



CONGRESO INTERNACIONAL INDUSTRIA Y ORGANIZACIONES

Agosto 17 y 18 de 2017. Medellín. Colombia.

**“LA INGENIERÍA INDUSTRIAL Y LA GESTIÓN DE CADENAS DE
ABASTECIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE”**

MEMORIAS



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería



IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones, CIIO 2017

“La Ingeniería Industrial y la Gestión de Cadenas de Abastecimiento para el Desarrollo Sostenible”

Agosto 17 y 18 de 2017. Medellín. Colombia.



MEMORIAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL INDUSTRIA Y ORGANIZACIONES CIIO-2017

Elena Valentina Gutiérrez, Editora
Universidad de Antioquia
elena.gutierrez@udea.edu.co

Agosto de 2017
Medellín, Colombia

© 2017
Congreso Internacional Industria y Organizaciones (CIIO)
Cuarta Edición
Colombia
<http://ingenieria.udea.edu.co/ciio2017>
ISSN: 2590-7336



COMITÉS CIIO 2017

Presidenta CIIO 2017

Elena Valentina Gutiérrez

Universidad de Antioquia



Comité Científico CIIO 2017

Pablo Andrés Maya Duque

Universidad de Antioquia



Comité Organizador

Diego Fernando Manotas, Universidad del Valle
Wilson Adarme Jaimes, Universidad Nacional de Colombia
Juan Sebastián Jaén, Universidad de Antioquia
Pablo César Manyoma, Universidad del Valle
Nicolás Clavijo, Universidad Javeriana
Andrés Felipe Osorio, Universidad Icesi

Comité Logístico y Apoyo

Mauricio A. Correa, CESET
Astrid M. Mira Hincapié, CESET
Isabel Cristina Chaverra, CESET
Carmen Inés Fabra, ANEIAP

Comité Científico

Yony Fernando Ceballos, Universidad de Antioquia
William Sarache, Universidad Nacional de Colombia
Carlos Osorio, Universidad Nacional de Colombia
Carlos Julio Vidal, Universidad del Valle
Leonardo Rivera, Universidad del Valle
David Barrera Ferro, Universidad Javeriana

Tabla de Contenido

Bienvenida	4
Información General	5
Conferencistas	6
Programación General	9
Sesiones Parellas	10
Resúmenes	17
Trabajos Completos	53



MENSAJE DE BIENVENIDA

En nombre de los Comités Organizador y Científico del IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones, y del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, les damos la más cordial bienvenida al CIIO-2017 en Medellín, Colombia. Nos sentimos privilegiados y orgullosos de ser los anfitriones de la cuarta versión del Congreso, y honrados de poder compartirlo con ustedes: más de 150 participantes que incluyen investigadores, profesores, profesionales y estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, de distintas regiones del país, y de diferentes países del mundo. Así, el CIIO-2017 se constituye en un punto de encuentro para el intercambio académico, científico y práctico entre los diversos grupos que trabajan en las distintas aplicaciones de la Ingeniería Industrial, y su contribución en el Desarrollo Sostenible.

Nuestro programa incluye doce conferencistas excepcionales, de los cuales seis son nacionales y seis son internacionales. Cada uno de ellos realizará una presentación enmarcada en alguna de las temáticas del CIIO-2017, e indicará oportunidades de investigación en las áreas de trabajo que pueden ser de su interés. De igual forma, los participantes tendrán la oportunidad de escoger en un conjunto de casi 100 trabajos, que serán presentados por sus respectivos autores en las diferentes temáticas del CIIO-2017. Adicional al programa académico, esperamos que puedan disfrutar el coctel de bienvenida del jueves y el acto de clausura del viernes, y que el CIIO-2017 sea un espacio para encontrar y conocer colegas de diferentes regiones del país, y de otros países.

Un conjunto significativo de personas ha trabajado muy duro durante el último año para hacer del CIIO-2017 un evento memorable. Queremos también expresar nuestro profundo agradecimiento a los Conferencistas, a los miembros de los Comités Organizador y Científico, al Comité Logístico con el personal del CESET (Centro de Extensión Académica) y de ANEIAP (Asociación Nacional de Estudiantes de Ingenierías Industrial, Administrativa y de Producción), a ustedes los participantes, y a todas las personas que han contribuido en hacer este evento posible. Les agradecemos por estar presentes aquí, y esperamos que el CIIO-2017 cumpla sus expectativas y quede para ustedes como una fructífera experiencia.

Elena Valentina Gutiérrez
Presidente CIIO-2017
Universidad de Antioquia

Pablo Andrés Maya Duque
Comité Científico CIIO-2017
Universidad de Antioquia



INFORMACIÓN GENERAL

HORARIOS DE REGISTRO

Jueves 17 de agosto de 2017

7:00 – 18:00

Viernes 18 de agosto de 2017

7:00 – 18:00

USE SU ESCARAPELA

La escarapela que se entrega en el registro es requerida para el ingreso a todas las actividades del CIIO-2017. Por favor use su escarapela en todo momento mientras se encuentre en cualquiera de los espacios del Edificio de Extensión. Durante los refrigerios y el coctel, le pedimos que por favor se asegure de tener su tiquete.

GRABACIÓN DE PRESENTACIONES

La grabación de audio o video de cualquiera de las presentaciones en el CIIO-2017 está estrictamente prohibido, si no hay un permiso previo por escrito por parte del Conferencista y el CIIO-2017.

LINEAMIENTOS PARA PONENTES

Típicamente hay entre tres y cuatro ponencias programadas para cada sesión de 80 minutos. Esto le da a cada ponente un tiempo total de 20 minutos, el cual incluye la presentación y la respuesta a las preguntas del público. Si en una sesión hay menos de cuatro ponencias programadas, se espera que cada una de las ponencias se mantenga en un tiempo de 20 minutos. Si un ponente no se presenta en una sesión, se espera que el programa original se mantenga, y que no se adelante ninguna ponencia. Si el *Chair* de la sesión no se presenta, el primer ponente debe tomar la responsabilidad del *Chair*. Todos los auditorios para las sesiones tienen computador y proyector. Pedimos a los ponentes que tengan su presentación en una memoria USB y que copien el archivo de su presentación en el computador de la sesión, unos minutos antes de que esta inicie, para minimizar los tiempos de alistamiento entre ponencias. Si se presenta algún problema en el auditorio de la sesión, en cada uno de ellos habrá un estudiante de ANEIAP quien apoyará en los aspectos técnicos y logísticos.

REFRIGERIOS Y COCTELES

El CIIO-2017 ofrecerá refrigerios en la mañana y en la tarde, los días jueves y viernes. De igual forma, el jueves se ofrecerá un coctel de bienvenida. Los refrigerios en la mañana serán a las 10:00, y en la tarde a las 17:00. El coctel del jueves es a las 18:30. Todos los refrigerios y el coctel se ofrecerán en el hall del segundo piso del Edificio de Extensión, y cada participante debe presentar su tiquete respectivo.

WiFi

Todos los participantes tienen acceso al WiFi del Edificio de Extensión. Usuario: udeawifi. Contraseña: wifidelaUdeA (por favor ingresar la clave con las minúsculas y mayúsculas indicadas).



CONFERENCISTAS



J. René Villalobos

Arizona State University, USA

El papel de la tecnología en el diseño de cadenas agro-alimentarias ágiles y eficientes para productos frescos

Jueves 17, 9:00 – 10:00. Auditorio Principal



Sally Brailsford

University of Southampton, United Kingdom

Including human behavior in healthcare models: Why, and how?

Viernes 18, 17:30 – 18:30. Auditorio Principal



Víctor Albornoz

Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

Formulación y resolución de modelos de planificación jerárquica de producción en agricultura de precisión

Jueves 17, 17:30 – 18:30. Auditorio Principal



Liliana Avelar Sosa

Universidad Autónoma Ciudad de Juárez, México

Los aspectos regionales y su efecto en los beneficios financieros de las cadenas de suministro: caso de empresas manufactureras

Viernes 18, 9:00 – 10:00. Auditorio 2, piso 2



CONFERENCISTAS



Pitu Mirchandani

Arizona State University, USA

Routing, logistic and management of recharging infrastructure for electric vehicles

Viernes 18, 8:00 – 9:00. Auditorio Principal



Héctor Hernán Toro Díaz

Evidera. Boston, USA

Análisis de costo – efectividad en generación de evidencia en salud

Viernes 18, 9:00 – 10:00. Auditorio 1, piso 2



Juan Guillermo Villegas Ramírez

Universidad de Antioquia, Colombia

Aplicación de la investigación operativa en educación: revisión y aplicaciones

Vienes 18, 16:00 – 17:00. Auditorio Principal



Luz-Dinora Vera-Acevedo

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

El análisis del ciclo de vida, una herramienta para la gestión sostenible de las empresas

Viernes 18, 8:00 – 9:00. Auditorio 2, piso 2



CONFERENCISTAS



Claudia Cristina Rave Herrera

Fluir.D.Lab Laboratorio de Decisión, Colombia

Scheduling vs prioritization assessment for infrastructure public investment. Case study, regional road network of Antioquia, Colombia

Jueves 17, 16:00 – 17:00. Auditorio 1, piso 2



Pablo César Manyoma Velásquez

Universidad del Valle, Colombia

La ingeniería industrial y la cosa social

Jueves 17, 16:00 – 17:00. Auditorio Principal



Laura Lotero Vélez

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

Ciudad e industria. Retos y aproximaciones para el desarrollo sostenible

Jueves 17, 17:30 – 18:30. Auditorio 1, piso 2



Jairo Alexander Lozano Moreno

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia

Waste-to-energy multi-feedstock systems as an integrated waste management strategy in Colombia (UrbanWtE)

Viernes 18, 16:00 – 17:00. Auditorio 1, piso 2



PROGRAMACIÓN GENERAL

Jueves 17 de agosto de 2017

07:00 – 18:00	Registro Participantes Hall Auditorio Principal
08:00 – 09:00	Ceremonia de Apertura Auditorio Principal
9:00 – 10:00	Conferencia Plenaria Auditorio Principal
10:00 – 10:30	Coffee Break Hall Segundo Piso
10:30 – 11:50	Sesiones Paralelas (JA) Auditorios Edificio de Extensión
12:00 – 13:20	Sesiones Paralelas (JB) Auditorios Edificio de Extensión
13:20 – 14:30	Almuerzo Libre Restaurantes y Centros Comerciales
14:30 – 15:50	Sesiones Paralelas (JC) Auditorios Edificio de Extensión
16:00 – 17:00	Conferencias Paralelas Auditorios Edificio de Extensión
17:00 – 17:30	Coffee Break Hall Segundo Piso
17:30 – 18:30	Conferencias Paralelas Auditorios Edificio de Extensión
18:30 – 19:30	Coctel de Bienvenida Hall Segundo Piso

Viernes 18 de agosto de 2017

07:00 – 18:00	Registro Participantes Hall Auditorio Principal
08:00 – 09:00	Conferencias Paralelas Auditorios Edificio de Extensión
9:00 – 10:00	Conferencias Paralelas Auditorios Edificio de Extensión
10:00 – 10:30	Coffee Break Hall Segundo Piso
10:30 – 11:50	Sesiones Paralelas (VA) Auditorios Edificio de Extensión
12:00 – 13:20	Sesiones Paralelas (VB) Auditorios Edificio de Extensión
13:20 – 14:30	Almuerzo Libre Restaurantes y Centros Comerciales
14:30 – 15:50	Sesiones Paralelas (VC) Auditorios Edificio de Extensión
16:00 – 17:00	Conferencias Paralelas Auditorios Edificio de Extensión
17:00 – 17:30	Coffee Break Hall Segundo Piso
17:30 – 18:30	Conferencia Plenaria Auditorio Principal
18:30 – 19:30	Ceremonia de Clausura Auditorio Principal



SESIONES PARALELAS

Cada día se realizarán tres franjas horarias de Sesiones Paralelas, A, B, y C, respectivamente. En cada franja horaria se tendrán cinco auditorios como se presenta en la siguiente tabla:

Día	Franja	01	02	03	04	05
Jueves	A 10:30 - 11:50	Innovación Industrial	Crecimiento Económico	Agricultura	Energías Renovables	Medio Ambiente
	B 12:00 - 13:20	Innovación Industrial	Crecimiento Económico	Agricultura	Salud y Bienestar	Medio Ambiente
	C 14:30 - 15:50	Innovación Industrial	Innovación Industrial	Agricultura	Salud y Bienestar	Reducción de Desigualdades
Viernes	A 10:30 - 11:50	Innovación Industrial	Innovación Industrial	Agricultura	Salud y Bienestar	Planeación Urbana
	B 12:00 - 13:20	Innovación Industrial	Innovación Industrial	Agricultura	Salud y Bienestar	Planeación Urbana
	C 14:30 - 15:50	Innovación Industrial	Innovación Industrial	Agricultura	Educación	-

La programación se ha realizado con base en las temáticas de aplicación de los métodos, más que en los mismos métodos. A continuación, se presenta la asignación de cada uno de los trabajos a las franjas horarias. Se presenta también el resumen de los trabajos, según la programación.



Jueves 17 de agosto, 10:30 – 11:50

JA-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
Chair: Javier Arturo Orjuela		
67	Modelo VRP para Frutas Perecederas en Última Milla	Javier Arturo Orjuela-Castro, Camilo Adolfo Calderón González and Jessica Tolosa Ospina
106	Asignación de vehículos para el problema de recolección y distribución de mora castilla (<i>Rubus Glaucus</i>) mediante programación entera mixta y ϵ -constraint method	Rafael Tordecilla-Madera and Andrés Polo
107	Heurística para el problema de ruteo de vehículos con entregas y recogidas tipo backhauls en una empresa productora de alimentos	Leydy Tatiana Narvaez and Stephania Vasquez
JA-02 Crecimiento Económico - Auditorio 1 - Piso 2		
Chair: Gloria López Orozco		
62	Ecosistema virtual colaborativo opción para el desarrollo de la PYME vallecaucana	Gloria López Orozco, Maritza Correa Valencia and Alexander Aragón Chamorro
111	Benchmarking empresarial logístico en el Valle del Cauca	Gloria Mercedes Lopez Orozco and Valentina Restrepo Pelaez
130	Taxonomía de necesidades logísticas en Santiago de Cali	Gloria M Lopez Orozco, Katherine Becerra López and Ana Isabel Meneses Franco
JA-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
Chair: David Alejandro Rincón		
68	Modelo de programación lineal para la programación de producción sostenible en el sector agrícola (caso de estudio papaya)	David Alejandro Rincón Castro and Karen Yineth Niño Mora
127	Caracterización y evaluación de los canales de distribución de la cadena de suministro de la mora en Cundinamarca	Carolina Salcedo Acosta, Claudia Marcela Muñoz Gonzalez and Catherine Ballesteros Gomez
113	Localización estratégica de plataformas logísticas agrícolas en Colombia mediante programación entera - mixta	Rafael Tordecilla-Madera and Andrés Polo
JA-04 Energías Renovables - Auditorio 2 - Piso 3		
Chair: Gloria Ramírez		
13	Diseño piloto de un modelo integral para la producción de biodiesel a base de aceite usado de cocina bajo indicadores de sostenibilidad	Jairo Alexander Lozano Moreno, Luz Marina Florez Pardo and Jorge Mauricio Escobar Sarria
24	Biomasa forestal como recurso renovable. Oportunidades de mercado para Colombia	Gloria Ramírez, Catherine Rincón and Juan Fernando Pérez
42	Evaluación de diferentes estrategias de recolección de aceite usado de cocina para producir biodiesel en la ciudad de Cali	Angie Benavides and Jairo Lozano
74	Producción de biodiésel a partir de aceite comestible usado. caso de estudio: Ciudad de México, México	Marco Gerald Osorio Meniz and Milton Alexander Londoño Roman
JA-05 Medio Ambiente - Sala Coworking		
Chair: Gustavo Gatica		
9	Propuesta de un modelo de ruteo de vehículos considerando el impacto de las emisiones de CO2 para una empresa distribuidora de alimentos del Valle del Cauca	Isabella López Salazar, Cristián Camilo Cano Abadía, Carlos Felipe Marmolejo Gomez, Victor Manuel Martinez López and Carlos Alberto Rojas
33	Un modelo de programación entera mixta, para localización y ruteo de reciclaje selectivo	Gustavo Gatica, José Flores Carrasco, Rodrigo Linfati and John Willmer Escobar
39	Evaluación y selección de rutas de vehículos de distribución en ciudades de montaña bajo una perspectiva sostenible	Victor Fabio Suarez Chilma, Juan David Giraldo Otalvaro and William Sarache



Jueves 17 de agosto, 12:00 – 13:20

JB-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
Chair: David Barrera		
112	Modelo de optimización de rutas de suministro urbana con vehículos de carga homogénea	Laura María Figueroa Arias, Oscar Palacio Leon and Oscar Yecid Buitrago Suescún
124	Programación de proyectos con recursos restringidos usando algoritmos evolutivos bajo un enfoque bi-objetivo	Karen Niño and Santiago Chacon
158	GRASP como técnica de solución para el problema integrado de construcción de horarios y programación de personal, en entornos de actividades múltiples, considerando habilidades jerárquicas	David Barrera, Carlos Montoya, Angie Caro, María Paula Cortes and María Fernanda Narvaez
JB-02 Crecimiento Económico - Auditorio 1 - Piso 2		
Chair: Liliana Avelar Sosa		
7	Gestión estratégica de proveedores como instrumento para el desarrollo sostenible y competitivo - caso de estudio industria astillera	Lina Diaz and Luis Alejandro Villegas Portocarrero
8	El apoyo gubernamental y la proximidad del mercado como aspectos críticos para mejorar los beneficios financieros en cadenas de suministro	Liliana Avelar Sosa, Jorge L. García Alcaraz, José M. Mejía Muñoz and Aidé A. Maldonado Macías.
60	Evaluación de las metas de infraestructura en la ejecución de los Planes de Desarrollo Territorial de Bogotá 2000-2020	Emmanuel Lara Abello and David Cruz Pineda
JB-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
Chair: Gloria Stella Barrera Arias		
35	Una propuesta de gestión y optimización para una cadena de suministro agroalimentaria del Caribe colombiano	Lina María Tapia Barrera and Arcelio Perez Simanca
119	Propuesta para incrementar la eficiencia entre el eslabón productivo y de consumo del sector frutícola en el municipio de Viotá	Gloria Stella Barrera Arias
122	Diseño de metodologías para el control, análisis y planeación de costos de los agricultores del municipio de Viotá	Gloria Stella Barrera Arias
JB-04 Salud y Bienestar - Auditorio 2 - Piso 3		
Chair: Pablo C. Manyoma		
6	Diseño de un aplicativo para optimizar la programación en salas de cirugía	María José Noguera Avellaneda, Laura Reynales Pereira, Rabie Nait Abdallah and Julian Alberto
61	Ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos hospitalarios peligrosos considerando ventanas de tiempo	Esteban Bueno, Andrés Murillo and Pablo Manyoma
160	Programación de turnos de enfermeras en una clínica de Bogotá	David Barrera, Ricardo Otero, Gabriel Velásquez, Vladislav Tajc and Juan David Zambrano
JB-05 Medio Ambiente - Sala Coworking		
Chair: Vivian Lorena Chud Pantoja		
28	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en una empresa tipo PBO	Manuel Alejandro Giraldo, Andrés Mauricio Hualpa and Juan Pablo Zamora
36	Green approach to suppliers selection in a Project-Based Organization (PBO)	Juan Pablo Zamora, Andrés Mauricio Hualpa and Cristina Peña
103	Medición de la sostenibilidad en gestión de cadenas de suministro	Juan Cogollo and Victor Garzón
134	Selección multicriterio de alternativas de logística inversa para la gestión de residuos sólidos urbanos	Vivian Lorena Chud Pantoja, Claudia Cecilia Peña Montoya and Claudia Cristina Bocanegra Herrera



Jueves 17 de agosto, 14:30 – 15:50

JC-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
Chair: Frank Alexander Ballesteros Riveros		
23	Optimization proposal of the supply management on multiple projects in a PBO organization	Andres Felipe Ladino Cortes, Jair Eduardo Rocha Gonzalez and Juan Pablo Zamora
71	Modelo para la coordinación de sistemas de almacenamiento Cross Docking usando Redes de Petri	Santiago Chacon, Karen Yineth Niño Mora and Frank Alexander Ballesteros Riveros
139	Modelo de simulación de un centro de distribución utilizando la estrategia cross-docking	Pablo Alejandro Londoño Ramirez, Gheraldinne Paulette Cardona Valenzuela, Juan Sebastian Numpaque Cano and Juan Pablo Sanchez Pineda
157	Un enfoque de simulación – optimización para el diseño de políticas de ciclo compartido en sistemas de una bodega y N minoristas considerando múltiples productos con demanda estocástica	David Barrera, Héctor López, Nicolás Chavarro, Iván Camelo and Santiago Atehortua
JC-02 Innovación Industrial - Auditorio 1 - Piso 2		
Chair: Diego Fernando Manotas Duque		
65	Comercio Digital Integrado, CDI	Leonardo Antonio Munoz Munoz
88	Alternativa para consideración del riesgo en la definición del nivel de inventario de repuestos: caso aplicado	Nathaly Martinez Escobar and Juan Carlos Osorio Gómez
155	Modelo para la gestión de riesgo financiero en el proceso de abastecimiento internacional de una empresa ensambladora	Paola Gordillo Correa, Diego Fernando Manotas Duque and Stephanía Mosquera-López
JC-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
Chair: Angela María Mendoza Castro		
12	Diseño de una cadena de abastecimiento frutícola con un enfoque de sostenibilidad	Mayra Alejandra Arenas Ruiz, Leidy Tatiana Salazar Aguirre, Diego Leon Peña and Leonardo
40	Análisis de robustez de una cadena de suministro para sector agroindustrial bajo condiciones de incertidumbre. Caso de estudio: cadena láctea	Andrés Polo and Dairo Muñoz
144	Diseño y aplicación de parámetros de industrialización en cocona, carambola y piña para promover su producción y consumo	Angela María Mendoza Castro
JC-04 Salud y Bienestar - Auditorio 2 - Piso 3		
Chair: Verónica Duque Uribe		
21	Perspectivas de la investigación en la gestión de cadenas de abastecimiento, gestión logística hospitalaria y desempeño sostenible: Una revisión de literatura	Verónica Duque Uribe and William Sarache Castro
105	La interacción entre la estructura de la cadena de suministro, los sistemas de seguimiento y trazabilidad y los procedimientos de acceso como elementos estratégicos en las redes de asistencia social. Caso Bienestarina, Colombia	Feizar Javier Rueda Velasco, Johanna Fernanda Medina Cediell and Wilson Adarme Jaimés
126	Análisis del concepto de cobertura en programas de transferencia directa de alimentos a poblaciones vulnerables. Caso Bienestarina, Colombia	Cristhian Amaya Galván, Angie Monsalve Salamanca and Wilson Adarme Jaimés
163	Caracterización y diagnóstico de la gestión logística en la prestación de servicios de atención médica domiciliaria en el Valle de Aburrá	Sebastian Cortes Zapata, Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez and Juan Sebastián Jaén Posada
JC-05 Reducción de Desigualdades - Sala Coworking		
Chair: Brigitte Delgado Aquite		
11	Diseño de un Modelo de Caracterización de Negocios Potencialmente Inclusivos	Nicolas Lazo Rodriguez, Brigitte Delgado Aquite, Giovanna Fiorillo Obando, Héctor López Ospina, Gabriel Zambrano Rey and Pablo Guzman Rodriguez
44	Responsabilidad social empresarial desde el consumidor	Angelica Robayo and Sebastian Cifuentes
148	Análisis de la accesibilidad espacial y temporal de las personas en condición de discapacidad al sistema de transporte urbano de la ciudad de Cali	Luis Fernando Macea Mercado, Ana Cristina Hernández Quiroz and Carolina Benavides Ruiz



Viernes 18 de agosto, 10:30 – 11:50

VA-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
Chair: Gloria Mercedes Lopez Orozco		
16	Priorización multicriterio de embarques para un 3PL de servicios de transporte marítimo considerando el riesgo	Juan Carlos Osorio, Diego Fernando Manotas Duque and Jorge Luis García Alcaraz
135	Modelo para la identificación de barreras de operación en Comercio Internacional de importación	Gloria Mercedes Lopez Orozco and Rafael A. Muñoz Aguilar
145	Análisis dinámico de las operaciones portuarias de carga general contenerizada para exportación	Katherine Arango Romero, Maritza Correa Valencia, Victor Wladimir Díaz Quesada and Jorge Andrick Parra Valencia
VA-02 Innovación Industrial - Auditorio 1 - Piso 2		
Chair: Oscar Palacio Leon		
89	Modelo de gestión de flota de vehículos de carga urbana dirigida por la demanda	Leidy Carolina Muñoz Suarez, Oscar Palacio Leon and Wilson Adarme Jaimés
93	Distribución Urbana de Productos Agrícolas Orgánicos Utilizando Heurísticas de Ruteo	Maria Alejandra Covo Guzmán, José Sebastián Talero Chaparro, Carlos Alberto Bejarano Martínez and Erika Johanna Herrera
108	Caracterización de la distribución urbana de mercancías en Cali. Caso Troncal de Occidente	Gloria Mercedes Lopez Orozco, Johanna Quintero C. and Luis G. Posada V
VA-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
Chair: Catherine Ballesteros Gómez		
59	5S como metodología de gestión eficiente para el mejoramiento en el proceso de recolección de fresa, en el departamento de Cundinamarca, Colombia	Juan Pablo Loaiza Ramírez, Jimmy Santiago Castro Villareal and Laura Janeth Cruz Aldana
91	Designing a framework for the development of fresh products traceability systems	Mauricio Peña Acosta, Camilo Andres Garvis Lara, Delio Alexander Balcázar Camacho, Angélica Patricia Parra Ladino and Hans Milos Toquica Cáceres
92	Análisis del nivel de pérdidas de alimentos relacionado con el sistema de transporte utilizado en la cadena de suministro agroalimentaria	Catherine Ballesteros Gómez, Wilson Adarme Jaimés and Jesús González Feliú
VA-04 Salud y Bienestar - Auditorio 2 - Piso 3		
Chair: Esteban Garzón Sánchez		
26	Formulación de un modelo de localización de centros de acopio y albergues para la atención de la población vulnerable ante inundaciones en el municipio de Tuluá Valle del Cauca	Esteban Garzón Sánchez, Yerlin Dayana Alvarez Posada, Stefania Toro Morales and Carlos Alberto Rojas Trejos
51	Modelo de Multi Localización de Centros de Distribución para una Empresa de Distribución de Medicamentos en Colombia	Oscar Mayorga Torres, Blanca Cecilia Torres Sotelo and Diego Fernando Sánchez Zambrano
120	Arquitectura para la trazabilidad y seguimiento de redes de asistencia social. Consideraciones preliminares para el diseño. Caso Bienestarina Colombia	Angie Monsalve Salamanca, Johanna Fernanda Medina Cediel and Feizar Javier Rueda Velasco
VA-05 Planeación Urbana- Sala Coworking		
Chair: Diana Marcela Pérez Valencia		
14	Metodología para la caracterización de la operación de balanceo de Sistemas Públicos de Bicicletas. Comparación de dos casos de estudio: ECOBICI (México) – EnCicla (Colombia)	Diana Marcela Pérez Valencia, Pablo Andrés Maya Duque, Miguel Angel Arroyave Guerrero, Baxter Armando Gaviria Garzón and Mary Luz Gómez
94	Diagnóstico de la Movilidad Urbana Sostenible en Suramérica y Posibles Aplicaciones en la Ciudad de Bogotá	Maria Alejandra Covo and Nicolas Eduardo Navarrete
79	Simulación Monte Carlo para predecir el cambio de destinación de los inmuebles en Medellín mediante Cadenas de Markov	Julian Andres Castillo Grisales, Yony Fernando Ceballos and Elena Valentina Gutierrez Gutierrez



Viernes 18 de agosto, 12:00 – 13:20

VB-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
<i>Chair: Frank Alexander Ballesteros Riveros</i>		
45	Propuesta de redistribución: bodegas de productos terminados, materias primas e insumos en una empresa de materias primas	Luis Eduardo Alvarez Acevedo and Raul Antonio Diaz Pacheco
58	Análisis y simulación del proceso productivo en una empresa de repostería de la ciudad de Medellín	Daniela Guerra Ocampo, Tatiana Carolina Echeverri Perez, Luis Eduardo Gomez Suarez and Yony Fernando Ceballos
140	Simulación del nivel de cumplimiento del proveedor y su influjo en la capacidad de almacenamiento del producto en una tienda de una cadena de retail	Santiago Rojas, Angel Daza, Daniel Guerrero and Jimmy Castro
142	Model for the control of inventories of perishables in restaurants buffet type of application	Angelica Morales and Frank Ballesteros
VB-02 Innovación Industrial - Auditorio 1 - Piso 2		
<i>Chair: Delio Alexander Balcázar Camacho</i>		
19	Análisis envolvente de datos para medir el desempeño de los indicadores de una red de abastecimiento con logística inversa	César David Ardila Gamboa and Frank Alexander Ballesteros Riveros
31	Towards the development of conceptual framework to understand integrated logistics capabilities	Delio Alexander Balcázar Camacho and Wilson Adarme Jaimes
101	Modelo de coordinación de inventarios colaborativos soportado en criterios de productividad saludable	Oscar Palacio Leon, Marianna Barrios León and Wilson Adarme Jaimes
125	La gestión de la calidad en cadenas de suministro	Juan Cogollo, Victor Garzón and Ana Restrepo
VB-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
<i>Chair: Gloria Stella Barrera Arias</i>		
66	The Impact of the Structure of Fresh Food Supply Chains on Food Security	Javier Arturo Orjuela-Castro and Wilson Adarme-Jaimes
70	Guidelines for the design of technological architectures in the context of fresh products supply chain	Nestor Eliecer Manosalva, Jorge Martín Kanayet Pradilla, Jeisson Andres Prieto Velandia, Javier Fernando Garnica Molina and Delio Alexander Balcázar Camacho
123	Apropiación de conocimiento en mejores prácticas de seguridad y salud en el trabajo en los cultivos de café, mango y cítricos en el municipio de Viotá	Gloria Stella Barrera Arias, Dairo Steven Muñoz Pinzón and Andrés Polo
VB-04 Salud y Bienestar - Auditorio 1 - Piso 3		
<i>Chair: Ronald Akerman Ortiz</i>		
43	Dinámica de violencia homicida en la ciudad de Medellín: Un modelo basados en agentes	Alexis Enrique Rodríguez Gutiérrez, Yony Fernando Ceballos and Daniel Anderson Soto Forero
75	Simulación del comportamiento humano en situaciones de emergencia bajo las políticas establecidas en el marco legal colombiano	Ronald Akerman Ortiz Garcia, Yony Fernando Ceballos and Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez
121	Toma de decisión multicriterio en entidades de intervención social	Diana Milena Henao Gaviria, Fernanda López Cardenas and Vivian Lorena Chud Pantoja
VB-05 Planeación Urbana - Sala Coworking		
<i>Chair: Rafael Arévalo Ascanio</i>		
114	Emplazamiento de plataformas logísticas para la integración de la red férrea y carretera en los corredores de carga central y pacífica	Rafael Arévalo Ascanio, Rafael Andres Santofimio Rivera, Jair Eduardo Rocha Gonzalez and Wilson Adarme Jaimes
98	Metodología para la implementación del cargue y descargue nocturno de mercancías	Mauricio Peña Acosta and Sebastian Talero Chaparro
116	Uso de un modelo AHP en la evaluación de impactos de la implementación de plataformas logísticas fluviales sobre la cuenca del río Magdalena en la red intermodal de los corredores aledaños	Rafael Andres Santofimio Rivera, Rafael Arévalo Ascanio, Jair Eduardo Rocha Gonzalez and Wilson Adarme



Viernes 18 de agosto, 14:30 – 15:50

VC-01 Innovación Industrial - Auditorio Principal		
Chair: Diego Quintero		
25	Modelo para la toma de decisión sobre la conveniencia de aplicar Seis Sigma	Juan Camilo García and Edgar Alirio Restrepo
32	Factores críticos de éxito en las fases de entrega y operación de proyectos en la Industria de juegos de suerte y azar: una revisión	Diego Quintero and Silvia Morales
96	Significant factors in the design of industrial real estate projects applying an adjusted general methodology	Oscar Palacio Leon, Oscar Yecid Buitrago Suescún and Rodrigo Alberto Britto Agudelo
102	Mejora en puntos de distribución de almacenes de cadena en Colombia mediante la evaluación de alternativas en la red logística	Jelitza Steele Parada, Camila Sanguino Díaz, Ricardo Bayona Ortiz and Melanny Contreras
VC-02 Innovación Industrial - Auditorio 1 - Piso 2		
Chair: William Sarache		
22	Strategofactory: Una herramienta informática para apoyar la formulación de la estrategia de manufactura	Ivan Dario Gomez Jimenez, Jorge Andres Viales and William Sarache
38	Forecasting methodology for production planning under the postponement strategy	Ivan Dario Gomez Jimenez, Rafael Henao and William Sarache
87	Revisión e intervención del proceso de validación de suministros para nuevos clientes en la cadena de abastecimiento de agregados en Concretos Argos S.A.	Lady Rodas
153	Viabilidad de la implementación de un HUB para cadenas de suministro de mayoristas	Diego Alejandro Vega Vega, Laura Jimena Duarte Báez, Vilma Estefanía Tapias Benítez and Gustavo Adolfo Vanegas Blanco
VC-03 Agricultura - Auditorio 2 - Piso 2		
Chair: David Barrera		
138	Propuesta de localización de centros de acopio temporales en la cadena de suministros de productos lácteos en Antioquia	Maria Camila Morán Alarcón and Laura Catalina Osorio Castro
141	Esquema de incentivos económicos para la logística colaborativa de transporte urbano de productos agrícolas	Andrés Enrique Herrera Duarte, Juan Pablo Castrellón Torres and Wilson Adarme Jaimes
159	Diseño de una técnica de solución para la distribución y recolección de productos e insumos, en una empresa productora de lácteos	David Barrera, Carlos Montoya, Juan Fernando Cuellar, Manuela Noreña and Moisés Zambrano
VC-04 Educación - Auditorio 1 - Piso 3		
Chair: Juan Pablo Orejuela Cabrera		
27	Ruteo de buses escolares con tiempos dependientes	Juan Pablo Orejuela Cabrera and William Ariel Sarache Castro
29	Modelo lean six sigma para el mejoramiento continuo en el sector educativo	David Rodrigo Guerrero Moreno and Claudia Cristina Bocanegra Herrera
76	Beer Game (BG)	Cesar Jaramillo
97	¿Se puede medir de una forma más sencilla a las Universidades? Propuesta de simplificación del modelo de evaluación de la Calidad de la Educación Universitaria en Colombia	Alejandra Elguedo Pallares, Victoria Diago Orozco, Bulmaro A Fuentes Morales and Patricia B Marquez Rodriguez



RESÚMENES CONFERENCISTAS

J. René Villalobos

Arizona State University, USA

El papel de la tecnología en el diseño de cadenas agro-alimentarias ágiles y eficientes para productos frescos

Los actuales patrones de consumo a nivel mundial se caracterizan entre otras cosas, por una tendencia de incremento de consumo de alimentos frescos y saludables. Aunado a lo anterior, la producción, transporte, almacenamiento y distribución de alimentos es un factor crítico que enfrentará la humanidad en un futuro cercano. Por ejemplo, las Naciones Unidas han advertido que la producción de alimentos necesita incrementar en un 70% para el año 2050 para poder satisfacer el aumento de la población a nivel mundial. En el caso de las frutas y verduras frescas, este incremento deberá ser aún mayor dado los patrones de consumo donde el consumo de estos alimentos está asociado a beneficios de salud.

La demanda de frutas y vegetales frescos es un desafío y a la vez, oportunidad. Uno de los principales desafíos radica en cómo desarrollar una cadena de suministro eficiente que pueda satisfacer las demandas de consumo global y a la vez, las restricciones que tiene la distribución de frutas y verduras frescas que se caracterizan por una alta perecibilidad, al precio adecuado y con el desperdicio mínimo. Por otra parte, es una oportunidad para incrementar el ingreso y la calidad de vida de los productores, particularmente aquellos pequeños y medianos, así como a los trabajadores de estos productores.

En esa presentación se propone el desarrollo de sistemas de toma de decisiones basados en información recolectada a través de sensores a lo largo de la cadena de suministro, con el objetivo de reducir el desperdicio de alimentos frescos, y a su vez, incrementar los ingresos que reciben los pequeños agricultores. Durante la presentación daremos ejemplos de toma de decisiones relacionados con logística agrícola a niveles estratégico, táctico, pero, sobre todo, operacional de frutas y verduras frescas en Latino América.

Sally Brailsford

University of Southampton, United Kingdom

Including human behavior in healthcare models: Why, and how?

Healthcare systems have been a popular application area for operations research modeling since the 1960s. Nevertheless, there are surprisingly few reported examples where the model findings have been accepted by the client organization and implemented in practice, especially compared with manufacturing industry and even other service organizations such as call centers or airlines. Many researchers (including myself) have studied this problem and have attempted to identify features that make healthcare systems unique. One possible reason is that the “objects” that are “processed” in healthcare systems are not widgets on a production line or passengers on an aircraft, but human beings in very stressful situations, who may not always behave rationally or follow instructions.

In this paper we argue that healthcare modeling is an area in which it is particularly important to capture human behavior, not only of patients but also of medical staff, hospital managers and even policy makers. Two widely used psychological models of human health-related behavior are presented, and their relevance and applicability to simulation modeling discussed. We also discuss the use of agent-based modeling, and present two case studies on screening policies, one for diabetic retinopathy and one for breast cancer, both of which include patient behavior. The key questions we address are: is it possible to model patient behavior, and if so, what is the best way to do this?



Víctor Albornoz

Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

Formulación y resolución de modelos de planificación jerárquica de producción en agricultura de precisión

La optimización es una de las metodologías más comúnmente empleadas en apoyo a la toma de decisiones. Su ámbito de aplicación comprende igualmente problemas en pos de una agricultura sustentable. En esta presentación se mostrará un esquema jerárquico en planificación agrícola relacionado con la definición de zonas rectangulares de manejo agrícola, asignación de cultivos y gestión de riego. Los problemas mencionados son abordados mediante modelos de optimización y consideran el uso de tecnologías de información para la incorporación de antecedente del suelo y/o propiedades de los cultivos. Ahora bien, la naturaleza combinatorial de estos problemas y la presencia de incertidumbre plantean desafíos algorítmicos para la resolución computacional de los mismos. Entre las alternativas existentes en la literatura destacan algoritmos como los llamados Métodos de Descomposición, siendo el de Generación de Columnas uno de estos, mostrándose igualmente su utilización como parte de este esquema, así como los resultados particulares alcanzados con la metodología propuesta.

Liliana Avelar Sosa

Universidad Autónoma Ciudad de Juárez, México

Los aspectos regionales y su efecto en los beneficios financieros de las cadenas de suministro: caso de empresas manufactureras

Este trabajo hace un análisis de los aspectos regionales como la infraestructura, el apoyo gubernamental y la proximidad de mercado como elementos que afectan los beneficios en las cadenas de suministro, esto a través de la infraestructura regional y de los costos de los servicios logísticos. Los resultados del análisis se lograron mediante la modelación de ecuaciones estructurales para identificar y evaluar las relaciones existentes entre las variables incluidas, y de este modo encontrar la contribución sobre los beneficios financieros, particularmente en empresas manufactureras de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los resultados indican una contribución positiva y directa del gobierno sobre la infraestructura regional ($\beta = 0.23$), lo que significa que cuando el gobierno apoya la disponibilidad de terrenos, energía, transporte y telecomunicaciones se logra un cambio positivo en la infraestructura regional y por tanto en la agilidad de la cadena. Por otro lado, el gobierno influye positiva y directamente sobre los costos de los servicios ($\beta = 0.43$) ya sea aumentándolos o disminuyéndolos, por lo que también existe una influencia en la infraestructura regional. Esto sin duda debido a que es un factor sensible al desarrollo económico y depende de los costos asignados anticipadamente por el gobierno. Por su parte, la proximidad de mercado influye directa y positivamente sobre los costos y éstos a su vez en la agilidad de la cadena de suministro, lo cual significa que los beneficios financieros de las empresas dependen también de la cercanía del mercado destino a donde son enviados los productos manufacturados.

Pitu Mirchandani

Arizona State University, USA

Routing, logistic and management of recharging infrastructure for electric vehicles

There is much reason to believe that many individuals and organizations will transform their vehicles to ones that utilize alternative fuels which are more sustainable. The electric vehicle (EV) is a good candidate for this transformation, especially which “refuels” by exchanging its spent batteries with charged ones. Unfortunately,



although there is much research gone into technologies of EVs, little effort have gone into designing the battery charging-/ exchanging- infrastructure. This presentation discusses the issues that must be addressed, principally the issues related to the limited driving range of each electric vehicle's set of charged batteries and the possible detouring for battery exchanges. In particular, the talk will address the optimization and analysis of infrastructure design alternatives dealing with (1) the routing of vehicles from origins to destinations, (2) the optimum locations of battery-exchange stations, and (3) the recharging capacity and operations management of battery-exchange infrastructure. Some infrastructure design and optimization models, and some results, will be discussed in the presentation.

Héctor Hernán Toro Díaz

Evidera. Boston, USA

Análisis de costo – efectividad en generación de evidencia en salud

En las últimas décadas los sistemas de salud a nivel global han experimentado un acelerado crecimiento en el presupuesto total invertido en su funcionamiento. Los gobiernos o instituciones encargadas de pagar por los servicios de salud son cada día mas cuidadosos al momento de determinar si nuevos tratamientos médicos deberían hacer parte de los sistemas de cobertura en salud. En este panorama, la evaluación económica de tratamientos alternativos a aquellos de uso común en cada mercado se ha convertido en un requerimiento, adicional a la necesaria demostración de beneficios clínicos, con el propósito de determinar que cada unidad adicional de recursos monetarios invertidos por el sistema de salud tenga un retorno adecuado a las expectativas.

Esta conferencia se planea con carácter divulgativo, presentando una mirada global de los análisis de costo-efectividad como son usados de manera contemporánea en variados sistemas de salud a nivel mundial, e indicando los roles potenciales que los ingenieros industriales pueden tener en la conducción de proyectos de esta naturaleza.

Juan Guillermo Villegas Ramírez

Universidad de Antioquia, Colombia

Aplicación de la investigación operativa en educación: revisión y aplicaciones

Desde sus orígenes la investigación operativa (IO) ha sido aplicada a la educación. En particular, las áreas de mayor interés han sido: la planeación de recursos, la programación de actividades y la medición del desempeño. En esta charla se presenta una revisión de las técnicas y herramientas de la investigación operativa para apoyar la toma de decisiones en educación en los niveles estratégico, táctico y operativo. Así mismo, se ilustra la aplicación de IO en esta área a través de tres ejemplos reales. El primero de ellos utiliza simulación con dinámica de sistemas para predecir el número de estudiantes de un programa académico en desarrollo. El segundo está relacionado con la planeación de la planta profesoral de dicha unidad académica con base en las necesidades de cobertura de los diferentes cursos del currículo y de las preferencias de los profesores actuales. Finalmente, el tercer ejemplo utiliza análisis envolvente de datos para la medición del desempeño docente de los profesores de dicha unidad académica.



Luz-Dinora Vera-Acevedo

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

El análisis del ciclo de vida, una herramienta para la gestión sostenible de las empresas

El concepto de ciclo de vida está asociado con el análisis sistémico y holístico de materias primas y flujos de energía en los procesos y productos; tiene en cuenta las fases o etapas de extracción y procesamiento de las materias primas, producción, transporte, distribución, uso, reutilización, mantenimiento, reciclado y disposición final. La integración de todas las fases mencionadas es lo que se conoce como ciclo de vida del producto (de la cuna a la tumba).

El análisis de ciclo de vida (ACV) pone en evidencia el consumo energético de recursos, y la contaminación potencial, asociada al uso de materiales o recursos que no son parte del producto final y por lo tanto, se genera el riesgo de no ser considerado en los costos y en los presupuestos de las organizaciones.

Con el ACV se busca que los administradores consideren en la gestión de las organizaciones, los efectos ambientales de la producción en todas sus fases y, con el ACV desarrollen estrategias de eco-diseño y de producción eficiente y sostenible; estos efectos (“externalidades”) que en un análisis sistémico son considerados factores internos del proceso productivo de bienes y servicios, lo cuales requieren ser evaluados. Así, el calentamiento global, los gases de efecto invernadero, la acidificación, el smog, el agotamiento de la capa de ozono, la eutrofización, los contaminantes eco-toxicológicos y toxicológicos en humanos, la desertificación, el uso de la tierra, así como el agotamiento de los minerales y los combustibles fósiles, son categorías que se emplean en el ACV para identificar los daños a evaluar.

Al disminuir los costes de producción y operación, el ACV se considera como una herramienta de gestión que además apoya el proceso de desarrollo de estrategias medioambientales según las características de cada empresa, con la finalidad de generar valor disminuyendo los consumos energéticos y de materiales e incrementando el grado de competitividad de las organizaciones.

Con esta presentación se busca mostrar algunas aplicaciones del ACV en la administración para la gestión sostenible de las empresas. El ACV al permitir evaluar distintas alternativas de gestión de residuos y eco-diseño de productos y procesos se convierte en una herramienta de gestión que:

- Proporciona información sobre flujos de energía y características ambientales de productos y materiales.
- Permite la detección de necesidades de investigación y establece prioridades de actuación.
- Apoya el desarrollo sostenible de las organizaciones a partir de la elaboración y aplicación de legislación y políticas ambientales que sean a largo plazo, favorables en la reducción del riesgo ambiental asociado a los bienes y servicios de las empresas.
- Permite establecer criterios de valoración y diferenciación de productos en los programas de eco-etiquetado.

Claudia Cristina Rave Herrera

Fluir.D.Lab Laboratorio de Decisión, Colombia

Scheduling vs prioritization assessment for infrastructure public investment. Case study, regional road network of Antioquia, Colombia

Based on the case study of Antioquia State (for which the capital is Medellín city, Colombia), it is discussed how a scheduling instead of a prioritization approach for public-budget-allocation on infrastructure has proven to have a better technical, social and economic rationale as well as a much larger impact over spatial inequality reduction.

The questions of “where” and “how much” associated with a prioritization approach, will generally benefit the most populated, productive, important or otherwise highly valued parameters, mostly dependent on territorial differences. Thus, it drives and reinforces cycles of spatial development or deprivation over the territory. Planning by “when” and “how”, most closely related with scheduling, is one necessary task of development economies, required to enforce and guarantee access of every community to “operative” public-networked-services.



To illustrate: the 4-years-period (2012-2015) budget allocation policy for the Antioquia’s regional road network, were reengineered. Given a goal to intervene the entire network and not just parts of it, the planning process focused on the type, scope and schedule of road interventions. The resulting index of “equivalent transitivity”, turned from 15% (2011) to 85% (2015), achieved through a highly innovative process on aspects like alternative interventions and long term bidding processes.

Pablo César Manyoma Velásquez

Universidad del Valle, Colombia

La ingeniería industrial y la cosa social

Preguntas direccionadoras:

- ¿Las profesiones son prácticas sociales?
- ¿Es la Ingeniería Industrial una práctica social?
- ¿Cómo podrían incorporarse elementos fundamentales de las prácticas sociales?

Laura Lotero Vélez

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

Ciudad e industria. Retos y aproximaciones para el desarrollo sostenible

Las ciudades fueron consideradas, desde hace más de medio siglo, como un sistema compuesto de distintas entidades que interactúan entre sí. Sin embargo, se ha pasado de pensar en la ciudad en analogía con una máquina a una ciudad que funciona como un organismo, es decir, como un sistema complejo. Esta nueva visión plantea retos y requiere nuevos enfoques para planear, manejar y hacer sostenibles y competitivas las ciudades a futuro.

En esta conferencia se plantean algunas aproximaciones desde la ingeniería industrial, la planeación urbana y la complejidad a la ciudad, vista como un sistema complejo, y presenta algunas implicaciones y retos relacionados con el desarrollo sostenible de las mismas.

Jairo Alexander Lozano Moreno

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia

Waste-to-energy multi-feedstock systems as an integrated waste management strategy in Colombia (UrbanWtE)

Urban-WtE es una iniciativa financiada por el Centro para la Cooperación y Desarrollo de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza), cuyo principal objetivo es evaluar diferentes estrategias para la conversión de residuos urbanos en bioenergía bajo indicadores de sostenibilidad.

El estudio abarcará toda la cadena de abastecimiento; desde la identificación y valoración de los residuos, el diseño y optimización del sistema de recolección (separación en la fuente, recogida, infraestructura, transporte) y las tecnologías de conversión; combinando herramientas de Análisis de Ciclo de Vida con métodos rigurosos de optimización termo-económica con el fin de apoyar la toma de decisiones en la planificación de sistemas energéticos urbanos.

La meta es desarrollar una plataforma para fortalecer la relación universidad-empresa-estado consolidando los sistemas de conversión de residuos a bioenergía como una solución para los problemas de contaminación y del cambio climático.



RESÚMENES PONENCIAS

Jueves 17 de agosto, 10:30 – 11:50

▪ **JA-01: Auditorio Principal. Chair: Javier Arturo Orjuela**

Modelo VRP para frutas percederas en Última Milla

Trabajo No.067

Javier Arturo Orjuela-Castro¹, Camilo Adolfo Calderón González¹, Jessica Tolosa Ospina²

¹Universidad Nacional de Colombia, ²Universidad Distrital Francisco José de Caldas

La demanda de frutas frescas aumentan constantemente en el ámbito nacional e internacional, el sector frutícola en Colombia presenta ventajas al producir frutas en diversos pisos térmicos y variedades con características organolépticas superiores a las importadas. Bogotá se encuentra en un estadio crítico en logística y transporte, lo que deriva en altas pérdidas de frutas y altos costos en el transporte. En este contexto, una incorrecta planeación del ruteo genera largas distancias de transporte. Luego de una revisión del estado del arte en modelos de ruteo de vehículos en perecederos y una caracterización de la cadena de suministro de frutas (CSF) en su segmento final de distribución mayoristas-minoristas, se identificaron las variables, parámetros y limitaciones en el comportamiento de la CSF, a partir de lo cual se diseñó y validó un modelo VRP para la última milla, que permite una disminución de los costos y pérdidas de las frutas.

Asignación de vehículos para el problema de recolección y distribución de mora castilla (*Rubus Glaucus*) mediante programación entera mixta y ϵ -constraint method

Trabajo No.106

Rafael Tordecilla-Madera, Andrés Polo

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

El presente trabajo considera el problema de asignación de vehículos para la recolección y distribución de fruta para asociaciones de productores. En particular, se busca determinar la asignación óptima de vehículos para la recolección de fruta considerando la minimización del costo total de transporte y las emisiones de CO₂. El problema es de naturaleza multiobjetiva y dinámica, utilizada el ϵ -constraint method como técnica de solución para un modelo matemático de programación entera-mixta, el cual se ha probado utilizando el caso de estudio de la recolección y distribución de mora de castilla en el departamento de Cundinamarca. En particular, se han considerado diferentes escenarios relacionados con el nivel de oferta, la subcontratación de rutas. Los resultados obtenidos permiten asignar de manera más eficiente los vehículos usados para la recolección y distribución de fruta.

Heurística para el problema de ruteo de vehículos con entregas y recogidas tipo backhails en una empresa productora de alimentos

Trabajo No.107

Leydy Tatiana Narvaez, Stephania Vasquez

Universidad del Valle

El trabajo presenta un caso-estudio que aborda un problema de ruteo de vehículos con Backhaul, VRPB (Vehicule Routing Problem with Backhaul) la aplicación se realizó en una empresa de Cali para atender 90 clientes; con el objetivo de minimizar la distancia total recorrida se empleó un método híbrido que consiste en asignar primero y rutear después, la primera parte del modelo se utilizó el método de asignación generalizada propuesto por Fisher y Jaikumar para la asignación de clientes a rutas y como segundo se aplicó un algoritmo matemático por medio de una variante del modelo MTZ propuesto por Miller, Tucker y Zemlin para la solución de un TSPB y obtener el orden de las rutas; como resultado dio una mejora del 38,96% en distancias respecto a la metodología empírica usada actualmente por la empresa. Así mismo se evaluó el mejoramiento de la propuesta frente a la situación actual de la empresa a fin de verificar que las herramientas utilizadas sean de gran ayuda para la toma decisiones.



▪ **JA-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: Gloria López Orozco**

Ecosistema virtual colaborativo opción para el desarrollo de la PYME vallecaucana

Trabajo No.062

*Gloria López Orozco, Maritza Correa Valencia, Alexander Aragón Chamorro
Universidad Autónoma de Occidente*

El desarrollo PYME es una apuesta efectiva para el avance competitivo regional, ofertar una forma de acercarse al mercado y a los proveedores abaratando costos, compartiendo riesgos y garantizando la respuesta al consumidor final al menor costo posible, actualmente se convierte en una oportunidad de negocio mediante el uso del ecosistema virtual. Esta propuesta apoya la integración PYME a través de procesos de negocio basado en el principio de la empresa virtual, en la consolidación de redes de conocimiento capaces de responder como un solo ente organizado a las exigencias del mercado y de clientes, sin sobre-costos. Esta propuesta abarca la revisión del estado del arte contrastándola con la actualidad y aplicabilidad del término en el entorno de negocios en el Valle del Cauca. El objetivo fue evidenciar la brecha del conocimiento de la empresa virtual y las operaciones actuales en las PYME regionales.

Benchmarking empresarial logístico en el Valle del Cauca

Trabajo No.111

*Gloria Mercedes López Orozco, Valentina Restrepo Peláez
Universidad Autónoma de Occidente*

En el año 2000-2001 se hizo una primera recolección de información que vínculo empresas de diversos sectores para valorar el estado de la logística en las empresas del Valle de Cauca. En el año 2015-2016, se retomó la idea y se perfeccionó la documentación ampliando la cobertura temática y de empresas vinculadas al ejercicio, se aplicaron un total de 126 encuestas estructuradas para identificar no solo el estado de la logística en las empresas de la región, sino además el nivel de evolución que se presenta. Este estudio fue un ejercicio de información que permitió establecer la validez de temáticas académicas dentro del entorno empresarial y a su vez, el nivel de apropiación de principios operativos propios de empresas de clase mundial en las compañías vallecaucanas.

Taxonomía de necesidades logísticas en Santiago de Cali

Trabajo No.130

*Gloria M López Orozco, Katherine Becerra López, Ana Isabel Meneses Franco
Universidad Autónoma de Occidente*

Este estudio permitió establecer las condiciones de operación logística, de infraestructura y transporte de una muestra representativa de empresas, definiendo la brecha entre lo existente y lo que se espera tener y ejecutar en función de indicadores internacionales.

Para la obtención de estos resultados se partió del análisis del estado del arte, acción que permitió perfeccionar la herramienta de análisis y posteriormente se hizo una revisión en el entorno empresarial, gubernamental y gremial con tal herramienta. Este enfoque teórico práctico está inscrito en el diseño de un sistema de innovación logístico empresarial para el valle del Cauca.

▪ **JA-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: David Alejandro Rincón**

Modelo de programación lineal para la programación de producción sostenible en el sector agrícola (caso de estudio papaya)

Trabajo No.068

*David Alejandro Rincón Castro, Karen Yineth Niño Mora
Universidad Militar Nueva Granada*

El consumo indiscriminado de los recursos naturales de las últimas décadas, ha generado múltiples problemáticas, entre ellas, las de tipo ambiental. Como resultado, existe una necesidad de cambio en los enfoques productivos hacia unos que



sean sostenibles y sustentables. Colombia, por su vocación agrícola, debe optar por transformar sus técnicas convencionales de producción mediante métodos que permitan optimizar recursos y paralelamente, garantizar el cuidado del medio ambiente.

Este trabajo presenta un enfoque de programación lineal para la programación de producción bajo condiciones de sostenibilidad ambiental que limitan el uso de los recursos naturales y el impacto ambiental, producto del ejercicio de producción. Todo ello, basado en la norma Red de Agricultura Sostenible “RAS”. El modelo es evaluado mediante instancias de la literatura y un caso de estudio en Colombia para su validación y pertinencia como herramienta en la toma de decisiones en entornos reales.

Caracterización y evaluación de los canales de distribución de la cadena de suministro de la mora en Cundinamarca

Trabajo No.127

*Carolina Salcedo Acosta, Claudia Marcela Muñoz González, Catherine Ballesteros Gómez
Universidad Nacional de Colombia*

En este artículo se evalúa el sistema de medición del desempeño de los programas de asistencia social, tomando como caso de estudio el esquema de distribución de un programa estatal en Colombia denominado Bienestarina. Al tratarse de programas de tipo estatal, es fundamental que la medición del desempeño refleje de manera objetiva la realidad del sistema. Para ello, se parte de un análisis bibliográfico, con el objetivo de identificar las tendencias en sistemas de medición en cadenas de suministro y posteriormente, se evalúa su conveniencia de estos con respecto a las necesidades propias de las redes de asistencia social. A través del análisis de indicadores de Cobertura en los diferentes niveles de agregación (Nacional, Departamental y Municipal), se identifican las brechas con respecto a las necesidades reales de la población vulnerable para el caso de estudio.

Localización estratégica de plataformas logísticas agrícolas en Colombia mediante programación entera – mixta.

Trabajo No.113

*Rafael Tordecilla Madera, Andrés Polo
Fundación Universitaria Agraria de Colombia*

El presente trabajo ubica a nivel nacional y estratégico un conjunto de plataformas logísticas para el sector primario de alimentos. Tal ubicación incluye macrolocalización, asignación de municipios productores para envío de sus productos de manera agregada a las plataformas, asignación de municipios para recepción de productos desde estas y cálculo de las capacidades de las plataformas.

Esta investigación identifica las ubicaciones que minimizan los costos totales de transporte y localización, a través de un modelo de programación entera – mixta. Diversos escenarios fueron diseñados en los cuales se consideraron distintos valores posibles para las capacidades de las plataformas. Los resultados indican que el modelo tiende a ubicar un mayor número de plataformas de poca capacidad.

▪ JA-04: Auditorio 2 – Piso 3. Chair: Gloria Ramírez

Diseño piloto de un modelo integral para la producción de biodiesel a base de aceite usado de cocina bajo indicadores de sostenibilidad

Trabajo No.013

*Jairo Alexander Lozano Moreno, Luz Marina Flórez Pardo, Jorge Mauricio Escobar Sarria
Universidad Autónoma de Occidente*

El Aceite Usado de Cocina (AUC) no solo tiene implicaciones en la salud pública cuando es re-usado sino también en los gastos operacionales de las plantas de tratamiento de aguas residuales cuando este es vertido en el alcantarillado, y aún más grave si estos vertimientos alcanzan fuentes hídricas. El aprovechamiento del AUC para la producción de biodiesel se convierte en una alternativa para mitigar estos impactos e igualmente para diversificar la matriz energética del país.



La literatura ofrece diversos modelos para la recolección de AUC y su conversión en bioenergía. Sin embargo en Colombia no existen modelos que contemplen estrategias de cambio social.

El presente estudio presenta la estructura base que integra un módulo encargado de la recolección y abastecimiento de una planta de producción de biodiesel a base de AUC; con un módulo de apropiación social del conocimiento involucrando estrategias para el cambio en prácticas culturales que potencialicen la producción de bioenergía.

Biomasa forestal como recurso renovable. Oportunidades de mercado para Colombia

Trabajo No.024

Gloria Ramírez, Catherine Rincón, Juan Fernando Pérez

Universidad de Antioquia

Es evidente la demanda creciente de recursos energéticos, productos y servicios a causa del incremento de la población mundial. La principal fuente de energía es derivada de los combustibles fósiles, los cuales impactan de modo adverso el medio ambiente. Por esto, las políticas energéticas globales buscan reducir la dependencia de energéticos fósiles impulsando los recursos renovables. Dentro de estos recursos se destaca la biomasa forestal (madera), la cual integrada en conceptos de biorrefinería termoquímica permite obtener productos de valor agregado como energía, biocombustibles (gaseosos y sólidos) y bioproductos. Algunas especies forestales en Colombia poseen potencial como materia prima para biorrefinerías termoquímicas. En este trabajo se evalúan las oportunidades de mercado en cuanto a oferta y demanda de varios productos de biorrefinerías, destacando que tendrían mercado por satisfacer, impulsando el desarrollo del sector forestal-energético de modo sostenible.

Evaluación de diferentes estrategias de recolección de aceite usado de cocina para producir biodiesel en la ciudad de Cali

Trabajo No.042

Angie Benavides, Jairo Lozano

Universidad Autónoma de Occidente

El objetivo del proyecto es encontrar estrategias de recolección de aceite de cocina usado (ACU) para Cali, con el fin de utilizarlo como materia prima para la producción de biodiesel.

En la literatura revisada, se encontraron sesgos existentes en cuanto a factores cualitativos de las estrategias empleadas en otros países, se estructuró un modelo cualitativo para Cali de acuerdo su cultura ciudadana y disposición de las personas para depositar los residuos generados. Respecto a los aspectos cuantitativos, se determinó qué modelo de los encontrados posee características afines con el contexto de la ciudad; en ese sentido, se seleccionó un modelo de programación lineal entera mixta (MIP) formulado por Aksen, et al. “Selective and periodic inventory routing problem for waste vegetable oil collection”. Fue necesario ajustar determinadas restricciones del modelo, así como omitir parámetros que no se tendrían en cuenta, de acuerdo a las características de la ciudad.

Producción de biodiesel a partir de aceite comestible usado. Caso de estudio: ciudad de México, México

Trabajo No.074

Marco Gerald Osorio Meniz¹, Milton Alexander Londoño Roman²

¹Universidad César Vallejo, ²Universidad Del Valle

En los últimos años el consumo de energía se ha incrementado exponencialmente debido a sus diferentes usos indispensables en la vida cotidiana, y se está convirtiendo en un problema ambiental, económico y social, ya que los recursos fósiles, han venido presentado una disminución, que al transcurrir del tiempo serán escasos para las generaciones venideras. El transporte es el mayor consumidor de combustibles fósiles, siendo uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, generando grandes acumulaciones de este en la atmósfera, provocando aumentos en la temperatura y causando un fuerte cambio climático.

Este proyecto se enfoca en el sector transporte, ya que es el mayor consumidor o demandante de combustibles fósiles. A partir de allí se puede contribuir con el consumo de biocombustibles para el transporte, donde se logrará reducciones de gases de invernadero.



■ **JA-05: Sala Coworking. Chair: Gustavo Gatica**

Propuesta de un modelo de ruteo de vehículos considerando el impacto de las emisiones de CO2 para una empresa distribuidora de alimentos del Valle del Cauca

Trabajo No.009

Isabella López Salazar, Cristián Camilo Cano Abadía, Carlos Felipe Marmolejo Gomez, Victor Manuel Martínez López, Carlos Alberto Rojas Trejos

Universidad del Valle

A diario millones de kilogramos de dióxido de carbono (CO2) son emitidos a la atmósfera. Este es uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. En este sentido, las emisiones de CO2, las cuales están directamente relacionadas con el consumo de combustibles fósiles.

Para las organizaciones, considerar no sólo la minimización de los costos de las rutas sino también el impacto que tiene su actividad en el ambiente, se ve representado en un aumento en la competitividad, de esta manera tiene acceso a mercados más exigentes y restringidos.

Con este trabajo se pretende dar solución al problema de ruteo de vehículos mediante la modelación matemática, incorporando la Logística verde, con el fin de aportar a la optimización de los costos de las rutas a programar y la minimización del impacto ambiental por la cantidad de emisiones arrojadas a la atmósfera para una empresa distribuidora de alimentos del Valle del Cauca.

Un modelo de programación entera mixta, para localización y ruteo de reciclaje selectivo

Trabajo No.033

Gustavo Gatica^{1,2}, José Flores Carrasco¹, Rodrigo Linfati³, John Willmer Escobar⁴

¹Universidad Andres Bello, ²Universidad de Santiago de Chile, ³Universidad del Bío-Bío, ⁴Pontificia Universidad Javeriana Cali

La recolección de residuos es uno de los procesos más importantes en las principales urbes, su volumen actual obliga a los gobiernos, a establecer medidas eficientes para satisfacer la demanda de recolección. Se propone un modelo matemático basado en programación entera mixta, que permite resolver el problema de identificación de los centros de acopio, diversos tipos de contenedores por producto, día de recolección y ruteo a realizar, para ello se definen conjuntos de tipo de basura reciclable y tipos de contenedores por tipo de basura, que permiten dar flexibilidad al modelo, para cubrir apropiadamente la demanda estocástica del problema. Se valida con instancias obtenidas de Santiago Limpio. Los resultados son auspiciosos, se generaron demandas estocásticas, y se trabajó con una flota homogénea, el modelo y el algoritmo obtenga soluciones de calidad en bajo tiempo computacional, lo cual permite concluir que tanto el modelo como la implementación son escalables.

Evaluación y selección de rutas de vehículos de distribución en ciudades de montaña bajo una perspectiva sostenible

Trabajo No.039

Victor Fabio Suarez Chilma, Juan David Giraldo Otalvaro, William Sarache

Universidad Nacional de Colombia

Este trabajo presenta un modelo para la evaluación y selección de rutas de distribución en ciudades de montaña, el cual tiene como elementos de decisión la potencia requerida por el vehículo, el consumo de combustible y las emisiones de CO2, CH4 y NO2. Para ello se analizó el movimiento uniformemente acelerado y uniformemente rectilíneo del vehículo con base en el peso, la velocidad de desplazamiento y la inclinación de la vía, en diferentes configuraciones topográficas de una instancia de distribución. Los resultados mostraron el alto impacto de la pendiente en el consumo de energía del vehículo, que en trayectos inclinados puede ser más del doble que en terrenos llanos. También se determinó que la ruta más corta no fue la ruta con menor consumo de energía ni que la ruta más larga fuera la de mayor consumo. Lo anterior resalta la importancia de la topografía en la construcción de rutas de distribución que logren la reducción del consumo de combustible y las emisiones de los vehículos.



Jueves 17 de agosto, 12:00 – 13:20

▪ **JB-01: Auditorio Principal.** *Chair: David Barrera*

Modelo de optimización de rutas de suministro urbana con vehículos de carga homogénea

Trabajo No.112

Laura María Figueroa Arias, Oscar Palacio Leon, Oscar Yecid Buitrago Suescún.

Universidad Militar Nueva Granada

Este trabajo presenta un modelo metodológico para la optimización de rutas de suministro urbana con vehículos de carga homogénea. La originalidad del modelo estriba en tres elementos principales. La primera es que utiliza la unidad de carga eficiente como parámetro de diseño de la ruta. La segunda es que se sigue un enfoque deductivo, utilizando a priori un marco matemático definido. La tercera es que el modelo es de emisión, es decir, se genera el ciclo completo pedido-entrega-cobro a partir de un mecanismo ingenuo de preventa. En primer lugar, se realiza una revisión de la literatura para posicionar la investigación. A continuación, se presentan los principales elementos metodológicos usados, principalmente el procedimiento para el dimensionamiento de la capacidad efectiva de la flota y el método por medio del cual se define la ruta. Finalmente, los resultados de validación del modelo se presentan y discuten en forma crítica.

Programación de proyectos con recursos restringidos usando algoritmos evolutivos bajo un enfoque bi-objetivo

Trabajo No.124

Karen Niño and Santiago Chacón

Universidad Militar Nueva Granada

Este trabajo presenta el problema de programación de proyectos con recursos restringidos en un entorno bi-objetivo. Éste obedece a la necesidad actual que existe en los problemas reales de la industria para generar programaciones factibles enfocadas a minimizar más de un objetivo en torno a la calidad, costo y uso de recursos de los proyectos. El método propuesto es un algoritmo evolutivo para la secuenciación de actividades y asignación de recursos considerando el tiempo de terminación total del proyecto (C_{max}) y los tiempos de inicio ponderados totales (TWST) como objetivos a ser minimizados. Los resultados encontrados serán evaluados mediante experimentos computacionales con instancias de la literatura y otros algoritmos que han demostrado ser competitivos para este tipo de problemas.

GRASP como técnica de solución para el problema integrado de construcción de horarios y programación de personal, en entornos de actividades múltiples, considerando habilidades jerárquicas

Trabajo No.158

David Barrera, Carlos Montoya, Angie Caro, María Paula Cortes, María Fernanda Narváz

Pontificia Universidad Javeriana

El problema de construcción de horarios y programación de personal, en entornos de actividades múltiples, tiene como objetivo asignar el mínimo número de trabajadores necesarios para visitar un conjunto de clientes, geográficamente dispersos, con restricciones de horarios. En este contexto, debe decidirse qué trabajador atiende a cada cliente y en qué momento. Este trabajo propone una extensión, al modelamiento tradicional, que considere: i) las habilidades de los trabajadores de tipo jerárquicas, teniendo incidencia en el tiempo de servicio al cliente de acuerdo con el nivel de sus habilidades y ii) la programación de turnos conjuntos (Mañana, Tarde y Noche) como un problema integrado.

Para el modelamiento, se construye de un grafo dirigido sobre el que se resuelve un modelo de programación entera. Como técnica de solución, para instancias grandes, se propone el uso de GRASP. La calidad del método es probada usando un conjunto de instancias adaptadas de la literatura.



■ **JB-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: Liliana Avelar Sosa**

Gestión estratégica de proveedores como instrumento para el desarrollo sostenible y competitivo - caso de estudio industria astillera

Trabajo No.007

*Lina Díaz, Luis Alejandro Villegas Portocarrero
Cotecmar*

La gestión de proveedores ha ido tomando relevancia en las organizaciones, pasando de ser actividades aisladas a impactar en el resultado final. Hoy las empresas enfrentan presiones para hacer sus procesos más sostenibles y eficientes, y la sostenibilidad ha llegado a considerar actividad clave la gestión de la Cadena de Abastecimiento. COTECMAR para su competitividad, orienta estrategias encaminadas a optimizar su cadena bajo políticas de sostenibilidad. Para ello cuenta con un Sistema de Gestión de Proveedores, alineado a una metodología de mejora continua, de Búsqueda, Inscripción, Actualización, Evaluación y Desarrollo. Este trabajo describe el Programa de Desarrollo de Proveedores en su integralidad, la metodología para su diseño y priorización de acuerdo a las necesidades y retos de la industria astillera, y los impactos que genera como herramienta para garantizar un desarrollo sustentable de beneficios bidireccionales y asegurar las capacidades y recursos para los retos futuros.

El apoyo gubernamental y la proximidad del mercado como aspectos críticos para mejorar los beneficios financieros en cadenas de suministro

Trabajo No.008

*Liliana Avelar Sosa, Jorge L. García Alcaraz, José M. Mejía Muñoz, Aidé A. Maldonado Macías
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*

Este trabajo presenta los aspectos regionales y sus efectos sobre los beneficios en las cadenas de suministro a través de la infraestructura regional y de los costos de los servicios. El análisis utilizó modelación de ecuaciones estructurales para identificar y evaluar las relaciones existentes entre las variables para encontrar la contribución sobre los beneficios financieros, particularmente en empresas manufactureras de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los resultados indican una contribución positiva y directa del gobierno sobre la infraestructura regional ($\beta=0.23$), lo cual significa que cuando el gobierno apoya la disponibilidad de terrenos, energía, transporte y telecomunicaciones se logra un cambio positivo en la infraestructura regional. Así mismo, el gobierno influye sobre los costos de los servicios ($\beta=0.43$) y éstos a su vez en la infraestructura regional, debido esto a que es un factor sensible al desarrollo económico que depende de las decisiones anticipadas del gobierno.

Evaluación de las metas de infraestructura en la ejecución de los Planes de Desarrollo Territorial de Bogotá 2000-2020

Trabajo No.060

*Emmanuel Lara Abello, David Cruz Pineda
Universidad Nacional de Colombia*

Este trabajo tiene como objetivo la revisión los estados de ejecución de los planes de desarrollo territorial de la Ciudad de Bogotá desde el año 2000, adicionalmente se revisará el porcentaje de ejecución del plan de desarrollo vigente destacando las variables que han tenido impacto positivo en la competitividad en infraestructura de la ciudad. Las variables serán definidas de acuerdo a los objetivos en común de los Planes de Desarrollo con el fin de conocer que hizo falta y lo que hace falta por ejecutar mencionando las principales razones de incumplimiento de algunos objetivos; mediante la comparación cuantitativa de cada indicador en los diferentes años se pretende conocer el estado histórico de cada indicador para tener de referencia para planeaciones futuras. Finalmente se realizará una comparación con la ciudad más desarrollada del país, con el fin de mejorar la competitividad de la capital en cuanto a los indicadores mencionados.



■ **JB-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: Gloria Stella Barrera Arias**

Una propuesta de gestión y optimización para una cadena de suministro agroalimentaria del caribe colombiano

Trabajo No.035

Lina María Tapia Barrera¹, Arcelio Perez Simanca²

¹Universidad Pontificia Bolivariana, ²Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

El aumento de la producción de alimentos, bienes industriales y biocombustibles ejerce una fuerte presión sobre la agricultura y esto implica la búsqueda de la seguridad alimentaria y explotación sostenible de la tierra. El presente trabajo le apuesta al desarrollo de principios del Supply Chain Management (SCM) aplicados en el diseño de cadenas de suministro agroalimentarias. Por tanto, se escogió una cadena productiva del caribe colombiano y se caracterizó su sistema de producción y comercialización. Luego se desarrolló el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) en la definición de objetivos, metas e indicadores de gestión, que enlazan los procesos básicos de planeación, aprovisionamiento, producción, distribución, devoluciones y apoyo en la cadena. Posteriormente, se formuló un modelo de optimización para uno de esos procesos que permitió configurar una red de suministro y evaluar el beneficio del encadenamiento, logrando así un desarrollo metodológico innovador.

Propuesta para incrementar la eficiencia entre el eslabón productivo y de consumo del sector frutícola en el municipio de Viotá

Trabajo No.119

Gloria Stella Barrera Arias

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

Los alimentos constituyen la necesidad más básica del ser humano. La producción y el consumo son funciones que están espacialmente separadas. La producción tiene lugar generalmente en áreas rurales, mientras que el consumo se lleva a cabo principalmente en las áreas urbanas. En el Municipio de Viotá se identifica que los productores frutícolas tienen dificultades con la comercialización de sus productos porque las condiciones de precios, calidad y transporte son dispuestas por los intermediarios. Por lo anterior, es necesario hacer más eficiente la cadena de abastecimiento por medio de herramientas que mejoren los procesos logísticos de comercialización. Para este proyecto se realiza un análisis logístico de cosecha y postcosecha; y se elabora una herramienta tecnológica que permite relacionar a los productores y compradores finales para eliminar la mayor cantidad de intermediarios posible, mejorar procesos y promover un mercado más justo y libre.

Diseño de metodologías para el control, análisis y planeación de costos de los agricultores del municipio de Viotá

Trabajo No.122

Gloria Stella Barrera Arias

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

La agricultura constituye un renglón importante de la economía Colombiana, y gran parte de sus problemáticas radican en que tienen graves problemas estructurales en su actividad. En el Municipio de Viotá, al igual que en otros municipios del ámbito colombiano, se encuentra que los agricultores no poseen una estructura para el análisis de costos que les permita llevar la contabilidad, control y planeación de su negocio. Este proyecto diseña metodologías que permiten que los agricultores lleven una contabilidad, control y planeación de su negocio. La primera fase del proyecto comprende la caracterización y diagnóstico de las problemáticas actuales referentes al tema. La segunda parte comprende el diseño de metodologías para mejorar las técnicas actuales o implementarlas en caso de no tener registro de su contabilidad. Y la tercera parte, una experiencia de apropiación de conocimiento que les permita tener claridad sobre la contabilidad del negocio, indicadores y viabilidad del negocio.



■ **JB-04: Auditorio 2 – Piso 3. Chair: Pablo C. Manyoma**

Diseño de un aplicativo para optimizar la programación en salas de cirugía

Trabajo No.006

María José Noguera Avellaneda¹, Laura Reynales Pereira¹, Rabie Nait Abdallah¹, Julian Alberto Rojas Cepeda²

¹Pontificia Universidad Javeriana, ²Colsanitas

Una de las dificultades que enfrentan las clínicas es la demora en la asignación de salas de cirugía. Esta demora trae una consecuencia negativa tanto en la salud del paciente como en la institución prestadora del servicio.

