

Handbook T-I

Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México

GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela
PÉREZ-RAMÍREZ, Rigoberto

Coordinadores

ECORFAN®

ECORFAN®

Coordinadores

GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela. PhD
PÉREZ-RAMÍREZ, Rigoberto. PhD

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

ISBN: 978-607-8695-36-2

Sello Editorial ECORFAN: 607-8695

Número de Control HIS: 2020-02

Clasificación HIS (2020): 200920-0102

©ECORFAN-México, S.C.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HIS es parte de los medios de ECORFAN (www.ecorfan.org)

Handbooks

Definición de Handbooks

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en las Áreas de investigación CONACYT y PRODEP.

ECORFAN-Mexico S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Handbooks es un Producto editado por ECORFAN-Mexico S.C en su Holding con repositorio en México, es una publicación científica arbitrada e indizada. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de las Área de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

Ciencias Sociales

ANGELES - CASTRO, Gerardo. PhD
University of Kent

SALGADO - BELTRÁN, Lizbeth. PhD
Universidad de Barcelona

ARANCIBIA - VALVERDE, María Elena. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca

SEGOVIA - VARGAS, María Jesús. PhD
Universidad Complutense de Madrid

PEREIRA - LÓPEZ, Xesús. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

NIÑO - GUTIÉRREZ, Naú Silverio. PhD
Universidad de Alicante

DE SAN JORGE - CARDENAS, Xóchitl Ma Del Carmen. PhD
Universidad de Granada

MARTÍNEZ - PRATS, Germán. PhD
Universidad Nacional del Sur

FRANZONI - VELAZQUEZ, Ana Lidia. PhD
Institut National des Télécommunications

HIRA, Anil. PhD
Claremont Graduate School

BANERJEE, Bidisha. PhD
Amity University

IBARRA - ZAVALA, Darío Guadalupe. PhD
New School for Social Research

BARDEY, David. PhD
University of Besançon

GARCÍA Y MOISES, Enrique. PhD
Boston University

BLANCO - ENCOMIENDA, Francisco Javier. PhD
Universidad de Granada

SUYO - CRUZ, Gabriel. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

CHAPARRO, Germán Raúl. PhD
Universidad Nacional de Colombia

FELDMAN, German. PhD
Johann Wolfgang Goethe Universität

VARGAS - HERNANDEZ, José G. PhD
Keele University

RAMÍREZ - MARTÍNEZ, Ivonne Fabiana. PhD
Universidad Andina Simón Bolívar

ALIAGA - LORDEMANN, Francisco Javier. PhD
Universidad de Zaragoza

YAN - TSAI, Jeng. PhD
Tamkang University

GUZMÁN - HURTADO, Juan Luis. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

SANCHEZ - CANO, Julieta Evangelina. PhD
Universidad Complutense de Madrid

BELTRÁN - MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción

GARCIA - ESPINOZA, Lupe Cecilia. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

MIRANDA - GARCÍA, Marta. PhD
Universidad Complutense de Madrid

TORRES - HERRERA, Moisés. PhD
Universidad Autónoma de Barcelona

GÓMEZ - MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

POSADA - GÓMEZ, Rubén. PhD
Institut National Polytechnique de la Lorraine

VILLASANTE, Sebastián. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

ORDÓÑEZ - GUTIÉRREZ, Sergio Adrián. PhD
Universidad Paris VIII

BLANCO - GARCÍA, Susana. PhD
Universidad Complutense de Madrid

VALDIVIA - ALTAMIRANO, William Fernando. PhD
Universidad Nacional Agraria La Molina

DE AZEVEDO - JUNIOR, Wladimir Colman. PhD
Universidade Federal do Amazonas

VARGAS - DELGADO, Oscar René. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

LUO, Yongli. PhD
Universidad de Chongqing

CUBÍAS-MEDINA, Ana Elizabeth. PhD
Universidad Carlos III de Madrid

SEGURA - DE DUEÑAS, Cecilia Elizabeth. PhD
Universidad Autónoma de Barcelona

ROSILLO - MARTÍNEZ, Alejandro. PhD
Universidad Carlos III de Madrid

MIRANDA - TORRADO, Fernando. PhD
Universidad de Santiago de Compostela

PALACIO, Juan. PhD
University of St. Gallen

CAMPOS - QUIROGA, Peter. PhD
Universidad Real y Pontifica de San Francisco Xavier de Chuquisaca

BARRERO-ROSALES, José Luis. PhD
Universidad Rey Juan Carlos III

GUZMAN - SALA, Andrés. PhD
University of California

DIMAS - RANGEL, María Isabel. PhD
Universidad José Martí de Latinoamérica

DANTE - SUAREZ, Eugenio. PhD
Arizona State University

D. EVANS, Richard. PhD
University of Greenwich

ALVARADO - BORREGO, Aida. PhD
Universidad Autónoma de Sinaloa

CERVANTES - ROSAS, María de los Ángeles. PhD
Universidad de Occidente

DOMÍNGUEZ - GUTIÉRREZ, Silvia. PhD
Universidad de Guadalajara

ARRIETA - DÍAZ, Delia. PhD
Escuela Libre de Ciencias Políticas y Administración Pública de Oriente

LUIS - PINEDA, Octavio. PhD
Instituto Politécnico Nacional

REYES - MONJARAS, María Elena. PhD
Universidad Veracruzana

RUIZ - MARTINEZ, Julio César. PhD
Instituto Politécnico Nacional

VELÁSQUEZ - SÁNCHEZ, Rosa María. PhD
Instituto Tecnológico de Oaxaca

PÉREZ - SOTO, Francisco. PhD
Colegio de Postgraduados

SANROMÁN - ARANDA, Roberto. PhD
Universidad Panamericana

IBARRA - RIVAS, Luis Rodolfo. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

SALDAÑA - CARRO, Cesar. PhD
Colegio de Tlaxcala

TAVERA - CORTÉS, María Elena. PhD
Colegio de Postgraduados

CONTRERAS - ÁLVAREZ, Isaí. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

MÁRQUEZ - IBARRA, Lorena. PhD
Instituto Tecnológico de Sonora

ESPINOZA - VALENCIA, Francisco Javier. PhD
Instituto Pedagógico de Posgrado en Sonora

VÁZQUEZ - OLARRA, Glafira. PhD
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

PELAYO - MACIEL, Jorge. PhD
Universidad de Guadalajara

GARCÍA - ROJAS, Jesús Alberto. PhD
Universidad de Puebla

CAMELO - AVEDOY, José Octavio. PhD
Universidad de Guadalajara

GAZCA - HERRERA, Luis Alejandro. PhD
Instituto de Administración Pública del Estado de Veracruz

LANDAZURI - AGUILERA, Yara. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León

TAPIA - MEJIA, Erik. PhD
El Colegio de Tlaxcala

Ingeniería y Tecnología

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

AGUILAR - VIRGEN, Quetzalli. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

Comité Arbitral

Ciencias Sociales

MANRÍQUEZ - CAMPOS, Irma. PhD
Instituto de Investigaciones Económicas – UNAM

MAGAÑA - MEDINA, Deneb Elí. PhD
Universidad del Mayab

QUIROZ - MUÑOZ, Enriqueta María. PhD
Colegio de México

VILLALBA - PADILLA, Fátima Irina. PhD
Instituto Politécnico Nacional

RASCÓN - DÓRAME, Luis Tomas. PhD
Instituto Pedagógico de Posgrado de Sonora

SÁNCHEZ - TRUJILLO, Magda Gabriela. PhD
Universidad de Celaya

ELIZUNDIA - CISNEROS, María Eugenia. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

FERNÁNDEZ - GARCÍA, Oscar. PhD
Instituto Politécnico Nacional

ARCOS - VEGA, José Luis. PhD
Universidad Iberoamericana

MORENO - ELIZALDE, María Leticia. PhD
Instituto Universitario Anglo Español

HERNÁNDEZ - LARIOS, Martha Susana. PhD
Universidad Cuauhtémoc

SALAMANCA - COTS, María Rosa. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

ÁVALOS - RODRÍGUEZ, María Liliana. PhD
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

ELISEO - DANTÉS, Hortensia. PhD
Universidad Hispanoamericana Justo Sierra

FORNÉS - RIVERA, René Daniel. PhD
Instituto Tecnológico de Sonora

LEGORRETA - BARRANCOS, Leydi Elena. PhD
Instituto Humanista de Estudios Superiores

GONZALEZ - GARCIA, Guadalupe. PhD
Instituto de Estudios Superiores ISIMA

LÓPEZ - TORRES, María del Rosario. PhD
Universidad del Estado de Puebla

MALDONADO - SANCHEZ, Marisol. PhD
Universidad Autónoma de Tlaxcala

RIOS - VAZQUEZ, Nidia Josefina. PhD
Instituto Tecnológico de Sonora

SALAZAR - VÁZQUEZ - Fernando Adolfo. PhD
Instituto Universitario Internacional de Toluca

SÁNCHEZ - VÁZQUEZ, Elizabeth. PhD
Universidad ETAC

GALICIA - PALACIOS, Alexander. PhD
Instituto Politécnico Nacional

BUJARI - ALLI, Ali. PhD
Instituto Politécnico Nacional

GIRÓN, Alicia. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

COBOS - CAMPOS, Amalia Patricia. PhD
Universidad Autónoma de Chihuahua

CÓRDOVA - RANGEL, Arturo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

PERALES - SALVADOR, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Chapingo

AZIZ - POSWAL, Bilal. PhD
Instituto Politécnico Nacional

CAMPOS - RANGEL, Cuauhtémoc Crisanto. PhD
Universidad Autónoma de Tlaxcala

MORÁN - CHIQUITO, Diana María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

NOVELO - URDANIVIA, Federico Jesús. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

CRUZ - ARANDA, Fernando. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ÁLVAREZ - ECHEVERRÍA, Francisco Antonio. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

GÓMEZ - CHIÑAS, Carlos. PhD
Instituto Politécnico Nacional

ORTIZ - ARANGO, Francisco. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

LINAREZ - PLACENCIA, Gildardo. PhD
Centro Universitario de Tijuana

HERNÁNDEZ, Carmen Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

VARGAS - SANCHEZ, Gustavo. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

GUILLEN - MONDRAGÓN, Irene Juana. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

CASTILLO - DIEGO, Teresa Ivonne. PhD
Universidad Autónoma de Tlaxcala

TREJO - GARCÍA, José Carlos. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MANJARREZ - LÓPEZ, Juan Carlos. PhD
El Colegio de Tlaxcala

SANTILLÁN - NÚÑEZ, María Aída. PhD
Escuela Normal de Sinaloa

MARTÍNEZ - SÁNCHEZ, José Francisco. PhD
Instituto Politécnico Nacional

COTA - YAÑEZ, María del Rosario. PhD
Universidad de Guadalajara

GARCÍA - ELIZALDE, Maribel. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ - GARCÍA, Miguel Ángel. PhD
Instituto Politécnico Nacional

GONZÁLEZ - IBARRA, Miguel Rodrigo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

ESCALETA - CHÁVEZ, Milka Elena. PhD
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

MARTÍNEZ - HERNÁNDEZ, Mizraim. PhD
Colegio Universitario de Distrito Federal

GAVIRA - DURÓN, Nora. PhD
Instituto Politécnico Nacional

BECERRIL - TORRES, Osvaldo U. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

CAMPOS - ALVAREZ, Rosa Elvira. PhD
Universidad Autónoma de Durango

CAPRARO - RODRÍGUEZ, Santiago Gabriel Manuel. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

ISLAS - RIVERA, Víctor Manuel. PhD
Instituto Politécnico Nacional

PÉREZ - RAMÍREZ, Rigoberto. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

RIVAS - CASTILLO, Jaime Roberto. PhD
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

PELÁEZ - PADILLA, Jorge. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

NIEVA - ROJAS Jefferson. PhD
Universidad Autónoma de Occidente

BURGOS - MATAMOROS, Mylai. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OLIVO - ESTRADA, José Ramón. PhD
Instituto Pedagógico de Estudios de Posgrado

HUERTA - QUINTANILLA, Rogelio. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

PEREZ - BRAVO, Julia. PhD
Escuela Libre de Ciencias Políticas y Administración Pública

GONZÁLEZ - HERRERA, Karina Concepción. PhD
El Colegio de Tlaxcala

REYNOSO - IBARRA, Omayra Yolanda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí

PEREZ - VEYNA, Oscar. PhD
Universidad Juárez del Estado de Durango

QUIJANO - GARCIA, Román Alberto. PhD
Universidad Anáhuac Mayab

GARCÍA - VILLALOBOS, Alejandro Rodolfo. PhD
Universidad Cuauhtémoc

AHUMADA - TELLO, Eduardo. PhD
Universidad Iberoamericana del Noroeste

MARTÍNEZ, Germán. PhD
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

TORRALBA - FLORES, Amado. PhD
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

MORAN - BRAVO, Luz del Carmen. PhD
Universidad Tecnológica de Puebla

OSORIO - GÓMEZ, Ricardo. PhD
Instituto Tecnológico de Puebla

MARTÍNEZ - CARREÑO, Beatriz. PhD
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

HERRERA - SÁNCHEZ, Gustavo. PhD
Universidad Tecnológica de Puebla

VELASCO - CEPEDA, Raquel Ivonne. PhD
Instituto Tecnológico de Sonora

CANTO - MALDONADO, Jessica Alejandra. PhD
Universidad Autónoma de Yucatán

GULLOTTI - VAZQUEZ, María Teresa. PhD
Universidad Autónoma de Yucatán

MORALES - GONZALEZ, Maria Antonia. PhD
Instituto Tecnológico de Mérida

OROZCO - OROZCO, José Zócimo. PhD
Universidad de Guadalajara

SANCHEZ - PACHO, José Enrique. PhD
Universidad Tecnológica Metropolitana

ALCARAZ - SUÁREZ, Oswaldo Israel. PhD
Universidad Tecnológica Metropolitana

ESCALANTE - FERRER, Ana Esther. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

RODRÍGUEZ - PÉREZ, Ivonne. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MALDONADO, María Magdalena. PhD
Instituto Politécnico Nacional

DE LA GARZA - CIENFUEGOS, Sandra Patricia. PhD
Universidad Autónoma de Coahuila

MATADAMAS, Irlanda. PhD
Tecnológico Nacional de México

DIMAS, María Isabel. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León

SESENTO - GARCÍA, Leticia. PhD
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

CEBALLOS - PEREZ, Sergio Gabriel. PhD
El Colegio del Estado de Hidalgo

MÉNDEZ - AGUILAR, Eduardo. PhD
Universidad de Guadalajara

PLASCENCIA - DE LA TORRE, Gloria María. PhD
Universidad de Guadalajara

MEDINA - ALVAREZ, Juana Elizabeth. PhD
Universidad Politécnica de Altamira

MORÁN - DELGADO, Gabriela. PhD
Universidad Autónoma de Coahuila

HIGUERA, Alejandro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

Ingeniería y Tecnología

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildía Yamileth. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

AVILÉS - COYOLI, Katia Lorena. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

NAZARIO - BAUTISTA, Elivar. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

GÓMEZ - MERCADO, Abdiel. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

GONZALEZ - MARRON, David. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

MORENO - RIOS, Marisa. PhD
Instituto Tecnológico de Pachuca

ANTOLINO - HERNANDEZ, Anastacio. PhD
Instituto Tecnológico de Morelia

SOLORZANO - SALGADO, Paulina. PhD
Universidad Tecnológica de Morelia

VALERDI, Ricardo. PhD
Universidad de Arizona

RODRIGUEZ - ROBLEDO, Gricelda. PhD
Universidad Tecnológica de Morelia

CENDEJAS José. PhD
Universidad Tecnológica de Morelia

CORTES - MORALES, Griselda. PhD
Universidad Autónoma de Coahuila

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD
Institute of Research in Ecosystems - UNAM Campus Morelia

GONZÁLEZ - SILVA, Marco Antonio. PhD
Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

CRUZ - BARRAGÁN, Aidee. PhD
Universidad de la Sierra Sur

PALMA, Oscar. PhD
Instituto Tecnológico de Conkal

BARRON, Juan. PhD
Universidad Tecnológica de Jalisco

SANDOVAL - GUTIÉRREZ, Jacobo. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

TECPOYOTL - TORRES, Margarita. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

MORALES - IBARRA, Rodolfo. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León

RODRIGUEZ - CARVAJAL, Ricardo. PhD
Universidad de Guanajuato

JUÁREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Tecnológica de San Juan del Río

TORRES, Sandra. PhD
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

Cesión de Derechos

El envío de una Obra Científica a ECORFAN Handbooks emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones científicas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación de la Obra Científica y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor de la Obra Científica.

Detección de Plagio

Todas las Obras Científicas serán testeadas por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción de la Obra Científica notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todas las Obras Científicas se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del ECORFAN Handbooks con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de la Obra Científica Modificado para Edición-Publicación.

ECORFAN Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México

Volumen I

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Autónoma del Estado de México en sus áreas de investigación en Ingeniería y Ciencias Sociales. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Autónoma del Estado de México se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RESEARCH GATE, MENDELEY, GOOGLE SCHOLAR y REDIB), el Handbook propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ingeniería y Ciencias Sociales.

Gaviño-Ortiz, Gabriela
Pérez-Ramírez, Rigoberto

Coordinadores

Políticas, Casos de estudio, Técnicas de
simulación y programas de competencias en la
educación de logística y cadena de suministro en
México T-I
Handbooks

Universidad Autónoma del Estado de México

Septiembre 2020

DOI: 10.35429/H.2020.1.1.160

Prólogo

El presente libro es resultado del proyecto de investigación con registro 4808/2019CIB, titulado “Análisis de técnicas formales para generar un predictivo logística de la operación de carga con proyección en 3PL (*Third Party Logistics*) de productos terminados”, liderado por la Dra. Gabriela Gaviño Ortiz, quien tuvo a bien proponer a los integrantes del Cuerpo Académico *Administración Pública y Educación*, bajo la línea de investigación *estudios económico-administrativos y sociotécnicos*, la investigación en comento, con el propósito de fortalecer nuestro cuerpo académico, clave UAEM-CA-96 con registro ante la SEP.

En esta obra se plasman las distintas formaciones académicas pero afines por la visión multi-transdisciplinaria que hoy día permea en el oficio académico permitiendo con ello comprender de manera explicativa las fronteras del conocimiento de la logística en sus distintas aristas tales como la ingeniería industrial, la economía, la administración, las relaciones económicas internacionales, las tecnologías como herramientas de simulación y optimización a través de técnicas formales que permitan establecer diversos escenarios de operación para simular matemáticamente minimización de costos y al mismo tiempo coadyuve a los estudiantes e interesados en asimilar la complejidad de desarrollar las capacidades necesarias para la toma de decisiones en relación con el diseño y operación de las políticas y cadenas de suministros. En esa lógica se inscribe el conjunto de libro colectivo.

La obra intitulada, *Políticas, casos de estudio, técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México*, atiende varios retos y consigue distintos aportes en sus diferentes capítulos. En otro nivel de observación, este libro propone una mirada general, nueva, aunque fincada en varias tradiciones articuladas, sobre la pertinencia de las políticas, cadenas de suministro y *AnyLogic*, las técnicas formales en operaciones de pedido en un CEDIS 3pl de productos terminados, el procedimiento matemático, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (mrp), la transportación como caso de estudio, el análisis comparativo de la logística en el comercio internacional y los algoritmos genéticos en el problema de *Picking*, con el propósito de proveer a los estudiantes de los aprendizajes y competencias necesarias que les permita competir en una economía globalizada dominada por el comercio exterior.

A lo largo del trabajo se observa la paciencia, apertura y rigor con que se abordan los temas específicos, los autores y sus relaciones textuales –las citas y referencias– los dominios que se han cubierto (procedimiento matemático a través de un sistema de enseñanza de requerimientos de materiales, técnicas formales en operaciones de pedido de un CEDIS 3pl de productos terminados, políticas, cadenas de suministros y *AnyLogic*), entre otras cuestiones que son ordenados de manera original. El lector encontrará las preguntas que guiaron a los autores y sus respuestas.

De tal suerte, el lector tiene en sus manos un estudio sociotécnico universitario que de acuerdo con su campo laboral específicamente en lo que respecta a la cualificación permanente en conocimiento e información (o saberes especializados y expertos), implica una dinámica positiva, es decir, en la superación vía el conocimiento de la adversidad.

Bajo esta óptica, los integrantes del cuerpo académico *Administración Pública y Educación* y pares de nuestra casa de estudio se relacionan con las políticas, técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadenas de suministro que se imparten en los planes de estudio de ingeniería industrial, relaciones económicas internacionales y administración. Sólo queda agregar, que esta investigación que se materializó en esta obra colectiva contribuya en algo a la comunidad académica y público en general, en saberes de la logística y cadena de suministro.

*Gaviño-Ortiz, Gabriela
Pérez-Ramírez, Rigoberto
Coordinadores*

Introducción

La presente publicación *Políticas, casos de estudio, técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México*, ofrece al público lector una variedad de temas de análisis en las que cada capítulo se integra subrayando la importancia de estudio y su impacto, en la logística y cadena de suministro.

El contexto de este libro está referido, hacia como lograr que nuestras políticas, comercio internacional, programas de educación, técnicas formales, algoritmos genéticos, apoyen a incrementar la eficiencia operativa y optimizar el tiempo de recolección de *items* de los pedidos, por nombrar algunas de las actividades logísticas que se mencionan.

Uno de los propósitos esenciales en estas investigaciones, es que el flujo de materiales se mueva de una forma más ágil, que las competencias y conocimientos de los alumnos se acerquen cada día más al entorno laboral y que las empresas logísticas apliquen el uso de herramientas tecnológicas, técnicas de simulación, algoritmos genéticos concebidas para tomar las mejores decisiones y facilitar la vida de las operaciones de la empresa, tomando en cuenta las políticas, el transporte y el comercio internacional.

En las actividades de la Cadena de Suministro (SCM), es importante poder identificar; que tecnologías debemos usar con respecto a las características de cada operación logística, así mismo, la importancia y los beneficios que podemos adquirir para educar en competencias y habilidades que logren una transformación digital, proyectando a obtener mejores procesos de calidad en las empresas.

