadores. En la Tabla 23 se describen los cuatro pilares y sus categorías.

Tabla 23. Pilares y categorías del índice de preparación de la red - Network Readiness Index.

Tecnología	Acceso
	Contenido
	Tecnología del futuro
Impacto	Economía
	Calidad de vida
	Contribución desarrollo sostenible
Gente	Individuos
	Negocios
Gobernanza	Confianza
	Regulación
	Inclusión

Nota: Descripción de los pilares y categorías del índice de preparación de la red. Los autores con base en basado en Network Readiness Index. <https://networkreadinessindex.org/>

El índice de preparación es lanzado desde el 2002 por el Foro Económico Mundial y ha sido rediseñado en el 2019 con el apoyo de Portulans Institute, en donde compara 134 países en el desempeño hacia la transformación digital en 60 variables. En la versión 2020 se enfoca en cómo acelerar la transformación digital para una economía global Post- COVID y que tan preparados estamos para ser una red global. Para esta versión concluye que la transformación digital necesita ser un sistema amplio y global, siendo factores clave la confianza, la seguridad el desarrollo de habilidades para la sostenibilidad en la transformación digital. La crisis del COVID ha venido acelerando la transformación digital, y a redefinir la globalización. (Portulans, 2020).

- **Alternativa 2: Índice Global de competitividad digital – IMD World Digital Competitiveness Index.** Define tres pilares: tecnología, conocimiento y preparación de futuro, que a su vez se desagregan en categorías e indicadores (Tabla 24).

Tabla 24. Pilares y categorías del Índice Global de Competitividad Digital – IMD World Digital Competitiveness Index.

Tecnología	Marco regulatorio
	Capital
	Marco tecnológico
Conocimiento	Talento humano
	Educación y entrenamiento
	Concentración científica
Preparación de Futuro	Aptitudes adaptativas
	Agilidad de negocios
	Integración tecnologías de información

Nota: Descripción de los pilares y categorías del Índice Global de Competitividad. IMD World Digital Competitiveness Index basado en <https://www.imd.org>

El índice global de competitividad digital es desarrollado por *Institute Management for Development (IMD) World Competitiveness Center*, mide la capacidad y preparación en la adopción de tecnologías digitales para la transformación económica y social para la competitividad. Este índice fue lanzado desde 1989 inicialmente para países miembros de la OCDE. Hoy en día compara 63 países en el desarrollo de capacidades para adoptar tecnologías digitales como impulsores para la transformación económica en negocios, gobierno y sociedad. En la versión 2020 concluye la importancia de la generación de conocimiento y el desarrollo del talento humano junto con la habilitación de un marco normativo eficiente, el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica que permitan impulsar la competitividad digital, desde la flexibilidad y adaptabilidad de las empresas e individuos. (IMD World Competitiveness Center, 2020).

- **Alternativa 3: índice global de preparación digital CISCO - Cisco Global Digital Readiness Index.** Define cinco categorías que a su vez se desagregan en indicadores. Las categorías son: necesidades básicas, inversiones de empresas y gobierno, facilidad de hacer negocios, capital humano y ambientes de *Start-Up*.

Esta alternativa tiene un enfoque específico de CISCO, por lo tanto, se descarta dentro del conjunto de alternativas a comparar.

- **Alternativa 4. Reporte Global de competitividad – Global competitiveness Report.** Para la versión 2020 y por efecto de la COVID-19 define en seis prioridades: preparando el ambiente, capital humano, mercados, ecosistemas de innovación, preparación para los mercados del futuro, disrupción y resiliencia. Esas prioridades a su vez se desagregan en categorías e indicadores (Tabla 25).

Tabla 25. Prioridades y categorías del Reporte Global de Competitividad (Global Competitiveness Report)

Preparando el ambiente	Marco institucional Infraestructura
Capital humano	Habilidades y competencias Mercado laboral
Mercados	Mercado financiero Mercados del mañana Políticas de fortalecimiento
Ecosistemas de innovación	Cultura de negocio Investigación y desarrollo Políticas de fortalecimiento
Preparación para la transformación de los mercados del futuro	Asegurar las instituciones públicas Infraestructura Energética y TI Progresividad de impuestos Ascenso de la educación y desarrollo de habilidades Leyes laborales y protección social Ascenso de la salud Incentivos financieros y estabilidad largo plazo Marco regulatorio de negocios en la industria 4.0 Colaboración público - privado Inversión en investigación e innovación Diversidad, inclusión y equidad en las empresas
Disrupción y resiliencia	Empresarial Gubernamental

Nota: Global Competitiveness Report basado en <https://www.weforum.org>
El reporte global de competitividad es desarrollado por: World Economic Forum.

Este índice fue lanzado desde 1979, se comparan 141 países a través de 103 indicadores, en términos de los vectores de cambio hacia la productividad y el crecimiento económico a largo plazo. La versión 2020 se enfoca en re-

pensar los mercados del futuro, el rediseño de los sistemas económicos que promuevan el desarrollo humano, la competitividad y la sostenibilidad ambiental, en donde concluye que es necesario sentar las bases para un mejor equilibrio de movimiento internacional de mercancías y personas, con prosperidad local y resiliencia local estratégica en cadenas de suministro, siendo el perfil clave de competitividad el desarrollar habilidades digitales, la digitalización económica, la solidez bancaria y redes seguras, la planeación y gobernanza, los sistemas de salud y el desarrollo de capacidades de investigación. (World Bank, 2020).

- **Alternativa 5: Índice Global de Innovación- Global Innovation Index. Del World Intellectual Property (WIPO)- INSEAD - Cornell SC Johnson Business.** Define cinco pilares: institucional, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación de mercados y productos de conocimiento y tecnología, que a su vez se desagregan en categorías e indicadores (Tabla 26).

Tabla 26. Pilares y categorías del Índice Global de Innovación- Global Innovation Index.

Institucional	Ambiente político Ambiente regulatorio Ambiente de negocios
Capital humano e investigación	Educación Educación terciaria Investigación y desarrollo Tecnologías de Información y Comunicación
Infraestructura	Infraestructura general Sostenibilidad ecológica
Sofisticación de mercados	Crédito Inversión Comercio, competencia y escala de mercado Conocimiento de los trabajadores Vínculos de innovación Absorción de conocimiento
Productos de conocimiento y tecnología	Creación de conocimiento Impacto y difusión del conocimiento

Nota: Pilares y categorías basado en <https://www.globalinnovationindex.org/Home>

El índice global de innovación es desarrollado por World Intellectual Property Organization (WIPO), European Business School INSEAD y Cornell SC Johnson

Business. Este índice, lanzado desde 2008, compara 130 países en 80 indicadores. En la versión 2020, se enfoca en la innovación como un camino para construir un futuro sostenible, inclusivo y la disrupción creativa en medio de entornos de crisis. (World Intellectual Property Organization (WIPO), INSEAD and Cornell SC Johnson Business, 2020).

CRITERIOS

Son los elementos comunes a todas las alternativas de acuerdo con sus atributos. Son los que permitirán hacer las comparaciones de acuerdo con el objetivo definido. De esta manera se definen cinco criterios:

Tecnología: conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto. (RAE, 2021).

Negocios: actividades productivas que se desarrollan para obtener un beneficio mediante la realización de intercambios de bienes, servicios, conocimiento, información, recursos y tecnología entre los actores participantes, en escenarios locales, regionales y globales. (Autores, 2021).

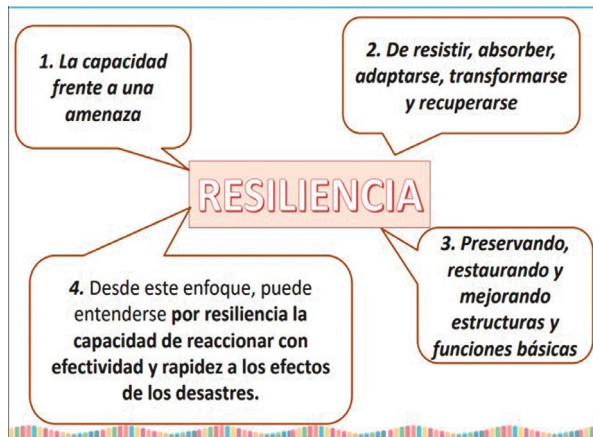
Resiliencia: aporta la perspectiva sobre cómo prepararse y cómo analizar eficazmente los efectos frente a las situaciones de crisis y de los factores de estrés. “Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse: de manera oportuna y eficiente, mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas por conducto de la gestión de riesgos”. Marco de Sendai, citado en: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en diciembre 2019.

El concepto de resiliencia proviene de la física: “la capacidad de ciertos materiales de recobrar su forma original después de ser sometidos a una presión deformadora”.

En los años 1970, vinculado a los estudios en el campo de la ecología: “entendido como la capacidad de los ecosistemas de absorber los cambios y sostener las funciones básicas”.

Posteriormente incorporado al campo de las ciencias sociales, al ámbito de las personas, así como de las comunidades y sociedades, como se ilustra en la figura 23.

Figura 23. Enfoques de resiliencia.



Nota: Descripción de los enfoques de resiliencia. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (diciembre, 2019).

En contraste con la vulnerabilidad, resiliencia hace hincapié en que los factores de estrés y crisis también ofrecen ventanas de oportunidad para el cambio y la innovación. Por lo tanto, los procesos de desestabilización y crisis pueden ser vistos como importantes factores desencadenantes para la renovación y aprendizaje.

Las investigaciones de científicos del Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER) con sede en la Universidad de Búfalo, citado en: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, diciembre de 2019), se han centrado en la conceptualización de resiliencia identificaron cuatro cualidades centrales:

- 1. Robustez:** entendida como la habilidad de sostener las fuerzas de los eventos sin demasiada degradación o pérdida de funcionalidad
- 2. Redundancia:** la medida en que el sistema o la unidad de análisis sean sustituibles; es decir, capaces de satisfacer los requerimientos funcionales si ocurre una degradación significativa o pérdida de funcionalidad.
- 3. Inventiva:** la capacidad de diagnosticar y priorizar los problemas y poner en marcha soluciones mediante la identificación y movilización de recursos materiales, humanos, monetarios, tecnológicos y de información.

4. Rapidez: la capacidad para restaurar la funcionalidad de una manera oportuna, absorber las pérdidas y evitar las interrupciones.

RESILIENCE EVALUATION, ANALYSIS AND LEARNING (REAL)

Considera que la resiliencia se compone de un conjunto de capacidades que permiten a los hogares y las comunidades actuar de manera efectiva frente a los shocks y tensiones y, aun así, mantener una situación de bienestar.