El objetivo de este proyecto es diseñar un aplicativo que permita minimizar la tardanza en la programación y maximizar el número de días disponibles para lograr un mayor número de cirugías en un periodo de tiempo.

Se utiliza una situación de salas de cirugía de la clínica Colsanitas.

Se desarrollan dos métodos basados en heurísticas utilizando Visual Basics. A partir de estos métodos se logra reducir el tiempo en el que se completa la asignación de pacientes, pasando de 62 a 56 días, permitiendo programar 132 cirugías adicionales. Esto significa un aumento en la ocupación del 88% comparado con un 73 % del método convencional.

Ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos hospitalarios peligrosos considerando ventanas de tiempo

Trabajo No.061

Esteban Bueno, Andrés Murillo, Pablo Manyoma

Universidad del Valle

El trabajo de investigación desarrolla un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos hospitalarios peligrosos considerando las ventanas de tiempo para una empresa de servicio especial de aseo en Cali con el fin de minimizar la distancia recorrida. La empresa cuenta con un total de 28 clientes dispersos geográficamente y cada uno de ellos genera residuos hospitalarios con una peligrosidad asociada. Para dar solución a este caso, se escogió entre cuatro heurísticas el PFIH (Push Forward Insertion Heuristic) de Solomon donde se evidenció una mejora del 23% en distancia y un 13% en tiempo de rutas respecto a la metodología que usa actualmente la empresa. Adicionalmente, se estudió el comportamiento del PFIH en los escenarios de negociación de ventanas, variación de la velocidad, priorización de clientes en la recolección y la concentración de clientes según el grado de peligrosidad en un solo vehículo.

Programación de turnos de enfermeras en una clínica de Bogotá

Trabajo No.160

David Barrera, Ricardo Otero, Gabriel Velásquez, Vladislav Tajc, Juan David Zambrano

Pontificia Universidad Javeriana

El recurso humano de enfermería es esencial, en los servicios hospitalarios, debido su participación en los procesos de cuidado al paciente. En consecuencia, aspectos como el ausentismo y las elevadas cargas de trabajo pueden influir negativamente en la prestación del servicio. En este contexto, la programación de turnos de enfermería se convierte en un problema de interés. Sin embargo, en los hospitales locales, es común encontrar que esta tarea se haga manualmente. Como resultado, se consume más tiempo del deseable para obtener soluciones factibles pero de baja calidad.

Este trabajo estudia el proceso de programación de turnos de enfermería en una Clínica en Bogotá. Se propone la construcción de un grafo dirigido cuyos nodos representan los turnos del servicio. Adicionalmente, un arco representa la asignación de dos turnos consecutivos para la misma enfermera. Finalmente, se diseña un aplicativo que usa como base una heurística constructiva.



■ **JB-05: Sala Coworking. Chair: Vivian Lorena Chud Pantoja**

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en una empresa tipo PBO

Trabajo No.028

*Manuel Alejandro Giraldo, Andrés Mauricio Hualpa, Juan Pablo Zamora
Universidad de la Salle*

La investigación busca establecer estrategias de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las operaciones asociadas con la cadena de suministro de una empresa basada en proyectos (PBO) que realiza impermeabilización de superficies en el sector de la industria y la construcción. Se realiza el análisis de las operaciones en las que se utilizan equipos que generan consumos de energía eléctrica y combustible diesel. Se realiza el cálculo de las emisiones de efecto invernadero para el alcance 1 y 2 del Greenhouse Gas Protocol (GHG). Mediante una fase de diagnóstico, se identifica que la empresa emite en promedio 15 toneladas anuales de CO₂ a la atmósfera a partir de estos resultados se proponen estrategias alineadas a la meta de reducción de la huella de carbono en un 20%, establecida por el Gobierno Nacional en el marco del Acuerdo de París.

Green approach to suppliers selection in a Project-Based Organization (PBO)

Trabajo No.036

*Juan Pablo Zamora, Andrés Mauricio Hualpa, Cristina Peña
Universidad de la Salle*

The research objective is to establish a methodology for the suppliers selection with a green approach for a Project-Based Organization (PBO). A multi-criteria decision technique to improve the performance levels of the supply management system is applied. In this study, a methodology to identify and prioritize the factors related to sustainable conditions, raw materials, green processes, supply chain quality, capacity and service is proposed. It is expected that the methodology can be applicable to different types of companies as a guide for improving performance levels of supply chain, brand positioning in the market and the sustainability of business operations.

Medición de la sostenibilidad en gestión de cadenas de suministro

Trabajo No.103

*Juan Cogollo, Victor Garzón
Instituto Tecnológico Metropolitano*

El cuerpo de conocimiento de la Gestión de Cadenas de Suministro ha evolucionado integrando nuevos enfoques y conceptos que antes eran estudiados independientemente. El enfoque del Triple Balance (Triple Bottom Line) es uno de los modelos más destacados para el estudio de la sostenibilidad a nivel académico y empresarial, considerando tres áreas de desempeño: Económica, Social y Medioambiental. La sostenibilidad se ha convertido en un aspecto importante y estratégico para la mayoría de las organizaciones y sus cadenas de suministro, generando la necesidad de desarrollar sistemas de medición del desempeño adicionales a los tradicionales centrados en los resultados financieros. Por ello, en este trabajo se propone un sistema de medición del desempeño que permite el cálculo de un Índice de Sostenibilidad de la Cadena de Suministro y cuantificar el grado de cumplimiento de las metas y objetivos de sostenibilidad en cada una de las tres perspectivas (Económica, Social y Medioambiental).

Selección multicriterio de alternativas de logística inversa para la gestión de residuos sólidos urbanos

Trabajo No.134

*Vivian Lorena Chud Pantoja, Claudia Cecilia Peña Montoya, Claudia Cristina Bocanegra Herrera
Universidad Santiago de Cali*

Se ha evidenciado que los gobiernos están buscando estrategias para el aprovechamiento de los residuos urbanos evitando la disposición en rellenos sanitarios. Por tanto, es importante generar un análisis de las posibilidades que tienen dichos residuos para generar un valor agregado, de tal manera que pueda impactar la sostenibilidad de una ciudad. Se presenta el desarrollo de un modelo multicriterio que soporta el proceso de toma de decisión de alternativas de logística inversa que pueden implementarse en la gestión de residuos sólidos urbanos y que permite impactar la sostenibilidad de ciudad



colombiana. Aunque existen diferentes investigaciones que presentan alternativas de gestión de residuos sólidos, aquí se identifican los diferentes criterios económicos, sociales, ambientales y políticos bajo una mira de sostenibilidad urbana, se definen las alternativas de logística inversa para los residuos sólidos urbanos y se selecciona una alternativa que se ajuste al contexto de la ciudad.

Jueves 17 de agosto, 14:30 – 15:50

▪ **JC-01: Auditorio Principal. Chair: Frank Alexander Ballesteros Riveros**

Optimization proposal of the supply management on multiple projects in a PBO organization

Trabajo No.023

*Andres Felipe Ladino Cortes, Jair Eduardo Rocha Gonzalez, Juan Pablo Zamora
Universidad de La Salle*

The article presents the results of the investigation about a supply planning system for organizations that perform multiple projects simultaneously. For that, the research includes information about limitations of material capacity, budget and supplier material variety.

A review of applications of optimization techniques employed in supply operations in projects is presented. Later, a mixed – integer linear programming model is developed, whose results show an integral plan with valuable information for decision making in terms of material purchase, master production scheduling of orders and receptions and hoped levels of storage and shortage units, as well as the cash flow expected for the operation of the system with two civil engineering projects executed.

This way to manage supply planning and scheduling allows the organization develop coordinated operations for the execution of multiple projects with better levels of efficiency in the supply system described.

Modelo para la coordinación de sistemas de almacenamiento Cross Docking usando Redes de Petri

Trabajo No.071

*Santiago Chacon¹, Karen Yineth Niño Mora², Frank Alexander Ballesteros Riveros¹
Universidad Militar Nueva Granada*

El entorno competitivo en el que se desenvuelve el mundo actual, para sobresalir es necesario contar con una cadena de suministro más ágil y con costos bajos, entre ellos, el costo de inventario. El cross docking es una de las técnicas logísticas que permite reducir dicho costo, aumentando el flujo de mercancías y disminuyendo el ciclo de envío.

El principal problema que se tiene con el cross docking es la coordinación para la asignación de puertas de entrada y puertas de salida del inventario para reducir su tiempo de alistamiento y despacho. Como propuesta de solución, se presenta un modelo para la coordinación de sistemas de almacenamiento y asignación de recursos mediante el uso de Redes de Petri y los principios del RCPSP (Resource Constrained Project Scheduling Problem). La eficiencia computacional y la calidad de las soluciones derivadas del modelo son evaluadas mediante experimentos.

Modelo de simulación de un centro de distribución utilizando la estrategia cross-docking

Trabajo No.139

Pablo Alejandro Londoño Ramírez, Gheraldinne Paulette Cardona Valenzuela, Juan Sebastián Numpaque Cano, Juan Pablo Sánchez Pineda

Universidad Nacional de Colombia

La alta competitividad en la industria minorista hace necesario que las empresas mejoren continuamente sus estrategias de operación, optando por nuevos modelos de preparación de pedidos en sus Centros de Distribución (CEDI). Gran parte de la literatura sobre estos modelos y sobre el diseño de los CEDI se ha centrado en la optimización de los modelos de inventario y de la operación de preparación de pedidos (picking), hasta el punto en que existen modelos como el Cross-docking que buscan eliminar totalmente el almacenamiento. En este artículo se evalúa el modelado en FlexSim de la operación logística en un CEDI de una empresa colombiana que opta por hacer una transición hacia el Cross-docking. Las simulaciones permiten



observar los cambios dados por la variación en la manera de distribuir los recursos en el programa y permiten comparar la operación actual con la propuesta tomando como indicadores el On-Time y el In-Full.

Un enfoque de simulación – optimización para el diseño de políticas de ciclo compartido en sistemas de una bodega y N minoristas considerando múltiples productos con demanda estocástica

Trabajo No.157

David Barrera¹, Héctor López², Nicolás Chavarro¹, Iván Camelo¹, Santiago Atehortua¹

¹Pontificia Universidad Javeriana, ²Universidad del Norte

El diseño de políticas de ciclo compartido, en sistemas de una bodega y múltiples minoristas, ha sido estudiado en los últimos años por su aplicabilidad en diferentes sectores de la industria. Sin embargo, los trabajos se han concentrado en cadenas con un único producto y demanda determinística. Con el objeto de mejorar la posibilidad de impacto en sistemas reales, se estudia una extensión que considera múltiples productos cuya demanda puede ser modelada usando una función de densidad de probabilidad conocida.

Como técnica de solución, se propone incluir la variabilidad de la demanda en la fase de optimización. En consecuencia, se usa Simulación del Montecarlo para medir la calidad de las soluciones intermedias de una Meta heurística. Para probar la calidad del método fueron generadas instancias aleatorias en las que se varían el número de minoristas, productos y los parámetros de costo. Los resultados preliminares muestran potencial de impacto de la técnica diseñada.

■ **JC-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: Diego Fernando Manotas Duque**

Comercio Digital Integrado, CDI

Trabajo No.065

Leonardo Antonio Muñoz Muñoz

Fundación Transforma Vidas

El comercio electrónico, también conocido como e-commerce o bien negocios online, consiste en la venta y compra de productos o servicios a través de medios electrónicos, tales como Internet. Tradicionalmente se tienen ciclos de proveedor de bienes o servicios dependiendo de cada industria, así mismo ciclos de consumidores de estos. Se describe un ciclo de comercio digital, Inbound Marketing, usado por proveedores que están incursionando en el comercio digital de sus productos.

Se presenta un ciclo para compradores digitales, inédito, denominado Buying Digital y sus características funcionales. Se concibe un Ciclo Integrado de Comercio Digital compuesto por ciclos Inbound y Buying y relacionado por internet, sus medios, redes y contenidos. Se exponen recomendaciones que propenden por la implementación del comercio digital integrado como plataforma de interacción electrónica, que se orienta al fortalecimiento del uso de la TIC para las organizaciones en sus cadenas de suministros.

Alternativa para consideración del riesgo en la definición del nivel de inventario de repuestos: caso aplicado

Trabajo No.088

Nathaly Martínez Escobar¹, Juan Carlos Osorio Gómez²

¹Universidad Santiago de Cali, ²Universidad de Valle

En la gestión de la cadena de suministro un tema complejo es el control de inventarios, debido a los desajustes entre la oferta y la demanda. Dentro del control de inventarios se aborda el problema de las piezas de repuesto en donde, la disyuntiva es clara: por un lado, un gran número de piezas de repuesto ata a una gran cantidad de capital, mientras que muy poco inventario puede dar lugar a mal servicio al cliente o acciones de emergencia costosas. Por su parte se han desarrollado teorías sobre la gestión de inventario teniendo en cuenta el riesgo, proponiéndolo como mejora a la hora de tomar decisiones de inventario. Debido a la complejidad al abordar el riesgo, se presentan calificaciones subjetivas, las cuales se sugiere abordar de una forma diferente. Este documento presenta la aplicación de una herramienta que considera la subjetividad asociada a las evaluaciones cualitativas de riesgo en la gestión de Inventario de piezas de repuesto aplicada a una empresa manufacturera.



Modelo para la gestión de riesgo financiero en el proceso de abastecimiento internacional de una empresa ensambladora

Trabajo No.155

*Paola Gordillo Correa, Diego Fernando Manotas Duque, Stephanía Mosquera-López
Universidad del Valle*

En el presente trabajo se desarrolla un modelo para la medición y gestión de riesgo cambiario en el proceso de abastecimiento internacional de una empresa ensambladora. El primer paso en el desarrollo del trabajo fue la identificación y análisis de los factores de riesgo financiero a los que se expone la empresa en su proceso de abastecimiento. Posteriormente se desarrolló el modelo de medición incluyendo indicadores como el Valor en Riesgo – (Value at Risk VaR) – y la Pérdida Esperada en las Colas – (Expected Shortfall ES) -; así como modelos autorregresivos ARIMA, y modelos univariados de series de tiempo con varianza no constante como el modelo GARCH, con el objetivo de valorar el impacto financiero y contable de las estrategias de cobertura consideradas. El modelo desarrollado permitió evaluar las estrategias de cobertura utilizadas por la empresa en su proceso de abastecimiento.

▪ **JC-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: Angela María Mendoza Castro**

Diseño de una cadena de abastecimiento frutícola con un enfoque de sostenibilidad

Trabajo No.012

*Mayra Alejandra Arenas Ruiz, Leidy Tatiana Salazar Aguirre, Diego Leon Peña, Leonardo Rivera Cadavid
Universidad del Valle*

El Valle del Cauca cuenta con las condiciones para ser un fuerte actor en el subsector frutícola colombiano, esto demanda la articulación de procesos que conduzcan a una alta competitividad (González&Rojas; 2011), por esto, se incorpora a la CS el concepto de sostenibilidad, con el propósito de incrementar el desempeño de las organizaciones que participan en la cadena (Carter&Rogers; 2008).

Se estudia la cadena citrícola del centro de la región, que consta de tres eslabones. Se desarrolla una optimización multiobjetivo que considere los elementos de la sostenibilidad, para reducir los costos logísticos, los impactos ambientales en relación al ACV y en lo social, la seguridad alimentaria. El equilibrar la cadena en torno a los pilares, beneficia principalmente a un grupo de pequeños productores, con el fin de generar un valor añadido por sus productos (Buenas Prácticas Agrícolas BPA, 2002).

Análisis de robustez de una cadena de suministro para sector agroindustrial bajo condiciones de incertidumbre. Caso de estudio: cadena láctea

Trabajo No.040

Andrés Polo, Dairo Muñoz

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

La presente investigación busca analizar un caso de estudio de una cadena de suministros para productos lácteos. Este sistema, de distribución y producción, se ve afectado por interrupciones como oleadas invernales, daños de maquinaria en el sistema de producción y bloqueos en vías, que impactan la satisfacción de la demanda. El objetivo de la investigación es ver la robustez de la cadena de estudio ante las diferentes interrupciones que se presentan y que influyen en la utilidad del sistema y satisfacción de demanda de los productos contemplados. La investigación se divide en dos fases, la construcción del modelo matemático y el análisis de robustez. El modelo matemático permite simular la cadena de suministro y aplicar una metodología novedosa de robustez. Una vez realizado el análisis, se procede a realizar un plan de acción para la operación de la cadena de suministro, teniendo en cuenta la demanda existente y los niveles mínimos aceptables de demanda a satisfacer.



Diseño y aplicación de parámetros de industrialización en cocona, carambola y piña para promover su producción y consumo

Trabajo No.144

Angela María Mendoza Castro

Idea Calidad

La investigación ha logrado la determinación y aplicación de parámetros de producción para la obtención de un néctar mixto de cocona, carambola y piña con el objetivo de promover el consumo de las dos primeras frutas, producidas en la Selva del Perú y en consecuencia generar el desarrollo agroindustrial de la zona, fomentando el comercio justo y presentado una alternativa de cultivo de frutas para zonas en donde se ha erradicado la hoja de coca, pues las condiciones ambientales así lo permiten. La combinación de las frutas ha sido calculada en proporción adecuada para lograr la regulación de pH y evitar el pardeamiento y pérdida de valor comercial de la cocona, cuyo volumen de producción no resulta atractivo; más aún cuando no se han desarrollado mecanismos que prolonguen su vida útil y le añadan valor que fomente su consumo como materia prima en la industria alimentaria o como insumo para la elaboración de platillos de consumo diario en las familias peruanas.

▪ **JC-04: Auditorio 2 – Piso 3. Chair: Verónica Duque Uribe**

Perspectivas de la investigación en la gestión de cadenas de abastecimiento, gestión logística hospitalaria y desempeño sostenible: Una revisión de literatura

Trabajo No.021

Verónica Duque Uribe, William Sarache Castro

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

En la academia y en la práctica se reconoce la contribución de la gestión de las cadenas de abastecimiento y de la gestión logística al desempeño de las organizaciones. Sin embargo, el desempeño ha sido abordado escasamente desde una perspectiva que abarque de manera conjunta las dimensiones ambiental, social y económica o se ha centrado en una u otra dimensión. Por tal razón, mediante una revisión sistemática de literatura se identifican y discuten las principales tendencias en la gestión de cadenas de abastecimiento y en la gestión logística, desde una visión holística de la sostenibilidad y un enfoque en el sector hospitalario. Para ello, se realizó una búsqueda en la Web of Science y en Scopus. Así mismo, se utilizó la herramienta denominada Tree of Science que, basada en la teoría de grafos, realiza un análisis de redes de citas y facilita la selección de literatura relevante. Se concluye sobre diversos desafíos futuros de investigación.

La interacción entre la estructura de la cadena de suministro, los sistemas de seguimiento y trazabilidad y los procedimientos de acceso como elementos estratégicos en las redes de asistencia social. Caso Bienestarina, Colombia

Trabajo No.105

Feizar Javier Rueda Velasco^{1,2}, Johanna Fernanda Medina Cediel², Wilson Adarme Jaimes²

¹Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ²Universidad Nacional de Colombia

Las redes de asistencia social tienen como propósito la atención de requerimientos críticos en la población vulnerable. El programa estatal de Bienestarina, tiene como propósito contribuir con la seguridad alimentaria a través de la entrega de complementos alimentarios. Este trabajo describe la relación entre el alcance del programa y un conjunto de factores estratégicos tales como la estructura de la cadena de suministro, los procedimientos de acceso y los sistemas de seguimiento/trazabilidad

Para ello, se consideró la información real del flujo de carga, la georeferenciación de la infraestructura, la estimación de la demanda, los procedimientos de acceso y el alcance de las tecnologías de información y comunicación, con el fin de analizar sus debilidades y potencialidades. Se identificó que la sinergia entre los tres elementos estratégicos mencionados facilita o limita el acceso al programa, así como el correcto uso de los recursos públicos destinados para tal fin.



Análisis del concepto de cobertura en programas de transferencia directa de alimentos a poblaciones vulnerables. Caso Bienestarina, Colombia

Trabajo No.126

*Cristhian Amaya Galván, Angie Monsalve Salamanca, Wilson Adarme Jaimes
Universidad Nacional de Colombia*

En este artículo se evalúa el sistema de medición del desempeño de los programas de asistencia social, tomando como caso de estudio el esquema de distribución de un programa estatal en Colombia denominado Bienestarina. Al tratarse de programas de tipo estatal, es fundamental que la medición del desempeño refleje de manera objetiva la realidad del sistema. Para ello, se parte de un análisis bibliográfico, con el objetivo de identificar las tendencias en sistemas de medición en cadenas de suministro y posteriormente, se evalúa su conveniencia de estos con respecto a las necesidades propias de las redes de asistencia social. A través del análisis de indicadores de Cobertura en los diferentes niveles de agregación (Nacional, Departamental y Municipal), se identifican las brechas con respecto a las necesidades reales de la población vulnerable para el caso de estudio.

Caracterización y diagnóstico de la gestión logística en la prestación de servicios de atención médica domiciliaria en el Valle de Aburrá

Trabajo No.163

*Sebastián Cortes Zapata, Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez, Juan Sebastián Jaén Posada
Universidad de Antioquia*

Las instituciones que administran servicios de atención médica domiciliaria (HHC) deben tomar decisiones de planeación, ejecución y control de los procesos de prestación de servicios. En Colombia, la mayoría de las instituciones de HHC toma dichas decisiones de manera empírica y es poco el uso de métodos cuantitativos, generando la necesidad de caracterizar el grado de madurez en que se encuentran los procesos logísticos y de servicio de HHC. En este trabajo se realiza una caracterización y diagnóstico de la gestión logística de los proveedores de HHC en el Valle de Aburrá, Colombia. El diagnóstico se construyó mediante la aplicación de un modelo de madurez de capacidades logísticas en diez procesos de servicio y logísticos de HHC. Los resultados muestran un nivel de madurez de los procesos logísticos inferior a la madurez de los procesos de servicio. Lo anterior evidencia las necesidades de mejoramiento para los proveedores evaluados, que permitan intervenir efectivamente el servicio.

■ JC-05: Sala Coworking. Chair: Brigitte Delgado Aquite

Diseño de un modelo de caracterización de negocios potencialmente inclusivos

Trabajo No.011

Nicolas Lazo Rodriguez¹, Brigitte Delgado Aquite¹, Giovanna Fiorillo Obando¹, Héctor López Ospina², Gabriel Zambrano Rey¹, Pablo Guzman Rodriguez¹

¹Pontificia Universidad Javeriana, ²Universidad del Norte

La filosofía de negocios inclusivos nació como un modo eficaz para contribuir al desarrollo social y económico en comunidades vulnerables. Este artículo propone una metodología para evaluar los negocios inclusivos combinando criterios de producción y criterios relacionados con la Responsabilidad social empresarial (RSE), basada en la técnica TOPSIS hibridada con AHP. Para medir el alineamiento entre la RSE y la inclusión de los pequeños negocios, se utilizaron los indicadores ETHOS. La validación se hizo con pequeños negocios de confección en un área vulnerable de Bogotá; y para la empresa ancla, una gran superficie fue tomada como referencia. Los resultados mostraron que la metodología ayuda a identificar si un pequeño negocio está listo para ser incluido en una empresa de ancla, y también determina las áreas del pequeño negocio en las que se tiene que enfocar para lograr convertirse en un negocio inclusivo dentro de una cadena de suministro de una empresa ancla.



Responsabilidad social empresarial desde el consumidor

Trabajo No.044

Angelica Robayo, Sebastian Cifuentes
Universidad Santiago de Cali

La responsabilidad social empresarial (RSE) en las organizaciones se ha planteado como estrategia para el control, prevención y mitigación de potenciales consecuencias sociales, ambientales y económicas, producto de las actividades organizacionales. En el sector de alimentos, la RSE incide en la confianza y seguridad del consumidor. Partiendo de un enfoque hacia la satisfacción del cliente, el fin de este trabajo tiene objetivo detectar la percepción del consumidor en relación a criterios de RSE en el desarrollo de alimentos con contenido GM. Para tal fin, el estudio incluye la aplicación de una herramienta dirigida a un grupo de estudiantes universitarios en la ciudad de Cali. En una primera fase se ha desarrollado el pilotaje del instrumento encontrando resultados preliminares en cuanto a conocimiento e información del consumidor acerca del tema, confianza en el uso de etiquetas e impacto de los medios de comunicación en la difusión de la información.

Análisis de la accesibilidad espacial y temporal de las personas en condición de discapacidad al sistema de transporte urbano de la ciudad de Cali

Trabajo No.148

Luis Fernando Macea Mercado, Ana Cristina Hernández Quiroz, Carolina Benavides Ruiz
Pontificia Universidad Javeriana Cali

En la mayoría de ciudades latinoamericanas, la consideración de limitaciones de personas en condición de discapacidad ha sido una variable no tenida en cuenta dentro de la planificación de un sistema de transporte público sostenible, lo que ha afectado el disfrute de sus libertades debido a la discriminación. Con el objetivo de formular políticas que respondan a las necesidades de movilidad de este tipo de población, en este artículo se analizó la accesibilidad espacial y temporal de 5000 personas en condición de discapacidad al sistema de transporte público urbano en la ciudad de Cali. Para esto se localizó geográficamente la demanda de transporte, se correlacionó con la cobertura del sistema de la ciudad y se analizaron diversos indicadores de accesibilidad que orientan a implementar mejoras al sistema. Los resultados evidenciaron deficiencias en la planificación de rutas y bajos indicadores de accesibilidad como resultado de la inequidad con la que se debe planificar el transporte público.

Viernes 18 de agosto, 10:30 – 11:50

▪ VA-01: Auditorio Principal. Chair: Gloria Mercedes Lopez Orozco

Priorización multicriterio de embarques para un 3PL de servicios de transporte marítimo considerando el riesgo

Trabajo No.016

Juan Carlos Osorio¹, Diego Fernando Manotas Duque¹, Jorge Luis García Alcaraz²
¹Universidad del Valle, ²Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez

El transporte marítimo constituye uno de los principales soportes en el comercio internacional y la globalizado de las cadenas de suministro, siendo una actividad de importancia en todos sus eslabones. Así, una naviera opera como proveedor 3PL (tercera parte logística) en la cadena de suministro y debe ser integrada en la gestión de los riesgos de la misma. En este artículo se presenta una propuesta para priorizar los embarques de contenedores de acuerdo con la disponibilidad de los recursos (buques), donde se integran múltiples criterios de decisión, especialmente los asociados a riesgos. Los atributos se han integrado en un modelo compuesto de QFD difuso con TOPSIS y se valida en un caso de estudio de una compañía naviera internacional con información de su filial en Colombia.



Modelo para la identificación de barreras de operación en Comercio Internacional de importación

Trabajo No.135

Gloria Mercedes López Orozco, Rafael A. Muñoz Aguilar

Universidad Autónoma de Occidente

El trabajo desarrollado permitió establecer (i) los tiempos de operación para los ciclos que configuran la disponibilidad de carga origen destino vía terrestre, que se moviliza desde y hacia la bahía de Buenaventura utilizando el corredor Buenaventura-Cali-Buenaventura y las zonas de influencia según un modelo piloto establecido y (ii) las barreras de operación para los ciclos. Los ciclos establecidos corresponden a un análisis cuidadoso del estado del arte de las operaciones de importación desarrolladas por los puertos de la bahía de Buenaventura, corregido por expertos del sector. El modelo se aplicó a dos empresas representativas vallecaucanas para la importación de gráneles líquidos y mercancía contenedorizada. El resultado se configura como un parámetro de partida para las buenas prácticas empresariales articuladas a lo largo del encadenamiento empresarial generador de carga-transportador-importador, entre otros.

Análisis dinámico de las operaciones portuarias de carga general contenerizada para exportación

Trabajo No.145

Katherine Arango Romero¹, Maritza Correa Valencia², Victor Wladimir Díaz Quesada³, Jorge Andrick Parra Valencia⁴.

¹Ciamsa S.A., ²Universidad Autónoma de Occidente, ³Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura, ⁴Universidad Autónoma de Bucaramanga

Este trabajo identifica los elementos y establece relaciones entre las variables que componen el sistema de la cadena logística del transporte global que sirve al Puerto de Buenaventura, Colombia. Para el análisis se cuantificó la cantidad de contenedores movilizados diariamente para ingreso al Terminal Marítimo de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura, evaluando los procesos establecidos para recepción de carga con el fin de (1) promover el transporte de mercancías que cumplan los pilares de innovación, simplificación, calidad, eficiencia, sostenibilidad y actualización de marcos regulatorios y (2) evaluar la infraestructura actual como punto de referencia para proyectar la capacidad de respuesta a la atención de la demanda. Del estudio se obtuvo un modelo dinámico compuesto por los sub-modelos negociación, alistamiento de mercancía, alistamiento documental, transporte terrestre y ciclo de contenedor en el puerto, reflejados en un diagrama causal analizado en detalle.

■ VA-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: Oscar Palacio Leon

Modelo de gestión de flota de vehículos de carga urbana dirigida por la demanda

Trabajo No.089

Leidy Carolina Muñoz Suarez¹, Oscar Palacio León¹, Wilson Adarme Jaimes²

¹Universidad Militar Nueva Granada, ²Universidad Nacional de Colombia

Este trabajo presenta un modelo de gestión de flota explícito para el control de suministros urbanos de mercancías entre un proveedor y múltiples clientes. La originalidad del modelo está en tres elementos principales. La primera es que el perfil de ruta está fundamentado en la unidad de carga eficiente. La segunda es que el perfil de carga está soportado en la estrategia de gestión de la disponibilidad del inventario conjunto por el proveedor. La tercera es que el modelo de precios sigue un enfoque deductivo, utilizando a priori un marco matemático definido. En primer lugar, se realiza una revisión de la literatura para posicionar la investigación. A continuación, se presentan los principales elementos metodológicos usados, principalmente el procedimiento de generación del perfil de carga, método de definición de ruta y perfeccionamiento del baremo para la fijación de precios. Finalmente, los resultados de validación del modelo se presentan y discuten en forma crítica.



Distribución urbana de productos agrícolas orgánicos utilizando heurísticas de ruteo

Trabajo No.093

Maria Alejandra Covo Guzmán, José Sebastián Talero Chaparro, Carlos Alberto Bejarano Martínez and Erika Johanna Herrera Universidad Nacional de Colombia

La agricultura orgánica involucra para su desarrollo elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos que buscan reducir la dependencia de insumos externos de las fincas y proporcionar alimentos saludables a mercados altamente competitivos y exigentes. Por la naturaleza altamente perecedera de los alimentos orgánicos existe una problemática relacionada con el proceso de distribución, en donde cobra importancia la optimización de los tiempos de entrega de tal manera que se reduzca el tiempo entre la cosecha y el consumo, manteniendo la calidad del producto. Este trabajo busca mejorar el proceso de distribución a través de la utilización de métodos heurísticos para el diseño de las rutas de entrega a los clientes de la empresa Mahindra Finca Orgánica, ubicada en Guasca, Cundinamarca.

Caracterización de la distribución urbana de mercancías en Cali. Caso Troncal de Occidente

Trabajo No.108

Gloria Mercedes López Orozco, Johanna Quintero C, Luis G. Posada V Universidad Autónoma de Occidente

El proyecto de caracterización de la DUM en la troncal de occidente conjugo (i) el análisis de la normativa legal existente (nacional y regional) para la movilidad de carga por carretera, (ii) la influencia de la infraestructura en la movilidad, (iii) la caracterización vehicular y, (iv) el inventario de empresas de servicio logístico radicadas en la troncal con sus estrategias de distribución en un análisis multi-variable. Los resultados permitieron establecer una valoración de criticidad logística funcional de las empresas ubicadas en la troncal de occidente con respecto a la eficiencia de la distribución urbana. El proyecto se desarrolló en tres etapas, pasando de la revisión del estado del arte, al campo con la aplicación de herramientas normalizadas por el BID y con adaptaciones propias para generar los resultados.

▪ VA-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: Catherine Ballesteros Gómez

5s como metodología de gestión eficiente para el mejoramiento en el proceso de recolección de fresa, en el departamento de Cundinamarca, Colombia

Trabajo No.059

Juan Pablo Loaiza Ramírez, Jimmy Santiago Castro Villareal, Laura Janeth Cruz Aldana Universidad Nacional de Colombia

La industria de la fresa juega un papel importante en la producción agroindustrial del departamento de Cundinamarca. En el 2014, Cundinamarca participó con el 52,24% de la producción total nacional (22,869.39 toneladas). Ahora bien, en el proceso completo de producción, específicamente el proceso logístico de recolección, se han generado problemas por la manipulación del producto en condiciones antihigiénicas, el uso de recipientes que no cuentan con un plan de limpieza, y el detrimento de las condiciones fisicoquímicas del producto gracias a las constantes manipulaciones (vibraciones) y al cambio de recipientes. En este contexto, se conoce que la metodología de las 5S ha sido aplicada para resolver problemas de eficiencia, relacionados con desperdicios de tiempo y materias primas. De esta manera, esta investigación propone la metodología de las 5S como modelo de gestión eficiente para el mejoramiento del proceso de recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

Designing a framework for the development of fresh products traceability systems

Trabajo No.091

Mauricio Peña Acosta, Camilo Andrés Galvis Lara, Delio Alexander Balcázar Camacho, Angélica Patricia Parra Ladino, Hans Milos Toquica Cáceres Universidad Nacional de Colombia

On the management of fresh product supply chains (FPSC) increasing the visibility of processes through the application of traceability across the chain, is a key activity to identify disruptions and nonconformities of processes. However, current FPSC traceability literature presents opportunities to develop the conceptual framework for Fresh Produce Traceability (FPT)



initiatives including aspects related to technological advantages. Through the compilation and analysis of literature, this research presents a conceptual framework that accomplish the link between technical and technological requirements within particular aspects of FPSC for the development of FPT systems, adding a practical approach. This research is a result of the work carried out by the research group SEPRO in the framework of research projects in supply chains in the department of Cundinamarca.

Análisis del nivel de pérdidas de alimentos relacionado con el sistema de transporte utilizado en la cadena de suministro agroalimentaria.

Trabajo No.092

Catherine Ballesteros Gómez¹, Wilson Adarme Jaimes¹, Jesús González Feliú²

¹Universidad Nacional de Colombia, ²École des Mines de Saint-Étienne

En las últimas décadas, las cadenas de suministro alimentarias (CSA) han recibido especial atención debido a las alarmantes cifras de pérdidas y desperdicios de alimentos. De acuerdo a FAO (2011), anualmente en el mundo se pierden y desperdician 1.3 millones de ton. De alimentos, equivalentes al 33% de la oferta mundial de alimentos destinados al consumo humano. La situación para Colombia no es ajena, de acuerdo al DNP (2016), en el país se pierden y desperdician 9,76 millones de ton. De alimentos para el consumo humano. El presente trabajo de investigación se enfoca en evaluar las pérdidas de alimento presentadas en una CSA específica, la cual propone una metodología para la cuantificación basada en un análisis de flujo de materiales utilizando STAN. Los resultados obtenidos permiten identificar puntos críticos de la CSA en los cuales se presenta el mayor nivel de pérdidas, permitiendo proponer mejoras logísticas que propendan a la reducción de las pérdidas de alimentos.

▪ **VA-04: Auditorio 2 – Piso 3. Chair: Esteban Garzón Sánchez**

Formulación de un modelo de localización de centros de acopio y albergues para la atención de la población vulnerable ante inundaciones en el municipio de Tuluá Valle del Cauca

Trabajo No.026

Esteban Garzón Sánchez, Yerlin Dayana Alvarez Posada, Stefania Toro Morales, Carlos Alberto Rojas Trejos
Universidad del Valle

Uno de los municipios colombianos catalogados como zona crítica según el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) IDEAM por inundaciones súbitas es Tuluá, ubicada al suroccidente del país. La presencia de las inundaciones súbitas, genera impactos negativos a nivel estructural, físico y emocional de las personas.

Por lo tanto, la Logística Humanitaria tiene como función planificar, implementar y controlar de manera eficiente, el flujo y almacenamiento de materiales e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo, con el propósito de satisfacer las necesidades de los beneficiarios y aliviar el sufrimiento de la población vulnerable.

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como finalidad formular un modelo de optimización que contribuya a minimizar el tiempo de respuesta a la población vulnerable durante el post desastre; incluyendo limitaciones de capacidad de albergues y centros de acopio, cobertura de la población, entre otros.

Modelo de multi-localización de centros de distribución para una empresa de distribución de medicamentos en Colombia

Trabajo No.051

Oscar Mayorga Torres¹, Blanca Cecilia Torres Sotelo², Diego Fernando Sánchez Zambrano³

¹Universidad de La Salle, ²Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ³Universidad Santo Tomas de Aquino.

Colombia en términos de logística posee problemas en operación, costos y calidad del servicio generados por la calidad o poca infraestructura del país, incremento de la demanda, falta de TIC's y mala planificación de recursos disponibles. A lo anterior, se le suma los problemas logísticos de las empresas como la mala gestión de los actores y recursos; esto ha afectado directamente la promesa de servicio, altos costos e incumplimiento de los KPI's.



El presente trabajo de investigación muestra el Modelo de Multi Localización de Centros de Distribución para una Empresa de Distribución de Medicamentos en Colombia y cuyo objetivo se centró en establecer el número y la localización de los centros de distribución de medicamentos en Colombia para un portafolio de clientes. En el desarrollo se emplearon técnicas cuantitativas y estadísticas, la validación se realizó a través de herramientas computacionales.

Arquitectura para la trazabilidad y seguimiento de redes de asistencia social. Consideraciones preliminares para el diseño. Caso Bienestarina Colombia

Trabajo No.120

*Angie Monsalve Salamanca, Johanna Fernanda Medina Cediel, Feizar Javier Rueda Velasco
Universidad Nacional de Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas*

En los esfuerzos de asistencia social de largo plazo, tales como la entrega de alimentos y medicamentos a población vulnerable, la interacción con Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) constituye un factor crítico. Este artículo plantea las consideraciones para el diseño de sistemas de trazabilidad en este tipo de redes. Para ello, se desarrolla el caso del programa de asistencia alimentaria Bienestarina en Colombia, evaluando las diferencias entre los contextos empresariales y sociales con respecto a las necesidades de trazabilidad, los requerimientos de la demanda, las condiciones de cobertura y la disponibilidad de infraestructura tecnológica. Se encuentra imprescindible considerar factores geográficos y sociales de la población objetivo en la selección de herramientas tecnológica y que la inclusión de las TIC en todos los eslabones de la cadena, constituye un hito de desarrollo para mejorar el desempeño del programa, especialmente en la última milla.

▪ **VA-05: Sala Coworking. Chair: Diana Marcela Pérez Valencia**

Metodología para la caracterización de la operación de balanceo de Sistemas Públicos de Bicicletas. Comparación de dos casos de estudio: ECOBICI (México) – EnCicla (Colombia)

Trabajo No.014

Diana Marcela Pérez Valencia¹, Pablo Andrés Maya Duque¹, Miguel Ángel Arroyave Guerrero¹, Baxter Armando Gaviria Garzón², Mary Luz Gómez Martínez³

¹Universidad de Antioquia, ²Sistema de Bicicletas Públicas Encicla, ³Auteco S.A

La gran acogida que tienen los Sistemas de Bicicletas Públicos – SBP como nueva forma de movilidad urbana y componente articulador de los sistemas de transporte, hace necesario gestionar su demanda basada en el comportamiento y diseño de la red actual. Para ello, se propone una metodología para la caracterización de la operación de balanceo y se aplica a dos sistemas latinoamericanos diferentes. Podría decirse que EnCicla es un sistema pequeño (51 estaciones, 1.100 bicicletas) y poco denso (2,5 estaciones/Km²), mientras que ECOBICI representa un sistema grande (452 estaciones, 6.100 bicicletas) y denso (12,9 estaciones/Km²). A través del análisis de los datos, se llega a comprender que las características de la operación de los dos sistemas arroja resultados similares, lo que redundará en un mayor entendimiento de la operación de balanceo de diferentes SBP y que posibilitan la evaluación de políticas tendientes a mejorar las decisiones que se toman a nivel estratégico, táctico y operativo.

Diagnóstico de la Movilidad Urbana Sostenible en Suramérica y Posibles Aplicaciones en la Ciudad de Bogotá

Trabajo No.094

*María Alejandra Covo, Nicolás Eduardo Navarrete
Universidad Nacional de Colombia.*

La movilidad urbana sostenible nace de la preocupación por los problemas medioambientales y sociales que se presentan por el aumento poblacional y el uso de vehículos particulares, los cuales generan mayor congestión en las vías, contaminación y efectos en la salud y la calidad de vida de la población. El presente artículo tiene como propósito caracterizar los sistemas de movilidad urbana sostenibles en las principales ciudades de países suramericanos, identificando dónde se han implementado nuevos métodos y se han presentado soluciones frente a dichas problemáticas. La metodología



consta de una revisión de literatura y aplicación de herramientas de análisis de contenido, para poder comparar los planes de movilidad de las ciudades objeto de estudio y los resultados obtenidos, además de proponer sus posibles aplicaciones para el mejoramiento de la movilidad en Bogotá.

Simulación Monte Carlo para predecir el cambio de destinación de los inmuebles en Medellín mediante Cadenas de Markov

Trabajo No.079

*Julian Andres Castillo Grisales, Yony Fernando Ceballos, Elena Valentina Gutierrez Gutierrez
Universidad de Antioquia*

En Medellín, la destinación de los inmuebles define el tipo de uso principal y se categoriza en una escala de 1 a 10. Dichas destinaciones se utilizan para el cálculo del impuesto predial, por lo que este tipo de información es esencial para la sostenibilidad del municipio y la definición de políticas de planificación del territorio. La posibilidad de identificar correctamente en dónde se pueden generar cambios en las destinaciones de los inmuebles permite mantener actualizada la información catastral. En este trabajo se busca estimar en cuáles comunas de Medellín se presentan los mayores cambios de destinación de inmuebles, mediante el híbrido de Cadenas de Markov y simulación Monte Carlo. Las estimaciones se construyen con base en información histórica del catastro de Medellín del periodo 2004-2016, y permiten predecir futuros cambios de destinación. El resultado de este trabajo sirve como fuente de información para los procesos de actualización y conservación catastral del año 2017.

Viernes 18 de agosto, 12:00 – 13:20

▪ VB-01: Auditorio Principal. Chair: Frank Alexander Ballesteros Riveros

Propuesta de redistribución: bodegas de productos terminados, materias primas e insumos en una empresa de materias primas

Trabajo No.045

*Luis Eduardo Álvarez Acevedo, Raúl Antonio Díaz Pacheco
Universidad Nacional de Colombia*

Se describe la situación del área de Logística de una empresa para establecer si la distribución actual de sus bodegas es mejor que los escenarios planteados. Se identificaron los recursos, actividades realizadas, perfiles, flujos de productos y los costos reportados que tiene la empresa según el concepto de logística que aplican. Además, se presenta una propuesta de la empresa para construir un centro de distribución al interior de sus instalaciones y un Análisis Jerárquico (AHP) para establecer un escenario diferente al actual.

Se realizaron simulaciones de los escenarios con sus restricciones y cantidad de réplicas a realizar, la primera de la situación actual con su verificación contra el histórico, la segunda con la propuesta de redistribución de bodegas basado en el AHP y la tercera con la construcción de un centro de distribución al interior de la empresa. Por último, se estableció el uso de los recursos para cada escenario y basado en este se estableció la mejor distribución.

Análisis y simulación del proceso productivo en una empresa de repostería de la ciudad de Medellín.

Trabajo No.058

*Daniela Guerra Ocampo, Tatiana Carolina Echeverri Pérez, Luis Eduardo Gómez Suarez, Yony Fernando Ceballos
Universidad de Antioquia*

La simulación de procesos es una de las herramientas más empleadas en ingeniería industrial en la cual se puede representar un problema, realizar análisis acerca del comportamiento del mismo, implementar cambios e incluso realizar predicciones de futuros comportamientos. Para esta investigación se realizó un análisis detallado del proceso de elaboración de tortas con el fin de obtener un mínimo de unidades defectuosas. Este proceso se realiza una vez los moldes horneados se encuentran a una temperatura en la cual es posible su manipulación y se procede al desmolde manualmente. La torta puede



desintegrarse, afectando el cumplimiento de pedidos y se da un reproceso. Los resultados obtenidos muestran la necesidad de incrementar el número de operarios en procesos de desmolde y además se debe tener en cuenta una sección de enfriamiento y una nueva plataforma para desmolde, ya que la capacidad de almacenamiento de producto en espera para ser desmoldado genera problemas de manipulación.

Simulación del nivel de cumplimiento del proveedor y su influjo en la capacidad de almacenamiento del producto en una tienda de una cadena de retail

Trabajo No.140

Santiago Rojas, Angel Daza, Daniel Guerrero, Jimmy Castro

Universidad Nacional de Colombia

En las cadenas de Retail es común el uso del modelo logístico de Cross Docking, que intenta reducir la cantidad de inventarios y el costo que supone mantenerlos. Este modelo requiere mecanismos adecuados para un manejo eficiente de los inventarios. La investigación pretende mostrar los resultados de un experimento realizado a través de un software de simulación tomando como punto de partida el caso de una cadena de supermercados, cuyo modelo de reabastecimiento se basa en la clasificación ABC de los productos y en un método de punto de re-orden. El objetivo del experimento es estudiar el efecto de los niveles de cumplimiento de un proveedor en indicadores de entrega (On time-In Full), en la capacidad de almacenamiento que se fija en una tienda para un producto en una época de alta y baja demanda, de tal forma que se genere un ciclo en donde se complementen las órdenes de pedido con los productos de los proveedores para que en ningún momento el sistema productivo sufra de carencias.

Model for the control of inventories of perishables in restaurants buffet type of application

Trabajo No.142

Angelica Morales, Frank Ballesteros

Universidad Militar Nueva Granada

Finding the selling price of a product has become a difficult task for companies and restaurants in the gastronomic sector given that in recent months the fluctuation of raw material prices (meat, vegetables and fruits), wages and even increases in public services have caused an imbalance of this, in addition to this the lack of programming of transport costs, indirect labor and one of the most important the cost of storage of perishable products has generated losses and even the bankruptcy of many SMES for this reason seeks to develop a model that improves in a percentage the handling that is being given to the storage of this type of products to avoid overcharges due to lack of stock and waste. The model seeks to minimize the total cost of inventory of products that have minimum cycle time due to their perishable characteristics.

▪ **VB-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: Delio Alexander Balcázar Camacho**

Análisis envolvente de datos para medir el desempeño de los indicadores de una red de abastecimiento con logística inversa

Trabajo No.019

César David Ardila Gamboa, Frank Alexander Ballesteros Riveros

Universidad Militar Nueva Granada

El problema de selección de portafolios de proyectos se caracteriza por estar compuesto por un número de proyectos que superan la disponibilidad de recursos de la organización, y que plantea la necesidad de definir un conjunto de criterios de comparación que permitan evidenciar la bondad de cada proyecto y su impacto sobre la organización. En este trabajo se modeló este problema desde la perspectiva de la teoría de juegos, un enfoque que permitió ver éste como un juego estático con información completa, representando los proyectos como jugadores y solucionando el problema a través del valor de Shapley. Se desarrollaron dos aplicaciones de la propuesta, una para portafolios de proyectos privados y otra para portafolios de proyectos sociales y se logró evidenciar la bondad de la teoría de juegos en este tipo de decisiones, identificando las combinaciones de proyectos de mayor aporte a indicadores globales para cada tipo de portafolio.



Towards the development of conceptual framework to understand integrated logistics capabilities

Trabajo No.031

Delio Alexander Balcázar Camacho, Wilson Adarme Jaimes

Universidad Nacional de Colombia

In consequence with the evolution of social, economic and productive systems, the competitive environment has motivated a change in organizations' strategic planning to establish its position against market challenges. Several management paradigms have been analyzed by researchers to explain the way used by the organizations to achieve competitive advantages. Within supply chain context, logistics capabilities have been addressed by researchers to explain the way in which logistics activities can become in distinctive capabilities and induce the development of competitive advantages. In this context, integrated logistics capabilities represent the way used by organizations to set up shared resources and chain members' abilities to leverage the strategic and operative advantages. This research attempts to consolidate a conceptual framework that helps to understand the context and identification of integrated logistics capabilities in collaborative schemes between members of supply chain.

Modelo de coordinación de inventarios colaborativos soportado en criterios de productividad saludable

Trabajo No.101

Oscar Palacio Leon¹, Marianna Barrios León², Wilson Adarme Jaimes³

¹Universidad Militar Nueva Granada, ²Universidad de Carabobo, ³Universidad Nacional de Colombia

Este trabajo presenta un modelo alternativo de coordinación de inventarios para la integración vertical entre un proveedor y múltiples clientes. La originalidad del modelo estriba en tres elementos principales. La primera es que el nivel de servicio ofrecido sigue un enfoque deductivo, utilizando a priori un marco matemático definido. La segunda es que la estrategia de gestión de la disponibilidad del inventario conjunto está dirigida por el proveedor. La tercera es que el diseño metodológico empela un validador técnico-económico. En primer lugar, se realiza una revisión de la literatura para posicionar la investigación. A continuación, se presentan los principales elementos metodológicos usados, principalmente el procedimiento para valorar el impacto de la productividad saludable en el diseño de la unidad de carga eficiente y perfeccionamiento del baremo que soporta el método de negociación. Finalmente, los resultados de validación del modelo se presentan y discuten en forma crítica.

La gestión de la calidad en cadenas de suministro

Trabajo No.125

Juan Cogollo, Victor Garzón, Ana Restrepo

Instituto Tecnológico Metropolitano

La investigación de la Gestión de la calidad en empresas individuales es usual, pero existen brechas de conocimiento sobre cómo incorporar los requerimientos de calidad en el diseño y planeación de cadenas de suministro. Actualmente, las empresas y sus cadenas de suministro, buscan incursionar en nuevos modelos de calidad que permitan realizar la trazabilidad de los bienes y servicios, la información y las finanzas de las organizaciones, con el ánimo de integrar todos estos flujos interna y externamente, a fin de garantizar la disponibilidad de los recursos cuando sea necesario. Por ello, en este trabajo se desarrolla un modelo conceptual para la planeación de la gestión de la calidad en cadenas de suministro, identificando prácticas y procesos de coordinación e integración. Se muestran los resultados de la aplicación del modelo en una empresa del sector automotriz y otra del sector alimentos de la ciudad de Medellín.



▪ **VB-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: Gloria Stella Barrera Arias**

The Impact of the Structure of Fresh Food Supply Chains on Food Security

Trabajo No.066

Javier Arturo Orjuela-Castro, Wilson Adarme-Jaimes

Universidad Nacional de Colombia

The globalization has generated changes in world food consumption. Demand for healthy foods as fresh fruits and vegetables have increased. Researchers have studied the supply chains (SC) of perishable products from different perspectives. However, there are few studies that contemplate the dynamics and structure of the SC. We present a model based on system dynamics for SCs of fresh foods, which allowed an evaluation of different structures and their impact on food safety and security. Unlike the studies found in the literature, the model includes the loss derived from the life cycle of the food and from logistic operations. From the application of the model to three SCs of fresh fruits in Colombia, it was found that a combination of the structures is required to achieve performance measures for food safety and food security. However, the research also shows the presence of trade-offs between different aspects of food safety and security that requires different combinations of SCs.

Guidelines for the design of technological architectures in the context of fresh products supply chain

Trabajo No.070

Nestor Eliecer Manosalva, Jorge Martín Kanayet Pradilla, Jeisson Andres Prieto Velandia, Javier Fernando Garnica Molina and Delio Alexander Balcázar Camacho

Universidad Nacional de Colombia

The traceability of fresh products implies the development and application of new processes that uses and appropriates technological advances, based on the classical concepts of traceability to facilitate the tracking along supply chains. Technological advances allow the implementation of new measuring instruments, sensors and communication devices, by using those is it is possible to increase the visibility of processes and generate a greater volume of data that can be used to identify conditions that affect fresh products and which are not covered by traditional approaches of traceability. The development of these new systems of traceability implies the design of software and hardware architectures that allow its handling and integration. This research addresses these aspects, including data acquisition, storage, processing, analysis and presentation to the end user, through the consolidation and proposal of guidelines that presents alternatives to build and design this architectures.

Apropiación de conocimiento en mejores prácticas de seguridad y salud en el trabajo en los cultivos de café, mango y cítricos en el municipio de Viotá

Trabajo No.123

Gloria Stella Barrera Arias, Dairo Steven Muñoz Pinzón, Andrés Polo

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

La seguridad y salud de los colaboradores de una organización son factores fundamentales para la productividad. El campo es una organización en donde las condiciones laborales, los riesgos y los peligros a los que se encuentran expuestos los colaboradores son imperantes. Este proyecto, busca mejorar las condiciones laborales en los procesos logísticos de cosecha y post-cosecha través del diseño de guías metodológicas para la gestión y apropiación del conocimiento. El proyecto se desarrolla en dos etapas, en la primera se analizan las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores en los cultivos, lo que permite establecer las prácticas actuales de las fincas. En la segunda etapa, se analiza cada tipo de cultivo para establecer mejores prácticas y definir las metodologías de gestión y apropiación de conocimiento. Se realizan experiencias de apropiación con la comunidad, que permite a los productores tener mejores prácticas de gestión de la seguridad y salud laboral.



▪ **VB-04: Auditorio 1 – Piso 3. Chair: Ronald Akerman Ortiz**

Dinámica de violencia homicida en la ciudad de Medellín: Un modelo basado en agentes

Trabajo No.043

*Alexis Enrique Rodríguez Gutiérrez, Yony Fernando Ceballos, Daniel Anderson Soto Forero
Universidad de Antioquia*

Durante más de treinta años Medellín ha sido escenario de guerras sucesivas, involucrando carteles de la droga, milicias urbanas y paramilitares. Esto ha producido fluctuaciones preocupantes en la violencia homicida y, para el análisis de esta problemática social, es necesario entender las dinámicas propias del problema. La interpretación del fenómeno es un insumo indispensable para plantear estrategias de solución, pero dada su complejidad es difícil elegir políticas públicas adecuadas, pues experimentar en el mundo real implica riesgos sociales y económicos muy altos. En el presente trabajo se elabora un modelo de simulación basado en agentes que, empleando el concepto de distancia social y segregación, permite representar de manera cercana a la realidad la situación de violencia homicida en Medellín en el periodo 2008 al 2013 y servir como un entorno de aprendizaje a decisores de públicas en el área metropolitana.

Simulación del comportamiento humano en situaciones de emergencia bajo las políticas establecidas en el marco legal colombiano

Trabajo No.075

*Ronald Akerman Ortiz Garcia, Yony Fernando Ceballos, Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez
Universidad de Antioquia*

Durante eventos de emergencia en entornos laborales con altas densidades de población, es complejo determinar cuál será la reacción o de qué forma se comportarán las personas ante dicho evento. En este trabajo se busca evaluar el impacto del comportamiento de las personas en eventos de emergencia en centros de servicio, mediante un modelo de simulación basado en agentes que permite además evaluar políticas que mitiguen los impactos negativos que puedan existir en dichas situaciones, mediante el análisis de diferentes escenarios. El comportamiento de las personas es modelado mediante cuatro categorías: emergencia, comportamiento de las personas, eventos y entornos. El modelo es evaluado en un call center de una IPS de Medellín, considerando la norma colombiana en cuanto a seguridad laboral. El modelo permite establecer que la velocidad de evacuación depende de diversos factores, entre ellos el comportamiento de las personas en el evento de emergencia.

Toma de decisión multicriterio en entidades de intervención social

Trabajo No.121

*Diana Milena Henao Gaviria, Fernanda López Cárdenas, Vivian Lorena Chud Pantoja
Universidad Santiago de Cali*

Un banco de alimentos es una organización solidaria, que busca minimizar el desperdicio de alimentos, mediante la aplicación de operaciones de logística inversa para recuperar y aprovechar los excedentes alimenticios y distribuirlos entre la población más vulnerable. Un punto importante asociado a la gestión de estas organizaciones está relacionado con la definición de los beneficiarios, debido a que son más las solicitudes de afiliación que los apoyos con que se cuenta. Por tanto, se hace necesario priorizar esta actividad en función de múltiples criterios. Se presenta el resultado de la definición de los criterios relevantes asociados a los objetivos de la organización generados a partir de una propuesta metodológica implementada y la propuesta del modelo multicriterio que integra el AHP con TOPSIS con la cual se facilita el proceso de toma de decisión asociada a la afiliación de los beneficiarios, dando cumplimiento a los objetivos de intervención social de la organización.



▪ **VB-05: Sala Coworking. Chair: Rafael Arévalo Ascanio**

Emplazamiento de plataformas logísticas para la integración de la red férrea y carretera en los corredores de carga central y pacífica

Trabajo No.114

Rafael Arévalo Ascanio¹, Rafael Andrés Santofimio Rivera¹, Jair Eduardo Rocha González^{1,2}, Wilson Adarme Jaimes¹

¹Universidad Nacional de Colombia, ² Universidad de La Salle

Este artículo considera un problema de localización de instalaciones múltiples para la red de transporte intermodal en Colombia, para ello se analizó el transporte de carga desde las principales ciudades generadoras hasta los principales puertos del país, tanto en la región caribe (corredor central) como en la costa pacífica (Buenaventura); integrando dos modos de transporte, carretero y férreo. El modelo propuesto consiste en determinar la ubicación óptima de una serie de plataformas logísticas que garanticen un sistema de integración en estrategias de transporte para el país, en las cuales será posible prestar servicios a la carga, a las personas y a los vehículos. En este aspecto, se realiza un modelo de programación mixto entero con el objetivo de minimizar los costos totales de transporte de la nueva red intermodal, obteniendo resultados en los flujos y dejando como evidencia el potencial que tiene la integración del transporte intermodal para la competitividad del país.

Metodología para la implementación del cargue y descargue nocturno de mercancías

Trabajo No.098

Mauricio Peña Acosta, Sebastián Talero Chaparro

Universidad Nacional de Colombia

Las áreas urbanas que concentran empresas industriales o comerciales, representan un reto para la planeación logística de operaciones de cargue y descargue de mercancías. La cantidad de vehículos utilizados y la frecuencia para desarrollar estas operaciones, generan congestión vehicular, utilización inadecuada del espacio público y emisiones contaminantes. Alrededor del mundo se han implementado programas de entregas que pretenden aprovechar la capacidad vial disponible en las ciudades fuera de las horas pico como propuesta de solución a estas problemáticas. Este trabajo propone una metodológica para la puesta en marcha de un piloto de implementación de operaciones de cargue y descargue nocturno, teniendo en cuenta los factores clave para el éxito de la iniciativa identificados en la experiencia adquirida en el piloto desarrollado en la ciudad de Bogotá.

Uso de un modelo AHP en la evaluación de impactos de la implementación de plataformas logísticas fluviales sobre la cuenca del río Magdalena en la red intermodal de los corredores aledaños

Trabajo No.116

Rafael Andrés Santofimio Rivera¹, Rafael Arévalo Ascanio¹, Jair Eduardo Rocha Gonzalez^{1,2}, Wilson Adarme¹

¹Universidad Nacional de Colombia, ²Universidad de la Salle

En este artículo se evalúan los impactos socioeconómicos y requerimientos de infraestructura que tiene la implementación de plataformas logísticas localizadas sobre la cuenca del río Magdalena en el desarrollo de la red intermodal (Fluvial-Carretero) del país. Para esto, se analizan a través del modelo AHP o Proceso de Análisis Jerárquico una serie de factores que el Conpes 3547 Política Nacional Logística considera necesarios para el funcionamiento de dichas plataformas, obteniendo como resultados criterios de priorización en la implementación de estas instalaciones.

Las ubicaciones de las plataformas se definen con base en resultados de un estudio previo, el cual por medio de un modelo de programación mixto entero minimiza los costos del transporte de carga en Colombia integrando los modos carretero y fluvial. El estudio en mención obtuvo como resultados seis plataformas ubicadas sobre la rivera del Magdalena reduciendo significativamente el costo de transporte de carga.



Viernes 18 de agosto, 14:30 – 15:50

▪ VC-01: Auditorio Principal. Chair: Diego Quintero

Modelo para la toma de decisión sobre la conveniencia de aplicar Seis Sigma

Trabajo No.025

Juan Camilo García, Edgar Alirio Restrepo

Universidad Santiago de Cali

En las organizaciones de ámbito industrial o con procesos productivos, una de las opciones de sistemas de calidad implementados es la metodología Seis Sigma, sin embargo, los costos y la inversión de tiempo para aplicar la metodología son altos. El problema de implementar esta metodología nace del alto riesgo de incurrir en estos costos para llevarla a cabo y no lograr su desarrollo total; además, de que la metodología no sea la mejor alternativa para ciertos tipos de organizaciones. Esta propuesta de investigación tiene como objetivo crear una metodología que permita evidenciar, según el tipo de organización donde se aplique, la conveniencia de implementar Seis Sigma en términos de costos; y en el caso de aplicarse, hasta qué nivel de implementación se puede llegar en sus a nivel de procesos y no como metodología de transformación de negocio, logrando el mayor beneficio para la organización.

Factores críticos de éxito en las fases de entrega y operación de proyectos en la Industria de juegos de suerte y azar: una revisión

Trabajo No.032

Diego Quintero, Silvia Morales

Universidad de Antioquia

Los factores críticos de éxito en la gestión de proyectos han sido analizados tradicionalmente con un enfoque global, siendo escasos los estudios que exploran las particularidades de cada etapa de su ciclo de vida. El objetivo de este trabajo es identificar los factores críticos de éxito de las etapas de entrega y operación de un proyecto; teniendo como marco de referencia las empresas del sector de juegos de suerte y azar. A través de una revisión de literatura en las bases de datos Scopus y Science Direct se identificaron inicialmente 37 factores que pueden incidir en el éxito de un proyecto en las etapas de entrega y operación; de los cuales sólo 27 factores tendrían aplicación en el sector de interés. Finalmente, se sintetizaron los hallazgos en un modelo conformado por siete categorías: Eficiencia del proyecto, Realización de beneficios, Satisfacción de los interesados, Comunicación, Entorno estratégico del proyecto, Equipo del Proyecto y Entorno externo del proyecto.

Significant factors in the design of industrial real estate projects applying an adjusted general methodology

Trabajo No.096

Oscar Palacio Leon¹, Oscar Yecid Buitrago Suescún¹, Rodrigo Alberto Britto Agudelo²

¹Universidad Militar Nueva Granada, ²Universidad de los Andes

Logistics, as the integration link of the buyer-supplier echelons and its impact on the rational use of industrial facilities (especially of industrial buildings for the storage of finished products), gives special importance to the design of industrial real estate projects in order to reduce energy consumption, improve industrial safety, connectivity and comfort, keeping the service level and cost-effectiveness. Therefore, this paper presents a methodological model, based on the principles of the adjusted general methodology (AGM) for the construction of automation storage vessels and the design of experiments is performed to obtain the critical factors. The results show that the storage capacity is the most significant factor during the design stage.



Mejora en puntos de distribución de almacenes de cadena en Colombia mediante la evaluación de alternativas en la red logística

Trabajo No.102

*Jelitza Steele Parada, Camila Sanguino Díaz, Ricardo Bayona Ortiz, Melanny Contreras Robayo
Universidad Nacional de Colombia*

Logistics, as the integration link of the buyer-supplier echelons and its impact on the rational use of industrial facilities (especially of industrial buildings for the storage of finished products), gives special importance to the design of industrial real estate projects in order to reduce energy consumption, improve industrial safety, connectivity and comfort, keeping the service level and cost-effectiveness. Therefore, this paper presents a methodological model, based on the principles of the adjusted general methodology (AGM) for the construction of automation storage vessels and the design of experiments is performed to obtain the critical factors. The results show that the storage capacity is the most significant factor during the design stage.

▪ **VC-02: Auditorio 1 – Piso 2. Chair: William Sarache**

Strategofactory: Una herramienta informática para apoyar la formulación de la estrategia de manufactura

Trabajo No.022

*Ivan Dario Gomez Jimenez, Jorge Andres Viales, William Sarache
Universidad Nacional de Colombia*

El presente trabajo tiene como objetivo presentar el desarrollo y aplicación de una herramienta informática, denominada Strategofactory creada en lenguaje de programación Visual Basic. Esta permite valorar el nivel de madurez actual del sistema de producción a partir de: las prioridades competitivas, las palancas de fabricación y el rol estratégico de la manufactura. Adicionalmente, facilita la mejora del sistema a partir de la priorización de un portafolio de proyectos a través de un proceso de optimización estocástica.

Para evaluar la funcionalidad del Software, este fue aplicado en un total de 5 empresas de diferentes sectores. Terminado dicho proceso, los participantes evaluaron, a partir de una encuesta, sus bondades y su aplicabilidad. El análisis estadístico de los resultados mostro que, además del valor proactivo y teórico de la herramienta, es necesario mejorar la fluidez y el proceso de ingreso de datos; ello para garantizar una buena experiencia por parte de los usuarios.

Forecasting methodology for production planning under the postponement strategy

Trabajo No.038

*Iván Darío Gómez Jiménez, Rafael Henao, William Sarache.
Universidad Nacional de Colombia*

Postponement has been a concept widely discussed in the literature. However, there are still gaps regarding production planning. The supply process downstream of the decoupling point and the supply and production process upstream depend on precise planning, making it an important topic. Hence, a forecasting methodology has been designed, which obtains its results from the weighting of the aggregated and disaggregated forecasts of sales and the representativeness of each references of the families products at decoupling point.

To validate the methodology functionality, it was applied in 112 references of a company of the metalworking sector that has implemented the postponement strategy. In addition, it was compared with 5 traditional forecast models, and a method based on mathematical space changes (Discrete Fourier Transform and phasor transformation). Finally, 43.75% of the products had better results from the proposed methodology which represent 69.84% of total sales.



Revisión e intervención del proceso de validación de suministros para nuevos clientes en la cadena de abastecimiento de agregados en Concretos Argos S.A.

Trabajo No.087

Lady Rodas¹, Jhonatan Antonio Hoyos Chaverra¹, Gaby Paola Hincapié Mejía².

¹Universidad de Antioquia, ²Concretos Argos S.A.

La misión del área es garantizar el suministro de materiales requeridos por nuevos clientes. Por tanto, el fin del presente proyecto fue recocer cuáles son los proveedores y clientes de cada zona del país, e identificar las posibles conexiones de origen-destino entre ambos eslabones de la cadena de abastecimiento.

Se encontró que el problema de no contar con la selección del proveedor óptimo en un tiempo limitado, recaía en el cálculo del flete. Por tanto, como solución al problema, se planteó realizar un formulario para ejecutar el cálculo de fletes, utilizando las herramientas Excel, Visual Basic for Applications y Google Earth.

En consecuencia, la función de la solución desarrollada es servir de apoyo al área para tomar la decisión, ¿cuál proveedor es óptimo? El formulario se divide en tres fases: la primera, calcular el flete (cualquier origen-destino); la segunda, comparar diversos fletes y seleccionar el proveedor óptimo y, por último, calcular el costo total.

Viabilidad de la implementación de un HUB para cadenas de suministro de mayoristas

Trabajo No.153

Diego Alejandro Vega Vega, Laura Jimena Duarte Báez, Vilma Estefanía Tapias Benítez, Gustavo Adolfo Vanegas Blanco
Universidad Nacional de Colombia

Este estudio evalúa dos escenarios en los cuales un vendedor mayorista de todo tipo de productos necesita abastecer sus tiendas minoristas en la ciudad de Bogotá. Para poder evaluar el desempeño de la red logística, se desarrolló una simulación Anylogic que representa la movilidad en la ciudad de estudio, la ubicación de los centros de suministro (3), la ubicación de un Hub (1) y los clientes o minoristas (23). Adicionalmente, se simula la movilidad de los camiones transportadores teniendo en cuenta la velocidad promedio de movilidad en autopistas y calles en Bogotá. Se desarrollaron dos modelos, el primero de ellos en donde los centros de suministro abastecen a los clientes directamente, y el segundo donde el Hub actúa como intermediario para abastecer a los clientes con los distintos tipos de suministros. Las medidas de desempeño establecidas sirven de referente para poder tomar una decisión respecto al escenario adecuado que permita minimizar los costos de la cadena de suministro.

■ VC-03: Auditorio 2 – Piso 2. Chair: David Barrera

Propuesta de localización de centros de acopio temporales en la cadena de suministros de productos lácteos en Antioquia

Trabajo No.138

Maria Camila Morán Alarcón, Laura Catalina Osorio Castro

Universidad Nacional de Colombia

La leche y sus derivados son unos de los productos que se ven mayormente afectados por el atraso tecnológico en transporte y almacenamiento de la cadena de frío en Colombia. Antioquia produce cerca de 3,5 millones de litros diarios de leche, considerándose la región con mayor volumen de producción.

Con el fin de aumentar las exportaciones del país, se busca reducir los niveles de pérdida del producto, principalmente los generados cuando el producto debe ser almacenado en caso de no poder ser procesado o transportado inmediatamente. Para esto, se analiza la localización e instalación de centros de acopio dinámicos en la región, evaluando las ubicaciones actuales de las zonas ganaderas de leche, los centros de procesamiento y sus demandas, además de las épocas del año donde es mayor la producción. Posteriormente se evalúa la inversión a hacer por cada centro de acopio, la ubicación y su viabilidad económica.



Esquema de incentivos económicos para la logística colaborativa de transporte urbano de productos agrícolas

Trabajo No.141

*Andrés Enrique Herrera Duarte, Juan Pablo Castellón Torres, Wilson Adarme Jaimés
Universidad Nacional de Colombia*

Con el objetivo de evaluar los efectos de la colaboración en la cadena de suministro a través de incentivos económicos, se desarrolla la presente investigación soportada en la modelación computacional de los beneficios percibidos por distribuidores y minoristas de una cadena de suministro agroalimentaria en el contexto de la logística urbana. Se toma como referencia una caracterización de centros minoristas de distribución de productos agrícolas frescos ubicados Bogotá, se modelan escenarios dónde la disposición y colaboración efectiva de los actores se considera como un factor condicionante de éxito. Se calculan los resultados económicos en la gestión de la cadena de distribución en función de rutas de distribución y la gestión de inventarios de cada uno. Finalmente se provee un esquema de incentivos que motivan a los actores a construir colaborativamente el diseño e implementación exitosa de redes de distribución para su cadena de suministro.

Diseño de una técnica de solución para la distribución y recolección de productos e insumos, en una empresa productora de lácteos

Trabajo No.159

*David Barrera, Carlos Montoya, Juan Fernando Cuellar, Manuela Noreña, Moisés Zambrano
Pontificia Universidad Javeriana*

Este trabajo estudia el proceso de distribución en una empresa nacional de productos lácteos. En particular, se concentra en la entrega de productos a los centros de distribución y la recolección, en los mismos, de material secundario de empaque. Debido a la naturaleza del producto transportado, debe garantizarse que el material de empaque usado no esté almacenado, de manera simultánea, con el producto final en camión. En consecuencia, se propone el modelamiento del sistema como un VRPB (Vehicle Routing Problem whit Backhauls).

Como técnica de solución, se propone el uso de una heurística constructiva y la mejora de la misma usando una búsqueda local. Los resultados preliminares muestran potencial de impacto de la técnica en la mejora de las rutas actuales de la empresa.

■ VC-04: Auditorio 1 – Piso 3. Chair: Juan Pablo Orejuela Cabrera

Ruteo de buses escolares con tiempos dependientes

Trabajo No.027

Juan Pablo Orejuela Cabrera¹, William Ariel Sarache Castro²

¹Universidad del Valle, ²Universidad Nacional de Colombia

Los buses escolares son uno de los principales causantes de la congestión que se presenta en las mañanas, estos afectan el tráfico y a su vez se ven afectados por el mismo (Rhoulac, 2005). La duración de los recorridos se ve afectada por la congestión, generando que estos cambien en el tiempo, tiempo- dependiente. El presente documento tiene como objetivo introducir de manera explícita en el problema del ruteo de buses escolares el efecto de los tiempos dependientes. En ese sentido se desarrolla un modelo matemático de programación lineal entera mixta, este se implementó en AMPL® y fue resuelto a través del servidor Neos Server, usando el solver cplexamp.

Uno de los principales resultado observados es que al no permitir que se hagan esperas en los nodos, diferentes a las del tiempo de atención planeado por nodo, genera que el modelo corra la hora de salida e incurra en tiempos de desplazamiento más largos para poder llegar en la ventana de tiempo.



Modelo lean Six Sigma para el mejoramiento continuo en el sector educativo

Trabajo No.029

David Rodrigo Guerrero Moreno, Claudia Cristina Bocanegra Herrera
Universidad Santiago de Cali

La calidad de los programas y servicios ofrecidos en las instituciones de educación superior a nivel mundial y nacional es imperante y casi que obligatoria debido a la exigencia de la comunidad educativa, la competencia y la globalización. Las instituciones de educación superior en Colombia que propenden por la mejora continua, en el marco de la acreditación de alta calidad institucional, pueden apoyarse en filosofías como Six Sigma y Lean Manufacturing para potenciar las posibilidades de obtener servicios de excelente calidad, procesos más efectivos, eficientes y económicos, que han sido algunos de los beneficios que estas filosofías han obtenido en diferentes industrias y sectores de la economía. Se hace necesario presentar y divulgar un modelo Lean Six Sigma que integre sistemáticamente estas dos metodologías y que establezca técnicas y herramientas propias para la mejora de los servicios ofrecidos en el sector educativo.

Beer Game (BG)

Trabajo No.076

Cesar Jaramillo
MICROMUNDOS

BEER GAME. (BG) El trabajo describe el uso del conocido juego serio llamado Beer Game, originado por Forrester y Sterman del MIT, para gestionar de manera constructivista y sistémica, conocimientos relacionados con la Administración de la Cadena de Suministro. Luego de un repaso de las Competencias del Pensador Sistémico, de las Cinco disciplinas de Senge y de las Leyes de la Naturaleza Sistémica, se usa la versión más popular: El Beer Game Doble Demora, y luego se sigue con las otras versiones: Demora Sencilla, BG Sincronizado, (DBR), BG Estacionario, BG con Cross Docking, BG con Risk Pool, y simulaciones discretas con demora sencilla y doble demora. Las prácticas con éstos ocho micromundos permiten aprender una amplia gama de conocimientos relacionados con las Cadenas de Suministro. Dentro de la clasificación de Lee, (2001), el Beer Game pertenece a las cadenas Eficientes, Productos funcionales y Procesos Estables.

¿Se puede medir de una forma más sencilla a las Universidades? Propuesta de simplificación del modelo de evaluación de la Calidad de la Educación Universitaria en Colombia

Trabajo No.097

Alejandra Elguedo Pallares¹, Victoria Diago Orozco¹, Bulmaro A Fuentes Morales¹, Patricia B Marquez Rodriguez²
¹Universidad Autónoma del Caribe, ²Universidad del Norte

El Modelo de evaluación institucional del Consejo Nacional de Acreditación se focaliza en el cumplimiento de objetivos asociados a la formación integral, el desarrollo y la transmisión del conocimiento y la contribución a la formación de profesionales y consolidación de las comunidades académicas, entre otros temas más. En este contexto, quienes concurren en la responsabilidad de implementar este Modelo, invariablemente señalan que la tarea no es fácil y siempre surge la pregunta de cuál es el impacto real del modelo en el desempeño académico de la Universidad, en pruebas como SABER PRO, porque resulta necesario enfatizar el vínculo entre pertinencia, calidad e impacto social y algo muy simple "como se logra eso". En este sentido, el presente trabajo evalúa la relación entre la forma en que se implementan los sistemas de gestión de la calidad Universitarios y los resultados académicos que estas alcanzan, analizando el 100% de las Universidades de la cd. De Barranquilla y área Metropolitana.



IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones, CIIO 2017

“La Ingeniería Industrial y la Gestión de Cadenas de Abastecimiento para el Desarrollo Sostenible”

Agosto 17 y 18 de 2017. Medellín. Colombia.