La estructura del libro referido está dividida en siete apartados fundamentales. Los primeros capítulos, ofrecen argumentos para comprender el desarrollo de competencias de educación en logística, y analizan el contexto de las políticas en la cadena de suministro en México y sus empresas, de acuerdo con su evolución en el mundo del comercio exterior que les permita competir y ganar mercados en una economía globalizada.

Por otro lado, los siguientes capítulos describen procedimientos matemáticos de enseñanza aprendizaje, elaboran un análisis y comparación de técnicas formales en operaciones de pedido, formulan una red de distribución de mercancías en un caso de estudio y se proponen estrategias para reducir el tiempo de recolección de *ítems* mediante algoritmos genéticos.

Este volumen contiene 7 capítulos que infieren temas en Logística y Cadena de Suministro.

Como primer capítulo, Pérez-Ramírez, presenta las *Políticas de logística y cadena de suministro en México*, y tiene como propósito estudiar políticas de logística y cadena de suministro en México a través del método descriptivo que permite hacer un recorrido histórico breve sobre la voz y uso frecuente del término logística por las organizaciones que cuentan con un gran número de puntos de suministro y de clientes dispersos geográficamente, a lo que la globalización exige ser capaz de coordinar actividades complejas, de formas que las compras, la producción y la financiación tengan lugar en los países con costos más bajos.

Como segundo capítulo, Rodríguez-Pérez, sustenta el tema de *Cadenas de suministro y AnyLogic*, que explica la complejidad en la administración de las cadenas de suministros, imponiendo retos a los responsables de la toma de decisiones y analizando como es necesario que los estudiantes desarrollen competencias en la Logística y Cadenas de Suministros, necesarias para tomar decisiones efectivas, y a su vez los profesores también enfrenten el reto de proveer herramientas de aprendizaje que faciliten la comprensión y complejidad de operaciones logísticas mediante la enseñanza de modelos de simulación, obteniendo un enfoque sistémico que aporte elementos valiosos para la comprensión en este ámbito.

Como tercer capítulo, Gaviño-Ortiz, Casarrubias-Vargas & Chávez-Hernández, elaboran un *Análisis de técnicas formales en operaciones de pedido en un CEDIS 3PL de productos terminados*, el presente trabajo se basa en el análisis del proceso de *picking*, actividad fundamental en el departamento de almacenaje y de esta manera busca analizar y comparar algoritmos con el propósito de contextualizar y presentar que técnicas pudieran implementarse de acuerdo a la problemática presentada, asegurando una optimización de recursos.

Como cuarto capítulo Gaviño-Ortiz, Barrios-Borjes & López-Abundis presentan una investigación que infiere en la Educación Superior al enfrentar cada día más el reto de formar profesionales con las habilidades y competencias que exige el mercado laboral en el sector de la logística, ajustando estas necesidades empresariales en especialistas. El sistema de enseñanza que se presenta, formula un modelo matemático, que oriente a la simulación de un MRP I, que trata de saber, como se debe aprovisionar o fabricar, en que cantidad, y en qué momento para cumplir con los compromisos adquiridos.

Como quinto capítulo, Chávez-Hernández, Casarrubias-Vargas & Gaviño-Ortiz analizan los sistemas logísticos cómo han evolucionado a lo largo del tiempo y como consecuencia el consumo y la producción como se separan geográficamente, también refieren como las regiones son especialistas en aquellas mercancías útiles o de conveniencia que podían producir con mayor eficacia, mencionan como el exceso de producción pudo transportarse económicamente a otras zonas de consumo y los bienes necesarios cumpliendo con el principio de la ventaja competitiva.

Como sexto capítulo Sánchez-Mejorada-Zapata, estudia las condiciones en el dinámico mundo de las transacciones de comercio internacional en el siglo XXI, dominado por los volúmenes de movimiento de mercancías, los tiempos de entrega cada vez más críticos, los costos asociados a la distancia y la oportunidad en la entrega, motivan que las decisiones sobre la dinámica comercial sean asunto sustancial para los clientes y proveedores; en una cadena de valor global, los participantes deben asumir la responsabilidad de conectar todos los elementos, estaciones o partes del proceso logístico para garantizar el abasto en todos los mercados que atiende una empresa.

Como séptimo capítulo, Casarrubias-Vargas, Vásquez-Godínez & Chávez-Hernández analizan en un contexto de almacenes como se pueden categorizar las distintas actividades que se realizan en su operación, identificando el problema de *picking* o recolección de ítems para por lo cual es importante proponer métodos que ayuden a encontrar mejores rutas con la aplicación de los algoritmos genéticos usando como modelo de individuo los inducidos por el particionamiento que reduce el crecimiento combinatorial del problema y como lo hace tratable, también se muestran resultados experimentales de almacenes grandes, las heurísticas clásicas no consiguen buen rendimiento comparado con el método propuesto usando algoritmos genéticos que presentan mayor dispersión en el rango y por otro lado, se observa que para pocos ítems en general resultan conveniente los almacenes con más pasillos verticales que horizontales.

*Gaviño-Ortiz, Gabriela
Pérez-Ramírez, Rigoberto*

Coordinadores

Resumen

Políticas, casos de estudio, técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México, tiene como objetivo principal estudiar manera holística las políticas y cadenas de suministro, a través del comercio internacional, la transportación, las técnicas formales en operaciones de un CEDIS 3PL de productos terminados, los procedimientos matemáticos en la enseñanza de planificación de requerimientos de materiales y algoritmos genéticos en el problema *picking*, con la finalidad de explicar las competencias en la educación de logística y cadena de suministro en el país. De tal suerte, la secuencia metodológica de la presente investigación se apoya en el eclecticismo cuyo enfoque conceptual que se basa en múltiples teorías e ideas que configuran un todo en torno a la narrativa teórica y empírica aplicada de la logística y cadena de suministro. Ello nos ofrece una forma de observar mejor el fenómeno objeto de estudio y contribuir al análisis de las políticas de logística, guiados por la premisa de averiguar que agentes hacen qué, cómo lo hacen y con qué resultados.

Logística, Cadena de suministro, Técnicas de simulación, Transportación, Comercio internacional, procedimiento matemático, Algoritmos genéticos

Abstract

Policies, case studies, simulation techniques and competency programs in logistics and supply chain education in Mexico have the main objective of studying policies and supply chains holistically, through international trade, transportation, formal techniques in operations of a CEDIS 3PL of finished products, mathematical procedures in teaching planning of material requirements and genetic algorithms in the picking problem, in order to explain the skills in logistics and supply chain education in the country. Thus, the methodological sequence of this research is based on eclecticism, whose conceptual approach is based on multiple theories and ideas that establish a whole around the applied theoretical and empirical narrative of logistics and supply chain. This offers us a way to better observe the phenomenon under study and contribute to the analysis of logistics policies, guided by the premise of finding out which agents do what, how they do it and with what results.

Logistics, supply chain, Simulation techniques, Transportation, International trade, Mathematical procedure, Genetic algorithms

Contenido	Página
1 Políticas de logística y cadena de suministro en México PÉREZ-RAMÍREZ, Rigoberto	1-14
2 Cadenas de suministro y AnyLogic RODRÍGUEZ-PÉREZ, Ivonne	15-26
3 Análisis de técnicas formales en operaciones de pedido en un CEDIS 3PL de productos terminados GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela, CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto y CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, Maribel	27-50
4 Procedimiento matemático, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP) GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela, BARRIOS-BORJES, Eleany y LOPEZ-ABUNDIS, Eduardo	51-68
5 Transportación: Caso de Estudio CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, Maribel, CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto y GAVIÑO-ORTÍZ, Gabriela	69-83
6 Comentarios sobre temas de logística en el comercio internacional. Comparativo México – Brasil SÁNCHEZ-MEJORADA ZAPATA, Ángel Manuel	84-97
7 Algoritmos Genéticos en el Problema de Picking CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto, VÁSQUEZ-GODÍNEZ, Noé & CHAVÉZ-HERNÁNDEZ, Maribel	98-116
Anexo 1. INCOTERMS	117-120

Capítulo 1 Políticas de logística y cadena de suministro en México

Chapter 1 Logistics and supply chain policies in Mexico

PÉREZ-RAMÍREZ, Rigoberto†

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Rigoberto, Pérez-Ramírez* / **ORC ID:** 0000-0003-2982-2676, **Researcher ID Thomson:** B-2673-2016, **arXiv Author ID:** rperezr, **CVU CONACYT ID:** 88934

DOI: 10.35429/H.2020.1.1.14

R. Pérez

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito analizar las políticas de logística y cadena de suministro en México a través de método descriptivo que nos permita hacer un recorrido histórico breve sobre la voz y uso frecuente del término logística por las organizaciones que cuentan con un gran número de puntos de suministro y de clientes dispersos geográficamente. Un ejemplo de ello, son las empresas transnacionales que en el contexto de la globalización llevan a cabo el aprovisionamiento de materiales, fabricación y distribución en distintos países. Las políticas de logística y cadena de suministro en México y sus empresas tienen que evolucionar en el mundo del comercio exterior pensando holísticamente y actuando de manera local que les permita competir y ganar mercados en una economía globalizada, contribuyendo de esta manera a un mejor desarrollo interno.

Cadena de suministro, Logística, Globalización

Abstract

The purpose of this work is to analyze the logistics and supply chain policies in Mexico through a descriptive method that allows us to make a brief historical tour of the voice and frequent use of the logistic term by organizations that have a large number of supply points and geographically dispersed customers. An example of this, is the transnational companies that in the context of globalization carry out the supply of materials, manufacturing and distribution in different countries. Logistics and supply chain policies in Mexico and its companies have to evolve in the world of foreign trade thinking holistically and acting in a local way that allows them to compete and win markets in a globalized economy, thus contributing to a better internal development.

Supply chain, Logistics, Globalization

Introducción

El presente trabajo tiene como propósito analizar las políticas de logística y cadena de suministro en México a través de método descriptivo que nos permita hacer un recorrido histórico breve sobre la voz y uso frecuente del término logística por las organizaciones que cuentan con un gran número de puntos de suministro y de clientes dispersos geográficamente. Un ejemplo de ello, son las empresas transnacionales que en el contexto de la globalización llevan a cabo el aprovisionamiento de materiales, fabricación y distribución en distintos países.

La globalización ha contribuido a la transformación de los sistemas logísticos de administración de la producción, favoreciendo a su vez la reestructuración de la organización territorial de la producción mundial a través del máximo aprovechamiento de las economías de escala; la obtención de ventajas competitivas de la especialización; la generación de oportunidades de racionalizar los costos; la creación de un consumidor homogéneo que, independientemente de su cultura, o de sus localización, comparte funciones de preferencias parecidas

La globalización exige ser capaz de coordinar actividades complejas, de formas que las compras, la producción y la financiación tengan lugar en los países con costos más bajos. Una perspectiva global de este tipo ha evidenciado la necesidad de gestionar la logística a nivel mundial. Específicamente, esta nueva logística debe ser capaz de controlar el proceso complejo de distribución de inversiones dentro y entre un gran número de naciones con leyes, culturas, niveles de desarrollo y aspiraciones diferentes.

En este contexto, el trabajo se divide en tres epígrafes: prolegómenos de la logística; del término a la polisemia conceptual de la logística y las políticas de logística y cadena de suministro en México, a fin de analizar y comprender la evolución de las políticas en una economía cada vez más interrelacionada e interdependiente.

Prolegómenos de la logística

La voz logística proviene del latín *logisticus* “computación-cálculo”, es decir, una serie de cálculos programados que se realizan para obtener un resultado. El término logística surge como tal a principios del siglo XX en referencia a una rama de la ciencia militar (Sun Tzu, 2005)¹ que está relacionado con mantener y transportar material, suministros, personal e instalaciones que se requieren para una misión, en tanto que en materia comercial y, en un contexto previo al desarrollo industrial donde las actividades económicas predominantes eran la agricultura y la ganadería, el término logística permitía poner en contacto las nociones de oferta y demanda.

Durante la Segunda Guerra Mundial la logística comenzó a tener un aspecto empresarial como resultado del despliegue de las tropas estadounidenses que despertaron el interés del sector armamentista hacia nuevos mercados externos. De tal suerte, que a partir de la década de los sesenta, con base en los postulados del *marketing*, la logística adquirió su orientación actual: hacia el cliente. Pero no es sino hasta los ochenta cuando se utilizó ampliamente y donde las empresas comenzaron a tomar en cuenta las necesidades, requerimientos y requisitos de los clientes, y donde la logística logró un rol estratégico como generadora de ventajas competitivas. En este sentido, el empresario comienza a adoptar la logística integral (noción de costo total) y sus extensiones hacia el canal de aprovisionamiento, junto con los nuevos sistemas de gestión empresarial (producción flexible, *Just in time*, control de calidad, entre otros) y la reducción del costo de la tecnología de información.

Las empresas comprendieron que “la optimización de costes logísticos sería mayor si gestionaban de forma íntegra y unificada todas las actividades logísticas [...] como elementos interrelacionados que precisan de una gestión conjunta y desde una perspectiva global, desde el aprovisionamiento de materias primas hasta el cliente final” (Servera-Francés, 2010).

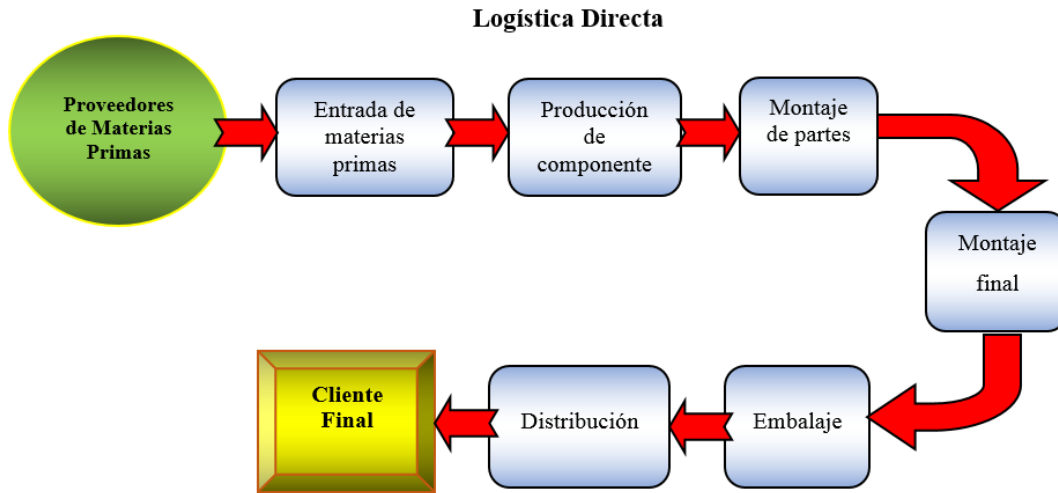
Para la década de los noventa, la logística adquiere mayor relevancia dentro de la gestión empresarial, poniendo énfasis en las alianzas estratégicas con los proveedores. A la sazón de ello, la logística gira en torno a la creación de valor, es decir, valor para los clientes, los proveedores y los accionistas de la empresa, que se materializa en ofrecer un servicio logístico acorde con los requisitos del cliente. Aquí se identifica un creciente interés en el estudio de la integración logística a lo largo de todo el canal de suministro con el fin de ofrecer un mayor valor al cliente (Servera-Francés, 2010).

En 1998, el *Council of Logistics* establece una nueva definición de logística, en la cual aparece el término de “flujo inverso”, que hace referencia a lo que posteriormente se conocerá como Logística Reversa o Inversa. Se trata de la gestión de retornos que fluyen desde el consumidor al fabricante.

Lo anterior, condujo al *Council of Logistics Management*, en 2005, cambiar su nombre por el de *Council of Supply Chain Management Professionals*. A partir de entonces, “la dirección de logística de los negocios se conoce ahora popularmente como dirección de cadena de suministros. Se usan otros términos, como redes de valor, corrientes de valor y logística ágil para describir un alcance y un propósito parecidos” (Ballou, 2005). Se trata de una visión integradora de la logística que avanza junto a la actual economía mundial integradora que caracteriza a la globalización. De ahí que la logística se defina como aquella parte de la *Supply Chain* que planifica, implementa y controla desde el punto de origen al punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos del cliente (*Council Supply Chain Management Professionals*, 2014). Esta definición incluye los conceptos de “flujo directo e inverso”, que hacen referencia a los conceptos de logística directa y logística inversa. La logística directa es relacionada con la logística tradicional, como se observa en la Figura 1.1.

¹ La referencia más antigua de la logística militar aparece entre los años 2900 y el 2800 A.C, como la organización del ejército, las graduaciones y rangos entre oficiales, la regulación de las rutas de suministros y la provisión de material militar del ejército.

Figura 1.1 Flujos de la logística directa



Fuente: Elaboración Propia

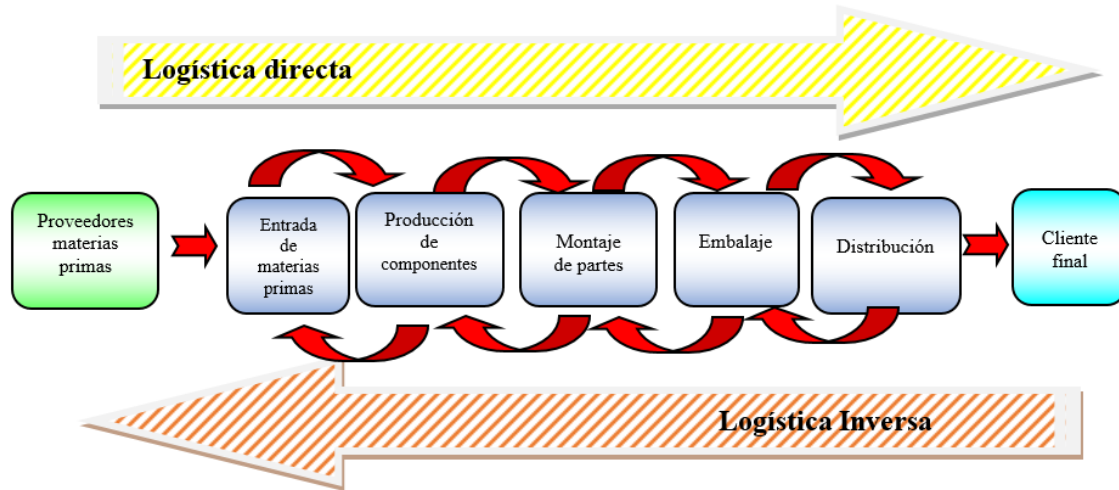
Como se puede observar en la figura anterior, la logística directa comprende una serie de procesos que parte de la línea de proveedores de materias primas hasta el cliente final pasando por la entrada de materias primas, producción de componentes, montaje de partes, montaje final, embalaje y distribución.

Ahora bien, la empresa moderna cada vez más recupera productos o materiales de los clientes, ya sea para recuperar valor o bien como servicios de postventa. A este proceso se le denominó logística inversa² (Luttwak, 1971), también conocida como “la cadena de suministro inversa”, donde los fabricantes diseñan procesos para reusar sus productos (Guide, 2002). En este sentido, la logística inversa se define como el proceso de planificación, ejecución y control de la eficiencia y eficacia del flujo de las materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto final (consumo) hasta el punto de origen, con el fin de recuperar valor o la correcta eliminación (Rogers & Tibben-Lembke, 1999).

Dentro de las operaciones que pueden enmarcarse en la logística inversa se encuentran: los procesos de retorno de excesos de inventarios, devoluciones de clientes, productos obsoletos, sobrantes de demandas estacionales, inventarios, entre otros. Así como actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta a otros mercados secundarios. Mediante la logística inversa cuando un producto se ha devuelto a la empresa, ya se trate de una devolución dentro del período de garantía o de un producto al final de su vida útil, la empresa dispone de diversas formas de gestionarlo con vistas a recuperar parte de su valor, que puede darse en cada uno de los pasos, como se puede observar en la siguiente figura.

La figura de la logística inversa muestra el proceso de retorno en cada una de las etapas para recuperar parte del valor en materias primas., producción de componentes, manejo de partes, embalaje y distribución, antes de llegar al cliente final.

² La logística inversa también recibe el nombre de distribución inversa, retrologística, logística de la recuperación y el reciclaje.

Figura 1.2 Flujos de la logística Directa e Inversa

Fuente: Elaboración Propia

En la actualidad es más frecuente el uso del término logística por las organizaciones que cuentan un gran número de puntos de suministro y de clientes dispersos geográficamente. Un ejemplo de ello, son las empresas transnacionales que en el contexto de la globalización llevan a cabo el aprovisionamiento de materiales, fabricación y distribución en distintos países. La distribución logística se unió a la gestión de materiales la cual adoptó rápidamente una postura proactiva en el diseño de la estrategia de fabricación. Así, las empresas multinacionales en la globalización se distinguen por su capacidad de integrar y controlar operaciones internacionales, con fabricación especializada y estrategias de mercadeo global. En este sentido, la globalización exige ser capaz de coordinar actividades complejas, de formas que las compras, la producción y la financiación tengan lugar en los países con costos más bajos. Una perspectiva global de este tipo ha evidenciado la necesidad de gestionar la logística a nivel mundial. Específicamente, esta nueva logística debe ser capaz de controlar el proceso complejo de distribución de inversiones dentro y entre un gran número de naciones con leyes, culturas, niveles de desarrollo y aspiraciones diferentes. Por ejemplo, McDonald's (Mora, 2008: 27). De ahí, que la logística recurre a varias actividades y *Know How* que participan en la gestión y control de los flujos físicos, de informaciones y medios. Una síntesis de la evolución histórica de la logística se muestra el siguiente cuadro sinóptico.