De ahí que la medición de la resiliencia implica mediciones de las interrelaciones entre los shocks, capacidades, respuestas y estados presentes y futuros de bienestar. Por ende, no existe un solo indicador para medir resiliencia, sino que se requiere un conjunto de indicadores articulados como parte de un marco de referencia, referidos a cuatro factores centrales para tener en cuenta:

- a. Identificar los resultados de bienestar a alcanzar.
- b. Identificar los shocks y tensiones a los cuales se encuentran expuestas las personas, comunidades y sistemas, así como la severidad y la duración de los shocks y tensiones.
- c. Medir las capacidades de absorción, adaptación y transformación en relación con los shocks y tensiones según diferentes niveles
- d. Identificar las respuestas de las personas, individuos, comunidades y sistemas a los shocks y tensiones y la trayectoria de los resultados de bienestar.

La resiliencia es la capacidad de adaptación en entornos de vulnerabilidad desde cuatro componentes: ambiental, que comprende aspectos como la geografía, clima y fenómenos naturales; social, que incluye aspectos como la movilidad social, educación, empleos, salud pública y estabilidad política; tecnológico, entendido como factores de seguridad de la información, infraestructura tecnológica, y transformación digital; y por último, componente financiero que considera elementos como el mercado de capitales y los instrumentos financieros. (Figuroa, Pinzón, Díaz y Díaz, 2021, p. 31).

Innovación: es la acción y efecto de innovar o introducir novedades. Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado. Es la introducción de algo nuevo que satisface alguna necesidad y está conectada a la ciencia y a la tecnología, siendo la ciencia el conocimiento y la tecnología su práctica (RAE,2021).

La Investigación, desarrollo e innovación, están relacionados con el avance tecnológico e investigativo centrados en el avance de la sociedad, siendo una de las partes más importantes dentro de las tecnologías informativas.

Talento humano: de acuerdo con la Real Academia de la Lengua (RAE), se define talento como inteligencia o la capacidad de entender y la aptitud para el desempeño de algo; por tanto, al unir las dos palabras: talento y humano, se construye una definición, que la misma Academia concreta como: “persona inteligente o apta para determinada ocupación”.

El talento humano busca que el personal siempre tenga ventajas competitivas sostenibles, que el individuo esté capacitado y motivado con el fin de que esté preparado para aceptar los nuevos retos del mercado global; si los conocimientos y sus habilidades se toman en conjunto, estos son mayores que los conocimientos que cada uno de los trabajadores tienen; por lo tanto, la importancia de que el individuo trabaje en grupo.

Estas habilidades permiten que contribuyan a un mejor desempeño y competitividad de las empresas y de las industrias y a un mejor posicionamiento en las cadenas de valor a nivel global.

El Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de Adultos - PIAAC (Encuesta sobre las competencias de los adultos) permite hacer un análisis exploratorio que se basa en 57 ítems que se relacionan con la frecuencia con que se realizan las tareas asignadas y sobre las características que debe tener cada uno de los trabajadores; este análisis permite la presentación de nuevos indicadores que hacen más competitivos a los trabajadores y en los cuales se deben formar: las Tecnologías de Información y Comunicación, resolución de problemas, *marketing*, contabilidad, ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas y la disposición de aprender son los nuevos indicadores a tener en cuenta y que está exigiendo el mercado global (Grundke, *et al.* 2017).

Con el fin de dar una ilustración acerca de la técnica del proceso de análisis jerárquico (*AHP*³⁵ por sus siglas en inglés), se expone los pasos a seguir para la aplicación de la técnica y de la metodología de análisis multicriterio para el desarrollo de la investigación.

FASE 1. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE ENTRADA

Meta - objetivo: la alternativa más adecuada que permita medir el grado de madurez de las redes globales de valor.

Conjunto de elección - alternativas: se definen como conjunto de alternativas las que tienen elementos comunes que permitan hacer comparaciones según los criterios definidos.

Para esta investigación se consideran como conjunto de alternativas:

Alternativa 1: índice de preparación de la red - Network Readiness Index.

Alternativa 2: índice global de competitividad digital - IMD World Digital Competitiveness Index.

Alternativa 3: reporte global de competitividad - global competitiveness report.

Alternativa 4: índice global de innovación - global innovation index. Del World Intellectual Property (WIPO) - INSEAD - Cornell SC Johnson Business.

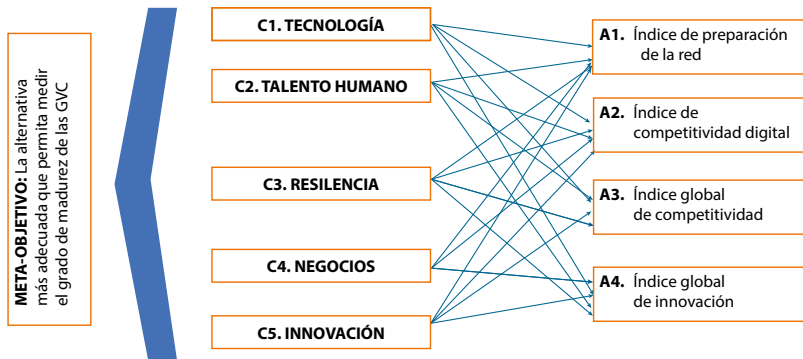
Conjunto de elección - criterios: son las preferencias de un decisor incluidas en un atributo. Es la información que el decisor debe aportar en relación con los atributos de las alternativas. Con anterioridad se definieron cinco criterios a considerar:

- C1. Tecnología
- C2. Talento humano
- C3. Resiliencia
- C4. Negocios
- C5. Innovación

Analistas y decisiones - equipo facilitador: inicialmente serán los investigadores del proyecto. Posteriormente se hará una validación con expertos externos, a partir de las redes académicas y redes especializadas en donde participan la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

Con el fin de esquematizar el constructo que relacione la meta-objetivo, los criterios y alternativas, se estableció el diagrama de relaciones de alternativas y criterios, definido a partir de la revisión documental del marco teórico, como se ilustra en la figura 24.

Figura 24. Diagrama de relaciones de alternativas y criterios.



Nota: Esquema de relaciones entre meta-objetivo, criterios y alternativas.

A partir del diagrama de relaciones de alternativas y criterios esquematiza el desglose del constructo de jerarquías meta - objetivo, criterios y alternativas, como se indica en la figura 25.

Figura 25. Diagrama de jerarquías madurez de las redes globales de valor.



Nota: Descripción de la relación entre la meta-objetivo, criterios y alternativas

De esta manera quedan definidos los elementos de entrada para la aplicación de la metodología del Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones MCDM y el Análisis de Jerarquías de Procesos AHP, entregando como resultados: el reconocimiento del problema, el establecimiento de la meta - objetivo, la determinación de las alternativas y el establecimiento de criterios.

Para el caso de esta investigación se consideraron los criterios a maximizar teniendo en cuenta que son elementos que pueden potencializar las redes de valor.

Entre la fase 1 y la fase 2 está la interacción del equipo facilitador, el cual analiza los elementos de entrada y realiza la revisión de alternativas y criterios.

FASE 2. REVISIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIOS

En esta fase se realiza la revisión de alternativas y criterios que estén soportados teóricamente y se considera la aplicación de la técnica del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Se consideraron los hallazgos de la revisión del estado de conocimiento relacionadas con la madurez de las redes de valor y la experiencia de los investigadores en estas temáticas.

Con respecto a la aplicación de la técnica del proceso de análisis jerárquico, se tuvo en cuenta el constructo de diagrama de jerarquías (Figura 25).

FASE 3. PROCESO DE REVISIÓN EXTERNA

En esta fase se ha realizado el diseño de los instrumentos de valoración para la recolección de datos a los expertos. Se ha desarrollado el panel de expertos considerando la experiencia profesional, académica e investigativa. Para los instrumentos de valoración se ha realizado la validación tomando como base a Corral (2009) en su artículo titulado “Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos” considerando tres elementos: la validez de contenido, validez de constructo y validez de criterio. Se ha dispuesto de un profesional experto para la validación del instrumento de valoración. Para la validación de los expertos se han tenido en cuenta los lineamientos de Royal Society of Canada (2010), Ayyub (2000), Ericsson, K.A. (1996) y Mieg (2009).

Posteriormente, tomando como base lo construido en la Fase 2, junto con lo desarrollado en esta fase, se ha utilizado el *software* Superdecisions© para apoyar el proceso de priorización de alternativas de cada uno de los expertos.

Saaty (1980) ha establecido una escala de valoración entre 1 y 9 siendo 1 un valor que otorga igual importancia o preferencia entre los criterios o las alternativas y 9 una importancia o preferencia muy fuerte de un criterio o alternativa frente a otra. La variabilidad de las valoraciones muestra el índice de consistencia del decisor. Según Saaty (1980), Saaty (2012) dicho índice no debe ser superior que 10 %; sin embargo, diferentes estudios realizados por Moreno-Jiménez (2002), Aguarón y Moreno-Jiménez (2003), Moreno-Jiménez, Aguarón y Escobar (2008) indican que un índice de consistencia puede estar entre un 15 % y 20 % siendo manejables en los casos reales. Con el fin de evitar una variabilidad alta de los índices de consistencia, se dispuso a realizar el análisis por consenso enfocado en tomar los resultados de las valoraciones de cada experto y determinar la media geométrica para minimizar el índice de consistencia de las valoraciones dadas por los expertos. Para el caso de esta investigación se han tomado los datos consensuados.

FASE 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En esta fase se incorporan los análisis de los resultados de la ponderación de criterios y priorización de alternativas de los datos consensuados de los expertos. En esta sección se puede concluir que la revisión sistemática de información que apoye la teoría y los conceptos robustecen la definición de los criterios. De igual manera el análisis realizado a las alternativas ayuda a conceptualizar al decisor los elementos que refuerzan los atributos que, al compararlos con los criterios, aportan a la toma de decisiones más adecuada.

La metodología utilizada organiza sistemáticamente las fases y los pasos a seguir para realizar un análisis detallado de las opciones a considerar para la toma de decisiones alineadas a los criterios y la meta - objetivo. Con el apoyo de los expertos, se logra comparar las partes en conflicto que justifica el análisis en consenso de los diferentes juicios de valor de los expertos, ayudando a determinar por este medio el comportamiento de los criterios y las alternativas que dan solución al objetivo presentado.

En la siguiente sección se muestra la revisión de los resultados.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión del estado de madurez de las redes globales de valor se logran identificar estándares de medición definidos por organismos internacionales de amplia trayectoria y globalmente reconocidos que pueden considerarse como las alternativas adecuadas para aplicar la metodología de análisis multicriterio, en donde se consideran perspectivas desde el componente tecnológico, preparación para la habilitación de redes digitales, la innovación, y la competitividad.

Los criterios seleccionados corresponden a elementos comunes en cada una de las alternativas definidas, lo cual permite aplicar la metodología de análisis multicriterio, desde la perspectiva de tecnología, innovación, talento humano, negocios y resiliencia.