TRABAJOS COMPLETOS

DISEÑO DE UN APLICATIVO PARA OPTIMIZAR LA PROGRAMACIÓN EN SALAS DE CIRUGÍA

María José Noguera Avellaneda, Laura Reynales Pereira,

Rabie Nait-Abdallah, Julián Alberto Rojas Cepeda

Pontificia Universidad Javeriana

noguera-m@javeriana.edu.co, lreynales@javeriana.edu.co,
rnait-abdallah@javeriana.edu.co, juarojas@colsanitas.com

Resumen

La demora en la asignación de salas de cirugía puede llegar a afectar significativamente los procesos de las entidades de salud. El siguiente trabajo estudia una situación de salas de cirugía de la clínica Colsanitas en la que se deben programar 1240 cirugías de 37 especialidades, en 9 salas en un periodo de 2 meses.

Para la resolución del problema, se plantea como objetivo diseñar un aplicativo que permita minimizar la tardanza en la programación y maximizar el número de días disponibles, con el fin de lograr realizar un mayor número de cirugías en un periodo de tiempo. Por tanto, se desarrollan una heurística y una meta-heurística con los que se reduce el tiempo en el que se completa la asignación de pacientes, se genera un aumento del 15% en la ocupación de las salas, y se optimiza el uso de los recursos.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación de operaciones es de gran utilidad en el área de la salud ya que puede mejorar la productividad en las organizaciones, generando un impacto positivo en los pacientes. Existen diversos escenarios donde ésta se puede aplicar: hospitalario, entidades prestadoras de salud, consulta privada, entre otros.

A nivel intrahospitalario, uno de los principales inconvenientes se presenta en la programación de procedimientos quirúrgicos, donde existe una gran demanda del servicio por parte del usuario y una oferta limitada de cupos. Esta limitación se debe a que existe un número restringido de médicos, equipos y salas de cirugía. La prontitud en la programación quirúrgica puede llegar a influir en la salud del paciente, lo cual exige agotar todos los recursos y herramientas disponibles para optimizar la programación en las salas de cirugía.

Para la aplicación de este modelo se utilizó un caso de la clínica de Colsanitas en el que se debía disminuir los tiempos de programación en salas de cirugía. Se obtuvo información por parte de la clínica de un número de cirugías que deberían programarse en un periodo de dos meses.

Los objetivos del proyecto son:

1. Minimizar la tardanza en la programación.
2. Maximizar el número de días disponibles en cada sala, de tal forma que se asigne el mayor número posible de cirugías en el horizonte de programación.

Para la solución del problema, se realizó una revisión bibliográfica de cómo se han abordado este tipo de problemáticas y que tipo de métodos son comunes en la resolución de los mismos.

Generalmente, estas problemáticas se resuelven por medio de dos tipos de métodos, las metaheurísticas y las reglas de despacho.

A continuación, se presentan algunas metaheurísticas utilizadas en la literatura como método de solución.

[1],[2],[5] y [11] describen que la programación se puede realizar utilizando la metaheurística de recocido simulado “Simulated annealing”. Este método hace referencia a una metaheurística la cual enfrenta problemas de optimización global en donde el objetivo es evadir los óptimos locales en un espacio de búsqueda considerable, con el fin de acercarse al óptimo global del problema.

[4] y [6] estudiaron la metaheurística de búsqueda tabú en la cual se utilizan estructuras de memoria y movimientos tabú (prohibidos) para encontrar soluciones de alta calidad, y en por [4] y [10] se propone solucionar el problema por medio de un algoritmo genético.

Por otro lado, la utilización de reglas de despacho en la programación ha alcanzado buenos resultados en estudios previos. [7] y [8] describen el impacto de la regla de despacho LPT la cual busca minimizar el tiempo total de proceso y la regla SPT la cual busca minimizar el tiempo de flujo del proceso.

Para el caso de la clínica de Colsanitas, se desarrolló una primera solución basada en las reglas de despacho y posteriormente se complementó con la metaheurística Particle Swarm Optimization (PSO). Estos dos métodos se desarrollarán a continuación.

2. MÉTODOS

Se analizaron las siguientes variables para establecer el método a seguir.

VARIABLES:

1. Número limitado de salas de cirugía
2. La capacidad de la sala está limitada a una cirugía a la vez
3. Variación en el tiempo asignado de sala según la especialidad de la cirugía
4. Tiempo de adecuación de la sala de acuerdo a la especialidad de la cirugía

La información obtenida corresponde a 1240 cirugías de 37 especialidades, que se deben programar en 9 salas en un periodo máximo de 2 meses.

La forma de asignación de las salas por parte de la institución no fue informada para evitar cualquier tipo de sesgo. En el desarrollo del proyecto se decidió la utilización de dos métodos complementarios (Reglas de despacho y PSO) buscando mejorar los resultados. El objetivo de realizar dos métodos se basa en que con el primero, se pretende encontrar una buena solución inicial factible y con el segundo, se pretende mejorar sustancialmente la solución encontrada previamente.

2.1. Método 1: Heurística basada en reglas de despacho

El primer método se realizó mediante una heurística intuitiva, en el que se utilizan técnicas lógicas sencillas para resolver el problema. Se efectuaron tres ordenamientos de la información basados en las reglas de despacho:

- El primer ordenamiento fue de carácter lexicográfico, en donde se agruparon las cirugías de la misma especialidad.
- El segundo orden fue basado en la regla de despacho LPT (Longest Processing Time) en donde se organizan las cirugías de mayor a menor tiempo de duración.
- Por último, el tercer ordenamiento se realizó mediante la regla EDD (Earliest Due Date), es decir de menor a mayor fecha deseada.



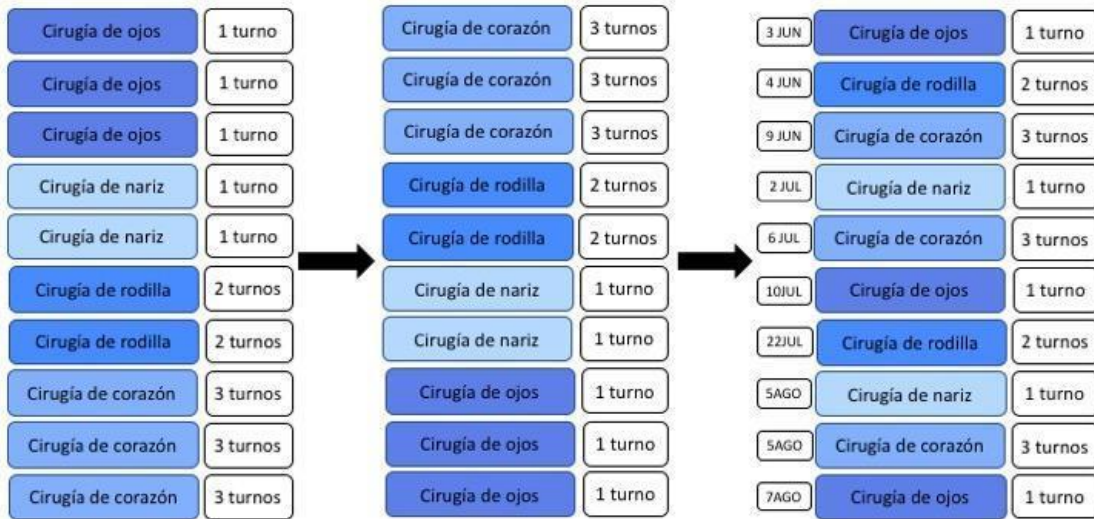


Figura 1. En la primera columna se presenta el ordenamiento por especialidades, en la segunda columna el ordenamiento según la duración del procedimiento quirúrgico y en la tercera columna el ordenamiento final por fecha deseada..

Las cirugías se asignan a las salas disponibles manteniendo el orden ya establecido, buscando que una sala atienda principalmente una misma especialidad y en caso de que haber periodos libres en las salas, se asignan cirugías sin programar en esos espacios. Este método permite que se utilice la sala de forma más eficiente, reduciendo el número de veces que se debe adecuar la sala.

2.2. Método 2: Particle Swarm Optimization

En el segundo método se utilizó una meta-heurística llamada PSO (Particle Swarm Optimization) enjambre de partículas, que parte de la solución obtenida en el primer método. Se trata de un conjunto de estrategias ya establecidas que buscan encontrar soluciones muy buenas que se acerquen al óptimo. Este método funciona por medio de partículas que se mueven por el espacio explorando diferentes soluciones del problema; las partículas tienen memoria y se comunican entre sí, lo que permite que compartan información y logren encontrar una solución muy buena cerca al óptimo global. [9]

Como se explicó previamente, el método uno, basado en las reglas de despacho, crea una solución inicial en donde se determina las cirugías que se van a realizar en un determinado día y sala. Esta asignación de cirugías en determinadas salas se mantiene igual durante el desarrollo del PSO, mientras que la asignación de cirugías a un determinado día, si cambia. Este cambio se explicará a continuación.

Para la implementación del PSO se utiliza un vector de codificación entera vectorial en el cual se encuentran únicamente los días que pertenecen al horizonte de planeación (desde el 7/1/15 hasta el

8/31/15, en total 62 días). Para mayor entendimiento se ilustra el siguiente ejemplo.

Día 1 01/07/2015	Día 2 02/07/2015	Día 3 03/07/2015	Día 62 31/08/2015
----------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------

Figura 2. La figura representa el vector días.

En el método 1 (reglas de despacho), se asignaron las cirugías que se debían hacer cada día como se muestra a continuación:

Día 1 01/07/2015	Día 2 02/07/2015	Día 3 03/07/2015	Día 62 31/08/2015
Asignación 1	Asignación 2	Asignación 3	Asignación 4

Figura 3. La figura representa la solución hallada en el primer método, donde “asignación” se refiere a un grupo de cirugías que se realizan en unas determinadas salas.

A partir de esta solución, el PSO cambia aleatoriamente el día en que se deben realizar ciertas cirugías y evalúa las diferentes combinaciones día-asignación, buscando la que más favorezca la función objetivo.

Día 3 03/07/2015	Día 1 01/07/2015	Día 62 31/08/2015	Día 2 02/07/2015
Asignación 1	Asignación 2	Asignación 3	Asignación 4

Figura 4. La figura representa la solución después de implementar el PSO, donde se evidencian los cambios en los días.

Para entender más de cerca el problema, se presenta el funcionamiento del PSO en detalle para el cambio de un solo día. Inicialmente, con el método 1 se establece que en el día 2, se deben realizar tres cirugías de corazón y una de rodilla en la sala 1. Al aplicar el PSO, esas mismas cirugías pasan a ser realizadas el día 15 en vez del día 2.

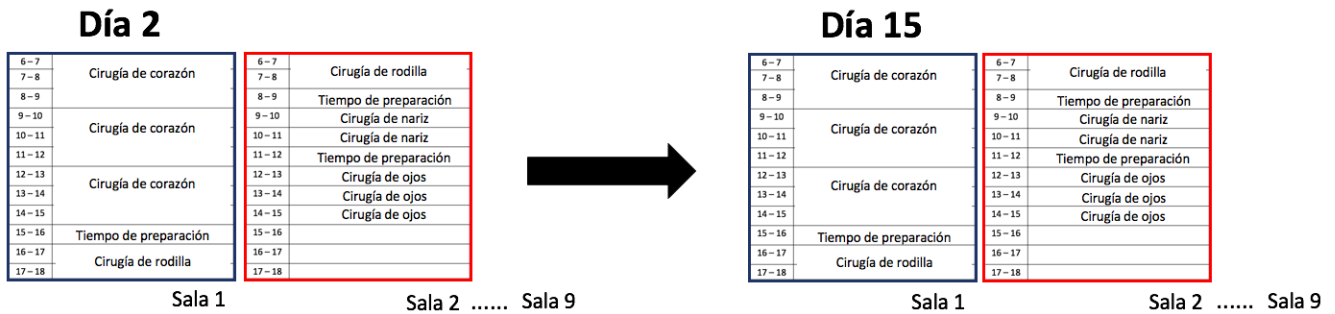


Figura 5. La figura representa la aplicación del PSO para el cambio de un solo día.

Para cada combinación el modelo evalúa el resultado y actualiza la mejor solución. Algo característico de esta meta-heurística es que no se detiene en un óptimo local, es decir, aunque se encuentre una solución buena, continúa buscando una solución aún mejor para así acercarse al óptimo.

A continuación se muestra como trabajan los dos métodos en complemento:

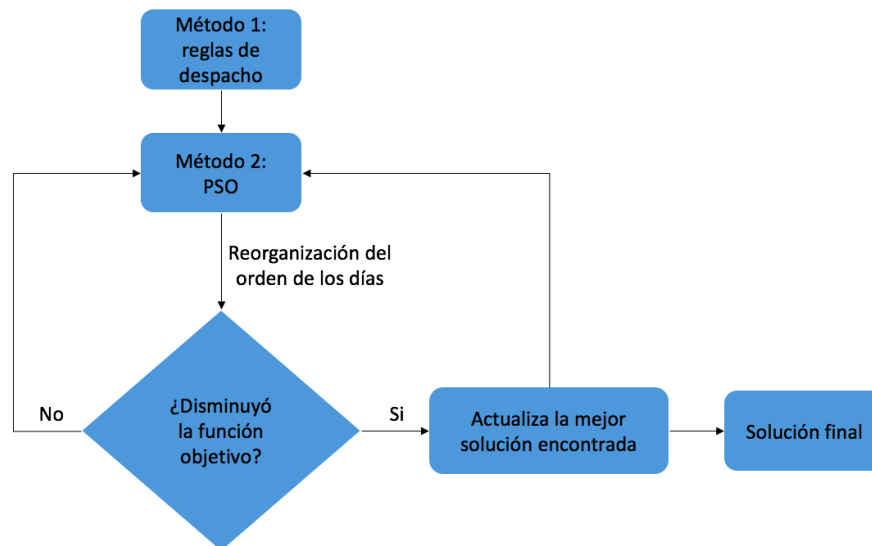


Figura 6. La figura representa la combinación de los dos métodos.

3. RESULTADOS

Para la evaluación de resultados se utilizó el indicador de cantidad total de días programados con cirugías, teniendo como referente que en la solución de Colsanitas se utilizaban 62 días.

Al implementar únicamente el método 1, la cantidad de días requeridos para completar la programación se redujo a 59 días. Esto significa un aumento del 5,4% en la capacidad de atención permitiendo programar 66 cirugías adicionales.

Con el método 2 se redujo a 56 días para completar la programación, permitiendo programar 132 cirugías adicionales con un aumento del 10,6% en la capacidad de atención.

4. ANÁLISIS

Antes de la implementación, Colsanitas tenía una ocupación promedio del 73% de las salas y una oportunidad de programar las cirugías entre 4 a 6 meses. Con la implementación del aplicativo, se

obtuvo un aumento del 88% en la ocupación y una oportunidad de programar las cirugías entre 3 a 4 meses. Este aumento en la ocupación se debe principalmente a la reducción de tiempo entre cirugías al agruparlas por especialización, ya que disminuye el número de veces que se debe preparar la sala.

La mejora permitió, además, reducir los tiempos de procesamiento, ya que antes de la implementación del programa la asignación de cirugías se realizaba manualmente por dos personas utilizando como criterio principal la experiencia, aumentando riesgo de error, con el agravante de una gran dificultad para detectar los espacios libres. Con la nueva propuesta solo se necesita una persona por dos horas diarias para esta tarea.

5. CONCLUSIONES

Con el caso real de la clínica de Colsanitas, es posible comprobar que el problema en la programación de cirugías puede ser resuelto por medio de métodos compuestos, utilizando reglas de despacho y meta-heurísticas de búsqueda local. Estos métodos son herramientas útiles para optimizar, tanto el makespan y la tardanza del problema, como también el uso de los recursos de la empresa.

Mediante los resultados obtenidos a través de los métodos mencionados previamente, se evidencia que la optimización de operaciones es una herramienta que facilita la toma de decisiones en las empresas. La implementación de este tipo de aplicativos en la solución de problemas significa un ahorro de tiempo, recursos y optimización de los procesos en cualquier tipo de empresa y como en este caso en el área de la salud. Una buena optimización en los procesos permite que las empresas sean capaces de ofrecer un servicio de mayor calidad y grado de satisfacción de los clientes, lo cual es un factor fundamental para las organizaciones.

Referencias

1. Beliën J, Demeulemeester E. Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy. *European Journal of Operational Research*. 2007; 176 (2): 1185-1204.
2. Beliën J, Demeulemeester E, Cardoen B. A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives. *Journal of Scheduling*. 2009; 12 (2): 147-161.
3. Estupiñán AM, Torres MJ, Caro MP, González-Neira EM, Barrera D, Pérez N, et al. Reglas de despacho en la programación de procedimientos quirúrgicos electivos: impacto en los indicadores de ocupación y oportunidad. *Rev Cienc Salud*. 2016;14(2):211-21. doi: dx.doi.org/10.12804/revsalud14.02.2016.06
4. Fei H, Meskens N, Chu C, editors. An operating theatre planning and scheduling problem in the case of a block scheduling strategy. *IEEE*; 2006.

5. Hans E, Wullink G, Van Houdenhoven M, Kazemier G. Robust surgery loading. *European Journal of Operational Research*. 2008; 185 (3): 1038-1050.
6. Hsu VN, de Matta R, Lee CY. Scheduling patients in an ambulatory surgical center. *Naval Research Logistics (NRL)*. 2003; 50 (3): 218-238.
7. Lawrence S. Heuristic, optimal, static, and dynamic schedules when processing times are uncertain. 1997
8. Pinedo ML. *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*. Springer Science & Business Media. 2012.
9. Poli R, Kennedy J, Blackwell T. *Particle Swarm Optimization*. Springer Science & Business Media. 2007.
10. Roland B, Di Martinelly C, Riane F, editors. *Operating theatre optimization: A resource-constrained based solving approach*. IEEE. 2007.
11. Van der Lans M, Hans E, Hurink JL, Wullink G, van Houdenhoven M, Kazemier G. Anticipating urgent surgery in operating room departments. Disponible en <http://alexandria.tue.nl/repository/books/615316.pdf>
12. Velásquez-Restrepo PA, Rodríguez-Quintero AK, Jaén-Posada JS. Aproximación metodológica a la planificación y a la programación de las salas de cirugía: una revisión de la literatura. 2013.

Agradecimientos

Se le agradece a Colsanitas por brindar la información para el desarrollo del problema y a la facultad de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, por ofrecer la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en casos reales.

Copyright Statement

Copyright © 2017 María José Noguera Avellaneda, Laura Reynales Pereira, Rabie Nait-Abdallah, Julián Alberto Rojas Cepeda: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

GESTIÓN ESTRATÉGICA DE PROVEEDORES COMO INSTRUMENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y COMPETITIVO

Caso de Estudio Industria Astillera

Lina Maria Díaz, Luis Alejandro Villegas

*Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y
Fluvial - COTECMAR*

ldiaz@cotecmar.com; lvillegas@cotecmar.com

Resumen

La gestión de proveedores se asocia hoy día a las actividades críticas del negocio y la toma de decisiones. En la actualidad las empresas se enfrentan a fuertes presiones para hacer sus procesos más sostenibles, y la sostenibilidad ha llegado a considerar como actividad clave la gestión de la cadena de suministro. COTECMAR ha implementado un Sistema de Gestión de Proveedores, con el cual busca obtener un completo conocimiento de sus proveedores, determinar debilidades y fortalezas de los mismos y finalmente cerrar el ciclo planteando estrategias de integración para incrementar el nivel de competitividad de la Corporación. En este documento se expone esta última parte del ciclo, el Programa de Desarrollo de Proveedores - PDP, describiéndolo en su integralidad y metodología y su asocio a los retos de la industria astillera; buscando garantizar un desarrollo sustentable en términos de beneficios bidireccionales, asegurando las capacidades y recursos para los retos futuros.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de proveedores ha ido tomando relevancia en las organizaciones, considerándose hoy día un factor estratégico asociado al logro de los objetivos organizaciones. La actividad logística asociada al Sector de la Industria de Astilleros en Colombia, refleja que existe una falta de integración de su cadena de proveeduría, que potencialice las capacidades identificadas a nivel nacional y que puedan ser dinamizadas en el país, falta de economías de escala para el sector, fuerza de trabajo no especializado y costos arancelarios elevados. El papel que juega Cotecmar como principal astillero en el país y sus objetivos misionales de desarrollar la industria naval, marítima y fluvial en Colombia, le otorgan la responsabilidad de impulsar y liderar la industria de Astilleros (Cotecmar; Universidad del Norte, Universidad Tecnológica, Universidad del Rosario, 2011). El presente documento presenta como caso de estudio los esfuerzos que ha realizado Cotecmar por potenciar las capacidades de la Industria Nacional en su alineación con la industria de Astilleros.

Para abordar los componentes y referencias que respaldan el sistema de gestión de proveedores de Cotecmar, se hace énfasis en las metodologías implementadas para el componente de Desarrollo, por ser a través de este como la organización busca implementar estrategias para la sostenibilidad y competitividad hacia el crecimiento económico de la industria. Para la definición de las etapas que hoy conforman el sistema de Gestión de Proveedores se ha recurrido a herramientas entre las que se encuentran el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) con lógica difusa (Fuzzy Logic), realizando los respectivos análisis de sensibilidad para observar otras posibles soluciones por afectación de las variables.

2. METODOS Y MATERIALES

Con una descripción de los métodos implementados para la definición del sistema de Gestión de Proveedores y del Programa de Desarrollo de proveedores, Se recurre a la definición del ciclo PHVA, como herramienta para representar el ciclo de un proveedor en la organización, y el uso del Software Expert Choice 11.5, como herramienta para mostrar los resultados de las comparaciones pareadas realizadas con el uso de la metodología AHP.

2.1. La Gestión estratégica de Proveedores

En un contexto global, nacional y regional, las empresas dependen cada día más de sus proveedores, quienes juegan un rol determinante en actividades claves como la administración de inventarios y las funciones logísticas (Ruiz, Ablanado, & Cruz, 2012). No obstante, las exigencias del medio competitivo actual han llevado a reconocer su importancia en la estrategia empresarial. Hoy se acepta que la fiabilidad, la calidad y el buen desempeño de una empresa dependen en gran parte del desempeño de su base de proveedores (Sarache, Castrillón, & Ortíz, 2009).

La norma ISO 9000:2015 establece que la organización debe determinar y aplicar criterios para la evaluación, la selección, el seguimiento del desempeño y la re-evaluación de los proveedores externos (Capítulo 8.4.1) (ICONTEC, 2015). Uno de los modelos más empleados en la mejora continua y que aporta alto impacto a diferentes tipos de procesos, es el modelo presentado por Edwards Deming, conocido como el ciclo PHVA, que incluye las etapas de Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Umaña y Gómez proponen un sistema de gestión de proveedores basado en la metodología PHVA; que respalda los procesos y actividades gerenciales que hacen parte del aseguramiento de proveedores (MFH, Umaña; JCO, Gómez, 2006).

2.2. El Sistema de Gestión de Proveedores de COTECMAR

COTECMAR cuenta con un Sistema de Gestión de Proveedores (SGP) cuyo objetivo es el de “Establecer las diferentes etapas y/o recorrido de un proveedor al interior de la Corporación, teniendo en cuenta su gestión, desempeño, permanencia, evolución, y desarrollo”. El SGP contempla cinco etapas claves que son la *Búsqueda* de proveedores, la *Inscripción*, la *Actualización*, *Evaluación* y cerrando el ciclo el *Desarrollo* de los mismos. Éstos se alinean a la metodología PHVA como se muestra en la figura 1.

Cerrando el ciclo de mejora continua de proveedores, se encuentra la etapa de Desarrollo, donde se ejecutan las actividades orientadas a corregir debilidades encontradas en las etapas previas, a potencializar aspectos definidos en los mismo proveedores o a cerrar brechas existentes entre las capacidades de proveeduría y las necesidades corporativas. Dentro de esta etapa de desarrollo y teniendo en cuenta la importancia que reviste lograr los niveles de competitividad de los proveedores que conlleven a mejorar la competitividad del astillero, la Corporación ha diseñado un Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP), este programa se alinea a los objetivos estratégicos de fortalecimiento del proceso logístico, de liderazgo en el desarrollo de sector astillero y de responsabilidad social empresarial.



Figura 1. Alineación SGP en COTECMAR con ciclo PHVA.
Fuente: Elaboración propia adaptado de MFH, Umaña; JCO, Gómez, 2006

2.3. EL PDP de Cotecmar

La gestión logística decide orientar el enfoque de su PDP en 5 componentes: Industria Auxiliar, Innovación, Capacidad Nacional, Taller autorizado y Capacidad Transversal. Estos focos se han estructurado basados en la necesidad actual que tiene la Corporación en los procesos productivos asociados a sus líneas de negocio. El fortalecimiento y la sofisticación de la industria serán los pasos iniciales para llevar al clúster astillero a un nivel de maduración óptimo que le permita enfrentarse a retos de mayor escala como es el caso del proyecto de la Armada Nacional llamado Plataforma Estratégica de Superficie (PES) el cual implica un respaldo de proveeduría de un mejor nivel y especialización, un proyecto de construcción naval de un buque de guerra con altos estándares en normatividad y capacidades (Armada República de Colombia, 2012).

Para el caso específico de la Capacidad Nacional, por ser de los enfoques asociados a garantizar sustentabilidad, competitividad y permanencia en el mercado, se presenta a continuación el rigor implementado para pasar de lo general a lo específico en la definición de los enfoques de trabajo para este componente. Este es sin duda un componente apoyado por parte del Gobierno Nacional. Lo que busca este componente es cerrar brechas existentes en la capacidad técnica de fabricar productos utilizados en el sector astillero. Es una necesidad hoy contar en el mercado nacional con productos que normalmente están sujetos a importaciones de países con un historial en la industria naval, producción a gran escala, a buenos precios y de distribución a nivel global. Esta limitación en la fuente de aprovisionamiento tiene sus implicaciones y efectos en ocasiones negativas debido a diferentes aspectos políticos que pueden bloquear transacciones, fluctuaciones, riesgo cambiario, y a la incertidumbre en los transportes internacionales por situaciones ajenas a las líneas navieras.

2.4. Capacidad Nacional: Priorización de Necesidades

En la industria naval pueden existir un sin número de piezas y partes objeto de importación. Para desarrollar el Plan de Encadenamiento del Sector y Fortalecimiento de proveedores, COTECMAR crea la necesidad de establecer criterios para priorizar los enfoques de desarrollo con la industria nacional. Se recurre a la aplicación de un ejercicio de priorización mediante la definición de

variables para emisión de juicios entre un grupo de productos identificados cuya naturaleza de origen es de importación, pero cuyas características, proceso de diseño, desarrollo y comercialización puede estar asociado a la industria nacional.

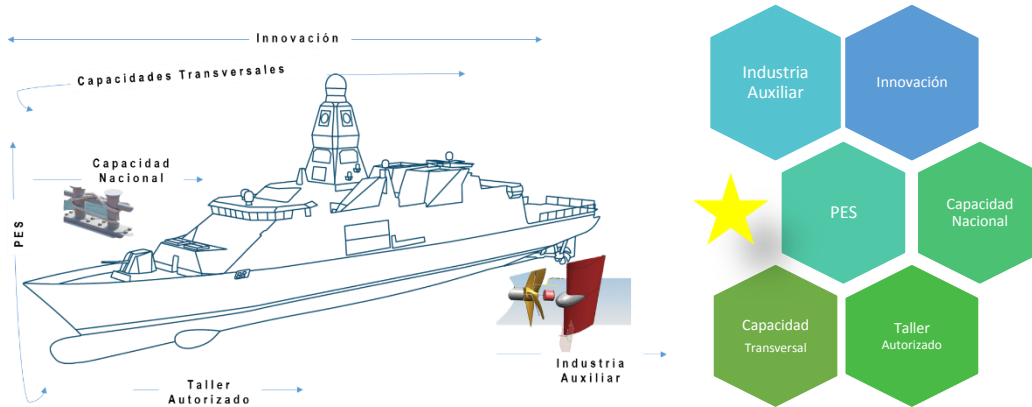


Figura 2. Componentes PDP. Fuente: Elaboración propia.

El ejercicio consistió inicialmente en definir los criterios para el análisis y posteriormente determinar la importancia relativa de los productos. Éstos criterios fueron consolidados en cuatro grandes categorías: **Disponibilidad de materia prima nacional para su fabricación:** si para la producción del producto es factible localizar materia prima en el país con la cual desarrollarlo. **Capacidades del país para desarrollar y comercializar el producto:** Se tiene conocimiento de capacidades (empresas que los realizan y/o potenciales productores nacionales) para dicho producto en el mercado nacional. **Cumplimiento de estándares:** Es intrínsecamente necesario el cumplimiento de estándares para su fabricación, lo que podría traducirse en complejidad y/o restricciones al desarrollo del producto por parte de las empresas nacionales. **Tiempos en la fabricación:** Su producción nacional disminuye los tiempos de respuesta.

2.5. El método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) en la gestión estratégica de proveedores

El proceso de Análisis Jerárquico AHP de Thomas L. Saaty (Saaty, 1977), es una método que permite, mediante la construcción de un modelo jerárquico, graficar y organizar información respecto de un problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambio en los niveles y sintetizar. Aunque su aplicación en la totalidad del modelo consta de varias etapas, para esta parte de la investigación se recurre al aporte de la herramienta para la valoración de los elementos a través de los juicios de expertos y se construye lo que se conoce como la *Matriz de Comparación Pareada* (Toskano & Gerard, 2005). En la tabla 1 se muestra la escala de valoración definida según Saaty, En el AHP convencional, la comparación por pares es hecha usando una escala de nueve puntos (Saaty, 1998).

Como se mencionó anteriormente, para realizar las comparaciones del AHP para la investigación, se abordó el software Expert Choice V11.5, a través de su plantilla estándar (empleado para ejecutar las operaciones y mostrar los resultados arrojados mediante el método AHP) (Rodríguez,

2007). Es importante aclarar que para conservar consistencia en los datos, y al momento de dar prioridad a los elementos no se incurra en juicios erróneos, el AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas, pudiendo saber si ésta es aceptable o si es necesario reconsiderar los juicios antes de continuar con el proceso de decisión.

<u>Intensidad</u>	<u>Definición</u>	<u>Explicación</u>
1	Igualmente Preferible	Las dos actividades constituyen igualmente al objetivo
3	Moderadamente Preferible	La experiencia y el juicio favorecen moderadamente una actividad sobre la otra
5	Fuertemente Preferible	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuertemente Preferible	Una actividad es fuertemente preferible sobre la otra y su dominancia es demostrada en la práctica
9	Extremadamente Preferible	La actividad es extremadamente preferible sobre la otra y su dominancia es demostrada en la práctica.

Tabla 1. Escala de Valoración. Fuente: (Toskano, Gerad, 2005)

Por último, se muestra un análisis de sensibilidad, que permite visualizar cambios en el ordenamiento de las alternativas respecto a posibles alteraciones en la importancia otorgada a los factores de análisis, debido a que el proceso de toma de decisión es un proceso dinámico y requiere ser ajustado y revisado en el tiempo (Tavella, Miropolsky, & Manera, 2014). Este resulta ser uno de los factores más críticos asociado a una Industria de Síntesis como es la Astillera, considerando que con el tiempo las prioridades frente a las necesidades de desarrollo y consolidación de la Industria a nivel local, nacional y regional pueden cambiar; de forma tal que los esfuerzos en desarrollo de la cadena de proveeduría también lo hagan.

3. RESULTADOS

Bajo este modelo se parametrizó el uso del software Expert choice ® para los juicios emitidos por cada uno de los expertos consultados. El juicio es realizado por cada uno de los 10 expertos multidisciplinares de Cotecmar en el software, como se muestra a continuación:

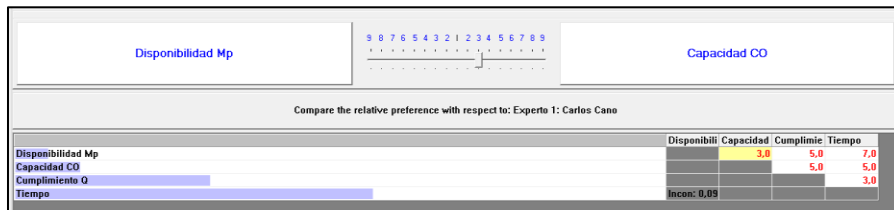


Figura 3. Comparación pareada de los juicios en Expert Choice ®

Los expertos valoraron que para liderar iniciativas que se encaminen hacia el desarrollo de la industria nacional, COTECMAR debe considerar el factor tiempo como el factor con mayor nivel de importancia en un 33%, seguido de la disponibilidad de materia prima nacional para su fabricación con un 26%, el cumplimiento de estándares con un 24% y por último la capacidad de comercialización del producto con un 17%. La razón de consistencia de 0,10 o menos es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones, para este caso esta razón se ubicó en 0,03.

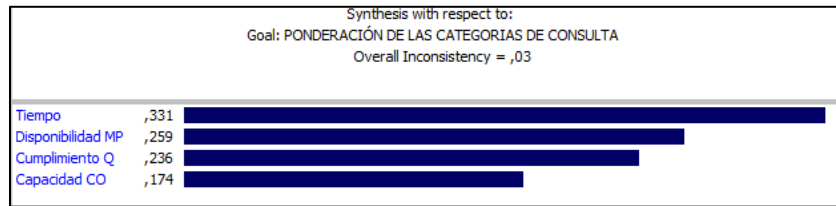


Figura 4. Resultado de la ponderación de las categorías en Expert Choice ®

Al realizar el correspondientes análisis de sensibilidad, el tiempo prevalece como la variable de mayor importancia en la mayoría de los casos, sólo si el juicio cambia para los expertos 6, 8 y 10 la variable de cumplimiento pasaría a ocupar el primer lugar, seguido por la disponibilidad de materia prima y el tiempo, la capacidad de comercialización con cualquier afectación de los juicios se mantiene como la condición de menor peso.

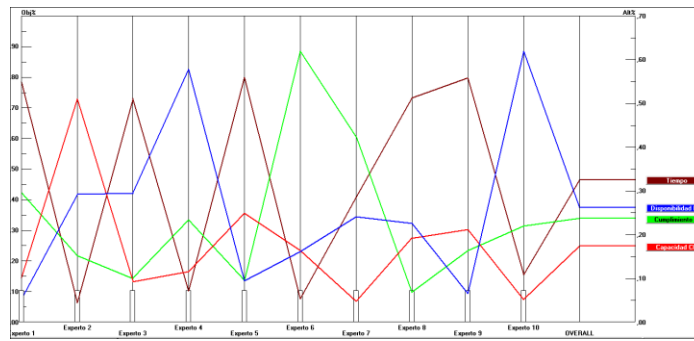


Figura 5. Análisis de Sensibilidad de los resultados en Expert Choice ®

Seguidamente a la valoración de las 4 categorías, los expertos calificaron las condiciones de un listado de más de 50 productos de los diferentes grupos de bienes y servicios de los diferentes grupos constructivos de la industria, para lo cual consideraron también una escala de valoración para asignarle a cada uno así:

Escala de Valoración	Categorías			
	Disponibilidad de materia prima nacional para su fabricación	Capacidades del país para desarrollar y comercializar el producto	Cumplimiento de estándares	Tiempos en la fabricación
4	Absolutamente factible	Absolutamente se cuenta con de capacidad nacional y/o potencial	Los estándares para su fabricación no son complejos	Absolutamente disminuye los tiempos de respuesta
3	Medianamente factible	medianamente se cuenta con capacidad nacional y/o Potencial	Los estándares para su fabricación son poco complejos	Medianamente disminuye los tiempos de respuesta
2	Poco factible	Se cuenta con poca capacidad nacional y/o potencial	Los estándares para su fabricación son medianamente complejos	disminuye muy poco los tiempos de respuesta
1	No es factible	No se cuenta con capacidad nacional y/o potencial	Los estándares para su fabricación son absolutamente complejos	No disminuye los tiempos de respuesta

Tabla 2. Escala de valoración de las categorías para la consulta de Bienes y Servicios

4. ANÁLISIS

De este ejercicio fue posible definir en consenso hacia que líneas enfocar los esfuerzos para la industria nacional; se logró concluir que capacidades de la industria nacional buscar potenciar para ser integrada con el sector astillero como industria tractora, esto en grupos como los accesorios de cubierta (bitas) y servicios como el mecanizado, fabricación de camisas para ejes y servicios de corte CNC, los cuales integran el grupo constructivo 100 de acero (casco y estructura), los accesorios y partes eléctrica como transformadores, tableros y paneles que integran los elementos de distribución eléctrica del grupo constructivo 300 (sistema eléctrico), y los enjaretados, paneles y mamparos divisorios, cocinas y carpintería metálica de las embarcaciones que integran el grupo constructivo 600 de habitabilidad y acomodaciones

Estos resultados, han permitido ir estableciendo un camino claro en la consolidación de capacidades para la atención de los retos futuros, ya que el proyecto PES, al ser un buque más sofisticado que los actualmente construidos en la Corporación, demandará un sinnúmero productos de todo tipo de industrias y áreas de especialización. De esta manera, al generarse capacidades de proveeduría a nivel nacional, se generará un crecimiento empresarial, en todos los niveles de la cadena de suministro.

El PDP en COTECMAR viene tomando vigor y relevancia, ya que se considera una herramienta eficaz en generar competitividad a través del fortalecimiento de la cadena de suministro aguas arriba. Así mismo el nivel de competitividad que está generando el sector astillero en el país por el conocimiento desarrollado y unido al crecimiento de los mercados potenciales, como son la recuperación de la navegabilidad del río Magdalena o la ampliación del canal de Panamá, ha despertado un interés en la industria de desarrollar capacidades de proveeduría para este sector, que generen oportunidades de sofisticación, crecimiento y desarrollo para impulsar la economía, siendo el PDP el perfecto engranaje para articular este encuentro.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Dentro de las conclusiones más relevantes se encuentran:

- El programa de desarrollo de proveedores contempla entre sus componentes el acompañamiento para el desarrollo de capacidades para la generación de productos y servicios no suplidos actualmente en el mercado nacional, lo cual genera un alto impacto en el Crecimiento Económico de las empresas de los diferentes sectores industriales y por lo tanto el crecimiento económico del país. Generando capacidad para aportar a la balanza comercial y al PIB de una manera positiva.
- Para Cotecmar los aspectos asociados a la gestión de proveedores se han convertido en factor clave para el logro de las metas organizacionales, lo que Cotecmar en su proceso logístico busca hoy día, a través de su modelo logístico, es anticiparse a las necesidades, con el apoyo de las herramientas suficientes que le permitan ir un paso antes, participar de manera integrada a los

procesos misionales, conocedores directos de la necesidad y construir conjuntamente las soluciones en los tiempos y las condiciones acordes

- La declaración de un Sistema de Gestión de Proveedores le permite a Cotecmar además de garantizar una vigilancia, monitoreo y control de sus proveedores, orientar los esfuerzos hacia lo realmente prioritario y necesario para garantizar la sostenibilidad de los recursos dentro de su cadena de proveeduría en términos de costo, calidad y eficiencia.
- El PDP permite alinear la disponibilidad de capacidades con potencial de oferta con la demanda y necesidades del sector y permite proyectar capacidades de proveeduría para proyectos futuros de alto nivel tecnológico y significativo valor, lo cual es un dinamizador de la industria generando crecimiento empresarial en diversas áreas y a diferentes escalas.

Referencias

- Armada República de Colombia. (2012). *Planeamiento de Fuerza 2030. Plan de Desarrollo Armada Nacional*. Bogotá.
- Cotecmar; Universidad del Norte, Universidad Tecnológica, Universidad del Rosario. (2011). *Sistema Sectorial de Innovación de la Industria Astillera de Colombia*. Cartagena: Cotecmar.
- ICONTEC. (2015). *Norma Técnica Colombiana NTC- ISO 9001* (Cuarta Actualización ed.). Bogotá: ICONTEC.
- MFH, Umaña; JCO, Gómez. (2006). Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso. *Estudios gerenciales*, 69-88.
- Rodriguez, E. (2007). Aplicación del Proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 523-542.
- Ruiz, A., Ablanado, J., & Cruz, J. (Marzo de 2012). Modelo de Asignación de compras a proveedores considerando su flexibilidad y probabilidad de incumplimiento en la entrega. *Estudios Gerenciales*, 28, 29-48.
- Saaty, T. (1977). A scaling method for priorities in herarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 5, 234-281.
- Saaty, T. (1998). Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos. En evaluación y Decisión Multicriterio. *Reflexiones y Experiencias*, 17-46.
- Sarache, W., Castrillón, O., & Ortíz, L. (16 de Junio de 2009). Selección de Proveedores: Una aproximación al estado del arte. *Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia*, 145-167.
- Tavella, M., Miropolsky, A., & Manera, R. (Marzo de 2014). Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización sustentable de Parques Industriales Regionales. *Revista facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2, 8.
- Toskano, H., & Gerard, B. (2005). *El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores por la empresa Gráfica Comercial M y E.S.R.L*. Lima.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Dios por la vida, el conocimiento y las capacidades dadas. A nuestras familias por el acompañamiento, paciencia y apoyo para llevar a cabo el proceso. A COTECMAR por hacernos parte de sus procesos y permitirnos generar conocimiento y crear mecanismos de mejora continua para fortalecer el astillero, el sector y desarrollar el país.

Copyright Statement

Copyright © 2017 Lina María Díaz y Luis Alejandro Villegas: Los autores asignan a los organizadores del CIOO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIOO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIOO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

EL APOYO GUBERNAMENTAL Y LA PROXIMIDAD DEL MERCADO COMO ASPECTOS CRÍTICOS PARA MEJORAR LA AGILIDAD Y LOS BENEFICIOS FINANCIEROS EN CADENAS DE SUMINISTRO

Liliana Avelar, liliana.avelar@uacj.mx; Jorge L. García; José Manuel Mejía; Aide Aracely Maldonado
Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

Este trabajo hace un análisis del apoyo gubernamental y la proximidad de mercado como aspectos críticos para lograr mayor agilidad en la cadena de suministro, esto a través de la infraestructura regional y de los costos de los servicios logísticos. El análisis se logró mediante la modelación de ecuaciones estructurales para identificar y evaluar las relaciones existentes entre las variables incluidas, y de este modo encontrar la contribución sobre la agilidad en la cadena de suministro, particularmente en empresas manufactureras de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los resultados indican una contribución positiva y directa del gobierno sobre la infraestructura regional ($\beta = 0.23$), esto es, cuando el gobierno apoya la disponibilidad de terrenos, energía, y transporte se logra un cambio positivo en la infraestructura regional y por tanto en la agilidad de la cadena.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunas décadas los economistas concuerdan en que el sector manufacturero es uno de los elementos más importantes para el aumento de la productividad y el crecimiento económico, que regularmente tienen importantes implicaciones para todo tipo de industrias. Con la generación de empleos se contribuye al desarrollo económico, al avance de nuevas tecnologías, aportación al Producto Interno Bruto (PIB) y a una mejor calidad de vida. Siendo así, la cadena de suministro juega un importante papel dentro del sector manufacturero, por un lado permite un mejor control del sistema productivo y por otro, la colaboración adecuada entre las empresas participantes para unificar los objetivos y alcanzar los niveles de diferenciación en el mercado (Reich 2010). La cadena de suministro es definida como una red de empresas interrelacionadas por flujos financieros, de materiales y de información donde se busca la mayor agregación de valor al bien o servicio desde el proveedor hasta el cliente (Hoffmann et al. 2013). Actualmente la complejidad de los sistemas productivos y la globalización como aspectos dinámicos han ocasionado que el rumbo económico de cualquier negocio se logre a través de la gestión adecuada de sus cadenas de suministro, siendo ésta, la principal razón para obtener beneficios económicos a corto plazo. En este sentido las empresas recurren a la evaluación de los índices de desempeño en la cadena de suministro usando diferentes tendencias y metodologías dentro de la misma.

Este trabajo pretende identificar las relaciones existentes entre el apoyo gubernamental y la proximidad de mercado como aspectos críticos en la agilidad de la cadena de suministro y en los beneficios financieros de las empresas manufactureras. Considerando además los costos de servicios y la infraestructura regional. El análisis ha de lograrse mediante la modelación de ecuaciones estructurales para encontrar las diferentes contribuciones entre las variables mencionadas; y llevado a cabo a partir de información de empresas manufactureras de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

1.1. Breve historia de Ciudad Juárez

Ciudad Juárez es la ciudad más grande del Estado de Chihuahua, México y la segunda ciudad más poblada en la frontera de México y Estados Unidos, después de Tijuana, Baja California (INEGI 2016);

y cuenta con gran número de empresas manufactureras, lo que ha impulsado crecimiento de la industria y aumento de la población en los últimos 20 años. Es un lugar atractivo para personas que no sólo llegan de la capital del estado sino también de otros estados de México (Cervera 2005), y muy propicio para la concentración de empresas manufactureras debido a las ventajas económicas de las que se goza (OECD 2010). Ciudad Juárez ha sido beneficiada por el porcentaje de empleo que se genera y por la cercanía con El Paso, Texas (Avelar-Sosa et al. 2014), y cuenta con una ventaja geográfica sustancial facilitando la importación y exportación de productos y reduciendo los costos logísticos (Sanchez-Reaza 2010).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Proximidad de mercado

El gobierno mexicano y el sector privado están dispuestos a planificar y administrar un futuro mejor para toda la comunidad de Ciudad Juárez, con un tratado entre la comunidad empresarial y el gobierno en busca de empresarios dispuestos a tomar el riesgos de nuevos proyectos empresariales y abiertos a nuevas ideas de negocio. Una posible estrategia para muchas regiones de México sin duda podría ser no solo la provisión de infraestructura productiva, sino también de otros factores del medio ambiente de negocios, tales como el mercado laboral local, las redes de tecnologías de información y comunicación para lograr mayor conexión entre las regiones del norte y del centro. Promover, además, la cooperación entre empresas que les permita innovar e incluso absorber tecnología y darle el impulso a su capital humano (OECD 2009a). Al parecer el crecimiento regional está guiado por las exportaciones manufactureras y la proximidad hacia los Estados Unidos, siendo sin duda, una combinación que favorece totalmente a los estados fronterizos de México. Los estados mexicanos cercanos al mercado de América del Norte se han beneficiado de la integración y del incremento de la producción e ingresos (Venables and Limão 1999). Así por ejemplo, Leamer (Leamer 1993) ofrece una visión del comercio de la manufactura de productos entre México y Estados Unidos donde se analiza el efecto de la disminución de las barreras entre los dos países, y se visualizan las ventajas económicas ofrecidas por la proximidad de ambos países. Ellos mencionan que la distancia tiene un efecto muy importante en los patrones de comercio entre ambos países y que existen ventajas tecnológicas que México ha logrado a través del tiempo. Por lo tanto, la proximidad al vecino del norte y las exportaciones de productos manufactureros se ha convertido en los factores más importantes que determinan el crecimiento económico regional.

2.2. Apoyo gubernamental

Una de las fuerzas que impulsan el cambio y que dan forma al panorama económico y político de cualquier país o región es el apoyo gubernamental (Coyle et al. 2013), ya que este establece las políticas, las regulaciones y los impuestos que sin duda afectan los negocios y sus cadenas de suministro. Una política de infraestructura enfocada en disminuir los costos de transporte solo puede ser efectiva si la política regional coordina esfuerzos adicionales para dotar de capital humano a la región y para mejorar el ambiente de negocios localmente, provocando aglomeración de capital, habilidades y trabajo (SÁNCHEZ-REAZA 2010). El apoyo gubernamental es un factor clave cuando el ambiente de negocios exige actualización y globalización del mercado. Por lo que para tener acceso a dicho mercado es necesario contar con ambientes propicios que lleven ya sea a la atracción de nuevas empresas o a la vinculación de empresas locales a cadenas de suministro productivas globales y no solamente a través de la sola provisión de infraestructura (OECD 2009a). Un nivel bajo de productividad y calidad, o simplemente una desconexión de las cadenas globales de valor por parte de las empresas locales puede obstaculizar las metas financieras por las cuales se han establecido en el país y además el crecimiento

económico (Sanchez-Reaza 2010). Relevante es contar con el apoyo de políticas públicas para fomentar el crecimiento económico de cualquier región donde se incluyan aspectos de equidad, eficiencia y coordinación (OECD 2009a; Sanchez-Reaza 2010).

2.3. Agilidad en la cadena de suministro

Agilidad de la cadena de suministro consiste en responder a la demanda, contar con planificación conjunta, tener capacidad y visibilidad de respuesta al cliente (Braunscheidel and Suresh 2009). Para Fayezi et al. (Fayezi et al. 2015) la agilidad es una habilidad estratégica que tienen las organizaciones para responder rápidamente a las incertidumbres internas y externas a través de una integración efectiva de todos; que requiere ser nivelada y sostenida a través de la cadena de suministro para crear un éxito sustentable para el negocio. Se argumenta en la literatura que la agilidad en la cadena de suministro puede influenciar la prosperidad de una organización (Baramichai et al. 2007; Qrunfleh and Tarafdard 2013; Mathiyalakan 2006). Por lo que, la integración interna y externa son quienes influyen en que una organización logre habilidad para actuar en forma ágil dentro de sus propias cadenas de suministro (Braunscheidel and Suresh 2009; Purvis et al. 2014). Estos autores enfatizan en la necesidad de contar con capacidades intra-organizacionales como: infraestructura de información, flexibilidad funcional y colaboración para mantener y desarrollar la agilidad (DeGroot and Marx 2013). De aquí lo importante que es evaluar los niveles de agilidad para establecer criterios de mejora que permitan lograr mayores beneficios económicos en las empresas. En la búsqueda de la agilidad es necesario intercambiar información, lograr comunicación y coordinación a través de los sistemas de información, así como contar con la infraestructura y disponibilidad de servicios entre todos los participantes (proveedores, fabricantes, distribuidores, etc.) (Bhatnagar and Sohal 2005; Bhatnagar et al. 2003; Swafford et al. 2006).

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales

Se diseñó y aplicó un instrumento de medición enfocado a determinar valoraciones sobre aspectos de cadena de suministro, mismo que incluyó las variables: Gobierno (5 ítems), Costos de servicios (3 ítems), Infraestructura regional (4 ítems), Proximidad de mercado (3 ítems), Agilidad (5 ítems), y Beneficios financieros (3 ítems). Se utilizó una escala de valoración tipo Likert para determinar los niveles de ejecución en las actividades y los niveles de desempeño logrados (beneficios). El cuestionario se aplicó a empleados de empresas manufactureras en Ciudad Juárez, Chihuahua, México considerando una participación aleatoria. La información recolectada se registró en un software estadístico para realizar la validación. Misma que consistió en una validación por jueces para mejorar la redacción, la congruencia y la claridad de cada ítem, esto permitió reajustar los enunciados para mejorar la calidad de los mismos. Posteriormente se realizó la validación estadística para medir la consistencia interna de los ítems y la validez convergente. Se usó el índice alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna de los ítems con la dimensión a la que pertenecen. Los valores recomendados para el alfa de Cronbach son valores mayores o cercanos a 0.7 (Fornell and Larcker 1981; Nunnally and Bernstein 1994; Kock 2015). La varianza extraída media (AVE por sus siglas en inglés) se usó como indicador de validez convergente. Los valores mínimos recomendados son valores de 0.50 (Hair and Jnr 2009; Kock 2015; Avelar-Sosa et al. 2014; Giaquinta and Modica 2010). El factor de inflación de la varianza (VIF por sus siglas en inglés) se usó para detectar la posible colinealidad entre variables; aceptando valores menores o iguales a 3.3 (Kock 2015). También se utilizó el indicador Q^2 como medida no paramétrica, debido a que el

cuestionario se contestó en una escala ordinal de valores. Valores mayores a cero indican que existe una validez predictiva de los ítems hacia sus variables (Kock 2015).

3.2. Modelo estructural propuesto

Para encontrar las relaciones causales entre las variables el uso de modelación de ecuaciones estructurales es adecuado, por lo que se usará un software especializado que aplica algoritmos basados en mínimos cuadrados parciales, y recomendado para muestras pequeñas (Avelar-Sosa et al. 2014). Las relaciones propuestas en la Figura 1 serán probadas estimando sus parámetros, lo que significa encontrar las contribuciones de cada relación con el estadístico que expresa el grado en que los datos se ajustan al modelo propuesto, confirmando además la validez del mismo. Para evaluar los parámetros en el modelo se consideraron los índices de eficiencia: el promedio de los coeficientes en las relaciones APC, el promedio de las R^2 , el factor promedio de inflación de la varianza AVIF y el índice de bondad de ajuste Tenenhaus GoF (Good of Fit), el cual es una medida de la capacidad explicativa del modelo. Para el APC y ARS los valores de aceptación suponen el P-valor, mismo que debe ser inferior a 0.05. En el caso de AVIF, los valores deben estar por debajo de 5, aunque muchas veces se permite un valor de 3.3. El GoF en cambio considera valores >0.1 para indicar ajuste bajo, valores >0.25 para indicar ajuste medio, y valores >0.36 para indicar un ajuste alto (Kock 2015). Para evaluar las contribuciones (efectos directos) se observan los valores de β y P-valor encontrados en las relaciones propuestas de la Figura 1 (indicados con las fechas), donde β indica una unidad de cambio en la variable dependiente, y es la probabilidad de que exista el error tipo II que comete el investigador cuando no rechaza la hipótesis nula siendo ésta falsa. El P-valor es usado para indicar la significancia estadística de cada relación.

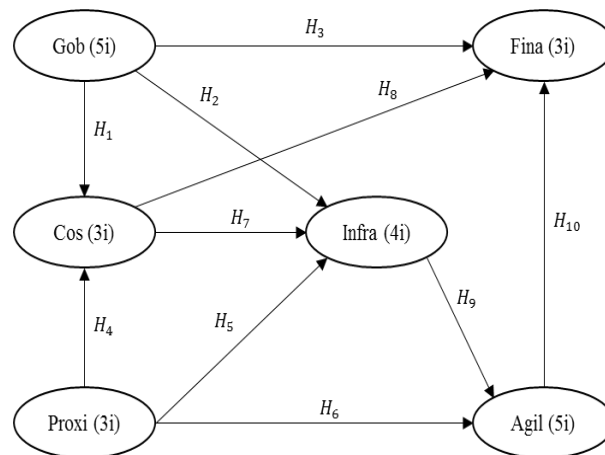


Figura 1. Modelo estructural propuesto y las relaciones entre las variables

4. RESULTADOS

4.1. Características demográficas

La Tabla 1 muestra las características demográficas de la muestra representativa del estudio, en ella se puede observar que se logró la participación de 225 personas. Se identificaron sectores como: automotriz, médico, plásticos, electrónica, empaque, entre otros. En la Tabla 1 se observa que el 29.77 % del total de personas encuestadas laboran en el sector automotriz, un 24 % trabaja en el sector de la electrónica y un 17.33 % en el sector médico, éstos fueron los mayores porcentajes. Participaron 156 hombres y 58

mujeres, y otras 11 personas no especificaron (SE) el género o sector industrial donde trabajan. En lo referente a la posición jerárquica donde labora el encuestado, la información se presenta en la Tabla 2, donde participaron 54 gerentes, seguidos de 50 planeadores de producción, compras y cadena de suministro, también se observan 40 supervisores y 3 directores de operación. Mismos que cuentan con más de 4 años de experiencia en su puesto de trabajo, de hecho más del 50% de los encuestados cuentan con más de 3 años de experiencia, lo que significa que la información proporcionada en el cuestionario es buena dada la experiencia y relación con la cadena de suministro. Se puede observar también, que 11 personas no especificaron su experiencia o puesto de trabajo, y representa un porcentaje muy pequeño por lo que la información se considera significativa.

Tabla 1. Sector industrial y género del encuestado **Tabla 2. Experiencia y posición encuestado en la empresa**

Sector	Género			Porcentaje
	Femenino	Masculino	SE	
Automotriz	21	45	1	29.77%
Médico	12	24	3	17.33%
Plásticos	1	5	0	2.66%
Metales	3	3	0	2.66%
Electrónica	9	43	2	24%
Empaque	0	2	1	1.33%
Comunicación	1	0	1	0.88%
Servicios	1	9	0	4.44%
Otros	9	19	2	13.33%
Consumibles	1	6	1	3.55%
Total	58	156	11	100 %

Puesto	Años						Total
	0-1	2-3	4-5	6-10	>10	SE	
Director	0	0	1	1	1	0	3
Gerente	3	11	12	10	17	1	54
Ingeniero	4	2	4	6	2	0	18
Supervisor	4	16	5	6	8	1	40
Especialist	3	1	1	3	1	0	9
Técnico	6	3	7	2	6	0	24
Operador	1	2	2	1	0	1	7
Planeador	3	17	11	12	7	0	50
SE	1	1	2	4	4	8	20
Total	25	53	45	45	46	11	225

4.2. Validación estadística del cuestionario

La Tabla 3 muestra la validez interna del instrumento, donde se observan valores de fiabilidad compuesta y de alfa de Cronbach mayores a 0.70, a excepción del constructo Proximidad de mercado (Proxi) con valor de 0.640; el cual no fue descartado por considerarse relevante para el análisis. En lo referente a la validez predictiva se observan valores mayores a 0.20 y en algunos casos valores cercanos. Con lo que se concluye que las variables latentes tienen buen nivel de predicción. En relación a la validez de convergencia, los valores de la varianza media extraída (AVE) son mayores a 0.50, valor de corte mínimo para aceptar la varianza que se extrae de los ítems para cada variable.

Tabla 3. Validación estadística del cuestionario y de las variables latentes

Índices	Variables					
	Gob	Proxi	Infra	Agil	Fina	Cos
R ²			0.306	0.141	0.266	0.198
R ² ajustada			0.296	0.133	0.260	0.191
Fiabilidad compuesta	0.919	0.807	0.842	0.909	0.837	0.862
Alfa de Cronbach	0.889	0.640	0.749	0.874	0.705	0.758
AVE	0.698	0.584	0.571	0.666	0.634	0.675
VIF	1.371	1.201	1.417	1.462	1.373	1.317
Q ²			0.304	0.140	0.270	0.201

4.3. Características de eficiencia del modelo

Como se indicó en la metodología, los índices de eficiencia del modelo sirven para evaluar la capacidad que se tiene sobre el ajuste de la información recolectada con las relaciones causales propuestas. En la Tabla 4 se muestran los índices principales para dichas inferencias, para el índice APC se observa un valor de 0.252, siendo significativo con un P-valor <0.001; el ARS presenta un valor de 0.228 también significativo, el AARS presenta un valor de 0.220 y también es significativo. El índice AVIF presenta un valor de 1.197, siendo muy adecuado al estar por debajo del punto de corte permitido de 3.3. El valor del índice GoF es ajuste alto con 0.381, debido a que las relaciones planteadas inicialmente son sustentadas por la información que proporcionaron los encuestados.

Tabla 4. Índices de eficiencia del modelo

Calidad de ajuste		
Índice	Valor	Decisión
APC	0.252	P<0.001
ARS	0.228	P<0.001
AARS	0.220	P<0.001
AVIF	1.197	Ideal <= 3.3
GoF	0.381	Alto >= 0.36

4.4. Modelo estructural y sus efectos

El modelo obtenido se presenta en la Figura 2, donde se indican las relaciones directas entre las variables (efectos directos) y las contribuciones correspondientes. En la Figura 2 se muestran nueve relaciones significativas, las cuales indican las contribuciones correspondientes a la interacción entre las variables del modelo. Ahí se puede observar que la mayor contribución identificada es la que presenta la agilidad sobre los beneficios financieros de las empresas. Dicha relación es directa y positiva con una $\beta=0.47$, $P < 0.01$, esto significa que por cada cambio dado en una unidad de desviación estándar sobre las actividades de agilidad se logrará un cambio en la misma proporción sobre los beneficios financieros de la empresa. Esto sin duda es un aspecto relevante en las cadenas de suministro ya que la competencia actual se da entre éstas y no entre empresas (Feng 2012). Por ejemplo, la infraestructura regional presenta una $R^2=0.31$ y significa que el 31% de varianza para esta variable dependiente es explicada por la contribución del gobierno, de los costos de servicios y de la proximidad del mercado destino.

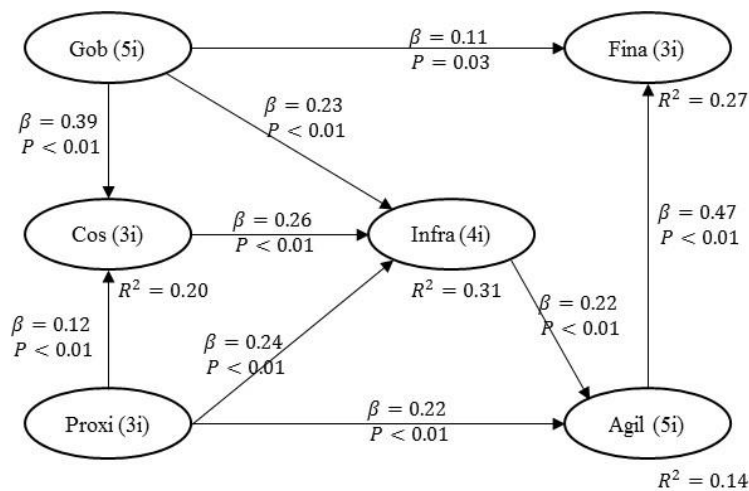


Figura 2. Modelo estructural obtenido (proximidad de mercado y apoyo gubernamental)

También se tiene una $R^2=0.14$ para la agilidad, lo que quiere decir, que el 14% de su varianza la explican la proximidad del mercado y la infraestructura regional. Las actividades y elementos usados en esta investigación validan que la infraestructura disponible en una región y la cercanía con el mercado destino ayudan a crear mayor agilidad en la cadena de suministro. Finalmente, en el modelo también se observa una $R^2=0.27$ para los beneficios financieros logrados en la empresa, y quiere decir que el 27% de la varianza para explicar esta variable está dada por la contribución del gobierno y de la agilidad alcanzada en la cadena de suministro. Los efectos son los valores de cada contribución dada por una o más variables independientes y dependientes en el modelo. Éstos indican la influencia directa o indirecta entre las variables latentes. Por lo que se consideran dos tipos de efectos: directos e indirectos. Los efectos directos son las relaciones causales que suceden de forma directa entre dos variables y los efectos indirectos implican la presencia de tres o más variables.

5. CONCLUSIONES

5.1. Implicaciones industriales

En el modelo estructural encontrado se localizaron importantes implicaciones para la industria manufacturera de Ciudad Juárez, por un lado las hipótesis son fundamentadas con la información recopilada de los cuestionarios, por tanto las relaciones sugeridas concuerdan con la práctica acerca de la forma en la que se gestionan actualmente las cadenas de suministro en este tipo de empresas; y por otro, que las contribuciones entre las variables son resultado de los niveles de ejecución de las actividades en la práctica industrial. Por su parte, se valida también la conjetura acerca de que la proximidad del mercado mejora la agilidad de la cadena de suministro, esto por la cercanía que Ciudad Juárez tiene con Estados Unidos, lo que concuerda con Bhatnagar y Sohal (Bhatnagar and Sohal 2005; OECD 2009a). Siendo además beneficioso para la región por las importaciones y exportaciones realizadas y generar competitividad en el capital humano. Esta proximidad contribuye además a la infraestructura regional y a los costos de los servicios siendo un factor importante para lograr niveles adecuados que permitan la atracción a nuevas empresas de manufactura o simplemente al establecimiento fijo para las empresas actuales. Estas implicaciones sobre la percepción de los encuestados en dichos aspectos aportan información relevante por ser un antecedente para evaluar los niveles de apoyo gubernamental alcanzado y establecer nuevas estrategias de mejora en el sistema productivo. Concluyendo, se consideran niveles adecuados de apoyo gubernamental en Ciudad Juárez aunque existen políticas públicas que pueden mejorarse para fomentar mayores beneficios al capital humano desde una perspectiva intra social.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración y disponibilidad de la industria manufacturera de Ciudad Juárez para contestar la encuesta, y también a PRODEP por proporcionar los recursos financieros para llevar a cabo esta investigación. Se reconoce la participación de los encuestados.

Referencias

- Avelar-Sosa L, García-Alcaraz JL, Cedillo-Campos MG, Adarme-Jaimes W (2014) Effects of regional infrastructure and offered services in the supply chains performance: Case Ciudad Juarez. *Dyna* 81 (186):208-217
- Baramichai M, Zimmers Jr EW, Marangos CA (2007) Agile supply chain transformation matrix: an integrated tool for creating an agile enterprise. *Supply Chain Management: An International Journal* 12 (5):334-348
- Bhatnagar R, Jayaram J, Phua YC (2003) Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia. *Journal of Business Logistics* 24 (1):147-170

- Bhatnagar R, Sohal AS (2005) Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices. *Technovation* 25 (5):443-456
- Braunscheidel MJ, Suresh NC (2009) The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of operations Management* 27 (2):119-140
- Cervera G (2005) Diagnóstico geo-socioeconómico de Ciudad Juárez y su sociedad. Ciudad Juárez, Chih, México: El Colegio de la Frontera Norte-INMUJERES Retrieved may 21:2007
- Coyle JJ, Langley Jr CJ, Novack RA, Gibson B (2013) Administración de la cadena de suministro: una perspectiva logística. DeGroot SE, Marx TG (2013) The impact of IT on supply chain agility and firm performance: An empirical investigation. *International Journal of Information Management* 33 (6):909-916
- Fayezi S, Zutshi A, O'Loughlin A (2015) How Australian manufacturing firms perceive and understand the concepts of agility and flexibility in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management* 35 (2):246-281
- Feng Y (2012) System dynamics modeling for supply chain information sharing. *Physics Procedia* 25:1463-1469
- Fornell C, Larcker DF (1981) Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*:39-50
- Giaquinta M, Modica G (2010) Mathematical analysis: an introduction to functions of several variables. Springer Science & Business Media,
- Hair J, Jnr B (2009) BJ, & Anderson, RE (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective*. Upper Saddle River: Pearson Education,
- Hoffmann P, Schiele H, Krabbendam K (2013) Uncertainty, supply risk management and their impact on performance. *Journal of purchasing and supply management* 19 (3):199-211
- INEGI (2016). Consultado el 1 de Mayo de 2017. <http://www.inegi.org.mx>.
- Kock N (2015) WarpPLS 5.0 User Manual. . Laredo, TX:: ScriptWarp Systems
- Leamer EE (1993) US manufacturing and an emerging Mexico. *The North American Journal of Economics and Finance* 4 (1):51-89
- Mathiyalakan S (2006) Research issues in agile supply chain management. *International Journal of Agile Systems and Management* 1 (3):213-228
- Nunnally J, Bernstein I (1994) *Psychometric theory* 3rd ed. 1994 McGraw-Hill. New York, NY
- OECD (2009a) How Regions Grow. <http://www.oecd.org/education>
- OECD (2010) The publication on Higher Education in Regional and City Development. The Paso Del Norte Region, Mexico and the United States. <http://www.oecd.org/education/skillsbeyond-school/45820961.pdf> .
- Purvis L, Gosling J, Naim MM (2014) The development of a lean, agile and leagile supply network taxonomy based on differing types of flexibility. *International Journal of Production Economics* 151:100-111
- Qrunfleh S, Tarafdar M (2013) Lean and agile supply chain strategies and supply chain responsiveness: the role of strategic supplier partnership and postponement. *Supply Chain Management: An International Journal* 18 (6):571-582
- Reich RB (2010) *The Work of Nations: Preparing Ourselves for 21st Century Capitalis*. Vintage,
- Sanchez-Reaza J (2010) Trade, proximity and growth: The impact of economic integration on Mexico's regional disparities. *Institute for Integration of Latin America and the Caribbean@ Journal* 14 (31):19-32
- SÁNCHEZ-REAZA J (2010) Comercio, proximidad y crecimiento: el impacto de la integración económica en las disparidades regionales en México. *Revista Integración & Comercio* N 31
- Swafford PM, Ghosh S, Murthy N (2006) The antecedents of supply chain agility of a firm: scale development and model testing. *Journal of Operations Management* 24 (2):170-188
- Venables AJ, Limão N (1999) Geographical disadvantage: A Heckscher-Ohlin-von Thunen model of international specialization.

Autores

Liliana Avelar Sosa es profesor/investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, tiene un doctorado en Ciencias en Ingeniería por la misma universidad y sus áreas de interés están relacionadas a la logística, cadena de suministro y procesos de producción, actualmente es miembro del sistema nacional de investigadores con nivel I.

Jorge L. García Alcaraz es profesor/investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, tiene un doctorado en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, sus áreas de investigación se relacionan con la optimización de procesos de producción y de la cadena de suministro, actualmente pertenece al sistema nacional de investigadores y es miembro nivel II.

José M. Mejía es profesor/investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, tiene un doctorado en Ciencias en Ingeniería por la misma universidad y sus áreas de investigación están relacionadas con el procesamiento de señales médicas.

Aide A. Maldonado es profesor/investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, tiene un doctorado en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, sus áreas de investigación se relacionan con la ergonomía, actualmente es miembro del sistema nacional de investigadores como miembro nivel I.

REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN UNA EMPRESA TIPO PBO

Manuel Giraldo, Andrés Hualpa, Juan Zamora

Universidad de La Salle, Bogotá

mgiraldo90@unisalle.edu.co, amhualpa@unisalle.edu.co, jpzamora@unisalle.edu.co

Resumen

En las últimas décadas ha aumentado la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero debido a que sus consecuencias en el cambio climático están generando impactos negativos en los ecosistemas mundiales. Expertos en la materia han considerado realizar inventarios de emisiones con el fin de establecer estrategias que permitan dicha reducción. En éste trabajo se presenta el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa basada en proyectos tomando como referencia los contratos realizados durante el periodo de enero de 2014 a agosto de 2016, evaluando un total de 50 proyectos mediante la aplicación del Greenhouse Protocol. Una vez calculada la huella de carbono se establecen estrategias que consideran el cambio de maquinaria, así como propuestas de reforestación que permiten reducir aproximadamente en un 20% sus emisiones teniendo en cuenta la meta propuesta por el gobierno nacional en el marco del Acuerdo de París.

1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones de “gases de efecto invernadero” (GEI) provienen de diversas fuentes como industrias, viviendas, vehículos e incluso la misma naturaleza. En el caso de las industrias, estas generan elevadas cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y otros GEI, debido a las actividades asociadas a sus operaciones y al manejo de su cadena de suministro. A nivel global, la herramienta de medición de niveles de emisión de GEI es conocida como cálculo de la huella de carbono, siendo considerada en varios países como referencia en términos de calidad y de compromiso para el medio ambiente, demostrando en sus resultados que la aplicación de ésta ha sido base para el desarrollo de estrategias y políticas empresariales. Según fuentes de investigación estos avances han sido liderados por universidades de Estados Unidos, Reino Unido y China, incrementando el número de publicaciones frente a esta temática desde el año 2006. Algunos de estos resultados se presentan a continuación.

1.1. Marco teórico

El cambio climático es definido por la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) como: “*Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables*” (Naciones Unidas, 1992). Se ha evidenciado en diferentes periodos de tiempo un cambio en el clima mediante estudios paleoclimáticos y atmosféricos, especialmente durante las décadas de 190 a 1980, expresado principalmente en el aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2014). En Colombia, los impactos del cambio climático se han visto de diferentes maneras, desde la deforestación de bosques hasta olas invernales. Uno de los eventos más importantes que se han evidenciado ha sido causado por el fenómeno de la Niña durante los años 2010 y 2011. Se estima que esta emergencia le costó al país aproximadamente 26 billones de pesos, así como la afectación a 3,3 millones de personas,

965 vías de transporte y 1 millón de hectáreas de cultivos (Colombia. Presidencia de la República, 2011). Así mismo, el 90% de las emergencias registradas durante el periodo de 1998-2011 se relacionan con fenómenos hidroclimatológicos y otros asociados. Por su parte, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) informa que entre los años 1950 y 2007 los desastres asociados con lluvias incrementaron un 16,1% durante el fenómeno de la Niña en relación con las condiciones normales, incrementando las sequías durante los periodos del fenómeno del Niño. (DNP, 2012)

De acuerdo con las herramientas comunes utilizadas a nivel mundial para hacer medición y control del nivel de emisiones de GEI, ha sido el cálculo de la huella de carbono. Wiedmann & Minx (2008) definen este concepto como *“La cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y se ha transformado en un patrón de competitividad”*. Este indicador tiene en cuenta todos los gases de efecto invernadero que son transformados a dióxido de carbono equivalente, siendo este uno de los elementos al que se requiere el diseño de medidas de prevención, corrección, mitigación y/o compensación. La definición de la huella de carbono establece un alcance variado ya que permite que se realice en procesos, organizaciones e incluso países (Wackernager & Rees, 1996). La forma más sencilla para calcular la huella de carbono de una PBO es la aplicación del GreenHouse Protocol, que es una metodología desarrollada para el cálculo de emisiones de GEI en organizaciones. Este protocolo cuenta con tres alcances establecidos. El alcance 1 donde se contabilizan todas las emisiones directas correspondientes a la quema de combustibles fósiles y al uso de vehículos de la compañía. El alcance 2 que corresponde a las emisiones indirectas derivadas del uso del sistema de energía y el alcance 3 que corresponde a las emisiones indirectas debidas al uso de equipos, viajes de empleados y a la fabricación de los productos o de la materia prima comprada para el desarrollo de una actividad (World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute, 2015).

Por otra parte, la Cadena de Suministro (CS) se define como una red de individuos, organizaciones, recursos, actividades y tecnologías involucrados en la creación y venta de un producto o servicio, desde el despacho de materia prima por parte del proveedor al fabricante, hasta su eventual entrega al usuario final (Kahraman, 2014). Dentro de una organización, la CS abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente (Gautier, Lacomme, Pariente, Tchomte, & Tchernev, 2013). Las CS son dinámicas e implican un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas, generando emisiones de GEI, provocando un crecimiento el cual no solo pone en peligro la calidad de estas, sino que también incrementan los impactos ambientales generados por su actividad ya que durante su operación, involucra la emisión de GEI (Kremer, Ma, Chiu, & Lin, 2013) (Pattara, Raggi, & Cichelli, 2012). Las CS son importantes en cualquier empresa, pero cambian demasiado en empresas basadas en proyectos (PBO, por sus siglas en inglés), dado que estas se definen como organizaciones que se forman de manera temporal para realizar su trabajo (Project Management Institute, 2013) (Miterev, Mancini, & Turner, 2017). Estas PBO al realizar su operación emiten GEI los cuales representan un reto para su contabilización debido a que cada organización involucrada emite una cantidad diferente de GEI.

2. MÉTODOS

Se realizó la investigación en la empresa dedicada a la impermeabilización de superficies usando Poliurea como materia prima. Dicha empresa lleva 20 años en el mercado nacional y ha impermeabilizado más de 150.000 m², siendo así la empresa líder a nivel nacional.

La cadena de suministro de la empresa se compone de proveedores nacionales e internacionales, los cuales proveen la materia prima de acuerdo a las necesidades del cliente y la entregan en el lugar de la obra. De igual manera, se cuenta con proveedores de maquinaria, los cuales se encargan de realizar mantenimiento y de proveer repuestos de ser necesario. Para los materiales, se realiza la entrega de todo el material necesario para realizar el proyecto y un 20% adicional destinado a reparaciones.

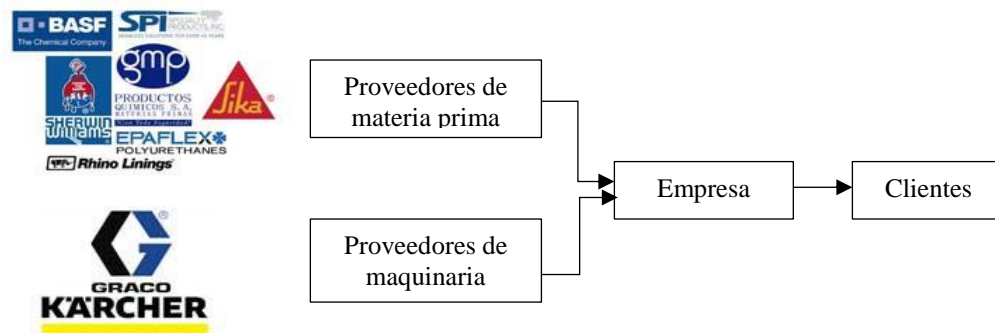


Figura 1. Cadena de suministro de la empresa.