Tabla 1.1 Evolución histórica de la logística

Periodo	Denominación	Principales características
1. 1916-1940	Del campo al mercado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Del campo al mercado ✓ Almacenamiento ✓ Transportación
2. 1940-1960	Funciones segmentadas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Áreas funcionales independientes ✓ Transportación in-bound y out-bound ✓ Inventario al por mayor ✓ Distribución física
3. 1960-1970	Funciones integradas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Costo total ✓ Enfoque de Sistema ✓ Integración de la logística
4. 1970-mitad de 1980	Enfoque al cliente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantenimiento del inventario ✓ Productividad ✓ Redes vinculadas
5. Mitad de 1980 hasta 1996	Logística como factor diferenciador	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Suministro integrado ✓ Canal logístico ✓ Globalización ✓ Entorno logístico ✓ Tecnologías de la información y las comunicaciones
6. 1996 hasta el presente	Expansión de las fronteras y la actividad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Logística de respuesta al servicio ✓ Comportamiento intercompañías ✓ Dirección integrada de la cadena de suministro ✓ Desarrollo de la teoría ✓ Logística inversa

Fuente: Villafañe (2014)

Del término a la polisemia conceptual de logística

La logística es un concepto polisémico dada la infinidad de definiciones que pueden ser analizadas desde diferentes connotaciones. Por ejemplo, para el Diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2018), la logística es “conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución”. Por su parte, Ballou, define la logística como “todo movimiento y almacenamiento que facilite el flujo de productos desde el punto de compra de los materiales hasta el punto de consumo, así como los flujos de información que se ponen en marcha, con el fin de dar al consumidor el nivel de servicio adecuado a un costo razonable” (Ballou, 1999: 7).

Otros autores, como Adriaenséns y Flores, argumentan que la logística es “una función operativa importante que comprende todas las actividades necesarias para la obtención y administración de materias primas y componentes, así como el manejo de los productos terminados, su empaque y su distribución a los clientes” (2004: 282). Para Lamb, Hair y MacDaniel, la logística es un “proceso de administrar estratégicamente el flujo y almacenamiento eficiente de las materias primas, de las existencias y de los bienes terminados del punto de origen al de consumo” (2002: 383).

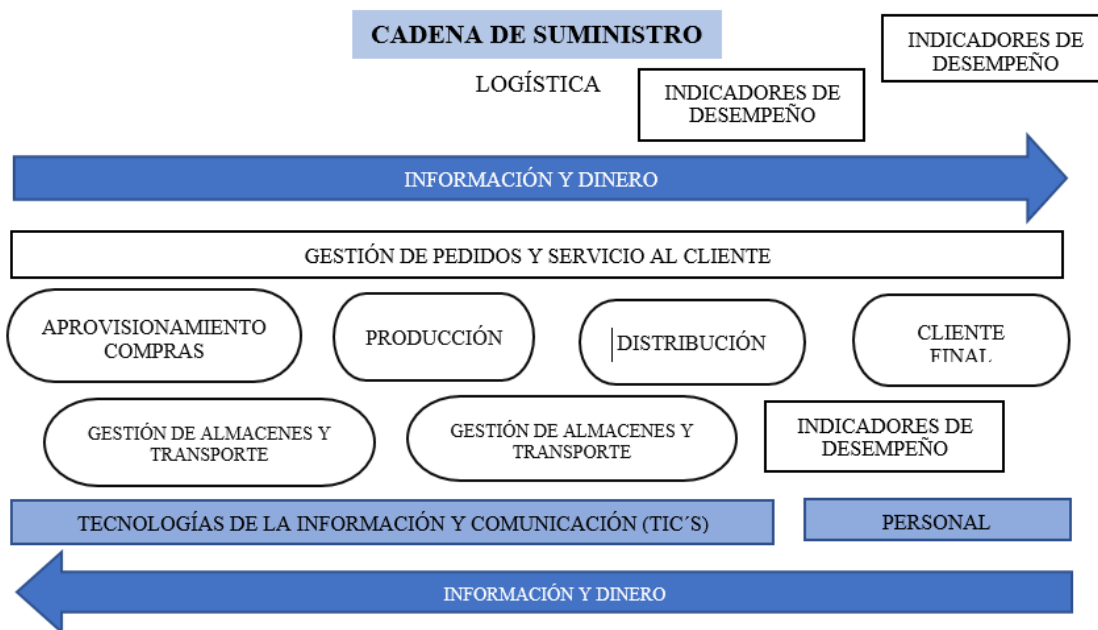
En tanto, Waters, sostiene que la logística puede ser considerada como un proceso integrativo que busca optimizar el flujo de productos e información a través de la organización y la operación hacia el consumidor (Waters, 2007: 21). Para Castellanos, la importancia de la logística reside en la necesidad de mejorar el servicio a un cliente, optimizando la fase de mercadeo y transporte al menor costo posible (Castellanos, 2009: 6). Entre las mejoras que se pueden encontrar están: la cadena de distribución debe mantener cada vez menos inventarios, niveles altos en la eficiencia en producción y desarrollo de sistemas de información. Todo ello, para lograr los siguientes beneficios: a) incremento en la competitividad y mejora de la rentabilidad para superar las condiciones del mercado global, b) optimización de la gerencia y la gestión logística comercial nacional e internacional, y c) ampliación de la visión gerencial para convertir la logística en un mecanismo para la planificación de las actividades internas y externas de la empresa (Zuluaga, Gómez & Fernández; 2014)

En este sentido, la logística es el “proceso integral que busca anticipar los requerimientos de los clientes, adoptando y administrando estratégicamente los recursos necesarios para asegurar la distribución de bienes, información y servicios hasta el cliente final, de forma completa, oportuna y a un costo justo. De tal manera que el objetivo de agregar valor se cumpla” (Franco, 2008: 71). Siguiendo a Franco “todas aquellas actividades que involucran el movimiento de materias primas, materiales y otros insumos, así como, todas aquellas tareas que ofrecen un soporte adecuado para la transformación de dichos elementos en productos terminados tales como las compras, el almacenamiento, la administración de los inventarios y los suministros, forman parte del proceso logístico. De ahí, que se entienda la logística como una cadena formada por tres eslabones principales que son abastecimiento, la producción y la distribución” (Franco, 2008: 71-72).

Como se puede observar, la logística es una actividad interdisciplinaria que vincula las diferentes áreas de la empresa, desde la programación de compras hasta el servicio postventa; pasando por el aprovisionamiento de materias primas; la planificación y gestión de la producción; el almacenamiento, manipuleo y gestión de stock, empaques, embalajes, transporte, distribución física y los flujos de información (Mora, 2008). Todo ello, hace que la logística se conozca como dirección de cadena de suministros, en otras palabras, la logística queda comprendida dentro de la cadena de suministro formando parte de ésta.

La cadena de suministro o *supply chain* (Figura 1.3) se encuentra constituida por instalaciones geográficamente dispersas por todo el mundo, donde la materia prima, los productos en proceso y los productos terminados han de ser adquiridos, transformados, ensamblados, almacenados y vendidos.

Figura 1.3 Cadena de suministro



Fuente: Zuluaga, Gómez & Fernández (2014: 95)

Como se ilustra en la figura, la cadena de suministro a través del empleo de las tecnologías de la información y comunicación genera la gestión de pedidos y servicio al cliente final teniendo presente indicadores de desempeño en la gestión de almacenes y transportes que tienen que ver con aprovisionamiento de compras, producción y distribución a través del retorno de información y dinero.

En la actualidad el mercado global impone todas las empresas esquemas de competencia entre cadena de suministros, en otras palabras, la competencia tradicional basada en productos ya no es suficiente para ganar los mercados y satisfacer a los clientes, quienes son cada vez más exigentes y quieren obtener mayores beneficios por parte de las empresas. En este sentido, para los clientes actuales, el valor que perciben de las empresas no sólo está en sus productos y servicios, sino en la forma en la que se ofrecen: en la agilidad, en la flexibilidad, en la capacidad de respuesta, en el nivel de servicio, en la personalización del producto o servicio, en la atención preventiva y postventa, y en una infinidad más de elementos de distinta índole (Romero & Elizondo, 2015: 127). De tal suerte, la cadena de suministro muestra un sistema complejo (Ackoff, 2010; Wolfram, 2002), cada vez mayor en sus distintas dimensiones, presentando un enorme número de elementos vinculados por múltiples relaciones no lineales, y sobretodo, que presentan comportamientos emergentes (Boccaro, 2004), que además, cambian en el tiempo (Romero & Elizondo, 2015).

El enfoque sistémico constituye una forma de abordar, representar y aproximar los distintos niveles de la realidad en la que nos encontramos. Su evolución a través del tiempo, adaptándose a las nuevas realidades, hace posible su aplicación a los más diversos problemas, de manera que el estudio de la cadena de suministro no ha sido la excepción y ha permitido el desarrollo de un marco de referencia para la toma de decisiones.

En la actualidad, el concepto de cadena de suministro en el mercado global considera que las empresas se encuentran dentro de un ambiente altamente competitivo donde las operaciones se extienden hacia el exterior de las empresas y de las naciones de donde son originarias, en dos sentidos: buscando proveedores que agregan valor a la cadena de suministro y buscando los mercados que han de ser capturados económicamente y que representan las mejores oportunidades de generar utilidades. De ahí, que el objetivo global de la cadena de suministro es generar las mayores utilidades –minimizando costos y maximizando ingresos-. Por ello, la generación de empleos (directos e indirectos), la productividad, la eficiencia, entre otros, no son los objetivos primordiales de las empresas globales ni de la cadena de suministro, son elementos que se requieren para alcanzar el objetivo global y, por ende, se deben encontrar subordinados a éste.

La globalización ha contribuido a la transformación de los sistemas logísticos de administración de la producción, favoreciendo a su vez la reestructuración de la organización territorial de la producción mundial a través del máximo aprovechamiento de las economías de escala; la obtención de ventajas competitivas de la especialización; la generación de oportunidades de racionalizar los costos; la creación de un consumidor homogéneo que, independientemente de su cultura, o de su localización, comparte funciones de preferencias parecidas (Jiménez & Hernández, 2002).

En este contexto, México y sus empresas tiene que evolucionar en las políticas de logística y cadena de suministro en el comercio exterior, pensando global y actuando localmente para competir en una economía cada vez más interrelacionada e interdependiente. Dicha interdependencia se consolida debido a la mayor integración de los sistemas de producción fragmentados³ manejados a escala mundial por múltiples empresas transnacionales⁴.

Políticas de logística y cadena de suministro en México

En México, los servicios en el comercio son factores clave para el crecimiento y el aumento de la competitividad en este ámbito. La cercanía geográfica de las economías de México y Estados Unidos y sus ventajas comparativas permitieron complementarse consolidando su integración económica-comercial con la entrada en vigor el 01 de enero de 1994, el Tratado de Libre de América del Norte (TLCAN)⁵ entre Canadá, México y Estados Unidos.

Es en 1983, cuando México firmó una Carta de Intención con el Fondo Monetario Internacional (FMI), en la que se comprometía llevar a cabo una revisión de los sistemas de protección arancelaria e iniciar procesos de apertura comercial. A partir de entonces, la apertura comercial ha significado una demanda creciente del sector exportador e importador del país, así como de otros sectores productivos y de servicios relacionados.

Desde de la logística, esto no sólo ha demandado el simple traslado o arrastre de carga entre países -transporte transfronterizo, de larga distancia y/o local-, sino también implicado el establecimiento de estrategias eficiente gestión de las cadenas de suministro involucrando tanto el sector público como privado (productores, proveedores y comercializadores), lo que ha implicado el desarrollo de mecanismos, procesos, capacidades y recursos varios con el propósito de ir transformando la logística mexicana en una disciplina más competitiva, productiva, integrada y especializada (Murguía, 2014)

De tal manera, que durante el periodo del TLCAN comenzaron a fortalecerse algunos factores que son considerados base de la evolución del sector logístico en la región de América del Norte.

Tabla 1.2 Factores el sector logístico en América del Norte

Factor	Propósito
Infraestructura	Desarrollo de estructuras como bodegas, naves industriales, almacenes, puertos marítimos, vías y carreteras, terminales intermodales y aeropuerto para potenciar las actividades relacionadas a cadenas de suministro, generando plataformas logísticas que faciliten la implementación de actividades comerciales y entregando mejores condiciones a las empresas que se dedican a la logística y transporte de productos a lo largo del país. La infraestructura ayuda a la productividad a través del apoyo de nuevas tecnologías y es impulsada desde el sector privado con la apertura al desarrollo por parte del sector público, lo que ha permitido a lo largo de los años atraer una mayor inversión extranjera.

³ Como resultado de la fragmentación de producción se origina automáticamente un proceso intenso de terciarización “outsourcing” de la producción, intensificando las redes empresariales integradas por medio de cadenas de logísticas de suministro.

⁴ las empresas transnacionales son sociedades que poseen y controlan medios de producción o servicios fuera del país en el que están establecidas.

⁵ El TLCAN ha sido renegociado por los gobiernos de México, Estados Unidos y Canadá y denominado en 2018 como T-MEC tras su aprobación por los poderes ejecutivos, respectivamente. Sin embargo, hoy en día sólo el congreso mexicano ha secundado dicha aprobación, falta el congreso de Estados Unidos y Canadá, para que pueda entrar en vigor.

Tecnología	La tecnología es piedra angular de la empresa, el desarrollo de los sistemas de información más especializados y confiables (WMS ⁶ , TMS ⁷ , YMS ⁸ , GPS ⁹ , etc.), las redes que soportan la infraestructura, la transmisión segura de datos, la conectividad con los sistemas de los clientes y con la base de proveedores son algunas de las cosas que han empujado a todos los participantes a mejorar la calidad de sus servicios, ofreciendo soluciones que garanticen mayor eficacia y seguridad a los clientes
Certificaciones	Aumenta la satisfacción de sus clientes, a mejorar costos, a tener un valor mayor en sus productos (Lean Six Sigma ¹⁰ , ISO ¹¹ , C-TPAT ¹² , FAST ¹³ , etc.). Además de proveer de credibilidad y confianza a los socios de la empresa, también permiten el desarrollo de otro sector de la industria, ya que hay muchas empresas que están atrás soportando el éxito de ellos al permitirles tener y mantener sus certificaciones.
Creación de asociaciones	Muchas organizaciones relacionadas con la logística se han ido conformado en los últimos 20 años, y son quienes representan los intereses de los jugadores del gremio logístico y quienes ayudan a regular negociaciones entre el sector público y el privado, participando en acciones que benefician el funcionamiento de la logística en el país, como por ejemplo, la Asociación Mexicana de Operadores Logísticos.
Educación logística	En 1994 en México no había formación universitaria que abordara temas de logística específicos, la educación existía parcialmente y en un nivel más técnico. Sin embargo, el aumento en la demanda de servicios de este tipo ha generado una evolución en la educación relacionada con este sector. Hoy en día, se pueden encontrar planes de estudio a nivel licenciatura o maestría, así como diplomados especializados en temas de logística y transporte, lo que ha permitido una profesionalización de los servicios en gran parte del sector logístico.
Cultura del outsourcing y consultoría	Otro factor que también ha crecido en los últimos 20 años permite la tercerización de los servicios (3PL's y 4PL's o LLP ¹⁴), herramienta que está ascendiendo y entiende las necesidades de las empresas actuales, jugando un papel muy importante en el mundo de la logística a nivel global.
Servicios logísticos	La oferta de servicios y soluciones que proveedores logísticos ofrecen en el mercado mexicano ha contribuido a trasladar beneficios a sus clientes en términos de costos y mejora en los niveles de atención al cliente a través de la excelencia y experiencia operativa.

Fuente: Elaboración propia con base a Murguía (2014)

Cabe mencionar, que la tercerización de los procesos logísticos comenzó a desarrollarse entre 1980 y 1995, por medio de Third-Party-Logistics (3PL's), los cuales son operadores logísticos que proveen servicios básicos, algunos ofrecen servicios de manejo de información y cuentan con alta cobertura geográfica y escasa especialidad funcional, con la ventaja de poder operar en varias industrias (Figura 1.4).

⁶ *Warehouse Management System* (WMS), es un Sistema que contribuye a la administración del suministro de la materia prima en los almacenes, además de controlar las órdenes de pedido de los clientes. Permiten contar con información en tiempo real sobre el nivel de utilización y rotación de la materia del almacén con lo que se reducen los costos de optimización de procesos, ayuda en un mejor nivel de servicio y reduce de manera significativa los tiempos de entrega.

⁷ *Transportation Management System* (TMS), analizan las mejores alternativas de transporte y rutas para optimizar los costos y tiempos de traslado.

⁸ *Yard Management System* (YMS) es un sistema de administración de patios que permite controlar los muelles de recepción y despacho, el rastreo y seguimiento del movimiento de los camiones a través de tecnología de localización en tiempo real.

⁹ *Global Positioning System* (GPS) es un sistema de navegación que permite determinar la posición de cualquier objeto (persona, vehículo) en tiempo real con una precisión de centímetros.

¹⁰ Es un enfoque para la mejora empresarial que se centra en la reducción de las variaciones en todos los procesos de trabajo. La reducción sistemática de variación genera procesos de alta calidad, que a su vez, suponen una mejora de la satisfacción de los clientes y mayores beneficios.

¹¹ Es la Organización Internacional de Normalización, cuya principal actividad es la elaboración de normas técnicas empresariales.

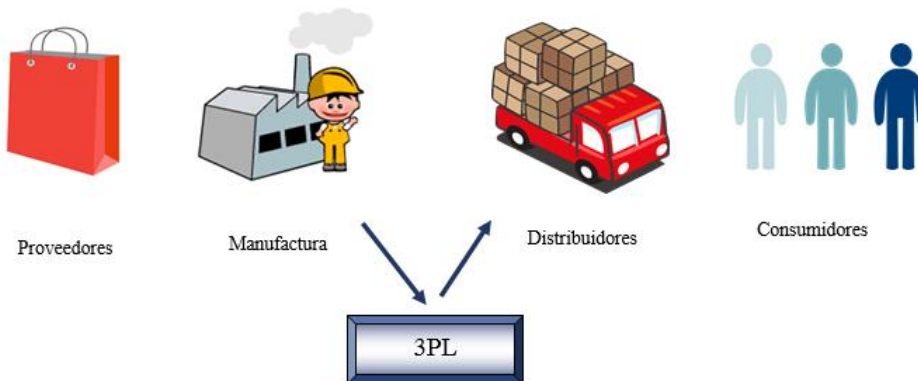
¹² *Customs-Trade Partnership Against Terrorism* (C-TPAT) es una iniciativa entre el gobierno de los Estados Unidos y la iniciativa privada con la finalidad de garantizar la seguridad en las distintas áreas de la cadena de suministro y la seguridad en las fronteras. La C-TPAT surgió a raíz de los atentados del 11 de septiembre de 2001 en Nueva York como un esfuerzo del gobierno estadounidense por incrementar la seguridad fronteriza.

¹³ Es conocer los procesos de la empresa de forma expedita que permita tener un panorama general en corto tiempo, un promedio de cuatro semanas, dependiendo de la complejidad de los procesos internos y externos de la empresa y el alcance que se establezca.

¹⁴ En la etapa inicial *Lead Logistic Provider* (LLP) debía ser capaz de diseñar una solución logística óptima lo cual implicaba entender la cadena de suministro, los niveles de servicios requeridos y la estructura de costos. También debía definir los responsables de ejecutar los servicios los cuales los podía realizar directamente o bien a través de otros proveedores logísticos como *Third-Party-Logistics* (3PL's), *Fourth-Party-Logistics* (4PL's).

A partir de 1995, surgieron los servicios de tercerización ofrecidos por Fourth-Party-Logistics (4PL's), los cuales son considerados un socio de la cadena de suministro, pues poseen alto conocimiento del negocio del cliente, cuentan con un alto compromiso con base a objetivos comunes, tiene capacidad de innovación, alta inversión tecnológica que abarca a toda la cadena de suministro y aplican las mejores prácticas globales (Figura 1.5). De tal manera, que ambos tipos de servicios logísticos atendían a la demanda de los clientes y a los retos que enfrentaban en su momento (USAID/México, 2014: 31).

Figura 1.4 Relación de los 3PL en la cadena de suministro

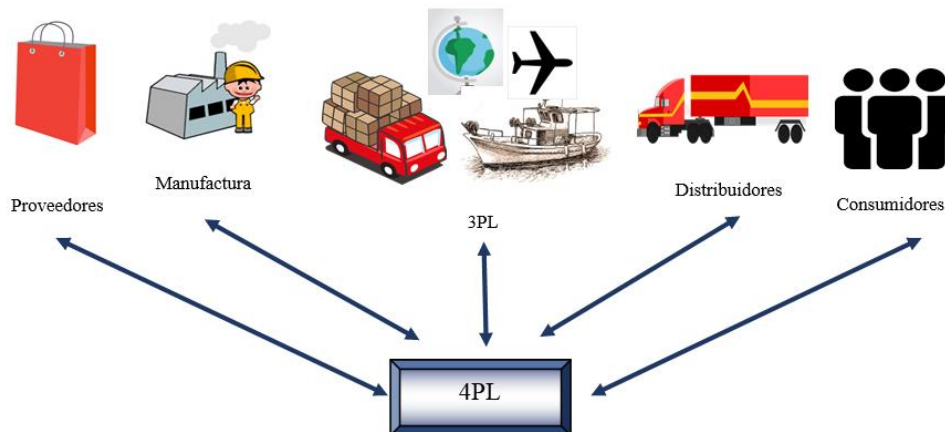


Fuente: USAID/México (2014: 32)

Nota: Los 3PL reciben el producto de las empresas que los contratan, desarrollan sus actividades y entregan a los clientes de estas empresas.

La figura 1.4 describe la terciarización de los procesos logísticos a través de los proveedores, la manufactura y los distribuidores para la cadena final representada por los consumidores. Por su parte en la figura 1.5, los servicios de terciarización ofrecidos por la 4PL's permite mejorar dada su alta inversión tecnológica y capacidad de innovación, la cadena de suministro representado por los proveedores, la manufactura, el transporte multimodal y los distribuidores para llegar a los consumidores.