Las organizaciones deben tener claro que la innovación de cadenas de suministro y la integración de las tecnologías digitales en sus procesos, permiten mejorar los procesos de compra, producción, almacenamiento y entrega de material, materias primas y productos terminados, ofreciendo un servicio de gran calidad el cual debe presentarse en el menor tiempo posible y costos relativamente bajos.

El criterio del talento humano aumenta las características del personal para que siempre tenga individuos que estén capacitados y motivados con el fin de que esté preparado para aceptar los nuevos retos del mercado global, con conocimientos y habilidades, que formen ventajas competitivas sostenibles de inteligencia en la red de valor.

El entorno de negocios está en permanente cambio, y se hace necesario el desarrollo de capacidades para asumir los retos de la transformación digital que permitan consolidar ecosistemas digitales, sostenibles e innovadores que considere el contexto social y la sostenibilidad ambiental.

Los escenarios de riesgos e incertidumbre del entorno hacen que sea necesario una mayor preparación para tener la capacidad de adaptación frente a situaciones adversas, de allí la importancia del desarrollo de capacidades y organizaciones resilientes desde una perspectiva ambiental, tecnológica y social que asegure la rentabilidad de sus operaciones.

La selección de expertos para el análisis de alternativas mediante la aplicación de la metodología de análisis multicriterio, debe ser un ejercicio coherente que incluya el componente disciplinar, la experiencia y trayectoria en el sector externo y académico que vaya acorde con los criterios de comparación definidos, lo que hace que sea una mirada más amplia para la emisión de juicios de valor y los niveles de consistencia de las decisiones tomadas en la recolección de datos.

BIBLIOGRAFÍA

Barba-Romero, S. and Pomerol, J.-C., *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. (2a Edición), Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá (1997) (in Spanish).

Cisco Global Digital Readiness Index (2020). Cisco Global Digital Readiness Index. <https://www.cisco.com/c/en/us/about/csr/research-resources/digital-readiness.html>

Cobo, A., Rocha, E. R. y Villamizar, M.A. (2018). Análisis de la innovación en las empresas manufactureras mediante un enfoque multicriterio. *Ingeniería Mecánica*, vol. 21, núm. 1, pp. 01-09. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2251/225162342001/html/index.html>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (diciembre, 2019). *Avances en los Lineamientos Metodológicos para Aproximarse a la Medición de Resiliencia*. <https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/8-lineamientos-medicion-resiliencia-cepal.pdf>

Figuroa Peinado W., Pinzón H. B., Díaz P. J.M., M. J.D.G. (2021). *Presente y Futuro de las Redes Globales de Valor para América Latina en entornos de Covid 19*. capitulo V. En: *Impactos Sociales, Económicos y Ambientales (versión 1)* Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4600721>

Grundke, R., *et al.* (2017), "Skills and global value chains: A characterization", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2017/05, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/cdb5de9b-en>

IMD World Competitiveness Center (2020). IMD World Digital Competitiveness index. <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2020/>

Portulans Institute (2020). Network Readiness Index. <https://networkreadinessindex.org/>

Rae (2021). *Innovación*. <https://dle.rae.es/innovacion>

Saaty, Thomas L. and Ergu, Daji, (2015). When is a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multi-Criteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology y Decision-Making* Vol. 14 (2015) World Scientific Publishing Company. DOI: 10.1142/S021962201550025X

The World Bank (2020). World Development Report (2020). Trading for development in the age of global value chains <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32437/211457ovSP.pdf>

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*. Vol.16, No.1, 2018. [http://www.wiete.com.au/journals/WTEy&TE/Pages/Vol.16, %20No.1 %20\(2018\)/15-Vasques-Bernal-O\(1\).pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTEy&TE/Pages/Vol.16,%20No.1%20(2018)/15-Vasques-Bernal-O(1).pdf)

World Bank (2020). Global Competitiveness Report. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020>

World Industrial Property Organization (WIPO), INSEAD and Cornell SC Johnson Business (2020). Global Innovation Index. <https://www.globalinnovationindex.org/Home>

ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO E INDUSTRIA 4.0: UN ANÁLISIS DE RESULTADOS



Óscar Alejandro Vásquez Bernal³⁶

Julio César González Silva³⁷

Diego Karachas Rodríguez Segura³⁸

36 Docente Asociado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - oscar.vasquez@unad.edu.co

37 Docente investigador. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - julio.gonzalez@unad.edu.co

38 Docente investigador. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD - diego.rodriguez@unad.edu.co

ANTECEDENTES

En la sección anterior se ha realizado la descripción de los pasos y las fases a realizar para la aplicación de la metodología de análisis multicriterio. En este capítulo tiene como propósito exponer los resultados de la importancia de los criterios y las preferencias de las alternativas generados por el grupo de expertos y el grupo de investigadores, la comparación de los resultados en consenso de ambos grupos y el análisis del comportamiento de estos resultados.

Para la conformación del grupo de expertos se ha contado con el apoyo de seis profesionales con experiencia laboral y académica, conocedores del tema de logística y redes de valor, así como de las temáticas de vanguardia como la cuarta revolución industrial. Teniendo en cuenta los lineamientos de la metodología aplicada en este estudio (Fase 3. Proceso de revisión externa), se ha realizado la validación de los expertos teniendo en cuenta la experiencia en su profesión académica e investigativa analizando sus hojas de vida. Análogamente, los instrumentos de valoración diseñados han sido validados por uno de los expertos en cuanto a la coherencia de las preguntas y estructura del documento a aplicar.

Los resultados generados por el grupo de expertos han sido recolectados, calculados y analizados tomando como base el *software* Superdecisions®; seguidamente se ha realizado un proceso de consenso por medio de la media geométrica con el fin de reducir el índice de inconsistencia que se pudiera presentar en los resultados de manera individual. El resultado del análisis de consenso se ha tenido en cuenta para el análisis de los resultados.

DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

Se han aplicado dos instrumentos de valoración de resultados, uno relacionado con el índice de desempeño logístico y otro con tecnología 4.0, teniendo en cuenta que, aunque se unificaron criterios, las alternativas son diferentes y los objetivos meta se han enfocado hacia la alternativa más adecuada para la competitividad.

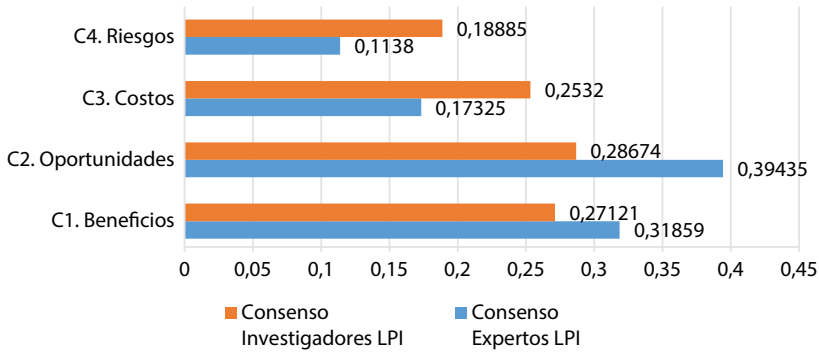
Por otra parte, se ha realizado la comparación de los resultados en consenso de los investigadores y de los expertos con el fin de establecer las tendencias y el comportamiento de los resultados desde el punto de vista de la experiencia y conocimiento del tema.

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO

En la figura 26 se realiza la comparación de los resultados en consenso de los investigadores y de los expertos sobre la importancia de los criterios con respecto al objetivo meta del índice de desempeño logístico. Cabe recordar que el objetivo meta relaciona con el índice de desempeño logístico es: “el índice de desempeño logístico más adecuado para la competitividad.”



Figura 26. Comparación de la importancia de los criterios del índice de desempeño logístico con respecto al objetivo meta.

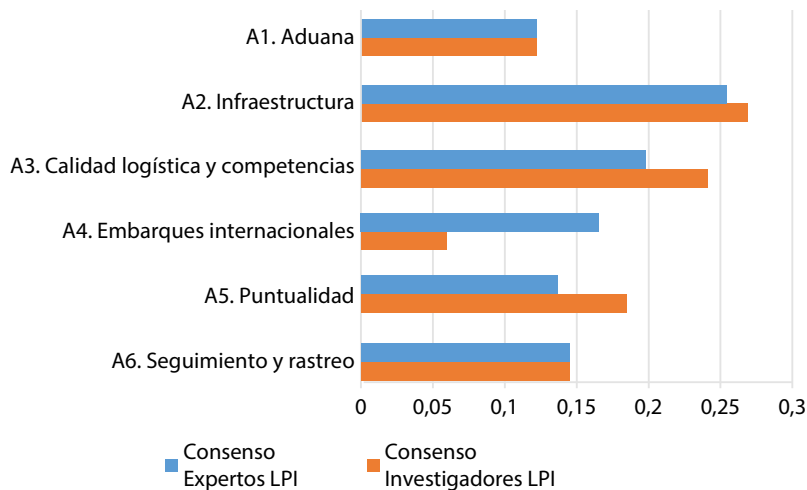


Nota: Descripción de resultados comparativos.

Seguidamente se han realizado las comparaciones de los resultados en consenso de los investigadores y los expertos sobre la preferencia de las alternativas con respecto a cada criterio, con el fin de determinar su influencia en cada criterio.

En la figura 27 se ilustra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de beneficios.

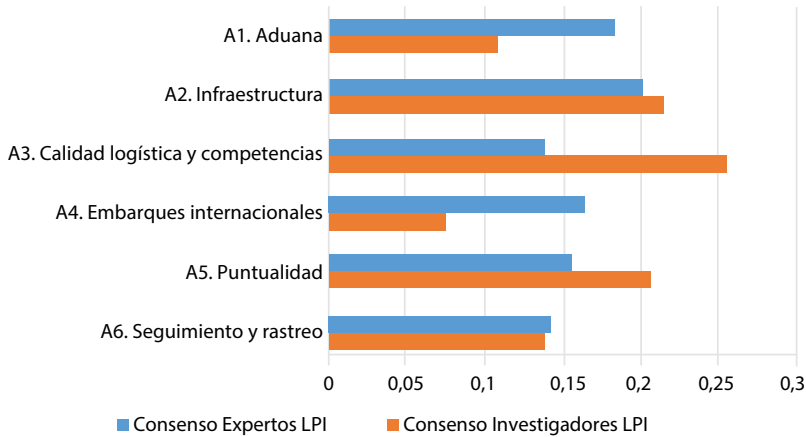
Figura 27. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C1. Beneficios.



Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 28 se muestra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de oportunidades.