Esta cadena de suministro es conocida como una cadena de suministro táctica ya que el proveedor entrega la materia prima necesaria a la empresa con el fin de que esta realice el servicio que presta en el menor tiempo posible, de igual manera, tanto el proveedor como la empresa están siempre en contacto con el fin de verificar que la cantidad de material suministrado sea el adecuado (Disney, 2007).

Dentro de cualquier cadena de suministro se pueden generar emisiones de GEI, en el caso de la cadena de suministro de la empresa, se evidencia una separación adecuada de las emisiones, debido a que la empresa no tiene responsabilidad directa sobre las emisiones generadas debido al transporte de materia prima al lugar de trabajo. Solamente, tiene responsabilidad directa sobre las emisiones generadas debido al transporte y funcionamiento de su maquinaria propia y del transporte de empleados.

La poliurea es una familia de polímeros sintéticos de tipo elastómero desarrollado en la década de los 90's por Mark S. Barton y Mark Schlichter. Este compuesto se obtiene de una reacción de un diisocianato con una diamina mediante una reacción de polimerización por condensación formando un enlace que corresponde a la urea. Mediante esta reacción se pueden obtener diferentes polímeros con diferentes tipos y números de grupos presentes de acuerdo a la presencia de estos en los grupos amino de la diamina y los grupos isocianato.

Se realizó la evaluación de los procedimientos realizados por parte de la empresa en temas de logística y de producción evaluando la huella de carbono mediante la aplicación del GreenHouse

Gas Protocol. Para esto, se evaluaron cincuenta proyectos desarrollados por parte de la empresa durante los años 2014 a 2016.

Una vez obtenidos los datos necesarios para el cálculo de la huella de carbono, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinar la huella de carbono. Para esto, fue necesario establecer unas bases de cálculo a partir de los rendimientos de la empresa. Así mismo, se requirió determinar la cantidad de energía consumida por la maquinaria. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra dichas bases.

Tabla 1. Bases de cálculo usadas para el cálculo de la huella de carbono

Actividad	Rendimiento	Máquina	Consumo
Consumo Diésel para Wet Blasting	16 gal/día	Hidrolavadora industrial	15,4 kWh
Área pulida mediante Wet Blasting	100 m ² /día	Pulidora de Cemento Industrial	4,4 kWh
Área lavada con hidrolavadora	500 m ² /día	Compresor Trifásico 12 HP	4,4 kWh
Área pulida con la pulidora de cemento	150 m ² /día	Wet blasting	16 gal/día
Área impermeabilizada	100 m ² /día	Reactor Graco E-XP1 & XP2	15,4 kWh

Una vez obtenidas las bases de cálculo correspondientes, se realizó el cálculo de la huella de carbono aplicando la (1)

$$Emisión = \frac{\text{Área del proyecto}}{\text{Rendimiento operación}} * \text{Consumo de combustible} * \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

Dicha ecuación fue aplicada teniendo en cuenta el área del proyecto y los rendimientos de la empresa con el fin de facilitar los cálculos. Igualmente, el tiempo de uso de la maquinaria depende directamente del área a trabajar. Finalmente se buscaron los factores de emisión correspondientes para el país con el fin de calcular una huella de carbono que fuera significativa. Así la tabla 2 muestra los factores de emisión usados para realizar el cálculo de la huella de carbono.

Tabla 2. Factores de emisión utilizados para el cálculo de la huella de carbono

Tipo de consumo	Factor de emisión
Eléctrico	0,194 Kg CO ₂ /kWh
Diésel	10,03 Kg CO ₂ /gal

Estos factores de emisión para cálculo de huella de carbono se tomaron como referencia de acuerdo a Herrera & UPME (2015), así como los datos suministrados por la Corporación autónoma regional de Cundinamarca CAR y la Cámara de Comercio de Bogotá (2013)

3. RESULTADOS

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron los cálculos correspondientes en los proyectos realizados por parte de la empresa durante los años 2014 a 2016, en dos de los tres alcances propuestos por el GreenHouse Protocol. Para el Alcance 1 se evaluaron seis proyectos en los que se usó maquinaria para el proceso de Wet Blasting el cual requiere Diésel como fuente de combustible. Usando la (1)

y el factor de emisión correspondiente se obtuvo el nivel de emisión para dicho alcance en cada proyecto. Luego se sumaron los resultados y se obtuvo el resultado total del Alcance. Este mismo procedimiento se realizó con los 44 proyectos restantes en los que se aplicaba revestimiento mediante proceso eléctrico. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos para el primer y segundo alcance, teniendo en cuenta el tipo de energía utilizada.

Tabla 3. Calculo de emisiones alcance 1 y 2

Proceso realizado	Total de proyectos	Área del proyecto		Consumo de energía		Emisión (Kg CO₂)	
		Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total
Wet Blasting (Diesel) Alcance 1	6	1232,6 m ²	7396 m ²	197,2 Gal	1183 Gal	1977,8	11867,5
Método Eléctrico Alcance 2	50	1104,6 m ²	48601 m ²	638,76 Kwh	108589,50 Kwh	392,7	17282,2
Total	50	-	55997 m²	-	-	-	33121 Kg CO₂

La tabla 3 presenta los resultados obtenidos en el cálculo de emisiones. Para el periodo establecido se obtiene un total de 29149,7 Kg de CO² en el que el método eléctrico aporta la mayor cantidad de emisiones debido a la cantidad de proyectos ejecutados. Sin embargo, se puede identificar que el método Wet Blasting a pesar de intervenir un área inferior, genera en promedio mayor cantidad de kilogramos de CO². Lo anterior obedece a que el tipo de energía utilizada (Diésel) es la más contaminante. La figura 2 presenta los resultados obtenidos para cada proyecto según el alcance respectivo. En ella se identifica que tanto para los proyectos seleccionados para alcance 1 (6 proyectos) y 2 (44 proyectos), el nivel de emisiones es directamente proporcional al área intervenida. Particularmente los niveles de emisión son más bajos en el método eléctrico lo cual genera una alternativa de mejora para la reducción de emisiones de CO₂. Una vez se realiza el cálculo de la huella de carbono se procedió a proponer estrategias que permitieran reducir la huella de carbono de la empresa de acuerdo a las metas de reducción propuestas por el Gobierno Nacional en el marco del Acuerdo de París. El GreenHouse Protocol determina que, para realizar las estrategias de reducción, se debe tomar un año base. Para el caso específico de la empresa, las emisiones generadas para cada año son de 15271,8 kg CO₂, 12114,2 kg CO₂ y 1763,4 kg CO₂ para el año 2014, 2015 y 2016 respectivamente. De acuerdo a estos resultados el año base seleccionado corresponde al 2014 debido a que en este año se presentó la mayor emisión de CO₂ a la atmosfera con un 52% de participación del total de los tres años.

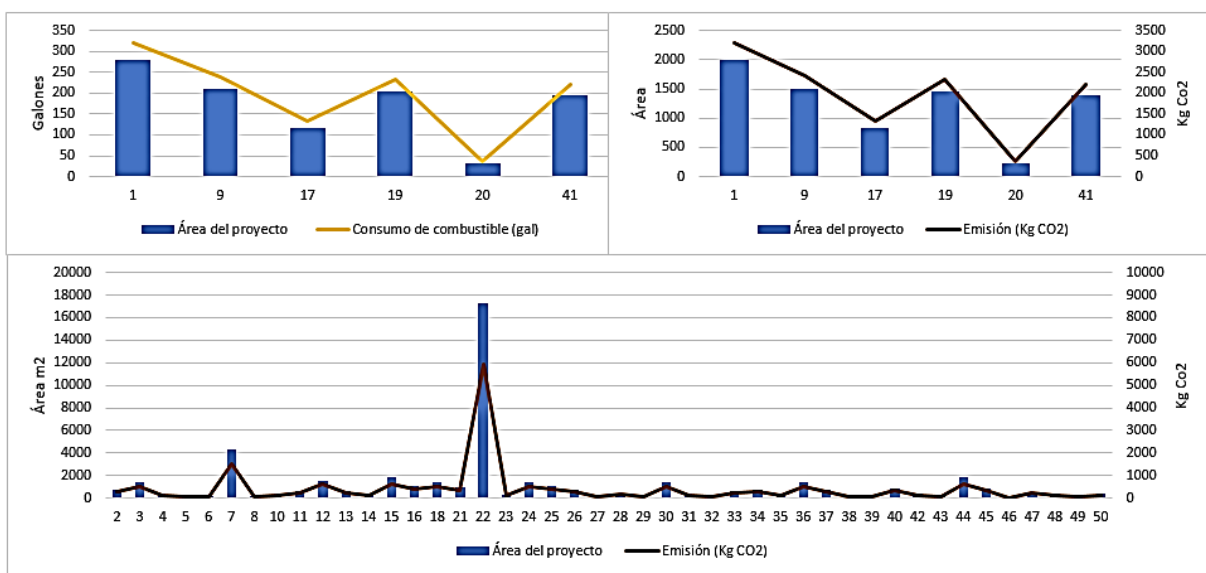


Figura 2. Calculo de emisiones alcance 2

4. ANÁLISIS

Una vez obtenidos los resultados, se desarrollaron estrategias que permitieran la reducción de la huella de carbono teniendo en cuenta la meta propuesta por el gobierno nacional en el marco del Acuerdo de París. Así como una forma de recolección de información de datos necesarios para el cálculo del alcance 3.

4.1. Estrategia 1

Inicialmente, se propuso una estrategia de prevención de emisiones en la cual se realiza el cambio del compresor Diesel usado para el proceso de Wet Blasting a un compresor eléctrico. Se encontró que un compresor eléctrico de 20 HP tiene un consumo de 14,92 kWh (Industrial Air, 2016). La tabla 4 presenta la comparación de emisiones para cada opción en el alcance 1.

Tabla 4. Comparación Emisiones Alcance 1

Opción de proceso	Proyecto						Total
	<u>1</u>	<u>9</u>	<u>17</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>41</u>	
Wet Blasting	3209,07	2406,81	1326,95	2336,21	369,04	2219,07	11867,15
Compresor eléctrico	463,11	347,34	191,50	337,15	53,26	320,24	1712,60
% Reducción							85,6%

Los resultados presentados en la tabla 4 fueron obtenidos a partir de la comparación de emisiones para cada opción de proceso. De esta manera se obtuvo para la segunda opción una emisión de 1.712 Kg CO2, reduciendo de esta manera un 85,57% de las emisiones generadas por compresor Wet Blasting. Con esto se presenta una buena alternativa de reducción para el alcance que genera mayor huella de carbono en la empresa.

4.2. Estrategia 2

La siguiente propuesta está relacionada con la compensación forestal enfocada a la captura de CO₂ producido por la empresa. De acuerdo al IDEAM, en Colombia no se han realizado investigaciones exhaustivas que permitan determinar la cantidad de CO₂ que puede capturar un árbol. Sin embargo, se ha determinado el potencial de carbono almacenado en la biomasa la cual se estima en 79,1 t CO₂/ha (Monsalve S, 2016). Así pues, mediante la ecuación 2 se calcula el número aproximado de m² requeridos para reducir en 20% de las emisiones totales del año base que equivalen a 3,48 t CO₂.

$$\frac{3,48 \text{ tCO}_2\text{e}}{79,1 \text{ tCO}_2\text{e/ha}} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} = 439,94 \text{ m}^2 \quad (2)$$

Una vez determinada el área, se calculó cuantos árboles son necesarios. Se estima que un árbol puede capturar entre 10 y 30 Kg de CO₂ por año. Así pues, se calculó la cantidad de árboles de acuerdo al año base seleccionado. Con la ecuación 3 se calcula el número de árboles necesarios para reducir aproximadamente el 20% de emisiones.

$$\frac{1 \text{ árbol}}{10 \text{ Kg}} * 3.480 \text{ Kg} = 348 \text{ árboles aprox} \quad (3)$$

De manera integral se propone a ésta estrategia la compra de bonos de carbono que en Colombia su precio oscila entre \$10.000 y \$20.000 por tonelada de CO₂, como una forma de mitigar los impactos generados por las emisiones de CO₂ generadas por la actividad de la empresa ya que el mercado voluntario de carbono en Colombia financia diferentes proyectos de reducción de emisiones en diferentes comunidades del país.

4.3. Investigaciones futuras

Finalmente, se hace necesario recopilar datos que permitan el cálculo adecuado del alcance 3 ya que diversos estudios han demostrado que dicho alcance puede representar hasta un 75% de las emisiones de CO₂ de una cadena de suministro (Jaegler & Gondran, 2013). Para esto, se propone un método de recolección de datos que permite determinar las distancias recorridas por los vehículos que son propiedad de la empresa, así como por los vehículos de los proveedores, los cuales entregan los productos directamente en el lugar en el que se realiza cada proyecto. Las variables propuestas para recolección de datos son: fecha de registro, lugar de origen y destino, distancia aproximada, propiedad del vehículo dependiendo si es propio o subcontratado, tipo de vehículo y modelo ya sea terrestre (moto, automóvil, bus o bicicleta), aéreo o marítimo y el tipo y cantidad de combustible utilizado (gasolina, acpm, gas natural o electricidad).

5. CONCLUSIONES

La empresa estudiada emite en promedio 15 toneladas anuales de CO₂ a la atmósfera debido a su actividad. La principal fuente de emisiones es el consumo de electricidad generado por el uso de los equipos necesarios para realizar la impermeabilización de superficies. De acuerdo al Banco Mundial, Colombia emite 89'625.000 t CO₂ (Banco Mundial, 2014), por lo que la empresa emite en promedio el 0,000036544% de las emisiones totales del país. En términos de la cadena de suministro, no se observan aportes de esta a las emisiones de GEI debido a que la entrega de materiales se realiza directamente en los lugares de realización del proyecto con

vehículos que son propiedad de los proveedores. Sin embargo, se recomienda en un futuro establecer responsabilidades conjuntas mediante contabilizaciones colaborativas entre el proveedor y la empresa, ya que esto permitiría realizar una contabilidad más efectiva de los GEI que se producen en un solo proyecto. De igual manera, las estrategias planteadas para reducir la huella de carbono son un paso pequeño para que la empresa pueda lograr ser una empresa con sello de carbono neutral, lo cual puede atraer más clientes a pesar de que el país no tenga un sistema de sellos verdes a diferencia de países como Suecia, Noruega y Dinamarca. Se identifica como nueva opción de investigación el desarrollo de tecnologías de aplicación de poliurea que consuman menos energía a las actuales, así como el desarrollo de combustibles más limpios y neutrales.

Referencias

- Banco Mundial. (2014). Emisiones de CO2 (kt). *Datos/Indicadores*.
- Colombia. Presidencia de la República. (2011). *Reporte nacional fenómeno de la niña 2010 - 2011*.
- Convención Marco sobre el Cambio Climático. (2014). Antecedentes Históricos. Recuperado a partir de http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/antecedentes/items/6170.php
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, & Cámara de Comercio de Bogotá (Eds.). (2013). *Guía Metodológica Para El Cálculo De La Huella De Carbono Corporativa A Nivel Sectorial*. Guía Metodológica, Bogotá, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Disney, S. M. (2007). The Dynamics of Material Flows in Supply Chains. *SSNR*, 1-21.
- Gautier, F., Lacomme, P., Pariente, P., Tchomte, S. K., & Tchernev, N. (2013). Linear Model for Supply Chain Operational Planning and Carbon Footprint Optimization. *Supply Chain Forum*, 14(2), 40–53.
- Graco. (2016a). Reactor Graco E-XP1. Ficha Técnica, Minneapolis, EEUU.
- Graco. (2016b). Sistemas de dosificación Reactor 2 E-30 y E-XP2. Ficha Técnica, Minneapolis, EEUU.
- Herrera, H., & UPME. (2015). *Factores de Emisión Del S.I.N. Sistema Interconectado Nacional Colombia 2013*.
- Industrial Air. (2016). Electric Two – Stage Air Compressors Model: IH9919910. Ficha Técnica.
- Jaegler, A., & Gondran, N. (2013). How to reduce the carbon footprint of road freight on supply chains? *2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport, ICALT 2013*, (January), 104–109. <http://doi.org/10.1109/ICAdLT.2013.6568443>
- KÄRCHER. (2016). Hidrolavadora Hd 10/25-4 s. Ficha Técnica, Winnenden, Alemania.
- Kremer, G. E. O., Ma, J., Chiu, M.-C., & Lin, T. (2013). Product Modularity and Implications for the Reverse Supply Chain. *Supply Chain Forum*, 14(2), 54–70.
- Miterev, M., Mancini, M., & Turner, R. (2017). Towards a design for the project-based organization. *International Journal of Project Management*, 35(3), 479–491. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.12.007>
- Monsalve S, M. M. (2016, febrero 3). Así se mide el carbono de nuestros bosques. *El Espectador*.
- Naciones Unidas. (1992). Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático. En Naciones Unidas (Ed.), . New York, USA.
- Pattara, C., Raggi, A., & Cichelli, A. (2012). Life cycle assessment and carbon footprint in the wine supply-chain. *Environmental management*, 49, 1247–1258. <http://doi.org/10.1007/s00267-012-9844-3>
- Project Managment Institute. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (5ta ed.). Atlanta, GA. USA: Project Management Institute.
- Trelawny. (2016). Planetary Grinder TPG. Ficha Técnica, Leamington Spa, Warwickshire, Reino Unido.
- Wackernager, M., & Rees, W. (1996). *Nuestra huella ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra* (1º). Gabriolc Island, B.C, Canadá: New Society Publishers.
- World Business Council for Suistanable Development, & World Resources Institute. (2015). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Ed.) (Vol. 1). Ginebra, Suiza. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Copyright © 2017 Manuel Alejandro Giraldo Riveros, Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga, Juan Pablo Zamora Aguas: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

HACIA UN MARCO CONCEPTUAL PARA ENTENDER LAS CAPACIDADES LOGÍSTICAS INTEGRADAS

Delio Alexander Balcázar Camacho & Wilson Adarme Jaimes

Universidad Nacional de Colombia

dabalcazar@unal.edu.co, wadarmej@unal.edu.co

Resumen

Varios enfoques han sido abordados desde el campo de la estrategia organizacional para explicar cómo las organizaciones establecen su posición frente a los retos del mercado, la perspectiva de las fuerzas externas, la visión de la firma basada en recursos, el enfoque basado en capacidades dinámicas y la visión relacional de la firma, han sido temáticas estudiadas por los investigadores para explicar la manera en que las organizaciones afectan su desempeño y alcanzan ventajas competitivas. En la gestión de cadenas de suministro, las capacidades logísticas han sido abordadas por los investigadores para explicar la manera en que las actividades logísticas pueden llegar a convertirse en capacidades distintivas de las organizaciones induciendo ventajas competitivas. El presente artículo, introduce un marco conceptual para entender las capacidades logísticas integradas en cadenas de suministro a través de un análisis e integración de la literatura que enmarca la temática.

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la evolución de los sistemas económicos, sociales, tecnológicos y productivos, el panorama competitivo actual ha llevado a las organizaciones hacia el desarrollo de nuevos sistemas de planeación para establecer su posición frente a los retos del mercado y explorar nuevas formas de alcanzar ventajas competitivas. Bajo este contexto, varios enfoques han sido abordados en el campo de la estrategia organizacional para definir las maneras en que las organizaciones deben definir y desplegar sus estrategias. La perspectiva de las fuerzas externas, la visión de la firma basada en recursos, el enfoque basado en capacidades dinámicas y la visión relacional de la firma, entre otros enfoques, han sido temáticas estudiadas por los investigadores para explicar la manera en que las organizaciones afectan su desempeño y alcanzan ventajas competitivas que les permiten crecer y mantenerse en el mercado. En el ámbito de las cadenas de suministro, las capacidades logísticas han sido abordadas por los investigadores para explicar la manera en que las actividades logísticas pueden llegar a convertirse en capacidades distintivas de las organizaciones induciendo ventajas competitivas.

Entre los años 70 y 90 el paradigma dominante dentro de la planeación estratégica de las organizaciones estuvo marcado por la competencia y las fuerzas competitivas o el modelo de fuerzas externas presentado por Porter, introduciendo también enfoques para entender la manera en la que los recursos podrían llegar a convertirse en fuentes de ventajas competitivas, llegando a la visión de la firma basada en recursos presentada por los trabajos de Wernefelt y Barney (Barney, 1991; Dyer & Singh, 1998; Teece, Pisano, & Shuen, 1997; Wernerfelt, 1984).

Al explicar las ventajas competitivas partiendo de las fuerzas externas a la organización o los recursos con los que esta cuenta, surgen los conceptos de capacidades organizacionales, definidas en un sentido

amplio como conjuntos de habilidades y conocimientos que permiten a la organización la coordinación de sus actividades y rutinas (Day, 1994).

Dentro de estas capacidades, en la década de los años 90 los investigadores comienzan a enfocarse en las capacidades logísticas y su rol dentro de la estrategia organizacional. Los primeros estudios sobre la temática se enfocan en identificarlas y categorizarlas, para luego explicar su relación con el desempeño financiero y la excelencia operacional (Morash, Dröge, & Vickery, 1996; Stank & Lackey, Charles W, 1997). Estudios que comienzan a buscar evidencias sobre la relación entre el mejoramiento de los procesos logísticos y su importancia para alcanzar ventajas competitivas.

Estudios posteriores continúan desarrollando la teoría de la logística a partir del análisis de las capacidades logísticas (John T Mentzer, Min, & Bobbitt, 2004), expandiendo el concepto y vinculando nuevas categorías de capacidades al constructo, introduciendo las capacidades logísticas basadas en información y de aprendizaje entre otras (Esper, Fugate, & Davis-Sramek, 2007; Zhao, Dröge, & Stank, 2001).

Actualmente, se ha introducido el concepto de capacidades logísticas integradas en el contexto de organizaciones que interactúan en el mercado, representando la manera en la que las organizaciones configuran conjuntamente sus recursos y habilidades para aprovechar las ventajas estratégicas y operativas de los esquemas de actuación colaborativa. En este artículo se presenta un marco conceptual que contribuye al entendimiento de estas capacidades en estructuras colaborativas de cadenas de suministro, representando una contribución a la consolidación del estado del arte de las capacidades logísticas y el desarrollo de un marco para su entendimiento. A continuación, se presenta el desarrollo del marco conceptual a partir de los categorías de colaboración y capacidades logísticas en el contexto de cadenas de suministro, para luego mostrar los aspectos de discusión.

2. MÉTODOS

La fortaleza de los procesos de investigación en logística yace en la diversidad de enfoques que han sido utilizados para su análisis (Dunn, Seaker, & Waller, 1994), aunque han sido criticados por su ausencia de desarrollo teórico, mostrando poca investigación enfocada en el desarrollo de la teoría, como consecuencia del enfoque predominantemente positivista que gobierna las investigaciones (Kovács & Spens, 2005).

Dada la naturaleza de las actividades y variables de los procesos logísticos, se hace necesario recurrir en muchas veces a variables manifiestas, para identificar constructos o variables latentes que son difícilmente cuantificables, como la coordinación, cooperación, servicio al cliente, comunicación, entre otras. Por lo que este artículo aborda este enfoque para su desarrollo.

Para la construcción del marco conceptual para el entendimiento de las capacidades logísticas integradas, se plantean proposiciones extractadas de la revisión de la literatura sobre capacidades logísticas y las temáticas relacionadas con estas capacidades en el marco de la gestión de cadenas de suministro. Se parte

de la revisión del concepto de capacidades logísticas para luego derivar las categorías temáticas involucradas dentro del constructo.

2.1. Capacidades Logísticas

Las capacidades organizacionales representan la habilidad de la organización para desarrollar sus labores generando valor a sus clientes, transformando entradas en salidas a través de los procesos organizacionales (Grant, 1996). Para ello las organizaciones deben desplegar y aprovechar sus recursos tangibles en intangibles en busca de ventajas competitivas que les permitan alcanzar sus objetivos y mantener su posición en el mercado.

Ante el entorno competitivo del mercado actual globalizado, las organizaciones desplegaron estrategias de precios, mejoramiento y reducción del ciclo de vida de los productos en busca de lograr ventajas competitivas. Estrategias que son fácilmente imitables por sus competidores, por lo que las organizaciones comenzaron a enfocarse en las capacidades logísticas como fuentes de ventajas competitivas (Esper et al., 2007).

Las capacidades logísticas -LC- son habilidades únicas que son aprendidas, mantenidas y mejoradas en términos de tiempo y calidad para competir, pudiendo llegar a convertirse en competencias clave de las firmas (John T Mentzer et al., 2004). Comúnmente se agrupan en: enfocadas al cliente, de gestión de abastecimiento, de integración, de medición, y de intercambio de información (Esper et al., 2007).

Las LC enfocadas al cliente o la demanda, se relacionan con las metas externas de las organizaciones como las mejoras y diferenciación en productos y servicios, mientras las capacidades enfocadas en el abastecimiento o excelencia operacional se enfocan en los procesos internos, la gestión de las redes de distribución y los costos de distribución (Morash et al., 1996), entre otros.

De esta manera, Las LC representan el grado o la habilidad de una organización para disponer recursos (tanto tangibles como intangibles) enfocados a las actividades logísticas, como los flujos físicos y de información para ejecutar sus operaciones y generar ventajas competitivas o entregar valor a sus clientes.

Dentro de las LC, Gligor & Holcomb (2014) identifican las capacidades logísticas integradas o capacidades de integración -ILC- como capacidades de alto nivel dedicadas a la modificación de las rutinas operacionales y facilitar la reconfiguración de los recursos, ayudando a las organizacionales a responder ante la incertidumbre del mercado.

Esper et al. (2007) definen las ILC como un estado de los elementos organizacionales que permite alcanzar la unidad de esfuerzos para lograr las metas, involucrando elementos internos relacionados con la comunicación entre dependencias de una organización y elementos externos referentes a la actuación conjunta entre organizaciones. Por lo que las ILC parecen estar involucradas con procesos y prácticas efectivas de comunicación entre organizaciones.

Para lograr la unidad de esfuerzos, es necesario que exista una alineación de intereses entre las organizaciones de la cadena de suministro y una coordinación operacional derivada de la comunicación efectiva y el despliegue de recursos conjuntos (Gligor & Holcomb, 2012).

2.2. Colaboración en cadenas de suministro

Durante muchos años, la teoría de costos transaccionales fue eficiente para explicar las integraciones verticales entre compradores y vendedores en industrias maduras, sin embargo no capturaba ventajas de las alianzas como el aprendizaje y el conocimiento compartido (Eisenhardt & Schoonhoven, 1996).

Las alianzas estratégicas pueden crear ventajas competitivas a través de la idiosincrasia, capacidades y recursos compartidos (Lorenzoni & Lippardini, 1999), además de disminuir los riesgos y necesidades de inversión total para el desarrollo de proyectos al contar con las capacidades conjuntas de las partes (Kogut, 1991).

Las alianzas inter-organizacionales pueden generar ventajas competitivas derivadas de la inversión en activos compartidos, intercambio de conocimientos, combinación de recursos y bajos costos de transacción entre las partes (Dyer & Singh, 1998). Las alianzas son relaciones colaborativas inducidas por las necesidades de recursos estratégicos y las oportunidades de captar recursos sociales (Eisenhardt & Schoonhoven, 1996), como las buenas prácticas, conocimientos, experiencias y oportunidades de los participantes.

Las alianzas pueden ser vistas como un conjunto de etapas que inician con la búsqueda, negociación, coordinación, comunicación, vinculación, aprendizaje y finalizan con la salida de la alianza (Wang & Rajagopalan, 2015). Por lo que las capacidades relacionales de las organizaciones para identificar aliados y oportunidades de colaboración juegan un rol importante en el desarrollo de ILC.

Más que las estructuras formales para la materialización de alianzas, el aspecto clave en las figuras de colaboración inter-organizacional son las estrategias para combinar los recursos y capacidades organizacionales para alcanzar ventajas competitivas sostenibles (Madhok & Tallman, 1998).

Gligor & Holcomb (2012) conceptualizan la integración a través de dos componentes: interacción y colaboración, entendidos como la comunicación entre áreas funcionales y la voluntad para trabajar mancomunadamente, respectivamente. Por lo que las prácticas de colaboración o alianzas entre organizaciones de la cadena de suministro conducen al desarrollo de ILC.

2.3. Competitividad y capacidades logísticas en cadenas de suministro

La expansión de los sistemas logísticos a escala continental y mundial junto con la creciente complejidad de los procesos asociados a estas operaciones ha aumentado la importancia del desarrollo de capacidades logísticas adecuadas para acceder a nuevos mercados e incrementar la competitividad (Rakovska, 2014).

En décadas pasadas se realizaron esfuerzos rudimentarios para identificar las dimensiones de las capacidades organizacionales que pueden ser fuentes de ventajas competitivas y explicar cómo las

combinaciones de recursos y competencias pueden ser desarrolladas y mantenidas (Teece et al., 1997). Sin embargo, ante la creciente complejidad de estos procesos se hace necesario buscar nuevas maneras de entender el origen de estas ventajas en el ámbito de múltiples organizaciones que interactúan en redes de valor y cadenas de suministro.

Mentzer et al. (2004) argumentan que la función logística provee a la organización de capacidades distintivas, como las capacidades de coordinación, que de mano con los recursos de organización, como su red de distribución y sus vínculos, ayuda a la firma a ofrecer productos únicos y servicios de calidad que llevan a la firma a alcanzar ventajas competitivas y posteriormente pueden ser extendidas a sus aliados y cadena de suministro.

Un mayor nivel de capacidades de la cadena de suministro otorga a las empresas que la componen una ventaja de información sobre los competidores al permitir el acceso e integrar conocimiento de múltiples fuentes a las que no podrían acceder de manera individual (Wu, Yeniyurt, Kim, & Cavusgil, 2006).

Por lo que el desarrollo de ILC parece estar ligado también con las practicas colaborativas y la competitividad.

3. RESULTADOS

El ámbito competitivo actual se ha desplazado del nivel de organizaciones individuales a cadenas de suministro, por lo que las organizaciones deben integrar sus capacidades logísticas con las de los miembros de su cadena de suministro (Gligor & Holcomb, 2014). La integración es un estado que existe entre los elementos internos organizacionales, que es necesario para alcanzar la unidad de esfuerzos requeridos para cumplir las metas organizacionales, contemplando el trabajo entre áreas funcionales, la estandarización y simplificación de procesos (Stank, Davis, & Fugate, 2005), influyendo directamente sobre el desempeño organizacional y los procesos operativos.

Gligor & Holcomb (2014) encuentran que la cooperación, coordinación y comunicación contribuyen directamente a la integración de las capacidades logísticas. Adicionalmente, de la revisión de la literatura se desprende que las ILC dependen también de las capacidades relacionales de las firmas.

Las capacidades logísticas son relacionales, relativas a la red logística y surgen como producto de procesos de aprendizaje inter-organizacional (Pfohl & Buse, 2000), que junto con la integración logística contribuyen a crear capacidades para vincular sistemas e interfaces operacionales para reducir redundancias y mantener la sincronización operacional (John T Mentzer et al., 2004), por lo que las ILC contribuyen a la competitividad y el mejoramiento del desempeño operacional de las organizaciones que las desarrollan.

Partiendo de estos aspectos, junto con la revisión realizada, la figura 1. resume las dimensiones que pueden conformar el constructo de ILC. Teniendo en cuenta que cada dimensión corresponde en si misma a un constructo separado que puede ser interpretado por un conjunto de variables manifiestas que requieren procesos de investigación profundos que permitan su determinación.

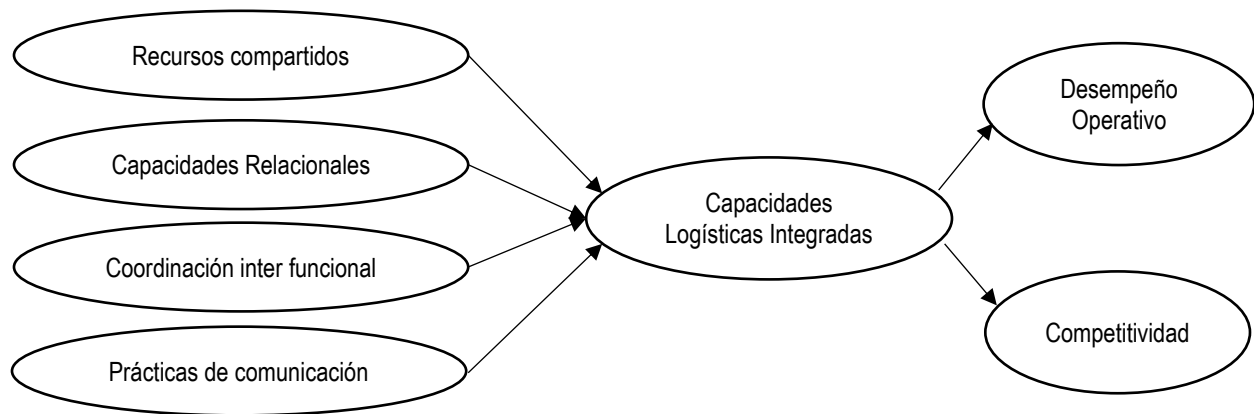


Figura 1. Categorías conceptuales del constructo de CLI

4. ANÁLISIS

Las ILC son conjuntos complejos de habilidades que resultan del desarrollo y unión de varias LC al interior de una organización y entre organizaciones que interactúan colaborativamente en cadenas de suministro (Gligor & Holcomb, 2014), por lo que su análisis implica la abstracción de varias categorías conceptuales de la teoría de logística y cadenas de suministro para proponer un constructo que permita su entendimiento.

Entre los elementos que permiten el entendimiento de las ILC están los que se derivan de las teorías de colaboración, coordinación e integración en cadenas de suministro, que permiten entender la manera en que las organizaciones interactúan en busca de lograr ventajas conjuntas en sus cadenas de suministro. Adicionalmente, la visión relacional de la firma permite identificar y explicar las capacidades relacionales de las firmas más allá de las explicaciones de la teoría de costos transaccionales, y la visión de la firma basada en recursos intenta explicar la manera en la que los recursos organizacionales pueden ser conducidos hacia el desarrollo de ventajas competitivas.

Aunque no existe un consenso en la definición del concepto de capacidades logísticas, los investigadores combinan conceptos de la teoría organizacional con la visión relacional de la firma para examinar como las capacidades logísticas ayudan a la firma a alcanzar sus objetivos estratégicos (Gligor & Holcomb, 2014), por lo que se requiere profundizar en los elementos que conforman el constructo de ILC.

5. DISCUSIÓN

Las capacidades logísticas integradas -ILC- representan un campo de investigación con gran potencial para contribuir al desarrollo del cuerpo teórico de la logística y explicar la manera en que los procesos logísticos influye sobre el desempeño de las organizaciones en el contexto de cadenas de suministro (J.T.

Mentzer & Kahn, 1995; John T Mentzer et al., 2004), ya que el entendimiento pleno del rol de la logística en la estrategia empresarial aún está en desarrollo (Sandberg & Abrahamsson, 2011).

La investigación en capacidades se ha centrado largamente en organizaciones, desconociendo el contexto de la cadena de suministro y su ambiente cambiante (Defee & Fugate, 2010), haciendo necesario el desarrollo de constructos que muestren la integración de capacidades entre múltiples organizaciones.

A pesar que la importancia de las capacidades logísticas siempre ha sido enfatizada, se sabe relativamente poco acerca de la naturaleza y relevancia empírica de estas capacidades organizacionales (Pfohl & Buse, 2000). Por lo que es importante verificar empíricamente la teoría de la firma basada en recursos y continuar examinando las relaciones entre capacidades y estrategias (Lynch, Keller, & Ozment, 2000).

Futuras investigaciones deben enfocarse en nuevas formas de operacionalizar el constructo de capacidades logísticas, tomando enfoques detallados (Zhao et al., 2001), y en la construcción de medidas para representar los constructos de capacidades logísticas y su verificación empírica (Esper et al., 2007).

Aunque aún no existe un consenso sobre su definición, medición o configuración, las ILC contribuyen al entendimiento de las estructuras colaborativas entre miembros de las cadenas de suministro de un mismo o diferentes niveles de la cadena, por lo que su investigación contribuye a determinar la viabilidad y naturaleza de las alianzas estratégicas u operacionales, así como sus posibles efectos (John T Mentzer, Min, & Zacharia, 2000).

Referencias

- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <http://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Day, G. S. (1994). The Capabilities of Market-Driven Organizations. *Journal of Marketing*, 58(4), 37. <http://doi.org/10.2307/1251915>
- Defee, C. C., & Fugate, B. S. (2010). Changing perspective of capabilities in the dynamic supply chain era. *International Journal of Logistics Management*, 21(2), 180–206. <http://doi.org/10.1108/09574091011071915>
- Dunn, S., Seaker, R., & Waller, M. (1994). Latent variables in business logistics research: Scale development and validation. *Journal of Business Logistics*, 15(2), 145–172.
- Dyer, J. H. ., & Singh, H. (1998). The Relational View : Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage. *Academy of Management Review*, 23(4), 660–679.
- Eisenhardt, K. M., & Schoonhoven, C. B. (1996). Resource-based View of Strategic Alliance Formation: Strategic and Social Effects in Entrepreneurial Firms. *Organization Science*, 7(2), 136–150. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0030533217&partnerID=40&md5=fb4dd581c3d23dae03fcda4ab222b880>
- Esper, T. L., Fugate, B. S., & Davis-Sramek, B. (2007). Logistics Learning Capability: Sustaining the Competitive Advantage Gained Through Logistics Leverage -. *Journal of Business Logistics : JBL*, 28(2).
- Gligor, D. M., & Holcomb, M. C. (2012). Understanding the role of logistics capabilities in achieving supply chain agility: A systematic literature review. *Supply Chain Management*, 17(4), 438–453. <http://doi.org/10.1108/13598541211246594>
- Gligor, D. M., & Holcomb, M. C. (2014). Antecedents and consequences of integrating logistics capabilities across the supply chain. *Transportation Journal*, 53(2), 211–234. <http://doi.org/10.1353/tnp.2014.0014>
- Grant, R. M. (1996). Prospering in Dynamically-competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration. *Organization Science*, 7(4), 13. <http://doi.org/10.1287/orsc.7.4.375>
- Kogut, B. (1991). Joint Ventures and the Option to Expand and Acquire. *Management Science*, 37(1), 19–33. <http://doi.org/10.1287/mnsc.37.1.19>

- Kovács, G., & Spens, K. M. (2005). Abductive reasoning in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(2), 132–144. <http://doi.org/10.1108/09600030510590318>
- Lorenzoni, G., & Lipparini, A. (1999). The leveraging of interfirm relationships as a distinctive organizational capability: A longitudinal study. *Strategic Management Journal*, 20(4), 317–338. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199904\)20:4<317::AID-SMJ28>3.0.CO;2-3](http://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199904)20:4<317::AID-SMJ28>3.0.CO;2-3)
- Lynch, D. F., Keller, S. B., & Ozment, J. (2000). The Effects of Logistics Capabilities and Strategy on Firm Performance. *Journal of Business Logistics*, 21(2), 47–67.
- Madhok, A., & Tallman, S. B. (1998). Resources, transactions and rents: Managing value through interfirm collaborative relationships. *Organization Science*, 9(3), 326–339. <http://doi.org/10.1287/orsc.9.3.326>
- Mentzer, J. T., & Kahn, K. B. (1995). A framework of logistics research. *Journal of Business Logistics*, 16(1), 231–250.
- Mentzer, J. T., Min, S., & Bobbitt, L. M. (2004). Toward a unified theory of logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(8), 606–627. <http://doi.org/10.1108/09600030410557758>
- Mentzer, J. T., Min, S., & Zacharia, Z. G. (2000). The nature of interfirm partnering in supply chain management. *Journal of Retailing*, 76(4), 549–568. [http://doi.org/10.1016/S0022-4359\(00\)00040-3](http://doi.org/10.1016/S0022-4359(00)00040-3)
- Morash, E. A., Dröge, C. L. M., & Vickery, S. K. (1996). Strategic Logistics Capabilities for Competitive Advantage and Firm Success. *Journal of Business Logistics: JBL*, 17(1).
- Pfohl, H.-C., & Buse, H. P. (2000). Inter-organizational logistics systems in flexible production networks: An organizational capabilities perspective. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30(5), 388–408. <http://doi.org/10.1108/09600030010336153>
- Rakovska, M. (2014). Logistics aspects of firms' capabilities to increase international competitiveness. *Business Logistics in Modern Management*, 14, 123–129.
- Sandberg, E., & Abrahamsson, M. (2011). Logistics capabilities for sustainable competitive advantage. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 14(1), 61–75. <http://doi.org/10.1080/13675567.2010.551110>
- Stank, T. P., Davis, B. R., & Fugate, B. S. (2005). A Strategic Framework for Supply Chain Oriented Logistics. *Journal of Business Logistics*, 26(2), 27–46. <http://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2005.tb00204.x>
- Stank, T. P., & Lackey, Charles W, J. (1997). Enhancing performance through logistical capabilities in Mexican maquiladora firms. *Journal of Business Logistics*, 18(1), 91–123.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-Smj882>3.0.CO;2-Z](http://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-Smj882>3.0.CO;2-Z)
- Wang, Y., & Rajagopalan, N. (2015). Alliance Capabilities: Review and Research Agenda. *Journal of Management*, 41(1), 236–260. <http://doi.org/10.1177/0149206314557157>
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171–180. <http://doi.org/10.1002/smj.4250050207>
- Wu, F., Yenyurt, S., Kim, D., & Cavusgil, S. T. (2006). The impact of information technology on supply chain capabilities and firm performance: A resource-based view. *Industrial Marketing Management*, 35, 493–504. <http://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.05.003>
- Zhao, M., Dröge, C., & Stank, T. P. (2001). The effects of logistics capabilities on firm performance: customer-focused versus information-focused capabilities. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 91–107. <http://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00005.x>

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia, el grupo de investigación Sepro y los organizadores del evento.

Copyright Statement

Copyright © 2017 Delio Alexander Balcázar Camacho y Wilson Adarme Jaimés: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LAS FASES DE ENTREGA Y UTILIZACIÓN DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DE JUEGOS DE SUERTE Y AZAR: UNA REVISIÓN

Diego Alejandro Quintero Ríos, Silvia Teresa Morales-Gualdrón.

Administrador de Empresas, Estudiante Maestría en Gerencia de Proyectos; Universidad de Antioquia; Ph.D. en Dirección de Empresas, Ingeniera Industrial. Profesora asociada, Grupo de Investigación en Finanzas, Emprendimiento y Gestión Organizacional y del Grupo Ingeniería y Sociedad, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
diegoa.quintero@udea.edu.co; silvia.morales@udea.edu.co

Resumen

Los factores críticos de éxito en la gestión de proyectos han sido analizados tradicionalmente con un enfoque global, siendo escasos los estudios que exploran las particularidades de cada etapa de su ciclo de vida. El objetivo de este trabajo es identificar los factores críticos de éxito de las etapas de entrega y operación de un proyecto; teniendo como marco de referencia las empresas del sector de juegos de suerte y azar. A través de una revisión de literatura en las bases de datos Scopus y Science Direct se identificaron inicialmente 37 factores que pueden incidir en el éxito de un proyecto en las etapas de entrega y operación; de los cuales sólo 27 factores tendrían aplicación en el sector de interés. Finalmente, se sintetizaron los hallazgos en un modelo conformado por siete categorías: Eficiencia del proyecto, Realización de beneficios, Satisfacción de los interesados, Comunicación, Entorno estratégico del proyecto, Equipo del Proyecto y Entorno externo del proyecto.

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha elevado el uso de los proyectos como herramientas de gestión de todo tipo de organizaciones. De allí se deriva el creciente interés por la gestión de proyectos y por establecer cuáles son los factores, prácticas y criterios que pueden incidir en el éxito de los mismos (Al-Tmeemy, Abdul-Rahman, & Harun, 2011; Atkinson, 1999; Berssaneti & Carvalho, 2015; Cooke-Davies, 2002; Joslin & Müller, 2016; Lim & Mohamed, 1999; Shenhar, Dvir, Levy, & Maltz, 2001) con el fin de optimizar la asignación de recursos y obtener los mejores resultados posibles.

Al analizar los factores que inciden en el éxito del proyecto y los que inciden en la gerencia del proyecto, se encuentra que el éxito en la gestión de proyectos, se ha medido tradicionalmente evaluando el logro de la eficiencia, a través del denominado Triángulo de hierro (Tiempo, Costo y Calidad) (Atkinson, 1999). Por otra parte, el éxito del proyecto se considera un concepto más amplio ya que más allá del alcance de la triple restricción se debe tener en cuenta el impacto del proyecto en la organización (Serrador & Pinto, 2015) y contemplar todas las etapas de un proyecto, desde la concepción hasta el cierre. No obstante, el éxito del proyecto generalmente es analizado de una forma global para todo el ciclo de vida del proyecto (Berssaneti & Carvalho, 2015; Chou & Pramudawardhani, 2015; Cserhádi

& Szabó, 2014; Wan & Ramly, 2006) y no para cada una de sus etapas (Yalegama, Chileshe, & Ma, 2016).

Por otra parte, a pesar de que existen criterios y factores de éxito comunes a diferentes tipos de proyectos, hay algunos factores que aplican únicamente a sectores particulares (Cserhádi & Szabó, 2014) y, por lo tanto, es interesante el estudio de los mismos teniendo en cuenta esta segmentación. En el caso colombiano, por ejemplo, uno de los sectores en los cuales se está implementando la estrategia trabajo por proyectos para el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos/servicios y mejoramiento de procesos internos de forma reciente, es el sector de Juegos de Suerte de Azar (JSA), específicamente en la región de Antioquia. Allí se ha identificado que la estructuración y formalización del área de gestión de proyectos ha favorecido el desempeño en la gestión de los proyectos, especialmente en las tres primeras etapas del ciclo de vida, es decir en la concepción, la planeación y producción, cumpliendo en general lo planteado por el triángulo de hierro (tiempo, costo y calidad). No obstante, cuando se pasa a las fases de entrega y utilización, no siempre se logra tener el éxito deseado y se requiere un análisis profundo sobre estas etapas.

Al revisar la literatura se identifica que la mayoría de estudios se centran en el sector de la construcción y el de desarrollo de software (Al-Tmeemy et al., 2011; Bao, Peng, Ablanedo-Rosas, & Gao, 2015; Chou & Pramudawardhani, 2015; Demirkesen & Arditi, 2015; Diez-silva, Pérez-ezcurdia, Ramos, & Montes-Guerra, 2012; Duffield & Whitty, 2015; Heravi, Coffey, & Trigunarsyah, 2015; Morales, Corredor, Paba, & Pacheco, 2014; Pantoja, Collazos, & Penichet, 2013; Serrador & Pinto, 2015; Stettina & Hörz, 2015; Tunon, Jaen, & Coronado, 2005; Wateridge, 1998; Yu & Leung, 2015) siendo una minoría los dedicados a otros segmentos, tales como: el sector público, proyectos de ingeniería, consultoría y fabricación de bienes y equipos.

Debido a lo anterior, se considera pertinente ahondar en la identificación de los factores que inciden en el éxito de los proyectos en las fases de entrega y operación a partir de una revisión crítica de la literatura, a partir del cual se propone un modelo conceptual que servirá de base para el análisis de esta temática en futuros estudios para el sector de JSA.

1.1 Éxito del proyecto y la gestión de proyectos.

La definición de éxito no es sencilla de construir. Está condicionada por los diferentes tipos de proyectos, perspectivas, etapas y, además, puede definirse en términos absolutos o relativos (Carvalho, Patah, & Souza, 2015) Debido a esto, se puede decir que el éxito es un constructo multidimensional (Joslin & Müller, 2015).

Para Turner & Müller, (2005) el éxito es una visión parcializada que depende de quién lo esté evaluando y del momento en el cual se haga la evaluación. El éxito del proyecto dependerá del logro de los objetivos para los cuales fue concebido y de lo que esperan los interesados (Wan & Ramly, 2006). En consecuencia, es recomendable definir los criterios de éxito con los interesados antes de comenzar el proyecto para incrementar su probabilidad de éxito. Aun así esto no garantiza el éxito (Serrador & Turner, 2014).

El éxito de un proyecto incluye, en el corto plazo, el éxito de la gestión de proyectos a través del Triángulo de hierro y, a largo plazo, el logro de los resultados deseados (eficacia) (Ika, 2015; Serrador & Turner, 2014) y el impacto del proyecto en la organización (Serrador & Pinto, 2015). Adicionalmente, esta visión holística de la forma de medir el éxito se ha vuelto más evidente (Jugdev & Müller, 2005) puesto que el enfoque está en el impacto en la organización más que en el alcance de la triple restricción (Serrador & Pinto, 2015).

Para comprender lo que es el éxito en el proyecto es necesario medirlo y definirlo en término de los criterios o factores de éxito (Joslin & Müller, 2016; Turner & Müller, 2005). Los factores de éxito son esos elementos que, aplicados durante el ciclo de vida del proyecto, incrementan las probabilidades de éxito (Joslin & Müller, 2016). Estos factores al igual que la concepción de éxito varían según el tipo de proyecto, las etapas del ciclo de vida, la industria, entre otros (Yalegama et al., 2016).

1.2 Ciclo de vida del proyecto.

Existen varias propuestas sobre el ciclo de vida de los proyectos y sus etapas. Para el desarrollo de este trabajo se adoptó la visión de seis etapas propuesta por Munns & Bjeirmi (1996), debido a que ésta es estratégica dentro de la gestión de proyectos, porque logra una conexión clara entre el uso del producto desarrollado por el proyecto y el beneficio organizacional (Jugdev & Müller, 2005).

Los proyectos inician su proceso con el surgimiento de la idea y la formulación del proyecto, en una etapa conocida como Concepción (Conception). Posteriormente, pasan a una etapa de Planeación (Planning) en la cual se define el método para alcanzar la idea original y se diseña la ruta a desarrollar; seguido de lo cual entran en la etapa de Producción (Production) donde los planes se convierten en realidad, en esta etapa se desarrolla el producto o servicio solicitado por el cliente. Seguidamente, los proyectos continúan con la etapa de Entrega (Handover), en ésta el producto pasa al cliente para que verifique que lo entregado cumpla con lo solicitado; el producto final pasa a la etapa de Utilización (Utilisation) donde el cliente hace uso del entregable del proyecto y, durante un tiempo definido, el gestor del proyecto acompaña al cliente, conoce la interacción del cliente con el producto y se obtiene una evaluación del proyecto más completa. Para finalizar, los proyectos pasan a la etapa de Cierre (Closedown) donde se desmantela y se da por terminado el ciclo de vida del proyecto (Munns & Bjeirmi, 1996) El desarrollo de todas las etapas, de una forma conjunta y armonizada determinará el éxito o fracaso del proyecto.

2 MÉTODOS

Para identificar los factores de éxito en las etapas de entrega y utilización se realizó una búsqueda de documentos bajo los términos: “Project success”, “Project Success factors”, “Project Handover”, “Project delivery”, “Project Utilization”, “Project lifecycle”, “Critical Success Factors”, “Éxito de proyectos” y “Factores críticos de éxito”; empleando las bases de datos Scopus y Science Direct. Se encontraron inicialmente 83 artículos, de los cuales, se descartaron 44 documentos debido a que no incluían la identificación y/o definición de

factores de éxito. A continuación se describen los resultados del análisis de los 39 artículos restantes.

3 RESULTADOS Y ANALISIS

En la revisión de literatura se identificaron 37 factores de éxito aplicables a las etapas de entrega y utilización de cualquier proyecto (Tabla 1). De estos factores se consideran que solo 27 tendrían aplicación en el sector de JSA, eliminando aquellos relacionados con las Asociaciones Público Privadas. Se propone que estos 27 factores pueden agruparse en un modelo de siete categorías: *Eficiencia del proyecto*, *Realización de beneficios*, *Comunicación en el proyecto*, *Entorno estratégico del proyecto*, *Prácticas gerenciales en proyectos*, *equipo del proyecto* y *entorno externo del proyecto*.

La primera dimensión que incide en el éxito de un proyecto ha sido denominada *Eficiencia del proyecto* y está conformada por el factor del mismo nombre y el factor comienzo-fin eficiente. Como se mencionó anteriormente, la eficiencia hace referencia al cumplimiento de la triple restricción (tiempo, presupuesto y requerimientos); estos aspectos también deben conservarse en las etapas de Entrega y utilización, garantizando así el logro de los objetivos del proyecto y la satisfacción de los interesados.

En la segunda dimensión, *Realización de beneficios*, se encuentran los factores: Realización de beneficios, satisfacción de los interesados y aceptación del producto terminado. En este grupo se incluyeron aquellos que determinan el éxito del proyecto en la consecución de sus objetivos ya sea de generación de mercado, ROI, uso del producto final, satisfacción de los interesados, etc. Este grupo de factores es relevante en las etapas de entrega y utilización porque solo en esta parte del ciclo de vida del proyecto será posible saber si se cumplieron las expectativas de los interesados y si están satisfechos con el desempeño del proyecto. En definitiva, este grupo busca agrupar los elementos orientados al éxito comercial del proyecto y que tienen un impacto visible para los interesados.

En la tercera dimensión, *Prácticas gerenciales*, se encuentran: la madurez en la gestión de proyectos, gobernanza del proyecto, complejidad del proyecto, aspectos técnicos del proyecto, monitoreo/control, método de implementación y el entrenamiento. Estos factores hacen referencia a prácticas gerenciales y al nivel de implementación de las mismas en los proyectos y en la organización madre de los mismos. Estas prácticas son transversales a todo el ciclo de vida del proyecto y juegan un papel relevante en las etapas de entrega y utilización por que buscan que todo el personal conozca el producto final generado por el proyecto, los beneficios que éste genera para la organización y para quienes la integran. Estas prácticas gerenciales están enfocadas en mantener un orden en el uso de los recursos, realizar un seguimiento a los resultados para saber si éstos se ajustan a lo proyectado, establecer el mejor método de implementación acorde a las necesidades del cliente, la complejidad del proyecto y las condiciones de la empresa y, por último, determinar las medidas de control y monitoreo necesarios para identificar los inconvenientes que se puedan presentar en estas dos etapas y poder tomar acciones pertinentes para encauzar el desarrollo del proyecto y lograr los objetivos propuestos.

La cuarta dimensión, *Comunicación*; agrupa cuatro aspectos: comunicación, relación cliente-usuario final, gestión de interesados y capacidades de transferencia. La comunicación es un elemento clave que facilitará la relación con los clientes, la gestión de los interesados y las capacidades de transferencia. Desde el comienzo del proyecto es necesario identificar todos los grupos interesados y gestionarlos adecuadamente; así, en las etapas de entrega y utilización es más probable que se cuente con su apoyo para impulsar el producto final desarrollado por el proyecto.

El *Entorno estratégico del proyecto*, es la quinta dimensión y está formada por: apoyo de la alta gerencia, planeación/formulación, toma de decisiones, ajuste estratégico, preparación para el futuro y adaptabilidad a los cambios. Estos factores están relacionados con aspectos estratégicos como son: el apoyo de la alta gerencia o la planeación/formulación, donde se define el ajuste estratégico del proyecto. El proceso de toma de decisiones que, en el sector seleccionado es de arriba hacia abajo.

También se incluyeron en esta dimensión los aspectos que apuntan a la estrategia de la organización (misión, visión y objetivos estratégicos) como son la preparación para el futuro y la adaptabilidad a los cambios. En el caso del sector de JSA este factor es importante, por cuanto, durante los últimos años, estas empresas han tenido un estancamiento en el crecimiento de su mercado, por lo que han optado por el desarrollo de nuevos proyectos que les permitan mantener una línea de crecimiento en los beneficios para todos los interesados. Esto solo será posible si los proyectos se ajustan al marco estratégico de la organización y, claro, si la estrategia definida es la adecuada para las capacidades de la empresa. El entorno estratégico es importante en las etapas de entrega y utilización por que define el marco que permitirá determinar si el proyecto fue exitoso o no desde el punto de vista de la organización.

La sexta dimensión es el “*Equipo de proyecto*” e incluye: las habilidades del personal y la definición de roles y responsabilidades. Contar con un equipo de proyecto con las habilidades requeridas para su ejecución es importante en las etapas de entrega y utilización, para que se los productos sean entregados de manera correcta al cliente y se le brinde el acompañamiento necesario en todo el proceso de utilización. Los equipos de proyectos están compuestos por equipos multidisciplinarios y de varias áreas de la empresa, siendo éste el caso de los proyectos desarrollados en el sector de JSA. Muchas veces el equipo del proyecto se desintegra al terminar la entrega y no se establecen responsabilidades en la utilización lo que dificulta la respuesta ante problemas que se puedan presentar en estas etapas, por esta razón es importante definir con antelación los roles y responsabilidades en la entrega y utilización del proyecto.

La última dimensión es el *Entorno Externo del proyecto* y está compuesto por: entorno del proyecto, control del gobierno y responsabilidad compartida. Todo proyecto, como toda organización, se ve afectado por el entorno externo. En especial en las etapas de entrega y utilización para un sector como el de JSA, donde los proyectos se desarrollan de forma interna y es en el proceso de implementación que se dan a conocer al usuario final. Por otra parte, esta es una industria con una regulación especial por parte del gobierno, y por tanto, este aspecto debe ser considerado y gestionado en el desarrollo de cualquier proyecto.

Tabla 1. Factores de Éxito

Factor	Autor (es)
1. Realización de beneficios	(Badewi, 2016; Carvalho et al., 2015; Cserhádi & Szabó, 2014; Davis, 2014, 2016; Ghazimoradi, Kheyroddin, & Rezayfar, 2016; Joslin & Müller, 2016; Mir & Pinnington, 2014; Patanakul, 2015; Rodríguez-Segura, Ortiz-Marcos, Romero, & Tafur-Segura, 2016; Serrador & Pinto, 2015; Serrador & Turner, 2014; Shenhar, Levy, & Dvir, 1997; Smyth & Lecoeuvre, 2015; Williams, Ashill, Naumann, & Jackson, 2015)
2. Eficiencia del Proyecto	(Atkinson, 1999; Badewi, 2016; Carvalho et al., 2015; Cserhádi & Szabó, 2014; Davis, 2014, 2016; Dvir, Lipovetsky, Shenhar, & Tishler, 1998; Ghazimoradi et al., 2016; Haverila & Fehr, 2016; Joslin & Müller, 2016; Mir & Pinnington, 2014; Pinto & Slevin, 1987; Rodríguez-Segura et al., 2016; Serrador & Pinto, 2015; Serrador & Turner, 2014; Shenhar et al., 1997; Westerveld, 2003)
3. Satisfacción de los interesados	(Cserhádi & Szabó, 2014; Davis, 2014, 2016; Dvir et al., 1998; Ghazimoradi et al., 2016; Haverila & Fehr, 2016; Joslin & Müller, 2016; Mir & Pinnington, 2014; Pinto & Slevin, 1987; Rodríguez-Segura et al., 2016; Serrador & Pinto, 2015; Serrador & Turner, 2014; Shenhar et al., 1997; Westerveld, 2003; Williams et al., 2015)
4. Planeación / Formulación del proyecto	(Chih & Zwikael, 2015; Davis, 2014; Dvir, Raz, & Shenhar, 2003; Ghazimoradi et al., 2016; Ika, 2015; Pinto & Slevin, 1987; Serrador & Pinto, 2015; Williams et al., 2015; Yalegama et al., 2016; Zwikael, Pathak, Singh, & Ahmed, 2014)
5. Habilidades del personal	(Davis, 2014, 2016; Gallego & Hernández, 2015; Ika, 2015; Khan & Rasheed, 2015; Mazur, Pisarski, Chang, & Ashkanasy, 2014; Serrador & Pinto, 2015; Westerveld, 2003)
6. Ajuste Estratégico	(Chih & Zwikael, 2015; Davis, 2016; Ghazimoradi et al., 2016; Ika, 2015; Patanakul, 2015; Petro & Gardiner, 2015; Pinto & Slevin, 1987; Westerveld, 2003; Yalegama et al., 2016)
7 Comunicación	(Badewi, 2016; Cserhádi & Szabó, 2014; Davis, 2014, 2016; Gallego & Hernández, 2015; Liu, Wang, & Wilkinson, 2016; Pinto & Slevin, 1987; Yu & Leung, 2015)
8. Gobernanza	(Badewi, 2016; Carvalho et al., 2015; Ika, 2015; Joslin & Müller, 2015; Liu et al., 2016; Rodríguez-Segura et al., 2016)
9. Toma de decisiones	(Chou & Pramudawardhani, 2015; Liu et al., 2016; Patanakul, 2015; Smyth & Lecoeuvre, 2015; Yalegama et al., 2016; Yu & Leung, 2015)
10. Recursos del proyecto	(Berssaneti & Carvalho, 2015; Carvalho et al., 2015; Cserhádi & Szabó, 2014; Gallego & Hernández, 2015; Yalegama et al., 2016)
11. Madurez en la gestión de proyectos	(Berssaneti & Carvalho, 2015; Carvalho et al., 2015; Cooke-Davies, 2002; Cserhádi & Szabó, 2014; Joslin & Müller, 2015; Liu et al., 2016; Pinto & Slevin, 1987; Westerveld, 2003; Yalegama et al., 2016)
12. Monitoreo / Control	(Badewi, 2016; Carvalho et al., 2015; Davis, 2016; Ika, 2015; Pinto & Slevin, 1987; Yalegama et al., 2016)

13. Apoyo de la alta gerencia	(Berssaneti & Carvalho, 2015; Chih & Zwikael, 2015; Davis, 2014; Pinto & Slevin, 1987; Yalegama et al., 2016)
14. Preparación para el futuro	(Ghazimoradi et al., 2016; Joslin & Müller, 2016; Mir & Pinnington, 2014; Rodríguez-Segura et al., 2016; Shenhar et al., 1997)
15. Entrenamiento	(Carvalho et al., 2015; Ika, 2015; Khan & Rasheed, 2015; Yalegama et al., 2016)
16. Relación cliente – Usuario Final	(Davis, 2016; Pinto & Slevin, 1987; Rodríguez-Segura et al., 2016; Williams et al., 2015)
17. Entorno del Proyecto	(Ghazimoradi et al., 2016; Ika, 2015; Rodríguez-Segura et al., 2016)
18. Complejidad del proyecto	(Carvalho et al., 2015; Gallego & Hernández, 2015; Serrador & Pinto, 2015)
19. Soporte del gobierno	(Chou & Pramudawardhani, 2015; Liu et al., 2016; Yu & Leung, 2015)
20. Impacto del proyecto	(Ika, 2015; Joslin & Müller, 2016; Patanakul, 2015)
21. Capacidades de transferencia	(Williams et al., 2015; Zhao, Zuo, & Deng, 2015)
22. Gestión de los interesados	(Mazur et al., 2014; Westerveld, 2003; Yu & Leung, 2015)
23. Aspectos técnicos del proyecto	(Davis, 2016; Pinto & Slevin, 1987; Yu & Leung, 2015)
24. Aceptación del producto terminado	(Davis, 2014; Ghazimoradi et al., 2016; Pinto & Slevin, 1987)
25. Adaptabilidad a los cambios	(Ghazimoradi et al., 2016; Patanakul, 2015)
26. Cultura organizacional	(Cserháti & Szabó, 2014; Ghazimoradi et al., 2016)
27. Método de implementación	(Yalegama et al., 2016)
28. Estabilidad macroeconómica	(Chou & Pramudawardhani, 2015)
29. Responsabilidad compartida	(Chou & Pramudawardhani, 2015)
30. Estabilidad política y social	(Chou & Pramudawardhani, 2015)
31. Visibilidad del proyecto	(Patanakul, 2015)
32. Impacto en el equipo del proyecto	(Mir & Pinnington, 2014)
33. Definición de roles y responsabilidades	(Gallego & Hernández, 2015)
34. Coordinación	(Ika, 2015)
35. Nivel de innovación	(Heising, 2012)
36. Comienzo-fin eficiente	(Heising, 2012)
37. Seguridad	(Ghazimoradi et al., 2016)

4 CONCLUSIONES

Son múltiples los factores que pueden incidir en el éxito de un proyecto. No obstante, estos factores pueden influir en cada una de las etapas de ciclo de vida de los proyectos con diferentes niveles de intensidad, los cuales están ligados a los grupos de interesados participantes en las mismas. A partir de la revisión de literatura se encontraron factores que inciden en las etapas de entrega y utilización en proyectos en el sector de JSA y se propone un modelo compuesto por siete dimensiones, a saber: *Eficiencia del proyecto, Realización de beneficios, Prácticas gerenciales en proyectos, Comunicación en el proyecto, Entorno estratégico del proyecto, Equipo del proyecto y Entorno externo del proyecto*; las cuales se constituyen en una guía para el desarrollo de proyectos empíricos en esta importante temática, dado que requiere ser validados. Por otra parte, este modelo ha sido planteado para el sector de JSA, no obstante, puede ser ampliado y aplicado en otros segmentos, dadas las diferencias evidenciadas en la literatura que pueden generarse, especialmente en las etapas de entrega y utilización.

Referencias

- Al-Tmeemy, S. M. H. M., Abdul-Rahman, H., & Harun, Z. (2011). Future criteria for success of building projects in Malaysia. *International Journal of Project Management*, 29(3), 337–348. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.03.003>
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), 337–342. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)
- Badewi, A. (2016). The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework. *International Journal of Project Management*, 34(4), 761–778. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.05.005>
- Bao, H., Peng, Y., Ablanado-Rosas, J. H., & Gao, H. (2015). An alternative incomplete information bargaining model for identifying the reasonable concession period of a BOT project. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1151–1159. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.12.004>
- Berssaneti, F. T., & Carvalho, M. M. (2015). Identification of variables that impact project success in Brazilian companies. *International Journal of Project Management*, 33(3), 638–649. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.07.002>
- Carvalho, M. M. de, Patah, L. A., & Souza, D. de. (2015). Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry comparisons. *International Journal of Project Management*, 33(7), 1509–1522. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.04.004>
- Chih, Y. Y., & Zwikael, O. (2015). Project benefit management: A conceptual framework of target benefit formulation. *International Journal of Project Management*, 33(2), 352–362. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.06.002>
- Chou, J.-S., & Pramudawardhani, D. (2015). Cross-country comparisons of key drivers, critical success factors and risk allocation for public-private partnership projects. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1136–1150. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.12.003>
- Cooke-Davies, T. (2002). The “real” success factors on projects. *International Journal of Project Management*, 20(3), 185–190. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00067-9](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00067-9)
- Cserhádi, G., & Szabó, L. (2014). The relationship between success criteria and success factors in organisational event projects. *International Journal of Project Management*, 32(4), 613–624. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.08.008>
- Davis, K. (2014). Different stakeholder groups and their perceptions of project success. *International Journal of Project Management*, 32(2), 189–201. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.02.006>
- Davis, K. (2016). A method to measure success dimensions relating to individual stakeholder groups. *International Journal of Project Management*, 34(3), 480–493. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.12.009>

- Demirkesen, S., & Arditi, D. (2015). Construction safety personnel’s perceptions of safety training practices. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1160–1169. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.007>
- Diez-silva, H. M., Pérez-ezcurdia, M. A., Ramos, F. N., & Montes-Guerra, M. I. (2012). Medición del desempeño y éxito en la dirección Perspectiva del Manager público. *Revista EAN*, 73, 60–79.
- Duffield, S., & Whitty, S. J. (2015). Developing a systemic lessons learned knowledge model for organisational learning through projects. *International Journal of Project Management*, 33(2), 311–324. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.07.004>
- Dvir, D., Lipovetsky, S., Shenhar, A., & Tishler, A. (1998). In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. *Research Policy*, 27(9), 915–935. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00085-7](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00085-7)
- Dvir, D., Raz, T., & Shenhar, A. J. (2003). An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. *International Journal of Project Management*, 21(2), 89–95. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00012-1](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00012-1)
- Gallego, M., & Hernández, J. (2015). Identificación de factores que permitan potencializar el éxito de proyectos de desarrollo de software. *Scientia et Technica*, 20(0122–1701), 70–79.
- Ghazimoradi, M., Kheyroddin, A., & Rezaifar, O. (2016). Diagnosing the success of the construction projects during the initial phases. *Decision Science Letters*, 5(3), 395–406. <http://doi.org/10.5267/j.dsl.2016.2.002>
- Haverila, M. J., & Fehr, K. (2016). The impact of product superiority on customer satisfaction in project management. *International Journal of Project Management*, 34(4), 570–583. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.007>
- Heising, W. (2012). The integration of ideation and project portfolio management - A key factor for sustainable success. *International Journal of Project Management*, 30(5), 582–595. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.014>
- Heravi, A., Coffey, V., & Trigunarysah, B. (2015). Evaluating the level of stakeholder involvement during the project planning processes of building projects. *International Journal of Project Management*, 33(5), 985–997. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.12.007>
- Ika, L. A. (2015). Opening the black box of project management: Does World Bank project supervision influence project impact? *International Journal of Project Management*, 33(5), 1111–1123. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.005>
- Joslin, R., & Müller, R. (2015). Relationships between a project management methodology and project success in different project governance contexts. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1377–1392. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.005>
- Joslin, R., & Müller, R. (2016). The relationship between project success and project efficiency. *Project Management Journal*, 34(1), 613–626. <http://doi.org/10.1002/pmj.21468>
- Jugdev, K., & Müller, R. (2005). A Retrospective Look At Our Evolving Understanding of project Success. *Project Management Journal*, 36, 19–32. <http://doi.org/10.1109/EMR.2006.261387>
- Khan, A. S., & Rasheed, F. (2015). Human resource management practices and project success, a moderating role of Islamic Work Ethics in Pakistani project-based organizations. *International Journal of Project Management*, 33(2), 435–445. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.08.006>
- Lim, C. S., & Mohamed, M. Z. (1999). Criteria of project success: an exploratory re-examination. *International Journal of Project Management*, 17(4), 243–248. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00040-4](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00040-4)
- Liu, T., Wang, Y., & Wilkinson, S. (2016). Identifying critical factors affecting the effectiveness and efficiency of tendering processes in Public–Private Partnerships (PPPs): A comparative analysis of Australia and China. *International Journal of Project Management*, 34(4), 701–716. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.01.004>
- Mazur, A., Pisarski, A., Chang, A., & Ashkanasy, N. M. (2014). Rating defence major project success: The role of personal attributes and stakeholder relationships. *International Journal of Project Management*, 32(6), 944–957. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.018>
- Mir, F. A., & Pinnington, A. H. (2014). Exploring the value of project management: Linking Project Management Performance and Project Success. *International Journal of Project Management*, 32(2), 202–217. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.012>
- Morales, S., Corredor, L., Paba, J., & Pacheco, L. (2014). Etapas de desarrollo de un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas: Contexto y criterios básicos de implementación. *DYNA (Colombia)*, 81(184), 178–185.
- Munns, A., & Bjeirmi, B. (1996). The role of project management in achieving project success. *International*

- Journal of Project Management*, 14(2), 81–87. [http://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00057-7](http://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00057-7)
- Pantoja, W. L., Collazos, C. A., & Penichet, V. M. (2013). Entorno Colaborativo De Apoyo a La Mejora De Procesos De Software En Pequeñas Organizaciones De Software. *DYNA (Colombia)*, 80, 40–48.
- Patanakul, P. (2015). Key attributes of effectiveness in managing project portfolio. *International Journal of Project Management*, 33(1), 1084–1097. <http://doi.org/10.1109/TEM.2012.2199993>
- Petro, Y., & Gardiner, P. (2015). An investigation of the influence of organizational design on project portfolio success, effectiveness and business efficiency for project-based organizations. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1717–1729. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.08.004>
- Pinto, J. K., & Slevin, D. P. (1987). Critical success factors in effective project implementation. *Engineering Management, IEEE Transactions, EM-34*, 167–190. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1002/9780470172353.ch20>
- Rodríguez-Segura, E., Ortiz-Marcos, I., Romero, J. J., & Tafur-Segura, J. (2016). Critical success factors in large projects in the aerospace and defense sectors. *Journal of Business Research*, 69(11), 5419–5425. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.148>
- Serrador, P., & Pinto, J. K. (2015). Does Agile work? — A quantitative analysis of agile project success. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1040–1051. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.006>
- Serrador, P., & Turner, J. R. (2014). The Relationship between Project Success and Project Efficiency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 75–84. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.011>
- Shenhar, A. J., Dvir, D., Levy, O., & Maltz, A. C. (2001). Project Success: A Multidimensional Strategic Concept. *Long Range Planning*, 34(6), 699–725. [http://doi.org/10.1016/S0024-6301\(01\)00097-8](http://doi.org/10.1016/S0024-6301(01)00097-8)
- Shenhar, A. J., Levy, O., & Dvir, D. (1997). Mapping the dimensions of projects success. *Project Management Journal*, 28(2), 5–13.
- Smyth, H., & Lecoeuvre, L. (2015). Differences in decision-making criteria towards the return on marketing investment: A project business perspective. *International Journal of Project Management*, 33(1), 29–40. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.005>
- Stettina, C. J., & Hörz, J. (2015). Agile portfolio management: An empirical perspective on the practice in use. *International Journal of Project Management*, 33(1), 140–152. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.008>
- Tunon, E., Jaen, J. A., & Coronado, S. (2005). A Case Study On Successful IS Project Management; The Quadruple Constraint as the Root for Project Success. In *The International Conference on Computer as a Tool* (Vol. 2).
- Turner, J. R., & Müller, R. (2005). The project manager's leadership style as a success factor on projects: a literature review. *Project Management Journal*, 36, 49–61.
- Wan, W., & Ramly, A. (2006). Does successful project management equates to project success? In *International Conference on Cognitive Informatics*.
- Wateridge, J. (1998). How can IS/IT projects be measured for success? *International Journal of Project Management*, 16(1), 59–63. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(97\)00022-7](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(97)00022-7)
- Westerveld, E. (2003). The Project Excellence Model®: linking success criteria and critical success factors. *International Journal of Project Management*, 21(6), 411–418. [http://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00112-6](http://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00112-6)
- Williams, P., Ashill, N. J., Naumann, E., & Jackson, E. (2015). Relationship quality and satisfaction: Customer-perceived success factors for on-time projects. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1836–1850. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.07.009>
- Yalegama, S., Chileshe, N., & Ma, T. (2016). Critical success factors for community-driven development projects: A Sri Lankan community perspective. *International Journal of Project Management*, 34(4), 643–659. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.006>
- Yu, J., & Leung, M. (2015). Exploring factors of preparing public engagement for large-scale development projects via a focus group study. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1124–1135. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.015>
- Zhao, D., Zuo, M., & Deng, X. (Nancy). (2015). Examining the factors influencing cross-project knowledge transfer: An empirical study of IT services firms in China. *International Journal of Project Management*, 33(2), 325–340. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.05.003>
- Zwikael, O., Pathak, R. D., Singh, G., & Ahmed, S. (2014). The moderating effect of risk on the relationship between planning and success. *International Journal of Project Management*, 32(3), 435–441. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.07.002>

Copyright Statement

Copyright © 2017 Diego Alejandro Quintero Ríos, Silvia Teresa Morales-Gualdrón: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN: BODEGAS DE PRODUCTOS TERMINADOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Luis Eduardo Alvarez Acevedo, Raúl Antonio Díaz Pacheco
Universidad Nacional de Colombia Palmira - Facultad de Ingeniería y Administración.
Maestría en Administración

luealvarezac@unal.edu.co, luisea0108@gmail.com, radiazpa@unal.edu.co, diazpa@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta una propuesta de redistribución de bodegas de producto terminado a través de escenarios, en la que se identificaron los recursos, actividades desarrolladas en el almacén, perfiles, flujos de productos y los costos reportados que tiene la empresa según el concepto de logística que aplican. Además, se tiene en cuenta una propuesta de la empresa para construir un centro de distribución (CD) en sus instalaciones y se aplica el Análisis Jerárquico (AHP) para establecer un escenario diferente al actual.

Se realizaron diferentes simulaciones de escenarios con sus restricciones: la primera de la situación actual con su verificación contra el histórico, la segunda con la propuesta de redistribución de bodegas basado en el AHP y la tercera con la construcción de un CD en las instalaciones. Por último, se estableció el uso de los recursos para cada escenario y basado en este se estableció la mejor distribución.