Figura 1.5 Relación de los 4PL en la cadena de suministro

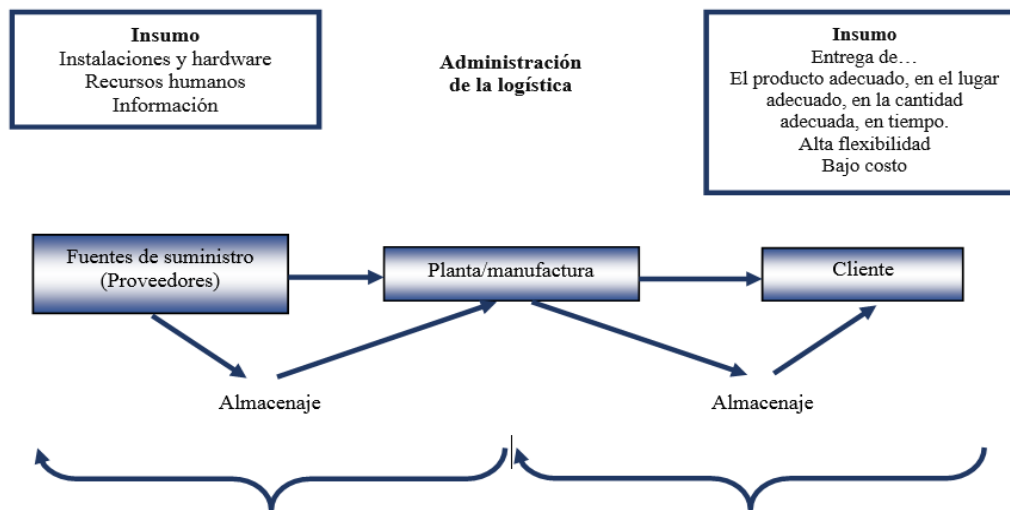


Fuente: USAID/México (2014: 32)

Nota: Los 4PL necesitan mantener relaciones fuertes con la mayoría de los actores de la cadena, funcionando como una torre de control para todos los participantes.

En general, para los especialistas los servicios logísticos han incorporado un gran valor agregado gracias a las tecnologías de información y comunicación por medio de actividades de planificación y sistemas de última generación, pues los servicios de los proveedores logísticos se encuentran presentes a lo largo de toda la cadena de suministro (figura 1.6).

Figura 1.6 Presencia de los servicios otorgados por los proveedores de logística a lo largo de la cadena de suministro



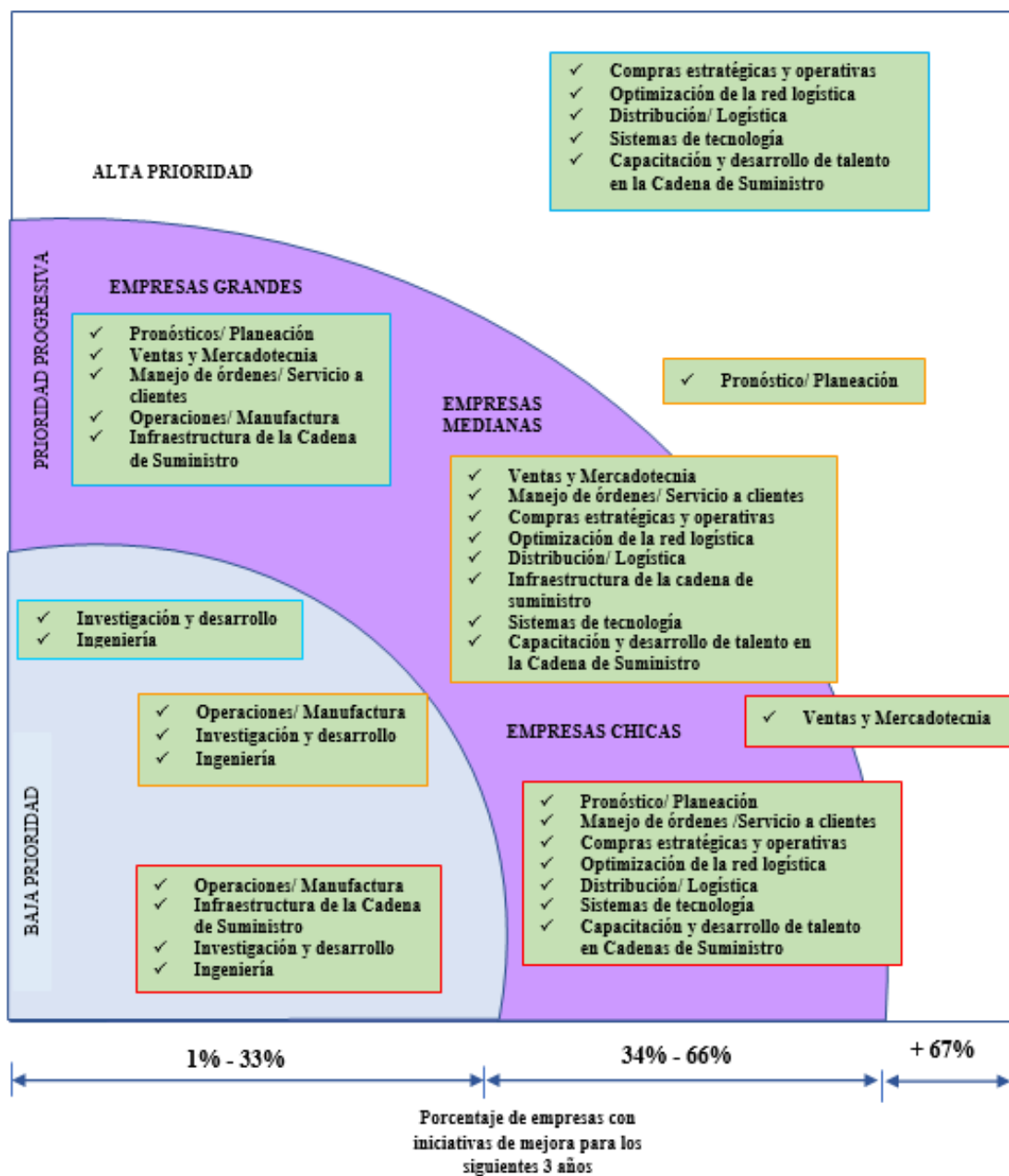
Fuente: USAID/México (2014: 35)

La figura 1.6 muestra la logística de abastecimiento y logística de entrega. La primera integrada por la fuente de suministro (proveedores) y la planta/manufactura que comprende los insumos (instalaciones, hardware, recursos, información y recursos financieros). La segunda está compuesta por la planta/manufactura y el cliente cuyos insumos son la entrega del producto adecuado, en el lugar adecuado, en la cantidad adecuada, en tiempo y a bajo costo. Todo ello, bajo un proceso de retroalimentación de ambas logísticas enmarcado en la visión holística de la administración logística. En la actualidad se pueden incluir en los factores del sector logístico: a) análisis y diseño de flujos de insumos y productos en las cadenas de suministro, b) diseño y operación de redes de distribución y administración de servicios de transporte -arrendamiento, terceros, multimodal, entre otros-, c) consolidación de embarques y programación de embarques y programación de servicios, d) integración de servicios transfronterizos -transporte cruce, aduana, documentación, sistemas de seguridad, patio, entre otros-, e) administración de inventarios (incluyendo programas de VMI), f) almacenamiento (diseño, ubicación y operación de los almacenes, y *cross docks*), g) procesamiento de pedidos, h) actividades de valor agregado (*kitting*, etiquetado, maquila, *postponement*, selección y reemplazo de componentes, documentación y equipos, compras, embalaje, entre otros), i) manejo de materiales, j) logística inversa, k) programación de producción (secuenciación y alimentación a líneas de producción), y l) tecnología de información, incluyendo recolección, procesamiento, análisis de datos e integración de sistemas, por mencionar algunos (Murguía, 2014).

Dentro del crecimiento de la logística en México ésta se ha orientado a la apertura del mercado orientada a la globalización lo que permite mayor competitividad y mejora en los niveles de servicio. El fenómeno del *nearshoring* en el que las empresas prefieren tener sus fábricas en otros mercados cercanos a sus clientes están dejando de producir en lugares como China por su mano de obra barata, trayendo sus plantas a países situados en zonas más cercanas a sus consumidores principales como México, el cual cuenta con una alta calidad en servicios de manufacturación, que genera confianza e inversión (Murguía, 2014). Sin embargo, especialistas en el tema consideran que existen muchos retos que la logística doméstica e internacional tiene que enfrentar tales como: i) visibilidad de principio a fin en las cadenas de suministro globales, ii) seguridad de la mercancía y de los activos, iii) colaboración y sincronización entre cadenas de suministro globales, iv) cambio climático y energías renovables, v) crecimiento y ampliación de las tecnologías de información, vi) mejora continua en las condiciones y características de la infraestructura física (puertos, aeropuertos, carreteras federales, caminos y vialidades locales, entre otros), vii) adecuación y cumplimiento de las leyes y reglamentos para una logística competitiva, integral y eficiente, entre otras. En este contexto, un estudio comparativo de las prácticas y tendencias en México, sobre la eficiencia de la cadena de suministro, realizado en 2017 y analizada por Deloitte considera que: a) las empresas que logren mejoras sustanciales en su planeación de demanda destacarán dentro de su industria, dado que el 69% de las empresas identifican que la planeación de la demanda es uno de los principales retos en la cadena de suministro.

Sin embargo, solamente las empresas medianas ponen la planeación y pronóstico como una iniciativa de mejora de alta prioridad en los próximos tres años; b) la capacitación y el desarrollo humano deben tomar un rol más relevante en las empresas, pues el 61% de ellas identifica que la mano de obra calificada es uno de los principales restos de la cadena de suministro. Pero solamente la industria logística coloca la capacitación y desarrollo de su personal como prioridad de su plan en los siguientes tres años; c) las inversiones y mejoras en procesos y tecnologías seguirán siendo las iniciativas predominantes, ya que el 25% de los ejecutivos ha implementado tecnología para mejorar su cadena de suministro. Las empresas grandes dan prioridad a sistemas de tecnología mientras, que las medianas y pequeñas lo incorporan progresivamente como parte de su plan en los próximos tres años. El 60% de los encuestados considera que aún no es totalmente satisfactorio lo que ha implementado; d) todas las partes de la cadena de suministro son tercerizables, las empresas que mejor definan su estrategia podrán tener beneficios diferenciales. En promedio el 47% de las empresas ha tercerizado algún área de su logística como parte de su estrategia enfocándose a su negocio principal, sin embargo, el 35% de los ejecutivos muestran incertidumbre en la tercerización de las áreas (Deloitte, 2017). De acuerdo con la encuesta de Deloitte (2017), las empresas grandes, medianas y pequeñas se han dado a la tarea de realizar un plan de implementación de iniciativas en el que sus prioridades dependen de su grado de participación en el mercado y tamaño de la empresa, respectivamente, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.7 Plan de implementación de iniciativas en los próximos 3 años



Empresa chica – Menos de \$500 MMXN
 Empresa mediana – Entre \$500 y \$5,000 MMXN
 Empresa grande- Entre \$5,000 y \$10, 000 MMX

Fuente: Consultoría Deloitte (2017).

La figura 1.7 describe las prioridades de las empresas chicas, medianas y grandes, las cuales se diferencian por la logística que emplean. La prioridad de las empresas chicas se basa en una logística de ventas y mercadotecnia, mientras las empresas medianas comprenden una logística de pronóstico/planeación incorporando la infraestructura de cadena de suministro. Por último, las empresas grandes tienen como alta prioridad la ingeniería, la investigación y el desarrollo. En lo general, durante las últimas dos décadas se puede decir que ha habido crecimiento y desarrollo para todas aquellas empresas que han sido capaces de entender la dinámica de los mercados. Y para aquellos proveedores de servicios logísticos que han sido capaces de crecer junto con sus clientes en la región de Norteamérica (TLCAN), contribuyendo al desarrollo de México en este sentido y construyendo en el mercado mexicano relaciones de largo plazo, satisfaciendo las necesidades logísticas de sus clientes y proveyendo valor en diferentes industrias, diferentes geografías dentro de México y en la zona fronteriza con Estados Unidos.

Conclusiones

A raíz de la apertura comercial de la economía mexicana se ha presentado una demanda creciente del sector exportador e importador del país, así como de otros sectores productivos y de servicios relacionados. Lo que ha implicado establecer políticas de logística eficientes que se encuentran presentes a lo largo de toda la cadena de suministro involucrando tanto al sector público como privado (productores, proveedores y comercializadores), con el propósito de ir transformando la logística nacional en una disciplina más competitiva, productiva, integrada y especializada, en un contexto económico globalizado.

En este sentido, la globalización redefinió las funciones del Estado mexicano como facilitador de factores de infraestructura, educación logística, servicios logísticos, entre otros, para que tanto el sector público como privado se vuelvan internacionalmente competitivos. Sin embargo, existen retos para la economía nacional tales como la mejora continua en las condiciones y características de la infraestructura física (puertos, aeropuertos, carreteras federales, caminos y vialidades locales, entre otros), la adecuación y cumplimiento de las leyes y reglamentos para una logística competitiva, integral y eficiente.

Las políticas de logística y cadena de suministro en México y sus empresas evolucionan en el mundo del comercio exterior pensando holísticamente y actuando de manera local lo que les permite competir y ganar mercados en una economía globalizada, caracterizada por sistemas de producción fragmentados que son manejados a escala mundial por múltiples empresas transnacionales.

Referencias

- Ackoff, R. (2010). *El paradigma de Ackoff. Una administración sistémica*. México: Limusa
- Adriaenséns, Marianela & Flores, Miguel Ángel. (2004). *Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante*. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill.
- Ballou, Ronald H. (1999). *Business Logistics Management*. México: Prentice Hall.
- Boccaro, Nino. (2004). *Modeling Complex Systems*. New York, USA: Springer-Verlag. Disponible en <http://www.fulviofrisone.com/attachments/article/412/modeling%20complex%20systems%20-%20boccaro.pdf>
- Bohórquez Vásquez, Ella Cecilia & Puello Fuentes, Roy Alfonso (2013). *Diseño de un modelo de gestión logística para mejorar la eficiencia organizacional de la empresa Coralinas & Pisos S.A. Corpisos S.A. en el Municipio de Turbaco, Bolívar*. Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Disponible en https://www.academia.edu/10602946/DISE%C3%91O_DE_UN_MODELO_DE_GESTI%C3%93N_L%C3%8DSTICA_PARA_MEJORAR_LA
- Castellanos Ramírez, Andrés (2009). *Manual de la gestión logística del transporte y la distribución de mercancías*. Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte. Disponible en https://www.academia.edu/24339874/Manual_de_gestion_logistica_del_transporte_distribucion_de_mercancias

- Consultoría Deloitte (2017). Eficiencia en la cadena de suministro. Estudio comparativo de prácticas y tendencias en México. México: Socio de Estrategia y Operaciones en Consultoría Deloitte México. Disponible en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/strategy/SoyLogistico.pdf>
- Council of Supply Chain Management Professionals (2014). Documento. Disponible en <http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>
- Lamb, Charles, Hair, Joseph & McDaniel, Carl. (2002). Marketing. México: International Thomson Editores S.A.
- Luttwak, E. A. (1971). Dictionary of Modern War. New York: Harper & Row,
- Franco Vázquez, Pablo César (2008). Aproximación teórica al concepto integral de logística. Revista Región & Gestión, 6, 65-90. Disponible en <https://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/gestionregion/article/viewFile/903/854>
- Guide, Van Wassenhove (2002). La cadena de suministro. Revista de Negocios Harvard, 80 (2), 25–26.
- Jiménez Sánchez, José Elías & Hernández García, Salvador (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico. Querétaro, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 215. Disponible en <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt215.pdf>
- Mora G., Luis Aníbal (2008). Gestión logística Integral. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Murguía, Luis (2014). Evolución y crecimiento de la logística en México. Disponible en <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/71248-evolucion-y-crecimiento-la-logistica-mexico>
- Romero Pimentel, Roberto & Elizondo Cortés, Mayra (2015). Coordinación de la cadena de suministro: de la administración tradicional al enfoque sistémico. En Téllez Vázquez, Sandra, Cedillo Campos, Miguel Gastón & Jiménez García, José Alfredo. Logística y cadena de suministros: tendencias y desafíos en México. Guanajuato, México: Universidad Politécnica de Guanajuato, 127-144.
- Servera-Francés, David (2010). Concepto y evolución de la función logística. Innovar Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, 20(38), 271-234. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>
- Tzu, Sun (2005). El arte de la guerra. Estado de México: Ediciones Leyenda
- USAID/México (2014). Estudio de indicadores del desempeño logístico de las cadenas de suministro en México. México: Secretaria de Economía.
- Villafañe Alonso, Pablo (2014). Análisis de la cadena de suministro y su relación con la logística: caso del Centro de Michelin Valladolid. España: Universidad de Valladolid. Disponible en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/11781/PFM-P-145.pdf?sequence=1>
- Waters, D. (2007). Global logistics: New Directions in Supply Chain Management. The United Kingdom: Kogan Page Publishers.
- Wolfram, Stephen. (2002). A new kind of science. Champaign, IL: Wolfram Media Inc. Disponible en <https://www.ams.org/journals/bull/2003-40-01/S0273-0979-02-00970-9/S0273-0979-02-00970-9.pdf>
- Zuluaga Mazo, Abdul, Gómez Montoya, Rodrigo A. & Fernández Henao, Sergio A. (2014). Indicadores logísticos en la cadena de suministros como apoyo al modelo scor. Revista Clío América, 8(15), 90-110. Disponible en <http://oaji.net/articles/2016/3167-1472232109.pdf>

Capítulo 2 Cadenas de suministro y AnyLogic

Chapter 2 Supply chains and AnyLogic

RODRÍGUEZ-PÉREZ, Ivonne†*

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Ivonne Rodríguez-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0003-2982-2676, **Thomson:** B-2499-2016, **CVU CONACYT ID:** 57736

DOI: 10.35429/H.2020.1.15.26

I. Rodríguez

* irodriguezp@uaemex.mx

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

Actualmente las cadenas de suministros, otorgan ventajas competitivas a las empresas; por esta razón las Instituciones de Educación Superior, han puesto interés en el diseño y fortalecimiento de programas de estudio que desarrollen competencias en dicho ámbito. Derivado de esta necesidad se buscó, mediante el uso del método descriptivo las herramientas digitales (de simulación y optimización) que faciliten el aprendizaje de conceptos en logística y cadena de suministros, innovando así el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos. Considerando lo anterior, serán capaces en el ámbito laboral de mejorar las operaciones logísticas, contemplando la complejidad del negocio, los contextos cambiantes y las necesidades corporativas, usando herramientas de simulación y optimización. Estas han surgido en el sector logístico como una alternativa tecnológica para eficientar los procesos a partir de la previsión y el análisis de escenarios que contemplan las diferentes variables internas y externas de los negocios.

Educación, Simulación, Cadena de suministros

Abstract

Nowadays, supply chains give companies competitive advantages; For this reason, the Higher Education Institutions have put an interest in the design and strengthening of study programs that develop competences in this area. Derived from this need, the digital tools (simulation and optimization) that facilitate the learning of concepts in logistics and supply chain were sought through the use of the descriptive method, thus innovating the teaching and learning process of the students. Considering the above, they will be able in the workplace to improve logistics operations, contemplating the complexity of the business, changing contexts and corporate needs, using simulation and optimization tools. These have emerged in the logistics sector as a technological alternative to streamline processes based on forecasting and analyzing scenarios that contemplate the different internal and external variables of business.

Education, Simulation, Supply chain

Introducción

La complejidad en la administración de las cadenas de suministros ha crecido exponencialmente, imponiendo retos a los responsables de la toma de decisiones. Es necesario que los estudiantes que cursan materias en el ámbito de la Logística y Cadenas de Suministros desarrollen competencias necesarias para tomar decisiones efectivas. Para desarrollar dichas competencias los estudiantes deben entender de forma sistémica la naturaleza de los problemas implicados en la administración de las cadenas de suministro, y sobre todo los problemas estructurales que generan obstáculos de comunicación y coordinación en las redes logísticas.

Los profesores que imparten cursos en estas áreas también enfrentan el reto de proveer herramientas de aprendizaje que faciliten la comprensión de la complejidad por parte de los estudiantes, y que estos desarrollen las competencias necesarias para la toma de decisiones efectivas.

La intensificación del comercio mundial genera fuertes presiones sobre los sistemas de transporte y la infraestructura logística para manejar los elevados volúmenes de mercancías y otros bienes necesarios para la producción y el consumo.

La complejidad de los sistemas logísticos es tal que los enfoques tradicionales de aprendizaje son insuficientes para desarrollar el capital humano que se requiere. El enfoque sistémico que se puede lograr mediante la simulación, facilita la modelación de la complejidad y al mismo tiempo el desarrollo de los modelos, así como la utilización de los mismos, permitirá que los estudiantes asimilen la complejidad y desarrollen las capacidades necesarias para tomar decisiones efectivas en relación con el diseño y operación de las cadenas de suministros.

El enfoque de sistemas puede aportar elementos valiosos para la comprensión de la complejidad de las cadenas de suministros, permitiendo modelar características relevantes de los sistemas logísticos que escapan del alcance de los modelos de optimización tradicionales.

Cadena de suministro

En algunas ocasiones parecen iguales, el concepto de logística con el de cadena de suministro. Ambos procesos están muy relacionados entre sí, de hecho hay quienes utilizan ambos términos indistintamente.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) realiza una diferenciación y afirma que la logística implica el planeamiento y control de todas las actividades relacionadas con el suministro, fabricación y distribución de los bienes y servicios de una empresa; mientras que la cadena de suministro es la que eslabona a todas las compañías (proveedores de bienes y servicios y clientes), desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto terminado. Se podría decir que han existido desde la antigüedad, cuando los orígenes de lo que se convertiría en cadenas de suministro lineales, movían los productos desde el origen hasta el punto de distribución.