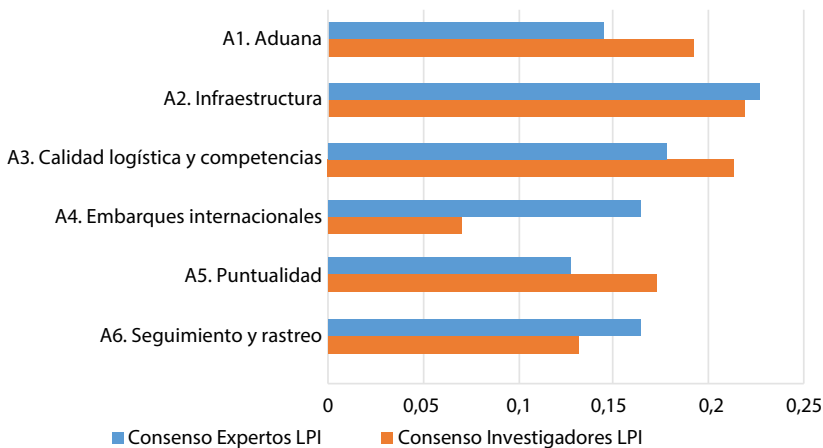
Figura 28. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C2. Oportunidades.



Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 29, se muestra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de costos.

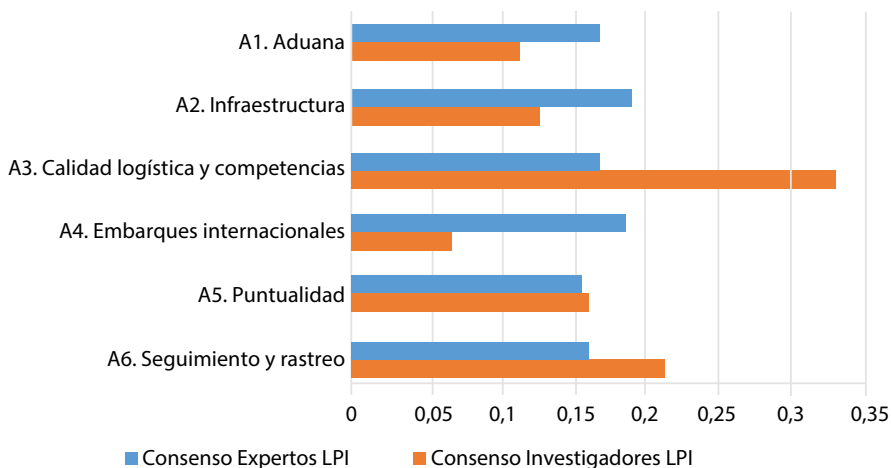
Figura 29. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C3. Costos.



Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 30, se muestra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de riesgos.

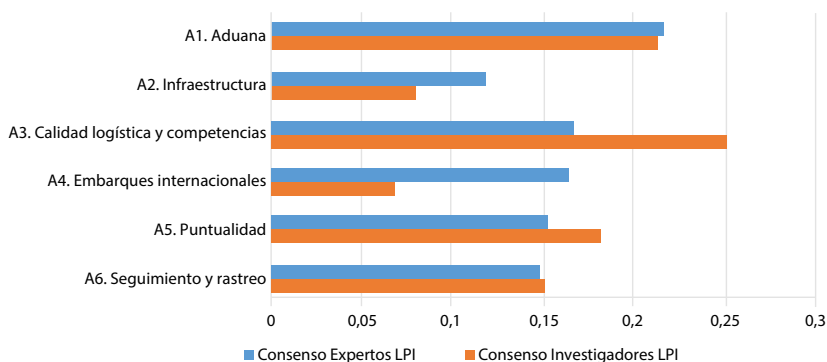
Figura 30. Preferencia de las alternativas con respecto al criterio C4. Riesgos.



Nota: Descripción de resultados comparativos.

Por último, se realiza la comparación de las alternativas con respecto al objetivo meta desde el punto de vista de prioridad global, que concentra los resultados de la alternativa más adecuada para el cumplimiento del objetivo meta: “El índice de desempeño logístico más adecuado para la competitividad”. En la figura 31, se ilustra la prioridad global de las alternativas con respecto al objetivo meta.

Figura 31. Preferencia de las alternativas con respecto al objetivo meta (Prioridad global)

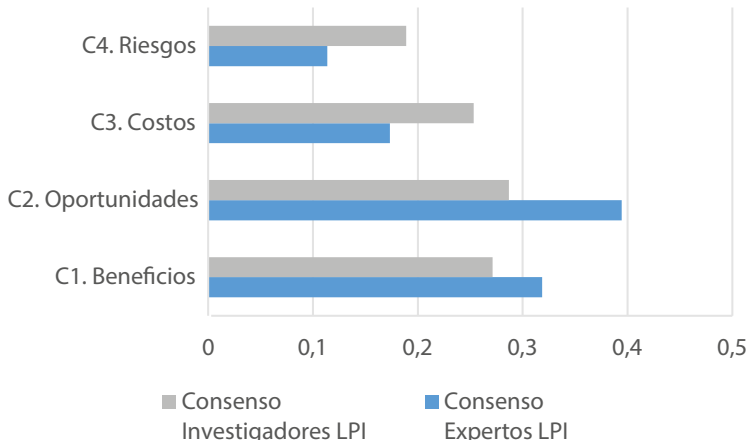


Nota: Descripción de resultados comparativos.

TECNOLOGÍA 4.0

En la figura 32 se realiza la comparación de los resultados en consenso de los investigadores y de los expertos sobre la importancia de los criterios con respecto al objetivo meta del índice de desempeño logístico. Cabe recordar que el objetivo meta relaciona con el índice de desempeño logístico es: “La tecnología que más impacta en la competitividad”.

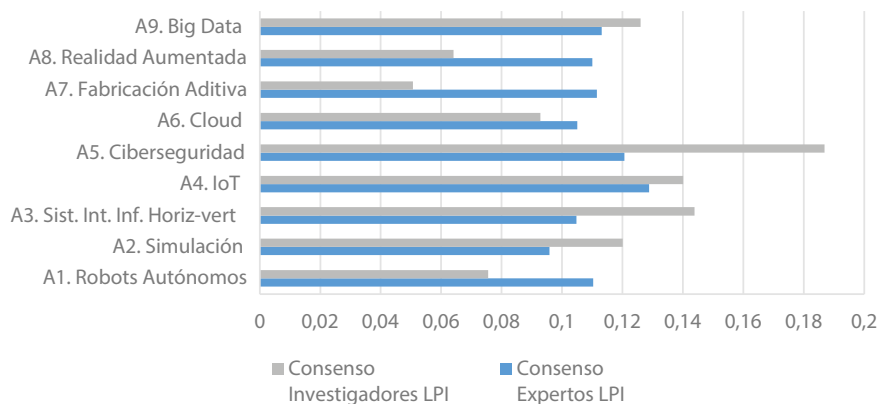
Figura 32. Importancia de los criterios con respecto al objetivo-meta.



Nota: Descripción de resultados comparativos.

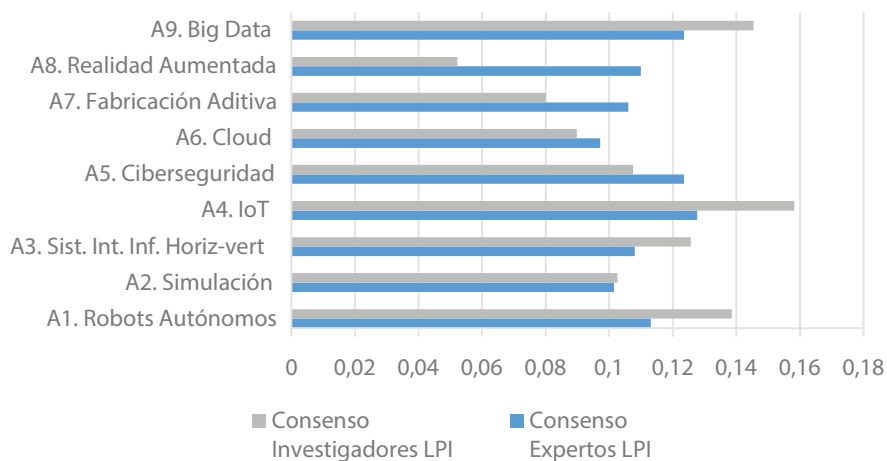
Se han realizado las comparaciones de los resultados en consenso de los investigadores y los expertos sobre la preferencia de las alternativas con respecto a cada criterio, con el fin de determinar su influencia en cada criterio.

En la figura 33 se ilustra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de beneficios.

Figura 33. *Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C1. Beneficios.*

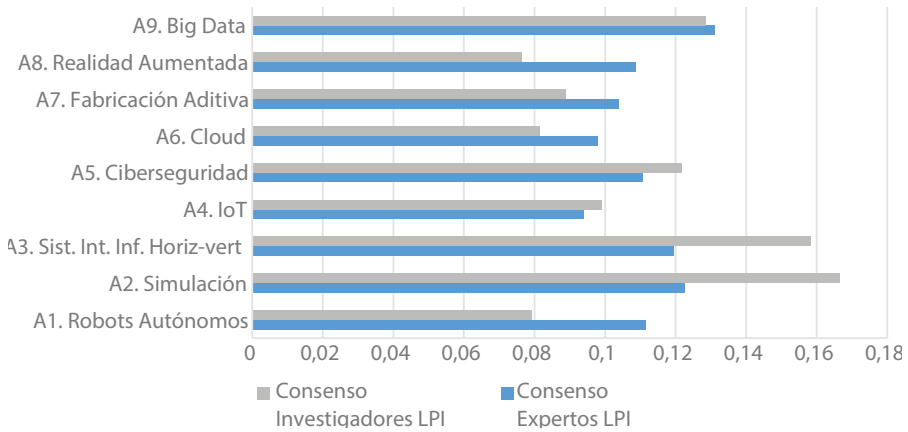
Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 34, se ilustra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de oportunidades.

Figura 34. *Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C2. Oportunidades.*

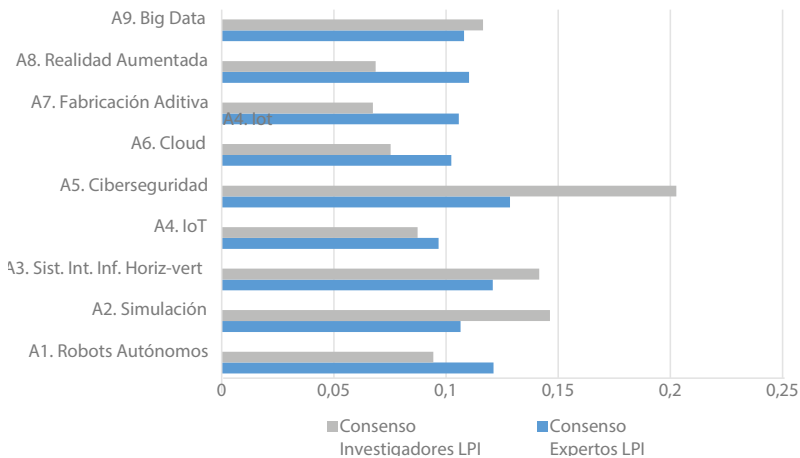
Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 35, se ilustra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de costos.