1. INTRODUCCIÓN

En una organización es necesario optimizar los recursos con los que se cuentan para ofrecer productos y servicios competitivos, en la actualidad los cambios en los entornos y el avance tecnológico se aceleran, e incrementan las exigencias y necesidades del mercado.

Para toda empresa es importante conocer si las operaciones que realizan se están llevando a cabo de la mejor manera para cumplir con su plan estratégico. Para Ferrell, O. C., Hirt, G. A., & Ferrell, L. (2010) la logística es una función de las operaciones que se compone de diferentes actividades y se llevan a cabo para manejar materias primas y materiales, así como administrar su almacenamiento y distribución.

1.1. Planteamiento del problema

La empresa objeto del estudio produce materias primas para el sector alimenticio, farmacéutico e industrial, innova y busca constantemente el valor agregado de sus productos. En la empresa existen 13 bodegas utilizadas para productos terminados (PT), materias primas, insumos (MP) y materiales de empaque (ME), un área para despacho de PT con dos muelles de cargue. Algunas de estas bodegas se crearon de manera provisional de acuerdo a las necesidades y con el tiempo se consolidaron de manera indefinida, sin realizar estudios de distribución de materiales ni evaluar su impacto sobre el uso de los recursos. De las 13 bodegas, 2 se utilizan para almacenar PT en estibas, también se cuenta con 1 bodega para PT en tránsito, 1 bodega para producto no conforme (PNC), 7 bodegas para MP y 2 bodegas para ME. Adicionalmente se tienen tres áreas de proceso donde se consumen las MP y se reprocesa el PNC.

Cuando se presentan situaciones especiales (capacidad de almacenamiento al límite, paros prolongados de transportadores, retrasos en los servicios logísticos) se utilizan servicios de almacenamiento externo para los PT por un valor de \$25.000 pesos por mes y posición. Esta práctica no mejora el servicio y arriesga la inocuidad/seguridad de los productos, incrementa los costos por pago de transporte y almacenamiento, aumentando los riesgos en el proceso logístico por posible contaminación o daño de los productos durante la manipulación, transporte y/o almacenamiento. Los procesos de producción son cerrados y continuos, en un mes la empresa puede producir 8.160 toneladas de PT, cada tonelada ocupa una posición en las bodegas de PT, La empresa despacha por día (lunes a viernes) entre 14 y 16 vehículos de 20 a 32 toneladas dependiendo el destino nacional/internacional o restricción de peso del vehículo por ley.

En el año 2013, la empresa tenía un inventario de PT almacenado en una bodega externa avaluado en aproximadamente en \$1.000 millones de pesos, este producto se contaminó durante su almacenamiento,

generando retrasos en las entregas y afectando la imagen corporativa, la bodega externa asumió la responsabilidad y el costo del inventario. La compañía cuenta doce montacargas, nueve de estos se utilizan para operaciones de descargue y apoyo fuera de las bodegas de PT debido a que su uso prolongado puede generar contaminación para las personas, los otros tres montacargas se utilizan solo al interior de las bodegas de PT.

A principios de 2013 la empresa planteó invertir en un CD al interior de sus instalaciones con 8.360 posiciones para PT, si se lleva a cabo este proyecto ya no sería necesario pagar almacenamiento externo, sin embargo, esta bodega solo se podría construir a 500 metros de distancia desde donde sale el PT. Los indicadores que se llevan en el área de Logística solo miden la gestión del personal, ningún indicador se enfoca en el seguimiento a los recursos utilizados. En la empresa los costos se calculan automáticamente en el sistema ERP, pero no entran algunos costos del área, como por ejemplo los costos de trabajos realizados por terceros, energía ni depreciación. Para calcular el costo de mantener una posición o estiba en las bodegas de PT, la empresa divide el costo de funcionamiento de bodegas asignado por el sistema entre el inventario final. El costo promedio mensual por mantener 1 tonelada o posición es de \$15.000 pesos con la metodología actual.

1.2. Justificación del problema

La empresa no ha tenido criterios definidos para establecer la ubicación de sus bodegas y las han construido sin tener en cuenta los flujos de los productos, desconociendo que se pueden incrementar el consumo de tiempo, los desplazamientos y las distancias entre los procesos generando mayor consumo de recursos.

Todas las empresas de producción necesitan MP, por esta razón es importante conocer cuál es la mejor ubicación para las bodegas aprovechando al máximo sus recursos disponibles. Cada empresa tiene una distribución de bodegas y procesos de producción diferentes. Este trabajo se plantea para conocer si la distribución actual de los materiales de las bodegas es la más adecuada en cuanto a aprovechamiento de recursos y si es conveniente el proyecto que planteo la empresa para construir un CD para PT al interior de sus instalaciones

1.3. Objetivos de estudio

General: Determinar si la distribución de bodegas de PT y MP de la empresa de producción de MP es la más adecuada de acuerdo al uso de los recursos.

Específicos: Identificar la situación actual logística de las bodegas de la empresa mediante un análisis interno, desarrollar una simulación de la situación actual de la empresa, establecer diferentes escenarios para determinar la mejor distribución de materiales entre bodegas, seleccionar el mejor escenario de distribución, de acuerdo al uso de los recursos disponibles.

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Administración y gestión de inventarios

Según Koontz y Weihrich (2012) la administración es un proceso de diseñar y mantener un ambiente en que los individuos, trabajando en grupos de manera eficiente, alcancen objetivos seleccionados y Meyers, & Stephens (2006) expresan que el diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta la productividad y la rentabilidad. De acuerdo a Lambert, D., Stock, J. & Ellram, L. 1998; Long, 2010; Ballou, 2004; Porter, 1995, las variables como el tiempo, el lugar y la capacidad de respuesta a los cambios han posicionado a la logística como una fuente de ventajas competitivas sostenibles para contribuir a los costos de un producto, por su parte Drucker (2002) argumenta que las empresas son competitivas gracias a los recursos y modelos empresariales, atrás ha quedado la competencia a través de productos.

Serra (2005) indica que la gestión de inventario tiene por objetivo proporcionar la requerida disponibilidad de los productos que solicita la demanda, Reyes (2009) indica que se realiza con el fin de determinar la cantidad y tipo de insumos requeridos para la elaboración del producto, Michel Roux (2009) argumenta que es una parte del proceso estratégico y táctico de la administración logística que determina cuáles y cuantos materiales se deben tener en el almacén en un momento dado, Long (2010) indica que la función principal es realizar un control efectivo de los inventarios aplicando procesos eficientes de manipulación y conservación, Espinoza (2011) indica que es una herramienta en la administración moderna.

Ballou (2004) expresa que un CD es el último paso en la orden de un cliente debido a que en esté se procesa, alista, documenta, notifica y se despacha el producto. Tompkins (2010) indica que el manejo de materiales hace referencia a abastecer la cantidad correcta de material correcto, en condiciones adecuadas, en el lugar

correcto, en la posición correcta y por el costo correcto, para dar alcance a esta definición Carranza (2005) define el concepto de almacenamiento como el proceso de alistamiento y preparación del pedido de forma correcta y Frazelle (2007) indica que las condiciones que se deben cumplir para que se utilicen los productos y recursos a su máxima capacidad, es la identificación de los perfiles de los productos que se manejan y la verificación de que se encuentren bien ubicados.

2.2. Supply chain management

Mentzer (2001) define la cadena de abastecimiento como el conjunto de tres o más actores involucrados con flujos de productos hasta el cliente final. Por su parte, Pires (2007) señala que es el conjunto de todos los procesos involucrados en la producción de un producto, desde las MP hasta que este llega al cliente final.

Según Posada (2011), para una buena gestión de bodegas es necesario que primero se identifique el tipo de bodegas para poder conocer si se está haciendo un buen uso de sus instalaciones. Según López (2006), existen diferentes tipos de bodegas: abiertas al aire libre, de distribución donde se almacenan PT, logísticas donde no se mantienen productos si no que se distribuyen, generales de depósito donde se almacena cualquier tipo de productos y bodegas centrales y regionales para almacenar productos fuera de la empresa, almacenando la menor cantidad de producto posible, por el contrario, Arrieta (2002) señala que existen casos especiales donde se debe tener almacenado productos para diferentes escenarios como: aumento de la demanda o problemas de abastecimientos, entre otros.

Casanova (2003) indica que se debe tener una política de inventarios, red de almacenamiento con su localización y grado de integración de almacenes con su gestión. Según Pau Cos (2000) la distribución física existe por una única y contundente razón: “disminuir las variaciones físicas que existen entre la demanda y la producción, ajustándolas en el espacio, tiempo y rentabilidad”. Según Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2012, p.22) la logística se enfoca en la responsabilidad para diseñar y administrar sistemas controlando el movimiento y posicionamiento espacial de los inventarios de PT, producto en proceso y MP al costo total más bajo.

Para Ballou (2004), la cadena de abastecimiento abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y la transformación de materiales, desde la etapa de MP hasta la persona que lo utilizará, por su parte Pires (2007), indica que la logística hace parte de los procesos de la Cadena de Abastecimiento que planifica, implementa y controla el flujo efectivo y el stock de bienes e información desde el punto de origen hasta el dónde se consume, con el objetivo de atender las necesidades de los clientes.

Chase, R., Jacobs, F., R, Aquilano, N. (2014) establecieron tres tipos de cadenas de suministro que se pueden identificar por tipo según la eficiencia durante el diseño para mejorar la competitividad, los cuales son: protección contra riesgos, sensible para el suministro y de suministros ágiles. Por su parte Chopra & Meindl (2013) establecieron que la composición de la cadena de suministro se debe descomponer por procesos o factores claves de éxito realizar una estrategia de creación de valor. De acuerdo con Mora (2010), el objetivo de la logística es lograr el mayor retorno de la inversión mejorando la rentabilidad y para conseguirlo se debe realizar una planeación en tres niveles: estratégica, táctica y operativa.

2.3. Costos logísticos

Un área de logística debe optimizar recursos y reducir al máximo los costos, por esta razón es importante cuantificar los costos de operación. Los costos logísticos comprenden todas las funciones de la empresa que gestionan y controlan los flujos de materiales y la información asociada a estos. De acuerdo a Estrada, S. Restrepo, L. Ballesteros, P. (2010) los costos logísticos son los que una organización paga para garantizar un nivel de servicio al cliente, sin embargo, para Ballou (2004) los costos logísticos se dividen en tres costos de: distribución, suministro físico y servicio al cliente.

2.4. Key Performance Indicators

Con los indicadores claves de desempeño (KPI) se pueden evaluar las operaciones logísticas para identificar cuales agregan valor, Mora (2012) caracteriza los KPIs en indicadores financieros, operativos, de tiempo, de calidad, de productividad y de entrega perfecta.

Según Bartholdi & Hankman (2011), al reorganizar un almacén los productos de mayor demanda o más solicitados deben estar lo más cerca del pasillo principal de una bodega y también que para obtener el menor costo de operación para mover grandes volúmenes es necesario que sea la menor distancia posible. Por su parte

Frazelle (2007), indica que las ubicaciones físicas de los productos son relevantes para optimizar el rápido acceso al inventario y lograr optimización de los equipos para el manejo de materiales.

2.5. Mejoramiento de procesos logísticos

De acuerdo a Correa, A., Gómez, R. & Cano, J. (2010), la gestión de la cadena de suministro “tiene como objetivo garantizar las interacciones adecuadas de los elementos logísticos con el fin que en la cadena de suministro se presente un flujo de productos e información óptimos que permita la reducción de costos y el aumento en la satisfacción de los clientes”, asimismo Poirier, C. & Reiter, S. (1996) definen la gestión de almacenes como un componente clave para lograr el uso óptimo de los recursos y capacidades de las bodegas y Mauleón, M. (2006) define objetivos de la gestión de bodegas para el mejoramiento de los procesos.

De acuerdo a Cevallos, C. & Abad, J. (2006), en su tesis “Análisis y mejoramiento de los procesos operativos de la bodega matriz de una empresa comercializadora de electrodomésticos y equipos electrónicos”, reducir las distancias entre ubicaciones, redistribuir físicamente la bodega y sus productos, ayudó a solucionar los inconvenientes que se presentaban y disminuyó el uso de los recursos (montacargas) y Macia, E. (2016) en su tesis “Análisis y mejoramiento de los procesos operativos de la bodega matriz de una empresa comercializadora de electrodomésticos y equipos electrónicos” presentó un rediseño en la distribución de la planta del almacén; contribuyendo a reducir los costos logísticos y un mejor funcionamiento de la logística de almacenes.

2.6. Antecedentes de simulaciones

Herrera, O & Becerra, L. (2014) presentan un esquema para desarrollar un proceso de simulación en etapas, por su parte, García, E., García, H., Cárdenas L, (2006) indicaron que se requiere hacer una serie de actividades y análisis para realizar una simulación, Blanco, L. (2004) muestra la importancia de usar una simulación animadas en procesos productivos para mejorar los procesos de distribución, recolección, flujo de MP, recursos humanos y físicos. Torres, D. Hoyos, J. Villegas, M. Fernández, J. (2013) aplican la simulación con eventos discretos para optimizar el proceso de carga, transporte y descarga. Guerrero, M. & Henríquez, A. (2014) presentan en su trabajo de eventos discretos la simulación de las operaciones logísticas en la exportación desde diferentes empresas. Cabrera, M. & Benavides, M. (2009) en su tesis realizan un modelo de simulación discreto con el fin de evaluar y plantear mejoras para la redistribución de una planta de fabricación. Costa, Y. & Castaño, C. (2015) en su trabajo realizan la simulación de las operaciones logísticas en una empresa de transporte de bienes y servicios de almacenamiento. Rojas, F. & Blanco, L. (2011) en su trabajo de simulación de variables discretas relacionan los principios de utilización y capacidad en un proceso logístico. Rodríguez, J. & Fernández, J. (2015) presentan un trabajo de simulación con variables discretas en un proceso.

3. PROCESO DE AHP

Este método ayuda a determinar el conocimiento intuitivo de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico para establecer el nivel de diferentes criterios y alternativas realizando un análisis de cada uno (Saaty, 1980). El proceso jerárquico se estructura con la identificación del problema, definición del objetivo, identificación de los criterios y alternativas, comparación pareadas entre criterios y alternativas, evaluación y verificación del modelo. En este modelo se combinan criterios cualitativos y cuantitativos.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo se estableció si hay beneficios al redistribuir los materiales entre bodegas en la empresa, teniendo en cuenta que se realizó sin tener en cuenta la ubicación física de los materiales al interior de estas. Para cumplir con el objetivo se aplicó una herramienta para el análisis de la toma de decisiones como estrategia de competitividad, basado en la optimización de los recursos, aplicando criterios cualitativos y cuantitativos. Inicialmente se realizó la investigación de los aspectos metodológicos, según Hernández, Fernández & Baptista (2006), con el objeto de determinar el planteamiento del problema, justificación, objetivos, marco de referencia, marco conceptual y metodología. Se tuvieron en cuenta los conceptos expresados por Bartholdi (2009) para entender los perfiles de actividad de los productos que se manejan en las bodegas y los aspectos de administración de almacenes de Ballou (2004), por lo que la investigación se abordó en las siguientes etapas:

En la primera etapa se estableció la situación actual del área de logística de la empresa, donde se identificaron los perfiles de actividad y los flujos de los productos, se presentaron los costos de operación reportados, las

actividades realizadas en el área del alcance de este trabajo, los recursos disponibles del área, los desperdicios generados y la propuesta de la empresa para construir un CD.

En la segunda etapa se estableció el programa con el que se plantearon las simulaciones con sus ventajas y desventajas, los datos iniciales, las restricciones y el tipo de simulación, así como las réplicas a realizar.

En la tercera etapa y según la comparación de las herramientas de análisis multicriterio expuestas con el AHP, se estableció un objetivo, se identificaron criterios y alternativas. Posteriormente se evaluó el modelo de acuerdo a la metodología y se obtuvo una matriz de prioridades.

En la cuarta etapa se realizaron las simulaciones con Promodel, la primera simulación con la situación actual realizando la verificación de los resultados de acuerdo al histórico de la empresa, la segunda simulación con la propuesta de redistribución de bodegas basado en el AHP y la tercera simulación con el supuesto de la construcción del CD, posteriormente se analizaron los resultados de las tres simulaciones.

En la quinta y última etapa, se concluye y generan recomendaciones para el tema objeto de estudio.

5. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE LOGÍSTICA EN LA EMPRESA

Los productos de la empresa se realizan en procesos de tipo cerrado en donde ingresan las MP en los diferentes procesos, se procesan por líneas, tanques y equipos, por último, salen los PT en la zona de empaque. El área de logística de la empresa se encarga de recibir las MP, almacenarlas en las bodegas y entregarlas en los diferentes procesos, para después recoger los PT en la bodega de producto en tránsito y seguidamente despacharlos. Se identificaron capacidades máximas de almacenamiento para PT, MP, ME, PNC y estibas. Las bodegas se encuentran distribuidas por toda la planta y cuentan con acceso vehicular, las MP y ME se descargan al frente de cada bodega, las recibe un montacargas y las guarda en la bodega correspondiente, sin embargo, las distancias hasta los diferentes procesos donde se requieren en algunos casos son lejanas, al igual que la distancia desde donde se empaacan los PT hasta la bodega de PT. Los montacargas deben llevar las MP, ME y PNC a cuatro procesos para ser consumidos. El tiempo de las operaciones en los procesos y bodegas ya está estandarizado por la empresa.

6. FASE DE DIAGNOSTICO

El diagnóstico inició con la identificación de los perfiles y tipos de productos (PT, MP y ME), red de procesos logísticos internos, manejo recomendado, almacenamiento, riegos asociados, ubicaciones de bodegas MP, ME y PT, procesos de producción, cantidad de producto por unidad de empaque, producto por estiba, zona de cargue de PT, zonas de descargue de MP, producción por día/año, distancias entre bodegas y procesos, frecuencia de ingreso y salida de PT, personal disponible, mantenimientos programados, rutas de vehículos, frecuencia de llegadas y despachos, horarios de entrada y salida. Adicionalmente, se identificaron los costos del área de Logística reportados por la empresa, estos costos están agregados y en algunos casos con deficiencias en la formulación.

Se identificaron las actividades realizadas en el área que demandan tiempo de utilización de recursos, especialmente cuando ingresan vehículos con ME o MP y los recursos para realizar sus operaciones como personal, montacargas, bodegas, equipos electrónicos y sus respectivos usos, características y desperdicios.

La construcción del CD que propuso la empresa tiene un costo aproximado de 7.961 millones de pesos y una capacidad de almacenamiento de 8.360 posiciones con 10 muelles de cargue, cumpliendo con los estándares de seguridad alimentaria, física e industrial, incluyendo la compra de 6 montacargas adicionales.

7. FASE DE SIMULACIÓN

Según García, E., García, H., Cárdenas, L. (2006), para realizar un estudio de simulación es necesario entender los conceptos que componen el modelo, por esta razón se escogió Promodel que cuenta con animación y es ideal para sistemas de manufactura. Después de tener toda la información anterior, se procedió a realizar el AHP estableciendo los criterios, alternativas, prioridades, buscando definir cuál es la mejor forma para dar prioridad a las alternativas evaluando el modelo. De acuerdo a García, E. et al. (2006), antes de identificar el tipo de distribución del modelo, se requiere conocer la cantidad de réplicas a realizar y contar con los datos reales empezando del estado cero, conociendo que es una situación no terminal. Como no se tenía la seguridad de la distribución, se utilizó la fórmula del teorema de Tchebycheff para determinar la longitud o tiempo mínimo de la corrida donde los datos se estabilizan.

8. RESULTADOS Y ANALISIS DE LAS SIMULACIONES

Se simuló el modelo de la situación actual durante 90 días de operación, para que el modelo se estabilizara se debía simular mínimo durante 31 días de acuerdo al teorema de Tchebycheff. Se realizó la misma simulación seis veces para observar si existe repetitividad de la información. Los resultados obtenidos fueron aceptables debido a que corresponden a la producción actual, por lo cual se promediaron los resultados de cada ítem, encontrando el promedio, mínimo, máximo y la desviación estándar. El factor de decisión para establecer la mejor alternativa de redistribución de bodegas fue el porcentaje de utilización de los recursos específicamente los montacargas. El porcentaje de utilización de los montacargas en la situación actual tuvo un promedio de 26,71%. Aunque el porcentaje promedio de utilización parezca pequeño, estos datos corresponden a la operación durante las 24 horas del día y el ingreso de materiales a la empresa se realiza solo durante la jornada laboral diurna, fuera de esta jornada el uso de los montacargas disminuye ya que solo pasan materiales desde las bodegas hasta los procesos.

De acuerdo a la comparación de los resultados de la simulación de la situación actual y la cantidad ideal de cada producto para que la empresa pueda cumplir con su plan de producción, el porcentaje de variación en los materiales de mayor rotación fue menor al 7% y en los materiales de menor rotación fue menor al 13% sabiendo que estos se utilizan en mayor demanda solo cuando existen problemas de calidad en el proceso. De esta manera se comprobó que el sistema corresponde a un 96% de la capacidad tomando como referencia la producción de PT, se simuló con las condiciones ideales del proceso y los inconvenientes del mercado como la disminución de la demanda, pérdidas de contratos, posibles problemas de calidad que requieran detener o retrasar la producción, daños en equipos de procesos no fueron tenidos en cuenta, aunque pueden disminuir la producción. Posteriormente se realizó la simulación del modelo AHP con las mismas condiciones de la situación actual, cambiando los materiales de una bodega a otro de acuerdo a las prioridades encontradas. La simulación dio resultados similares a los de la simulación de la situación actual en cuanto a ingreso y producción de MP, ME y PT, sin embargo, el porcentaje de utilización de los recursos específicamente los montacargas tuvieron un promedio de 25,07%. Por último, se realizó la simulación con la construcción del CD con las mismas condiciones de la situación actual, manteniendo los materiales en la misma ubicación y cambiando las bodegas de PT por el CD, la simulación dio resultados similares a los de la situación actual en cuanto a ingreso y producción de MP, ME y PT, sin embargo, el porcentaje de utilización de los recursos específicamente los montacargas tuvieron un promedio de 38,33%. Este aumento en la utilización de los recursos se debe a que la distancia que recorren los montacargas con los PT hacia el CD es mayor que la distancia a las bodegas actuales.

9. CONCLUSIONES

La distribución de bodegas de PT, MP y ME de la empresa no es la más adecuada de acuerdo al uso de los recursos, se encontró una mejor distribución física de los materiales de las bodegas correspondiente al resultado del modelo AHP, dada la disminución del uso de los recursos en un 1,64%.

Se desarrolló la simulación de la situación actual de la empresa en el software Promodel obteniendo resultados satisfactorios que permitieron establecer el porcentaje de utilización de los recursos para cada escenario; resultado situación actual: 26,71%; resultado AHP: 25,07% y resultado Construcción del CD: 38,33%.

Se establecieron diferentes escenarios donde las distribuciones propuestas en las simulaciones permitieron observar que, aunque se cambien diferentes parámetros, los resultados en todas las entidades son similares en cuanto a la producción de PT, demostrando que se puede aumentar la producción si se implementa el resultado obtenido con el AHP; resultado situación actual: 23.508 toneladas; resultado AHP: 23.659 toneladas y resultado Construcción del CD: 23.320 toneladas.

La distribución física actual de las bodegas es más adecuada que si se construye el CD ya que el porcentaje de utilización de los recursos aumenta un 11,62%, por lo tanto, la empresa debe evaluar nuevas alternativas antes de construir el CD al interior de sus instalaciones como por ejemplo construir nuevas rutas para disminuir las distancias o construirlo más cerca del proceso.

Para poder aplicar correctamente el modelo AHP, es necesario la ayuda de un experto en el tema, la información real del proceso, considerar restricciones para establecer criterios y alternativas con el fin de realizar una

priorización de estos, adicionalmente, la aplicación del modelo AHP permite establecer rápidamente la prioridad de los criterios y alternativas.

Aunque se ha establecido que las herramientas de simulación son una gran alternativa para evaluar cambios antes de invertir recursos, pudiéndose determinar qué es lo que sucederá, no todas las empresas asignan recursos para estas herramientas en la etapa de planeación de sus proyectos ya sea por su costo o la necesidad de contar con personal calificado en este tema.

Referencias

- Aktouf, O. (2001). *La metodología de las ciencias sociales y el enfoque cualitativo en las organizaciones. Una introducción al procedimiento clásico y una crítica*. Cali: Universidad del Valle.
- Arrieta, J. (2002). *La Administración de Operaciones y su papel central dentro de toda organización*. Revista Universidad EAFIT, 127 (julio, agosto, septiembre), 19-29.
- Ballou, R. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro* (5 ed). México: Prentice Hall. Pearson Educación.
- Blanco, L. (2004). *Applications in logistics using simulation with promodel*. Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2004) “Challenges and Opportunities for Engineering Education, Research and Development”. 2-4 June 2004, Miami, Florida, USA
- Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2012). *Administración y logística de la cadena de suministro*. 4ª edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericano. México DF.
- Bartholdi, J., & Hackman, S. (2011). *Warehouse and distribution Science*. The Supply Chain and Logistics Institute. Atlanta. GA: Georgia Institute of Technology.
- Cabrera, M. & Benavides, M. (2009). *Evaluación y planteamiento de mejoras y redistribución de planta en un proceso de fabricación de bolígrafos mediante un modelo de simulación*. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de producción. Escuela superior politécnica de litoral. Ecuador.
- Carranza, O. (2005). *Logística: mejores prácticas en Latinoamérica*. México: Internacional Thomson Editores.
- Casanovas, A., Cuatrecasas, (2003). L. *Logística Empresarial*. España: Ediciones Gestión 2000.
- Cevallos, C. & Abad, J. (2006). *Análisis y mejoramiento de los procesos operativos de la bodega matriz de una empresa comercializadora de electrodomésticos y equipos electrónicos*. Tesis de Ingeniería Industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- Correa, A., Gomez, R. & Cano, J. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (tic). Estudios Gerenciales, Vol. 26 No. 117 (Octubre - Diciembre, 2010), 145-171.
- Costa, Y. & Castaño, C. (2015). Simulación y optimización para dimensionar la flota de vehículos en operaciones logísticas de abastecimiento-distribución. versión On-line ISSN 0718-3305. Ingeniare. Rev. chil. ing. vol.23 no.3 Arica set. 2015. Consultado 28/04/2017. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052015000300006&script=sci_arttext
- Council of Supply Chain Management Professionals (2013). *Supply Chain Management*. Terms and Glossary. Recuperado el 13 de abril del 2017 disponible en: https://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Chase, R., Jacobs, F., Aquilano, N. (2015). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. 12ª Edición. Mc Graw Hill.
- Chopra, S & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. 5ª Edición. Pearson Prentice Hall. México D. F.
- Drucker, P. (2002), *Managing in the next society*, Truman Talley Books.
- España, J. (2007). *En camino hacia la mejora continua de procesos*. Bit, (163), 64-66.
- Espinoza, O. *La Administración Eficiente de los Inventarios* (2011). Madrid editorial la Enseñada, 1ra edición, Madrid
- Estrada, S. Restrepo, L. Ballesteros, P. (2010). *Análisis de los costos logísticos en la administración de la cadena de suministro*. Journal: Scientia Et Technica 2010 XVI(45). núm. 45, Agosto, 2010, pp. 272-277. Consultado 16/04/2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249050>
- Ferrell, O. C., Hirt, G. A., & Ferrell, L. (2010). *Introducción a los negocios en un mundo cambiante*. 7ª edición. McGraw-Hill Interamericana.
- Frazelle, E. H., & Sojo, R. (2007). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma.
- García, D (2008). *Diccionario de logística*. Marge Books.
- García, E., García, H., Cárdenas L, (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. 1ra ed. México: Pearson Prentice Hall.

- Guerrero, M. & Henríquez, A. (2014). *Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities*. versión On-line ISSN 0718-3305. Ingeniare. Rev. chil. ing. vol.22 no.2 Arica abr. 2014. Consultado 28/04/2017. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052014000200011&script=sci_arttext&tlng=en
- Hernández Sampieri, R; Fernández-Collado, C; Baptista Lucio, Pilar. (2006). *Metodología de la investigación*. 4 ed. México: McGraw Hill, (reimp. 2008).
- Herrera, O & Becerra, L. (2014). *Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada*. "Excellence in Engineering to Enhance a Country's Productivity" July 22 - 24, 2014 Guayaquil, Ecuador.
- Koontz, H., Wehrich, H. (2012). *Administración* (14 ed). Editorial. Mc Graw-Hill. México DF.
- Lamb, C., Hair, J., & McDaniel, C. (2009). *Principles of marketing* (6 ed). Thomson South-Western.
- Lambert, D., Stock, J. & Ellram, L. (1998). *Fundamentals of logistics management* (1 ed). Singapore: McGraw Hill.
- Long, D. (2010). *Logística internacional: administración de la cadena de abastecimiento global* (2 ed) México: Editorial Limusa.
- López, R. (2006). *Operaciones de Almacenaje*. Madrid, España: Thomson Paraninfo.
- Macia, E. (2016). *Análisis y mejora de la logística de almacenamiento del almacén U6 de la empresa INPUD "1ero de Mayo"*. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad Central "Marta Abreu de las villas". Cuba
- Mauleón, M. (2006). *Logística y Costos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Mentzer, J, et al. (2001). *Defining Supply Chain Management*. Journal of Business Logistics, vol 22. Num 2: pag 1-25.
- Meyers, F, Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. 3 edición. México: Pearson Educación de México, S.A.
- Mora, L. (2012). *Indicadores de la Gestión Logística KPI* (2° ed). Colombia: Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2010). *Gestión logística integral*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Roux, M. (2009). *Manual de logística para la gestión de almacenes*. 5 edición. Barcelona: Gestión 2000
- Tompkins, J. (2010). *Facilities planning* (4 ed). Singapore: Wiley.
- Torres, M. M. (2012). *Logística y costos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Torres, D. Hoyos, J. Villegas, M. Fernández, J. (2013). *Modelo de simulación y optimización logística*. Revista Ingeniería Industrial UPB / Vol. 01 / No. 01 / pp. 9-26 julio-diciembre / 2013 / ISSN: 0121-1722 / Medellín- Colombia
- Toskano, H., Gérar, B, (2005). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como Herramienta en la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores: Aplicación en la Selección del Proveedor para la Empresa Gráfica*. MYE S.R.L. LIMA.
- Pau Cos, J. & Navascués, R. (2000). *Manual de logística integral* (1 ed). Ediciones Díaz de Santos. Madrid España.
- Pires, S & Carretero, L. (2007) *Gestión de la Cadena de Suministro*. Mc Graw Hill, España. 258 p.
- Poirier, C. & Reiter, S. (1996). *Supply Chain Optimization: Building the strongest total business*. San Francisco, CA: BerrettKoheler.
- Porter, M (1995). *Ventaja competitiva: creación y sostenimientos de un desempeño superior*. México: Compañía editorial continental.
- Posada, J. (2011). *Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS)*. (Spanish). Journal Of Economics, Finance & Administrative Science, 16(30), 83-96
- Reyes, P. (2009). *Administración de inventarios en almacenes: Logística y Operación*. México.
- Rojas, F. & Blanco, L. (2011). *Modelo de simulación con Promodel para relacionar los principios de utilización y capacidad*. Fundación Universitaria Cafam, Bogotá
- Rodríguez, J. & Fernández, J. (2015). *Propuesta de un modelo de optimización de inventarios*. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. Medellín, Colombia.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Serra, D. (2005). *La logística Empresarial*. 1ª Edición. Gestión 2000. Madrid.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

Copyright Statement

Copyright © 2017 Luis Eduardo Alvarez Acevedo, Raúl Antonio Diaz Pacheco: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

5S COMO METODOLOGÍA DE GESTIÓN EFICIENTE PARA EL MEJORAMIENTO EN EL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE FRESA, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Juan P. Loaiza R., Jimmy S. Castro V., Laura J. Cruz A.

Universidad Nacional de Colombia

jploazar@unal.edu.co, jiscastrovi@unal.edu.co, ljcruga@unal.edu.co

Resumen

La industria de la fresa juega un papel importante en la producción agroindustrial del departamento de Cundinamarca. En el 2014, Cundinamarca participó con el 52,24% de la producción total nacional (22,869.39 toneladas). Ahora bien, en el proceso completo de producción, específicamente el proceso logístico de recolección, se han generado problemas por la manipulación del producto en condiciones antihigiénicas, el uso de recipientes que no cuentan con un plan de limpieza, y el detrimento de las condiciones fisicoquímicas del producto gracias a las constantes manipulaciones (vibraciones) y al cambio de recipientes. Enmarcado en el contexto de estas problemáticas, se conoce que la metodología de las 5S ha sido aplicada para resolver problemas de eficiencia, relacionados con desperdicio de tiempo y materias primas. Estos problemas son causados principalmente por ej., falta de hábitos de orden, compromiso y reglas de manipulación de los productos. En este orden de ideas, esta investigación propone la metodología de las 5S como modelo de gestión eficiente para el mejoramiento del proceso de recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

El término "5S" fue originado en Japón. Los japoneses descubrieron que el elemento clave de su movimiento de Calidad Total era prestar atención al estado de la estación de trabajo (DiBarra, 2002). Y así fue como empezó una filosofía empresarial y de vida que ha sido materia de estudio científico intensivo en los últimos 20 años en todo el mundo. Las 5S provienen de un campo de conocimiento y aplicación mucho más amplio, llamado manufactura "Lean", o manufactura esbelta. DiBarra (2002) comenta que el término "Lean" fue acuñado en los tardíos 1980s por un equipo de investigadores del MIT para describir las herramientas de mejora en los procesos y los métodos de manufactura usados por la compañía Toyota Motors. Desde entonces, las herramientas bajo la ideología "Lean" han sido parte del mundo de la investigación y del mundo empresarial. Pero el tema que aquí concierne, la metodología de las 5S, es un poco más antiguo. Nace como un conjunto de técnicas desarrolladas en Japón después de la Segunda Guerra Mundial, cuando precisaban de un método eficaz para trabajar con sus escasos recursos. Al final de los años 60, los japoneses comenzaron a implementar el sistema de calidad total en sus empresas y, entonces, percibieron que las 5S sería un programa básico de bajo costo para aquel difícil momento económico que el país atravesaba (Da Silva Filho & Fernandes, 2016).

Los japoneses, en su filosofía de las 5S, desarrollaron un sistema definido por cinco palabras claves traducidas, aproximadamente, como (DiBarra, 2002):

1. Seiri - Artífice, Ordenar, Agrupar, Elegir, Registrar.
2. Seiton - Organizar, Identificar, Guardar, Archivar.
3. Seiso - Limpieza, Pulcritud, Higiene, Mantenimiento.
4. Seiketsu - Salud personal (física y mental), Bienestar personal.
5. Shitsuke - Autodisciplina, Estilo de vida, Hábito, Costumbre (Salinas, Aguilar, Tlapa, & Amaya, 2014).

Éstas 5S han sido empleadas y aplicadas en empresas de diferentes índoles, estableciendo un proceso sistemático que se enfoca en cómo organizar de la mejor manera un espacio para maximizar la eficiencia (Keif, 2009). Aunque parezca simple, Ashraf, Hossain, & Rashid (2017) anotan que las 5S son un método efectivo para el gerenciamiento general de cualquier industria, empresa, sector o área, como lo puede ser la fabricación de barcos (DiBarra, 2002), la gestión de proveedores (Bullington, 2003), la organización en el hogar (Chapman, 2005), los estándares ergonómicos en los puestos de trabajo (Dingsoyr et al. 2006), la manufactura de instrumentos musicales (Rivera & Cox, 2007), las impresiones (Keif, 2009), las fábricas de productos alimenticios y bebidas (Moradi, Abdollahzadeh, & Vakili, 2011; Ashraf, Hossain, & Rashid, 2017), las plantas de tratamiento de agua (Martínez Sánchez, Rincón Ballesteros, & Fuentes Olaya, 2015), el sector metalmecánico (Hernández Lamprea, Camargo Carreño, & Martínez Sánchez, 2015), las facultades de la universidades (Da Silva Filho & Fernandes, 2016), la industria de la construcción (Ajay & Sridhar, 2016), los sistemas dinámicos (Omogbai & Salonitis, 2017), los sistemas de seguridad y salud en el trabajo -SST- (Avila et al. 2017), y procesos específicos en cadenas de suministro, como es el objetivo de este trabajo.

En el presente paper, se pretende hacer una revisión de literatura sobre el tema a tratar, las 5S como gestión eficiente en el proceso de recolección de fresas en el departamento de Cundinamarca, Colombia. Se decidió tomar en cuenta estas especificaciones por dos motivos principales: 1) Colombia ha participado como uno de los principales productores de fresa a nivel mundial con valores de 1.274 toneladas anuales en el 2012, cifra correspondiente al 2,8% de la producción global (“Food and Agriculture Organization of the United Nations FOASTAT,” 2014); 2) Cundinamarca fue el departamento con mayor producción para el 2014, participando con 53,1%, seguido de Antioquia con el 29,6%, Norte de Santander con 7,9%, Cauca con 6,6%, Boyacá con 1,3% y Valle del Cauca con 0,6% (Cámara de Comercio, 2015). Por lo tanto, el trabajo aquí descrito se enfocará en una investigación de literatura de las 5S, tanto de autores internacionales como latinoamericanos y nacionales, en un recorrido desde la literatura seminal (comienzos de los años 2000) hasta nuestros días, revisando los problemas que se divisan en la recolección de fresas en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

2. MÉTODOS

En este artículo fue utilizada una amplia revisión de literatura sobre el tema escogido así como en Da Silva Filho & Fernandes (2016), por medio de diversas fuentes referentes al asunto en cuestión, en libros, artículos y publicaciones en internet. El levantamiento bibliográfico resultó en esclarecimiento y conocimiento científico sobre el asunto, por el interés práctico y con el objetivo

de mostrar teóricamente resultados para una solución práctica de algunos problemas actuales del tópico en cuestión.

En principio, se tomó como referencia un corpus de información de la base de datos Scopus. El corpus se obtuvo de una búsqueda sencilla de la palabra clave “5S”, teniendo como resultado 19,336 documentos. Como ese corpus de artículos era demasiado grande para ser estudiado, se redujeron los temas de acuerdo a las áreas de interés, los idiomas desconocidos y las palabras clave fuera de contexto, obteniendo así un corpus de 455 artículos. A estos documentos se les hizo una lectura rápida de títulos para descartar aquellos escritos que no estuvieran relacionados con el tema, obteniendo un corpus de información de literatura específica de “Lean”. De estos artículos (que fueron 196), se descartaron por el resumen o “abstract” aquellos que no estuvieran relacionados directamente con las 5S, y que hablaban de otras metodologías de la manufactura esbelta. Con esta depuración, se obtuvo un corpus final de 62 artículos directamente relacionados con la metodología de las 5S. De estos documentos finales, se escogieron 15 que cubrieran los siguientes criterios:

- Artículos de literatura seminal (publicados hace más de 15 años).
- Artículos de literatura de tendencia (publicados en los últimos 2 o 3 años).
- Artículos de literatura de soporte (publicados hace menos de 10 años, pero sin llegar a ser de tendencia).
- Artículos de literatura internacional.
- Artículos de literatura latinoamericana y nacional.

Con este cuerpo de información, se garantiza un óptimo manejo de los recursos disponibles en la literatura científica respecto al tema específico de las 5S.

Por otro lado, para el estudio del proceso de recolección de fresa se obtuvo información de fuentes públicas y subidas en la red, como lo fueron documentos de la Cámara de Comercio de Bogotá, la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas (“Food and Agriculture Organization of the United Nations”, FOASTAT por sus siglas en inglés) y el Departamento Nacional de Planeación. De estas fuentes, se reportan estadísticas y contenido que pertenecen específicamente a la fresa. Estos recursos de información, sumados a los obtenidos del análisis y depuramiento de información del corpus de las 5S, conforman el contenido bibliográfico del presente trabajo.

3. RESULTADOS

Haciendo uso del software VOSviewer, se realizó un análisis de co-ocurrencia, con las palabras clave, o *keywords*, como unidad de análisis. El corpus de información tomado fue el que contenía los 196 artículos que abarcan la literatura correspondiente a la manufactura “Lean” o manufactura esbelta. El mínimo número de ocurrencias fue tomado como seis, obteniendo un límite de 30 palabras clave de las 899 inicialmente preseleccionadas por el programa. En la figura 1 se muestra el resultado del procesamiento descrito.

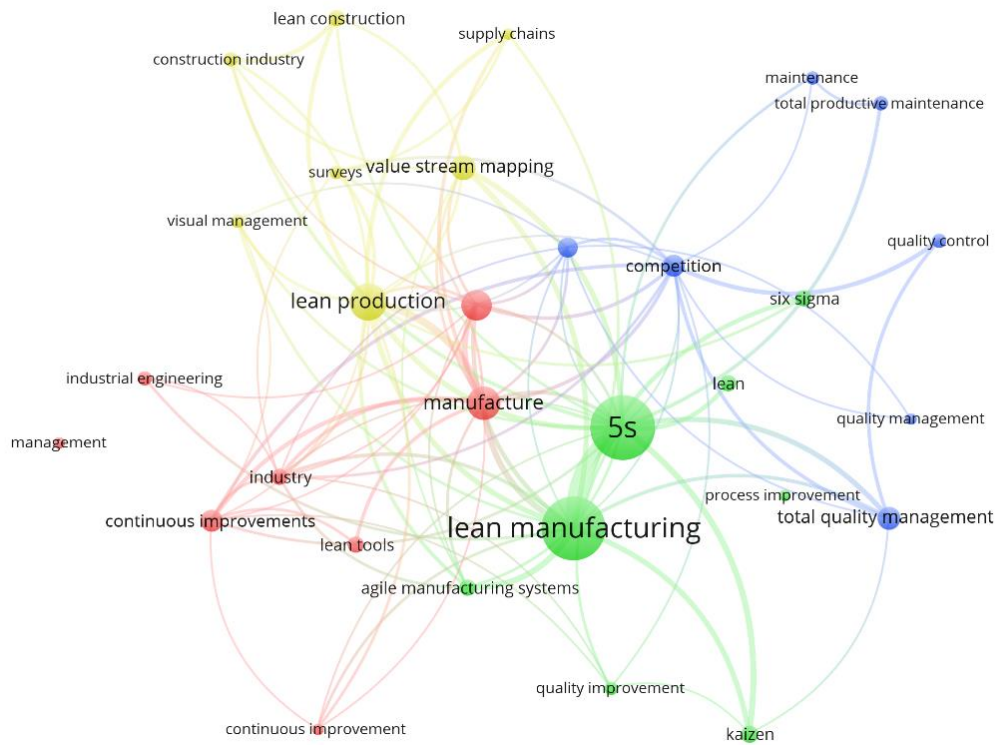


Figura 1. Software de procesamiento: VOSviewer® 1.6.5
Enfoques de la investigación en el área de gestión del conocimiento en el mundo.

En la imagen se pueden asociar las diferentes palabras clave relacionadas con la manufactura esbelta, y específicamente con las 5S. Palabras como “administración total de la calidad” (total quality management), “mejoramiento continuo” (continuous improvement), “manufactura” (manufacture), “producción esbelta” (lean production) y sistemas de manufactura ágil (agile manufacturing systems), hacen parte de este conglomerado de temas que abarca el “Lean”, en relación a las 5S.

Además de esto, se pueden visualizar unos clusters diferenciados por campos de estudios. El primer cluster, de color rojo, toca temas relacionados con la industria, como lo es la manufactura, la ingeniería industrial, la administración, y la productividad. El segundo cluster, de color verde, se enfoca principalmente en temas relacionados con las herramientas de la manufactura esbelta, como las 5S, el mejoramiento de la calidad y los procesos, kaizen y six sigma. El cluster número tres, de color azul, se enfoca en calidad, con palabras como la administración industrial, el control de calidad, la administración de la calidad, el mantenimiento total productivo y el control total de la calidad. El último cluster, de color amarillo, enfatiza otras herramientas del “Lean” como lo son el “value stream mapping” y la administración visual, con temas logísticos (como las cadenas de suministro) y de construcción -construcción lean e industria de la construcción.

Por otra parte, es sabido que el proceso de recolección de fresa hace parte de la actividad de la cosecha, dentro del conjunto total de actividades del cultivo de mora (Cámara de Comercio, 2015): planeación, establecimiento del cultivo, manejo del cultivo, cosecha, poscosecha y

comercialización. Es en este proceso donde ocurren las pérdidas de calidad más graves, debido a la realización de actividades de forma inadecuada y/o sin tener las precauciones necesarias, generando daños mecánicos al producto, y por tanto, aumentando las posibilidades de la entrada de patógenos en la fruta. (Cámara de Comercio, 2015). La figura 2 muestra la distribución de pérdida y desperdicio por eslabón en la cadena alimentaria, donde se ve claramente que al menos un 60% corresponde a pérdidas en las etapas de producción, poscosecha y almacenamiento.

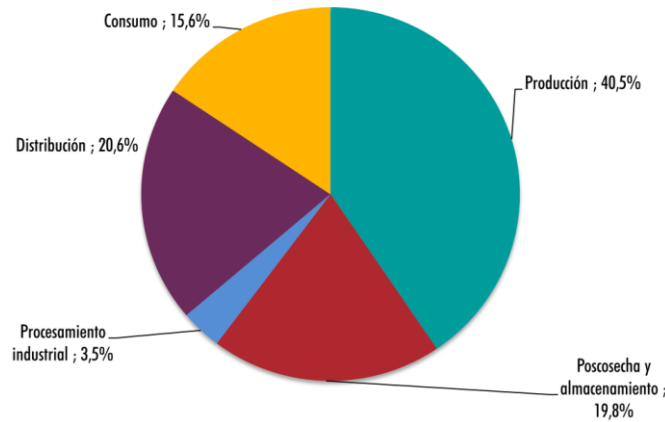


Figura 2. Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos en Colombia para el 2012 (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

A su vez, en la figura 3 se puede apreciar la distribución de la pérdida y el desperdicio de alimentos por regiones. En estos mapas, la región centro-oriental (incluido aquí Cundinamarca, el mayor productor de fresa en el país) se ve como “líder”, siendo la mayor generadora de desperdicios y pérdidas a nivel nacional.

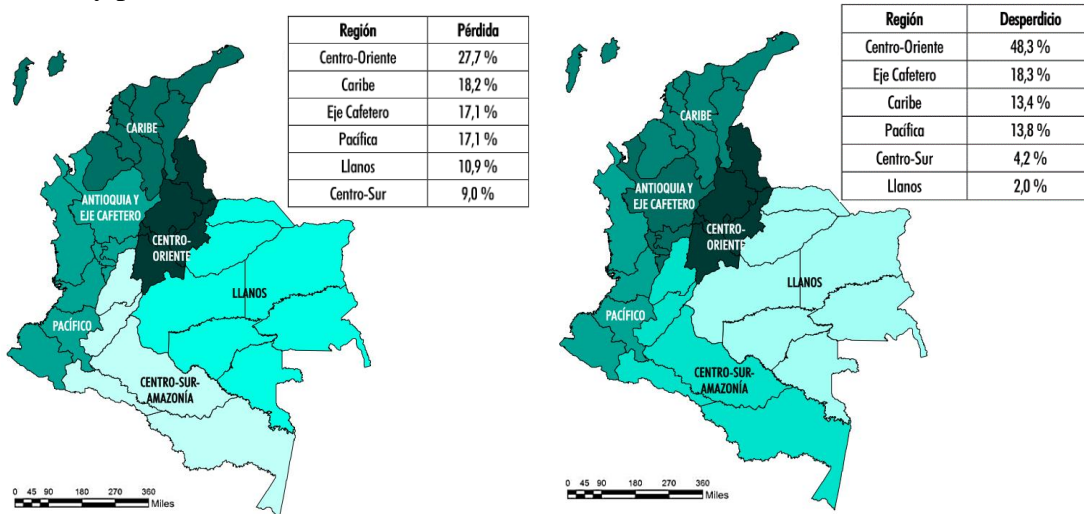


Figura 3. Distribución de la pérdida y el desperdicio de alimentos por regiones en Colombia para el 2012 (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

4. ANÁLISIS

¿Por qué implantar la metodología de las 5S en un proceso tan complejo y que involucra tantos factores como lo es la recolección de la fresa? Según Bullington (2003), las compañías que adoptan la filosofía de producción Lean, implementando los procesos de las 5S, traen orden al puesto de trabajo, algo sumamente requerido en la industria de alimentos para evitar desperdicios y pérdidas de hasta el 60% como ya se citó (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Además, un sistema 5S (organizar, colocar en orden, limpiar, estandarizar y sostener) crea un ambiente de trabajo disciplinado, limpio, y bien ordenado (Chapman, 2005), conduciendo a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, mejor organizadas y más seguras, tratando de resaltar una "mejor cualidad de vida" en cada operación (Rivera & Cox, 2007). Y no se limita a eso. De acuerdo a Dingsoyr et al. (2006), debido a las prácticas de las 5S las compañías obtienen los siguiente beneficios: detrimento en las demoras y el número de faltas, reducción del número de errores, mejora en la calidad, mejora en la salud ocupacional, detrimento en el número de daños en los equipos, mejor control sobre el flujo de producción, incremento en la seguridad en el trabajo, mejora en la disciplina en el trabajo e incremento en el trabajo en equipo. Finalmente anota Avila et al. (2017) las 5S permiten tornar el ambiente de trabajo más objetivo, dinámico, práctico y seguro, lo que lleva a optimizar la gestión de la calidad.

A pesar de todos los posibles beneficios de su aplicación, se tiene gran dificultad en la ejecución de las 5S. Ésto podría tener raíz en la figura plana de las 5S. De hecho, los gerentes y el personal ejecutivo no está profundamente consciente de las metas de las 5S (Moradi, Abdollahzadeh, & Vakili, 2011). Martínez Sánchez, Rincón Ballesteros, & Fuentes Olaya (2015) afirman que en Colombia, la metodología de las 5S está siendo infrautilizada, especialmente en pequeñas y medianas empresas, dejándolas incapaces de entender los beneficios de la metodología como una estrategia de mejoramiento del rendimiento en la toma de decisiones y crecimiento organizacional (Hernández Lamprea, Camargo Carreño, & Martínez Sánchez, 2015).

5. CONCLUSIONES

El sistema 5S es un método usado para establecer y mantener la calidad del ambiente de trabajo en una organización. A la vez, las 5S son un sistema para reducir y optimizar la calidad y la productividad a través del monitoreo de un ambiente organizado, obteniendo resultados sólidos (Ajay & Sridhar, 2016), siendo no muy difícil de implementar: el único prerrequisito para usar las 5S es una cultura de respeto y el deseo de mejorar (Keif, 2009). Hecho correctamente, la filosofía 5S es una poderosa herramienta para el cambio cultural, conectado con el hecho de que las 5S establezcan específicamente una estructura para el sostenimiento, lo que es probablemente la llave de poder de la metodología (DiBarra, 2002). Así, la exitosa implementación de las últimas 2S determinará si se es capaz de transformar las operaciones de una oscura planta de desechos a una fábrica visual donde el ambiente sea auto-explicativo, auto-ordenado y de auto-mejora (Chapman, 2005).

Se deben hacer grandes esfuerzos en los procesos de recolección de fresa, y no solamente en el departamento de Cundinamarca, sino en toda Colombia. Es más, si se quiere, se debería extender

el uso de la metodología a micro, pequeñas y medianas empresas, a procesos y macroprocesos logísticos mayores, que incluyan un número de personas y de capital considerable. Si la inversión es mayor, el retorno sobre esa inversión a la hora de la aplicación de la metodología 5S, y en general de la manufactura esbelta, será enorme.

Referencias

- Ajay, R., & Sridhar, M. B. (2016). INCORPORATION OF 5S METHODOLOGY IN CONSTRUCTION PRACTICES. *Sadguru Publications, 14*, 127–134.
- Ashraf, R. B., Hossain, Z., & Rashid, H. (2017). Development of a framework for 5S implementation considering specific industry and country context. In *7th Annual Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM 2017* (pp. 1731–1737). Department of Mechanical and Chemical Engineering, Islamic University of Technology (IUT) Board Bazar, Gazipur, Dhaka, Bangladesh: IEOM Society. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018941186&partnerID=40&md5=2eb5672de7014bcbe0777698881c6fa0>
- Avila, C. A. de;, Stefenon, S. F., Arruda, P. A., Klaar, C. R., & Lima, L. C. de; (2017). Aplicação dos 5S e das Ferramentas da Qualidade para Gestão de Riscos da Segurança e Saúde no Trabalho. *Revista Espacios, 38*, 1–13.
- Bullington, K. E. (2003). 5S for suppliers. *Quality Progress, 36*(1), 56–57. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0037244887&partnerID=40&md5=c22a79ef7785dfb743b34974f349e131>
- Cámara de Comercio, B. (2015). MANUAL FRESA. *Núcleo Ambiental S.A.S.* ©. Bogotá, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá. Retrieved from <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11341/1000001086.pdf?sequence=1>
- Chapman, C. D. (2005). Clean house with lean 5S. *Quality Progress, 38*(6), 27–32. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-20844459461&partnerID=40&md5=b15a3c0561aa56e8ccb4197d6bbdf54>
- Da Silva Filho, G. A., & Fernandes, M. D. (2016). GESTÃO DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S PARA AS MELHORIAS DE PROCESSOS ADMINISTRATIVOS. *Ciências Sociais Aplicadas Em Revista - UNIOESTE/MCR, 16*(31), 133–150.
- Departamento Nacional de Planeación, C. (2016). Pérdida y Desperdicio de Alimentos en Colombia. Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas. Bogotá D.C., Colombia: Departamento Nacional de Planeación DNP. Retrieved from https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/Pérdida_y_desperdicio_de_alimentos_en_colombia.pdf
- DiBarra, C. (2002). 5S - A tool for culture change in shipyards. *Journal of Ship Production, 18*(3), 143–151. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0036670474&partnerID=40&md5=ba74fe1415e39c7a34a249dc5abbf794>
- Dingsoyr, T., Hanssen, G. K., Dyba, T., Anker, G., & Nygaard, J. O. (2006). *Lecture Notes in Computer Science*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FOASTAT. (2014). Rome, Italy: FAO

- Departments and Offices. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GE/visualize>
- Hernández Lamprea, E. J., Camargo Carreño, Z. M., & Martínez Sánchez, P. M. T. (2015). Impact of 5S on productivity , quality , organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda . Impacto de las 5S en la productividad , calidad , clima organizacional y seguridad. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 23(1), 107–117.
- Keif, M. G. (2009). What lean means for printers reducing setups and makereadies is just the beginning. *Flexo*, 34(9), 49–52. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-70349339028&partnerID=40&md5=acffec5aa011ec28cd840c8b46683c0b>
- Martínez Sánchez, P., Rincón Ballesteros, N., & Fuentes Olaya, D. (2015). Impact of 5S on Productivity, Quality, Organizational Climate and IS at Tecniaguas S.A.S. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 3(January 2015), 247–255. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14078-0_28
- Moradi, M., Abdollahzadeh, M. R., & Vakili, A. (2011). Effects of implementing 5S on total productive maintenance: A case in Iran. In *2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability, ICQR 2011* (pp. 41–45). Industrial Engineering Department, Urmia University of Technology, Urmia, Iran. <https://doi.org/10.1109/ICQR.2011.6031678>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. In T. A., S. E., R. R., T. T., L. H., & S. K. (Eds.), *27th CIRP Design Conference 2017* (Vol. 60, pp. 380–385). Manufacturing Department, Cranfield University, Bedfordshire, United Kingdom: Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Rivera, B. R. G., & Cox, J. (2007). Job Satisfaction and 5's kaizen - A good way to get better productivity, efficiency and uniformity in manufacturing and industrial sectors. *37th International Conference on Computers and Industrial Engineering 2007*, 2(101), 1172–1177. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84886065688&partnerID=tZOtx3y1>
- Salinas, J. I., Aguilar, J. I., Tlapa, D. A., & Amaya, G. (2014). *Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry. Lean Manufacturing in the Developing World*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9>

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, a nuestras familias, a nuestros amigos, a nuestros compañeros, a nuestra Alma Mater la Universidad Nacional de Colombia, a la Facultad de Ingeniería, al Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, al profesor Wilson Adarme Jaimes, a la profesora Catherine Ballesteros, y a la Universidad de Antioquia por las instalaciones para llevar a cabo el IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIO 2017.

Copyright © 2017 Juan Pablo Loaiza Ramírez, Jimmy Santiago Castro y Laura Janeth Cruz Aldana: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

COMERCIO DIGITAL INTEGRADO

Leonardo Antonio Muñoz Muñoz

glmunoz1956@gmail.com

Resumen

El comercio electrónico, también conocido como e-commerce o bien negocios online, consiste en la compra y venta de productos o servicios a través de medios electrónicos, tales como Internet.

Se tienen ciclos de proveedor de bienes o servicios dependiendo de cada industria, así mismo ciclos de consumidores de estos.

Se describe un ciclo de comercio tradicional, denominado Outbound, ejemplo de TIC y el ciclo de comercio digital Inbound Marketing usado por proveedores que están incursionando en el comercio digital de sus productos.

Se presenta un ciclo para compradores digitales, denominado Buybound Digital y sus características funcionales. Se concibe un Ciclo Integrado de Comercio Digital compuesto por los ciclos Inbound y Buybound y relacionado por internet, sus medios, redes y contenidos. Se exponen recomendaciones que propenden por la implementación del comercio digital integrado como plataforma TIC que se orienta al fortalecimiento del uso de la TIC para las organizaciones.

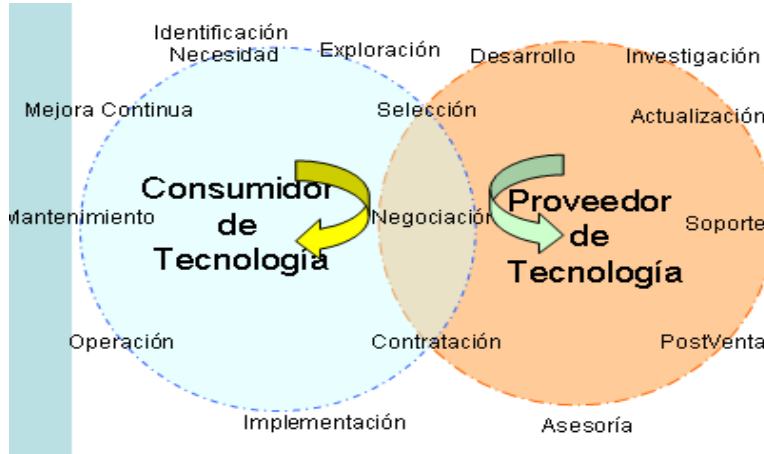
1. INTRODUCCIÓN

El comercio electrónico, también conocido como *e-commerce* (*electronic commerce* en inglés) o bien *negocios por Internet* o *negocios online*, consiste en la compra y venta de productos o de servicios a través de medios electrónicos, tales como Internet y otras redes informáticas. La cantidad de comercio llevada a cabo electrónicamente ha crecido de manera extraordinaria debido a Internet. Una gran variedad de comercio se realiza de esta manera, estimulando la creación y utilización de innovaciones como la transferencia de fondos electrónica, la administración de cadenas de suministro, el marketing en Internet, el procesamiento de transacciones en línea (OLTP), el intercambio electrónico de datos (EDI), los sistemas de administración del inventario y los sistemas automatizados de recolección de datos. La cadena de suministro es un sistema complejo y dinámico. (cf. Wieland/Wallenburg, 2011) La **administración de redes de suministro** (en inglés, *Supply chain management*, *SCM*) es el proceso de planificación, puesta en ejecución y control de las operaciones de la red de suministro con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente con tanta eficacia como sea posible. La **logística** es definida como el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución. El uso de las herramientas digitales en las redes es cada vez más intenso y representa una tendencia universal en las relaciones comerciales. Este documento aborda el reconocimiento de un ciclo tradicional de comercio Outbound con sus características generales y funcionalidad, luego se describe fundamentalmente la Metodología Inbound Marketing Digital como herramienta incursionadora en el uso de los medios electrónicos y

las redes en el comercio desde la vista objetiva de los productores o proveedores de bienes o servicios, para finalmente exponer una Metodología Buybound como elemento aportante en un ciclo de comercio digital integrado, desde el punto de vista del consumidor de bienes o servicios.

2. MÉTODOS

2.1 Ciclo Tradicional Cliente Proveedor- Outbound



Gráfica No. 1 Ciclo Tradicional Cliente-Proveedor

La gráfica No. 1 presenta un ejemplo de un ciclo proveedor- cliente de una industria de Tecnología. El ciclo del proveedor inicia con la investigación y desarrollo de los bienes o servicios que el fabricante está interesado en poner en el mercado, pasando por las distintas etapas de la relación comercial de selección, negociación, contratación, asesoría, postventa, soporte y actualización de sus productos. El ciclo del consumidor inicia en la identificación de la necesidad, la exploración de mercados para identificar posibles proveedores pasando por las distintas etapas de la relación comercial de selección, negociación, contratación, implementación, operación, mantenimiento, y mejora continua que puede realizar de sus incorporaciones el cliente. Se puede relevar la convergencia de relación en las fases de selección, negociación y contratación como elementos de concreción del proceso de suministro incorporación de bienes o servicios. Tanto el proveedor como el consumidor desarrollan actividades propias que propenden por la sostenibilidad de sus negocios.

2.2 Inbound Marketing Digital

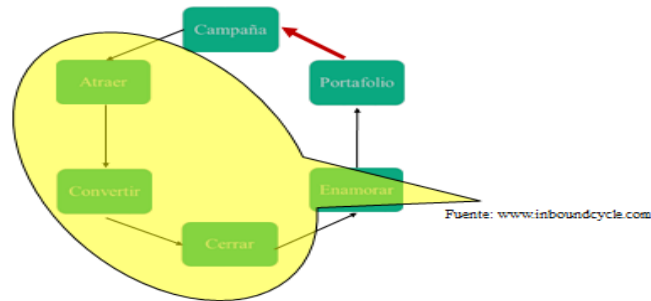
Metodología Inbound Marketing



Gráfica No. 2 Metodología Inbound Marketing

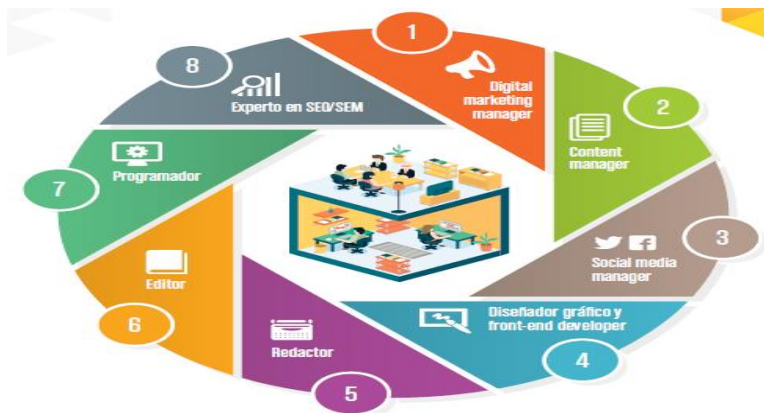
2.3 Ciclo Inbound Marketing Digital

Ciclo Inbound Marketing Digital



Gráfica No. 3 Ciclo Inbound Marketing Digital

La gráfica No. 2 presenta la metodología Inbound Marketing Digital, divulgado en www.inboundcycle.com con sus fundamentos de **atraer-convertir-cerrar- enamorar** al cliente desde la plataforma digital del proveedor. Se propone complementar la metodología para completar un ciclo, ver gráfica No. 3, con los elementos **portafolio** de servicio del proveedor y **diseño y desarrollo de campañas** digitales con el propósito de incluir aspectos de sostenimiento y continuidad del negocio para el proveedor de bienes y/o servicios usando las plataformas digitales. Todo esto implica la adopción de una estructura organizacional adecuada con cargos y competencias conductuales y cognitivas como la propuesta de www.inboundcycle.com que se muestra en la gráfica No. 4 y en donde se pueden mencionar aspectos como Digital Marketing Manager, Content Manager, Social Media Manager, Diseñador Gráfico y front end developer, redactor, editor, programador y un experto en SED/SEM, teniendo todos estos actores con la mesa de negociación digital con el cliente.



Gráfica No. 4 Estructura Organizacional Inbound. www.inboundcycle.com

3. RESULTADOS

3.1 Metodología Buybound Marketing Digital

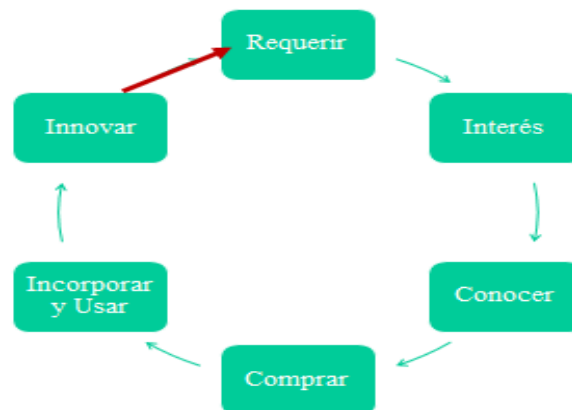
Metodología Buybound Marketing



Gráfica No. 5 Metodología Buybound Marketing Digital, (Muñoz 2017)

La gráfica No. 5 presenta la Metodología Buybound Marketing Digital (Muñoz, 2017), propuesta por el autor, que considera aspectos de **interés, conocimiento, compra, incorporación y uso** de los bienes o servicios que se puede dar en el negocio del consumidor o cliente. Cada uno de los aspectos propone unas actividades y/o herramientas que pueden ser usadas para el abordaje del subtema.

3.2 Ciclo Buybound Marketing Digital

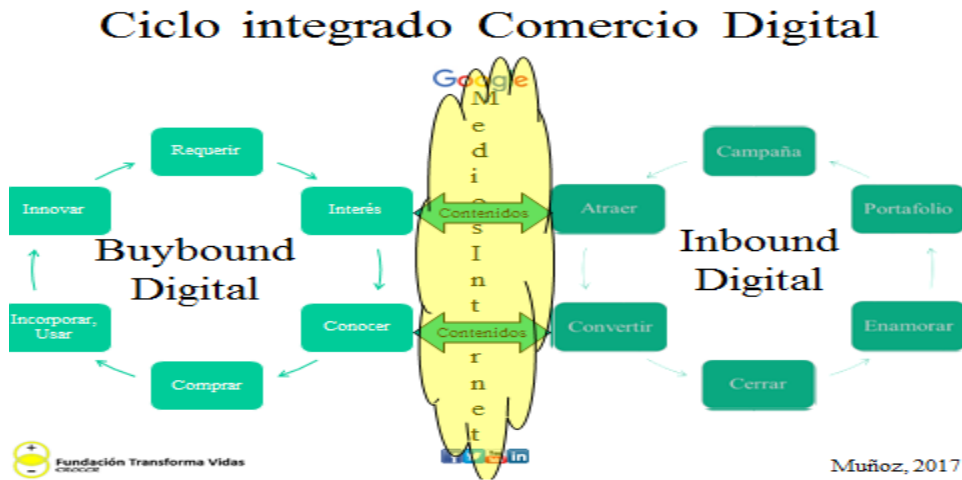


Gráfica No. 6 Ciclo Buybound Marketing Digital, (Muñoz 2017)

La gráfica No. 6 presenta el ciclo Buybound Marketing Digital (Muñoz, 2017), propuesto por el autor, que considera aspectos de requerimiento, la Metodología Buybound (interés,

conocimiento, compra, incorporación y uso) de los bienes o servicios para cerrar con la Innovación que se puede dar para nuevos aspectos de exploración y enfoque en el negocio del consumidor o cliente. Como se observa es un ciclo que puede ser considerado en espiral creciente de acuerdo con las expectativas y propósito superior del cliente.

3.3 Ciclo Integrado Comercio Digital Unívoco



Gráfica No. 7 Ciclo Integrado de comercio Digital Unívoco (Muñoz, 2017)

Para efectos de entendimiento general, cuando un proveedor de bienes o servicios aplica la metodología Inbound y un consumidor del bien o servicio aplica Buybound se da el inicio a la relación comercial digital unívoca, uno y uno, a modo de ejemplo pedagógico. Ver gráfico No. 7 Ciclo Integrado de comercio digital Unívoco.

El ciclo inbound digital del proveedor de bienes o servicios converge con el ciclo Buybound digital del cliente, mediante el "atraer" del inbound para captar el "interés" del Buybound por medio de contenidos en redes sociales y medios de internet como google, twitter, Facebook, YouTube, Instagram, etc.,.

El Inbound procura "convertir" al cliente con su propuesta de proveedor. Suministra mayor información y contenidos más específicos para que el cliente logre "Conocer" cada vez más profundamente los bienes o servicios y logrando que éste se afilie con las características y funcionalidades expuestas y compartidas.

Los nuevos roles requeridos en la estructuras organizacionales del proveedor y del cliente serán los puntos de contacto para esa interacción digital: el "Buyer Person" en el cliente y el "Digital Market Manager" en el proveedor.

Los roles complementarios de los ciclos Inbound y Buybound deberán consolidarse a la luz de nuevas competencias cognitivas y conductuales que deberán ser adquiridas y desplegadas para hacer realidad los correspondientes ciclos.

3.4 Ciclo Integrado de comercio Digital Múltiple

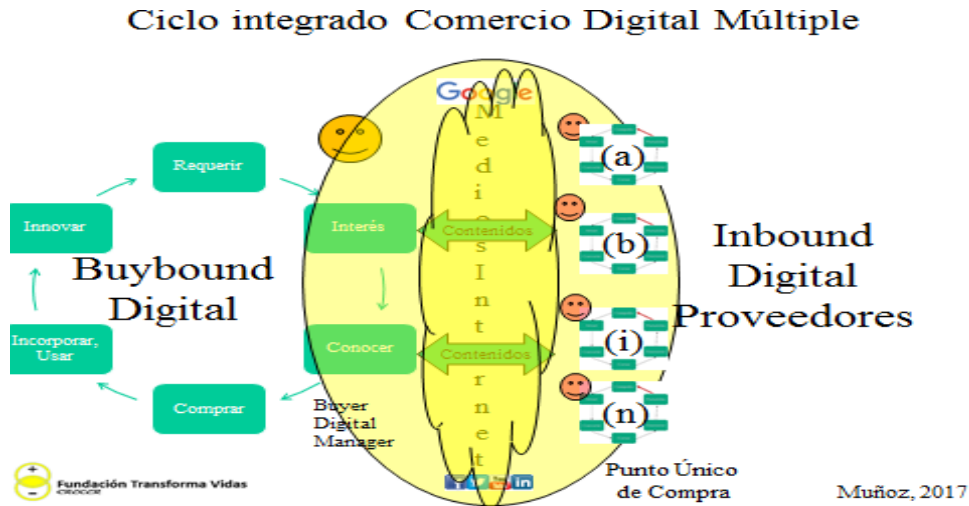


Gráfico No. 8 Ciclo de Comercio Digital Múltiple

Los ciclo Inbound digital de los proveedores de bienes o servicios convergen con el ciclo Buybound digital del cliente, mediante el “atraer” del “interés” por medio de contenidos en redes sociales y medios de internet como Google, Twitter, Facebook, YouTube, Instagram, etc., promoviendo el conocimiento cada vez más avanzado de los bienes o servicios por parte del cliente que buscan “convertir” con las propuesta de los proveedores. Los nuevos roles requeridos en las estructuras organizacionales del cliente y proveedor serán los “Puntos únicos de compra” para esa interacción digital: el “Buyer Digital Manager” en el cliente y los “Digital Market Manager” en los proveedores.

Surge la necesidad de establecer del lado del cliente, en el espectro del Buybound, un “Punto único de Compra” para conciliar toda la información de contenidos entregados por los distintos Inbound para “atraer” y “convertir”, relacionados con los datos de interés expuestos por el cliente y las conclusiones y recomendaciones del ejercicio de “Conocer” los bienes o servicios objeto de incorporación.

3.5 Niveles de Madurez Comercio Digital

A continuación se propone una estructura de niveles de madurez del comercio digital fundamentado en los conceptos previos expuestos en este documento. Se consideran 5 niveles de madurez con sus descripciones, características fundamentales y las competencias requeridas para su respectivo desarrollo. Ver tabla No. 1.

Nivel	Descripción	Característica	Competencias
0	Compra – venta Tradicional- CVT	Acoso al cliente	Vendedor Tradicional
1	Venta Digital- Compra Tradicional- DT	Inbound Digital Proveedor	Inbound Digital
2	Venta Digital- Compra Digital -DD	Inbound Digital Proveedor- Buybound Digital Comprador	Inbound Digital Buybound Digital
3	Punto único de compra Digital Interno - PUCI	Inbound Digital Proveedores Buybound Digital Comprador (Interno)	Inbound Digital (n) Buybound Digital
4	Punto único de compra Digital Externo- PUCE	Inbound Digital Proveedores Buybound Digital Comprador (Externo)	Inbound Digital (n) Buybound Digital

Tabla No. 1 Nivel de Madurez< Comercio Digital (Muñoz, 2017)

3.6 Mapa de Ruta Niveles de Madurez



Gráfica No. 8 Ruta Niveles de Madurez Comercio Digital (Muñoz, 2017)

La gráfica No. 8 muestra una ruta de los niveles de madurez que puede ser tenida en cuenta para registrar y controlar el avance en el desarrollo de los niveles por las organizaciones empresariales, identificando su situación actual y la situación deseada.

Los avances para lograr el estado deseado se pueden desarrollar por fases, concretando las actividades, recursos y competencias requeridas para consolidar las operaciones de las metodologías Inbound y Buybound.

4. ANÁLISIS

Los ciclos de comercio han existido siempre en los distintos escenarios de intercambio de bienes o servicios, desde la antigüedad, hasta nuestros tiempos, tanto los productores como los consumidores han establecido usos y costumbres, cultura, de comportamiento para obtener los mejores resultados para su actividad empresarial.

El ciclo convencional usado por los productores o proveedores de bienes o servicios hasta la aparición del internet como medio de comunicación al acceso de toda la población hace uso de herramientas y metodologías que invaden el espacio del posible cliente o consumidor, lo cual no siempre es bien recibido en estos tiempos porque es intrusivo, prácticamente obliga al cliente a consumir el producto o servicio, sin considerar las expectativas o apetito de satisfacción que pretende el cliente.

El ciclo Inbound se fundamenta en el portafoliode servicio y es sugestivo frente al cliente, pero lento para llegar a los verdaderos interesados, es sutil porque no acosa al cliente y es dirigido a los que muestran interés al sensar sus palabras clave.

El ciclo Buybound responde a la alineación del plan estratégico empresarial, usa herramientas de inteligencia de negocios para su analítica de la información colectada desde los inbound, solo se enfoca en los temas de interés, es eficiente en el uso de los recursos, la velocidad es rápida para contactar los proveedores que si están interesados en contactar al cliente y el mensaje publicitario se consume por deseo expreso, no por casualidad y el objetivo de mercadeo es por demanda, cuando el cliente lo requiera.

En la Tabla No. 2 se presenta unos aspectos de comparación que se pueden detectar entre las tres metodologías, con lo cual se puede concluir que ellas son complementarias y no se anulan una a otra.

Análisis Comparativo Metodologías

Aspecto	Outbound (Proveedor)	Inbound (Proveedor)	Buybound(Consumidor)
Origen	Investigación	Portafolio de servicio	Plan Estratégico
Relación	Invasiva	Sugestiva	Analítica
Mecanismo de mercadeo	Publicidad de productos o servicios	Atraer con contenidos	Mostrar interés por contenidos
Velocidad de llegada	Rápida	Lenta	Rápida
Mensaje publicitario	Directo	Sutil	Por deseo
Objetivo de mercadeo	Indiferente	Dirigido	Por demanda

Tabla No. 2 Análisis Comparativo Metodologías. (Muñoz, 2017)

5. CONCLUSIONES

- El comercio digital llegó para quedarse.
- Las metodologías Outbound, Inbound y Buybound se complementan.
- Las organizaciones pueden migrar al comercio digital para aprovechar las economías de escala.
- Se hace necesario desarrollar las nuevas competencias digitales para los ciclos Inbound y Buybound en las empresas.
- Se requiere declarar el diagnóstico, estado actual de la empresa, para iniciar.