En el camino, las redes comerciales y las rutas se multiplicaron, la comunicación se simplificó para ayudar a que los procesos de administración de la cadena de suministro fluyan de manera eficiente. Con el tiempo, estas redes de suministro evolucionaron para convertirse en modelos de gestión de la cadena de suministro (SCM) más sofisticados y complejos. Durante algún tiempo, estas soluciones de la cadena de suministro permanecieron aisladas, gestionadas por profesionales especializados que trabajaron para hacer que su proceso o sistema particular fuera eficiente. Con la aparición de las computadoras, y el uso de soluciones de SCM locales que automatizaron y optimizaron los procesos, permitieron que las cadenas de suministro aumentaran y así satisfacer las demandas de la globalización. La cadena de suministro es en un concepto con el cual las empresas mejoran las relaciones con los clientes y proveedores alcanzando una ventaja competitiva.

(Ballou, 2004), define cadena de suministro como un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor. Considerando lo anterior una cadena de suministro busca añadir valor al cliente, mejorar las relaciones con proveedores y aumentar las ganancias a los accionistas.

Según (Terrado, 2014), la cadena de suministro se compone de: logística de entrada, fabricación o logística interna, y distribución o logística de salida. Cuando estos tres elementos interactúan y coordinan actividades, se considera la creación y funcionamiento de la cadena de suministro.

Características de la Cadena de suministro

- Es dinámica e implica un flujo constante de información, productos y fondos en las diferentes etapas.
- El cliente es parte primordial de las cadenas de suministro. El propósito 1 de las cadenas de suministro es satisfacer las necesidades del cliente.
- Una cadena de suministro típica puede abarcar varias etapas que incluyen: clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, proveedores de componentes y materias primas.
- Cada etapa de la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y fondos.
- No es necesario que cada una de las etapas esté presente en la cadena de suministro.
- El diseño apropiado de la cadena de suministro depende de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

La cadena de suministro se basa en tres etapas:

Figura 2.1 Fases de la cadena de suministro



Fuente: Elaboración Propia

- **Suministro:** Se basa en el cómo, cuándo y dónde se obtienen los artículos que sirven como materia prima para la fabricación de cierto producto.
- **Fabricación:** Como su nombre lo indica, se basa en convertir toda esa materia prima en productos terminados, los cuales serán útiles para determinada población.
- **Distribución:** Este proceso se encarga de que dichos productos lleguen a las manos de los consumidores ¿Cómo? A través de una diversidad de redes de distribuidores, minoristas o comercios, Fig. 2.1.

Si bien las soluciones tradicionales de la cadena de suministro se enfrentaron a los primeros desafíos de una economía mundial con una mentalidad creciente, finalmente llegaron a sus límites. Los bienes y la información no podría cruzarse fácilmente de una parte de la cadena de suministro a la siguiente implicaba un esfuerzo manual y un alto potencial de errores. La visibilidad del inventario y la administración de transporte estaban limitadas por sistemas que no estaban integrados. Las organizaciones necesitaban más información con vistas en tiempo real en toda la cadena de suministro.

La llegada de internet cambió la forma en que funcionaban los sistemas tradicionales de la cadena de suministro. Un mercado más dinámico y centrado en el cliente exigía formas de trabajo más inteligentes y ágiles. Esperar que las mercancías fueran transportadas de un fabricante a una sala de exposición se había convertido en una opción para el consumidor.

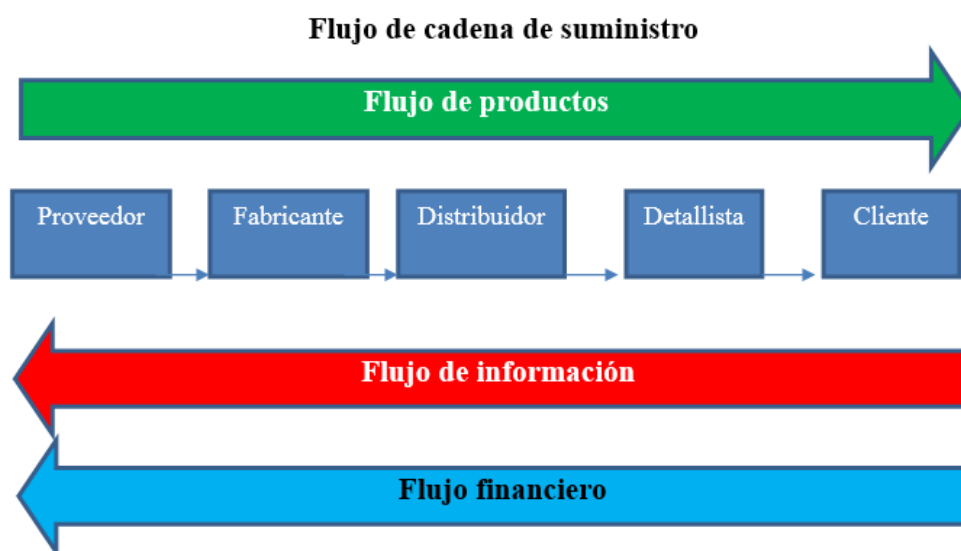
Gestión de la cadena de suministro (SCM)

La Gestión de la Cadena de Suministro o en inglés Supply Chain Management (SCM), es definida por el Council of Logistics Management como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esas funciones de negocio, al interior de una empresa y entre los diferentes procesos de la cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto de la empresa individualmente como de toda la cadena de suministro en general.

Se puede decir que la SCM tiene como objetivo garantizar las interacciones de los elementos logísticos, con el fin de que en la cadena de suministro se presente un flujo de productos e información óptimo, que permita la reducción de costos y el aumento de la satisfacción de los clientes. Cabe hacer mención, que el uso de las TIC ha facilitado que la SCM cumpla sus objetivos, debido que estas permiten el almacenamiento y transmisión de información logística, para la toma de decisiones. La SCM es un medio para que la empresa reduzca los costos y satisfaga las necesidades de los clientes, mejorando la competitividad.

SCM se puede dividir en 3 flujos que son:

Figura 2.1 Fases de la cadena de suministros



Fuente: Elaboración Propia

- **Flujo de productos:** Este flujo engloba todo lo relacionado con la actividad que tiene la mercancía, abarcando el movimiento de productos que se tienen con los proveedores y los clientes, devoluciones que se puedan realizar y las necesidades de los servicios.
- **Flujo de información:** Está vinculado con todos los procesos de comunicación de los pedidos y la información que se maneja con respecto a las entregas realizadas.
- **Flujo financiero:** Abarca los calendarios de pago de la empresa. Fig. 2.2

Importancia de una eficiente gestión de suministro

Considerando lo anterior es conveniente tener en cuenta las razones del por qué es necesario contar con una eficiente gestión de la cadena de suministro:

- **Fidelidad de los clientes:** Como se tienen procesos productivos con eficiencia, se logran dar tiempos de respuesta casi inmediatos al cliente, mejorando los tiempos de entrega.

En consecuencia, los clientes siempre tendrán en mente a la compañía cuando tengan la necesidad de adquirir cierto producto, por ello, al lograr que la experiencia de compra sea satisfactoria, lo más probable es que repitan la compra.

- **Se cuenta con un control más efectivo:** Como todo el proceso se tiene bien definido, se logra conocer en tiempo real en que instante de la cadena de producción se encuentra el producto.

Esto garantiza que se tenga un mayor control con los proveedores, alcanzando una mayor cantidad de ofertas y un seguimiento a las fechas de entrada de los suministros, producción y demás procesos, los problemas diarios se reducen a su mínima expresión.

- **Se reducen costos:** Se logra que los costos se minimicen en un porcentaje considerable.
- **Se potencia la empresa:** Una eficiente gestión de la cadena de suministro no solo traerá a la empresa todos los beneficios descritos anteriormente, sino que además es capaz de hacer que la compañía sea líder en el sector en el cual se desenvuelve.

En otras palabras, el negocio despuntará en el mercado, haciendo que sea líder en el sector y manteniéndose por encima de tus competidores. Además, los clientes jugarán un papel importante, puesto que convertirán a la empresa en un referente.

- **Todos trabajan como uno solo:** Al tener claro cuáles son las funciones que desempeña cada integrante de la cadena, se comienza a trabajar de una forma organizada y sincronizada, haciendo que el producto llegue a los consumidores finales en las mejores condiciones posibles.

TIC y SCM

De acuerdo a la Asociación Americana de las Tecnologías de la Información, ITAA (como se citó en Correa y Gómez, 2008) las TIC son consideradas como “el estudio, el diseño, el desarrollo, el mantenimiento y la administración de la información por medio de sistemas informáticos, esto incluye no solamente la computadora, el medio más versátil y utilizado, sino también los teléfonos celulares, la televisión, la radio, etc”.

Adicional a esta definición, es importante considerar la perspectiva otorgada por Cabrero (1998), en donde contempla que las TIC giran de forma interactiva en torno a la informática, las telecomunicaciones y la microelectrónica, permitiendo así nuevas realidades comunicativas. Las TIC, se han convertido en una ventaja competitiva para las empresas, ayudan en la transformación de los negocios, integración de procesos, mejora la productividad y la comunicación entre empresas, han influido positivamente en el funcionamiento de las cadenas de suministro, ya que se manejan en un ambiente globalizado, donde la información oportuna y de calidad se convierte en el mejor aliado.

Los objetivos de las TIC en la SCM, son: a) Proporcionar información disponible y visible; b) Tener en un solo punto el acceso a los datos; c) Facilitar la toma de decisiones basadas en el hecho que se tiene información de toda la cadena de suministro y d) Permitir la colaboración entre los actores de la cadena de suministro. (Simchi-Levi ,2013)

Dentro de las TIC se encuentran diversas herramientas para procesos logísticos de cadenas de suministros, las cuales reducen los costos, mejora en el flujo de información y sincronización de procesos. Entre las que se encuentran las de simulación.

Dentro de las ventajas generales se abarca la optimización de la gestión administrativa interna y el mejoramiento al acceso de la información. El acceso a información confiable y de calidad facilita la ejecución de los procesos internos, dado que permite tomar decisiones en menores tiempos y con mayor exactitud; disminuyendo considerablemente la posibilidad de cometer errores (Ueki, Tsuji y Olmos, 2005).

Por otra parte, la aplicación de TIC ofrece la oportunidad de construir relaciones más cercanas con los clientes y facilita la obtención de nuevas oportunidades comerciales. Los clientes son la razón de ser de las empresas, es por esto que al conocer información a mayor profundidad sobre sus gustos, comportamientos y percepciones, se fortalece el vínculo comercial creado desde la primera venta, y se aumenta la posibilidad de crear nuevos lazos comerciales, gracias a la personalización de bienes y servicios (Apiyo, 2010).

Se considera otra ventaja el mejorar la competitividad en lo que se refiere a la gestión de materiales, control de calidad y fluidez de las operaciones. El desarrollo de aplicaciones y software ha permitido contar con una mayor trazabilidad de los productos a través de los múltiples procesos en los que se ven involucrados. Gracias a dicha trazabilidad, la ubicación de productos y el reconocimiento de errores a la hora de su producción o distribución, disminuye el desgaste de recursos humanos y técnicos en la corrección de fallas en los procesos (Evangelista et al., 2003).

Las TIC en la cadena de suministro proporcionan una reducción en los ciclos de tiempo, optimización de inventarios, disminución del efecto látigo, y un mejoramiento en la efectividad de los canales de distribución. Pero dichos beneficios pueden variar de acuerdo al método de implementación al interior de la organización. Por otra parte el uso de TIC se encuentra relacionado con la reestructuración de procesos, y como tal la cadena de suministro puede ser vista como un proceso el cual requiere de cambios que pueden recibir soporte directamente de las TIC desarrolladas para la industria.

Introducción a la simulación

La simulación es la replicación de un sistema dado mediante el uso de métodos artificiales. Puede ser puramente analítico (mediante ecuaciones matemáticas) o computacional. Aunque es posible replicar las actividades de baja y mediana complejidad analítica, es extremadamente difícil construir modelos flexibles y obtener resultados precisos, por lo tanto, el uso de la computadora se convierte en esencial.

La simulación busca, entre otras cosas:

- Descubrir el comportamiento de un sistema.
- Postular teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado.
- Utilizar esas teorías para predecir el comportamiento futuro del sistema, es decir los efectos que se producirían en el sistema, los cambios dentro de él o en su operación.
- Disminuir los costos asociados con la experimentación en el sistema real (prueba y error en el sistema real).
- Disminuir el riesgo de error. (Pinilla, 2004)

La simulación se puede utilizar para comprender mejor el impacto de decisiones específicas, mediante el uso de la computadora para sistemas reales. También es usada en centros educativos con el fin de desarrollar habilidades específicas, en las que los estudiantes controlan parte de las variables a través de interfaces de usuario.

En las cadenas de suministro, esta herramienta es útil para entender la naturaleza y complejidad de los problemas interrelacionados y las variables que afectan. La integración de eslabones de una cadena tales como proveedores, fabricantes, mayoristas, distribuidores enfrenta algunos problemas que deben ser evaluados a fin de realizar acciones que permitan resolverlos adecuadamente

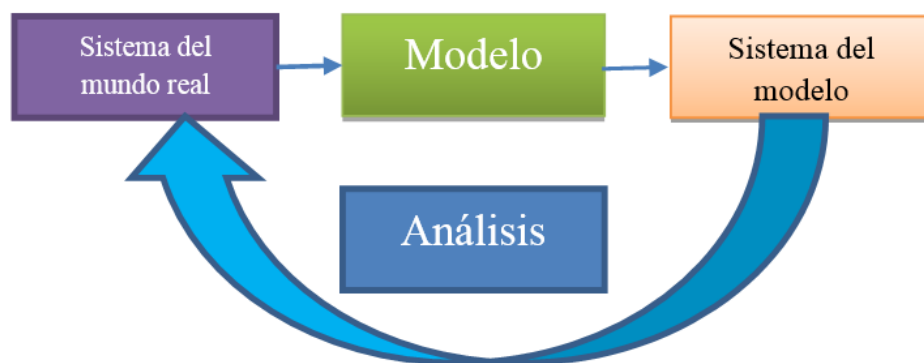
Modelado

El modelado es una forma con la que se pueden resolver problemas del mundo real. En muchos casos, no se puede experimentar con objetos reales para encontrar las soluciones adecuadas, ya que la construcción, destrucción, los cambios pueden ser demasiado caros, peligroso o simplemente imposibles. Este proceso supone la abstracción: incluir los detalles que se creen que son importantes y dejar de lado los que no lo son. El modelo es siempre menos complejo que el sistema original.

El uso de modelos como instrumentos de evaluación de alternativas tiene cada vez una mayor importancia ya que la mayoría de los procesos están sometidos al cambio continuo. Para poder tomar las decisiones idóneas es necesario saber cómo responderá el sistema ante una determinada acción. La simulación es el proceso de experimentar con un modelo.

Para ser útil, un modelo debe incorporar elementos de realismo y simplicidad. Por una parte, el modelo debe servir como una aproximación cercana al sistema real e incorporar la mayor parte de los aspectos del sistema. Por otro lado, el modelo no debe ser demasiado complejo para impedir su comprensión y manipulación. Cuando el modelo es relativamente simple, puede ser posible estudiarlo analíticamente mediante expresiones que describen el comportamiento de ciertos aspectos del sistema. Para sistemas más complejos, los enfoques analíticos suelen ser mucho más difíciles de realizar. En cambio, el sistema se analiza a menudo numéricamente mediante simulación por computadora, con el supuesto de que el sistema simulado es suficientemente parecido al sistema real para sacar conclusiones válidas sobre el último. Fig. 2.3

Figura 2.3 Modelado de la simulación y análisis



Fuente: Kroese, et al, 2011

Los modelos de simulación pretenden imitar el comportamiento de los sistemas de la vida real. Un sistema está formado por una colección de entidades u objetos que interactúan formando un todo complejo (Kroese, et.al, 2011). Los modelos se pueden clasificar en función de la manera en que las variables evolucionan en el tiempo.

Tiempo Continuo: Las variables evolucionan continuamente en el tiempo. Generalmente se representan mediante ecuaciones diferenciales.

Tiempo Discreto: Las variables sólo pueden cambiar en determinados instantes de tiempo.

Eventos Discretos: Las variables pueden cambiar en cualquier momento, pero sólo puede haber números finitos de cambios en intervalos de tiempo finitos.

La reutilización de modelos y de componentes parece tener cierto potencial para ayudar a acelerar y facilitar el desarrollo de las simulaciones, especialmente si los componentes podrían ser compartidos entre desarrolladores de modelos.

Otra vía para cambiar el desarrollo de los modelos de simulación es automatizar el proceso. El modelador podría proporcionar una descripción y un intérprete convertiría esto en código de modelo ejecutable.

El uso del modelo también implica tomar una serie de cuestiones como establecer las condiciones iniciales, decidir cuánto tiempo se deja correr la simulación, número de repeticiones, entre otros. Existen métodos que podrían utilizarse para guiar a un usuario en todas estas áreas, pero hay pocas evidencias de que estos métodos estén implementados en softwares comerciales de simulación. Esto podría ser abordado mediante el desarrollo de software para guiar la simulación de usuarios o incluso automatizar aspectos del proceso.

Los modelos de simulación requieren de herramientas especiales de software que utilizan lenguajes específicos para la simulación. Es muy complejo realizar un modelo de simulación, pero su tiempo y esfuerzo serán recompensados cuando ofrezca un análisis de alta calidad de un sistema dinámico.

Actualmente se pueden encontrar una gran variedad de programas de simulación para la mayoría de industrias, manejando proyectos complejos, y a gran escala, relacionados con la fabricación, procesos, logística, distribución, almacenamiento o sistemas de servicios.

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de software de modelado, simulación y virtualización de procesos. La llegada de la tecnología 3D ha conseguido que estos sean más sencillos e intuitivos.

Entre los más conocidos se encuentran:

Promodel: es una tecnología de simulación de eventos discretos que se utiliza para planificar, diseñar y mejorar nuevas o existentes de fabricación, logística y otros sistemas operativos. Representa con precisión los procesos del mundo real, incluyendo su variabilidad inherente y las interdependencias, con el fin de realizar un análisis predictivo de los cambios potenciales.

Arena: ha sido durante 30 años el software de simulación de eventos discretos líder en el mundo. La simulación de eventos discretos describe un proceso con un conjunto de eventos únicos, específicos en el tiempo. Estos modelos flexibles, basados en la actividad pueden ser utilizados eficazmente para simular casi cualquier proceso.

Anylogic es considerada como una herramienta de simulación de última generación. Un software que ofrece un sistema flexible, orientado a objetos para el desarrollo de simulación de eventos discretos, modelos basados en agentes y de dinámica de sistemas. Los modelos de Anylogic se pueden exportar como applets Java o aplicaciones Java autónomas, sin necesidad de un entorno de desarrollo Anylogic en funcionamiento.

Anylogic

Este software pertenece a Anylogic Company, empresa que creó el software en 2000 en Rusia. Con su desarrollo se ha conseguido que con una única herramienta se pueda englobar la heterogeneidad de los sistemas de negocios. Trabaja en un entorno Java, que tiene la ventaja de tener una extensibilidad ilimitada, además de poder importar códigos propios y bibliotecas y fuentes de datos externas. Se puede desarrollar el proyecto en cualquier lugar tan solo generando una aplicación Java.

Cuenta con un amplio conjunto de funciones de distribución estadística que proporciona una buena plataforma para la simulación de la incertidumbre. También cuenta con una función de apoyo a simulaciones de Montecarlo.

Gracias a la simulación 3D, se puede diseñar cada objeto dentro de una misma cadena con diferentes detalles. Se basa en el modelado de agentes, y su uso abarca un campo muy variado, pudiendo servir para aplicaciones en cadenas de suministros y logística, mercados y competencia, ferrocarriles, salud, flujos de personas, militares, planificaciones y gestiones estratégicas o procesos sociales (The Anylogic Company, 2017).

AnyLogic es una herramienta de simulación que soporta las metodologías más comunes: Dinámica de Sistemas (DS), Sistemas de eventos discretos (SED), y el modelado basado en agentes (multy agent systems, MAS).

Utiliza con un lenguaje de simulación flexible, modelando diferentes sistemas complejos y heterogéneos como sistemas empresariales, económicos e incluso sociales, entre otros. AnyLogic permite construir modelos de forma modular, jerárquica e incremental generando modelos complejos y grandes. Además, ofrece un conjunto de objetos que permiten incorporar elementos de simulación preconstruidos de forma rápida.

Trabaja en Java y puede utilizarse de forma predeterminada o personalizada incluyendo bibliotecas o fuentes de datos externas. Las applet de Java pueden ejecutar el modelo en cualquier lugar sin necesidad de tener instalado el software el simulador.

Las funciones de distribución estadísticas predefinidas, permiten simular sistemas definidos por incertidumbre, también cuenta con paquetes de optimización para aplicarlos a diversos enfoques de simulación. Dispone de funciones de animación para generar modelos con un entorno de simulación interactivo y muy visual.

La interfaz gráfica, las herramientas y los objetos de biblioteca de AnyLogic permiten modelar diversas áreas como: cadenas de suministro y logística, marketing y competitividad, producción, almacenamiento, proyectos, procesos de negocio, transporte y gestión de activos, sistemas de servicios, entre otros. Figura 2.4.

Figura 2.4 Ejemplo de interfaz gráfica



Fuente: Plantilla de Anylogic

La modelación y simulación de sistemas logísticos puede requerir la utilización de diferentes paradigmas de simulación además del enfoque de Simulación Dinámica de Sistemas (Systems Dynamics). Cuando se trata de simular el comportamiento de la cadena de suministros interna de una planta puede ser adecuado utilizar el paradigma de Simulación de Eventos Discretos. Si se trata de simular el comportamiento de los flujos de productos y de fondos a lo largo de los diversos eslabones de las redes de suministro puede ser más adecuado el paradigma de Simulación Dinámica.

La herramienta de simulación que permite la utilización e incluso la integración de diferentes paradigmas de simulación en un solo ambiente es AnyLogic. La herramienta que mejor cumple con este requerimiento. (Borshchev, 2014)

Además de la gran ventaja que provee AnyLogic al permitir la integración de múltiples paradigmas de simulación, tanto la construcción de los modelos como la utilización interactiva de los mismos se facilita por su amigable interfaz gráfica. El diseño de los modelos es intuitivo y visual.