Figura 35. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C3. Costos.

Nota: Descripción de resultados comparativos.

En la figura 36, se ilustra la preferencia de las alternativas con respecto al criterio de riesgos.

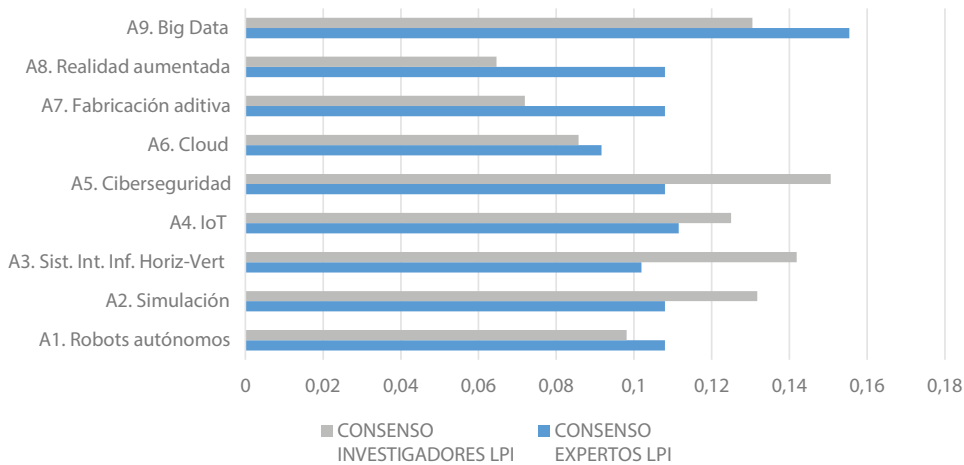
Figura 36. Preferencia de las alternativas de tecnología con respecto al criterio C4. Riesgos.

Nota: Descripción de resultados comparativos.

Finalmente se han comparado las alternativas con respecto al objetivo meta desde el punto de vista de prioridad global, que concentra los resultados de la alternativa más adecuada para el cumplimiento del objetivo meta: “La tecnología que más

impacta en la competitividad”. En la figura 37 se muestra la prioridad global de las alternativas con respecto al objetivo meta.

Figura 37. Preferencia de las alternativas de tecnología con el objetivo meta (Prioridad global)



Nota: Descripción de resultados comparativos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Método de análisis: a continuación, se plantean los comentarios frente al análisis de los resultados en consenso de los grupos de análisis (Grupo de investigadores y grupo de expertos)

Argumento de uso: búsqueda de método repetible, predecible y de carácter universal. enfoque mixto, (cualitativo-cuantitativo), de tipo empírico.

Se realiza la comparación de prioridades en tres niveles: mayor prioridad, mediana prioridad y baja prioridad, entre los grupos de análisis (grupo investigadores y grupo de expertos).

Se considera la diferencia entre las prioridades de los grupos de análisis; los de mayor diferencia entre prioridades y que tengan un nivel bajo se descartan del análisis.

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO

COMPARACIÓN DE LOS CRITERIOS BOCR (BENEFICIOS, OPORTUNIDADES, COSTOS, RIESGOS) FRENTE AL OBJETIVO-META DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO (LPI)

Se realiza la comparación entre los criterios teniendo en cuenta que los beneficios y costos son criterios de maximizar (“más es mejor”) y los criterios de costos y riesgos son de minimizar (“Menos es mejor”).

Se observa en la comparación de los criterios una mayor importancia en las oportunidades que en los beneficios, seguido de los costos y los riesgos. El criterio de mayor importancia es el de oportunidades.

Con respecto al grupo de los expertos se observa mayor grado de importancia en las oportunidades y beneficios que el grupo de los investigadores.

Con respecto al grupo de los investigadores se observa mayor grado de importancia en los costos y los riesgos que en el grupo de los expertos.

COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS CRITERIOS

C1. BENEFICIOS

Con respecto al criterio C1. Beneficios, la preferencia de las alternativas se detallan a continuación:

- La alternativa A2. Infraestructura es la de mayor preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo y Aduanas tienen la misma preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo tiene un mediano grado de preferencia para ambos grupos.
- Los que mayor diferencia tienen entre grupos es la alternativa A4. Embarques internacionales en su grado de preferencia.
- El de menor preferencia para investigadores es la alternativa A4. Embarques internacionales.
- La menor preferencia para expertos es la alternativa A1. Aduanas.
- Las alternativas A2. Infraestructura y A3. Calidad logística y competencia en su orden, unido a la alternativa A6. Seguimiento y rastreo generan preferencia de beneficios a la competitividad en Colombia, para ambos grupos de análisis.

C2. OPORTUNIDADES

Con respecto al criterio C2. Oportunidades, la preferencia de las alternativas se detallan a continuación:

- La alternativa A3. Calidad logística y competencia es la de mayor preferencia para el grupo de los investigadores.
- La alternativa A2. Infraestructura es la de mayor preferencia para el grupo de los expertos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo seguido de la alternativa A2. Infraestructura, tienen similar preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo tienen un mediano grado de preferencia para ambos grupos.
- Las alternativas que presentan mayor diferencia entre los grupos de análisis son:
- A4. Embarques internacionales; A1. Aduanas y A3. Calidad logística y competencia.
- La alternativa de menor preferencia para el grupo de investigadores es A4. Embarques internacionales.
- La de menor preferencia para el grupo de expertos es A3. Calidad logística y competencia.
- Las alternativas de Infraestructura seguido de seguimiento y rastreo generan preferencia de oportunidades a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

C3. COSTOS

- La alternativa A2. Infraestructura es la de mayor preferencia para ambos grupos de análisis.
- La alternativa A2. Infraestructura, tienen similar grado preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo tiene un mediano grado de preferencia para ambos grupos.

- Los que mayor diferencia tienen entre grupos de análisis es: A4. Embarques internacionales.
- El de menor preferencia para el grupo de los investigadores es: A4. Embarques internacionales.
- La menor preferencia para el grupo de los expertos es A5. puntualidad.
- Las alternativas de Infraestructura seguido de calidad logística generan preferencia de menores costos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

C4. RIESGOS

- La alternativa A3. Calidad Logística y competencia es la de mayor preferencia para el grupo de los investigadores.
- La alternativa A2. Infraestructura es la de mayor preferencia para el grupo de los expertos.
- La alternativa A5. Puntualidad tiene similar preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A5. Puntualidad tiene un mediano grado de preferencia para ambos grupos.
- La que mayor diferencia tiene entre grupos es la alternativa A4. Embarques internacionales.
- El de menor preferencia para el grupo de los investigadores es la alternativa A4. Embarques internacionales.
- La menor preferencia para el grupo de los expertos es la alternativa A5. Puntualidad.

A excepción de la alternativa A4. Embarques internacionales, en su orden, las alternativas calidad logística, infraestructura, seguimiento y rastreo, puntualidad y aduanas, generan preferencia de menores riesgos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

PREFERENCIA DE LAS ALTERNATIVAS CON EL OBJETIVO META

- La alternativa A3. Calidad Logística y Competencia, es la de mayor preferencia para el grupo de los investigadores.
- La alternativa A2. Infraestructura, es la de mayor preferencia para el grupo de los expertos.
- Las alternativas A2. Infraestructura, A6 seguimiento y rastreo y A1 aduanas, tienen similar preferencia para ambos grupos.
- La alternativa A6. Seguimiento y rastreo, tiene un mediano grado de preferencia para ambos grupos.
- Las que mayor grado de diferencia tienen entre grupos es la alternativa A4. Embarques internacionales.
- El de menor preferencia para el grupo de los investigadores es la alternativa A4. Embarques internacionales.
- La menor preferencia para expertos es la alternativa A6. Seguimiento y rastreo.
- Los índices de desempeño logístico más adecuados para la competitividad en Colombia son en su orden: calidad logística y competencia, seguido de infraestructura, que generan en ambos grupos, la mayor preferencia de alternativas con respecto a este objetivo meta.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE CONSENSO PARA EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO (LPI) VS. COMPETITIVIDAD EN COLOMBIA

- Ambos grupos de análisis dan más importancia a los criterios C2. Oportunidades y C1. Beneficios que a las alternativas C3. Costos y C4. Riesgos.

- Las alternativas de infraestructura y calidad en su orden, unido a seguimiento y rastreo generan preferencia de beneficios a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Las alternativas de Infraestructura seguidas de seguimiento y rastreo generan preferencia de oportunidades a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Las alternativas de Infraestructura seguidas de calidad logística generan preferencia de menores costos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- A excepción de la alternativa de embarques internacionales, en su orden, calidad logística, infraestructura, seguimiento y rastreo, puntualidad y aduanas, generan preferencia de menores riesgos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Los índices de desempeño logístico más adecuados para la competitividad en Colombia son en su orden: calidad logística y competencia, seguido de infraestructura, que generan en ambos grupos, la mayor preferencia de alternativas con respecto a este objetivo meta.

RESULTADOS TECNOLOGÍA 4.0

COMPARACIÓN DE LOS CRITERIOS BOCR (BENEFICIOS, OPORTUNIDADES, COSTOS, RIESGOS) FRENTE AL OBJETIVO-META DE TECNOLOGÍA 4.0.

Se realiza la comparación entre los criterios teniendo en cuenta que los beneficios y costos son criterios de maximizar (“más es mejor”) y los criterios de costos y riesgos son de minimizar (“Menos es mejor”).

Se observa en la comparación de los criterios una mayor importancia en las oportunidades que en los beneficios, seguido de los costos y los riesgos. El criterio de mayor importancia es el de oportunidades.

Con respecto al grupo de los expertos se observa mayor grado de importancia en las oportunidades y beneficios que el grupo de los investigadores.

Con respecto al grupo de los investigadores se observa mayor grado de importancia en los costos y los riesgos, que en el grupo de los expertos.

COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS CON RESPECTO A LOS CRITERIOS

C1. BENEFICIOS

Con respecto al criterio C1. Beneficios, las preferencias de las alternativas se detallan a continuación:

- La alternativa A5. Ciberseguridad es la de mayor preferencia para investigadores.
- La alternativa A4. IOT es la de mayor preferencia para expertos.
- La alternativa A9. Big data presenta similitud de preferencias para ambos grupos.
- Las alternativas en su orden que presentan preferencias mayores y preferencias medianas, de mayor a menor similitud están en su orden de preferencia, la alternativa A9. Big data, la alternativa A4. IOT y la alternativa A3. Sistemas integrados de información
- La alternativa A6. Cloud es la de mediana preferencia.
- La alternativa A7. Fabricación aditiva y realidad aumentada son los de mayor diferencia en preferencia.
- La alternativa A7. Fabricación aditiva es la de menor preferencia para investigadores.
- La alternativa A2. Simulación es la de menos preferencia para expertos.
- Las alternativas A5. Ciberseguridad, A4. IoT en su orden, unido a A9. Big data, generan preferencia de beneficios a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

C2. OPORTUNIDADES

- La alternativa A4. IOT es la de mayor preferencia para ambos grupos.
- Las alternativas A2. Simulación y La alternativa A6. Cloud son las de mayor similitud en preferencia.
- Las alternativas A9. Big data y A1. Robots autónomos, presentan preferencias altas y medias, de mayor a menor similitud, en su orden de preferencia.
- La alternativa A2. Simulación es de mediana preferencia.
- La alternativa A8. Realidad aumentada, es la de mayor diferencia en preferencia.
- La alternativa A8. Realidad aumentada es la de menor preferencia para investigadores
- La alternativa A6. Cloud es la de menos preferencia para expertos.
- Las alternativas A4. IoT, A9. Big data, A1. Robots autónomos y A2. Simulación, en su orden, generan preferencia de oportunidades a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

C3. COSTOS

- La alternativa A2. Simulación, es la de mayor preferencia para el grupo de los investigadores.
- La alternativa A9. Big data, es la de mayor preferencia para grupo de los expertos.
- Las alternativas A4. IoT seguida de A6. Cloud presentan mayor similitud en preferencia por ambos grupos.
- Las alternativas A7. Big data y A2. Simulación están entre las preferencias mayores y medianas, de mayor a menor similitud, en su orden de preferencia.

- La alternativa A9. Big data es de mediana preferencia.
- La alternativa A2. Simulación seguido por A2. Robots autónomos son los de mayor diferencia en preferencia.
- La alternativa A8. Realidad aumentada es la de menor preferencia para investigadores
- La alternativa A4. IOT es la de menos preferencia para expertos.
- Las alternativas A9. Big data y A2. Simulación en su orden, generan preferencia de menores costos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

C4. RIESGOS

- La alternativa A5. Ciberseguridad es la de mayor preferencia para ambos grupos.
- Las alternativas A9. Big data seguido de A4. IOT son los de mayor similitud en preferencia por ambos grupos.
- Las alternativas A3. Sistemas integrados de información, seguido por A9. Big data están entre mayores y medianas, de mayor a menor similitud, en su orden de preferencia.
- La alternativa A9. Big data es de mediana preferencia.
- La alternativa A2. Simulación es la de mayor diferencia en preferencia.
- La alternativa A7. Fabricación aditiva es la de menor preferencia para investigadores
- La alternativa A4. IOT es la de menos preferencia para expertos.
- Las alternativas A5. Ciberseguridad y A9. Big data en su orden, generan preferencia de menores riesgos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

PREFERENCIA DE LAS ALTERNATIVAS CON EL OBJETIVO META

- La alternativa A5. Ciberseguridad es la de mayor preferencia para investigadores.
- La alternativa A9. Big data es la de mayor preferencia para ambos expertos.
- Las alternativas A6. Cloud seguido de A1. Robots autónomos son los de mayor similitud en preferencia por ambos grupos.
- Las alternativas A4. IOT seguido por A2. Simulación, A9. Big data, A3. Sistemas integrados de información están entre mayores y medianas, de mayor a menor similitud, en su orden de preferencia.
- La alternativa A6. Cloud es de mediana preferencia.
- La alternativa A5. Ciberseguridad es la de mayor diferencia en preferencia.
- La alternativa A8. Realidad aumentada es la de menor preferencia para investigadores
- La alternativa A6. Cloud es la de menos preferencia para expertos.
- Las tecnologías más adecuadas para la competitividad en Colombia son en su orden, A5. ciberseguridad, A9. Big data, A4. IOT, A2. Simulación y A3. Sistemas integrados de información vertical y horizontal, que generan en ambos grupos, la mayor preferencia de alternativas con respecto a este objetivo meta.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE CONSENSO PARA TECNOLOGÍA 4.0 VS. COMPETITIVIDAD EN COLOMBIA

- Ambos grupos dan más importancia a los criterios C2. Oportunidades y C1. Beneficios que a C3. Costos y C4. Riesgos.
- Las alternativas A5. Ciberseguridad, A4. IOT en su orden, unido a A9. Big data, generan preferencia de beneficios a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Las alternativas A4. IOT, A9. Big data, A1. Robots autónomos y A2. Simulación, en su orden, generan preferencia de oportunidades a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Las alternativas A9. Big data y A2. Simulación en su orden, generan preferencia de menores costos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.
- Las alternativas A5. Ciberseguridad y A9. Big data en su orden, generan preferencia de menores riesgos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos
- Las tecnologías más adecuadas para la competitividad en Colombia son en su orden, A5. Ciberseguridad, A9. Big data, A4. IOT, A2. Simulación y A3. Sistemas integrados de información horizontal y vertical, generan en ambos grupos, la mayor preferencia de alternativas con respecto a este objetivo meta.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE CONSENSO INTEGRADOS DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO (LPI) Y LA TECNOLOGÍA 4.0

Se ha realizado la unificación de los criterios de beneficios, oportunidades, costos y riesgos para ambos elementos de estudio. Los resultados denotan que los grupos de estudio han dado más importancia a oportunidades y beneficios que a costos y riesgos.

Con respecto a las alternativas relacionadas con el criterio C1. Beneficios, desde el punto de vista del índice de desempeño logístico (LPI), las alternativas de infraestructura y calidad en su orden, unido con las alternativas de seguimiento y rastreo, así como en el punto de vista de tecnologías 4.0, las alternativas de ciberseguridad, IOT en su orden, unido a *big data*, generan preferencia de beneficios a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

Para las alternativas relacionadas con el criterio C2. Oportunidades, desde el punto de vista del índice de desempeño logístico (LPI), las alternativas de infraestructura seguido de seguimiento y rastreo y desde el punto de vista de Tecnologías 4.0 las alternativas de IOT, Big data, robots autónomos y simulación, en su orden, generan preferencia de oportunidades a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

En relación con las alternativas enfocadas hacia el criterio C3. Costos, desde el punto de vista del índice de desempeño logístico (LPI), Infraestructura seguido de calidad logística y desde el punto de vista de tecnologías 4.0, Big data y simulación en su orden, generan preferencia de menores costos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

De otro lado con respecto a las alternativas relacionadas con el criterio C4. Riesgos, desde el punto de vista del índice de desempeño logístico (LPI), a excepción de embarques internacionales, en su orden, las alternativas de calidad logística, infraestructura, seguimiento y rastreo, puntualidad y aduanas, y desde el punto de vista de tecnologías 4.0, ciberseguridad y Big data en su orden, generan preferencia de menores riesgos a la competitividad en Colombia, para ambos grupos.

CONCLUSIONES

Los índices de desempeño logístico más adecuados para la competitividad en Colombia son en su orden, Calidad logística y competencia, seguido de infraestructura, y desde el punto de vista de tecnologías 4.0, las tecnologías son en su orden, ciberseguridad, Big data, IoT, simulación y sistemas integrados de información vertical y horizontal que generan en ambos grupos, la mayor preferencia de alternativas con respecto a este objetivo meta.

Las alternativas de calidad logística y competencia porque mide la competencia y la calidad de los servicios logísticos. Infraestructura porque mide la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte.

En el caso de tecnologías 4.0, la alternativa de Big data porque esta tecnología tiene una gran capacidad para recolectar, almacenar y analizar datos, logrando evidenciar cuellos de botella en la fabricación, permitiendo optimizar energía, maquinaria y la calidad en el proceso (Witkowski, 2017). Seguidamente de la alternativa IOT, debido a que esta tecnología está basada en las conexiones industriales de internet compartiendo en tiempo real información de dispositivos, plantas, oficinas entre otros (Witkowski, 2017).

Por otra parte, la alternativa de simulación debido a que es una tecnología que refleja el mundo físico por medio de un modelo virtual, logrando optimizar tanto productos como procesos en un ambiente virtual. En la industria la simulación permite realizar pruebas para anticipar cualquier cambio en el plano real, logrando configurar las máquinas en menos tiempo sin afectar la calidad del producto (Promyoo *et al.*, 2019).

La alternativa de sistemas de integración información horizontal y vertical porque son redes universales con agrupación de datos que permiten generar cadenas automatizadas dentro de una compañía, logrando así integrar totalmente la compañía con las áreas, las funciones y las capacidades.

Cabe resaltar el hecho de haber encontrado que los grupos de consulta han dado mayor valoración a la oportunidad sobre el beneficio de los temas estudiados frente a la competitividad, dejando la inquietud de la razón que crea esta circunstancia.

Una posible explicación a esta tendencia puede ser en el conocimiento y utilización de los conceptos y tecnologías que encierra el estudio podrían estar en un plano más teórico que práctico pues se entendería a la oportunidad como anhelo y al beneficio como la capacidad de uso y aplicación.

Entendida la competitividad como la capacidad que tienen las instituciones de todo tipo, para poder aprovechar sus condiciones internas, externas y de interrelación entre ellas, para poder estar a la altura de las circunstancias que se le presentan y al nivel de aquellos que, por objetivo, se encuentran buscando la competencia, es preciso comprender que estas alternativas apoyan a la competitividad de la red de valor a la que ellas pertenecen, para salir de los momentos de incertidumbre, sorteándolos y en algunos casos, convertirlos en oportunidades de logro, bajo consideraciones regionales como la de Colombia, en donde se soporten su labor en pro de una condición “auténtica” de crecimiento.

Al analizar los aspectos que establecen el índice de desempeño logístico (LPI) bajo el contexto mundial y el caso colombiano, se reconoce como la labor realizada permite mediante la revisión de análisis multicriterio develar los aspectos propios del país donde los expertos deducen los temas de interés que son afines con las necesidades de mejora para la generación de valor que aporten al crecimiento del país, desde una mirada metodológica que puede tener una connotación de repetición en diferentes espacios económicos y culturales diferentes al colombiano pues dependen de consideraciones propias de modelos de uso general que permiten dicha revisión.

Buscando identificar cuáles son los aportes que la revolución industrial 4.0 está generando en la industria y economía mundial e inciden en las redes de valor global, con enfoque específico de la realidad colombiana, es prudente comentar que hay tecnologías que no son tan cercanas a la realidad del país, tema que se refleja en los resultados obtenidos y es coherente con el criterio experto que busca proponer y resaltar, desde sus miradas individuales y de conjunto, las necesidades de corto y mediano plazo del país, haciendo entender que la adopción de tecnología y sus componentes, tienen un orden de implementación y complementariedad, que dependen de la realidad regional y de un correcto orden de adopción con el que se logra generar un menor o mayor grado de contribución al desarrollo de las organizaciones y redes del país al que pertenecen.