6. REFERENCIAS

- Halligan, B (2015) Hubspot
- Muñoz, L,A (2010). Metodología Gestión Innovación TIC, 25
- Muñoz, L, A (2017). Comercio Digital Integrado, 13...18
- www.Biquitous.com
- www.inboundcycle.com

LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE ARQUITECTURAS TECNOLÓGICAS PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS FRESCOS

Néstor E. Manosalva Barrera, Delio Alexander Balcázar Camacho, Jorge Martin Kanayet

Universidad Nacional de Colombia

nemanosalvab@unal.edu.co , dabalcazar@unal.edu.co , jmkanayetp@unal.edu.co

Resumen

La trazabilidad de productos frescos implica el desarrollo y aplicación de nuevos mecanismos que hagan uso y apropiación de los avances tecnológicos para facilitar el monitoreo y aumentar la visibilidad de las cadenas de suministro de productos frescos. El desarrollo de estos nuevos sistemas para la trazabilidad de productos frescos debe contemplar la inclusión de dispositivos que capturen una mayor variedad y cantidad de datos junto con el diseño de arquitecturas de software y hardware que presenten alternativas para su gestión y administración. La presente investigación aborda estos aspectos, contemplando la adquisición, almacenamiento, inter-relación y presentación de estos datos al usuario final a través de una propuesta de diseño de una arquitectura para soluciones de trazabilidad de productos frescos.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología con sus avances de hardware y software se convierte en una ayuda fundamental para realizar la trazabilidad de los productos, manteniendo registros de cada uno de los eventos que pueden ocurrir durante su cadena de suministro. Se puede acudir a herramientas tecnológicas para dar una aproximación a soluciones capaces de realizar trazabilidad de productos frescos aplicando los avances en elementos tecnológicos, aunque estas soluciones no son triviales y requieren de conocimientos específicos sobre el funcionamiento de las cadenas de suministro en especial de productos frescos.

La trazabilidad de productos frescos implica el desarrollo y aplicación de nuevos mecanismos que hagan uso y apropiación de las nuevas tecnologías junto con los conceptos clásicos de la trazabilidad, para facilitar el monitoreo y aumentar la visibilidad que se tiene a lo largo de las cadenas de suministro de productos frescos. Al aplicar los avances tecnológicos en cuanto a la implementación de nuevos instrumentos de medición, sensores y dispositivos de comunicación, es posible construir la historia de los procesos y generar un mayor volumen de datos que pueden ser usados para identificar condiciones que afectan los productos frescos y que no son contempladas dentro de los enfoques tradicionales de trazabilidad.

Para salvaguardar la salud pública y la calidad de los alimentos, varios países han impuesto regulaciones que obligan a reportar información sobre las características de los alimentos. Desde 1960, la Comunidad Europea ha impuesto medidas para la identificación de plantas, en USA se han implementado sistemas de certificación para el seguimiento de estándares y en Italia se han establecido guías para la implementación de sistemas de trazabilidad de alimentos (Luvisi, 2016), entre otros esfuerzos realizados en materia de trazabilidad alrededor del mundo.

El desarrollo de estos sistemas para la trazabilidad de productos frescos contempla la inclusión de dispositivos que capten una mayor cantidad de datos implica también el diseño de arquitecturas de software y hardware que presenten alternativas para su diseño y el manejo e integración de estos datos. La presente investigación aborda estos aspectos, contemplando la adquisición, almacenamiento, interrelación y presentación de estos datos al usuario final, a través de la consolidación y propuesta de lineamientos que presenten alternativas para la construcción y diseño de arquitecturas de hardware y software en el marco de la trazabilidad de productos frescos. Mostrando el potencial de estas estructuras para mejorar los sistemas de trazabilidad en las cadenas de suministro de productos frescos permitiendo aumentar los niveles de información con los que se cuenta para tomar decisiones sobre su manejo a través de los eslabones de la cadena.

2. MÉTODOS

Con el desarrollo de los sistemas económicos y tecnológicos, nuevas maneras para mejorar los procesos de la cadena de suministro han surgido. Desde la década de los 60 la creación de protocolos de intercambio electrónico de datos (EDI) y su inclusión en los sistemas contables de las compañías ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de los negocios, facilitando el control, monitoreo y despliegue los procesos de información entre organizaciones.

En el caso de la trazabilidad de productos, los avances tecnológicos han disminuido considerablemente los tiempos requeridos para verificación de cantidades, el registro y verificación de los productos a través de los eslabones de las cadenas de suministro. Esto en gran medida como consecuencia de la implementación de sistemas de información empresariales (ERP), sistemas contables y dispositivos de digitalización y captura de datos, como los lectores de códigos de barras y sistemas de comunicación entre dispositivos basados en radiofrecuencias (RFID). Facilitando los flujos a través de los eslabones de la cadena, la gestión de almacenes y el procesamiento de órdenes y pedidos, entre otros aspectos.

En comparación con los procesos de trazabilidad convencionales para productos inertes, los sistemas de trazabilidad de productos frescos (FPSCTS) implican el monitoreo y control de factores adicionales a la traza, como el seguimiento a las condiciones de transporte y los factores ambientales que pueden alterar las características de los productos durante los flujos que se presentan en los eslabones, por lo que es necesario contemplar factores tecnológicos, factores propios de la cadena de suministro del producto analizado y principios de diseño especiales para su estructuración, Figura 1.

Aunque en la literatura actual sobre sistemas de trazabilidad no es posible identificar un marco común sobre los principios y definiciones de trazabilidad en sistemas alimenticios (Karlsen, Dreyer, Olsen, & Elvevoll, 2013), una propuesta para la construcción de FPSCTS podría estructurarse a través de varias de capas para su diseño.

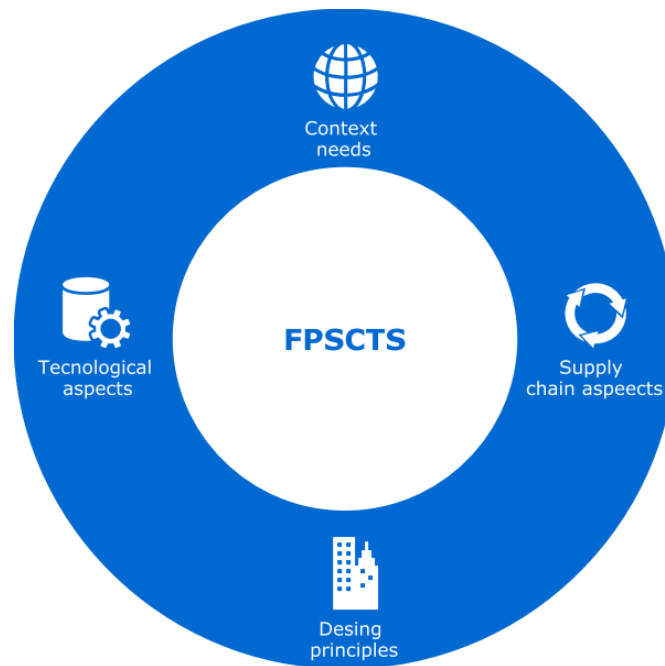


Figura 1. Componentes del sistema FPSCTS

3. PRINCIPIOS DE DISEÑO

Para la construcción de un sistemas de trazabilidad en cadenas de suministro de productos frescos, es necesario tener en cuenta que los beneficios de un sistema de trazabilidad se relacionan con una mejor planeación y uso de recursos, el mejoramiento de los procesos de control e identificación de causas y efectos y la facilidad para recuperar información con propósitos de calidad (Karlsen et al., 2013), por lo que el sistema de generar información adecuada para estos fines, en concordancia con los demás aspectos de la figura 1.

4. NECESIDADES DEL CONTEXTO

Las cadenas de suministro de alimentos actuales están compuestas por sistemas largamente distribuidos geográficamente, con procesos complejos y requerimientos técnicos diversos (Pang, Chen, Han, & Zheng, 2015). Por lo que se debe hacer importante énfasis en el desarrollo de interfaces amigables con el usuario, que requieran mínima interacción de su parte. Dada la heterogeneidad de los contextos regionales propios de los sistemas agrícolas trae consigo variaciones en cuanto a distribución de infraestructura de redes por lo que cualquier sistema que se piense desarrollar debe tener presente esto incorporando modos de operación offline, que mantengan la integridad de datos al igual que se puedan sincronizar una vez restablecida la conexión a las redes de datos. Es necesario definir el alcance del sistema en varias dimensiones para su diseño, (Golan et al., n.d., Bosona & Gebresenbet, 2013 y Dabbene, Gay, & Tortia, 2014a):

- **Amplitud:** Tipo de información a registrar: Temperatura, Humedad, Localización, identificación.
- **Profundidad:** Delimitación del espacio de monitoreo entre los nodos de la cadena.
- **Precisión:** Nivel de agregación para realizar la trazabilidad.

5. ASPECTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

La habilidad de rastrear la historia un producto alimenticio, recopilando la información relativa a sus desplazamientos a través de la cadena de suministro es esencial para las compañías, al permitir y facilitar el control a través de la cadena y tomar acciones para la gestión de riesgos (Dabbene, Gay, & Tortia, 2014b). La trazabilidad en cadenas de alimentos busca la protección de los consumidores promoviendo la investigación de las causas del mal estado de los alimentos, factores que afectan su calidad y manipulación a través de las cadenas de suministro de alimentos (Badia-Melis, Mishra, & Ruiz-García, 2015).

Las iniciativas para aumentar la visibilidad de las cadenas de suministro de alimentos han sido impulsada por las regulaciones y los crecientes requerimientos de los consumidores (Badia-Melis et al., 2015), para la cual los avances tecnológicos presentan un gran potencial de aplicación, requiriendo el desarrollo de procedimientos o estándares para su construcción.

Para el diseño de estos sistemas es necesario contemplar los aspectos particulares de cada cadena de suministro de alimentos, ya que no es posible llegar a caracterizaciones generales de cada sector productivo por el alto grado de dependencia social y regional de los productos frescos.

6. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Para la implementación de sistemas de trazabilidad en cadenas de suministro de productos frescos, es posible identificar dos fases comúnmente usadas (Porto, Arcidiacono, & Cascone, 2011).

- Análisis y especificación de requerimientos
- Diseño y construcción

La primera fase contempla la identificación de los objetivos del sistema, los flujos dentro de la cadena de suministro, identificación de roles dentro del sistema y el análisis del uso de la información.

La principal diferencia de los sistemas de trazabilidad de alimentos basados en RFID y las tecnologías convencionales que se basan en la identificación de características de una etiqueta, se presenta al mejorar la velocidad de lectura y facilitar este proceso, sin embargo, debido a los altos costos de implementación deberían ser explotados para implementar innovaciones en estos sistemas (Pang et al., 2015).

El intercambio de datos debe ser rápido y de fácil lectura con sistema de detección de errores, es por este motivo que la implementación de tecnologías RFID en la trazabilidad de alimentos ha crecido

durante los últimos años, volviendo a los sistemas de trazabilidad de alimentos más confiables y eficientes (Badia-Melis et al., 2015), al no requerir el contacto físico entre productos y lectores para su identificación y control.

6.1. Parametrización del sistema

Los sistemas de trazabilidad orientados en la calidad hacen uso de sensores inalámbricos como temperatura y humedad , utilizando tecnología de radiofrecuencia como *Zigbee* , *bluetooth* de baja energía entre otros, para aumentar la cantidad de información disponible en frente a los sistemas convencionales de rastreo (Badia-Melis et al., 2015) ya sea mediante *GPS*, *Glionass* *Galileo* entre otros con el fin de hacer trazabilidad y rastreo de los productos.

6.2. Componentes del Sistema de Trazabilidad

Un sistema de trazabilidad debe contar con los siguientes componentes:

- Sistema de Información centralizado
- Interfaces (Entrada y Salida)
- Codificación estandarizada (GS1)

En términos generales un sistema de trazabilidad está conformado por los siguientes componentes:

- Plataforma en la nube
- Sensoria
- Redes de telecomunicaciones

Tal como se puede apreciar en la figura 2 debe existir una adecuada interconexión a través de los medios haciendo uso de los protocolos adecuados entre cada uno de esos componentes con el fin de lograr sinergia, es a esto a lo que comúnmente se hace referencia como arquitectura tecnológica.

La nube aporta la recopilación y almacenamiento de grandes volúmenes de datos utilizados luego como insumo para procesos de *Bigdata*. Permitiendo la construcción de aplicativos al igual que su posterior despliegue de manera coordinada.

Se evidencia entonces la necesidad de realizar los desarrollos a nivel de software y hardware siguiendo una metodología en el marco de patrones de diseño que se ajusten a los requerimientos funcionales de la cadena de suministro de productos frescos.

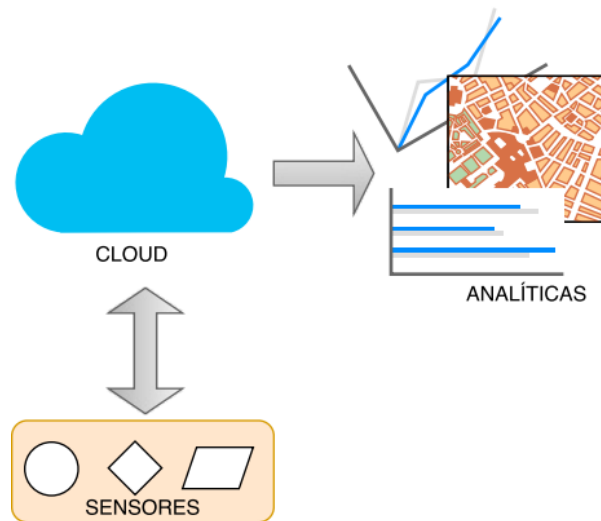


Figura 2. Arquitectura de componentes

6.3. Diseño de Hardware

A nivel de *hardware* el trabajo debe estar orientado principalmente hacia la adopción y apropiación de placas de *hardware* libre ya que estas muestran un abaratamiento al que difícilmente se podría alcanzar haciendo un desarrollo desde cero, lo mismo sucede a nivel de sensores. El reto radica en la utilización de protocolos ligeros, interoperación entre estos, y el eficiente uso de recursos. La sensorica representa los sentidos en el sistema de trazabilidad, es la encargada de tomar los datos que serán enviados a la nube para su procesamiento y análisis, de la buena calidad y calibración de estos dependerá en gran medida la fidelidad y confiabilidad de los resultados.

6.4. Diseño de software

Dentro de la estructura, se presenta la necesidad de desarrollo de software para el control y la administración del sistema, teniendo en cuenta la captura y almacenamiento de datos que se perciben del ambiente, necesarios para la trazabilidad de estos productos. Por tal motivo se propone una estrategia de desarrollo de software que se adapte fácilmente a los requerimientos que se encuentran.

De forma tradicional, los proyectos que involucran la ingeniería de software tienen etapas marcadas para cumplir ciertas tareas, algunas con metodologías y entregables robustos y rígidos, mientras que otras metodologías sugieren una mayor flexibilidad y adaptación conforme al avance del proyecto, como son los casos particulares de *RUP* y las metodologías ágiles respectivamente.

Para este caso particular, se recomienda luego de un análisis previo, la utilización de una metodología que incorpora elementos de los dos casos, con el fin de adaptarlo de la mejor manera a las necesidades detectadas. Basado en las fases de levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, codificación, pruebas, implementación y mantenimiento generales en este tipo de proyectos, se considera pertinente

tomar en cuenta los tres primeros pasos para el diseño de la solución de software, que contemple de una forma detallada cada uno de los requerimientos a codificar.

7. DISCUSIÓN

El desarrollo de lineamientos para el diseño y construcción de sistemas de trazabilidad de productos frescos -FPSCTS- implica contemplar no solo los factores tecnológicos referentes a las arquitecturas de *hardware* y *software* sino también contemplar aspectos propios del funcionamiento de la cadena de suministro y su contexto geográfico, económico y social.

La implementación de desarrollos tecnológicos en cadenas de suministro de productos frescos implica niveles de inversión que no están al alcance de todos los productores, por lo que el desarrollo de prototipos escalables de bajo costo por entidades dedicadas a la investigación puede apalancar su implementación de la mano de los procesos de desarrollo tecnológico e innovación de entidades estatales.

La trazabilidad en productos frescos es fundamental para tener un mejor control de lo que sucede en el tiempo, rastreando los elementos y almacenando la información que permite a múltiples personas o entidades la consulta de esta información que es de gran interés para efectos de seguimiento y control de calidad principalmente.

Se identifica que el uso de la tecnología es un camino para encontrar respuestas a diferentes problemas y retos que se generan día tras día, simplificando y automatizando tareas que en algún momento fueron completamente manuales con posibles errores humanos.

Se requiere que el desarrollo de cualquier solución tecnológica sea lo más amigable con el usuario, las interfaces deben estar orientadas a personas que no están muy familiarizadas con el uso de TIC's, ya que esto podría convertirse con un obstáculo para su adopción.

Los módulos de intercambio de datos de un sistema de trazabilidad deben ser de lectura rápida, evitar el uso de teclados para el ingreso de registros, se hace preferencia por dispositivos de lectura y escritura de naturaleza inalámbrica ya que estos han demostrado su capacidad de operación en condiciones adversas.

Referencias

- Badia-Melis, R., Mishra, P., & Ruiz-García, L. (2015). Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control*, 57, 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.005>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014a). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014b). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>
- Golan, E., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (n.d.). Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory and Industry Studies Visit Our Website To Learn More! Retrieved from

https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41623/28673_aer830_1_.pdf?v=41073

- Karlsen, K. M., Dreyer, B., Olsen, P., & Elvevoll, E. O. (2013). Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist? *Food Control*, 32(2), 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.011>
- Luvisi, A. (2016). Electronic identification technology for agriculture, plant, and food. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0352-3>
- Pang, Z., Chen, Q., Han, W., & Zheng, L. (2015). Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 289–319. <https://doi.org/10.1007/s10796-012-9374-9>

Agradecimientos

Al grupo de investigación Sepro y la Universidad Nacional de Colombia.

Copyright Statement

El siguiente texto de copyright debe ser incluido al final del documento. Por favor indique los nombres de los autores en su archivo:

Copyright © 2017 Néstor E. Manosalva Barrera, Delio Alexander Balcázar Camacho & Jorge Martin Kanayet: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL USADO. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.

Marco Gerald Osorio Meniz¹, Milton Alexander Londoño Román²

Filiación de los autores

*¹Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo. Ciudad Universitaria kilómetro 8.2, Carretera Central, Ate, Lima, Perú. Código Postal: 15483
marco.osorio2105@gmail.com*

*²Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle. Ciudad Universitaria Meléndez Calle 13 N. ° 100-00 Edificio 357, Cali, Colombia. Código Postal: 760032.
milton.londono@correounivalle.edu.co*

Resumen

En los últimos años el consumo de energía se ha incrementado exponencialmente debido a sus diferentes usos indispensables en la vida cotidiana, y se está convirtiendo en un problema ambiental, económico y social, ya que los recursos fósiles, han venido presentado una disminución, que al transcurrir del tiempo serán escasos para las generaciones venideras.

El transporte es el mayor consumidor de combustibles fósiles, siendo uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, generando grandes acumulaciones de este en la atmósfera, provocando aumentos en la temperatura y causando un fuerte cambio climático.

Este proyecto se enfoca en el sector transporte, ya que es el mayor consumidor o demandante de combustibles fósiles. A partir de allí se puede contribuir con el consumo de biocombustibles para el transporte, donde se logrará reducciones de gases de invernadero.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un gran problema ambiental ya que es ocasionado por el hombre. Hay diferentes causas que ocasionan este problema pero las más importantes son por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias. La contaminación del aire ocasionada por la quema de combustibles fósiles en plantas de energía, emisión de humos industriales y vehículos automotores.

Torres afirma que: el principal agente que contribuye al calentamiento global corresponde al dióxido de carbono resultante de la combustión de combustibles fósiles; es decir, petróleo [1].

El aceite se constituye en uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible por su elevada capacidad calorífica [2].

Por ello el aceite doméstico usado se puede reciclar de igual forma, es una acción sencilla que favorece al medio ambiente, ya que además de evitar que contamine ríos, suelos, se aprovecha para crear diversos productos ecológicos, como biodiésel o jabones.

El principal argumento en el que se sustenta el proyecto de investigación consiste en señalar que debe extenderse el uso de los biocombustibles como alternativa a la utilización de los combustibles fósiles debido a que la combustión de éstos está ocasionando una serie de problemáticas considerables al medio ambiente, sobre todo con relación al calentamiento global, aunado a la contaminación del aire, del agua y del suelo.

El trabajo de investigación consiste en proponer que se lleve a cabo el reciclaje de AVU, con la finalidad de producir biocombustibles, con el propósito de disminuir la contaminación.

2. METODOLOGÍA:

2.1. Experimental:

2.1.1. Materiales:

Los materiales a tratar son AVU, agua, etanol, ácido, óxido de potasio, los tanques involucrados:

- a. Tanque de reacción. Aquí se lleva a cabo la acidulación y la esterificación o transesterificación.
- b. Tanque de Etanol. (C_2H_5OH)
- c. Tanque de ácido sulfúrico. (H_2SO_4)
- d. Tanque de agua destilada. (H_2O)
- e. Centrifuga.
- f. Tanque de balastro.
- g. Tanque de tratamiento de residuos.
- h. Columna de condensación.
- i. Columna de rectificación.

2.1.2. Principio de funcionamiento de la planta:

Descripción del proceso para 1 litro de aceite vegetal usado (AVU):

1. En el tanque de reacción (R1) se mezcla 1 litro de (AVU) con 350g de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido al 40% y 350 g de Etanol (EtOH).
2. Teniendo ya una mezcla homogénea se traslada a la centrífuga, donde se separan los ácidos grasos totales (ACT) en la fase ligera de los residuos orgánicos en la fase pesada. Aproximadamente el 35% de la mezcla son ACT.
3. Los residuos orgánicos se llevan a un tanque de tratamiento de residuos.
4. Los ácidos grasos totales en la fracción ligera se llevan a un tanque de balastro para poder almacenarlos mientras termina la etapa de centrifugación.
5. Se mide la concentración de ácidos grasos libres (ACL) dentro de los ACT .

$$C = ACL / ACT \quad (1)$$

6. Se traslada la mezcla de ácidos grasos.
 - 6.1. Si $C < 0.1$ se agregan 250 g de EtOH y 250 g de hidróxido de potasio (KOH) para llevar a cabo la trans-esterificación durante 5 horas a una temperatura constante de 85°C .
 - 6.2. Si $C > 0.1$ se agregan 250 g de EtOH y 250 g de H_2SO_4 para llevar a cabo una esterificación durante 5 horas a una temperatura constante de 85°C .
7. Una vez realizada la reacción se realiza un calentamiento en el tanque para evaporar los restos de etanol y agua que puedan estar en el producto.
8. El etanol y el agua que se retiran del producto se llevan a una columna de condensación y de rectificación para recuperar el etanol y así poder reusarlo en el siguiente lote.
9. Se lleva el producto a otra etapa de centrifugación para retirarle los residuos de ácido y etanol presentes en la mezcla obteniendo así el biodiesel crudo.
10. Los residuos de ácido, etanol y agua retirados del biodiesel se llevan al tanque de tratamiento de residuos.
11. En el tanque de tratamiento de residuos se agrega óxido de calcio (CaO) para neutralizar y obtener cal agrícola que puede comercializarse en la industria para el tratamiento de suelos.

2.2. Síntesis de biodiesel con ácidos grasos obtenidos a partir de AVU

1. Extracción de los ácidos grasos del jabón de sodio, mediante acidificación de la materia prima.
2. Esterificación de ácidos grasos obtenidos a partir del jabón de sodio.
3. Purificación y pulimiento del biodiesel obtenido a partir de los ácidos grasos del jabón de sodio.

2.3. Estrategia de purificación y pulimiento del biodiesel obtenido a partir de ácidos grasos del AVU.

1. Esterificar a 85°C durante 5 horas con las condiciones antes mencionadas.
2. Dejar reposar.

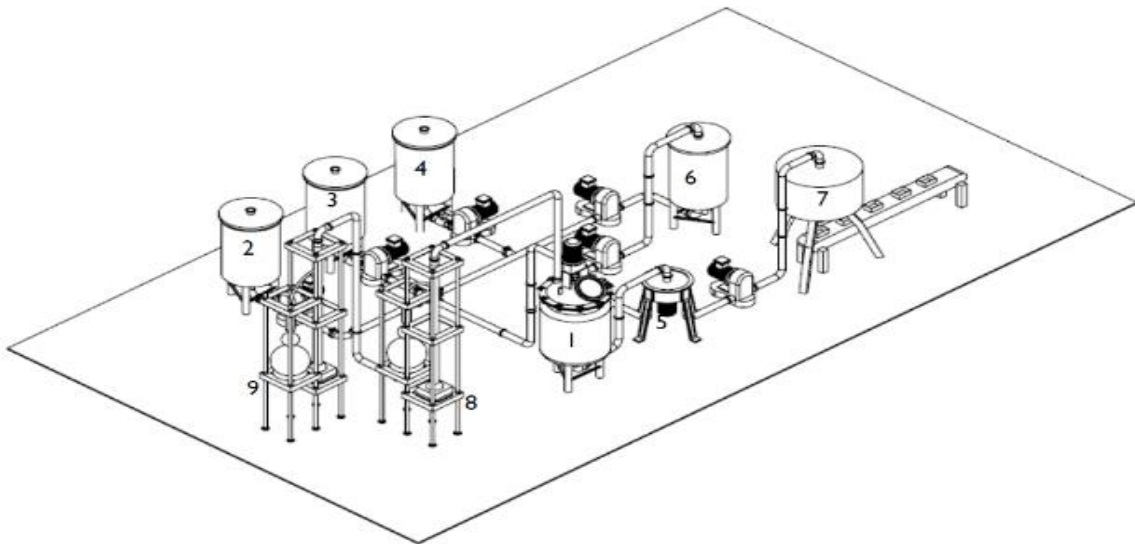


Figura1. Principio de funcionamiento de la planta

3. Añadir 0.063 g de CaO (previamente secado a 600°C por 30 min) por gramo de ácidos grasos y agitar.
4. Centrifugar a 3,500 rpm por 15 min a 25°C.
5. Separar la fase orgánica.
6. Lavar con agua destilada y centrifugar a 3,500 rpm por 10 min a 25°C. Repetir este paso.
7. Separar la fase ligera.
8. Secar el exceso de agua destilada.

3. RESULTADOS

Tabla 1. Obtención de los ácidos grasos del jabón de sodio

Ensayo	1	2	3
Acidificación			
AVU(cm ³)	249.99	250.07	250.10
Agua 60°C (g)	137.5	137.5	137.6
sol. H ₂ SO ₄ 40% (g)	45.00	45.01	45.02
Separación			
Mezcla (g)	424.85	393.8	406.35
F.O recuperada (g)	68.04	62.67	75.24
Análisis F. O			
I.A (mg KOH/g F.O)	109.37	118.84	118.55
I.S (mg KOH/g F.O)	145.31	173.70	172.84
AGL (g AGL/g F.O)	0.55	0.60	0.60
AGT (g AGT/ g F.O)	0.74	0.88	0.87

FO: Fracción orgánica (sobrenadante de la centrifugación), I.S: índice de saponificación, I.A: índice de acidez, AGT: ácidos grasos totales y AGL: ácidos grasos libres.

Tabla 2. Resultados de la síntesis de biodiesel a partir de AVU.

Ensayo	1	2
F.O (g)	54.06	48.60
AGT (g)	39.75	42.72
AGL (g)	29.92	29.22
Metanol (g)	81.09	72.9
H ₂ SO ₄ (g)	5.41	4.86
Biodiesel esperado (g)	38.76	41.37
Biodiesel doble lavado (g)	30.32	31.66
Biodiesel seco (g)	29.21	30.84
% Rendimiento (BD seco /BD esperado)	75%	75%
% Rendimiento (BD seco /F.O)	54%	63%
% Rendimiento (BD seco / AVU)	12%	12%

FO: Fracción orgánica rica en ácidos grasos, AGT: ácidos grasos totales y AGL: ácidos grasos libres. BD: biodiesel, AG: ácidos grasos obtenidos del AVU.

*El rendimiento sobre el BD esperado se calcula tomando en cuenta que todos los ácidos grasos libres se esterifican y los triglicéridos se transesterifican, respecto a estos últimos se aproxima que el 10% de su masa se transforma a glicerol.

Tabla 3. Resultados de la extracción ácidos grasos a partir de AVU.

Ensayo	3	4
Acidificación		
AVU (cm ³)	125.12	125.13
Agua 60°C (g)	68.8	68.8
sol. H ₂ SO ₄ 40% (g)	22.52	22.52
Separación		
F.O recuperada (g)	22.15	34.22
Análisis F. O		
IA (mg KOH/g F.O)	105.35	112.35
IS (mg KOH/g F.O)	159.06	178.61
AGL (g AGL/g F.O)	0.53	0.57
AGT (g AGT/ g F.O)	0.80	0.90

FO: Fracción orgánica (sobrenadante de la centrifugación), I.S: índice de saponificación, I.A: índice de acidez, AGT: ácidos grasos totales y AGL: ácidos grasos libres.

Tabla 4. Resultados de la síntesis de biodiesel a partir de ácidos grasos de AVU.

Ensayo		3	4
	Esterificación		
F.O (g)		14.9	27.11
AGT (g)		11.99	24.50
AGL (g)		7.94	15.41
Metanol (g)		22.35	40.665
H ₂ SO ₄ (g)		1.49	2.71
Biodiesel esperado (g)		11.59	23.59
Biodiesel doble lavado (g)		10.51	22.39
Biodiesel seco (g)		9.67	19.92
% Rendimiento (BD seco /BD esperado)		83%	84%
% Rendimiento (BD seco /F.O)		65%	73%

FO: Fracción orgánica rica en ácidos grasos, AGT: ácidos grasos totales y AGL: ácidos grasos libres. BD: biodiesel, AG: ácidos grasos obtenidos del AVU. *El rendimiento sobre el BD esperado se calcula tomando en cuenta que todos los ácidos grasos libres se esterifican y los triglicéridos se transesterifican, respecto a estos últimos se aproxima que el 10% de su masa se transforma a glicerol.

3.1 Optimización de la extracción con diésel y solución de H₂SO₄ al 20%.

Tabla 5. Recuperación de TAG con diésel (1:1, 2:1 y 4:1) y H₂SO₄ al 20%.

D:AVU	Ensayo	Avu (cm ³)	Solvente (g)	Fracción orgánica (g FO)	AGT (g AGT/g FO)	AGT recuperados (g AGT)
1:1	5	5.02	5.47	6.01	0.311	1.868
	6	5.00	5.01	5.42	0.257	1.392
2:1	7	5.07	10.02	12.24	0.126	1.541
	8	5.06	10.02	12.38	0.071	0.883
4:1	9	5.06	20.61	23.38	0.043	1.001
	10	5.05	20.01	22.14	0.071	1.564

*La composición de AVU corresponde a: 0.262 cm³ AGT/ g AVU; 0.010 cm³ AGT/ g AVU y 0.252 cm³ TAG/ g AVU.

Tabla 6. Recuperación de AGT con diésel y H₂SO₄ al 20%.

Ensayo	Avu (cm ³)	Solvente (g)	Fracción orgánica (g FO)	AGT (g AGT/g FO)	AGL (g AGL/g FO)	TAG (g TAG/g FO)	% AGT recuperados (cm ³ AGT/ g AVU)
11	100.04	100.10	130.28	0.225	0.153	0.072	0.2925
12	100.03	100.21	161.12	0.275	0.164	0.111	0.4425
13	100.05	100.19	161.60	0.253	0.176	0.076	0.4082
14	100.07	100.02	161.64	0.272	0.164	0.108	0.4394

*La relación es 1:1 en masa diésel AVU, FO: Fracción orgánica, AGT: ácidos grasos totales, AGL: ácidos grasos libres y TAG: triglicéridos.

Tabla 7. Características del extracto de AG con diésel y H₂SO₄ al 20%.

Ensayo	Densidad (g / mL)	Viscosidad cinemática (cSt)
11	0.94	5.15
12	0.87	6.61
13	0.88	6.70
14	0.88	6.85

Tabla 8. Recuperación de AGT a partir de la acidificación del AVU.

Ensayo	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄ (g H ₂ SO ₄ / g AVU)	AVU (cm ³)	AGT (g AGT/g FO)	AGL (g AGL/g FO)	AGL/AGT (g AGL /g AGT)
15	20%	0.055	10.05	0.70	0.53	75.58%

16		0.073	10.06	0.98	0.67	68.14%
17		0.276	10.00	0.91	0.73	80.00%
18	40%	0.110	10.03	1.02	0.70	68.61%

* FO: Fracción orgánica (sobrenadante de la centrifugación), AGL: ácidos grasos libres y AGT: ácidos grasos totales.

4. ANÁLISIS

Como se puede observar en el ensayo 1 y 2, la recuperación de AGT representa entre el 25 y 30% de la materia prima inicial. Se recomienda que para cada ensayo se realice el análisis de materia prima, para evitar sobre o subestimar el porcentaje de recuperación de AGT sobre los presentes en el AVU.

La recuperación del producto final en el ensayo 3 y 4 sigue reduciendo los rendimientos sobre el biodiesel esperado. Por lo que se sugirió establecer una metodología de optimización que permita recuperar mejor el producto final.

La acidificación con H₂SO₄ al 20% [3] favorece la separación de fases. Tiene un efecto positivo frente a la acidificación con H₂SO₄ concentrado debido a la claridad del extracto.

En el ensayo 15 se adicionó la cantidad correspondiente a 0.3 mL de H₂SO₄ concentrado. Durante el calentamiento de la muestra de AVU, no cambió la fluidez, sin embargo, al adicionar el H₂SO₄ al 20% disminuyó la viscosidad, se oscureció ligeramente y se formó una emulsión.

Se adicionó la cantidad correspondiente a 0.3 mL de H₂SO₄ concentrado + 32% en el ensayo 16. Durante el calentamiento de la muestra de AVU, no cambió la fluidez, pero se oscureció ligeramente, sin embargo, al adicionar el H₂SO₄ al 20% disminuyó la viscosidad, y se formó una emulsión.

Al ensayo 17 se le adicionó la cantidad correspondiente a 5 veces 0.3 mL de H₂SO₄ concentrado. Durante el calentamiento de AVU, disminuyó ligeramente la viscosidad, se oscureció, y al adicionar el H₂SO₄ al 20% se formaron aglomerados (insolubles en agua), pasados 15 min se homogenizó la mezcla. Al trasvasar al tubo falcón la emulsión se separó rápidamente.

El ensayo 18 se acidificó con una solución H₂SO₄ al 40%, se adicionó el doble de la cantidad correspondiente a 0.3 mL de H₂SO₄ concentrado. Durante el calentamiento de la muestra de AVU no cambió la fluidez, sin embargo, al adicionar el H₂SO₄ al 40% disminuyó la viscosidad, se oscureció ligeramente y se formaron aglomerados. En comparación con la acidificación con solución al 20% tardó en mejorar la fluidez de la mezcla.

5. CONCLUSIONES

Al ser una muestra heterogénea, el AVU debe acidificarse con excesos de ácido. No es suficiente con duplicar la cantidad, experimentalmente se obtuvieron resultados más favorables cuando se aumentó la cantidad de ácido y de agua.

El ácido debe adicionarse en solución para favorecer la separación de fases.

La adición del H₂SO₄ al 20% debe ser con agitación magnética.

Se sugiere llevar a cabo pruebas de reproducibilidad al ensayo 17 para verificar los valores obtenidos. Se podrían obtener los resultados del ensayo 17 ajustando la cantidad de H₂SO₄ al 40%.

La estrategia de síntesis de acuerdo a los resultados en la Tabla 8. Se plantea como esterificación-transesterificación.

Como resultado del trabajo experimental durante la obtención del ácido orgánico se concluye que la acidificación es una alternativa más sencilla y menos costosa que la extracción de ácidos grasos con solventes.

Es necesario trabajar en la optimización de la acidificación del AVU con H₂SO₄ para poder avanzar en la síntesis de biodiesel a partir de los AGT del AVU.

6. REFERENCIAS

- [1] Jiménez, N. y. (2005). *La dependencia del petróleo de la economía*. España: Boletín Económico del Banco de España.
- [2] PANTOJA, J. L. (1995). *Ingeniería Química*. . España.
- [3] Zhen-Hong Yuan, C.-Z. W.-Y.-S.-M. (2007). Novel biodiesel production technology from soybean soapstock. *Korean J. Chem. Eng*, 1027-1030.
- Hernández. (2014). *Desarrollo Sostenible*.
- JOSÉ RICARDO CASTELLANOS AGUILAR, E. G. (2014). *ingeniería básica de una planta de biodiésel a partir de una mezcla de aceites comestibles vegetales de desecho para el transporte de la Ciudad de México*. México, df.
- Márquez. (2014). *Diseño De Un Sistema Para La Gestión De Aceites*.
- Marroquín. (2012). *Nuevo Pensamientos Del Reciclaje*.
- MUÑOZ, M. A. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE BIODIÉSEL EN EL TRANSPORTE INTERNO DE CIUDAD UNIVARSITARIA A PARTIR DE ACEITES COMESTIBLES DESECHADOS*. MÉXICO, DF.
- SUÁREZ, M. E. (2013). *Potencial técnico y económico del uso de biodiésel a partir de aceite comestible usado en México*. CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.

DISTRIBUCIÓN URBANA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS UTILIZANDO HEURÍSTICAS DE RUTEO

*María Alejandra Covo Guzmán, José Sebastián Talero Chaparro, Carlos Alberto Bejarano
Martínez, Erika Johanna Herrera Guevara*

Universidad Nacional de Colombia

maacovogu@unal.edu.co; jstaleroc@unal.edu.co; carabejaranomar@unal.edu.co;
ejherrerag@unal.edu.co

Resumen

La agricultura orgánica involucra para su desarrollo elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos que buscan reducir la dependencia de insumos externos de las fincas y proporcionar alimentos saludables a mercados altamente competitivos y exigentes. Por la naturaleza altamente perecedera de los alimentos orgánicos existe una problemática relacionada con el proceso de distribución, en donde cobra importancia la optimización de los tiempos de entrega de tal manera que se reduzca el tiempo entre la cosecha y el consumo, manteniendo la calidad del producto. Este trabajo busca mejorar el proceso de distribución a través de la utilización de métodos heurísticos para el diseño de las rutas de entrega a los clientes de la empresa Mahindra Finca Orgánica, ubicada en Guasca, Cundinamarca.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el último siglo la agricultura convencional con el alto uso de plaguicidas y fertilizantes sintéticos y la especialización en monocultivos, "ha tenido un impacto nocivo sobre la diversidad de la genética de las variedades de cultivo y de raza de animales, sobre la diversidad de las especies de la flora y de la fauna y sobre la diversidad de los ecosistemas", generando un aumento de la vulnerabilidad a plagas y enfermedades de los cultivos, desigualdad social, incremento de la dependencia de productos derivados del petróleo y el aumento del deterioro ambiental, en especial de los recursos suelo, agua, por su uso indiscriminado (Bernal, Rodríguez, & Domínguez, 2012).

Con esta situación, la agricultura orgánica tomó impulso en la década de los 80 enfocándose en una serie de principios integrales de manejo de los sistemas de cultivo, e involucrando elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos buscando reducir la dependencia de insumos externos de las fincas, proporcionando alimentos saludables a mercados altamente competitivos y exigentes (Soto, 2001).

En el caso colombiano existen diversos factores que limitan el crecimiento de la producción bajo el modelo orgánico. Por un lado, los que están relacionados con el componente "comercial"; donde se observa altos costos, que generan a su vez elevados precios en su comercialización y dificultan la expansión del consumo de productos orgánicos; el poco valor agregado de los productores y la comercialización concentrada a nivel regional. Por otro lado, los que están relacionados con la "logística y distribución", se resumen en la carencia de información en los sistemas productivos, limitando una adecuada planeación de la producción, distribución y venta; generando a su vez pequeños volúmenes de producción y descoordinación con la demanda del mercado.

Estos aspectos en conjunto hacen que exista una calidad muy baja de la producción agrícola colombiana y más aún en la orgánica, y por ende hace que se plantee la necesidad de diagnosticar y divulgar información con carácter más científico, sobre el estado actual del desempeño de los sistemas logísticos agrícolas, que pueda proporcionar tanto a la academia, productores, gobierno y a la comunidad en general, documentos especializados en la administración de los sistemas logístico, promoviendo la transferencia de tecnologías entre la academia y el sector productivo y que ésta transmisión de conocimientos contribuya a mejorar la calidad de vida de los productores agrícolas colombianos.

Para efectos de esta investigación, se toma como caso de estudio a Mahindra Finca Orgánica, micro empresa constituida desde el año 2013, y ubicada en la Vereda San José II sector a 2,5 km de Guasca, Cundinamarca. Mahindra se dedica a producir, comercializar y distribuir productos orgánicos en la ciudad de Bogotá y algunos municipios de la Sabana. La entrega de mercados a los clientes se realiza de manera semanal los días lunes, para lo cual se realizan procesos de cosecha de productos, compra a proveedores de la región, alistamiento de mercados y distribución de los mismos. Los clientes solicitan su mercado semanal de acuerdo con la oferta y disponibilidad de la empresa a través de la página de internet; de acuerdo con los pedidos realizados, se cosechan los productos disponibles en la unidad productiva y los restantes se solicitan a proveedores de la región. Una vez se cuente con lo anterior, se realiza el alistamiento de los mercados a ser entregados, organizándolos de acuerdo con la ruta programada de distribución. La distribución de los mercados se realiza en un furgón con capacidad de 1 tonelada adecuada para el transporte de alimentos, y el ruteo para la distribución se programa desde el día anterior y se realiza de acuerdo con la experiencia de entregas anteriores; la ruta varía cada semana de acuerdo con los clientes que hayan realizado pedido.

El presente trabajo presenta los resultados obtenidos del diseño, aplicación y comparación de diferentes métodos heurísticos para mejorar el diseño de las rutas de entrega a los clientes de la empresa Mahindra Finca Orgánica. El documento se compone de cuatro secciones, las cuales son los métodos aplicados, resultados obtenidos, análisis y discusión de los resultados.

2. MÉTODOS

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, se diseñó y ejecutó una metodología de siete etapas, las cuales se muestran a continuación:

- *Recolección de información:* Finca Mahindra realiza los procesos de recepción de pedidos, alistamiento de los mercados y distribución de manera semanal. Para cada fecha de entregas, se lleva un debido registro de los clientes, proveedores, productos, cantidades, precios y costos, así como de los horarios de entrega a cada cliente. Esta información fue recopilada y organizada en una base de datos de los meses de agosto de 2016 a mayo de 2017, equivalente a 38 semanas de información.
- *Establecimiento de línea base de distribución de Mahindra Finca Orgánica:* teniendo en cuenta la base de datos construida, se establece una línea base de distribución semanal de Mahindra. Para esta, se establecen estándares como el número de entregas semanal y el

tiempo de entrega promedio, así como se priorizan los clientes a incluir dentro de la línea base, de acuerdo con las frecuencias de pedido para cada uno. Esta línea base incluye indicadores que sirven para una posterior comparación con los modelos de optimización diseñados y aplicados.

Métodos heurísticos de ruteo:

En la investigación de operaciones el método de los ahorros de Clarke y Wright (1964) es ampliamente conocido, se aplica a problemas en los cuales el número de vehículos no es fijo, y funciona adecuadamente para problemas directos e indirectos. Este método consiste en realizar una exploración limitada del espacio de búsqueda y dar una solución de calidad aceptable en un tiempo moderado. El algoritmo se desarrolla partiendo de una solución con dos rutas, las cuales pueden ser combinadas generando así una sola ruta. El algoritmo parte de una solución inicial y realiza las uniones que mayor ahorro generen siempre y cuando cumpla con las restricciones planteadas en el problema. Para usar este método es necesario conocer los costos o las distancias que existen entre los diferentes nodos, o sea el costo de cada trayecto. De esta manera la heurística asigna el orden del recorrido optimizando la variable crítica de la ruta, satisfaciendo las restricciones de capacidad, y generando una solución cercana a la óptima (Olivera, 2004); (Castañeda & Cardona, 2014).

Dentro de los métodos de agrupamiento se encuentra el método de barrido el cual está basado en la asignación generalizada y la heurística basada en la localización. Según (Rocha Medina, González La Rota, & Orjuela Castro, 2011) el algoritmo de Barrido consiste en formar inicialmente agrupamientos girando una semirrecta con origen en el depósito e incorporando los clientes hasta violar la restricción de capacidad. Una ruta de vehículos es obtenida para el cluster resolviendo un TSP. En algunos casos de implementación es necesaria una fase de post-optimización en la cual los vértices se intercambian entre clusters adyacentes y las rutas son re-optimizadas. Este método es bien aplicado en problemas en que la cantidad de volumen en cada parada es tan solo una pequeña fracción de la capacidad del vehículo, cuando todos los vehículos tienen el mismo tamaño y cuando no hay restricciones de tiempo en las rutas (Ballou, 2004).

- *Selección de métodos heurísticos a aplicar de acuerdo con criterios establecidos:* Para la selección del método heurístico a aplicar se emplean esencialmente dos criterios, la rapidez en su solución, al ser necesaria su utilización como parte de un proceso funcional de la empresa que requiere de realizarse en corto tiempo; y su desempeño, sin llegar a esperar encontrar el resultado óptimo en el problema se requiere un resultado que mejore los tiempos y las distancias de recorrido del vehículo para la entrega a los puntos de demanda. Con estos dos criterios se seleccionan los métodos heurísticos “método de los ahorros” y “método de barrido”
- *Aplicación de los modelos y análisis de resultados:* de acuerdo con los diseños realizados y la información disponible, se ejecutan los cuatro modelos para la optimización del ruteo de entregas semanal de Mahindra. Posteriormente, se analizan los resultados obtenidos para cada modelo, incluyendo la coherencia de los datos, y se calculan los indicadores relevantes establecidos en la línea base de Mahindra. En la sección de resultados se presentan los valores para los indicadores obtenidos para cada modelo.

- *Comparación de los resultados de los modelos y con la línea base:* se comparan los resultados obtenidos para cada modelo diseñado y aplicado, así como con la línea base de Mahindra establecida inicialmente.
- *Propuesta de ruteo para entrega de mercados a los clientes de Mahindra Finca Orgánica:* de acuerdo con la información recopilada referente a los procesos de Mahindra, con los resultados obtenidos y con la comparación de los mismos, se realiza una propuesta de ruteo para la distribución de semanal de mercados a los clientes. Esta propuesta incluye, además de la aplicación del método heurístico con los mejores resultados, recomendaciones de buenas prácticas para la organización de información semanal de los pedidos de tal manera que se facilite su implementación y recomendaciones para el proceso de distribución en sí mismo.

3. RESULTADOS

3.1. Línea base de distribución de Mahindra Finca Orgánica

Mahindra cuenta actualmente con 88 clientes activos, ubicados dentro de la zona de cobertura en la ciudad de Bogotá y los municipios de Chía, Cajicá y La Calera. Entre los meses de agosto de 2016 y mayo de 2017, se realizaron un total de 989 entregas a clientes, correspondientes a un promedio semanal de 26 pedidos, 570 unidades de producto, y un peso 196,8 kg. En la siguiente tabla se presentan los datos de entrada empleados para el cálculo de la línea base, así como el tiempo total actual, los tiempos de paradas y de recorrido y un promedio de la velocidad y distancia total recorrida para la distribución.

Tabla 1. Datos Línea base de distribución Mahindra Finca Orgánica

Datos de entrada	
Hora de inicio de recorrido	6:30
Tiempo por parada	5 minutos
Número de paradas	26 paradas
Número de camiones	1
Finaliza recorrido	15:45
Cálculos Línea base	
Tiempo total	9,25 horas
	555 minutos
Tiempo de espera paradas	130 minutos
	2,17 horas
Tiempo recorrido	425 minutos
	7,08 horas
Velocidad promedio	20 km/h
Distancia total	141,7 km

3.2. Aplicación de los métodos heurísticos para el ruteo

Una vez identificado el insumo base de información que representa la operación de Mahindra Finca Orgánica, se procede aplicar dos métodos heurísticos para el ruteo del vehículo encargado de la

distribución a los clientes, el método de los ahorros y el método de barrido. Estos dos métodos heurísticos son ampliamente utilizados en la solución de problemas de ruteo con un solo vehículo debido a su aceptable aproximación a la solución óptima y la simplicidad en los cálculos, lo que les permite ser desarrollados con tiempos computacionales reducidos.

Para la aplicación práctica en la operación semanal de Mahindra, son estos dos métodos lo que mayor potencial tienen de ser aplicados de manera ágil, respondiendo a las necesidades de la empresa. Los resultados de los dos métodos se presentan a continuación:

3.2.1. Vehicle Routing Problem - VRP: Método de los ahorros de *distancia*

Mediante la aplicación del método de los ahorros para la distancia total recorrida en la entrega de los mercados, se obtiene un menor tiempo y distancia total recorrida sin embargo la diferencia no es significativa frente a la situación real. En cuanto a la distancia total recorrida se obtiene un total de 138,8 km lo que corresponde a una disminución del 2% respecto a la línea base de Mahindra, y en términos de tiempo, se obtiene una disminución del 1,62%, es decir de 9 minutos.

Tabla 2. Resultados aplicación de método de los ahorros: *distancia*

PARAMETROS	TOTAL
Número de camiones	1
Número de paradas	26
Tiempo por parada	5 minutos
Velocidad promedio	20 km/h
Distancia total	138,8 km
Tiempo total	9,10 horas
	9:06
Tiempo de espera paradas	2,17 horas
	2:10
Tiempo recorrido	6,94 horas
	6:56
Hora de inicio de recorrido	6:30
Hora fin de recorrido	15:36

3.2.2. Vehicle Routing Problem - VRP: Método de los ahorros de *tiempo*

Al realizar el método de los ahorros teniendo en cuenta el tiempo total de recorrido, independiente de las distancias de los desplazamientos, se obtiene un ahorro del 8,65% del tiempo total de las entregas, equivalente a 48 minutos.

Tabla 3. Resultados aplicación de método de los ahorros: *tiempo*

PARAMETROS	TOTAL
Número de camiones	1
Número de paradas	26
Tiempo por parada	5 minutos
Velocidad promedio	20 km/h
Distancia total	125,7 km
Tiempo total	8,45 horas
	8:27
Tiempo de espera paradas	2,17 horas
	2:10
Tiempo recorrido	6,28 horas
	6:16
Hora de inicio de recorrido	6:30
Hora fin de recorrido	14:57

3.2.3. Método de barrido

Utilizando el método de barrido, en el que se organizan las entregas a realizar según su ubicación en el espacio siguiendo una lógica de ordenamiento radial a partir del centro de distribución, no se alcanza un ahorro ni para el tiempo de recorrido ni para la distancia total. Esto debido a la naturaleza de las vías que conectan los puntos de demanda.

Tabla 4. Resultados aplicación de método de los ahorros: tiempo

PARAMETROS	TOTAL
Número de camiones	1
Número de paradas	26
Tiempo por parada	5 minutos
Velocidad promedio	20 km/h
Distancia total	196,3 km
Tiempo total	11,98 horas
	11:58
Tiempo de espera paradas	2,17 horas
	2:10
Tiempo recorrido	9,81 horas
	9:48
Hora de inicio de recorrido	6:30
Hora fin de recorrido	16:18

4. ANÁLISIS

4.1. Comparación de los resultados de los modelos y con la línea base

Los métodos de reto aplicados presentan resultados diferenciales ante la situación usada como línea base para el análisis. Mientras la solución vía método del barrido, debido a la configuración espacial de los puntos de demanda, resulta empeorando las condiciones en distancias y tiempos de recorrido para la empresa, el método de los ahorros resulta en una mejora en ambos parámetros.

Al realizar el ruteo a través del método de barrido, la distribución a los 26 puntos con mayor frecuencia de demanda presenta un aumento del 39% en distancia recorrida, mientras que para el caso del tiempo total de recorrido se alcanza un aumento del 29%. Un mucho mejor desempeño se encuentra con el método de los ahorros, en el que se alcanzan disminuciones del orden del 2% en ambos factores para el caso del desarrollo teniendo en cuenta la distancia recorrida.

Al aplicar el método de los ahorros teniendo en cuenta el tiempo de recorrido, se encuentra el mejor desempeño alcanzando la mayor disminución en tiempo de los métodos empleados. Un 8.65% de disminución en el tiempo de recorrido equivalente a 48 minutos permite considerar la implementación de un sistema de ruteo que siga este algoritmo para la planeación semanal de las rutas de distribución. Es necesario aclarar que para la implementación se debe considerar el tiempo computacional requerido para el desarrollo del modelo.

4.2. Buenas prácticas para la organización de información semanal de los pedidos

A partir del análisis realizado es posible elaborar una serie de recomendaciones que pretenden facilitar el proceso de planeación de la distribución semanal a los clientes de Mahindra Finca Orgánica, estas recomendaciones parten de los resultados positivos arrojados por la aplicación de un método heurístico de ruteo, el método de los ahorros, que permitiría completar la labor de distribución en un tiempo 45 minutos menor al empleado actualmente.

Inicialmente, es necesario para la empresa depurar y mantener actualizados los registros de clientes y pedidos ya que estos son el insumo principal para la elaboración de las rutas de distribución.

La creación de un registro geo-referenciado de ubicaciones de los clientes permite una mejor visualización de su distribución en el espacio, lo que facilita la toma de decisiones de distribución

La creación de una matriz de distancias es necesaria como insumo para la aplicación del método de los ahorros en la planeación semanal de la distribución

5. CONCLUSIONES

La aplicación de métodos heurísticos de ruteo para la planeación de la distribución permite identificar oportunidades de mejora en los procesos, sin embargo, no constituyen una garantía de mejoramiento.

El conocimiento empírico del desarrollo de las operaciones de distribución, puede superar el desempeño de algunos de los modelos convencionales, como lo presentado en este trabajo con el método de barrido.

La gestión de la información en el interior de la empresa constituye una herramienta importante que abre las puertas a la aplicación de nuevas alternativas en la planeación de procesos productivos.

Referencias

- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/ Supply Chain Management. Planning, Organizing, and controlling the supply chain*. Fifth Edition. Prentice Hall.
- Bernal, L. F., Rodríguez, P. L., & Domínguez, O. F. (2012). *Sostenibilidad y Desarrollo: El valor agregado de la agricultura orgánica*. Bogotá D.C.
- Casanovas, A., & Cuatrecasas, L. (2011). *Logística Integral. Lean Supply Chain Management*. Barcelona: Profit Editorial.
- Castañeda, J., & Cardona, J. (2014). Implementación del método del ahorro para resolver el VRP aplicado al diseño de una red logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generado en los puntos de acopio ubicados en Pereira. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL.
- FAO, F. A. (13 de 07 de 2015). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s06.htm>
- FEDEOrgánicos Colombia. (2015). *Colombia tiene más de 49 mil hectáreas de producción orgánica*. Obtenido de http://fedeorrganicos.com/index.php?option=com_content&view=article&id=28:colombia-tiene-mas-de-40-mil-hectareas-de-produccion-organica&catid=2:uncategorised
- Lysgaard, J. C. (1997). Algoritmo de Ahorros. Departamento de Ciencias de la Gestión y Logística, la Aarhus School of Business.
- Mary Woei-Jun Chang, E. W. (2011). *Understanding the Organic Foods Supply Chain: Challenges and Opportunities from Farm Gate to End Costumer*. Massachusetts.
- Máryori Cañon, A. R. (2014). Modelo de Optimización aplicado a la agro-industria Colombiana: Plan logístico integrado para la exportación de feijoa fresca. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. *Resolución 1187*. Colombia.
- Olivera, A. (2004). Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos. Obtenido de Universidad de la República, Montevideo, Uruguay: <http://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/reptec/TR0408.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2003). *¿Es la certificación algo para mí?* Obtenido de *¿Qué es la Agricultura Orgánica?:* <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad818s/ad818s00.pdf>
- Pinilla, L. J. (2012). *Tendencias de Cultivo y Consumo de Hortalizas Orgánicas en Cundinamarca*. Bogotá.
- Rocha Medina, L., González La Rota, E., & Orjuela Castro, J. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS : Ingeniería, Vol. 16, No. 2, pág. 35 - 55.
- Soto, G. y. (2001). *Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica. Manejo integrado de plagas*. Puerto Rico: CATIE, Turrialba.
- The International Bank of the Reconstruction and Development. (2014). *Connecting to Compete 2014: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington, D.C USA: International Trade Unit - The World Bank.
- Usuga, M. L. (2013). *Logística de distribución de productos perecederos de economía campesina. Casos Fuente de Oro, Meta y Viotá, Cundinamarca*. Bogotá, Colombia.
- Yussefi, M. y. (2003). *The World of Organic Agriculture - Statistics and Future Prospects*. . International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

Copyright © 2017 Covo, Talero, Bejarano & Herrera: Los autores asignan a los organizadores del CIIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE EN SURAMÉRICA Y POSIBLES APLICACIONES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA

María Alejandra Covo Guzmán, Nicolás Eduardo Navarrete Echeverría

Candidatos a Magister en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia

maacovogu@unal.edu.co, nnavarrete@unal.edu.co

Resumen

La movilidad urbana sostenible nace de la preocupación por los problemas medioambientales y sociales que se presentan por el aumento poblacional y el uso de vehículos particulares, los cuales generan mayor congestión en las vías, contaminación y efectos en la salud y la calidad de vida de la población. El presente artículo tiene como propósito caracterizar los sistemas de movilidad urbana sostenibles en las principales ciudades de países suramericanos, identificando dónde se han implementado nuevos métodos y se han presentado soluciones frente a dichas problemáticas. La metodología consta de una revisión de literatura y aplicación de herramientas de análisis de contenido, para poder comparar los planes de movilidad de las ciudades objeto de estudio y los resultados obtenidos, además de proponer sus posibles aplicaciones para el mejoramiento de la movilidad en Bogotá.

1. INTRODUCCIÓN

Bogotá pasó de ser una ciudad temida por su inseguridad a principios de los años 90, a un modelo de planeación urbana a inicios de los 2000 por su innovadora cultura ciudadana. Esto incluye tanto el sistema de transporte público basado en buses, Transmilenio, y prácticas que promueven la sostenibilidad y salud de los ciudadanos como la Ciclo vía, Ciclo-rutas y Día Sin Carro. Sin embargo, Bogotá cuenta también con múltiples problemáticas de movilidad que impactan directamente en la calidad de vida de sus habitantes.

En términos generales, la movilidad en grandes ciudades es muy similar y teniendo en cuenta las debidas proporciones, esto es evidente en el funcionamiento de los sistemas, su integración, problemáticas, acceso, entre otros aspectos. De acuerdo con estudios realizados alrededor del mundo, encontramos que las principales problemáticas de movilidad actualmente son el consumo de energía, la contaminación atmosférica, los niveles de ruido, accidentalidad y seguridad, congestión de tráfico, consumo de espacio y efecto barrera para la movilidad de peatones y posibilidades de comunicación, exclusión social, salud y calidad de vida.

En un artículo presentado por el Foro Económico Mundial, se encuentra que el 64% de todos los viajes realizados en el 2014 fueron urbanos, lo cual demuestra la necesidad de que la movilidad sea accesible, segura y sostenible. Los pronósticos indican que para el año 2050 la demanda urbana será 2,6 veces mayor (World Economic Forum, 2015), lo cual genera retos en términos de

infraestructura, calidad de vida y medio ambiente. De esta forma, el concepto de movilidad sostenible se vuelve relevante, ya que desde su definición es un mecanismo para contrarrestar aspectos de contaminación ambiental y congestión vehicular, mientras que afecta la percepción de calidad de vida de sus usuarios.

Para el caso de América Latina, en el II Seminario Internacional de Tendencias de Movilidad Urbana Sostenible en América Latina, el cual contó con la participación de expertos internacionales y autoridades regionales para identificar alternativas de transporte sostenible para las ciudades, se afirma que debido a que el 80% de la población de América Latina es urbana, se requiere de una política integral multimodal sostenible (CAF, 2016). Para la construcción de ciudades amigables y sostenibles, se deben considerar diferentes alternativas de transporte y planeación urbana como teleféricos, tranvías, líneas de metro y sistemas de préstamo de bicicletas, así como mejorar la calidad de los servicios públicos de transporte, el estado y cantidad del espacio público como paseos peatonales y ciclo-rutas (CAF, 2016).

En términos generales, el estudio busca por una parte caracterizar los sistemas de movilidad urbana sostenible en las principales ciudades de Suramérica y por otra identificar y comparar los aportes al mejoramiento de esta en cada ciudad, mediante una herramienta de análisis de contenido. De acuerdo con estos resultados, se busca proponer posibles aplicaciones para el mejoramiento de la movilidad en Bogotá.

2. MÉTODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se realiza una revisión sistemática de literatura para caracterizar los sistemas de movilidad urbana sostenible en las principales ciudades de América Latina. Se seleccionan las ciudades de Buenos Aires, Montevideo, Lima, y Santiago para su análisis y posterior comparación con las condiciones de Bogotá. En términos generales, esta revisión consta de un proceso de búsqueda, catalogación, ordenamiento, análisis, crítica y síntesis.

Luego, para la correspondiente identificación y comparación de los modelos de movilidad urbana sostenible implementados en cada ciudad, se aplica como herramienta de análisis de contenido al software NVivo (© QSR International Pty Ltd). El software NVivo utiliza métodos mixtos con el fin de organizar, analizar e identificar conexiones y perspectivas en documentos cualitativos y datos no estructurados. En términos generales, el proceso de análisis de contenido consta de los siguientes pasos:

1. Conocer la documentación a analizar mediante la revisión de literatura y de acuerdo con la caracterización realizada a los planes de movilidad de las ciudades seleccionadas.
2. Importar documentos a software de análisis de contenidos.
3. Desarrollar pruebas a los documentos de tal manera que se generen resultados diversos. Estas pruebas se realizan tanto para los documentos como conjunto, como de manera independiente.
4. Analizar los resultados obtenidos mediante la inferencia, y comparar entre ellos.

3. RESULTADOS

A través del proceso de caracterización de los diferentes planes de movilidad, se encuentran acciones propuestas para el desarrollo de los modos y medios de transporte tanto tradicional como sostenible, como los sistemas de transporte público masivo, la movilidad peatonal y en bicicleta, transporte vehicular privado, transporte de carga y componentes intangibles y otros modos de transporte.

CONCEPTO	ACCIONES PROPUESTAS
Sistema de transporte público masivo	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliación de red de servicios de metro y sistemas de buses. • Mejoras en la infraestructura existente acompañado de indicadores de calidad de servicio. • Cambios en lineamientos de políticas para taxis como incorporar como complemento al sistema de transporte público.
Movilidad peatonal	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía de circulación continua en centro y zonas comerciales. • Recuperación y ampliación de aceras. • Seguridad peatonal mediante semaforización y señalización. • Mejora de acceso para discapacitados. • Programas de fomento de la caminata para tramos cortos.
Movilidad en bicicleta	<ul style="list-style-type: none"> • Integración como complemento a los sistemas de transporte público. • Ampliación de red para ciclistas garantizando conectividad, esto incluye ciclo-rutas, carriles preferenciales, diferenciales o exclusivas, y zonas de estacionamiento. • Campañas publicitarias y educativas y fomento al uso por parte de los sectores públicos y privados. • Implementación de sistema de préstamo de bicicletas. • Generación de ciclovías recreativas.
Transporte Vehicular privado	<ul style="list-style-type: none"> • Control del crecimiento del índice de motorización con políticas de desarrollo urbano y mejoras en el transporte público. • Desarrollo de nuevas autopistas urbanas. • Implementación de medidas de gestión del uso del automóvil como estacionamientos de transferencia modal, aumento del costo de estacionamientos, reducción de estacionamientos en la vía pública, establecimiento de máximo de estacionamientos permitidos en edificios no residenciales. • Implementación de tarificación vial. • Implementación de transporte privado remunerado de pasajeros. • Adopción de política de fomento al uso de vehículos eléctricos de dos ruedas creando puntos de recarga y lugares de estacionamiento privilegiados. • Promoción de esquemas de <i>carpooling</i>.
Transporte de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Imposición de restricciones de circulación, de acuerdo con zonificación, horarios y red preferencial de vías. • Planificación logística de la construcción.

CONCEPTO	ACCIONES PROPUESTAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la implementación de centros logísticos públicos para conformar red como terminales de fraccionamiento de carga en los límites urbanos.
Componentes intangibles	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de sistemas de tarjeta inteligente integrados. • Empleo de dispositivos GPS para localización de la carga. • Promoción de teletrabajo y flexibilidad en horario laboral. • Operación del sistema automatizado de semáforos.
Otros modos de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Integración con modos de transporte férreos para ampliar la capacidad y alcance. • Incorporación del modo fluvial de pasajeros tanto integrado con el sistema de transporte masivo como turístico. • Instauración de conexiones con los aeropuertos con servicios de buses rápidos desde varios puntos de la ciudad.

Tabla 1. Resumen de acciones propuestas en los Planes. **FUENTE:** Elaboración propia.

Luego, mediante el uso de la herramienta para análisis de contenidos NVivo, se realizan diferentes pruebas a los planes de movilidad y desarrollo de las ciudades latinoamericanas, correspondientes a la consulta por búsqueda de texto, consulta por frecuencias, desarrollo de análisis de conglomerados, análisis de referencias y porcentaje de cobertura, la cual nos permite la identificación de conceptos clave para realizar la caracterización de los sistemas de movilidad urbana sostenible de las ciudades seleccionadas.

Consulta por búsqueda de texto: se realiza un listado de 44 palabras clave relacionadas con aspectos de movilidad urbana sostenible, y se cuenta la cantidad de veces que aparecen en cada documento. Para los cinco documentos analizados, las palabras clave con la mayor frecuencia son *desarrollo* (2.386), *público* (1.032), *calidad* (850), *sistema* (809), *social* (642), *movilidad* (598), *participación* (472), *económico* (291), *sociales* (266) y *sostenible* (237). El siguiente diagrama presenta la marca de nube para esta consulta realizada.



Figura 1. Marca de nube de consulta por búsqueda de texto. **FUENTE:** Elaboración propia en NVivo.

Consulta de frecuencias: el software calcula las palabras que aparecen con mayor frecuencia en cada documento, mediante un conteo y determinación del porcentaje ponderado, de acuerdo con los criterios establecidos para ellos, incluyendo longitud mínima de caracteres, cálculo de palabras exactas, similares, sinónimos, entre otros. Para los cinco documentos analizados, las palabras con la mayor frecuencia son *centros* (2.452), *desarrollos* (2.419), *ciudades* (2.210), *histórico* (1.837), *Bogotá* (1.673), *transportes* (1.644), *distrital* (1.425), *proyectos* (1.414), *públicos* (1.390) y *servicios* (1.272).

Mapa de proyecto: al emplear la herramienta de mapa de proyecto para comparar las relaciones entre documentos analizados y los nodos de palabras clave, encontramos que todos los documentos cuentan con la totalidad de las palabras clave seleccionadas, tal como se muestra en el siguiente mapa de proyecto. Se resaltan las palabras clave *económico*, *público* y *proyectos* por su ubicación y cercanía entre los documentos, así como la similitud en las relaciones con las palabras clave de los Planes de Movilidad de Lima y Buenos Aires, los cuales se presentan traslapados en el diagrama.

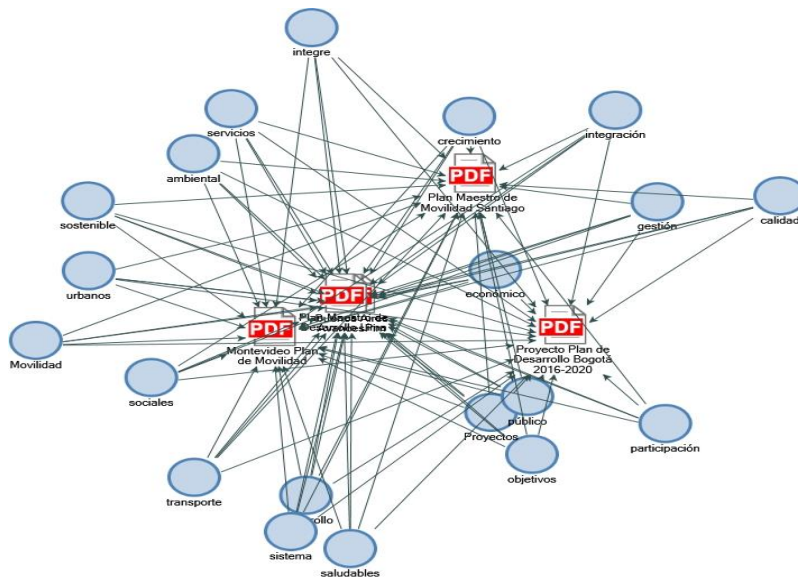


Figura 2. Mapa de proyecto, análisis de conglomerados. **FUENTE:** Elaboración propia en NVivo.

4. ANÁLISIS

De acuerdo con la caracterización realizada y los análisis de frecuencia y búsqueda de texto en el software NVivo, se priorizan 10 conceptos relacionados con la movilidad para analizar la cantidad de referencias y porcentaje de cobertura en cada plan de movilidad y comparar la importancia y relevancia de cada concepto en las 5 ciudades analizadas. Para evitar sesgos por la extensión de los documentos, se comparan los resultados del porcentaje de cobertura, tal como se muestra en la siguiente gráfica.

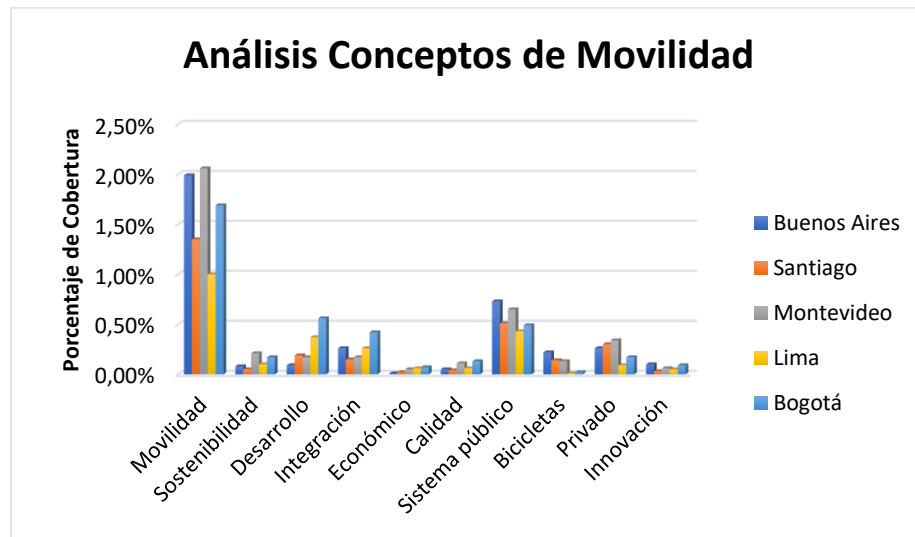


Figura 3. Análisis de conceptos de movilidad según porcentajes de cobertura por ciudades.
FUENTE: Elaboración propia.

En términos generales, los conceptos que presentan en promedio el mayor porcentaje de cobertura son *movilidad* (1,62%) y *sistema público* (0,56%), mientras que los menores son los conceptos *económico* (0,04%) e *innovación* (0,07%). En cuanto al concepto de *sostenibilidad*, los porcentajes de cobertura son bajos para todas las ciudades, con un promedio de 0,12%; la ciudad con el mayor porcentaje es Montevideo con 0,21% seguido por Bogotá con 0,17%; y el menor es Santiago con 0,05%. En el concepto de *desarrollo*, de primero es Bogotá (0,56%) seguido por Lima (0,37%). Se resalta adicionalmente, los bajos porcentajes de cobertura en términos de *calidad* en los planes de movilidad, así como de *innovación* en el desarrollo de los mismos.

La ciudad de Bogotá presenta los mayores porcentajes de cobertura en los conceptos de *desarrollo*, *integración*, *económico* y *calidad* en su Plan de Desarrollo, así mismo en comparación con las demás ciudades, se encuentra por debajo del promedio en cuanto a los conceptos de *bicicletas*, *sistema público* y *privado*. En los conceptos de *movilidad*, *sistema público* y el uso de *bicicletas*, las ciudades de Buenos Aires y Montevideo le dan más importancia que Bogotá, lo cual nos indica que de estas 2 ciudades se pueden extraer los métodos utilizados para verificar si su implementación en nuestra capital puede mostrar beneficios similares.

En la Figura 4 se presenta la participación de los distintos medios de transporte de las 4 ciudades seleccionadas respecto a Bogotá. En esta se evidencia que las ciudades donde se presentan las mayores frecuencias de transporte individual son Buenos Aires y Montevideo y las mayores frecuencias de transporte a pie son Montevideo y Lima; mientras que en Bogotá predomina la frecuencia de transporte colectivo.

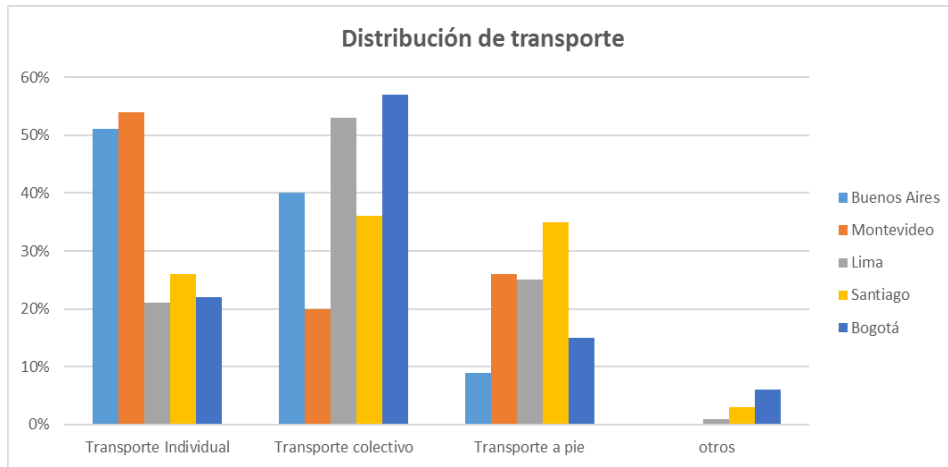


Figura 4. Distribución del transporte según porcentajes por ciudades. **FUENTE:** Elaboración propia.

En cuanto a la cantidad de vías con prioridad para medios de movilidad sostenible, se comparan la cantidad de kilómetros destinados o con prioridad para peatones, ciclistas y transporte sostenible, tal como se muestra en la Figura 5. En cuanto a prioridad para peatones, se resaltan Santiago y Buenos Aires con 5,5 y 5,4 kilómetros respectivamente, seguido por Bogotá con 2,4 kilómetros. Bogotá cuenta con la mayor cantidad de kilómetros con prioridad para ciclistas, seguido por Santiago y Buenos Aires. Por otra parte, en cuanto a prioridad para transporte público, se resalta Santiago con 112,6 kilómetros, seguido por Bogotá con 85 kilómetros exclusivos para Transmilenio. Con estos resultados es evidente que la ciudad de Bogotá está posicionada respecto a las demás ciudades capitales de América Latina, sin embargo el principal reto es lograr una conexión de éstas medios alternativos sostenibles con el sistema integrado de transporte, fomentar su utilización y sus futuras conexiones con el metro.

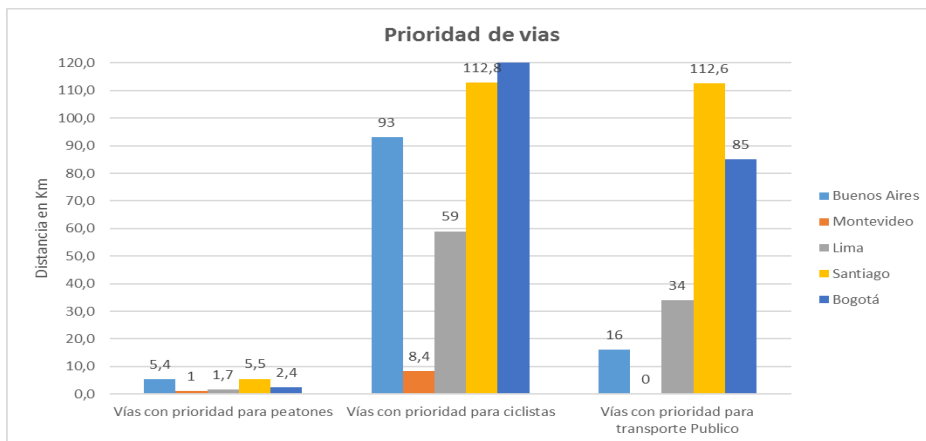


Figura 5. Prioridad de vías en kilómetros por ciudades. **FUENTE:** Elaboración propia.