Los componentes más simples de un modelo se utilizan fácilmente tal y como vienen pre-construidos en el programa, la modelación de estructuras más complejas no es tan simple, pero la herramienta provee la capacidad de modelarlas mediante el desarrollo de código en Java dentro de la misma interfaz de AnyLogic.

El comportamiento dinámico de las cadenas de suministro es modelado con la ayuda de elementos de animación visuales, que permiten observar tanto el movimiento físico de materiales, el comportamiento de variables relevantes a través del tiempo, como pueden ser los valores de demanda, inventarios, transferencias de materiales, entre otros.

Para observar el efecto de las decisiones en la cadena de suministros, Anylogic provee elementos para el control interactivo de parámetros del sistema, de manera que a través de botones y deslizadores, el usuario puede alterar los valores de los parámetros y observar así el efecto de sus decisiones sobre otras variables del sistema. Ejemplo de la pantalla de Anylogic.

AnyLogic es importante para la toma de decisiones y simulación, permitiendo comparar escenarios colaborativos frente a los no-colaborativos. Figura 2.5.

Figura 2.5 Ejemplo de interfaz gráfica



Fuente: Plantilla de Anylogic

Ventajas

Realizar una simulación permite:

- Analizar sistemas y encontrar soluciones donde los métodos tales como cálculos analíticos y de programación lineal falla.
- Es más fácil de desarrollar un modelo de simulación que un modelo analítico.
- En un modelo de simulación, se puede medir los valores y se pueden añadir mediciones y análisis estadísticos en cualquier momento.
- Los modelos de simulación son mucho más convincentes que las hojas de cálculo.

Conclusiones

El modelado y la simulación puede proporcionar un medio muy eficaz para evaluar el diseño de un nuevo proceso de fabricación o modificaciones propuestas a procesos existentes. El principal estándar que hay que establecer es la metodología. Actualmente, se realizan estudios para analizar y mejorar la eficiencia y eficacia de organizaciones, sistemas y procesos de fabricación. La solución a este problema será construir una serie de plantillas con las que todas las empresas puedan trabajar. Crear bloques de construcción únicos en cada empresa e incorporarlos a las plantillas prediseñadas, con el fin de ahorrar costos económicos y pérdidas de tiempo innecesarias.

Las interfaces de datos estándar deben ser neutrales e independientes del proveedor para almacenarlos y que otros usuarios puedan adquirirlos, lo que mejoraría la accesibilidad a la simulación. Estos datos también sirven para el desarrollo de más modelos reutilizables y datos de referencia entre empresas, proveedores, fabricantes y consultores. Por último, también beneficiarían a mejorar la sostenibilidad al crear datos de referencia de los procesos, como consumo de energía, satisfacción laboral, etc. (McLean, 2009).

El uso de simuladores como herramientas de aprendizaje no es algo nuevo en el ámbito educativo (Damassa, 2014), sin embargo, la aplicación de los simuladores en el ámbito específico de Logística y Cadenas de Suministros cobra especial relevancia en esta segunda década del siglo XXI. La complejidad de las cadenas de suministros ha crecido de manera extraordinaria debido a la globalización de la producción y del consumo.

Aunado a lo anterior, hay otros temas que complican aún más la administración de las cadenas de suministros como son la incidencia de desastres naturales que incrementan los riesgos logísticos, la preocupación por la conservación del medio ambiente, la sofisticación de los consumidores y de los mercados entre otros factores.

Esta creciente complejidad exige que el capital humano involucrado en la administración de los sistemas logísticos actuales desarrolle habilidades diferentes a las que se requerían hace apenas unos años. Se requiere la comprensión integral de sistemas complejos y la capacidad de tomar decisiones bajo un ambiente de incertidumbre.

Los simuladores contribuyen a desarrollar las competencias necesarias para la toma de decisiones efectivas en el ámbito de las cadenas de suministros. Los modelos desarrollados reproducen parte de la complejidad de los sistemas logísticos actuales y permiten la toma de decisiones que afectarán el desempeño del sistema simulado. De esta manera el estudiante puede tomar decisiones en un ambiente seguro, observar las consecuencias de sus decisiones, y entender el comportamiento del sistema que se está modelando. Los estudiantes aprenden a tomar decisiones con información limitada, a establecer y probar hipótesis lógicas, y a reaccionar de manera ágil ante los cambios que ocurren en el ambiente.

La complejidad de las organizaciones en cualquier ámbito del quehacer humano se incrementa, complicando por lo tanto la toma de decisiones.

El perfil de los egresados debe incluir la capacidad de entender el comportamiento de sistemas complejos y tomar decisiones bajo un ambiente de incertidumbre. Para desarrollar dichas competencias, los simuladores de sistemas complejos tienen gran relevancia.

Referencias

Apiyo, R. (2010). Role of ICT Tools in Supply Chain Performance. 3-17.

Ballou, Ronald H. (2004). Logística, Administración de la cadena de suministro. México, Pearson Educación.

Chopra, Sunil., & Petre Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro estrategia, planeación y operación. México: Pearson Educación

Cabrero, Julio. (1998). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. Grupo Editorial Universitario. (pp. 197-206)

Campuzano, Josefa (2011). Supply Chain Simulation. A System Dynamics Approach for Improving Performance (p. 106). Springer London Dordrecht Heidelberg New York.

Council of Supply Chain Management Professionals (2014). Documento. Disponible en <http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>

Correa, Alejandro., Gómez, Ricardo. (2009). Tecnologías de la información y comunicación en la gestión de almacenes. Revista Avances en Sistemas e Informática, 6, 113-118

Damassa, David A.; Sitko, Toby D. Simulation Technologies in Higher Education: Uses, Trends, and Implications. ECAR Research Bulletin 3, 2010. Boulder, Co. USA.

Evangelista, et.al. (2010). ICT Innovation Diffusion in Small Logistics Service Providers: an Empirical Study. International Journal of Logistics and Transport, 53-70

Gunasekarana, Laib. K. Andt (2008). Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. Omega, Vol, 36

Kroese, D. P., Taimre, T., & Botev, Z. (20 de Septiembre de 2019). Handbook of Monte Carlo Methods. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118014967.ch7/pdf>

McLean, C. (2009). Manufacturing Simulation: The Need for Standard Methodologies, Models, and Data Interfaces. National Workshop on Challenges to Innovation Advanced Manufacturing, (págs.8-9).

Pilot, Flyin J. (2016). Supply Chain. Disponible en: <http://www.programaempresa.com/em>

Poler, Raúl, Mula, Josefa, Díaz-Madroñero, Manuel. (2013). ADGIP: Una herramienta docente para el modelado y resolución de árboles de decisión. Modelling in Science Education and Learning. [presa/empresa.nsf/paginas/D0407C086A64D097C125705B00322388?OpenDocument](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/paginas/D0407C086A64D097C125705B00322388?OpenDocument)

Pricewaterhousecoopers. Manual Práctico de Logística. Available: <http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/paginas/BA43A3DF9ED296C1C125705B0024E380?OpenDocument>.

Spagnoletti, Paolo and Edoardo, D'Atri and Alessandro, D'Atri (2013) Managing Decision Making in Supply Chains and Value Networks: the Beer Game Evolution. International Journal of Electronic Commerce Studies.

Sparling, David. (2012). Simulations and supply chains: Strategies for teaching supply chain management. Supply Chain Management 7(5):334-342.

Terrado, Alejandro (2014). La Cadena de Suministro, Argentina.

The Anylogic Company. (2019). Anylogic, Multimethod Simulation Software. Disponible en <http://www.anylogic.com>

Ueki, Y., Tsuji, M., & Olmos, R. (2005). Tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) para el fomento de las pymes exportadoras en América Latina y Asia oriental. *Naciones Unidas*, 10-12

Urzelai, Inza, (2008). Manual Básico de Logística Integral, Díaz de Santos, España.

Capítulo 3 Análisis de técnicas formales en operaciones de pedido en un CEDIS 3PL de productos terminados

Chapter 3 Analysis of formal techniques in order operations in a CEDIS 3PL of finished products

GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela†, CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto y CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, Maribel

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Gabriela Gaviño-Ortiz* / **ORC ID:** 0000-0002-8951-7633, **Researcher ID Thomson:** D-9721-2018, **arXiv Author ID:** Gaby#1, **CVU CONACYT ID:** 516812

ID 1^{er} Coautor: *Heriberto Casarrubias-Vargas* / **ORC ID:** 0000-0003-3429-0010, **CVU CONACYT-ID:** 167638

ID 2^{do} Coautor: *Maribel Chávez-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0001-9349-8044

DOI: 10.35429/H.2020.1.27.50

G. Gaviño, H. Casarrubias y M. Chávez

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

En la cadena de suministro las empresas internacionales, nacionales y locales en la actualidad tienen estándares basados en su operación logística. Esta investigación proporciona la discusión y análisis sobre las diferentes técnicas formales en optimización del ordenamiento de pedidos mediante secuenciación, lotes y enrutamiento en sistemas 3PL. En este trabajo se identifican estrategias y tendencias de análisis que describen los diferentes enfoques en la preparación de pedidos, el planteamiento de análisis y métodos de solución. Se considera el problema del *picking*, mediante una revisión literaria y comparativa para identificar una estrategia logística, con el propósito de considerar el diseño que mejor ajuste al contexto. El propósito de la presente propuesta es analizar las técnicas formales que permitan obtener una estrategia logística para establecer diversos escenarios de operación que sirvan como base para simular procesos en la minimización de costos, entregas a tiempo y aseguramiento de la calidad, a través de técnicas formales (algoritmos) para resolver el problema de preparación de pedido, mediante la optimización del problema de picking en los CEDIS.

Preparación de pedidos, Picking, Logística, CEDIS

Abstract

In the supply chain, international, national and local companies currently have specified in their logistics operation. This research provides discussion and analysis on the different formal techniques on sequencing, batching, routing and optimization in 3PL systems. This paper identifies analysis strategies and trends that describe the different approaches in order preparation, analysis approach and solution methods. The picking problem is considered, through a literary and comparative review to identify a logistics strategy, with the purpose of considering the design that best fits the context. The purpose of this proposal is to analyze the formal techniques that allow obtaining a logistics strategy to establish various operating scenarios that can simulate processes for cost minimization, on-time deliveries and quality assurance, through formal techniques (algorithms) that define solving the order preparation problem, by optimizing the picking problem in the CEDIS.

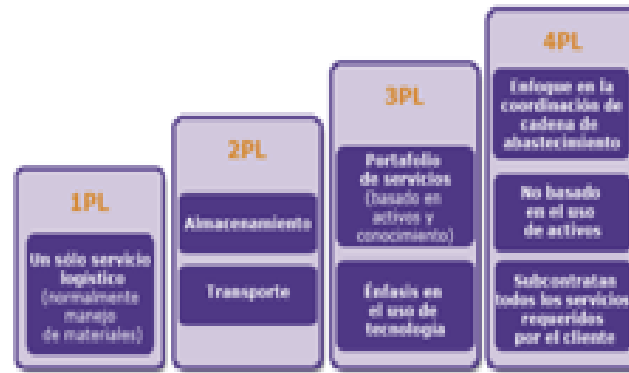
Logistics, Order preparation, Formal techniques

Introducción

Las dinámicas del sector de servicios logísticos, en el contexto cada vez más globalizado, donde se establecen tendencias de operaciones en cadenas productivas de talla mundial, así como las áreas de investigación que emergen de los conceptos de logística y administración de la cadena de suministro (*Supply Chain Management* o SCM), trasciende de prácticas enfocadas a estrategias de actividades logísticas, por medio de un valor agregado a partir de servicios especializados, que determinan la diferenciación en aspectos como calidad, tiempo, costo y oportunidad en una proyección de operación 3PL (ver Figura 3.1).

Uno de los servicios logísticos que juegan un papel fundamental para atender requerimientos de entregas puerta a puerta son: gestión de almacenes, operación de pedidos, empaques y embalajes amigables con el medio ambiente y agradables al cliente final, trazabilidad y rastreabilidad de pedidos, bajos costos de transporte; entre otros elementos que agregan valor al producto desde la perspectiva del cliente, los cuales son generalmente atendidos a través de servicios logísticos especializados (Kirby & Brosa, 2011).

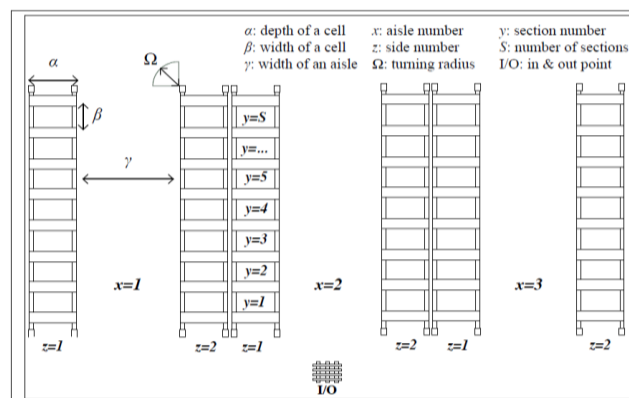
Las diversas actividades logísticas en una proyección de la operación de la organización se conciben con el objetivo de mejorar la eficiencia de sus procesos en la operación de almacenes, distribución y entrega de productos, y por consecuencia la optimización de recursos.

Figura 3.1 Modelo de Operación PL

Fuente: <http://serraltalogistica.com/4pl.html> (2019)

México cuenta con muchas condiciones para convertirse en la plataforma logística de América, debido a sus características como: posición geográfica privilegiada por su cercanía a Estado Unidos, buen clima casi todo el año y una geografía que permite conectar al océano Pacífico con el Atlántico.

Asegurar el buen funcionamiento de los Centro de Distribución (CEDIS) es uno de los temas de mayor relevancia hoy en día, las operaciones diarias de aprovisionamiento de productos, son consideradas un tema complejo, ya que requiere de varios elementos que converjan de forma coordinada e integren de forma eficiente un flujo información y materiales, tales como: ubicación centralizada donde almacenar el inventario, transporte que permita movilizar los productos, contacto con los proveedores que suministren los productos necesarios, elementos de control, y clientes dispuestos a comprar los artículos o servicios comercializados.

Figura 3.1 Layaut de picking

Fuente: Bozer & Kiler (2019)

El presente trabajo se basa en el análisis del proceso de *picking*, actividad fundamental en el departamento de almacenaje y de esta manera busca analizar y comparar operaciones de *picking* con el propósito de contextualizar y presentar que técnicas pudieran implementarse de acuerdo con la problemática presentada, asegurando una optimización de recursos.

En el proceso de pedidos dentro de un CEDIS se utiliza regularmente el sistema de radio frecuencia, mejor conocido como RFID por sus siglas en inglés; el propósito fundamental del RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las fases del *picking* en el almacén, se resumen de la siguiente manera:

Figura 3.2 Fases del proceso de picking

Fuente: Elaboración propia, 2019

La preparación de pedidos es una función crítica para administrar y operar los almacenes de distribución de manera eficiente en la figura 3.3 se ilustra el flujo operacional para la recuperación de artículos solicitados por clientes externos o internos. (Wäscher, Dyckhoff, Lackes, & Reese, 2004).

Dado que toda mejora aporta un beneficio de la calidad final y de la satisfacción del consumidor, luego de conocer a fondo este proceso de *picking* y de analizar técnicas formales (algoritmos), se realizará un análisis crítico y comparación que permitirá proponer soluciones de mejora en el almacén que contribuyan al cumplimiento de un CEDIS 3PL.

Identificación del Problema

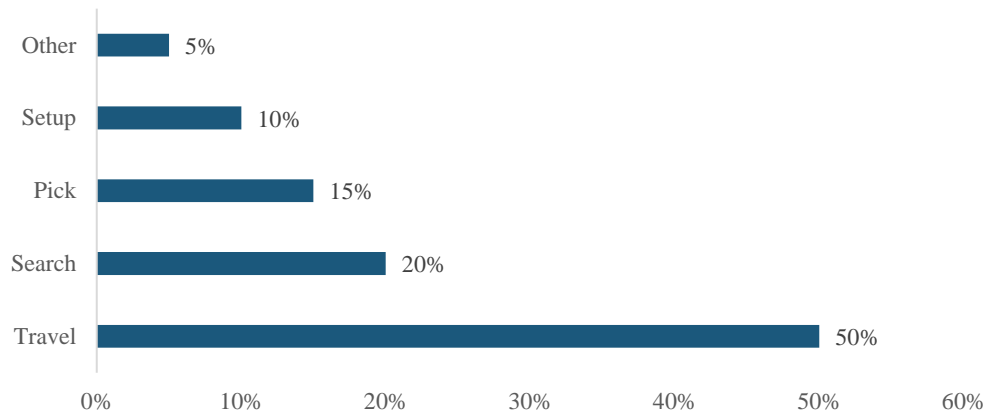
Considerando como escenario un almacén, los pedidos son la actividad más importante dentro de la gestión, representan y explican más de la mitad de todos los gastos. La mayoría de las industrias manejan varios centros de distribución de productos y su respectivo almacenaje, y cada uno de estos gestionan ordenes de pedido y surtido, buscando un sistema de rutas que permita minimizar la distancia total viajada, y en consecuencia disminuyendo los costos de operación.

Este análisis ayudará en la toma de decisiones de estrategias en logística interna de soluciones de *picking* en almacenes y centros de distribución (CEDIS), para que puedan ser competitivos y adoptar tecnologías de información y comunicación (TIC), así como aspectos táctico operativos en el ciclo de vida de los almacenes e incrementar de manera significativa el comercio entre países.

El *picking* es la operación más laboriosa, intensa y repetitiva (Cheng, Chen , & Chan, 2015) generando de un 50% hasta 70% de los costos operativos (Bartholdi & Hackman, 2014).

El tiempo total de picking se descompone en:

1. Tiempo de desplazamiento
2. Tiempo de búsqueda
3. Tiempo de recolección
4. Tiempo de preparación

Gráfico 3.1 Tiempo en *picking*

Fuente: Tomado de Henn S., Koch S., & Wascher G. (2011).

Derivado de lo anterior, los siguientes problemas que se identifican en un CEDIS son:

- Problema de procesamiento por lotes de pedidos secuenciación y selección por rutas (*picking*)
- *Batch assignment* y problema de secuenciación
- Enrutar cada *order picker* para recolectar los *items* de cada selección de (*Picker Routing Problem*)

Si embargo la parte más importante es el proceso de toma de decisiones en la organización de órdenes para seleccionar el método apropiado y establecer una serie de soluciones alternativas para mejorar y efficientar el manejo del almacén.

Objetivo General

Analizar y comparar estrategias logísticas para toma de decisión en secuenciación y agrupamiento de ordenes con el propósito de efficientar el *order picking* y que pueda servir de base en la proyección y simulación de procesos que determinen la minimización de costos, entregas a tiempo y aseguramiento de la calidad en un CEDIS 3PL de productos terminados.

Objetivos Específicos

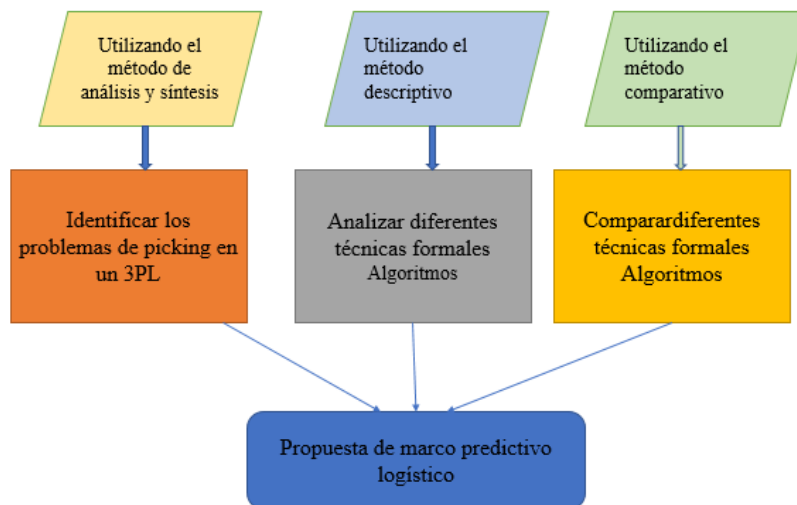
1. Analizar el ciclo de vida en los Centros de distribución (CEDIS).
2. Analizar y comparar técnicas formales en el proceso de *Order picking* en CEDIS logísticos.
3. Categorizar técnicas formales acorde a los escenarios.

Metodología

Esta investigación se lleva a cabo por medio de una metodología cuantitativa, descriptiva y comparativa. Teniendo en cuenta que en nuestro contexto local en un CEDIS 3PL, una cuestión fundamental es la forma de analizar, comparar y evaluar las técnicas formales. Las estrategias de solución pueden ir desde la simple "reglas empíricas" a lo complejo, como cálculos computacionalmente intensivos o técnicas de programación matemática. En general, estos son los métodos que encontrarán soluciones aceptables al problema en un tiempo razonable.

Las técnicas formales analizadas y comparadas, determinan la minimización de costo, entregas a tiempo y aseguramiento de la calidad, a través de técnicas formales (algoritmos) que definan la recepción, almacenamiento, preparación de pedidos, clasificación, embalaje, consolidación de carga y envío—prestadores de servicios 3PL en los CEDIS, se presenta en la figura 3.4 la secuencia de trabajo.

Figura 3.4 Metodología del Análisis de Técnicas Formales para establecer un marco predictivo logístico en productos terminados en un CEDIS



Fuente: Elaboración Propia 2019

Revisión de los estudios y antecedentes sobre análisis de técnicas formales de operaciones de pedidos en un CEDIS logístico con proyección en 3PL de productos terminados

La naturaleza de la Simulación Estadística

Esta técnica es aplicada para simular la operación de distintos procesos productivos del mundo real. El proceso de interés es normalmente llamado sistema. Este sistema se desarrolla para estudiar el proceso desde un punto de vista científico. En este caso normalmente tenemos que tomar consideraciones acerca de su operación, estas son relacionadas mediante entidades lógicas y matemáticas, estas relaciones constituyen un modelo que es usado para tratar de adquirir conocimiento de cómo es el ambiente del sistema estudiado.