Bajo las consideraciones presentadas durante el ejercicio realizado, con base en análisis multicriterio, ha sido posible establecer la importancia y preferencia de los aspectos estudiados en el espacio nacional, buscando la comparación de la evolu-

ción de los aspectos que soportan el indicador de desempeño logístico (LPI) de las acciones y políticas en Colombia en los últimos años y la escogencia de los criterios de la revolución industrial 4.0.

Bajo la premisa anteriormente comentada, se da por entendido que el estudio desarrollado sobre las dimensiones del Índice de Desempeño Logístico (LPI) en el contexto colombiano, su influencia en la gestión de redes de valor y la revolución industrial 4.0 para establecer su importancia y preferencia mediante la metodología de análisis de multicriterio, permitió ofrecer desde una mirada rigurosa la lectura solicitada por el estudio y como corolario ofrece un método aplicable a otras realidades.

Los criterios generales de LPI y tecnología 4.0 usados en el método bajo condiciones de análisis multicriterio, son elementos propios y de base común, usados por los actores gobierno, sector privado y academia para su análisis y toma de decisiones, indiferente del país en que se usen. Esta premisa permite afirmar que el método proporciona la escogencia de variables estratégicas que ayudan a la focalización de propuestas que aporten a la solución de las necesidades de las redes de valor no solo en el contexto colombiano, caso específico estudiado, sino en otras latitudes, donde puede proporcionar una nueva opción que permite con formalidad dar una escogencia de criterios ajustada a las realidades en estudio, mediante un método lógico que soporta con rigor la búsqueda de aspectos que aporten desde el LPI y las tecnologías 4.0 a la toma de decisiones.

Los elementos en consideración que ofrecen un mecanismo de lectura de resultados vs. su grado de preferencia permiten afirmar que el método desarrollado bajo el análisis multicriterio, puede ser una fuente válida para establecer la jerarquización de criterios tanto a nivel LPI como tecnologías 4.0, no solo en Colombia sino en cualquier espacio cultural y económico en donde se proponga, siempre que sea aplicado a expertos conocedores de la realidad regional a la que se le aplique. Esto, debido a que se alimenta de componentes de uso general a nivel mundial equiparables a cualquier realidad económica y cultural donde se desee proponer y es el compromiso de los expertos nativos, el que, con sus respuestas, amolda el método para dar respuestas ajustadas a la realidad específica donde se propone usar.

Cumplida la intencionalidad de este estudio, queda pendiente por proponer el desarrollo de otras investigaciones que permitan leer las consideraciones nacionales de otros países similares a Colombia, y proporcionen información equiparable a la obtenida para hacer comparaciones entre regiones y con una mayor cobertura, pro-

poner generalizaciones que sean de ayuda para soportar propuestas en espacios multilaterales, que aporten a la toma de decisiones en nuestro continente.

Esta propuesta de método también puede ser entendida como una opción que nace desde la academia, buscando respuestas que apoyen a la empresa en su búsqueda de desarrollo y mejoramiento, y enfoque al estado para el fomento de dichos criterios, todo dentro del marco de trabajo al que se obliga la relación Universidad Empresa Estado para mejorar las condiciones de nuestros pueblos, en beneficio de todos. Razón que permite a los autores poner el trabajo desarrollado a consideración del que bien desee usarlo para sus investigaciones futuras sobre estos aspectos.

MADUREZ DE LAS REDES GLOBALES DE VALOR: UN ANÁLISIS DE RESULTADOS



Óscar Alejandro Vásquez Bernal³⁹

Woody Figueroa Peinado⁴⁰

Benjamín Pinzón Hoyos⁴¹

José Daniel Gómez Méndez⁴²

José Martín Díaz Pulido⁴³

39 Docente Asociado Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – oscar.vasquez@unad.edu.co

40 Docente investigadora. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO – woody.figueroa@uniminuto.edu

41 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – benjamin.pinzon@unad.edu.co

42 Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD – josed.gomez@unad.edu.co

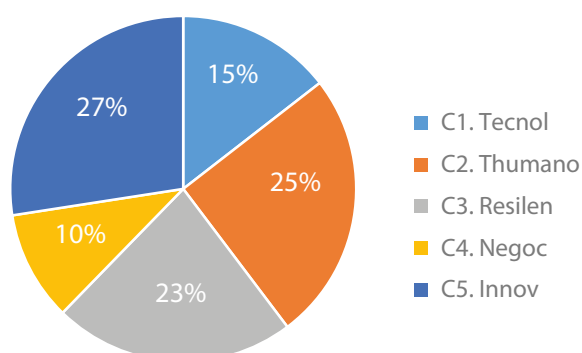
43 Docente investigador. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO – jose.diazp@uniminuto.edu

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La aplicación de la metodología de análisis multicriterio se realiza a un equipo heterogéneo de 16 expertos desde el sector externo y académico, con fortalezas disciplinares desde el desarrollo de proyectos e investigaciones en la cadena de suministro, redes de valor y el desarrollo de clústeres, lo cual ha permitido recopilar diferentes perspectivas para el análisis de alternativas. De manera anticipada, el experto hace una revisión de las fichas técnicas de las alternativas, que le permita analizar las características, pilares e indicadores asociados para cada alternativa. El índice de consistencia esperado en las respuestas debe ser menor al 20 %

Como se observa en la figura 38 y de acuerdo con la respuesta de los 16 expertos, se puede evidenciar que, en consenso los 3 criterios considerados más importantes son C5. Innovación, C2. Talento humano y C3. Resiliencia; con ponderaciones del 27,44 %, 25,20 % y 22,57 % respectivamente, mientras que los criterios con menor ponderación en importancia son: C1. Tecnología que obtuvo una ponderación de 14,49 % y C4. Negocios con una ponderación de 10,26 %.

Figura 38. Importancia de los criterios (Consenso de expertos)

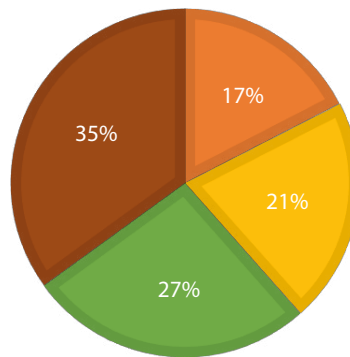


Nota: Descripción de los resultados.

Como se observa en la figura 39 y de acuerdo con la respuesta de los 16 expertos, se puede evidenciar que, en consenso las alternativas consideradas más importantes son A4. Índice global de innovación y A3. Índice global de competitividad; con ponderaciones del 35 %, 26,52 % respectivamente, mientras que A2. Índice de competitividad digital obtuvo una ponderación de 21 % y A1. Índice de preparación de la red se ha obtenido una ponderación de 17,45 %.

Figura 39. Preferencia de las alternativas (consenso de expertos)

■ A1. lpr ■ A2. lcd ■ A3. lgc ■ A4. lgi



Nota: Descripción de los resultados.

Los resultados obtenidos se derivan del consenso entre expertos de la calificación aplicando la escala de Saaty de 1 a 9 respecto al nivel de importancia de un criterio respecto a otros, y el nivel de preferencia de una alternativa respecto a las otras.

En el caso de la figura 40 se indica el consenso del nivel de importancia de criterios otorgada por los expertos una vez sometidos a Superdecisions©. En donde se denota la importancia otorgada al criterio de innovación, C5 y talento humano, C2.

Figura 40. Consenso Expertos en importancia de criterios. Superdecisions©

CRITERIOS	CONSENSO ENTRE EXPERTOS NIVEL IMPORTANCIA CRITERIOS				
	C1	C2	C3	C4	C5
C1		0,8102	0,3708	1,5360	0,6002
C2			1,0215	2,4237	1,4675
C3				1,7900	0,4698
C4					0,3924
C5					

Nota: Descripción de los resultados.

En el caso de la figura 41 se indica el consenso del nivel de preferencia de las alternativas según el criterio de innovación otorgada por los expertos una vez sometidos a Superdecisions ©. En donde se denota la importancia otorgada a la alternativa A4, índice global de innovación y la alternativa A2, índice de competitividad digital.

Figura 41. *Consenso Expertos en preferencia de alternativas en innovación. Superdecisions©*

CONSENSO ENTRE EXPERTOS PREFERENCIA EN INNOVACIÓN				
ALTERNATIVAS	A1	A2	A3	A4
A1		1,1829	0,4337	0,5994
A2			0,6901	0,5456
A3				0,4274
A4				

Nota: Descripción de los resultados.

En el caso de la figura 42 se indica el consenso del nivel de preferencia de las alternativas según el criterio de talento humano otorgado por los expertos una vez sometidos a Superdecisions©. En donde se denota la importancia otorgada a la alternativa A2, índice de competitividad digital.

Figura 42. *Consenso Expertos en preferencia de alternativas en talento humano. Superdecisions©*

CONSENSO ENTRE EXPERTOS PREFERENCIA ALTERNATIVA EN TALENTO HUMANO				
ALTERNATIVAS	A1	A2	A3	A4
A1		0,9647	0,4109	0,4781
A2			0,8085	1,0963
A3				0,5955
A4				

Nota: Descripción de los resultados.

En el caso de la figura 43, se indica el consenso del nivel de preferencia de las alternativas según el criterio de resiliencia otorgado por los expertos una vez sometidos a Superdecisions©. En donde se denota la importancia otorgada a la alternativa A2, índice global de competitividad digital y la alternativa A4, reporte global de competitividad.

Figura 43. *Consenso Expertos en preferencia de alternativas en resiliencia. Superdecisions©*

CONSENSO ENTRE EXPERTOS PREFERENCIA ALTERNATIVA EN RESILIENCIA				
ALTERNATIVAS	A1	A2	A3	A4
A1		0,9374	0,7581	0,5692
A2			0,9443	1,0589
A3				0,8138
A4				

Nota: Descripción de los resultados.

De acuerdo con lo anterior y por el consenso de los expertos, lo más importante hoy en día es la innovación, relacionada con la introducción de algo nuevo que satisface alguna necesidad y está conectada a la ciencia y la tecnología, siendo la ciencia, el conocimiento y la tecnología su práctica; y muy cerca de esta se encuentra el talento humano en busca que el personal siempre tenga ventajas competitivas y sostenibles, que el individuo esté capacitado y motivado con el fin de que esté preparado para aceptar los nuevos retos del mercado global. De igual forma la resiliencia como la capacidad que tiene un sistema o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de manera oportuna y eficiente por conducto de la gestión de riesgos.