En cuanto a movilidad sostenible, es importante analizar la inclusión de programas y proyectos referentes a los sistemas de transporte público, incluyendo el desarrollo del metro y las líneas de cable en la ciudad, así como medios de articulación, continuidad y conexiones multimodales para fortalecer el sistema.

5. CONCLUSIONES

Medidas como el pico y placa donde se limita la circulación de la mitad de los coches, el cierre de calles para peatones y ciclistas, y demás proyectos para disminuir los atascos, no garantizan soluciones frente a esta problemática. De acuerdo con lo analizado en las cuatro ciudades seleccionadas de Suramérica, se enfatizan sistemas y prácticas que contribuyen al mejoramiento de la movilidad, tales como líneas de metro y tranvía, control del número de vehículos particulares de uso privado, fomento de la interconexión del transporte peatonal y en bicicleta con sus sistemas integrados de transporte, inversión para vehículos de transporte público menos contaminantes, uso satélites y GPS que permiten ayudar a controlar el tráfico, entre otros.

Si bien Bogotá es un referente en cuanto a sistemas y programas de movilidad alternativa, aún cuenta con múltiples retos. Por una parte está el reto de la construcción del metro y las líneas de cable que comenzarán en el 2018, pero también está el de la planeación urbana y uso racional del suelo para evitar la expansión desordenada, además del mejoramiento de su sistema integrado de transporte incluyendo la interconexión para peatones y ciclistas. Así mismo, se debe evaluar la implementación de sistemas alternos como el tren de cercanías o vías longitudinales, que permitan la conexión de la capital con los municipios aledaños, ya que estos se traducen en mayor demanda del transporte urbano.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). *Anteproyecto del Plan de Desarrollo "Bogotá Mejor para Todos" 2016-2019*. Bogotá D.C.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2006). Decreto 319 de 2006. Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones.
- CAF, B. d. (2011). *Desarrollo Urbano y Movilidad en América Latina*. Ciudad de Panamá: CAF.
- Intendencia Municipal de Montevideo. (2010). *Plan de Movilidad*. Montevideo.
- Municipalidad de Rosario. (2014). *Plan Integral de Movilidad*. Buenos Aires.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2014). *Plan Maestro del Centro Histórico de Lima al 2025*. Lima.
- Obra Social de Caja Madrid, & Dirección General de Industria, Energía y Minas. (2013). *Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental*. Madrid: Obra Social de Caja Madrid.
- Rivera Vila, J. A. (2005). El uso de la bicicleta como alternativa de transporte sostenible e inclusivo para Lima Metropolitana. Recomendaciones desde un Enfoque de Movilidad. *Tesis para optar al grado de Magíster en Gerencia Social*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Secretaría Distrital de Planeación. Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). *Encuesta Multipropósito 2014: Principales Resultados en Bogotá y la Región*. Bogotá D.C.
- Subsecretaría de Transportes. (2013). *Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025*. Santiago.
- World Economic Forum. (2015). *El Futuro de la Movilidad en las Ciudades*. Ciudad de México.

Copyright Statement

Copyright © 2017 María Alejandra Covo Guzmán & Nicolás Eduardo Navarrete Echeverría: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

¿SE PUEDE MEDIR DE UNA FORMA MÁS SENCILLA LAS UNIVERSIDADES? PROPUESTA DE SIMPLIFICACIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA EN COLOMBIA

Alejandra Elguedo, Victoria Diago, Bulmaro Fuentes, Patricia Márquez
Universidad de la Costa, Universidad Autónoma del Caribe, Universidad del Norte
aelguedo@cuc.edu.co; vdiago@cuc.edu.co; bulmaro.fuentes@uac.edu.co;
patriciarodriguez@uninorte.edu.co

Resumen

El modelo de evaluación institucional del consejo nacional de acreditación se focaliza en el cumplimiento de objetivos asociados a la formación integral, el desarrollo, la formación de profesionales y consolidación de las comunidades académicas. En este contexto, quienes concurren en la responsabilidad de implementar este modelo, invariablemente señalan que la tarea no es fácil y siempre surge la pregunta de ¿cuál es el impacto real del modelo en el desempeño académico de la universidad?, porque resulta necesario el descifrar "¿cómo se pueden asegurar procesos de acreditación y regular internamente y de forma simplificada la operación para mantener actualizada las evidencias del proceso? En este sentido, el presente trabajo evalúa la relación que existe entre la forma en que se implementan los sistemas de gestión de la calidad universitarios y los resultados académicos que estas alcanzan, analizando el 90% de las IES de la ciudad de barranquilla y su área metropolitana.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de gestión de la calidad (SGC) es la parte de la organización enfocada al logro de resultados claros, satisfaciendo las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas. La implementación de un SGC en una IES trae consigo muchos beneficios, tal como una mejor administración de los procesos sustantivos, un mejor control en las áreas clave, una medición de un proceso de mejora, involucramiento del personal en sus actividades diarias, lo cual propone una motivación y por ende una mayor productividad. (Yzaguirre, 2005)

La acreditación ha promovido en el país, la apropiación efectiva de una cultura de autoevaluación, conducente al mejoramiento continuo, esta se ha evidenciado incluso en instituciones que no se han presentado al Sistema Nacional de Acreditación, pero que usan el modelo como referente en sus procesos; Valero considera que es necesario mantener el espíritu de evaluación de la calidad en lo sustantivo (Valero, 2003). Estas herramientas para la gestión han ganado protagonismo, ya que a través de ellas es posible ofrecer calidad en todas sus extensiones y a sus partes interesadas; a pesar de que ambas son herramientas para la búsqueda de la calidad, no se tiene clara la relación que podría guardar la una con la otra al ser implementadas de manera paralela en las IES.

2. MÉTODOS

Las normas a trabajar son las ISO 9001 y los Lineamientos de Acreditación Institucional, entre ellas se realizó una homologación; inicialmente entre las dos últimas versiones de las normas ISO 9001, el resultado se integró con los lineamientos de acreditación de alta calidad institucional. Luego, se definieron las preguntas, para lo cual se realizó un modelo de interrelación de requisitos de la norma ISO 9001 en su versión 2015, como resultado se obtuvo el siguiente diagrama:

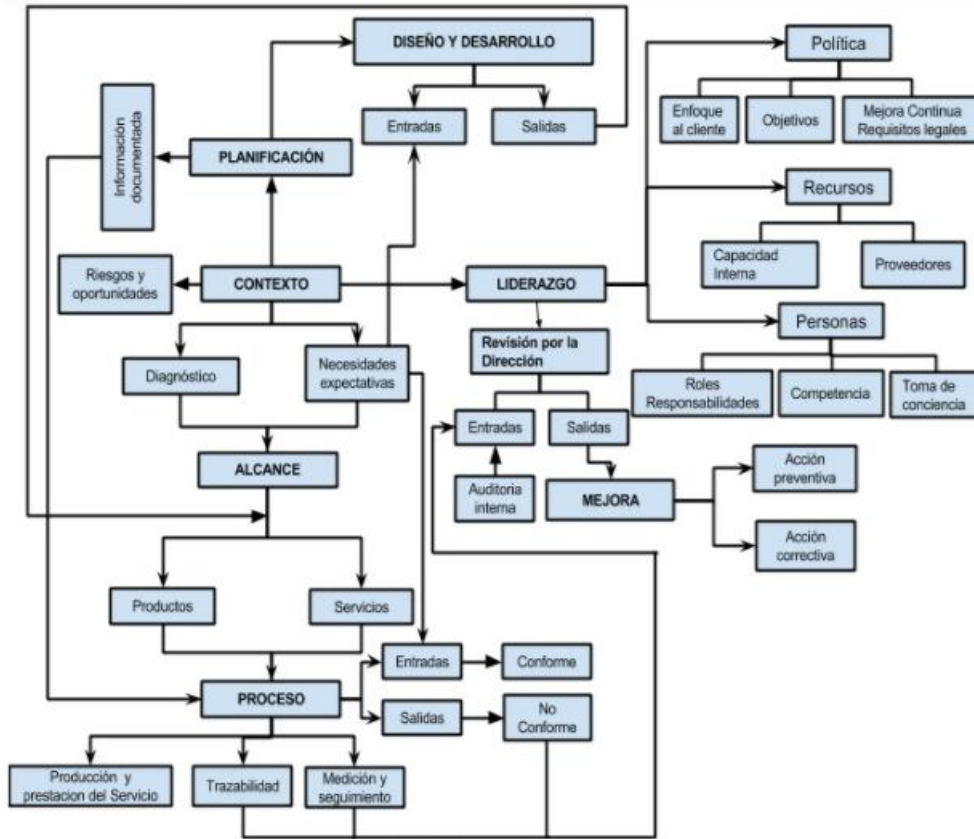


Figura 1. Modelo de interrelación de requisitos de la norma ISO 9001:2015

Con el diagrama anterior se definió la ruta para realizar las preguntas del grado de implementación del SGC, se definieron dimensiones y subdimensiones, enmarcadas en el ciclo PHVA, con el objetivo de seleccionar las preguntas que verdaderamente eran dicientes y no tener más de una pregunta que llevara a la misma respuesta. Las dimensiones y subdimensiones de calidad, son las siguientes:

- Liderazgo y Planificación del Sistema: hace referencia al compromiso de la dirección por establecer el marco de referencia bajo el cual la organización desarrollará sus actividades, teniendo en cuenta los recursos necesarios para esto. La componen las subdimensiones, contexto organizacional, partes interesadas, planificación y liderazgo.

- Implementación del sistema: está relacionada con la forma en que la organización desarrolla sus actividades con base en lo planificado, considerando los escenarios que puedan poner en riesgo el desarrollo óptimo de los procesos. La compone la subdimensión de procesos.
- Seguimiento: se refiere a las etapas en las cuales los procesos deben ser, medidos, analizados y evaluados, con el fin de revisar el desempeño. La compone las subdimensiones de producto no conforme, revisión por la dirección y auditoría interna.
- Mejora: está relacionada con las acciones tomadas como resultado de las desviaciones encontradas en la anterior dimensión, con el objetivo de garantizar el mejoramiento continuo de los procesos. Está compuesta por la Subdimensión de acción preventiva, acción correctiva y mejora.

Para la definición de la escala de respuestas a utilizar se tuvieron en cuenta 3 trabajos previos, el primero de ellos, una escala basada en la estructura la norma ISO 9004 para el éxito sostenido en las organizaciones, en su versión del año 2010, la segunda una escala utilizada por la empresa METROCARIBE LTDA. Y la tercera en el Modelo MECI, de la aplicación de estas en las encuestas piloto se creó la escala, la cual condensa lo mejor de las tres propuestas.

Tabla 1. Escala final definida para el instrumento.

ESCALA	DEFINICIÓN
Inexistente	No se realiza ninguna acción.
Inicial	Se realiza pero sin dejar evidencia dentro de la organización
Intermedio/ Formalizado	Se evidencia formalización en procedimientos, reglamentos, manuales con directrices claras de cumplimiento, pero no están abordados en un alcance completo.
Avanzado y medible	Se evidencia implementación y documentación dentro de la organización y aplicación de indicadores.
Mejorado y Automatizado	Se evidencia mejoramiento continuo dentro de la organización, tendencias de mejoramiento sostenidas.
Integrado	Resultados fácilmente demostrable en toda la organización, como negocio sustentable asegurado, y todas las partes interesadas satisfechas.

Al ser el sector de estudio, el de Educación Superior, se debía encontrar la forma de medir el desempeño de estas; siendo estas, organizaciones sin ánimo de lucro, se tomó la decisión de medir su desempeño en función del producto entregable por ellos; la academia.

Tabla 2. Escala final definida para el instrumento.

Variable	Escala	Homologación	Ponderación	Explicación
	Por encima de la media nacional	Inicial	20%	El estar por encima de la media nacional es una muestra de que a pesar de que se trabaja en ello no está generando resultados eficientes en la institución.
	En la media nacional	Avanzado y medible	60%	La institución mantiene controlado este indicador, sin embargo este puede ser mejorado en el tiempo.
	Por debajo	Mejorado	80%	La institución trabaja por el mejoramiento continuo de este indicador

Deserción	de la media nacional	automatizado		demonstrando sostenibilidad; sin embargo no se ubica en el 100% pues no se conocen universidades con este valor en ese indicador, pues hay factores externos que influyen directamente en él.
Saber-Pro	Por encima de la media nacional	Mejorado automatizado	80%	La institución trabaja por el mejoramiento continuo de este indicador demostrando sostenibilidad; sin embargo no se ubica en el 100% pues no se conocen universidades con este valor en ese indicador, pues hay factores externos que influyen directamente en él.
	En la media nacional	Avanzado y medible	60%	Demuestra que la institución mantiene controlado este indicador, sin embargo este puede ser mejorado en el tiempo
	Por debajo de la media nacional	Inicial	20%	El estar por debajo de la media nacional es una muestra de que a pesar de que se trabaja en ello no está generando resultados eficientes en la institución.
Categorización de grupos de investigación	Entre el 50 - 100% en categoría A1	Mejorado automatizado	80%	Demuestra que la institución trabaja por el mejoramiento continuo de este indicador demostrando sostenibilidad; sin embargo no se ubica en el 100% puesto que no se conoce universidades con este valor en ese indicador.
	Entre el 10 - 50% en categoría A1	Avanzado y medible	60%	Demuestra que la institución mantiene controlado este indicador, sin embargo este puede ser mejorado en el tiempo
	Ninguno categorizado	Inicial	20%	Se toma esta escala como inicial al considerar que el no tener ningún grupo categorizado en Colciencias es una muestra de que a pesar de que se trabaja en ello no está generando resultados eficientes en la institución.
Relación Docente-Estudiente	Entre 1-50 y 1-60	Inicial	20%	Se toma esta escala como inicial al considerar que las instituciones que manejan esta relación profesor-estudiante no están priorizando este factor.
	Entre 1-30 y 1-40	Avanzado y medible	60%	Demuestra que la institución mantiene controlado esta relación, sin embargo este puede ser mejorado en el tiempo
	Entre 1-20 y 1-30	Mejorado automatizado	80%	Demuestra que la institución prioriza este factor demostrando sostenibilidad.
Programas Acreditados de los acreditables	Entre el 80% y el 100%	Integrado	100%	Las instituciones trabajan en el mejoramiento del indicador y posiblemente en la espera de cumplir con los requisitos mínimos para llegar al óptimo
	Entre el 50% y el 80%	Mejorado automatizado	80%	Las instituciones trabajan en el mejoramiento del indicador y posiblemente en la espera de cumplir con los requisitos mínimos para llegar al óptimo
	Entre el 30% y el 50%	Avanzado y medible	60%	Las instituciones trabajan en el mejoramiento del indicador y posiblemente en la espera de cumplir con los requisitos mínimos para llegar al óptimo
	Entre el 10% y el 30%	Intermedio	40%	Las instituciones trabajan en el mejoramiento del indicador y posiblemente en la espera de cumplir con los requisitos mínimos para llegar al óptimo. No se tiene en cuenta el estado inicial e inexistente ya que esto no es obligatorio.

2.1. Relación entre la implementación de los Sistemas de Gestión de Calidad y el Desempeño Académico.

El instrumento diseñado comprende dos componentes, el grado de implementación del SGC y el desempeño académico, el primero recolecta información del SGC y el segundo información académica de las IES de la muestra utilizada. Dentro del desempeño académico se contemplaron variables de deserción, resultados saber-pro y relación docente-estudiante. Para establecer la relación anteriormente descrita se utilizaron dos métodos estadísticos: análisis factorial y regresión lineal múltiple, a través del software estadístico SPSS, el primero es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto de variables (Fernández, 2011) y el segundo permite establecer la relación que se produce entre una variable dependiente y un conjunto de variables independiente (Rodríguez Jaume, 2001). En el siguiente diagrama se presenta cómo se relacionaron las variables:

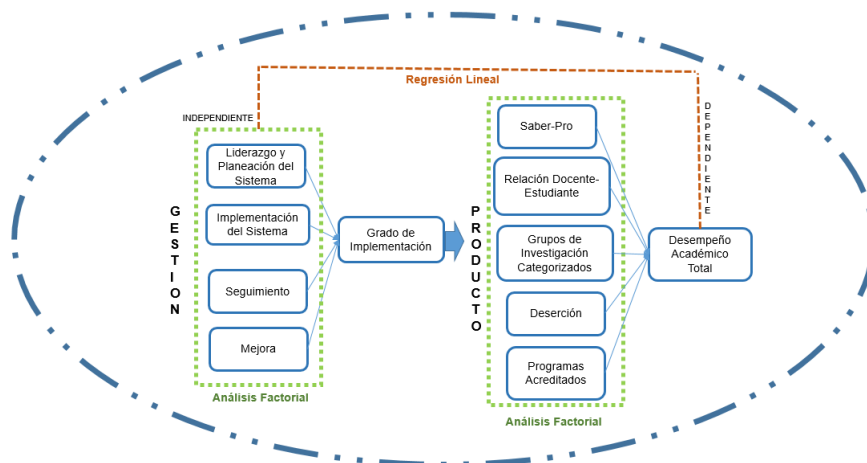


Figura 2. Relación de Variables

3. RESULTADOS

Los análisis de Cronbach de las dimensiones del instrumento son próximos a 1, lo que establece qué tan seguro es que los factores, ítems o elementos del instrumento están diseñados para medir el mismo constructo y que lo hagan realmente. El alfa de Cronbach obtenido a nivel general del instrumento diseñado fue de 0.98 lo cual permite establecer que el instrumento es indicado para medir el grado de implementación los SGC. Para determinar la relación entre las dimensiones del grado de implementación se utilizó el método estadístico de análisis factorial, el cual arrojó que entre las variables una correlación entre 0.85 y 1, de lo anterior se puede establecer que las variables se relacionan entre sí, mostrando que son consecuentes y dando a entender que se van dando por etapas de tal forma que una necesita la otra.

Para las variables de desempeño académico también se utilizó el método estadístico de análisis factorial, estableciendo correlaciones entre -0.5 y 1, lo cual sugiere que al aumentar los resultados de Saber-Pro, deserción disminuye, relación docente-estudiante aumenta, al igual que categorización de grupos y programas acreditados, siendo estos dos últimos de mayor relación; al aumentar la deserción disminuyen los resultados de saber-pro, relación docente-estudiante, categorización de grupos y programas acreditados; al aumentar la relación docente-estudiante aumenta saber-pro, categorización de grupos y programas acreditados, y disminuye deserción; Al aumentar categorización de grupos, aumenta saber por, relación docente-estudiante y programas acreditados y disminuye deserción; al aumentar los programas acreditados aumenta saber-pro, relación docente-estudiante y categorización de grupos, en cuanto a la deserción, esta disminuye. Para establecer la relación entre la implementación del SGC y el Desempeño Académico, se utilizó el análisis estadístico de regresión lineal, arrojando que el R cuadrado es 0,4, lo que sugiere una relación entre el SGC y el desempeño académico del 40%.

4. ANÁLISIS

Las IES no sólo buscan cumplir con condiciones mínimas y de calidad a nivel académico en cuanto a sus funciones sustantivas, sino que están en la búsqueda de mejorar los procesos administrativos o de apoyo que están detrás de toda la gestión académica y que en muchas ocasiones son rezagados, ya que no todos los líderes de estas, tienen la visión global de que las IES son empresas, y que por tanto tienen recursos, infraestructura, personal, sistemas etc. que debe marchar a la perfección para que la docencia, la investigación y la extensión puedan ser las protagonistas. Teniendo en cuenta lo anterior las IES se han preocupado por certificar bajo la norma ISO 9001, esos procesos que soportan a estos protagonistas.

La norma ISO 9001:2015 es homologable con los lineamientos de acreditación institucional del CNA, sin embargo, la recolección de la información y los comentarios realizados por los encuestados deja una percepción de que las IES de la muestra, no relacionan los dos sistemas y que el SGC propuesto por la norma ISO 9001:2015 es un apoyo para el sistema de calidad propio del sector. El 53% de la muestra cuenta con el SGC ISO 9001 certificado, lo que supone que esos sistemas deben estar por lo menos en nivel mejorado y automatizados, sin embargo, los resultados mostraron que el comportamiento es distinto, que aun cuando se está certificado el sistema puede estar en diferentes niveles dentro de la IES.

Algunas IES tienen las dimensiones de mejora más cerca al óptimo, sobrepasando la dimensión de implementación del sistema, lo que sugiere que, el sistema se está implementando, pero no midiendo de forma adecuada, por lo tanto, los planes de mejoramiento pueden estar cumpliéndose, pero no estar encausados en el objetivo del sistema. Las variables del grado de implementación, están relacionadas y son consecutivas, lo anterior confirma la organización del instrumento basados en la metodología del ciclo PHVA.

El comportamiento de los resultados de las pruebas saber pro influye en la relación docente-estudiantes; al mejorar los resultados de las pruebas, la relación aumenta, es decir que e encuentra en 1:40, relación que viene justificada desde la norma técnica colombiana NTC 4595, para la

planeación y diseño de instalaciones y ambiente escolares. (ICONTEC, 1999). El modelo sugiere que el comportamiento de aumento de la deserción, puede disminuir las otras 4 variables, lo cual podría significar que si los estudiantes permanecen afecta la relación docente-estudiante estadísticamente hablando, ya que si ningún estudiante deserta la población estudiantil es mayor pudiendo afectar la capacidad de la infraestructura y de los profesores, esto a su vez se relaciona con los resultados de las pruebas saber-pro, pudiendo indicar que entre más estudiantes más afectación al proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que el volumen podría interferir en el impacto que pueda tener el docente en todos los estudiantes por igual, claro está que esto también está amarrado a la gestión de las instituciones, ya que lo anterior supondría una mayor asignación de recursos. En cuanto a los programas acreditados y categorización de grupos de investigación, los análisis muestran que la permanencia de los estudiantes afecta disminuyéndolos, lo que da pie a una discusión más amplia, porque teniendo en cuenta que unos de los objetivos de Colombia es volver a “Colombia la más educada” (Mineducación, Hacer de Colombia la más educada, es un propósito nacional, 2015) y que esto incluye cobertura, el que la deserción mejoraría haría parte del cumplimiento de indicadores de calidad para las IES.

El modelo sugiere que al aumentar la variable de Relación docente-estudiante aumentan los resultados de las pruebas saber-pro, lo anterior podría darse ya que al tener menos estudiantes en un salón de clases el proceso de enseñanza-aprendizaje impactaría más en los estudiantes. Se sugiere que el anterior comportamiento también se da con los programas acreditados, ya que se estima que al optimizarse la relación docente-estudiante los indicadores de cumplimiento para la acreditación aumentan ya que dentro de los aspectos que contemplan los lineamientos de acreditación se encuentra la relación docente-estudiante. Con relación a la categorización de los grupos de investigación, la cual aumenta podría estar relacionado a la asignación de las responsabilidades, planes de trabajo o funciones a los docentes, para la investigación, lo anterior también explica el comportamiento de esta variable respecto a las otras cuatro. Por último la variable de deserción presenta un comportamiento diferente, pues disminuye, esto podría indicar que al tener la relación docente-estudiante ideal según cada caso, los estudiantes aprovecharían mejor los recursos, generando, posiblemente permanencia en la institución dada por la satisfacción, reduciendo así la deserción.

Al aumentar la variable de programas acreditados, aumentan la relación docente-estudiante, saber-pro, categorización de grupos de investigación y disminuye la deserción, lo que sugiere que esto se puede dar a causa de que estas variables son medidas en las acreditaciones tanto institucionales como de programas, pues son aspectos establecidos en los lineamientos para la acreditación institucional y de programas de pregrado; teniendo en cuenta lo anterior al estar ya acreditadas, o en procesos de acreditación, las instituciones deberían estar ya en su óptimo.

5. CONCLUSIONES

La dinámica de las IES está siendo marcada por la acreditación institucional de alta calidad y la certificación de los sistemas de gestión, entre ellos el de calidad, volviendo lo anterior entre iguales una obligación, ya que estos aportan a la visibilidad nacional e internacional. Los SGC de

las IES de la muestra, se encuentran en diferentes niveles de implementación, llegando algunos a la certificación; los datos muestran que existen Instituciones con un grado de implementación alto sin estar certificadas, lo que puede indicar que trabajan bajo la metodología de la mejora continua, sin embargo, algunos casos muestran mayor grado en la implementación y mejoras, que, en el seguimiento, que se encuentra entre las dos. Se puede entre ver, que la causal radica en que las mediciones no son las indicadas para lo que se ejecuta, o que las mejoras al asignarle recursos y subsanarse, el seguimiento disminuye ya sea por una zona de confort o porque la dinámica sea más reactiva que proactiva.

Existe una relación del 40% entre el grado de implementación de los SGC y el desempeño académico, estando el primero relacionado con la gestión de las actividades de apoyo a la función misional de las IES y el segundo con el desarrollo de sus funciones sustantivas y como producto del proceso. Esta herramienta para la medición de la calidad de las IES estaría minimizando los esfuerzos requeridos para conocer el estado actual de la misma, al homologar requisitos y unificar recursos y estrategias, se estaría midiendo de forma centralizada objetivos que apuntan al cumplimiento de una sola misión y visión institucional, lo cual sugiere que es posible que las universidades sean medidas de una forma más sencilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, S. d. (2011). Análisis Conglomerados. *Análisis Conglomerados*. Madrid, España.
- ICONTEC. (24 de Noviembre de 1999). Norma Técnica Colombina NTC 4595. *Norma Técnica Colombina NTC 4595*. Bogotá, Bogotá, Colombia.
- Mineducación. (18 de Mayo de 2016). Sistema de educación superior de Colombia, entre los 50 mejores del mundo: QS Ranking. *Sistema de educación superior de Colombia, entre los 50 mejores del mundo: QS Ranking*. Bogotá, Bogotá, Colombia.
- Rodriguez Jaume, m. j. (2001). Analisis de regresión múltiple. En J. R. Maria Jose Rodriguez. *Estadística informática: casos y ejemplos con el SPSS*, (págs. 109-123).
- Valero, A. R. (2003). Acreditación y Evaluación de la Calidad en la Educación Superior Colombiana. En A. R. Valero, *Acreditación y Evaluación de la Calidad en la Educación Superior Colombiana*.
- Yzaguirre, L. E. (2005). Calidad Educativa E ISO 9001-2000 en Mexico. *REICE*.

Copyright © 2017 Alejandra Elguedo – Victoria Diago: Los autores asignan a los organizadores del CIIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

MODELO DE COORDINACIÓN DE INVENTARIOS COLABORATIVOS SOPORTADO EN CRITERIOS DE PRODUCTIVIDAD SALUDABLE

Oscar Palacio-León¹, Marianna Barrios-León², Wilson Adarme-Jaimes³

Universidad Militar Nueva Granada, Universidad de Carabobo,

Universidad Nacional de Colombia

oscar.palacio@unimilitar.edu.co, marianna.barrios@gmail.com, wadarme@unal.edu.co

Resumen

Este trabajo presenta un modelo alternativo de coordinación de inventarios para la integración vertical entre un proveedor y múltiples clientes. La originalidad del modelo estriba en tres elementos principales. La primera es que el nivel de servicio ofrecido sigue un enfoque deductivo, utilizando a priori un marco matemático definido. La segunda es que la estrategia de gestión de la disponibilidad del inventario conjunto está dirigida por el proveedor. La tercera es que el diseño metodológico emplea un validador técnico-económico. En primer lugar, se realiza una revisión de la literatura para posicionar la investigación. A continuación, se presentan los principales elementos metodológicos usados, principalmente el procedimiento para valorar el impacto de la productividad saludable en el diseño de la unidad de carga eficiente y perfeccionamiento del baremo que soporta el método de negociación. Finalmente, los resultados de validación del modelo se presentan y discuten en forma crítica.

Palabras clave: Empresa extendida, gestión de inventarios colaborativos, índice de productividad saludable, unidad de carga eficiente, valor de vida.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la triada estado-universidad-empresa está acuñando el concepto de empresa saludable, con el propósito de hacer de la salud de la fuerza laboral y su actitud para el trabajo una política institucional (Barrios-León, 2014; Hendrick, & Kleiner, 2002), enfocada a la mejora continua de la eficacia, competitividad y productividad (Palacio-León, 2017), que le permita crear valor compartido a la empresa extendida dirigida por la demanda (EEDD) (Wieland, 2017; Palacio-León, & Adarme-Jaimes, 2015). Es decir, configurar una EEDD que genere valor compartido en función de la intervención en los factores macroergonómicos, le implicara al Agente Principal hacer inversiones en valor de vida (Viscusi, 2004), que serán compensadas con mejoras entre un 60 a un 90% e incluso más, que en vez de un enfoque microergonómico, con el cual se alcanzaría mejoras de cuando más entre un 10 a un 20% (Hendrick, & Kleiner, 2002). Lo anterior no implica que el enfoque microergonómico no crea valor compartido, sino que implementar un enfoque sociotécnico de sistemas a la EEDD le permitiría triplicar los ingresos operacionales en el largo plazo (Wieland, 2017; Palacio-León, & Adarme-Jaimes, 2015; Viscusi, 2004), a través de una política sostenible de gestión del inventario colaborativo (Kempf et al., 2011 a; Kempf et al., 2011 b; Arshinder et al., 2011), soportada en un mecanismo de coordinación blindado con criterios de productividad saludable (Palacio-León, 2017; Albrecht, 2010).

En el mismo sentido, Palacio-León (2017) señaló que con un enfoque de gestión colaborativa soportado en criterios de productividad saludable, se pueden obtener mejoras en relación al contenido y características de la operación logística por encima del 15% e incluso más, las cuales se ven reflejadas en los tiempos de respuesta que puede ofrecer la EEDD, al mitigar la sensación de desgaste laboral que pueda percibir la fuerza laboral. Por su parte, Palacio-León, y Adarme-Jaimes (2015), evaluaron el nivel del inventario conjunto a ser equilibrado en una EEDD, empleando como criterio de productividad saludable: la economía de movimientos requerida en la operación de consolidación de carga, estudio que arrojó una mejora en el nivel del servicio ofrecido en forma conjunta, por encima del 85%. Por ende, el presente artículo tiene como propósito proponer un modelo econométrico de coordinación de la unidad de carga eficiente gestionado por el agente principal (UCE_{PALM}), el cual permita administrar el inventario conjunto entre un proveedor y n compradores, al tiempo que maximiza el nivel de productividad saludable, y asegure condiciones técnico-económicas atractivas, para la EEDD en términos de sostenibilidad financiera.

El documento se organiza como sigue. En la Sección 2, Métodos, se describe la metodología de integración y encadenamientos logísticos para la creación de valor corporativo sostenible, que soporta el modelo de UCE_{PALM} . En la Sección 3, Resultados, se encontró que la puesta en marcha de la política de gestión del inventario conjunto, valuada para los interesados en la integración de la EEDD, del sector de las autopartes de la ciudad de Bogotá D.C, posee un riesgo moderado del 12.31% para el agente principal. En la Sección 4, Análisis, se presentan los principios, relaciones y generalizaciones que los resultados obtenidos de la investigación, contrastados con los objetivos propuestos. Finalmente, en la Sección 5, Conclusión, se exponen análisis con referencia al modelo de la UCE_{PALM} desarrollado para la EEDD estudiada, que soporta la política de gestión del inventario colaborativo diseñada bajo criterios de productividad saludable.

2. MÉTODOS

La metodología en que se soporta el modelo de coordinación sostenible del inventario conjunto consta de tres etapas: i) Evaluación de factores de sostenibilidad; ii) Formulación de la UCE_{PALM} ; y iii) Evaluación técnico-económica de la UCE_{PALM} .

2.1. Evaluación de factores de sostenibilidad

En esta primera fase, se determina el Índice Global de Productividad Saludable (IG_{PS}) que mide el desempeño alcanzado por el recurso humano, derivado de la mejora en las condiciones macroergonómicas de la EEDD (Palacio-León, 2017). En términos generales, el IG_{PS} deberá estar por encima del 85% para considerar que la EEDD goza con un absentismo y bienestar laboral saludable, que crea valor compartido a través del equilibrio entre las inversiones en el valor de vida y la continuidad del negocio, teniendo como marco de referencia las buenas prácticas empresariales y los principios de colaboración, y de buen gobierno (Palacio-León, 2017). Otro rasgo del IG_{PS} es su data, la cual está referida a la forma B de la Batería de Instrumentos para la Evaluación de Factores de Riesgo Psicosocial, desarrollada por el Ministerio de la Protección Social de Colombia (Villalobos et al., 2010). Este indicador está conformado por los tres ratios que se recogen en la ecuación 1.

$$IG_{PS} = \prod_{i=1}^3 [(R_{CT}) * (R_{CM}) * (R_{OT})] * 100 \quad (1)$$

En donde: i) R_{CT} = Contenido del Trabajo (Una evaluación de este ratio, por debajo del 100% refleja que el sistema productivo pérdidas de velocidad con relación al recurso humano por fatiga u por restricciones inevitables en la secuenciación de la producción); ii) R_{CM} = Condiciones Materiales (Un ratio de Condiciones materiales menor al 100%, indica que las instalaciones industriales presenta situaciones inseguras para con el trabajador principalmente, con respecto a la fisiología del trabajo, en especial atención a la seguridad industrial y al confort del sitio de trabajo); y iii) R_{OT} = Organización del Trabajo (Un ratio de organización del trabajo inferior al 100%, exterioriza que el sistema productivo posee pérdidas de calidad de vida, asociadas con situaciones de convivencia entre operarios u por condiciones a típicas en la subordinación laboral).

2.2. Formulación de la UCE_{PALM}

En la segunda fase, se diseño la UCE_{PALM} como una extensión del modelo propuesto por Metzler (1941), titulado: *The nature and stability of inventory cycles*. Siendo la idea principal de la UCE_{PALM}, que el poder de negociación lo tiene el Agente Principal de la EEDD, quien decide que volumen conservar en inventario de seguridad, y es garante de la gestión del inventario de consumo durante el ciclo económico, en función de la mejora en la percepción del bienestar del colaborador y su familia. A continuación, se expone su modelo matemático:

$$D_t = C_t + S_t + I_o \quad (2)$$

$$U_t = rb(Y_{t-1} - Y_{t-2}) \quad (3)$$

$$S_t = \text{Factor}_1 + \text{Factor}_2 + \text{Factor}_3 \quad (4)$$

$$\text{Factor}_1 = b[k(1 + r) + 1]Y_{t-1} \quad (5)$$

$$\text{Factor}_2 = - b[kr + (1 + k)(1 + r)]Y_{t-2} \quad (6)$$

$$\text{Factor}_3 = (1 + k)brY_{t-3} \quad (7)$$

En donde: i) D_t = Ingreso Operacional Total en el periodo t ; ii) C_t = Inventario de Consumo Vendido en el Periodo t ; iii) S_t = Inventario de Seguridad en el Periodo t ; iv) I_o = Capital de Trabajo Autónomo Base; v) b = Consumo Per-Capital, que se espera sea mantenido de un periodo a otro, por parte de los clientes en favor de la EEDD; vi) k = Mecanismo de Aceleración del Volumen del Inventario de Seguridad pactado entre los agentes involucrados ($k > 0$); y vii) r = índice de Ajuste prospectivo del Volumen de Producción Productiva.

Al operativizar la ecuación 5, a través de Ecuaciones en Diferencias Finitas Lineales de Segundo Orden con Coeficientes Constantes con $t \geq 3$ (González, & Barrios, 2000), se obtiene el mecanismo de coordinación del inventario conjunto, denominado: Impacto Amplificador del Ajuste del Inventario Conjunto Sostenible, por medio del cual se puede simular las fluctuaciones cíclicas que experimenta la UCE_{PALM}, y a su vez, permite que estas sean amortizadas durante la consolidación de la EEDD, tal y como se muestra en la ecuación 10.

$$D_{t,GH} = (C_1)(r_1)^t + (C_2)(r_2)^t + (C_3)(r_3)^t \quad (8)$$

$$D_{t,PC} = \frac{I_o}{1-\rho} \quad ; \quad 0 < \rho < 1 \quad (9)$$

$$D_{t,GC} = (C_1)(r_1)^t + (C_2)(r_2)^t + (C_3)(r_3)^t + \frac{I_o}{1-\rho} \quad (10)$$

En donde: i) $D_{t,GH}$ = Solución General Homogénea; ii) $D_{t,PC}$ = Solución Particular Completa Constante; y iii) $D_{t,GC}$ = Solución General Completa Sostenible.

El resultado obtenido a través de la ecuación 10, se incorporan en la función de costo total que gestiona la UCE_{PALM}, por parte del agente principal (Palacio-León, 2017), la cual se presenta en la ecuación 11.

$$CT_{\text{Mínimo}}(T) = D_{t,GC} + \frac{H+nC}{T} + \frac{T*i*D_{t,GC}}{T} \quad (11)$$

En donde: i) n = Número total de ítems por orden conjunta; ii) H = Costo Conjunto de Ordenar; iii) C = Costo de Ordenar Asociado a cada KAM; iv) T = Intervalo de Tiempo entre Pedidos por Año; y v) i = Tasa de Transferencia Anual Administra por el Agente Principal.

Realizando la operatividad clásica a la ecuación 11, se obtiene el modelo de coordinación para la UCE_{PALM} , que posee la formulación matemática que se indica a continuación (Palacio-León, & Adarme-Jaimes, 2015):

$$T^* = \sqrt{\frac{2*(H+nC)}{i*D_{t,GC}}} \quad (12)$$

$$SKU_{ij}^{10} = \left[\left(\frac{D_{t,GC}*(T^* + L_j)}{52*Pv_i} \right) * W_j \right] \quad (13)$$

$$UCE_{ij}^{10} = \left[\left[SKU_{ij}^{10} * b \right] \right] \quad (14)$$

$$IS_i^{10} = \left[\left[SKU_{ij}^{10} * (1 - b) \right] \right] \quad (15)$$

$$CT(T^*) = (1 + i*T^*)*D_{t,GC} \quad (16)$$

$$CT_{UCE-EEDD} = \text{Min} \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{UCE_{AP}^{10}}{UCE_{AN}^{10}} + \frac{UCE_{AN}^{10}}{UCE_{AP}^{10}} \right] \right\} * CT(T^*) \quad (17)$$

En donde: i) T^ = Intervalo de Tiempo Óptimo entre Pedidos para Múltiples Ítems; ii) SKU_{ij} = Unidad básica de bodegaje en base diez por ítem i y por agente negociador j; iii) L_j = Lead time negociado con cada agente j; iv) La suma de ($T^* + L$) debe ser un entero y estar dado en semanas; v) IS_i = Inventario de Seguridad por Ítem i; vi) Pv_i = Precio de Venta Unitario del Ítem i; vii) W_j = Participación en el Mercado del ítem i; viii) UCE_{ij} = Unidad de Carga Eficiente en base diez por ítem i y por agente negociador j; ix) $CT(T^*)$ = Costo Total de Gestión de la UCE_{PALM} por parte del agente principal; y x) $CT_{UCE-EEDD}$ = Costo total de la estrategia de suministros colaborativa.*

2.3. Formulación de la UCE_{PALM}

En esta última fase, se recurre al planteamiento de escenarios para la UCE_{PALM} en función de sus limitaciones técnicas, los cuales son evaluados mediante la construcción de sus Flujos de Caja Totalmente Neto a través, de una tasa de oportunidad compuesta entre: i) La Tasa de Descuento Social; y ii) La Tasa de Descuento de la Negociación. Esquemas que serán analizados bajo una gestión del riesgo, con soporte en criterios de toma de decisiones financieras en proyectos, tales como: i) VPN-Ajustado; y ii) TIR-Modificada; entre otros criterios de evaluación, con el objeto de establecer la viabilidad económica de la mejor UCE_{PALM} diseñada para la integración de la EEDD, involucrando no sólo los aspectos cuantitativos, sino también cualitativos. El resultado de esta valoración, se robustecerá a través del análisis de sensibilidad al Flujo de Caja Totalmente Neto, que permitirá al Agente Principal negociar la UCE_{PALM} , que posea el menor costo logístico global conjunto sostenible.

3. RESULTADOS

Para mostrar la importancia del trabajo expuesto, fue usado un caso de estudio. Se tomó como referente una compañía líder del sector de autopartes de Colombia con sede en la ciudad de Bogotá, para lo cual, se siguieron los pasos que se describen a continuación:

3.1. Cuantificar el IG_{PS} para el periodo de planificación de la UCE_{PALM} , haciendo uso de la ecuación 1.

A partir de la información consignada en la Tabla 1, se obtienen los parámetros siguientes: i) El Contenido del Trabajo fue cuantificado en 6,3%; ii) Las Condiciones Materiales están siendo valoradas en un 8,1%; y iii) La Organización del Trabajo ha estado siendo administrado al 3,9%. Continuando con la aplicación, se procedió en primer lugar ajustar el índice de riesgo del ítem ii) con un factor de 1,07, en atención al área de operaciones ideal vs la real que posee la firma (Palacio-

León, 2017). Pasó seguido, se transformaron los índices de riesgo intralaborales en los siguientes tiempos: i) Tiempo Efectivo de Producción del Personal 93.7%; ii) Tiempo Operativo del Personal 86.1%; y iii) Tiempo Productivo Alcanzado por el Personal 81.7%, los cuales alimentan de información a la ecuación 1. En consecuencia, el IG_{PS} se cifra en un 82% aproximadamente, tal y como se indica en la ecuación 19.

$$IG_{PS} = \left(\frac{93.7}{100}\right) * \left(\frac{86.1}{93.7}\right) * \left(\frac{81.7}{86.1}\right) * 100 \cong 82\% \quad (18)$$

Tabla 1. Resumen de los resultados de la forma B de la Batería de Riesgos Psicosociales

Dimensiones	Puntaje (Transformado)	Nivel de riesgo
LIDERAZGO Y RELACIONES SOCIALES EN EL TRABAJO	6,6	SIN RIESGO
CONTROL SOBRE EL TRABAJO	14,1	SIN RIESGO
DEMANDAS DEL TRABAJO	18,2	SIN RIESGO
RECOMPENSAS	2,0	SIN RIESGO
TOTAL GENERAL FACTORES DE RIESGO PSICOSOCIAL INTRALABORAL	17,8	SIN RIESGO

3.2. Determinar la UCEPALM para la EEDD.

Comenzando por la proyección del inventario productivo total mediante la aplicación de las ecuaciones 2 a la 10. Que al ser operativizadas con sus respectivos parámetros, y con apoyo del método de Ruffini, se obtiene la ecuación 19.

$$D_{t,GC} = 6,161.84 * (2.79)^t + (155,336.76) * (1.21)^t + 56,784.93 * (0.60)^t + 1,248,570 \quad (19)$$

Los parámetros a ser tenidos en cuenta por parte del Agente Principal (AP) en esta primera parte del modelado, son los que se indican a continuación: i) $b = 85\%$ (Palacio-León, 2012); ii) $k = 1.0235$ (Prospectiva de crecimiento del mercado meta de la firma); iii) $r = 1.18$ (Margen máximo de mejora del IGPS derivado del complemento de la ecuación 18); iv) $\rho = 0.65$; v) $IO_{2014} = 1,156,180 \text{ USD/Año}$; vi) $IO_{2015} = 1,111,875 \text{ USD/Año}$; vii) $IO_{2016} = 1,090,160 \text{ USD/Año}$; y viii) $Io = 437,000 \text{ USD/Año}$.

Tomando como punto de partida el resultado de la ecuación 19, se procede a cuantificar la UCEPALM para dos escenarios, denominados como: i) Con Empresa Saludable (Con ES); y ii) Sin Empresa Saludable (Sin ES). Avanzando en el razonamiento, se procedió a coordinar la UCE entre los eslabones CEDIS_{AP}-KAM de la EEDD, haciendo uso de las ecuaciones 11 a la 16, resultados que se indican en la tabla 2.

Pasó seguido, se procedió a desarrollar la coordinación de la UCE entre los eslabones PLANTA de PRODUCCIÓN_{AP}-CEDIS_{AP}, a través de un proceso de simulación discreta soportado en la ecuación 17, y en función de los resultados presentados en la tabla 2, información que se presenta en la tabla 3. Entre tanto, la tabla 4 proporciona la magnitud de la inversión destinada a la mejora en: i) Condiciones del entorno de trabajo; y ii) La percepción de bienestar de los colaboradores del agente principal y sus familias (Valoradas en 10 USD/mes-Colaborador, para una nómina

conformada por 60 empleados). Además, en la tabla 4 se muestran los resultados de la evaluación financiera, de cada una de las UCE_{PALM} que conforman el portafolio de estrategias en inventario colaborativo que puede adoptar la EEDD, las cuales fueron valoradas con una tasa de interés de oportunidad del 17.5% efectiva anual.

Tabla 2. Tamaño de la UCE a diseñar según los eslabones CEDIS_{AP}-KAM

KAM	Lead Time (Semanas)	Demanda Anual (%)	Requerimiento en Inventario Colaborativo (Primer Año de Integración)		
			UCE _{KAM} (Inbox)	UCE _{AP} Con ES (Inbox)	UCE _{AP} Sin ES (Inbox)
Zona Occidente	1	25	350	490	400
Zona Oriente	1	15	200	300	250
Zona Sur	2	10	300	300	250
Zona Norte	2	20	590	600	500
Institucional	1	30	400	600	500

Los parámetros suministrados por el AP, para esta parte del modelado son los que se citan a continuación: i) Se cuenta con cinco Administradores de Cuentas Clave (KAM), sistema que le cuesta a la compañía en promedio el 35% anual sobre Inbox; ii) SKU homogénea con un peso máximo de 25 kilos/Inbox; iii) Cubicaje que representa un ingreso neto operacional promedio de 70 USD/Inbox; iv) $H = 150$ USD/Orden; v) $C = 50$ USD/Orden-KAM; vi) $i = 30\%$ anual; vii) Los costos de operación por Inbox corresponden al 40% de los ingresos que genera; viii) La Políticas de bodegaje es Caótica; y ix) El costo de oportunidad del capital fue valorado a una tasa del 5% efectivo anual.

Tabla 3. Tamaño de la UCE a diseñar según los eslabones PLANTA PRODUCCION-CEDIS_{AP}

Diseño de la UCE _{PALM}	Propuesta Negociación	UCE _{PLANTA} (Inbox)	UCE _{CEDIS} (Inbox)	Criterio de Decisión	Decisión (Inbox)	Tipo de Inventario
UCE _{AP} Con ES	1	2,270	2,290	1.0000	2,270	Mínimo
	2	2,430		1.0017		
	3	2,640		1.0101	2,640	Máximo
UCE _{AP} Sin ES	1	1,910	1,900	1,0000	1,910	Mínimo
	2	2,040		1,0025		
	3	2,190		1,0101	2,190	Máximo

En términos generales, el agente principal de la EEDD de autopartes de la ciudad de Bogotá D.C, lo constituye la gerencia de almacenamiento, quien tiene el poder de negociación de la UCE_{PALM} en atención a: i) Es el agente que restringe la capacidad de bodegaje de la RdS a 2,900 Inbox; ii) Pacto para el primer año de la integración un inventario de consumo de 2,060 Inbox/Pedido, complementado con un inventario de seguridad de 210 Inbox/Pedido; iii) Fijo el precio del servicio de bodegaje a los KAMs a un nivel de racionalización de 0,25 UDS/Posición y de 0,28 UDS/Inbox. Por otra parte, se puede inferir de la tabla 4 que implementar una estrategia de inventario colaborativo en términos de productividad saludable, genera al Agente Principal una rentabilidad aproximada del 35% anual sobre la inversión de \$1,317,000 USD, además de retribuir en bienestar a los interesados en la EEDD una tasa de descuento social del 12% Anual (Valida para Colombia).

4. ANÁLISIS

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que es benéfico implementar un programa de bienestar para la fuerza laboral y sus familias, al interior de la EEDD, dado que invertir un USD/Colaborador le representa una ganancia de 0.92 USD/Colaborador, además de recuperar dicha inversión. La mitigación de la exposición a eventos asociados a riesgos psicosociales, el mejoramiento de

las condiciones del puesto de trabajo y el balanceo de la carga de trabajo se reportan como los factores más afines con la productividad saludable. Altas exposiciones a estos factores eran de esperarse, que sean causantes de bajos niveles de productividad saludable, y por ende, son generadores de las deficiencias que en un momento dado, posea el nivel de servicio ofrecido por la EEDD.

Por otro lado, de estos datos se puede concluir que la innovación en la creación del valor compartido para la EEDD permite abrir nuevos mercados, sin apalancar los activos y capacidades existentes de la RdS, para lo cual el Agente Principal, puede orientar el perfil estratégico de la RdS hacia una cultura macroergonómica (Smith-Jackson et al., 2014). Sin embargo, el tema central de los beneficios de la colaboración en las RdS han gravitado alrededor de la mejora de criterios tales, como: costo, tiempo, utilización de los recursos de transporte, calidad, satisfacción del cliente, flexibilidad, transferencia tecnológica, mitigación de la incertidumbre de la demanda, entre otros (Albrecht, 2010). Por ser estos criterios, los más usados como indicadores tradicionales de la competitividad empresarial (Palacio-León, 2017), situación que dificulta la incorporación de criterios innovadores, como es el caso de la productividad saludable para el modelado del inventario colaborativo.

Tabla 4. Baremos para el análisis financiero de la UCE ha ser implementada por la EEDD

Características del Recurso Restrictivo de Capacidad para la EEDD	Portafolio de estrategias de Inventario Colaborativo			
	UCE _{AP} Con ES		UCE _{AP} Sin ES	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Capacidad de Bodegaje (Inbox)	2,900	3,300	2,400	2,700
Presupuesto de Inversiones (USD)	\$ 1,317,000	\$ 1,386,200	\$ 1,204,000	\$ 1,274,000
BANA (USD)	\$ 428,520	\$ 313,729	\$ 62,981	(\$ 3,536)
TVR (EFECTIVO ANUAL)	42 %	35 %	22 %	17 %
DECISIÓN	VIABLE	VIABLE	DEFERIR	ABANDONAR

5. CONCLUSIONES

La incorporación desde la planificación estratégica del enfoque sociotécnico de sistemas, permite un mejor acceso a la colaboración sostenible de la EEDD, al hacer del balance de utilidades y limitaciones de los criterios de la productividad saludable, un mecanismo de coordinación de la UCE_{PALM} capaz de mitigar la relación de ajuste que el Agente Principal desee conservar, entre el inventario de seguridad y el inventario para el consumo, con el propósito de brindar un nivel de servicio por encima del 85% al canal de ventas, al tiempo que crea valor compartido del 12% anual e incluso más, para los interesados en la integración.

La UCE_{PALM} gestionada por el Agente Principal, fortalece los procesos de integración sostenible en el futuro mediático, porque convierte los criterios de productividad saludable en una estrategia de océano azul para la EEDD, al ofrecer opciones de negociación en un ambiente controlado y monitoreado por criterios técnico-económicos de creación de valor compartido, enmarcados en el modelo Administración-Imprevistos-Utilidad (AIU) que facilita el proceso de toma de decisiones, en un ambiente racional de negociación para las partes. De ahí que, la estrategia de inventario colaborativo seleccionada sea la de 2,900 Inbox de capacidad de bodegaje, por ser esta la que satisface los requerimientos exigidos por el Agente Principal en términos de AIU, en calidad de sponsor de la integración, siendo estas exigencias las que se indica a continuación en estricto orden de aparición: 4,5%-5%-10%.

Referencias

Albrecht, M. (2010). Supply chain coordination mechanisms: New approaches for collaborative planning (Vol. 628). Berlin-Heidelberg (Germany). Springer Science & Business Media. 220p, ISBN: 978-3-642-02832-8.

Arshinder, K., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2011). A review on supply chain coordination: coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions. In *Supply, chain coordination under uncertainty* (pp. 39-82). Springer Berlin Heidelberg.

Barrios-León, M. (2014). Efectos del desgaste laboral, como riesgo psicosocial, en la productividad. Memoria de Tesis Doctoral. Universidad de Carabobo. Valencia (Venezuela).

González, C., & Barrios, J. A. (2000). *Análisis discreto en Economía y Empresa*. Madrid. Editorial AC. 253P. ISBN: 84-7288-084-2.

Hendrick H.W., & Kleiner, B.M. (Eds.). (2002). *Macroergonomics: Theory, Methods and Applications*. Mahwah, New Jersey (USA). Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. 428p, ISBN: 9780805831917.

Kempf, K. G., Keskinocak, P., & Uzsoy, R. (Eds.). (2011 a). *Planning production and inventories in the extended enterprise: a state of the art handbook* (Vol. 1). New York (USA). Springer Science & Business Media. 650p, ISBN: 978-1-4419-6484-7.

Kempf, K. G., Keskinocak, P., & Uzsoy, R. (Eds.). (2011 b). *Planning production and inventories in the extended enterprise: a state of the art handbook* (Vol. 2). New York (USA). Springer Science & Business Media. 580p, ISBN 978-1-4419-8190-5.

Metzler, L. A. (1941). The nature and stability of inventory cycles. *The Review of Economics and Statistics*, 23(3), 113-129.

Palacio-León, O. (2017). Equilibrado y diseño de líneas de ensamble mixtas orientados por criterios de productividad saludable. Trabajo inédito como requisito para ascender en Escalafón Docente como Profesor Asociado. Universidad Militar Nueva Granada-Sede Bogotá, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial.

Palacio-León, O., & Adarme-Jaimes, W. (2015). La higiene industrial como elemento de diseño de centros de distribución de mercancías urbanas. *Cuadernos de Ingeniería: Innovación y tecnología de vanguardia*, Volumen 1, 118-129, ISBN: 978-980-12-9518-1.

Smith-Jackson, T. L., Resnick, M. L., & Johnson, K. T. (Eds.). (2014). *Cultural Ergonomics: Theory, methods, and applications*. Boca Raton (USA). CRC Press. 215p, ISBN-13: 978-1-4398-1261-7.

Trent, R.J. (2018). *Gerencia estratégica de suministros: diseño su propia fuente de ventaja competitiva*. Traductor María Teresa Aparicio, Bogotá: Panamericana Editorial, 368p. ISBN: 978-958-30-4008-5.

Villalobos, G., Vargas, A. M., Escobar, J., Jiménez, M. L., & Rondón, M. A. (2010). *Batería de instrumentos para la evaluación de factores de riesgo psicosocial*. Bogotá: Ministerio de la Protección Social.

Viscusi, W. K. (2004). The value of life: estimates with risks by occupation and industry. *Economic Inquiry*, 42(1), 29-48.

Wieland, J. (Ed.). (2017). *Creating Shared Value—Concepts, Experience, Criticism* (Vol. 52). Friedrichshafen, Baden-Württemberg (Germany). Springer. 150p, ISBN: 978-3-319-48801-1.

Copyright © 2017 Oscar Palacio-León, Marianna Barrios-León y Wilson Adarme-Jaimes asignan a los organizadores del CIOO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIOO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIOO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

EMPLAZAMIENTO DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA RED FÉRREA Y CARRETERA EN LOS CORREDORES DE CARGA CENTRAL Y PACÍFICO

Rafael Arévalo¹, Rafael Santofimio¹, Jair Rocha^{1,2}, Wilson Adarme¹

¹ Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Colombia, ² Universidad de La Salle

rarevaloa@unal.edu.co, rasantofimior@unal.edu.co, jerochag@unal.edu.co,
wadarmej@unal.edu.co

Resumen

Este artículo considera un problema de localización de instalaciones múltiples para la red de transporte intermodal en Colombia, para ello se analizó el transporte de carga desde las principales ciudades generadoras hasta los principales puertos del país, tanto en la región caribe (corredor central) como en la costa pacífica (Buenaventura); integrando dos modos de transporte, carretero y férreo. El modelo propuesto consiste en determinar la ubicación óptima de una serie de plataformas logísticas que garanticen un sistema de integración en estrategias de transporte para el país. En este aspecto, se realiza un modelo de programación mixto entero con el objetivo de minimizar los costos totales de transporte de la nueva red intermodal, obteniendo resultados en los flujos y dejando como evidencia el potencial que tiene la integración del transporte intermodal para la competitividad del país.

Palabras clave: Plataforma logística, transporte intermodal, problema de localización de instalaciones múltiples, transporte férreo.

1. INTRODUCCIÓN

En materia de desempeño logístico el país ha mejorado de forma tímida en los últimos años, prueba de esto es que no ha podido superar la barrera de los 3 puntos del índice de desempeño logístico publicado por el Banco Mundial, pues en el 2012 obtuvo 2.87 puntos, siendo el mejor registro que se tiene hasta el 2016 (Banco Mundial, 2016).

En cierta medida este bajo desempeño se podría atribuir a que Colombia presenta rezagos en el desarrollo e implementación de modos de transporte, puesto que el 72% de la carga se mueve por modo carretero, el 25% emplea vías férreas, de los cuales el 98% es carbón (Consejo Privado de Competitividad, 2016). Esto se presenta a pesar de que el gobierno ha invertido en infraestructura cerca del 3.2% del PIB en los últimos diez años (ANIF, 2013).

Una de las acciones emprendidas por el gobierno nacional para mejorar la competitividad del país ha sido el diseño del Plan Maestro intermodal (PMTI) 2015 - 2035, que tiene como objetivos estratégicos mejorar y fortalecer la infraestructura vial, puertos, aeropuertos y ferrocarriles (Gobierno de Colombia, 2015). Para este último, se planea intervenir 1769 kilómetros de 5 vías férreas, las cuales deben cumplir requisitos como la reducción de fletes a carga existente, inducir y generar nuevas cargas y facilitar la intermodalidad; para ellos el gobierno debe contribuir al financiamiento de la infraestructura ferroviaria en la medida en que las características y el nivel de la demanda así lo ameriten (Fedesarrollo, 2015).

Teniendo en cuenta las necesidades de desarrollo y recuperación de la red férrea en el país, así como la integración de los modos de transporte, el presente estudio pretende aportar desde la academia posibles ubicaciones de una serie de plataformas logísticas en la red férrea del caribe y el pacífico con el objetivo de minimizar los costos totales de la operación en el transporte de carga.

2. METODOLOGÍA

El problema de localización de instalaciones (FLP) por sus siglas en inglés, estudia dónde ubicar un conjunto de instalaciones en una zona geográfica, con el objetivo de hacer más eficiente la operación mediante la reducción de costos mientras se cumplen algunas restricciones asociadas a la satisfacción de la demanda (Hale & Moberg, 2003). La investigación en este problema incluye múltiples variantes que en esencia estudian modificaciones en parámetros como el tiempo, área, número de instalaciones, número de rutas así como también características de la instalación en cuestión (Arabani & Farahani, 2011).

Según Arabani & Farahani (2011), los problemas FLP se dividen en estáticos y dinámicos. Los problemas de FLP estáticos tienen algunas categorías como problemas de ubicación discreta, en red y continua. La situación planteada en este estudio se puede modelar con una subcategoría de los problemas FLP discretos continuos como es la localización de múltiples instalaciones. El problema de localización de múltiples instalaciones determina la ubicación de una serie de puntos en los cuales las distancias y costos existentes entre ellos sean los mínimos posibles (Akyuz, Oncan, & Altinel, 2009).

Una vez que se tiene definido el tipo de problema por el cual se comporta la situación, se procede a resolver el problema con un modelo de programación entero mixto, donde la función objetivo es minimizar el costo total del transporte de carga y sujeto a restricciones de capacidad y satisfacción de demanda. Los parámetros necesarios en el modelo como los costos de transporte por carretera se determinaron con la ayuda de la herramienta SICE-TAC del Ministerio de Transporte. Así mismo, los costos asociados a las tarifas de transporte férreo fueron tomados de la resolución 000184 de 2009 del Ministerio de Transporte.

La estructura del modelo cuenta con tres elementos principales: Nodos generadores de carga, plataformas logísticas intermedias y nodos destino. Los primeros se establecieron como las ciudades que generan el 85% de la carga hacia los principales puertos marítimos del caribe de acuerdo a la matriz origen destino de carga del Ministerio de Transporte de (2013). Es importante aclarar que para estudiar el corredor de carga del pacífico, no se encuentra información suficiente para determinar la cantidad de carga enviada al puerto de Buenaventura desde las ciudades generadoras, por esta razón se modela el problema con la carga enviada sólo desde Bogotá, Medellín y Cali.

Respecto a las plataformas logísticas, en la **tabla 1** se muestran las posibles ubicaciones a partir de información obtenida en el informe ejecutivo del estudio de viabilidad y conveniencia del cambio de troca yárdica a trocha estándar y sus impactos en el transporte de carga y pasajeros del ministerio

de transporte (2013). Los nodos destino corresponden a los puertos marítimos, en el caso del caribe Barranquilla, Cartagena y Santa Marta y Buenaventura en el pacífico.

Tabla 1. Posible ubicación de las plataformas logísticas

Corredor Central		Corredor del Pacífico
Santa Marta	García Cadena	Buenaventura
Aracataca	Barrancabermeja	Lobo Guerrero
Fundación	Montoyas	Dagua
Bosconia	Puerto Berrío	Yumbo
El Paso	Nare	Cali
La Loma	Cocorná	Palmira
Chiriguana	La Dorada	Guacarí
La Gloria		Buga
Gamarra		Bugalagrande
San Alberto		Zarzal
San Rafael de Lebrija		La Tebaida

2.1. Modelo y supuestos

El modelo propuesto se rige bajo algunos supuestos necesarios en la modelación de la situación, los cuales son:

- La carga es de tipo general no diferenciada.
- Las plataformas logísticas no retienen carga, la carga que entra a la plataforma es la misma que sale de ellas.
- El sentido de la carga es unidireccional, desde las ciudades generadoras hasta los puertos marítimos destino.
- El transporte por carretera se realiza sólo en vehículos tipo C3S3.

Los parámetros y variables usados en el modelo son los siguientes:

Conjuntos:

- i Conjunto de orígenes ($i = 1,2,3,\dots,I$)
 j Conjunto de plataformas ($j = 1,2,3,\dots,J$)
 k Conjunto de destinos ($k = 1,2,3,\dots,K$)

Parámetros:

- $CTR1_{i,j}$: Costo de transporte por tonelada de carga entre las ciudades de origen tipo i y la posible ubicación de la plataforma logística j [\$/ton].
 $CTR2_{j,k}$: Costo de transporte por tonelada de carga entre las plataformas logísticas tipo j y puertos destino tipo k [\$/ton].
 Ch_j : Costo de operación por año en la plataforma logísticas tipo j [\$/año].
 $Capc_j$: Capacidad de almacenamiento y manejo en la plataforma logísticas tipo j [Ton/año].

$CarGen_i$: Cantidad de carga generada en la ciudad de origen tipo i [Ton/año].
 Pue_k : Cantidad de carga a manejar en el puerto de destino tipo k [Ton/año].
 N : Número máximo de plataformas logísticas a instalar [Instalaciones].

Variables de decisión:

CT : Costo total de transporte y operación del sistema logístico.
 $X_{i,j}$: Cantidad de carga a transportar entre la ciudad de origen tipo i y la plataforma logística tipo j [ton/año].
 $Y_{j,k}$: Cantidad de carga a transportar entre la plataforma logística tipo j y la ciudad destino tipo k [ton/año].
 Z_j : 1: Si la plataforma j entra en funcionamiento; 0: en otro caso.

Con la notación detallada anteriormente es posible formular un modelo de programación mixto entero (MIP) de la siguiente manera:

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} CTR1_{i,j} \times X_{i,j} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} CTR2_{j,k} \times Y_{j,k} + \sum_{j \in J} Ch_j \times Z_j \quad (1)$$

S.a.

$$\sum_{i \in I} X_{i,j} \leq Capc_j \times Z_j; \quad \forall j \quad (2) \quad \sum_{j \in J} Z_j \leq N \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} X_{i,j} \geq CarGen_i; \quad \forall i \quad (3) \quad Z_j \in \{0,1\}; \quad (j \in J) \quad (7)$$

$$\sum_{i \in I} X_{i,j} - \sum_{k \in K} Y_{j,k} = 0 \quad (4) \quad X_{i,j} \geq 0; \quad (i \in I; j \in J) \quad (8)$$

$$\sum_{j \in J} Y_{j,k} \geq Pue_k; \quad \forall k \quad (5) \quad Y_{j,k} \geq 0; \quad (j \in J; k \in K) \quad (9)$$

3. RESULTADOS

El modelo se corre con dos escenarios diferentes, el primero donde se restringe el número máximo de plataformas logísticas a instalar a sólo cuatro por corredor, teniendo en cuenta que se trabaja con 8 ciudades generadoras de carga así cada plataforma acopia la carga de dos ciudades; además, dejando libertad al modelo de definir la capacidad de las mismas. En el segundo escenario, se restringe la capacidad máxima de las plataformas a la mitad de la capacidad que el modelo determina en el escenario anterior.

En la **tabla 2** se presentan los resultados de la corrida del primer escenario. Los flujos de carga entre las ciudades generadoras y las plataformas se distinguen de acuerdo a los dos corredores de carga estudiados. La restricción que permite máximo cuatro plataformas logísticas por corredor de carga implica que algunas plataformas como la que se encuentra ubicada en La Dorada requiera una capacidad superior a los 4.5 millones de toneladas año.

Tabla 2. Flujos de carga anual entre las ciudades generadoras y las plataformas, Escenario 1. 2013

Ciudades Generadoras	Corredor Central				Corredor Pacífico	
	Bosconia	San Alberto	Pto. Berrío	La Dorada	Cali	La Tebaida
Bogotá				2.715.291		674.745
Medellín			2.041.024			239.666
Cali				1.302.248	782.638	
Villavicencio				491.498		
Montería	488.468					
Cúcuta		1.146.532				
Bucaramanga		1.227.822				
Valledupar	425.341					
Capacidad Requerida	913.809	2.374.354	2.041.024	4.509.037	782.638	914.411

Como se indica anteriormente, se restringe la capacidad de una plataforma logística a la mitad de la capacidad máxima utilizada en el escenario 1, es decir, la mitad de la capacidad requerida en la plataforma de La Dorada. En la **tabla 3** se evidencian los nuevos flujos de carga permitiendo que el modelo active el número óptimo de plataformas logísticas.

Tabla 3. Flujos de carga anual entre las ciudades generadoras y las plataformas, Escenario 2. 2013

Ciudades Generadoras	Corredor Central						
	Bosconia	Gamarra	San Alberto	Pto. Berrío	Nare	Cocorná	La Dorada
Bogotá					9.037	2.250.000	456.254
Medellín				2.041.024			
Cali							1.302.248
Villavicencio							491.498
Montería	488.468						
Cúcuta		1.146.532					
Bucaramanga			1.227.822				
Valledupar	425.341						
Capacidad Requerida	913.809	1.146.532	1.227.822	2.041.024	9.037	2.250.000	2.250.000

No obstante, el corredor de carga del pacífico, debido a la insuficiencia de información mencionada con anterioridad, permanece con la misma estructura activando tan sólo las plataformas de Cali y La Tebaida con los flujos presentados en el escenario anterior.

De igual forma, los flujos de carga presentados entre las plataformas logísticas y las ciudades destino, en este caso los puertos marítimos, resultantes de la modelación en el escenario 2 se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Flujos de carga anual entre las plataformas logísticas y las ciudades destino, Escenario 2. 2013

Plataformas Logísticas	Santa Marta	Barranquilla	Cartagena	Buenaventura
Bosconia			913.809	
Gamarra			1.146.532	
San Alberto			1.227.822	
Pto. Berrío		1.209.953	831.071	
Nare		9.037		
Cocorná		2.250.000		
La Dorada	1.022.150	1.227.850		
Cali				782.638
La Tebaida				914.411

Es el segundo escenario, cuando el modelo activa el número óptimo de plataformas logísticas, el cual genera un costo total menor respecto al modelo con restricción en el número de plataformas. Por esta razón se adopta como la mejor propuesta el modelamiento realizado en el escenario 2 (**Figura 1**) y con el cual se realiza el análisis en el siguiente apartado.

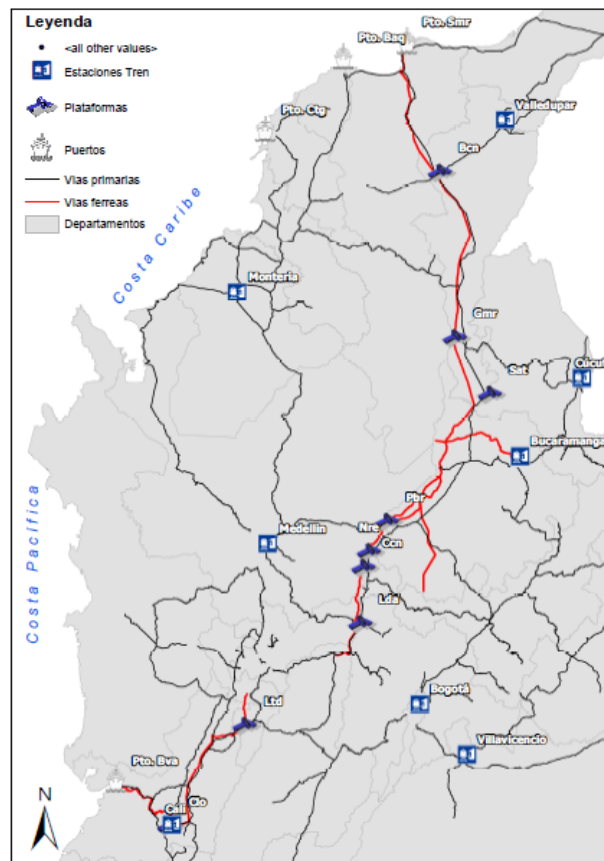


Figura 1. Ubicación de las plataformas logísticas seleccionadas en el escenario 2

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los flujos de carga mostrados en las **tablas 3 y 4** resultado del modelo de transporte intermodal se realiza el contraste en los costos totales de transporte respecto al modo carretero. En general, los costos totales de la operación en el transporte de carga por el corredor central ascienden a los COP\$ 0.8 billones anuales con el uso de un sistema intermodal, presentando una reducción del 38.3% respecto al modo carretero que tiene un costo total de COP\$ 1.3 billones anuales.

Al analizar los costos por ruta hacia cada uno de los puertos destino, se evidencia que existe una reducción en los costos totales del sistema intermodal en comparación con el modo carretero, específicamente del 43% en las rutas hacia Barranquilla y de 29% y 57% para los puertos de Cartagena y Santa Marta respectivamente, como se muestra en las **figuras 2, 3, y 4**.

Del mismo modo, en las rutas hacia el puerto de Buenaventura se registra un disminución del 36.5% pasando de COP\$ 0.1 billones anuales a COP\$ 0.065 billones en el mismo periodo con la implementación de un sistema intermodal (Ver **figura 5**). En particular, la ruta Cali - Buenaventura es la que mejor desempeño tiene, en el orden del 73.2%, debido a que suprime el uso del modo carretero.

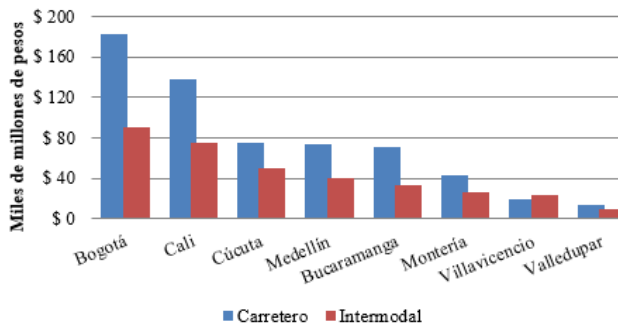


Figura 2. Costo total en el transporte de carga por ruta hacia Barranquilla

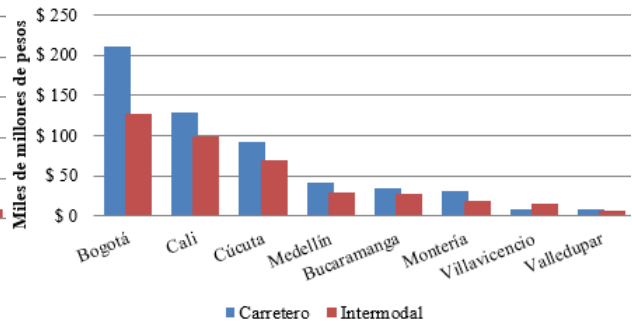


Figura 3. Costo total en el transporte de carga por ruta hacia Cartagena

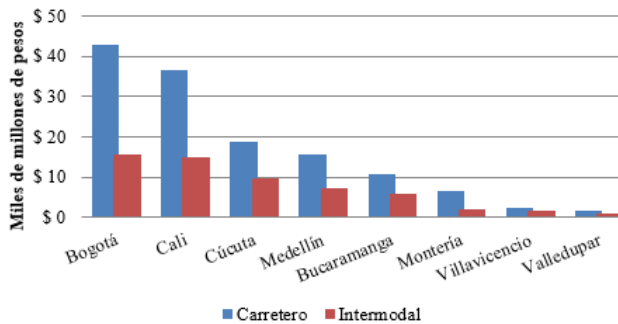


Figura 4. Costo total en el transporte de carga por ruta hacia Santa Marta

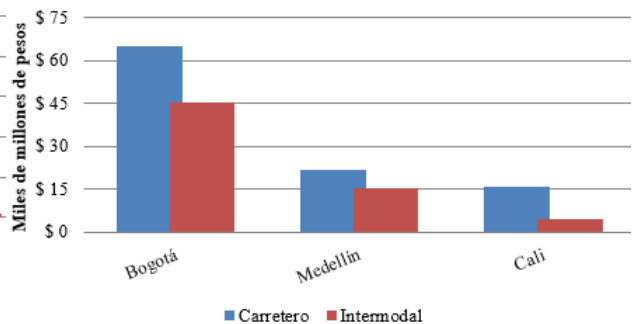


Figura 5. Costo total en el transporte de carga por ruta hacia Buenaventura

5. CONCLUSIONES

Este trabajo deja como evidencia el potencial que tiene el transporte intermodal para la mejora en la competitividad del país, integrando al sistema de transporte un modo férreo que es desaprovechado y que reduce un 38% los costos totales del transporte de carga. En este sentido, los costos totales de transporte se reducen en la medida que se le dé un mayor uso a la infraestructura férrea existente.

Las plataformas logísticas tienen un papel esencial es la articulación efectiva de los diferentes modos de transporte. Además, son un punto de partida para el desarrollo de las regiones en las cuales tienen influencia, siendo fuentes de empleo y puntos de intercambio comercial.

Referencias

- Akyuz, M., Oncan, T., & Altnel, L. (2009). *The multi-commodity capacitated multi-facility Weber problem: Heuristics and confidence intervals*. Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientist, 2.
- ANIF - Asociación Nacional de Instituciones Financieras (2013). *Costos de transporte, multimodalismo y la competitividad de Colombia*. Bogotá, Colombia. Diciembre. 2014. ISBN: 978-958-57042-7-5.
- Arabani, A., & Farahani, R. (2011). *Facility location dynamics: An overview of classifications and applications*. Computers & Industrial Engineering, 408-420.
- Banco Mundial (2016). *Índice de desempeño logístico*. Bases de datos del Banco Mundial. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?end=2016&locations=CO&start=2007&view=chart>.
- Consejo Privado de Competitividad (2016). *Informe Nacional de Competitividad 2016 - 2017*. Bogotá, Colombia. Octubre. 2016. ISSN 2016- 1430.
- FEDESARROLLO (2015). *Plan Maestro de Transporte intermodal (PMTI) 2015-2035: infraestructura para el comercio exterior, el desarrollo regional y la integración del territorio*. Centro de Investigación y Social. Bogotá, Colombia. Noviembre. 2015. Disponible en http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/PMTI_30_NOV_2015_INF_FINAL.pdf.
- Gobierno de Colombia (2015). *El PMTI, una política de estado para de Colombia un país más competitivo. Plan Maestro de Transporte intermodal (PMTI) 2015-2035*.
- Hale, T., & Moberg, C. (2003). *Location Science Research: A Review*. Annals of Operations Research, 123(1), 21-35.
- Ministerio de transporte de Colombia (2009). *Resolución 000184 de 2009 “Por la cual se establecen las tarifas correspondientes a los operadores y usuarios de transporte ferroviario de carga y pasajeros en el Corredor del Sistema Ferroviario Central”*. Bogotá, Colombia, 16 de enero de 2009.
- Ministerio de transporte de Colombia (2013). *Matriz origen-destino carga nacional*.
- Ministerio de transporte de Colombia (2013). *Estudio de Viabilidad y Conveniencia del cambio de trocha yárdica a trocha estándar y sus impactos en el Transporte de Carga y Pasajeros*. Informe ejecutivo, Bogotá, Colombia, 2013.
- Ministerio de transporte de Colombia (2016). *Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga SICE-TAC*. Disponible en www.mintransporte.gov.co.