Si las relaciones que componen el modelo son sencillas, estas pueden representarse mediante métodos matemáticos (como álgebra, cálculo ó probabilidad) para obtener información exacta de las cuestiones de interés, esta es comúnmente denominada solución analítica.

En una simulación se utilizan recursos de cómputo para evaluar un modelo numérico y los datos son las entradas para caracterizar el comportamiento del proceso y estimar los datos deseados (Law & Kelton, 2000). A continuación, se presentan técnicas de simulación y métodos más utilizadas en operaciones, ciencia de investigación y gestión:

Teoría de grafos

Hay multitud de situaciones, en investigación de operaciones que se puede modelar y resolver como redes mediante nodos conectados en ramas. Encuestas recientes informan que hasta el 70% de los problemas matemáticos en el mundo real se puede representar como modelos relacionados como redes (Taha, 2004).

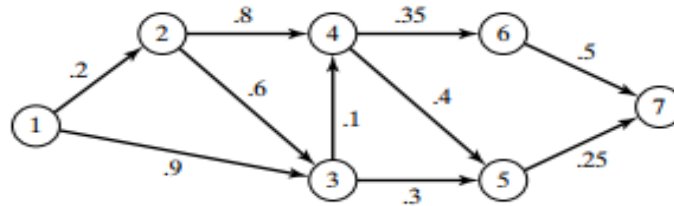
La teoría de grafos desempeña un papel importante en la fundamentación matemática del Cómputo Científico. Esto es debido a que los grafos constituyen una herramienta básica para modelar fenómenos discretos y son esenciales para la comprensión de estructuras de datos y análisis de algoritmos.

La teoría de grafos estudia las propiedades de los grafos, que son colecciones de objetos llamados vértices conectados por líneas llamadas aristas que pueden tener dirección asignada. Un grafo es una pareja de $G = (V, A)$, donde V es un conjunto de vértices y A es un conjunto de aristas representados en la (Figura 3.5) la forma de los vértices no es relevante, solo importa a que aristas está unida.

Las aristas en un grafo pueden tener dirección y peso, características que ayudan a la comprensión de la orientación y valores de peso de recorrido. Dichas características son útiles para la implementación de diversos algoritmos de recorrido.

Algoritmo de la ruta más corta. Algoritmo Dijkstra

Figura 3.5 Modelos de red de ruta más segura

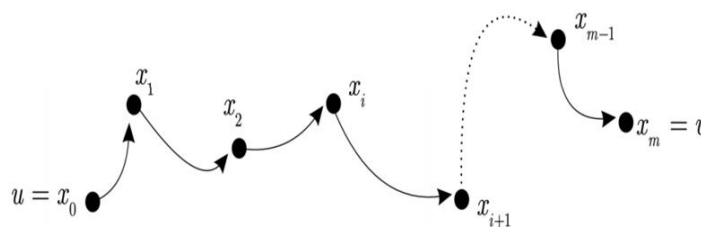


Fuente: Taha, H. A. (2004)

Sea $G = (V, E)$, en donde V es un conjunto y E es una relación binaria irreflexiva sobre V , es decir un subconjunto de $V \times V$ tal que $(x, x) \in E$ para todo $x \in E$. Decimos que v es el conjunto de vértices y que E es el conjunto de aristas. En lo sucesivo supondremos que V es finito.

Sea $G = (V, E)$ un grafo dirigido ponderado con pesos positivos de n vértices. Suponiendo que a y z son dos vértices en V , de modo que $z \neq a$ y existe algún camino de a a z .

Figura 3.6 Nodos Dijkstra



Fuente: Taha (2004)

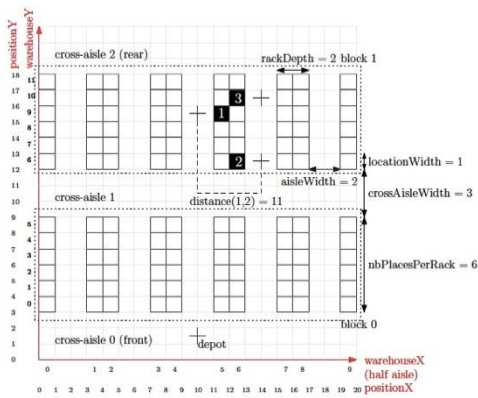
Este algoritmo es un clásico representante del potencial que tiene esta teoría y su aplicación versa en muchas áreas ingenieriles. Tiene por objeto determinar las rutas más cortas entre el nodo fuente y todos los demás nodos de la red. Las etiquetas de nodos en el algoritmo de Dijkstra son de dos clases: temporales y permanentes. Una etiqueta temporal se modifica si se puede encontrar una ruta más corta a un nodo. Cuando se ve que no se pueden encontrar rutas mejores, cambia el estado de la etiqueta temporal a permanente (Taha, 2004).

Los algoritmos que abordan el problema de identificar patrones frecuentes en grafos, difieren entre sí, por la estrategia de búsqueda que emplean, la forma en que generan candidatos a patrones, la naturaleza de los grafos que examinan y el conjunto de patrones que encuentran los *items*. El problema específico queda definido por tres características importantes del escenario en el que se desea trabajar: la búsqueda de patrones se realiza en un solo grafo. (Flores G., Carrasco O. & Fco, 2012)

Programación lineal y Programación dinámica

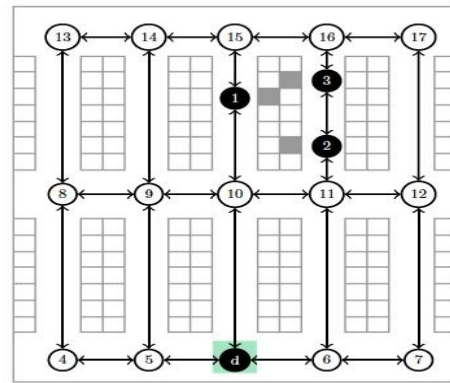
Este tipo de algoritmos son exactos para el problema de selección basado en la dinámica de recolección de pedidos utilizando la programación lineal de números enteros mixtos. El enfoque que se propone para almacenes hasta tres pasillos transversales, y se extiende a cualquier número de pasillos transversales que a menudo ha sido mencionado, este algoritmo demuestra ser extremadamente eficiente para un tamaño realista de almacenes. Sin embargo, tiene algunas restricciones como: precedencia, direcciones de flujo o depósitos múltiples (MPL) (Pansarta, Catusse, & Cambazarda, 2018). Las figuras (3.7) y (3.8) representan ejemplos de *layout* con dos diferentes *parameters of a layout* correspondiente a una estructura de Steiner de un CEDIS.

Figura 3.7 Layout de un CEDIS



Fuente: Pansarta, Catuse & Cambazarda (2018)

Figura 3.8 Representación gráfica de un almacén



Fuente: Pansarta, Catuse & Cambazarda (2018)

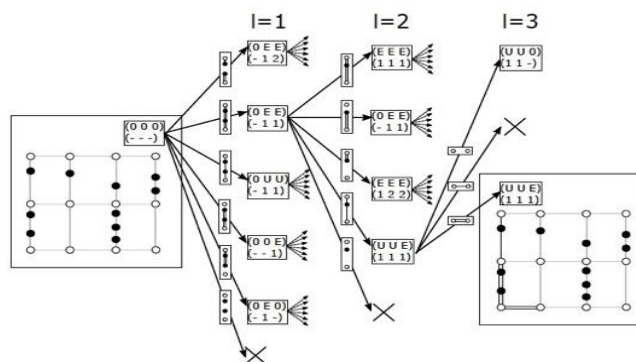
Los autores (Ratiff & Rosenthal, 1983) propusieron un enfoque exacto utilizando programación dinámica por primera vez, utilizando un solo bloque (es decir, 2 *crossaisles*), que corresponde al gráfico Steiner que se superpone en la estructura del almacén.

Por otro lado, la formulación basada en flujo del modelo del problema Steiner (TSP) tiene como resultado una relajación lineal débil y es ineficiente en la práctica.

Los autores (Scholz, Henn, Stuhlmann, & Wascher, 2016) proponen una nueva formulación, con una mejora por procesamiento, sin embargo, su modelo es bastante complejo y aún no ofrece resultados convincentes con respecto a su eficiencia a partir de que el diseño crece.

A continuación, se muestra el ejemplo del algoritmo de programación dinámica, presentando cada capa en la que se identifica con un valor de l , y se establecen tres posibles transiciones de cada estado. El parcial, el *tourubgraph*, y al final siguiendo el camino negro, se posiciona en la esquina inferior derecha ver gráfica (3.9).

Figura 3.3 Algoritmo de programación dinámica

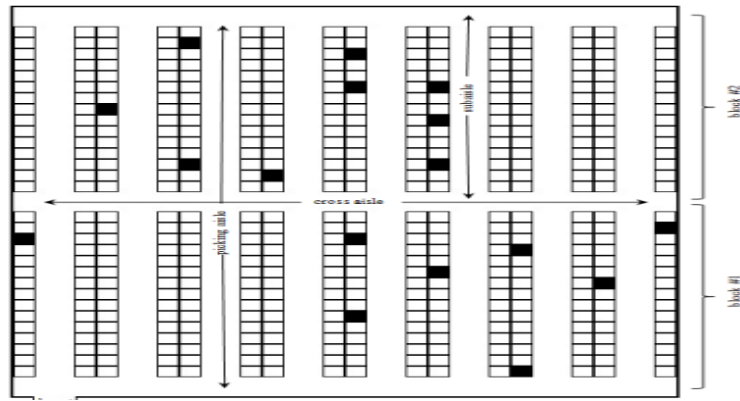


El enfoque de programación dinámica es el más rápido ya que todas las instancias aceptadas se resuelven en menos de un segundo. Este método de programación lineal y dinámica pueden ser una pista prometedora para resolver el problema de picking conjuntamente con otros problemas de políticas de almacén o lote.

Proceso Order picking

La preparación y selección de pedidos es la actividad principal en la mayoría de los almacenes. Implica el proceso de obtener la cantidad correcta de los productos correctos para un conjunto de pedidos de clientes. La clasificación de pedidos seleccionados en pedidos individuales (clientes) es una actividad necesaria si los pedidos se han seleccionado en lotes.

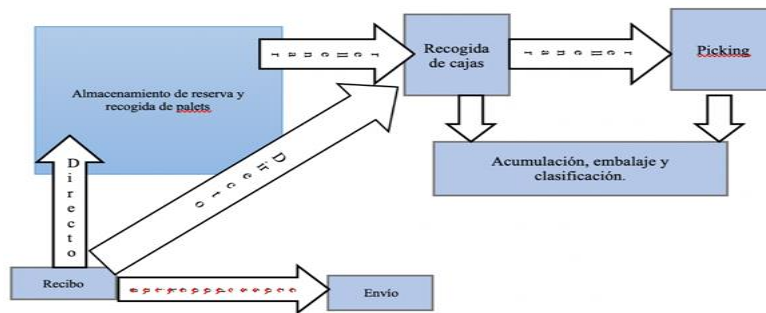
Figura 3.4 Layout de un almacén



Fuente: Scholz & Wascher (2015)

En tal caso, las unidades seleccionadas deben agruparse por orden del cliente, una vez finalizado el proceso de selección. Después de la recolección, los pedidos a menudo deben empacarse y apilarse en la unidad de carga correcta (por ejemplo, una paleta). El *cross-docking* se realiza cuando los productos recibidos se transfieren directamente a los muelles de envío (se pueden requerir estancias cortas o servicios, pero se necesita poca o ninguna preparación de pedidos) (Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2006).

Figura 3.5 Flujos de almacén



Fuente: Tompkins *et al.* (2003)

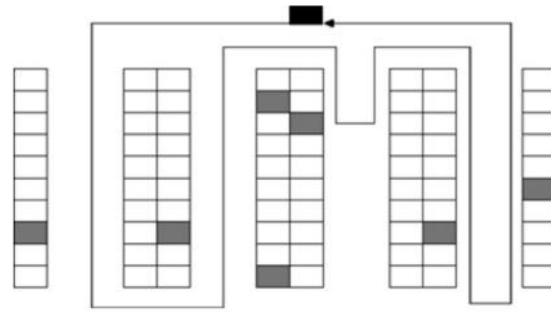
Proceso Order picking warehouse

El Sistema de *Order Picking* (SOP): es la composición de procesos, métodos, y políticas (enmarcado por una estrategia) que se maneja en un centro de distribución alrededor de la preparación de los pedidos (*Order Picking*) que se entrega a un cliente, siempre con el fin de mantener los niveles de servicio lo más altos posible y reducir al máximo los costos asociados a la operación de *Order Picking*. Dentro de un SOP, se encontrarán decisiones que están relacionadas con lo siguiente: Cómo almacenar productos, planear la *picking route*, criterio de agrupamiento de órdenes, asignar zonas de *picking* fijas para empleados, liberar órdenes de *picking*; discreto o continuo, y finalmente el método de *order picking* que se va a utilizar.

Este método determina los posibles ahorros en la distancia de viaje, los métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho y otras optimizaciones del proceso de preparación de pedidos se analizan mediante una simulación, los resultados se muestran al usar la combinación adecuada de métodos de optimización, reduciendo la distancia del recolector hasta un 60%.

El algoritmo de enrutamiento elige el camino más corto para cada pasillo individualmente: el recolector debe regresar al pasillo transversal delantero o cruzar el pasillo en toda su longitud hasta el pasillo transversal trasero. Esta ruta se denomina ruta compuesta y se muestra en la siguiente figura. La ruta compuesta no es utilizada muy a menudo por otros autores conducir a mejoras significativas (Merkurye, Y., Burinskiene & Merkuryeva, 2009)

Figura 3.6 Ruta Compuesta picking warehouse



Buscando mejorar la eficiencia del *picking process*, incluyendo varias estrategias:

- Diseño del almacén
- Estrategias de almacenamiento.
- Pedidos de los clientes
- Métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho

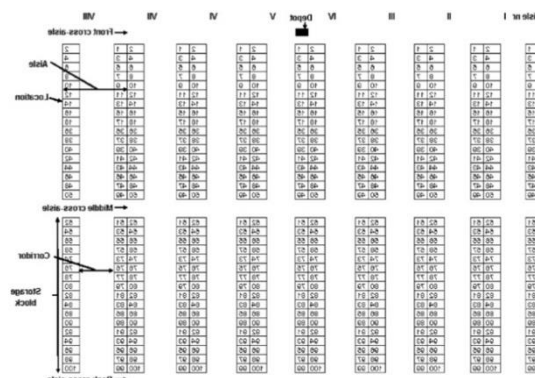
El objetivo de este caso es minimizar la distancia de recorrido del recolector en un almacén de referencia. Si bien en la literatura se utilizan dos tipos de distancias de viaje para order picking: distancia de viaje promedio por pedido y distancia de viaje total (para un conjunto de pedidos), al minimizar la distancia de viaje promedio, la distancia de viaje total también se minimiza (De Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2006)

Warehouse Layout

En la figura 3.13 se muestra una imagen esquemática del almacén de referencia con múltiples pasillos. El ancho de los pasillos suele ser de 2.3 metros a 3.5 metros aproximadamente, los ítems (productos) se almacenan en estantes y generalmente se recogen en cajas. El almacén considerado de referencia tiene ocho pasillos paralelos, y cada pasillo contiene cien ubicaciones de picking. El pasillo transversal en el medio del almacén lo separa en dos bloques de almacenamiento y permite tres posibilidades para cambiar entre pasillos: en la parte delantera, en la parte trasera y en el medio.

Los productos se recogen de ubicaciones en el suelo. Según la imagen esquemática del almacén, una celda representa una ubicación. Las ubicaciones tienen 1.2 metros de ancho y 0.8 metros de profundidad. En este ejemplo, el depósito representa una estación de computadora y un punto de entrega. El usuario puede elegir libremente la ubicación del depósito, donde el selector comienza y finaliza, antes de realizar la simulación. Este modelo de simulación explorado es flexible. El modelo permite cambiar la ubicación del depósito y estudiar otras posibilidades (que pueden estudiarse sin cambios esquemáticos). El depósito se puede ubicar (de acuerdo con la figura 3.13) en el lado izquierdo o derecho, o en el centro de la parte trasera, frontal o derecha del almacén (en el lado izquierdo del almacén, se coloca una pared).

Figura 3.7 Warehouse Layout



Este sistema se describe de la siguiente manera; el picker recorre las estanterías del centro de distribución, recogiendo los artículos de una orden o de un conjunto de ordenes (lote de una orden o lotes de varias órdenes) dependiendo de la política de recuperación que maneje el centro de distribución, una vez que finalice el recorrido.

Batch Picking

Esta es una política de *picking* mediante la cual se agrupan varias órdenes de pedido que tengan artículos coincidentes en la ruta de *picking*, es decir que se realiza un cruce de las ordenes que llegan al centro de distribución y posteriormente se realiza el recorrido de recuperación de los productos. Esto se hace con el fin de minimizar la distancia recorrida cuando se tienen órdenes con “estaciones” (o paradas) similares. Se ahorrará tiempo, pues se evitan los desplazamientos innecesarios, pero dado que el lote de ordenes es variable y el agrupamiento se realiza a medida que los pedidos van llegando al centro de distribución (Correa Salazar & Montoya Rengifo, 2011).

Métodos de Order Picking (MOP)

En esta política existen dos posibles métodos de order picking (MOP):

Sort while pick

Es un método de *Order Picking* que se descuelga de la política de *Picking by article* (lote variable). Consiste en agrupar los SKU durante el proceso de *Picking* en cajas diferentes según cada pedido, es decir que se agrupan según la orden de pedido en el lugar correcto mientras el proceso de recuperación de productos se efectúa. Esto evita que se utilice una estación de separación de los pedidos que se recolectan en lotes conjuntos y permitirá que los SKU estén organizados (según destino) una vez el proceso *Picking* termine.

Pick and sort

Este método de *Order Picking* que también sigue la política de *Picking by article*. Consiste en realizar el proceso de recuperación de todas las SKU y depositar en caja o estiba sin distinción alguna. Una vez finalizado el proceso todas las SKU y el lote de órdenes pasan a una estación dedicada a separar los productos y consolidar las órdenes con cada uno de las SKU solicitadas en las líneas del pedido.

Esto permitirá disminuir el tráfico en el área de *picking*, aumentar la productividad de los *pickers* y reducir errores de precisión en los pedidos, pues la persona encargada de consolidarlos está estrictamente dedicada a esa operación (Correa Salazar & Montoya Rengifo, 2011).

Picking by zoning or Pick to box (pick and pass)

Según el autor De Koster et al., 2007 en su publicación *Design and control of warehouse Order Picking*. El *Picking* por zonas es una alternativa que sigue los lineamientos del *Picking by Order (Single Order Picking)*. El área de *Order Picking* puede ser dividida en varias zonas, a cada zona se asigna uno o más *pickers* que se encargarán de preparar las líneas de los pedidos correspondientes a la zona.

Progressive zoning

En esta variante, los pedidos parcialmente consolidados, pasan de una zona a otra; generalmente guiados por una banda transportadora. Las ordenes de pedidos van pasando de estación en estación, de tal forma que cuando termine su recorrido, los pedidos estarán completamente consolidados, es decir que no habrá necesidad de separarlos en una estación final, pues ya estarán separados por orden (Correa Salazar & Montoya Rengifo, 2011).

Synchronised zoning

Todos los *picker* de cada zona reciben la misma orden de pedido, y los pedidos se van consolidando conjuntamente para posteriormente pasar a una estación que los agrupe todos.

Wave Picking

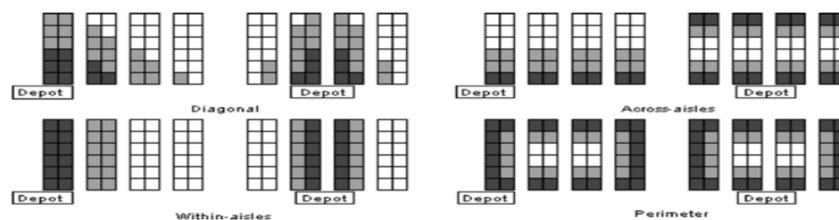
Esta política es muy parecida a la aplicada en el *batch picking*, en la que también se agrupan órdenes de pedido. La gran diferencia radica en que el agrupamiento se hace basado en una característica común que tengan las órdenes entre sí. Ya sea un criterio de horario, de destino o cualquier otro criterio que permita agrupar las órdenes de pedido para después liberarlas en una oleada de *picking* en donde todos los *pickers* trabajan bajo el mismo criterio y con las mismas variantes del *batch Picking* (Correa Salazar & Montoya Rengifo, 2011).

Storage Strategies. ABC

En la literatura, las estrategias de almacenamiento (De Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2006), mencionan la posibilidad de optimizar el *picker* de acuerdo con las diversas formas en que se encuentran almacenados los productos (*ítems*) de acuerdo con las características de estos.

Figura 3.8 *Volume-based storage methods*

(productos A gris oscuro, productos B gris medio, productos C blancos)



De acuerdo con la figura anterior (Ver figura 3.14), los métodos de almacenamiento basado en volúmenes:

- **Método de almacenamiento diagonal.** Los productos de mayor volumen se encuentran más cerca del depósito y los productos de menor volumen se encuentran más alejados del depósito.
- **Método de almacenamiento dentro de los pasillos.** Los productos de mayor volumen se encuentran en los pasillos más cercanos al depósito y los productos de menor volumen se almacenan en los pasillos más alejados del depósito.
- **Método de almacenamiento de pasillos transversales.** Los productos de mayor volumen se encuentran a lo largo de los pasillos delanteros y los productos de menor volumen se encuentran a lo largo de los pasillos traseros.
- **Método perimetral.** Los productos de mayor volumen se encuentran alrededor del perímetro del almacén; los productos de menor volumen se colocan en medio de los pasillos.