Los criterios que en nivel de importancia han ocupado el cuarto y quinto lugar son la tecnología y los negocios; la tecnología como el conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto y los Negocios como actividades productivas que se desarrollan para obtener un beneficio mediante la realización de intercambios de bienes, servicios, conocimiento, información, recursos y tecnología entre los actores participantes en escenarios locales, regionales y globales.

Respecto a las alternativas y en coherencia con los resultados de la importancia en los criterios, la innovación sigue siendo el criterio más importante, así como la alternativa A4. Índice Global de Innovación, acompañado en segundo nivel de importancia por la alternativa A3. Índice Global de Competitividad. En tercer y cuarto nivel de preferencia están las alternativas A2. Índice de Competitividad Digital y A1. Índice de Preparación de la Red.

CONCLUSIONES

Las decisiones de los expertos en torno a elegir la preferencia de las alternativas han generado menos inconsistencias que definir la importancia de los criterios, siendo en estos últimos más difíciles para los expertos llegar a los consensos.

Las preferencias de los expertos están moldeadas por la condición del entorno, es por esta razón que para el entorno colombiano la tecnología no es preferente sino más bien la capacidad de preparar el capital humano para la innovación y la utilización de herramientas tecnológicas como facilitadoras de los procesos. De esta manera el criterio de tecnología es percibido como un habilitador de la innovación. En este sentido los resultados pudieran ser diferentes si se aplican en otro contexto de redes en otra región.

La innovación es percibida como un factor clave para el desarrollo de las redes globales de valor, lo cual se ratifica en el consenso de expertos como el criterio de mayor importancia y a su vez la preferencia en la alternativa del índice global de innovación, que considera como pilares el marco institucional y regulatorio, la infraestructura física, logística y tecnológica, el desarrollo del capital humano, la investigación, el desarrollo de productos de conocimiento, creativos y de tecnología, así como la sofisticación de mercados.

Se requiere que las organizaciones mejoren primero en el contexto de la absorción de conocimiento, para construir un sistema logístico eficaz utilizando técnicas, tecnologías y soluciones organizativas desde la planificación de actividades y la gestión organizacional de flujos de materiales e información que les permita incorporarse de manera efectiva en las redes domésticas o globales como generadoras de valor.

La infraestructura logística y de tecnologías de información y comunicación son elementos vitales para promover la innovación organizacional y en su relación con el entorno que le permitirá tener una mejor preparación y adaptación al entorno, lo que a su vez favorece la configuración de redes con proveedores y clientes de la cadena de suministro, siendo relevante el rol de los prestadores de servicios logísticos Third Parties (3PL), Four Parties (4PL) y Fifth Parties (5PL).

Los procesos de integración en las cadenas de suministro son movilizados de conocimiento hacia la configuración de redes de suministro generadoras de valor en donde se hace necesario la innovación desde los productos, los procesos y las interacciones que permitan consolidar ecosistemas digitales aprovechando los beneficios de la incorporación tecnológica proporcionados por la industria 4.0 de manera articulada con la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.

Las redes globales de valor tienen configuraciones particulares de acuerdo con el entorno, siendo la resiliencia una característica clave que le permita su adaptabilidad y aprovechamiento de los recursos disponibles en entornos de permanente cambio en donde la gestión del riesgo es una condición permanente de los sistemas en donde interactúa que permitan una preparación continua para abordar los mercados del futuro, siendo el COVID- 19 un aprendizaje sobre la necesidad para estar mejor preparados frente a situaciones adversas.

El talento humano es un factor diferenciador para la consolidación de redes globales de valor, en particular en los contextos locales de las economías en desarrollo, como el caso de Latinoamérica y Colombia, siendo vital el desarrollo de competencias digitales, la preparación, el uso, apropiación e incorporación tecnológica no solo en las actividades cotidianas sino también en el contexto empresarial porque esto permite la consolidación de ecosistemas digitales en las cadenas de suministro y por tantos sus interacciones para la configuración de redes de valor.

En el caso colombiano, es necesario el aumento de capacidades tecnológicas, en particular en los modelos de negocio de comercio electrónico para las pequeñas y medianas empresas que representan la mayor participación en la economía colombiana y la reducción de brechas de capital humano. Es necesario a su vez, seguir avanzando en la eficiencia operacional, con la reducción de costos en las cadenas de suministro a través del desempeño logístico; para esto es necesario avanzar en la ampliación de la oferta de prestadores de servicios logísticos, Third Parties (3PL) y Fourth Parties (4PL).

Las redes globales de valor en Colombia están orientadas hacia el desarrollo de sistemas resilientes, con un aumento de capacidades industriales que permitan configurar redes domésticas sostenibles expresado en clústeres de acuerdo con la naturaleza de los sectores productivos.

Lograr estas oportunidades representa retos particulares para cada uno de los sectores productivos; se hace necesaria la reducción de brechas desde la logística y el transporte y el aumento de la inversión en investigación que permita la estandarización, la innovación, la apropiación tecnológica y el desarrollo de habilidades digitales del capital humano para la conformación de ecosistemas digitales en las redes de valor.

A partir de estos hallazgos, el paso siguiente en la investigación se refiere a la definición de las mejores prácticas empresariales para la conformación de redes globales de valor que mediante esta métrica sea de guía para las empresas como herramienta en la toma de decisiones de la red de valor a la cual pertenece teniendo en cuenta los criterios analizados de innovación, talento humano, resiliencia y tecnología, no solamente para medir la madurez de la misma sino para identificar las oportunidades para la localización de negocios, la selección de proveedores y distribuidores en los diferentes nodos de la red que permitan la generación de valor para sus integrantes.

CONCLUSIONES GENERALES

Sea la innovación, la tecnología y su adopción, la resiliencia, la sostenibilidad o la forma como el talento humano perciba los criterios que rodean las alternativas presentadas para mejorar la competitividad y madurez de las redes de valor y sus condiciones logísticas, todas las consideraciones del análisis finalmente apuntan a reconocer que se requiere un trabajo mancomunado entre la academia y la empresa, si se desea ser asertivos en la forma como se aborde el futuro regional y su encadenamiento con el mundo en pro de su crecimiento.

Las consideraciones metodológicas propuestas han arrojado resultados que plasman el pensamiento de los expertos en los temas considerados y sus resultados motivan desarrollar un ejercicio a futuro que apunte o descarte los hallazgos encontrados mediante una segunda revisión que contraste con asertividad la realidad del sector real sujeto a condiciones inesperadas en los años 2019 y 2020.

Teniendo esto como marco de referencia es prudente decir que la metodología de análisis multicriterio para la toma de decisiones y el proceso de análisis jerárquico como técnica, han sido una forma pertinente de abordar la complejidad de la labor expuesta. Se corrobora en los ejercicios realizados su adaptabilidad y precisión lógica y de resultados, para afrontar temas propios de la logística y la red de valor y permiten reconocer en su manejo una herramienta valiosa para el tratamiento de dichas complejidades.

El ejercicio desarrollado ha puesto de manifiesto el significado de la competitividad, como elemento común por el que se trabaja desde cualquiera de los frentes perfilados en este estudio. Su medición y herramientas de comparación y logro son elementos fundamentales que hacen parte de la caja de herramientas que valoran los expertos en temas de redes de valor.

Los hallazgos asumen indagar sobre las mejores prácticas para adoptar los criterios de innovación, gestión de talento humano, mecanismos que aporten a la resiliencia organizacional y las formas de adopción de la tecnología en las empresas, que hagan eficientes la selección, localización e integración de negocios dentro de la red de

valor regional, así como el ajuste necesario al grado de madurez requerido por dicha red, para enfrentar los retos del mercado global.

Uno de los hallazgos comunes a los temas de estudio es la adopción de tecnología de punta, reflejada en el estudio como las tecnologías 4.0, las que por sí mismas, en pensamiento de los expertos, no ofrecen una respuesta a las necesidades competitivas colombianas actuales sin antes hacer que el talento humano trabaje en su conocimiento y selección para luego proponerlas como solución acompañada de entrenamiento y apropiación consciente frente a las realidades de adaptabilidad de las organizaciones que asuman dicha apropiación.

Las tecnologías 4.0 posibilitan la configuración de ecosistemas digitales en las cadenas de suministro, lo que favorece las configuraciones de redes globales de valor con un núcleo digital de planeación orientadas hacia el consumidor final y adaptable a los nuevos modelos de negocio en respuesta a la experiencia de usuario y la omnicanalidad.

Aun cuando las tecnologías 4.0, en su conjunto, se ven distantes como herramientas que soporten a corto plazo las tareas logísticas en Colombia, en opinión de los expertos, parte de las tecnologías que abordan el manejo y análisis de información coinciden con los criterios que una red de valor requiere para que sus organizaciones adopten de manera natural, por separado y en conjunto, criterios efectivos de comunicación, cooperación y coordinación; tema fundamental para aportar a la madurez de las redes y muy especialmente a aquellas que tienen una nutrida participación de pequeñas y medianas empresas, entre los que se destaca el papel de los operadores logísticos en sus diferentes dimensiones: Third Party Logistics (3PL), Four Party Logistics (4PL), Fifth Party Logistics (5 PL), como entes conectores de labor dentro de las redes, aportando a la efectividad de estas, desde sus diferentes especialidades logísticas, con flexibilidad y resiliencia.

Los operadores logísticos tienen desafíos clave en cuanto a la calidad de los servicios ofrecidos que apunten efectivamente a la generación de valor en las redes en donde actúan como un nodo articulador, de esta manera es relevante fortalecer las métricas que permitan revisar el desempeño logístico, en particular en las micro y pequeñas empresas para lo cual la tecnología es un factor habilitador para la competitividad.

Asumir una nueva revisión, teniendo en cuenta las consideraciones del sector real, sus realidades y necesidades, es parte de las inquietudes que propone continuar con la investigación. Cubiertos los dos estadios, revisión de expertos y sector real, se esperaría entender los criterios y alternativas que soportan la competitividad de los entes logísticos y su contribución a las redes de valor global de manera asertiva e integral.

Lograr integrar esta fase de revisión del sector real al estudio presentado, la posibilidad de ofrecer una metodología con repercusiones de uso general, diferente al caso colombiano, que permita identificar con rigor, los mecanismos que apoyen la maduración a las organizaciones y sus interrelaciones dentro de las redes de valor para la región en estudio, así como presentar una propuesta de buenas prácticas para la innovación y competitividad en las redes globales de valor.

Queda expuesto en este espacio la intención de continuar el camino recorrido y dar respuesta a una labor que ha mostrado, apenas comenzar.





UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

Sede Nacional José Celestino Mutis
Calle 14 Sur 14-23
PBX: 344 37 00 - 344 41 20
Bogotá, D.C., Colombia

www.unad.edu.co