Copyright Statement

Copyright © 2017 Rafael Arévalo, Rafael Santofimio, Jair Roche, Wilson Adarme: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE COBERTURA EN PROGRAMAS DE TRANSFERENCIA DIRECTA DE ALIMENTOS A POBLACIONES VULNERABLES. CASO BIENESTARINA, COLOMBIA

Wilson Adarme-Jaimes, Cristhian Amaya, Feizar Rueda

Universidad Nacional de Colombia

wadarme@unal.edu.co , cramayag@unal.edu.co , fjruedav@unal.edu.co

Resumen

En este artículo se evalúa el sistema de medición del desempeño de los programas de asistencia social, tomando como caso de estudio el esquema de distribución de un programa estatal en Colombia denominado Bienestarina. Al tratarse de programas de tipo estatal, es fundamental que la medición del desempeño refleje de manera objetiva la realidad del sistema. Para ello, se parte de un análisis bibliográfico, con el objetivo de identificar las tendencias en sistemas de medición en cadenas de suministro y posteriormente, se evalúa su conveniencia de estos con respecto a las necesidades propias de las redes de asistencia social. A través del análisis de indicadores de Cobertura en los diferentes niveles de agregación (Nacional, Departamental y Municipal), se logran identificar las brechas con respecto a las necesidades reales de la población vulnerable para el caso de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

Las medidas de rendimiento son esenciales para que la gerencia tome decisiones estratégicas en la cadena de abastecimiento (SC, *por sus siglas en ingles*). A pesar de su importancia en el 2004, (Gunasekaran, Patel, & McGaughey, 2004) señalaron que este es un tema al que no se le ha dado la atención adecuada por parte de investigadores y expertos. Desde dicha publicación, la producción científica alrededor de la medición del desempeño de la SC, ha venido en aumento, como se evidencia en la Figura 1¹. A primera vista, se puede decir que el estudio alrededor de la medición del rendimiento de la cadena, se encuentra en crecimiento. Sin embargo, para las medidas de rendimiento enfocadas a la cadena de abastecimiento humanitaria, son varios los autores que han reconocido que la investigación alrededor de esta tema, es todavía escasa (Abidi & Klumpp, 2012)(Davidson, 2006)(de Leeuw, 2010)(Abidi & Klumpp, 2014)(Holguín-veras, Jaller, Wassenhove, Pérez, & Wachtendorf, 2012). De hecho, al hacer el mismo ejercicio, en la base de datos Scopus² solo se encontraron 20 publicaciones desde el 2008. En efecto, (Abidi & Klumpp, 2014), resaltan que la investigación de indicadores enfocada en el área humanitaria emergieron después del desastre del tsunami en el océano índico del 2004.

En primer lugar, el estudio de métricas para que estas sean aplicadas en el contexto de cualquier cadena, si se hace correctamente, llevara a agilizar los flujos de material, información y dinero, a simplificar los procesos para la toma de decisiones y a eliminar actividades que no agreguen valor (Gunasekaran, Patel, & Tirtiroglu, 2001), teniendo un importante rol a la hora fijar objetivos, evaluar el rendimiento, y

¹ Esta búsqueda se hizo en la base de datos, Scopus, usando la siguiente ecuación general de búsqueda (TITLE-ABS-KEY("Supply Chain" AND "Manag*" AND ("KPI" OR "Key performace indicators" OR ("Performance" AND "measur*") OR "Indicators" OR "Metrics"))) a 8/06/2017

² Esta vez utilizando la ecuación de búsqueda (TITLE-ABS-KEY("Supply Chain" AND "Manag*" AND ("KPI" OR "Key performace indicators" OR ("Performance" AND "measur*") OR "Indicators" OR "Metrics" AND ("Humanitarian" OR "humanitarian relief" OR "Humanitarian assistance"))) a 8/06/2017. Teniendo el pico más alto en el 2009 con 5 publicaciones.

determinar futuros cursos de acción (Gunasekaran et al., 2004), además de ayudar a los gerentes a identificar áreas clave de mejora (Grover, 2015). Por otro lado, (Felix T. S. Chan, Chan, & Qi, 2006), aseguran que un Sistema de Medición del Desempeño (PMS, *por sus siglas en inglés*), debería poder ayudar a los gerentes de la cadena a diseñar nuevos sistemas, tomar decisiones e introducir y mejorar estrategias.

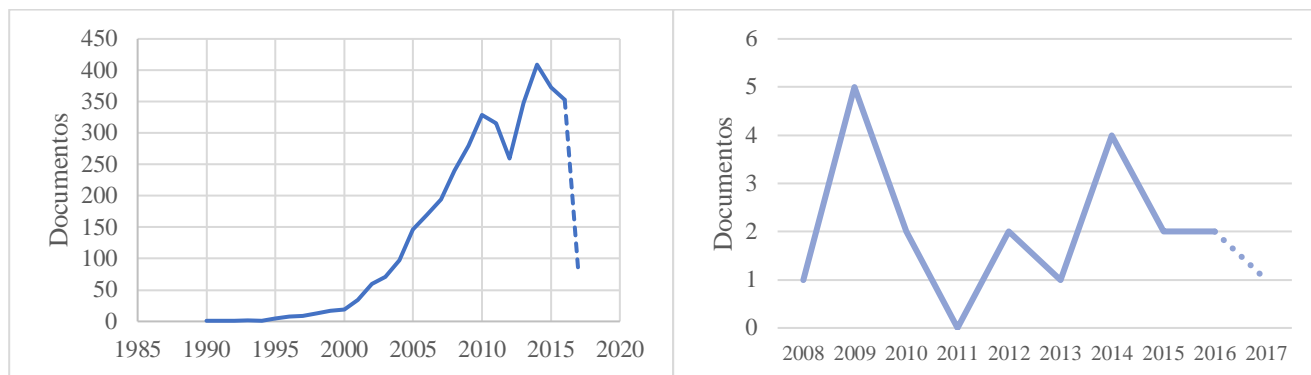


Figura 1. Producción científica alrededor tanto la medición del rendimiento de la SC en los últimos años como medición del rendimiento de la SC humanitaria. Fuente: Adaptado de los resultados de la base de datos Scopus.

Las razones por las cuales se mide el desempeño en la SC, son de acuerdo con (Parker, 2000), 1) identificar el éxito, 2) identificar donde se están cumpliendo los requerimientos de clientes, 3) que les ayude a entender sus procesos, 4) identificar donde existen cuellos de botellas, 5) asegurarse que las decisiones están basados en hechos y 6) mostrar que las mejoras planeadas, sucedieron. (F T S Chan, 2003) asegura que la manera en que se mide el desempeño puede ser estandarizado, y además, reconoce 7 categorías en la medición del desempeño.

Para el sector humanitario, existen algunas propuestas para el desarrollo de indicadores elaborados por organizaciones como la “Federación Internacional de la Cruz Roja – Luna Roja” (IFRC, *por sus siglas en Inglés*) (Schulz & Heigh, 2009), o modelos de referencia de procesos, que entre sus objetivos tienen el medir el desempeño de la cadena, y adaptar los procesos al esquema de dicha cadena, mejorando la comunicación y la coordinación de las organizaciones (Blecken, Hellingrath, Dangelmaier, & Schulz, 2009). (Abidi & Klumpp, 2014) declaran, además, que dicho marco o modelo de referencia debería implementarse como una herramienta estratégica para la gestión de la cadena de suministro humanitaria, de manera que sea más efectiva, mejore los procesos de la SC, incremente la eficiencia, mejore la interacción con el donante y su satisfacción y haga responsables a las organizaciones humanitarias de rendir cuentas, así como de ser transparentes a sus stakeholders.

Lo que llama especialmente la atención para el desarrollo del presente artículo, son las propuestas desarrolladas que consideren indicadores de desempeño direccionados al nivel estratégico, especialmente indicadores de cobertura. Por un lado (Beamon & Balcik, 2008) proponen un marco de referencia que puede ser usado como base para un sistema de medición del desempeño para el sector humanitario, que consideran métricas del uso de recursos (métricas de eficiencia relacionado directamente con métricas de costos), salidas (métricas de efectividad que también pueden ser usadas para mostrar la eficiencia del sistema) y flexibilidad (relacionados con la flexibilidad de rango y respuesta). En los indicadores de

salida, se propone la métrica de cantidad de recursos entregados por individuo, suponiendo que debe existir el mismo nivel de igualdad para todos los beneficiarios, siendo este el indicador más cercano para expresar los niveles de cobertura pero expresado por individuos. (Davidson, 2006) propone 4 métricas, relacionadas con cobertura, para un programa humanitario de atención de desastres, de las cuales se resalta los niveles de cobertura apelada, divididas en niveles de cobertura prometida, es decir ítems prometidos por los donantes sobre los requeridos, y el nivel de ítems despachados. Finalmente, existen otros enfoques que provienen de propuestas tradicionales para la medición del desempeño en la cadena comercial, que se acercan a este importante concepto en logística humanitaria, pero que no logran acomodarse con precisión al enfoque que se desea en el particular caso de la Bienestarina, como los de (Gunasekaran et al., 2001), (F T S Chan, 2003), (Huang, Sheoran, & Keskar, 2005), (Gunasekaran & Kobu, 2007).

En este artículo se evalúa la cobertura real del sistema de manera que se pueda avalar si la cantidad de Bienestarina que se enviara en los próximos años, propuesta por el DNP en el CONPES 3853 (DNP, 2015), es efectivamente la cantidad necesaria para el cubrimiento de poblaciones en condición de vulnerabilidad, especialmente los niños (poblaciones de 0 a 4 y 5 a 19 años), dado que la planeación de recursos para los próximos años, se hizo por medio de una estimación con demanda constante. Partiendo de una métrica de cobertura, se evaluara si esta cadena está cumpliendo su propósito humanitario, el ya mencionado, “tomar todas las medidas posibles, para aliviar el sufrimiento humano” (Haavisto, 2014).

2. MÉTODOS

Para realizar el análisis de cobertura del programa, fue necesario recoger información primaria del ICBF, con los flujos de actas de los años 2014 y 2015, proveídas por la misma institución, con el fin de observar las cantidades de Bienestarina enviadas por Municipio y por Departamento; del DANE³ como proveedor de información secundaria, para evaluar los niveles de condición de miseria por departamentos; y de Profamilia, con información de la ENDS 2010 (Profamilia, Ministerio de la protección social, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, & USAID, 2011), donde se provee los porcentajes de desnutrición por departamento. Todo esto se trabajó en tablas tabuladas en Excel. Después se procedió a procesar dicha información para determinar la cantidad de beneficiarios que requieren el suplemento por Departamento y Municipio, subdividido en Municipios que no reciben el suplemento, niños de 0-4 años con algún tipo de desnutrición, de 0-19 años con el mismo problema, y porcentaje de la población en estado de miseria. La manera en que se interpretó la demanda en términos de kilogramos requeridos se expresa en la siguiente formula:

$$D_{ik}=P_{ik}*\alpha_j*((0,9*8)+(0,015*200)) \quad (1)$$

Donde:

D_{ik} =Demanda en $\frac{\text{kg}}{\text{Año}}$ del suplemento para la población objetivo i en el Municipio k

P_{ik} =Población objetivo i estimada en el Municipio k

³ Con las proyecciones municipales de población 2005-2011, sexo y grupos de edad, las proyecciones de población municipales por área, de donde se proyectaron los niveles de población municipales divididas por edad para los años 2014 y 2015, y el informe de Necesidades Básicas Insatisfechas, por total, cabecera y resto, según Municipio y Nacional a 31 de Diciembre de 2011

α_j =Niveles estimados de desnutrición ó de miseria del departamento j

Se llegó a los hallazgos con el supuesto de lo que pasaría si toda la Bienestarina fuera enviada en su totalidad a dichas poblaciones objetivo.

3. RESULTADOS

Evidentemente, el hallazgo más importante del presente artículo, es que el esquema de distribución del suplemento presenta grandes falencias, y que esto se debe a que el organismo rector, en este caso el ICBF, tiene falencias en el reconocimiento de la población objetivo. Esto se puede divisar en los análisis que va a tener lugar a continuación, segmentado por municipios que no reciben el suplemento, niños de 0 a 4 años, niños de 0 a 19 años y población en condición de miseria. Debe tomarse en cuenta que se considera que el usuario final recogió el suplemento en el punto de distribución.

Mediante el procesamiento de los datos, se encontró que 75 Municipios en Colombia no fueron atendidos en el 2015 con la asistencia del suplemento, además, de acuerdo con los índices de desnutrición por departamento, dichos municipios tienen una alta demanda del suplemento. En total se requieren 695,244 toneladas del suplemento que no están llegando a dichos municipios. De manera agregada, se halló que si el suplemento fuera enviado en su totalidad a la población de niños de 0 a 4 años, se cubriría el 299% del total de dicha población. Sin embargo, al observar los resultados de manera desagregada (Figura 2), y denotados más seriamente en la población de 0 a 19 años, se observó que a causa de irregularidades en el sistema, existe un desajuste entre la oferta y la demanda.

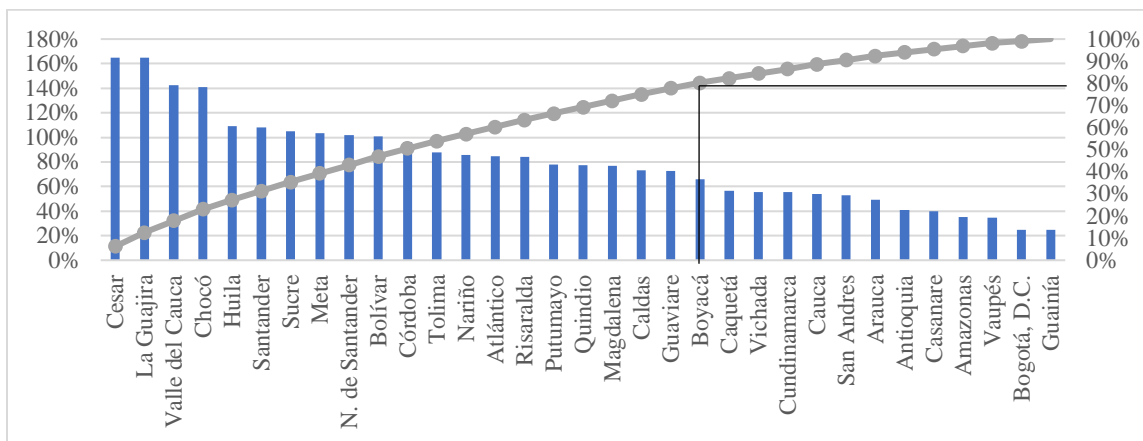


Figura 2. Pareto de los niveles de cobertura del suplemento para niños de 0 a 19 años en condición de desnutrición por departamento. Fuente: Autoría propia

Para observar de manera más desagregada la distribución del suplemento, se tomó uno de los departamentos que más recibe del mismo, y se desagregó en Municipios. A manera de ejemplo, en Valle del Cauca (cuya cobertura departamental es alrededor de 140%), 29 de los 42 Municipios del Departamento no pueden suplir la demanda del suplemento, y 6 de estos no reciben ni un solo gramo del mismo. Además el 80% de los datos, se encuentran comprendidos en tan solo 16 Municipios, uno de los cuales, el de Candelaria, recibe más de 9 veces lo que su población de niños en estado de desnutrición demanda. Casos similares se encuentran en los departamentos de Cundinamarca, Cesar y La Guajira.

Los resultados varían drásticamente para la población en condición de miseria. De acuerdo con el DANE (DANE, 2005), un hogar en condición de miseria, es aquel que presenta 2 o más de las siguientes carencias: 1) Viviendas inadecuadas, 2) Servicios inadecuados, 3) Hacinamiento crítico, 4) Inasistencia escolar y 5) alta dependencia económica. En la Figura 3 se puede observar entonces la diferencia de los resultados con respecto a la población de niños en condición de desnutrición.

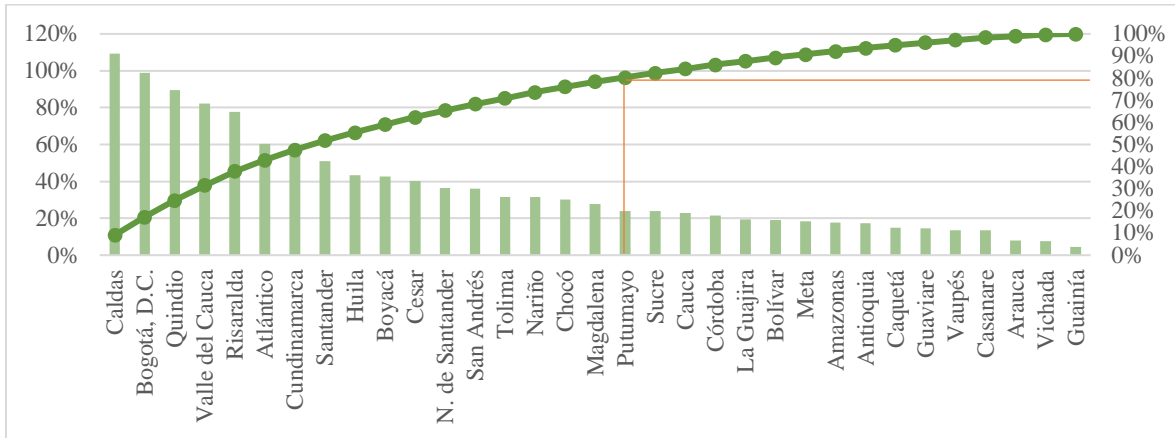


Figura 3. Pareto de Niveles de Cobertura de los Departamentos, tomando como base la población en condición de Miseria. Fuente: Autoría propia.

Casos similares a los presentados en los niveles de cobertura anteriores se encuentran en los departamentos de Caldas (donde 10 de los 27 municipios no reciben suplemento, y el Municipio de Chinchiná recibe más de 6 veces lo que demanda) y de nuevo, Cundinamarca y Valle del Cauca.

4. ANÁLISIS

“La estrategia de la cadena de suministro de una organización debe estar alineada con la estrategia y las metas del negocio, adaptadas para satisfacer las necesidades del cliente”, además, para una organización humanitaria, la meta general es salvar vidas y reducir el sufrimiento humano, teniendo en cuenta 2 directrices principales, las cuales son, la efectividad de la misión y la estabilidad financiera (Beamon & Balcik, 2008). Para la Bienestarina, no existe un objetivo claramente identificado para su cadena en documentos oficiales, sin embargo, en el CONPES 3843, se declara que una de las estrategias adelantadas por el país para enfrentar los problemas nutricionales y de seguridad alimentaria ha sido la provisión de ACF (Alimentos Complementarios Fortificados), por lo que se hace necesaria, primero, garantizar el suministro continuo de este tipo de alimento, y segundo, facilitar el acceso de ACF a **ciertos grupos poblacionales** en circunstancias específicas. Por lo que, citando al DNP:

El objetivo general del proyecto [producción, compra y distribución de Bienestarina] es mejorar el acceso a la seguridad alimentaria y nutricional de la población beneficiaria de los programas del ICBF, manteniendo el esquema de entrega de alimentos de alto valor nutricional a 5,6 millones de beneficiarios anuales de los programas del ICBF y del PAE, pertenecientes a la población vulnerable (DNP, 2015).

El programa Remediar en Argentina (Presidencia de la Nación & Ministerio de Salud de la Nación, 2016) y el Programa de Asistencia Alimentaria de Emergencia (TEFAP, *por sus siglas en inglés*) en EEUU

(USDA Food and Nutrition Service, 2016) tienen objetivos que delimitan claramente su población objetivo. Casos similares se ven en Chile (Departamento de alimentación y nutrición & Ministerio de Salud de Chile, 2011) y en México (Talamantes, 2016). Sin embargo, en el caso de las Bienestarina, su población objetivo es toda aquella que el ICBF maneje en sus programas, y especifican el programa PAE. En la Figura 4 se encuentran los niveles de cobertura planeados por el ICBF para las distintas modalidades hasta el 2019.

Dichas modalidades contienen niños de 0 a 5 años de edad, familias en condiciones de vulnerabilidad, adolescentes, mujeres gestantes, lactantes, entre otros. Al hacer un análisis de los niveles de cobertura propuestos por el CONPES en el 2015, y los kilogramos del suplemento que fueron entregados para el mismo año, se encontraron que las variaciones más significativas se encontraron en el programa de Complemento Nutricional, que tiene una diferencia porcentual de 18,61% más de lo que se evidencia en el flujo de actas, y el programa PAE, que tiene una diferencia de alrededor del 10%. Además de las 22.000 toneladas de Bienestarina que se comprometieron a entregar en el Conpes, se entregaron 18.117,7 toneladas, lo que representa el 82% de lo comprometido, además con respecto a lo entregado en el 2014, se presentó una disminución del 15,46%.

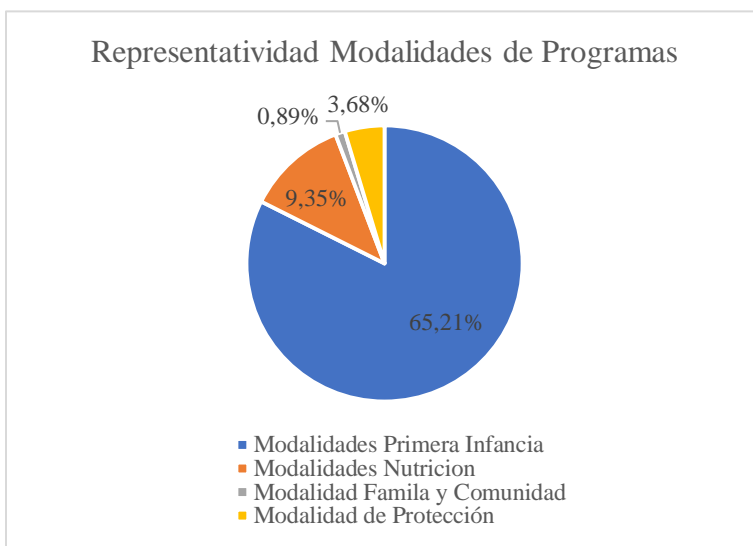


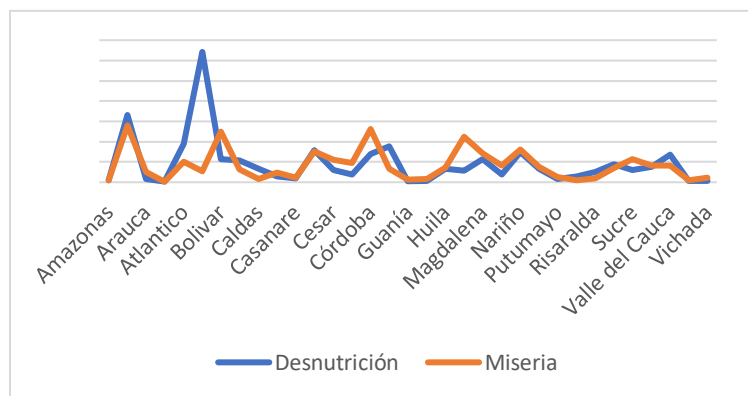
Figura 4. Representatividad Modalidades de programas. Adaptado de: (DNP, 2015)

La evidencia de estos datos demuestran que el sistema está mal alineado entre la estrategia de la cadena y la misión operacional en general, lo que genera un conflicto entre estos, y la priorización de uno llevará a la imposibilidad de lograr el otro (Haavisto, 2014). Adicionalmente no tener una estructura tecnológica robusta, genera un ejercicio extremadamente difícil para suplir las necesidades de la población, y también para estimar las demandas de dicha población.

4.1. Correlación de poblaciones objetivo

Es clara que la población objetivo no está bien delimitada para el programa. Estas especificaciones son importantes, porque como se vio en la presentación de los índices de cobertura, dichos índices varían dependiendo de la población base que se tome para el ejercicio. En el siguiente apartado se analizara la relación que existe entre una población y otra, de manera que se pueda divisar sus diferencias, y concluir si la ayuda que se le da a una, impactara a la otra.

El coeficiente de correlación entre estas 2 poblaciones es de 0,35, con un $R^2 = 0,1244$. Por lo tanto, a primera vista, se puede concluir que existe incoherencia entre documentos oficiales, o no existe una correlación significativa. Esto puede deberse a la complejidad de la definición de los conceptos ya vistos en apartados anteriores. Vale la pena denotar, que el total de la población desnutrida (6'146.129) es más numerosa que el total de la población en estado de miseria (5'603.851), lo que a primera vista demuestra



que la población en condición de miseria no contiene a la población desnutrida. Entonces se puede afirmar, es que una condición no define necesariamente la otra. Esto demuestra que existe independencia entre las entidades gubernamentales, y a su vez, pocos niveles de colaboración entre las mismas, lo que ocasiona confusión, en este caso a organizaciones humanitarias y dificulta la efectividad de sus operaciones.

Figura 5. Relación de Población de Miseria vs Población en desnutrición. Fuente: Autoría propia

5. CONCLUSIONES

Los indicadores de cobertura, cuando se muestran de manera desagregada, representan mejor el estado del sistema, que cuando se presentan de manera agregada. Si los indicadores se muestran solo de manera agregada, la toma de decisiones se va a llevar a cabo con base en conclusiones incorrectas del análisis de dichos indicadores, lo que al final, llevara a las organizaciones humanitarias al incumplimiento parcial o total de sus objetivos. Las organizaciones humanitarias, deben establecer pocos objetivos, que sean sencillos y claros, y diseñar un sistema de indicadores para la cadena que este en armonía con dichos objetivos, además, deben delimitar de manera muy clara su población objetivo, de modo que todos sus colaboradores, desde la parte estratégica, táctica y operativa, entiendan el horizonte de sus esfuerzos y la eficiencia de la cadena aumente. Por último, en cadenas humanitarias de gran escala, donde se manejen poblaciones de nivel, se aconseja hacer uso de documentos oficiales para el pronóstico de demanda, siempre y cuando dichos documentos consideren específicamente la población objetivo y la estimen, de modo que se permita cruzar información para la delimitación de la población que requiere la ayuda humanitaria. En cuanto a los resultados del sistema, en el caso “Bienestarina”, existe incompatibilidad entre la oferta y la demanda, que parte específicamente de las falencias que tiene el sistema en la identificación del usuario. A pesar de que hay avances que demuestran una mejora en la cobertura del sistema, el sistema puede y debe mejorar. Existe, también, una alta falta de coherencia, en el sistema, entre la gerencia estratégica de la cadena y sus partes táctica y operativa. Se recomienda por lo tanto, en primera instancia, definir con claridad la población objetivo del proyecto. Además, se aconseja, que con base en la población objetivo al que se direccionen los esfuerzos (puesto que se exploraron 2 condiciones en Colombia, que en general no tenían relación la una con la otra), y que en primera instancia, se utilice la información contenida en documentos oficiales de entidades gubernamentales (en este caso del DANE o del ICBF), de manera que se facilite el pronóstico de la demanda del suplemento, para que el suplemento este mejor distribuido, y se genere un impacto real en los niveles de desnutrición del país.

Referencias

- Abidi, H., & Klumpp, M. (2012). Performance measurement in humanitarian logistics. *FOM Ild Essen*.
- Abidi, H., & Klumpp, M. (2014). Humanitarian Supply Chain Performance Management: A Systematic Literature Review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(5/6), 228–244.
- Beamon, B. M., & Balcik, B. (2008). Performance measurement in humanitarian relief chains. *International Journal of Public Sector Management*, 21(1), 4–25. <https://doi.org/10.1108/09513550810846087>
- Blecken, A., Hellingrath, B., Dangelmaier, W., & Schulz, S. F. (2009). A humanitarian supply chain process reference model.

- International Journal Services Technology and Management*, 12(4), 391–413.
- Chan, F. T. S. (2003). Performance Measurement in a Supply Chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 534–548.
- Chan, F. T. S., Chan, H. K., & Qi, H. J. (2006). A review of performance measurement systems for supply chain management. *International Journal of Business Performance Management*, 8(2/3), 110–131.
- DANE. (2005). *Presentación Necesidades básicas 1985, 1993, 2005*. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/censos/resultados/prest_NBI_100708.pdf
- Davidson, A. L. (2006). *Key Performance Indicators in Humanitarian Logistics*. Master Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- de Leeuw, S. (2010). Towards a Reference Mission Map for Performance Measurement in Humanitarian Supply Chains. In *Collaborative Networks for a Sustainable World* (pp. 181–188). Springer.
- Departamento de alimentación y nutrición, & Ministerio de Salud de Chile. (2011). *Manual De Programas Alimentarios. Ministerio de Salud de Chile*. Santiago de Chile. Retrieved from <http://web.minsal.cl/portal/url/item/caa1783ed97a1425e0400101640109f9.pdf>
- DNP. (2015). *Conpes 3843*. Bogotá D.C., Colombia.
- Grover, N. A. N. (2015). Measuring retail supply chain performance: theoretical model using key performance indicators (KPIs). *Benchmarking: An International Journal*, 22(1).
- Gunasekaran, A., & Kobu, B. (2007). Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995–2004) for research and applications. *International Journal of Production Research*, 45(12), 2819–2840. <https://doi.org/10.1080/00207540600806513>
- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>
- Gunasekaran, A., Patel, C., & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management (ABS2015:4)*, 21(1/2), 71–87. <https://doi.org/10.1108/01443570110358468>
- Haavisto, I. (2014). *Performance in Humanitarian Supply Chains*.
- Holguín-veras, J., Jaller, M., Wassenhove, L. N. Van, Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30, 494–506.
- Huang, S. H., Sheoran, S. K., & Keskar, H. (2005). Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. *Computers and Industrial Engineering*, 48(2), 377–394. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2005.01.001>
- Parker, C. (2000). Performance measurement. *Work Study*, 49(2), 1–8. <https://doi.org/10.1007/BF03249635>
- Presidencia de la Nación, & Ministerio de Salud de la Nación. (2016). *Acceso a medicamentos e insumos, Estrategia/Hechos/Gestión*. Retrieved from http://186.33.221.24/medicamentos/files/Resultados_Febrero_2016_2.pdf
- Profamilia, Ministerio de la protección social, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, & USAID. (2011). *Encuesta Nacional de Demografía y Salud, ENDS 2010*. Bogotá D.C., Colombia.
- Schulz, S. F., & Heigh, I. (2009). Logistics performance management in action within a humanitarian organization. *Management Research News*, 32(11), 1038–1049. <https://doi.org/10.1108/01409170910998273>
- Talamantes, C. (2016). *Análisis de los procesos de acopio, producción y distribución de leche Liconsa en México*. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
- USDA Food and Nutrition Service. (2016). Frequently Asked Questions about WIC | Food and Nutrition Service. Retrieved April 12, 2017, from <http://www.fns.usda.gov/wic/frequently-asked-questions-about-wic>

Copyright Statement

Copyright © 2017 Wilson Adarme Jaimes, Cristhian Rodrigo Amaya Galván y Feizar Javier Rueda Velasco: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

SIMULACIÓN DEL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL PROVEEDOR Y SU INFLUENCIA EN LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO EN UNA TIENDA DE UNA CADENA DE RETAIL.

Daniel Guerrero, Angel Daza, Santiago Rojas, Jimmy Castro

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad De Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial. Av Cra 30 # 45. Bogotá D.C. Colombia.

Dirección o direcciones electrónicas de contacto: dfguerreroa@unal.edu.co, jicastrovi@unal.edu.co, afdazav@unal.edu.co, sarojasmo@unal.edu.co

Resumen

En las cadenas de Retail es común el uso del modelo logístico de Cross Docking, que intenta reducir la cantidad de inventarios y el costo que supone mantenerlos. Este modelo requiere mecanismos adecuados para un manejo eficiente de los inventarios. La investigación pretende mostrar los resultados de un experimento realizado a través de un software de simulación tomando como punto de partida el caso de una cadena de supermercados, cuyo modelo de reabastecimiento se basa en la clasificación ABC de los productos y en un método de punto de re-orden. El objetivo del experimento es estudiar el efecto de los niveles de cumplimiento de un proveedor en indicadores de entrega (On time-In Full), en la capacidad de almacenamiento que se fija en una tienda para un producto en una época de alta y baja demanda, de tal forma que se genere un ciclo en donde se complementen las órdenes de pedido con los productos de los proveedores para que en ningún momento el sistema productivo sufra de carencias.

Palabras clave: Reabastecimiento, Retail, indicadores, demanda, proveedores.

1. INTRODUCCIÓN

La situación presentada por una importante cadena de supermercados en Colombia, con intenciones de ser estudiada, exhibe las características generales de un caso de simulación de un proceso de aprovisionamiento y distribución en sus diferentes etapas, que, en este caso, se centrará en el proceso que realiza la compañía en la ciudad de Bogotá, y su modelo Cross-docking.

En este documento, se exponen los resultados del estudio realizado a través de un modelo de simulación y el análisis cuantitativo correspondiente. El objetivo general de la simulación trabajada con el grupo de supermercados es analizar el tiempo de pedido a los proveedores, manejado con técnicas de inventario de Cross-docking con el fin de generar un proceso satisfactorio que cumpla las necesidades de los almacenes y mejore el tiempo de contacto con los proveedores.

Como se plantea anteriormente, el modelo de simulación busca coordinar la demanda de los diferentes almacenes, con la oferta productiva de los proveedores del mismo, relacionando las órdenes de compra que van desde los almacenes al Centro de Pedidos, el análisis que se realiza de las mismas para enviarlas a los proveedores, y la entrega de mercancía por parte de los últimos en los

Centros de Distribución (CeDi) que tiene el grupo de supermercados. El alcance del modelo no incluye el manejo que se realiza de las mercancías dentro de los Centros de Distribución ni el transporte de la mercancía desde los CeDi hasta los diferentes almacenes. La idea global es coordinar los tiempos en los que hay demanda por parte del grupo de almacenes con los tiempos de mayor oferta por parte de los proveedores.

No son pocos los estudios fundamentados y realizados en cadenas de suministro de tipo Cross-Docking. En varios de estos estudios se presentan enfoques cuantitativos y mixtos, relacionando variables empíricas con datos tomados por medio de la experiencia física, implementando el uso de modelos de simulación, para dar conclusiones acerca de hipótesis de co-relación existente entre factores presentes en este tipo de investigaciones, con el uso de indicadores de efectividad, fortaleciendo la toma de decisiones. Bujis, Danhof & Wortmann (2016) plantearon la utilidad del Cross Docking como una estrategia just-in-time para logísticas de distribución. Para esto, los autores resaltan la importancia y necesidad de una visión holística de este concepto, sincronizando la operación de Cross-docking en el centro de distribución con los input y output de la red. En esta serie de ideas, desarrollaron un modelo de simulación en base a una cadena de supermercados en Holanda, comparando cuantitativamente dos alternativas en diseño de la cadena de distribución, demostrando con los resultados de la misma que el uso de la estrategia cross-docking, puede mejorar el rendimiento de la misma.

Un estudio de la universidad de Shaded, en Irán, liderado por Zabihi & Sahraeian (2016), plantean una hipótesis en donde se afirma que la estrategia Cross-docking ayuda a consolidar diferentes proveedores para diferentes clientes, enfocando su atención en el transporte de la mercancía. Consideran un único centro de distribución de una cadena de supermercados, con múltiples productos y múltiples entradas al mismo. Plantean matemáticamente un modelo de optimización de 2 niveles para reducir el tiempo y el nivel de almacenamiento, que, en este tipo de estrategias debe ser mínimo, comprobando así que, con el uso del modelo propuesto, el sistema presentaba mejor eficiencia y menor nivel de inventario.

Para terminar, es importante destacar 2 estudios que abordan conceptos importantes en el campo de las cadenas de suministro. En el primero, Gautam et al. (2017), resalta la importancia de la trazabilidad en un sistema de suministro de Kiwi para un supermercado de frutas y verduras en la India. En el segundo estudio, Boylan et al. (2016) introducen el concepto de predicción (forecasting), en donde se analiza el comportamiento de una cadena de suministro cuando la información no es compartida, caso que se asemeja al estudiado en este documento.

2. MÉTODOS

El abastecimiento de los almacenes del grupo de supermercados en Bogotá se realiza desde 3 centros de distribución (CeDi) ubicados en puntos estratégicos de la ciudad. Esos centros de distribución son de tipo Cross-Docking, buscando disminuir el costo de inventario. A los CeDi llegan diariamente camiones cargados con mercancía procedente de los proveedores de la cadena de supermercados.

Debido a la gran cantidad de proveedores, la compañía intenta coordinar el tiempo de llegada de los pedidos a los CeDi y así mismo asegurar que el transporte de mercancía se lleve a cabo según lo pactado logrando la disponibilidad del producto. Las tiendas generan unos pedidos de acuerdo al nivel de inventarios creando en ocasiones una demanda de tal magnitud que crea dificultades para su

abastecimiento. Actualmente muchas veces encargados de hacer los pedidos de cada tienda, generan estos requerimientos de manera poco arbitraria o intuitiva, a pesar de que se cuenta con un software especializado en hacer pronósticos de lo que se requiere de inventarios.

2.1 Presentación del modelo

Para simular la actividad operativa del grupo de supermercados, se hizo uso del software FlexSim®. Los datos utilizados en el modelo En el modelo se representan 4 de las principales tiendas, un centro de pedidos, 3 proveedores de diferente índole, y un centro de distribución en la ciudad de Bogotá, Colombia. Cada tienda, proveedor y centro es independiente de los demás. La demanda fue simulada siguiendo diferentes distribuciones, para emular el diseño de experimentos, que será tratado más adelante. El *lead time* de los proveedores sigue una distribución normal cuyos parámetros dependen del tipo de producto. La siguiente tabla relaciona los 3 diferentes tipos de productos:

Tipo de producto	% De participación de ventas en la tienda
A	60
B	30
C	10

Tabla 1

Los productos tipo A son los de mayor circulación en el mercado. Los productos tipo B tienen circulación mediana y la circulación de productos tipo C es relativamente baja. Esta información fue provista por el personal de la cadena de supermercados.

De esta manera, se parte del supuesto que el porcentaje de participación de ventas en la tienda simula el porcentaje de cada producto que se realiza en cada pedido.

El centro de pedidos recibe todos los pedidos de la tienda, y los reparte a los diferentes proveedores, con un tiempo de demora de un cuarto de día.

Los 3 proveedores no tienen la capacidad de producir los 3 tipos de productos, y se dedican a diferentes actividades económicas. La siguiente tabla relaciona esta información:

Proveedor	Tipo de producto que produce
Tipo 1	A y B
Tipo 2	B y C
Tipo 3	A, B y C

Tabla 2

La demanda de las tiendas a lo largo de los diferentes periodos de tiempo se distribuye con distribución normal, cuyos parámetros varían según el diseño de experimentos planteado en la siguiente sección, y según el tipo de producto.

Los proveedores no realizan viajes constantes al CeDi. Esperan a que el lote este completo, o se cumpla un tiempo determinado para transportar. Este tiempo de espera es constante para todos los proveedores de 0.3 días.

La simulación se realiza durante 90 días.

2.2 Indicadores de rendimiento

El OTIF es un indicador de desempeño de la industria logística que refleja el porcentaje de despachos que llegan a tiempo (On Time), con el producto y cantidad solicitados, y al lugar indicado por el cliente (In Full). Para este caso, ambos indicadores (On Time – In Full) son tenidos en cuenta los diseños de experimentos planteados, y sus valores varían según el proveedor seleccionado.

2.3 Variable de respuesta

La variable final que será analizada es la cantidad de productos que llegan al Centro de distribución. En los dos diseños de experimentos planteados, la variedad de este dato presenta estadísticas relevantes de que alternativa es mejor.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diseño de experimentos #1: Análisis de comparación de alternativas.

El principal objetivo en este diseño de experimentos, es evaluar dos escenarios (actual y deseado), en donde se modifican los porcentajes de los indicadores In Full y On Time conforme con el valor que tienen estos para cada proveedor.

Los factores del diseño de experimentos son los siguientes:

- % de pedidos entregados por proveedor (In full)
- % de pedidos con atraso por proveedor (On time)

A continuación, se relaciona la información actual de cada proveedor, según datos obtenidos de una revista libre de la cadena de supermercados. Los siguientes son los niveles de cada factor para cada tipo de proveedor

Proveedor	In full	On time
Tipo 1	97.23%	58.40%
Tipo 2	88.59%	94.35%
Tipo 3	90.40%	72.69%

Tabla 3

Con estos valores, se realizaron 10 corridas del modelo de simulación.

La situación deseada es lograr que todos los proveedores aumenten el valor de estos indicadores. En la siguiente tabla se relacionan los niveles para el escenario de la situación ideal:

Proveedor	In full	On time
Tipo 1	97.5%	95.0%
Tipo 2	97.5%	95.0%

Tipo 3	97.5%	95.0%
--------	-------	-------

Tabla 4

En este caso, también se realizaron 10 corridas del modelo de simulación. A continuación, se presenta el resumen de la cantidad de productos que llegan al centro de distribución en los dos escenarios.

Corrida	Escenario Actual	Escenario Ideal
1	165	199
2	166	211
3	155	201
4	159	204
5	167	206
6	155	193
7	163	206
8	165	192
9	164	187
10	160	196

Tabla 5

Hay que resaltar que las muestras obtenidas para cada escenario son independientes. Con estos datos, se hace uso del análisis de comparación de alternativas para encontrar el intervalo de confianza. Los supuestos del método son:

- El número de réplicas es el mismo para cada uno de los sistemas evaluados. Por lo tanto, las varianzas poblacionales son iguales.
- Se parte de la base que los sistemas son simulados con números aleatorios comunes (CRN)

El primer paso es hallar el promedio y las varianzas muestrales de cada uno de los escenarios, haciendo uso de la fórmula que se presenta a continuación:

$$\Delta n = \sum_{i=1}^n \Delta i / n \tag{1}$$

$$Var (\Delta n) = S_n = \sum_{i=1}^n ((\Delta i - \Delta n)^2 / n(n - 1)) \tag{2}$$

Y con los datos encontrados para cada escenario, se procede a encontrar el estimador de las varianzas SP, usando la fórmula:

$$Sp^2 = \frac{(R1-1)S1^2 + (R2-1)S2^2}{R1+R2-2} \tag{3}$$

Y el intervalo viene dado por:

$$Y1 - Y2 \pm t_{\frac{\alpha}{2},v} * Sp \sqrt{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} \tag{4}$$

La siguiente tabla relaciona los resultados obtenidos:

Promedio actual	161.9
Var. Muestral actual	19.43333333
Promedio ideal	199.5
Var. Muestral ideal	56.27777778
Estimador SP	37.85555556
T	2.10092204

Tabla 6

Y el intervalo viene dado por:

Intervalo Menor	-73.16759983
Intervalo Mayor	-2.032400172

Tabla 7

Dado que el intervalo de confianza está ubicado en un intervalo de números menores a 0, Se puede concluir, que el sistema 2, el modelo ideal presenta un mejor desempeño frente al modelo actual.

La pregunta es, ¿Cómo lograr que los proveedores aumenten el valor de estos indicadores?

Levi et al. (2010) plantea que una manera de fidelizar un proveedor es conseguir contratos de exclusividad que, a pesar de significar un mayor costo al inicio, aumenta los niveles de indicadores de desempeño de la compañía, generando mayores ganancias y bienestar al final.

3.2 Diseño de experimentos #2: Análisis de varianzas para un solo factor con varias muestras.

En este diseño de experimentos, se busca ver la influencia que tiene la demanda de las tiendas sobre la variable de respuesta. De esta manera, el factor del experimento es:

- El parámetro de la demanda asumiendo una distribución normal.

A continuación, se presentan los diferentes niveles para los cuales se realizó la simulación. Por ejemplo, el grupo (X, Y, Z) quiere decir que para los productos tipo A, la media de la distribución normal en 3 corridas, fue X, para el grupo B la media fue Y, y para los productos tipo C la media fue Z. A continuación, se presenta el resumen de la cantidad de productos que llegan al centro de distribución en cada uno de los 6 niveles, en cada corrida:

Nivel	C1	C2	C3
-------	----	----	----

(0,75; 1,5; 3)	203	204	200
(1; 2; 4)	192	201	187
(1,25; 2,5; 5)	157	165	152
(1,7; 3,4 ;6,8)	120	125	122
(2;4;8)	104	109	113
(2,5; 5; 10)	81	92	89

Tabla 9

Con estos datos, es posible realizar un análisis de varianzas de un solo factor con múltiples muestras para cada nivel.

El análisis Anova se presenta como un anexo al final de este escrito. Los resultados permiten afirmar que un cambio en el valor del parámetro de tendencia central de la distribución normal del tiempo de generación de pedidos en cada una de las tiendas implica un cambio estadísticamente significativo en la cantidad de pedidos que llegan al CEDI. El valor del estadístico F obtenido para este caso (634.004) es evidentemente superior al valor del F crítico que corresponde a un valor de 2.84. Con esto se concluye que se rechaza la hipótesis nula de que este factor no afecta significativamente en la variable de respuesta ya mencionada.

4. CONCLUSIONES

El modelo logístico de manejo de pedidos cross-docking es un método de abastecimiento adecuado para proveer a un supermercado ya que ayuda a recibir y transitar mercancía con múltiples destinos ayudando a disminuir el costo por inventarios y a reducir el plazo necesario para ejecutar las actividades logísticas de la compañía.

Asegurarse de que el cumplimiento de los proveedores se realice de manera exitosa garantiza que el proceso de cross-docking arroje mejores resultados para la cadena de supermercados.

Para un próximo estudio se aconseja que la realización del modelo de simulación se profundice incluyendo datos como los costos de transporte, el costo de no tener un pedido a tiempo y que las unidades que lleguen no sean las acordadas (On time-In full).

Referencias

- Ali, M. M., Babai, M. Z., Boylan, J. E., & Syntetos, A. (2017). Supply chain forecasting when information is not shared. *European Journal of Operational Research*,260(3), 984-994. Doi:10.1016/j.ejor.2016.11.046
- Chopra, S., & Meindl, P. (n.d.). *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation*. Das Summa Summarum des Management, 265-275. Doi:10.1007/978-3-8349-9320-5_22
- Green Supplier Evaluation and Selection in Apparel Manufacturing Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach. (2017). *Sustainability*,9(4), 650. Doi:10.3390/su9040650
- Motaghedi-Larijani, A., & Aminnayeri, M. (2016). Optimizing the admission time of outbound trucks entering a cross-dock with uniform arrival time by considering a queuing model. *Engineering Optimization*,49(3), 466-480. Doi:10.1080/0305215x.2016.1206414
- Raak, N., Symmank, C., Zahn, S., Aschemann-Witzel, J., & Rohm, H. (2017). Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste Management*,61, 461-472. Doi:10.1016/j.wasman.2016.12.027

- Sahraeian, R., & Zabihi, F. (n.d.). TRUCKS SCHEDULING IN A MULTI-PRODUCT CROSS DOCKING SYSTEM WITH MULTIPLE TEMPORARY STORAGES AND MULTIPLE DOCK DOORS. Retrieved May 25, 2017
- Traceability using RFID and its formulation for a ... (n.d.). Retrieved May 25, 2017.
- Z., & Burns, L. (1970, January 01). An extended framework for supply chain risk management: incorporating the complexities of emerging industries and large-scale systems. Retrieved May 25, 2017

Copyright © 2017 Daniel Guerrero, Angel Daza, Santiago Rojas, Jimmy Castro: Los autores asignan a los organizadores del CIIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN LOGÍSTICA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ATENCIÓN MÉDICA DOMICILIARIA EN EL VALLE DE ABURRÁ

Sebastian Cortés, Elena Valentina Gutiérrez, Sebastián Jaén

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia; Medellín, Colombia.

sebastian.cortes@udea.edu.co, elena.gutierrez@udea.edu.co, juan.jaen@udea.edu.co

Resumen

Las instituciones que administran servicios de atención médica domiciliaria (HHC) deben tomar decisiones de planeación, ejecución y control de los procesos de prestación del servicio. En Colombia, la mayoría de las instituciones de HHC toman dichas decisiones de manera empírica y es limitado el uso de métodos cuantitativos. Esto genera la necesidad de caracterizar el grado de madurez de los procesos logísticos y de servicio de HHC. En este trabajo se realiza una caracterización y diagnóstico de la gestión logística de los proveedores de HHC en el Valle de Aburrá, Colombia. El diagnóstico se construyó mediante la aplicación de un modelo de madurez de capacidades logísticas en diez procesos de servicio y logísticos de HHC. Los resultados muestran un nivel de madurez de los procesos logísticos inferior a la madurez de los procesos de servicio. Esto evidencia necesidades de mejoramiento para los proveedores evaluados, que permitan intervenir efectivamente el servicio.

Palabras clave: Atención médica domiciliaria, Sistemas de salud, Logística hospitalaria, Modelo de Madurez de Capacidad.

1. INTRODUCCIÓN

La esperanza de vida al nacer tuvo el aumento más rápido desde los años 60 con un incremento de cinco años entre el 2000 y el 2015 (OMS, 2016). Precisamente, lo anterior se ve reflejado gracias a los esfuerzos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para apoyar a los países a lograr una cobertura sanitaria universal, lo cual también ha generado un incremento en la demanda de personas por diferentes servicios de salud. Es por eso que han surgido diferentes servicios como la atención médica domiciliaria (HHC por sus siglas en inglés *Home Health Care*). Este consiste en la prestación de servicios médicos, paramédicos y sociales a pacientes en sus domicilios, cuyos tratamientos son previamente prescritos y los servicios no incluyen la atención de emergencias ni de urgencias. El sistema de HHC nace en Nueva York, Estados Unidos en el año de 1947, con los objetivos de reducir los niveles de congestión en las diferentes áreas de atención en los hospitales y de promover un entorno y un proceso de recuperación más ameno para los pacientes (Minardi et al., 2001).

A través de la historia, debido a los beneficios que se han evidenciado a partir de los servicios de HHC y gracias a factores económicos y sociales, este sistema se ha convertido en un sector en crecimiento dentro del contexto de salud. En Colombia, el sistema de salud es regulado por el gobierno a través del Ministerio de Salud y de Protección Social (MSPS), de acuerdo con la Ley 100 de 1993 (Colombia, 1993). Por otro lado, el sector privado participa en la atención y prestación de una fracción importante del servicio, indicando que en el país se tiene un sistema de seguridad social que combina el Régimen Subsidiado y el Régimen Contributivo. A enero del año 2017, a nivel nacional se encontraron 666

instituciones de salud habilitadas por el MSPS para prestar los servicios de HHC (M. de P. S. Colombia, 2017). A pesar del auge de estas instituciones, la revisión de la literatura muestra que a la fecha, sólo se ha desarrollado una investigación que caracteriza los retos y requerimientos logísticos que enfrentan los administradores de servicios de HHC (Gutiérrez et al., 2014).

Debido a lo anterior, en este trabajo se presenta un diagnóstico de la gestión logística de las instituciones de servicios de salud habilitadas por el MSPS para la prestación de servicios de atención domiciliaria (HHC) en el Valle de Aburrá, Antioquia – Colombia. El objetivo es caracterizar la forma en que los proveedores de HHC toman las decisiones logísticas asociadas con el proceso de prestación del servicio. Los procesos de servicio y logísticos de los proveedores de HHC, son medidos por medio de una escala del modelo de madurez de capacidades logísticas diseñado para el sistema HHC. El diseño se basa en el *Capability Maturity Model* (CMM) proveniente de la ingeniería de software. El CMM corresponde a una estructura conceptual que tiene como fin mejorar la gestión y el desarrollo de procesos de una organización de manera consistente y disciplinada (Paulk, Curtis, Chrissis, & Weber, 1993). De tal forma, la metodología de investigación seguida para construir el diagnóstico se presenta en la Sección 2. En la Sección 3 se detallan los resultados; el análisis se encuentra en la sección 4, y finalmente se describen las conclusiones y referencias.

2. MÉTODOS

La metodología seguida para construir el diagnóstico de la gestión logística en la prestación de servicios de HHC, se compone de siete etapas, las cuales se describen a continuación.

2.1. Etapa 1: Marco conceptual

A partir del marco conceptual de la gestión logística en HHC propuesto por (Gutiérrez & Vidal, 2013b) y por (Gutiérrez & Vidal, 2013a), se identifican tres dimensiones: (1) horizontes de planeación de las decisiones logísticas de acuerdo a su duración e impacto, ya sea a nivel estratégico, táctico y operativo; (2) funciones logísticas por grupos de decisión a saber: diseño de la red, gestión del transporte, gestión del personal y gestión de inventario; (3) se definen cinco procesos de prestación del servicio: remisión, admisión, programación, prestación del servicio, facturación, y liquidación y cartera.

2.2. Etapa 2: Revisión del estado del arte

Se realizó una revisión del estado del arte de los modelos y metodologías para apoyar las decisiones logísticas en HHC. Se identificó la definición y descripción de los procesos y servicios que componen el HHC. Luego, se analizó si los documentos incluyen aspectos logísticos dentro del contexto de interés y a cual tipo de decisión logística de la etapa 1 se consideraba. En la revisión también se estudió el CMM, que se compone de varios niveles que miden el grado de madurez de los procesos a través de una escala ordinal, entendida como un proceso de mejoramiento continuo.

2.3. Etapa 3: Construcción y validación de la encuesta estructurada

A partir de las etapas 1 y 2, se construyó y validó el modelo para medir los niveles de madurez. El cual corresponde a una encuesta estructurada para identificar los métodos utilizados por los proveedores de servicios de HHC que apoyan las decisiones de tipo logístico. En el modelo se realiza una distinción entre las preguntas enmarcadas en dos clases de procesos, seis de prestación del servicio y cuatro de la gestión logística. El cuestionario fue dividido en once secciones. En la primera sección se indagó por una

descripción general de las instituciones evaluadas. De la sección dos a la siete se indagó por los procesos de servicio, así: (ii) remisión, (iii) admisión, (iv) programación, (v) prestación del servicio, (vi) facturación y (vii) liquidación y cartera. Las secciones ocho a la once se dedicaron a las cuatro funciones logísticas: (viii) diseño de la red, (ix) gestión de transporte, (x) gestión del personal asistencial y (xi) gestión de inventarios. El término “madurez” con el cual se midió y evaluó los procesos, hace referencia al grado de formalidad y de optimización: desde prácticas *ad hoc*, a procesos formalmente definidos, a métricas de resultados administradas, y finalmente a una optimización activa de los procesos. A partir de los niveles de madurez, se construyó una escala de seis niveles para evaluar los procesos de los proveedores de HHC, la cual se encuentra en la Figura 1.

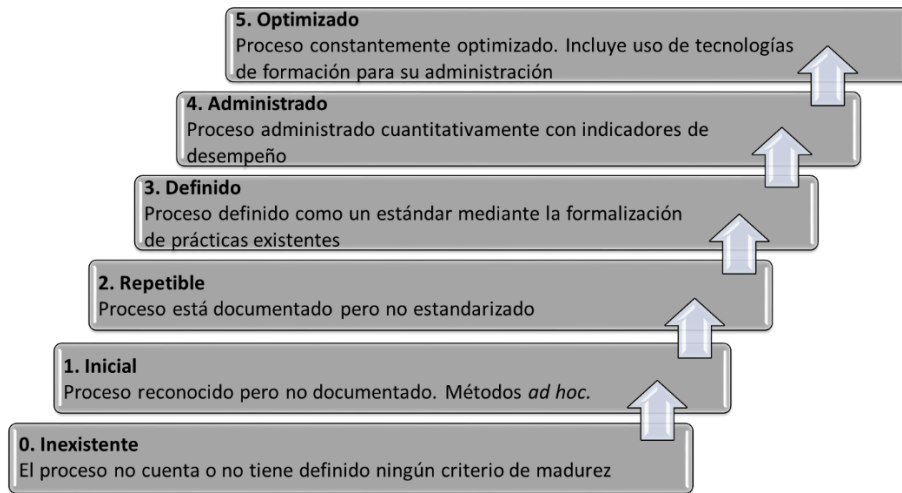


Figura 1. Niveles del Modelo de Madurez de Capacidades (CMM)

De tal modo, para cada pregunta construida en los diez procesos evaluados, se asignó una escala de calificación teniendo en cuenta los seis niveles de madurez. Así, para los seis procesos de servicio se preguntó por: número y tipos de servicio, medición de la capacidad del proceso, seguimiento de los registros, métodos de programación, promesas de servicio y seguimiento al nivel de cumplimiento. Para los cuatro procesos logísticos se incluyeron preguntas estandarizadas entre las secciones, que evalúan: criterios de decisión, métodos para apoyar la toma de decisiones, características de los registros, equipo de trabajo de cada proceso, estimación de los costos generados, y el mejoramiento del proceso.

2.4. Etapa 4: Identificación de los proveedores de HHC

Se identificó la población de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) de HHC, mediante la consulta de los Registros Especiales de Prestadores de Servicios de Salud, de la Dirección de Prestación de Servicios y Atención Primaria del Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS). En la consulta se encontró que, a octubre de 2016, 34 instituciones estaban habilitadas por el MSPS para la prestación de servicios de HHC en el Valle de Aburrá (M. de P. S. Colombia, 2017). Según los registros del MSPS, estas 34 instituciones prestan los servicios de HHC a pacientes clasificados como agudos, crónicos con ventilador y crónicos sin ventilación mecánica.

2.5. Etapa 5: Contacto de los proveedores de HHC

En esta etapa se contactó e invitó a todos los proveedores de HHC en el Valle de Aburrá para participar en el estudio. El ciclo del contacto se hizo desde el 17 de octubre hasta el 16 de noviembre de 2016. Los

medios de contacto a los proveedores fueron: carta de invitación de la Secretaría de Salud Municipal (SSM), un ciclo de contacto a través de llamadas telefónicas y correo electrónico, y en algunos casos se entregó carta presencial.

2.6. Etapa 6: Aplicación de la encuesta estructurada

Se realizaron reuniones de trabajo donde se aplicó el cuestionario diseñado a las IPS contactadas. Éstas delegaron en los gerentes o coordinadores de los servicios de HHC el diligenciamiento del cuestionario, brindando acompañamiento durante su desarrollo para validar cada respuesta.

2.7. Etapa 7: Procesamiento y análisis de los resultados

La última etapa se dedicó al análisis de las respuestas obtenidas. Estas actividades se realizaron para cada una de las 11 secciones en las que se dividió la encuesta. Se calcularon métricas de centramiento y dispersión para las preguntas que lo permitían. Se procesaron del mismo modo, los niveles de madurez de cada uno de los procesos de servicio y de las decisiones de gestión logística. En cada sección se hizo un análisis de los resultados, y se identificaron las oportunidades de trabajo y mejoramiento.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de Proveedores de HHC

De las 34 instituciones habilitadas por el MSPS en el Valle de Aburrá, el 85% se encuentran localizadas en la ciudad de Medellín. El 9% de las instituciones se ubican en la zona sur del territorio de atención (dos en el municipio de Envigado y una en Itagüí). Las dos instituciones restantes se localizan en la zona norte (una en el municipio de Bello y la otra en Copacabana). La localización exacta de las instituciones según los registros del MSPS se mapean en la Figura 2.

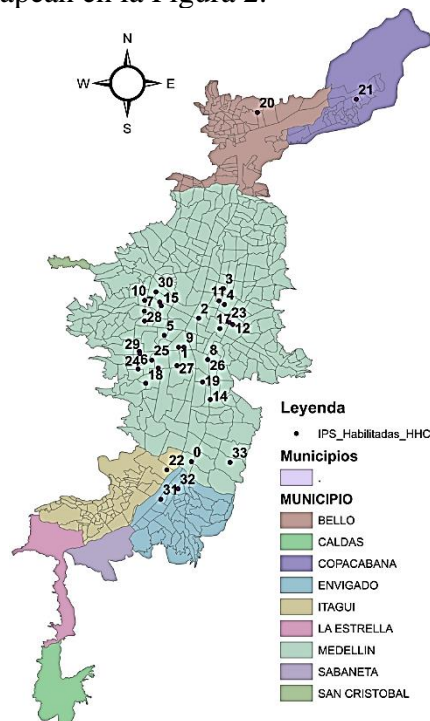


Figura 2. Localización de las 34 IPS habilitadas por el MSPS para prestar los servicios de HHC

De las 34 instituciones, 28 prestan efectivamente el servicio. Es decir, se identificó que el 18% de las instituciones habilitadas no prestan el servicio. Asimismo, de las 28 IPS’s activas, 16 instituciones (57%) respondieron al cuestionario. Las respuestas obtenidas, permitieron identificar lineamientos importantes sobre la gestión logística de los proveedores de HHC en el Valle de Aburrá.

3.2. Procesos de Servicio

Los resultados de los servicios médicos a domicilio que ofrecen los proveedores en el Valle de Aburrá se presentan en la Figura 3. Según los resultados, el 100% de los proveedores realiza aplicación de medicamentos, el 94% realiza consultas médicas, el 88% presta servicios de terapias, servicios de enfermería y cuidados básicos de enfermería. Algunos de los servicios adicionales que ofrecen las instituciones incluyen: nutrición, psicología, fonoaudiología, trabajo social, venta-alquiler de equipos médicos, hogar de paso y laboratorio. La mayoría de las instituciones mide su capacidad en número de pacientes por mes, con un promedio de 609 para dicho indicador. También, algunas instituciones miden el número de visitas por mes, con un promedio de 9.195. El proveedor más grande, reportó métricas de 38.000 pacientes por año y 35.000 visitas por mes.

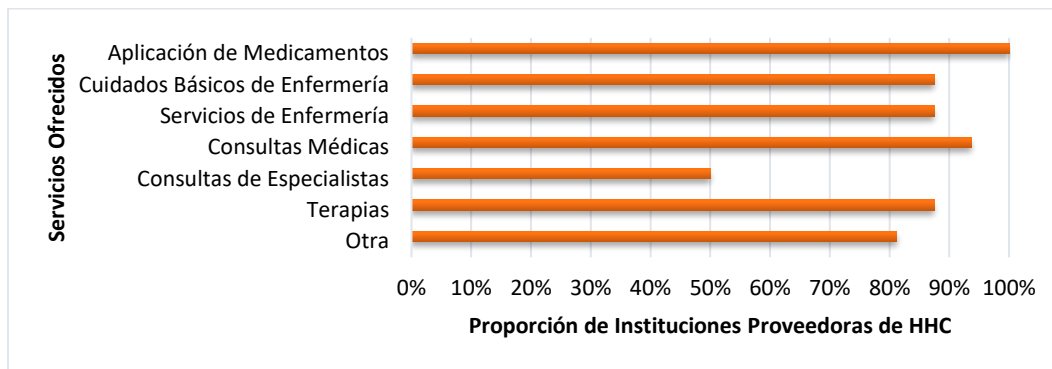


Figura 3. Servicios Médicos a Domicilio que ofrecen los 16 proveedores de HHC

A través de la aplicación del CMM se obtuvo un nivel de madurez promedio de 3,9/5,0 sobre seis procesos de servicios evaluados (ver Figura 4 (a)). En general, la mayoría de los proveedores ofrece diversidad de servicios que se adaptan a las necesidades de los pacientes mediante el proceso de *Remisión de Pacientes*. Además, se realizan mejoras a este proceso y realimentaciones a las entidades remitentes de la evolución de los pacientes. Para el proceso de *Admisión de Pacientes*, el método usado por el 75% de los proveedores para estimar la demanda, es con base en datos existentes y utilizando indicadores del proceso estándar, apoyados en algunas ocasiones por el método empírico. Las instituciones utilizan diferentes métodos de manera conjunta para llevar a cabo el proceso de *Programación de Visitas* a los pacientes, sin embargo, el método más común, usado por el 50% de las instituciones es con base en datos existentes. El 63% de los proveedores realiza la prestación del servicio usando un método basado en estándares y sólo cuatro de ellos se apoyan del uso de la tecnología y del mejoramiento continuo del proceso. Del mismo modo, el 100% de los proveedores utiliza algún software para llevar a cabo el proceso de *Facturación* y el 94% de ellos para el proceso de *Liquidación y Cartera*.

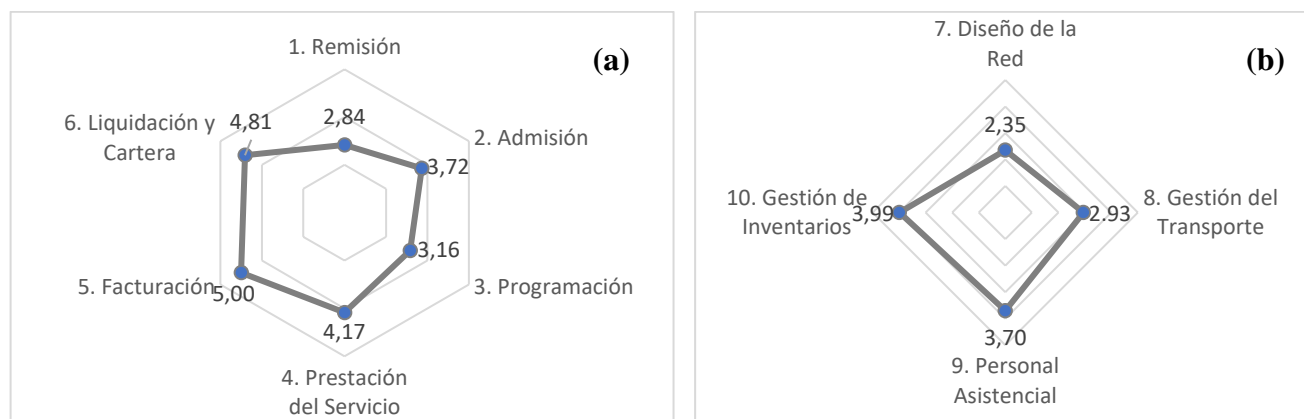


Figura 4. Resultados promedio del Modelo de Madurez de Capacidades en HHC: (a) Nivel de madurez para los Procesos de Servicio, (b) Polígono de madurez logística.

3.3. Procesos logísticos

Los resultados de los cuatro procesos logísticos se pueden observar en el denominado “*Polígono de madurez logística*”, e indican un nivel de madurez promedio de 3,2/5,0 (ver Figura 4 (b)).

En el primer proceso logístico de *Diseño de la Red*, cinco instituciones (31%) no consideraron ningún criterio para localizar su base de operaciones; el 25% se basó en los costos de localización, el 13% tuvo en cuenta tanto la cercanía a los pacientes como los costos de transporte del personal asistencial. El 87% de las instituciones divide el área urbana en diferentes zonas de servicio para reducir el tiempo de viaje del personal asistencial. El grado de madurez promedio del proceso de configuración de las zonas es de 2,35/5,0. El 44% considera balancear las cargas de trabajo del personal asistencial con base en las zonas. Adicionalmente, el 50% cuenta con un equipo de trabajo destinado para diseñar las zonas del territorio, el 31% realiza una estimación del costo que genera el proceso y el 69% de las instituciones realiza mejoras en el proceso de zonificación y de diseño de la red.

En el segundo proceso de *Gestión del Transporte*, el 38% de las instituciones reportó el uso de su propia flota de vehículos. Entre los modos de transporte propios, el 38% indicó que posee automóviles, el 31% motocicletas y el 13% utiliza ambulancias propias o sub-contratadas. El 25% de las instituciones se apoya en el uso de las TIC’s para definir el modelo, los modos y la cantidad de transporte. Entre los criterios definidos para elegir las necesidades de transporte, sobresale la cobertura del servicio con el 56% de participación, y la accesibilidad con el 50%. El 100% de las instituciones cuenta con un equipo de trabajo destinado para asignar las visitas y mejorar el proceso, y el 75% de ellas estima el costo del proceso.

En el tercer proceso de *Gestión del Personal Asistencial*, las instituciones usan diferentes figuras de contratación para el personal médico. El 94% reportó el uso de contratación directa con la institución y 73% de éstas usan una combinación, mediante contratación con terceros y contrato por servicios. De acuerdo al tipo de servicio de HHC prestado, las instituciones emplean auxiliares de enfermería (100%), enfermeras (100%), médicos generales (94%), terapeutas (88%), médicos especialistas (56%) y el 88% de las instituciones reportó la contratación de otro tipo de personal médico, por ejemplo nutricionistas, psicólogos, fonoaudiólogos, trabajadores sociales, anestesiólogos y químicos. El grado de madurez promedio de este proceso es de 3,7/5,0. El 69% de las instituciones toma las decisiones de contratación y determina su capacidad en términos del personal asistencial basado en los datos existentes. El 88% de

las instituciones cuenta con un equipo de trabajo destinado para contratar y asignar los turnos laborales, estiman los costos y realizan mejoras en el proceso.

En el cuarto proceso de *Gestión de Inventarios*, las instituciones de HHC utilizan tres diferentes tipos de estrategias en la gestión de medicamentos, suministros y equipos médicos: el uso de farmacia propia, servicios de farmacia *in-house*, y la tercerización del servicio. Específicamente, todas las instituciones reportaron gestionar inventarios de medicamentos, y el 94% de ellas gestiona inventarios de equipos y suministros. A su vez, el 75% de las instituciones selecciona sus proveedores con base en estándares. El 63% de las instituciones lleva registros de los niveles de inventario incorporando aspectos de variabilidad, basándose tanto en las políticas de inventario como en la demanda de pacientes. El 88% de las instituciones estiman el costo, realizan mejoras y cuentan con un equipo que gestiona el proceso.

4. ANÁLISIS

La evaluación de los procesos de servicio y de su grado de madurez permite identificar tres resultados principales. Primero, el 63% de las instituciones tienen en cuenta como criterios de programación de visitas, el cumplimiento de las citas y el tiempo de viaje del personal asistencial para llegar al lugar de domicilio de los pacientes. Segundo, los resultados indican que el 63% de las instituciones permite que el personal asistencial inicie sus rutas tanto desde la institución como desde sus viviendas; en el 19% de las instituciones el personal inicia sus rutas desde la institución y el 19% restante lo hace desde sus viviendas. Tercero, algunas instituciones evalúan el desempeño de las rutas realizadas para visitar los pacientes. Precisamente, el 75% de ellas usan indicadores del número de servicios, nivel de cumplimiento de metas, visitas fallidas, tiempos de recorrido y espera, metas de productividad, entre otras.

Por otro lado, los diez procesos evaluados de HHC obtuvieron un nivel de madurez promedio de 3,7/5,0. Específicamente, el nivel de madurez de los procesos logísticos (3,25/5,0) se encuentra por debajo de la madurez promedio de los seis procesos de servicio (3,95/5,0). Sin embargo, aunque el nivel de madurez de los procesos de servicio es cercano a cuatro, el promedio se ve afectado por las calificaciones de los procesos de facturación y de liquidación y cartera, que obtuvieron niveles cercanos o iguales a cinco ya que se encuentran desarrollados por medio del uso de la tecnología y son constantemente optimizados y mejorados. Procesos como la remisión de pacientes y la programación de visitas (con niveles de madurez de tres) pueden ser mejorados solamente si se define una estandarización de los procesos de servicio y luego son administrados cuantitativamente a través de indicadores de desempeño.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten identificar la forma en que las instituciones prestadoras de servicios de HHC llevan a cabo sus procesos de prestación del servicio, y cómo gestionan los procesos de tipo logístico para atender los pacientes y garantizar niveles de calidad deseables. Adicionalmente, los hallazgos permiten a las instituciones que prestan este servicio y a sus administradores, utilizar la información para analizar los procesos y actividades en que se encuentran fortalecidas y que se realizan eficientemente. También permite identificar aquellos aspectos y procedimientos que se deben de mejorar para lograr una prestación del servicio más efectiva.

Con el fin de realizar las correcciones necesarias para contribuir en el crecimiento y mejoramiento del sector de HHC, el diagnóstico permitió identificar que el 18% de las instituciones habilitadas por el MSPS no se encuentran activas en la prestación del servicio en el Valle de Aburrá. Además, se identifica la necesidad de estandarizar la métrica con la cual las instituciones miden su capacidad de atención, debido a que algunas llevan registros del número de pacientes por mes, pero esto no refleja la demanda real del servicio, ya que, dependiendo del tipo de paciente, de su complejidad y necesidad médica, se requerirá un número diferente de visitas. Finalmente, los procesos logísticos que se ubican en un nivel de madurez tres o *definido* mediante la formalización de algunas prácticas existentes, deben ser mejorados debido al impacto que pueden generar en los tiempos y costos de transporte del personal médico y en la calidad del servicio prestado a los pacientes. Específicamente, se identifica la necesidad de mejorar los niveles de madurez de los procesos logísticos para la prestación efectiva de los servicios de HHC mediante el uso de técnicas cuantitativas y cualitativas de la Ingeniería Industrial.

Referencias

- Colombia (1993). Ley 100 de 1993. Available from:
<http://www.colombia.com/actualidad/images/2008/leyes/ley100.pdf>
- Colombia M de PS (2017). Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud. Available from:
<https://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/>
- Gutiérrez, E. V., & Vidal, C. J. (2013a). Home Health Care Logistics Management : Framework and Research Perspectives Home Health Care Characterization. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 4(3), 2217–2661.
- Gutiérrez, E. V., & Vidal, C. J. (2013b). Home Health Care Logistics Management Problems: A critical review of models and methods. *Rev. Fac. Ingeniería. Universidad de Antioquia*, 68, 160–175.
- Gutiérrez, E. V., Galvis, O. D., López, D. A., Mock-Kow, J. S., Zapata, I., & Vidal, C. J. (2014). Gestión Logística en la Prestación de Servicios de Hospitalización Domiciliaria en el Valle del Cauca: Caracterización y Diagnóstico. *Estudios Gerenciales-Journal of Management of Economics for Iberoamerica*.
- Minardi, R., Cotta, M., Suárez-varela, M. M., González, A. L., Sette, J., Filho, C., ... Ricós, D. (2001). La hospitalización domiciliaria : antecedentes , situación actual y perspectivas. *American Journal of Public Health*, 10(1), 45–55.
- OMS (2016). Estadísticas sanitarias mundiales 2016. Organización Mundial de la Salud. ISBN 978 92 4 069269 5 (PDF). Available from: www.who.int
- Paulk, M., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. (1993). *Capability Maturity Model for Software, Version 1.1*. Pittsburgh, Pennsylvania: Software Engineering Institute.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a la Universidad de Antioquia, específicamente a la Vicerrectoría de Investigación junto con el Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI), por la financiación y el apoyo económico para el desarrollo y la divulgación de este trabajo. Agradecemos a las Instituciones Prestadores de Servicios de Salud que participaron en el estudio, por su compromiso y por proporcionar y compartir la información de sus procesos y características de la operación de los servicios de HHC.

Copyright Statement

Copyright © 2017 Sebastian Cortés, Elena Valentina Gutiérrez & Sebastián Jaén: Los autores asignan a los organizadores del CIO-2017 y a las instituciones de educación superior sin ánimo de lucro una licencia no exclusiva para utilizar este documento para uso personal y en cursos de instrucción, siempre que el artículo se utilice en su totalidad y se reproduzca esta declaración de derechos de autor. Los autores también conceden una licencia no exclusiva al CIO-2017 para publicar este documento en su totalidad en la *World Wide Web* (sitios y espejos principales), en soportes portátiles y en forma impresa dentro de los procedimientos del CIO-2017. Cualquier otro uso está prohibido sin el permiso expreso de los autores.

ORGANIZA



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería

CESET

Centro de Extensión Académica



DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

APOYAN



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad
del Valle



7 años
1945-2012
Conocimiento
que transforma vidas



UNIVERSIDAD
ICESI