Estas estrategias permiten conocer el flujo de actividades que se llevan a cabo, eliminando las actividades que no generan valor al producto. La correcta asignación de los costos indirectos a los productos y servicios nos permite contar con información oportuna y confiable para la toma de decisiones de acuerdo con la metodología conocida como ABC.

Métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho

En la figura 3.15, se muestran cinco métodos de *picker* en un almacén de pasillo ancho, cada método muestra una ruta en la que se espera que el *picker* se mueva de la ubicación actual a la vecina según la lista de selección, a continuación, se describe cada método:

El primer método (11.I) se visitan todas las ubicaciones en un lado del pasillo; luego el *picker* visita todos los lugares del otro lado.

El segundo método (11. II) visita dos ubicaciones en un lado del pasillo, el *picker* se mueve hacia el otro lado del pasillo con dirección a una ubicación hacia arriba o hacia abajo. Cada ubicación, de acuerdo con la lógica de este método recibe un número de identificación.

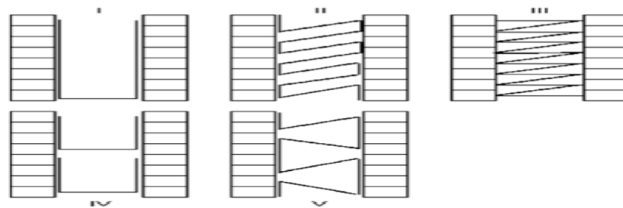
El tercer método (11. III) después de que ha visitado una ubicación en un lado del pasillo, visita otra ubicación paralela al otro lado del pasillo.

El cuarto método (11. IV) después de visitar cuatro ubicaciones en un lado, el *picker* se mueve hacia el otro lado y visita cuatro ubicaciones paralelas y posteriormente el *picker* regresa.

El quinto método (11.V) después de visitar cuatro ubicaciones en un lado del pasillo, el *picker* se mueve al otro lado del pasillo una ubicación hacia atrás. (Merkuryev, Merkurveva Riga, & Burinskiene, 2009).

En el estudio de caso, los cinco métodos de enrutamiento se encuentran en un almacén de pasillos ancho, están integrados con la ruta compuesta y también se usan en otros diseños de almacén, estrategias de almacenamiento y pruebas de tamaño de lista de selección. (Merkuryev, Merkurveva Riga, & Burinskiene, 2009).

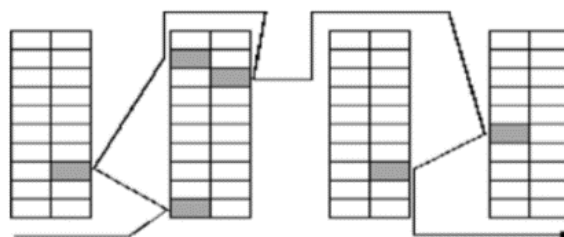
Figura 3.9 Métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho



Caron, Marchet, & Perego (2000), estudian métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho, en donde la distancia de enrutamiento se basa en una línea central para viajar a lo largo del pasillo y en un zigzag que viaja dentro del pasillo para recuperar productos de ambos lados del pasillo.

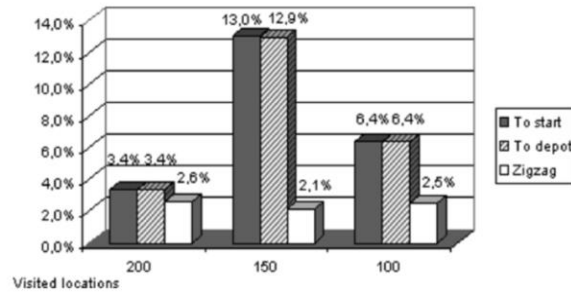
Este método de desplazamiento en zigzag se procesa una lista de selección, con todas las ubicaciones especificadas para esta selección, para definir el método de enrutamiento más eficiente en un almacén de pasillo ancho y analizar las posibilidades para optimizar el proceso de preparación de pedidos, por lo que se creó un modelo de simulación (Merkuryev, Merkurveva Riga, & Burinskiene, 2009).

Figura 3.10 Zigzag travelling in the wide- aisle



La Descripción del modelo para este estudio, se puede implementar mediante un modelo de simulación en Excel y Visual Basic, el algoritmo de simulación se describe en la hoja "Selección" y utiliza la base de datos de listas de selección, donde se definen tareas de selección y una secuencia en la que se visitarán las ubicaciones de acuerdo con la siguiente lista de selección, y el *picker* regresa al depósito.

Gráfica 3.1 *Number of picks*: total de distancias del viaje desde el primer *routing method*



Fuente: Merkuryev, Merkurveva Riga, & Burinskiene, 2009

El experimento descrito por (Merkuryev, Merkurveva Riga, & Burinskiene, 2009) demuestra que, en la situación considerada, la eficiencia del proceso de selección puede mejorarse en un 68% como máximo colocando el depósito correctamente y eligiendo el método de enrutamiento correcto.

Técnicas heurísticas. Agente viajero

En el trabajo que presenta (Toro Ocampo, Bolaños, & Granada Echeverri, 2014) algunos aspectos importantes a tener en cuenta en la toma de decisiones en la gestión logística, haciendo un especial énfasis en la red de distribución, se identifica el problema del *m-TSP*, (*m* agentes viajeros), como un problema de optimización matemática combinatorial que debe ser resuelto por medio de operaciones diarias de las organizaciones.

En esta investigación se muestra un panorama de sus aplicaciones y presentan una metodología que permite medir el desempeño de seis estrategias heurísticas de búsqueda local, identificando las rutas necesarias que visiten todos los nodos de la red, teniendo como objetivo la minimización de la distancia total recorrida. La comparación de las estrategias de búsqueda local se realiza sobre una instancia de prueba de la literatura especializada que cuenta con 75 nodos a visitar y una ciudad origen, punto de inicio y finalización de los *m* agentes viajeros, se enumeran algunas de sus aplicaciones y se presenta una revisión bibliográfica de técnicas heurísticas para la solución de este. Se propone una metodología que combina una heurística constructiva con heurísticas de mejoramiento, los resultados se obtienen tomando como base una instancia de la literatura especializada que permite evaluar el desempeño de 6 estrategias de búsqueda local. De este trabajo solo vamos a mencionar la parte de *picking* que es lo que nos infiere con esta investigación.

Los autores (Kara & Bektas, 2006) mencionan que la recolección, distribución, carga, descarga, clasificación y almacenamiento se ejecuta en la estación terminal o depósito. De acuerdo con el tipo y volumen de operaciones se define la topología de red más adecuada para cada organización. El problema del *m-TSP* aparece entonces en este panorama y dependiendo de la aplicación específica aparecerán variantes en cuanto a la cantidad y tipos de depósitos, al número de agentes viajeros (vehículos), cumplimiento de restricciones como ventanas de tiempo, distancias viajadas, número mínimo de visitas de cada vendedor, la máxima o mínima distancia que los agentes viajeros y la forma en que pueden cubrir, tiempos de atención a cada cliente, periodicidad de las visitas, del problema *m-TSP* y conexiones con otros problemas.

Algunas aplicaciones reportadas en la literatura se presentan:

1. Programación de impresión de periódicos (*Printing press scheduling*): Existen cinco pares de *items* (artículos), los cuales son impresos simultáneamente, el problema de programación consiste en decidir cuál de los tamaños se debe programar y en qué cantidad (Goreinstein, 1970).

2. Ruteo escolar (*School bus vehicle routing problem*, SBRP): Este problema se trata de programar rutas escolares como una variante del problema de m-TSP con algunas restricciones adicionales. En la que la función objetivo consiste en minimizar el número de rutas teniendo en cuenta que la longitud de las rutas sean lo más cortas posibles y que no se tengan sobrecupos en los camiones y adicionalmente que se cumpla con el horario de ingreso a la escuela (R.D., W.L., R., & Whinston, 1972)
3. Problema de programación de grupos o tripulaciones (*Crew Scheduling problem*). Una aplicación aparece en sistemas de información entre diferentes áreas de un banco, donde la central necesita recoger documentos ó dineros y debe programar las rutas de los equipos de mensajería que garanticen un costo mínimo (J.A. & V.E., 1973).
4. Problema de programación de entrevistas (*Interview Scheduling problem*): (K. C. & R.B., 1992) proponen una aplicación de m-TSP con variaciones entre distintos periodos, para la programación de entrevistas entre agentes turísticos y proveedores de la industria del turismo cuyo objetivo es determinar las rutas de cada agente turístico al conjunto de proveedores.
5. Problema de programación de laminadores calientes (*Hot Rolling Scheduling problem*): En la industria del hierro y el acero, las órdenes son programadas sobre un laminador en caliente en el que los costos de preparación de la producción deben ser minimizados. (L.Tang, Liu A, & Yang, 2000)
6. El problema de planificación de misiones (*Mission planning problem*): La programación de misiones consiste en encontrar la ruta óptima para cada soldado (o planeador) para lograr los objetivos de la misión en el mínimo tiempo posible. Esta aplicación incluye construcción, reconocimiento militar de los autores (Brummit & A., 1996) oficina de correos automatizada, robots de rescate ó robots autómatas (Yu, Jinhai, Guochang, & Haiyan, 2002).
7. Diseño del sistema global de navegación por satélite topografía redes. GNSS (*The design of global navigation satellite system*). El GNSS es un sistema de satélite basado en espacio el cual cubre todas las ubicaciones de la tierra, es importante en aplicaciones reales tales como prevención y administración de desastres, medio ambiente, monitoreo agrícola, estado de tiempo, etc. El objetivo es determinar las posiciones geográficas de puntos desconocidos sobre los cuales debe usarse el satélite. (Saleh & Chelouah, 2004).

Redes de Petri

Las redes de Petri (Alverca & Valarezco, 2012) son una herramienta de modelado efectiva para la representación y el análisis de procesos concurrentes. Modelar un sistema usando redes de Petri tiene tres ventajas potenciales:

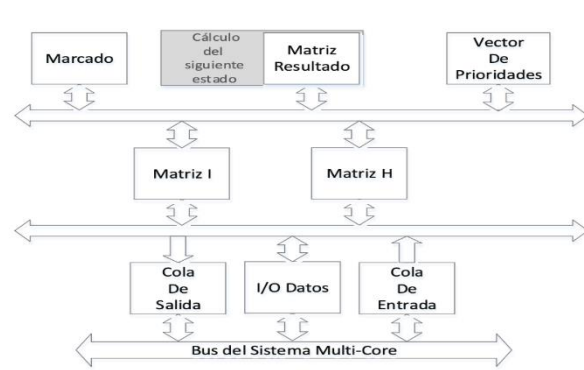
Las redes de Petri pueden ser divididas, lo que facilita su comprensión y reduce los recursos necesarios en la matriz de incidencia. Estas redes se utilizan para abordar sistemas que por su gran envergadura implican matrices de incidencia importantes, los algoritmos para resolver matrices ralas no son aplicables a este caso, puesto que no usan operaciones lógicas simples, complicando su implementación en una FPGA.

Matemáticamente podemos definir a una red de Petri jerárquica como:

$$HPN = \{ \{P_1, T_1, I_1^+, I_1^{2-}, C_1, H_1, m_{01}\}, \{P_1, T_2, I_1^+, I_1^{2-}, H_2, C_2, m_{02}\}, \dots, \{P_n, T_n, I_n^+, I_n^{2-}, H_n, n_2, m_{0n}\}, \quad (3.1)$$

Donde: P_1 es un número finito de plazas novacías, T_1 : es un número finito de transiciones $P \Omega T = 0$, I_1^+, I_1^{2-} son las matrices de incidencia, H_1 : matriz de arcos inhibidores, C_1 : es un vector que contiene los valores que representan la máxima cantidad de tokens que cada plaza de la subred puede mantener, m_{01} : es el marcado inicial de la subred (Micolini, Arlettaz, & Birococo, 2014).

Figura 3.11 Arquitectura del Procesador de Redes de Petri



Fuente: Micolini, Arletattaz, & Birococo (2014)

En el que se aprecia que los objetivos principales de la aplicación de una red de petri son:

1. Elaborar un algoritmo de razonamiento con propagación hacia adelante y hacia atrás mediante números difusos triangulares utilizando redes de Petri difusas.
2. Elaborar el algoritmo de razonamiento con propagación hacia adelante y valores frontera utilizando números difusos triangulares.
3. Elaborar algoritmos de aprendizaje de pesos mediante redes de Petri difusas con pesos adaptativas modificando los algoritmos de aprendizaje de *Widrow Hoff* y *Backpropagation* (BP) para trabajar con números difusos triangulares.

Secuenciación por lotes

Una vez que los pedidos de los clientes se asignan a los pedidos de *picking* (lotes), la secuenciación por lotes determina el orden en que se programan, liberan y procesan los lotes en la línea de *picking*, asignan estos pedidos a los recolectores (operadores), se cumple con los requisitos de tiempo de vencimiento, y se minimiza las tardanzas y la anticipación de los pedidos de los clientes (Azadnia, Thayeri, Ghadimi, Mat Saman, & Wong, 2013).

Se considera el problema del procesamiento por lotes de órdenes de proximidad en un almacén de selección manual por ola. El objetivo es minimizar el tiempo máximo de entrega de cualquier lote (esto se conoce como un objetivo común en la selección de olas), proponen un algoritmo de ramificación y unión para resolver este problema exactamente para instancias pequeñas y un procedimiento heurístico de 2 opciones para instancias grandes. Además, afirman que la heurística de 2 opciones proporciona límites superiores muy ajustados y sería suficiente en la práctica.

Un algoritmo está diseñado para resolver instancias de tamaño modesto. Para instancias más grandes, se sugiere utilizar un algoritmo de aproximación de descenso iterado. Chen y Wu (2005) miden la proximidad de los pedidos teniendo en cuenta el nivel de "asociación" entre los pedidos (los pedidos que tienen *items* similares, tienen una alta asociación y pueden formar un lote).

Recolector de rutas

El enrutador del selector es un problema tradicional de vendedor ambulante (TSP) repetitiva (Cheng, Chen, & Chan, 2015), que plantea la forma en que los recolectores completan las operaciones de *picking* siguiendo el camino más corto para minimizar la distancia de viaje y el tiempo de viaje, generando un recorrido o secuencia para recuperar todos los artículos de un lote, comenzando y terminando en el depósito (Bustillo, Menéndez, Pardo, & Duarte, 2015).

Chen (2005), menciona que el fin de incluir el servicio al cliente como medida de rendimiento en funciones objetivas, es necesario según las fechas de vencimiento de los pedidos de los clientes. El *order batching* de pedidos se implementa en situaciones complicadas, muchos estudios se centran en desarrollar métodos heurísticos para resolverlo. Para los sistemas de selección manual, podemos distinguir dos tipos de heurísticas de orden de lotes: algoritmos de semilla y ahorro.

Los algoritmos de semillas construyen lotes en dos fases: selección de semillas y congruencia de orden. Las reglas de selección de semillas definen un orden de semillas para cada lote. Algunos ejemplos de una regla de selección de semillas son: (a) un orden aleatorio; (b) un pedido con gran número de posiciones; (c) un pedido con el recorrido de selección más largo; (d) una orden con la ubicación más distante (es decir, más alejada del depósito); (f) una orden con la mayor diferencia entre el número de pasillo del pasillo más a la derecha y el más a la izquierda a visitar (Chen *et al.*, 2005; De Koster *et al.*, 2007) para más reglas de selección de semillas).

Las reglas de congruencia de órdenes determinan qué orden no asignada se debe agregar a continuación al lote actual. Por lo general, se selecciona un pedido, que se incluirá en un lote, en función de una medida de la "distancia" desde el pedido hasta el pedido de semillas del lote. Algunos ejemplos son: (a) la cantidad de pasillos adicionales que se deben visitar si se agrega el pedido; (b) la diferencia entre el centro de gravedad del orden y el centro de gravedad del orden de semillas; (c) la suma de las distancias de viaje entre cada ubicación de un artículo en el pedido y la ubicación más cercana del artículo en el pedido de semillas.

Los algoritmos de ahorro se basan en el algoritmo (Clarke & Wright, 1964) para el problema de ruta del vehículo: se obtiene un ahorro en la distancia de viaje combinando un conjunto de recorridos pequeños en un conjunto más pequeño de recorridos más grandes proponen cuatro heurísticas de procesamiento por lotes de las cuales el algoritmo SL (combinar pedidos pequeños con pedidos grandes), que clasifica los pedidos como "grandes" o "pequeños" antes de asignarlos a diferentes lotes, genera las distancias de viaje más pequeñas.

Métodos de solución metaheurística

Chen *et al.* (2005), De Koster *et al.* (2007), mencionan que existen problemas de procesamiento por lotes de pedidos extremadamente complicados, que para obtener soluciones óptimas de problemas de gran escala, dentro de un tiempo tolerable, es muy complicado y requiere mucho tiempo obtener soluciones exactas para los problemas de procesamiento por lotes de pedidos, y sólo se puede resolver en un tiempo polinómico si cada lote no contiene más de dos órdenes, para este tipo de problemas existen los métodos de solución heurísticos propuesto por los autores ya mencionados anteriormente.

Algoritmos Heurísticos para la resolución del problema.

- **Heurística clásica:** En forma de s, atravesando todos los pasillos adyacentes, que contenga un elemento a elegir.
- **Heurística de punto medio:** Dividen el almacén, el selector solo recorre los primeros y los últimos de la sección, en los intermedios nunca cruza total mente. Es útil para pequeñas secciones.
- **Heurística de distancia más grande:** El selector toma la idea de la forma s, pero solo entra hasta donde dejara un hueco más grande para el siguiente punto, maximizando así, las partes de las naves que nos son recogidas, identificando los espacios vacíos, saliendo del mismo lado en que entro.

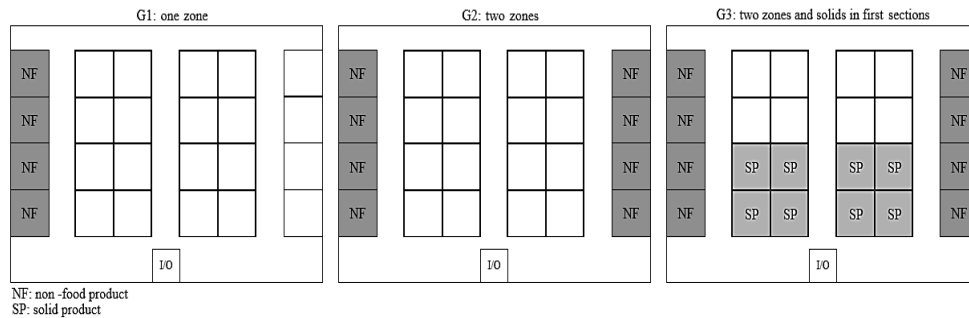
A estas heurísticas¹ se le añaden las restricciones de peso, fragilidad y categorías, una vez que se ha recogido el primer producto, de los productos posteriores se deben de respetar las restricciones atravesando el almacén siguiendo las reglas heurísticas, hasta que la plataforma este llena, pasando al punto de I/O, y así comenzar una nueva ruta.

Todos estos algoritmos se implementan en 3 grupos con las configuraciones y combinaciones de las características analizadas.

¹ Búsqueda adaptativa. Conjunto de destrucción y reconstrucción para encontrar mejores soluciones, con el fin de aceleración de la búsqueda e inserción del producto

- **G1:** Primer pasillo solo a artículos no alimentarios, mientras que todos los productos frágiles y no frágiles se colocan al azar en todo el almacén.
- **G2:** División del área de selección en dos zonas simétricas. permitiendo colocar artículos no alimentarios en las extremidades laterales del almacén. Todos los elementos restantes se colocaron al azar en otro lugar.
- **G3:** Los artículos no alimentarios se colocaron en las extremidades como en G2, pero los productos sólidos (SP), es decir, no frágiles, con una gran capacidad de autoayuda se agrupan en las secciones cercanas a la E / S.

Figura 3.18 Pasillos simulando los algoritmos heurísticos



Fuente: Scholz & Wascher (2015)

En conclusión, los experimentos numéricos muestran que, en promedio, la aplicación de la heurística representada puede reducir la duración de los recorridos de recolección necesarios en más de 20 en comparación con una solución.

En comparación con el mejor punto de referencia (CÓW (ii) + Búsqueda local), se puede observar una mejora de hasta tres puntos porcentuales, a pesar del hecho de que la magnitud de las mejoras obtenidas varía con respecto al tamaño del problema (número de pedidos), las características del equipo utilizado (capacidad del dispositivo de selección) y la estrategia de enrutamiento elegida, los resultados producidos por Rank-Based Ant System (RBAS) e Iterated Local Search (ILS) son siempre superiores a todos los puntos de referencia considerados. Además, los experimentos han demostrado que las duraciones alcanzadas de los recorridos de recolección son muy cercanas a las óptimas (en la medida en que fue posible generarlas). Además de la calidad superior de la solución, es importante señalar que los metaheurísticos pueden generar soluciones de alta calidad en un tiempo razonable.

Algoritmos genéticos (evolutivos)

Para resolver el problema de encontrar la solución en tiempos adecuados para la operación de *picking* se plantea una estrategia basada en dos pasos: un algoritmo de agrupamiento que considera un conjunto fijo de órdenes para generar los distintos batching y un algoritmo genético para eficiente la asignación y secuenciación de grupos de órdenes que mejoren la ratio de ordenes servidas.

Las metaheurísticas evolutivas establecen estrategias para conducir la evolución en el espacio de búsqueda de conjuntos de soluciones (usualmente llamados poblaciones) con la intención de acercarse a la solución óptima con sus elementos. El aspecto fundamental de las heurísticas evolutivas consiste en la interacción entre los miembros de la población frente a la búsqueda que se guían por la información de soluciones individuales.

Es importante destacar las diversas ventajas que presenta el uso de técnicas evolutivas para resolver problemas de búsqueda y optimización:

- Simplicidad Conceptual.
- Amplia aplicabilidad.
- Superiores a las técnicas tradicionales en muchos problemas del mundo real.

- Tienen el potencial para incorporar conocimiento sobre el dominio y para hibridarse con otras técnicas de búsqueda/optimización.
- Pueden explotar fácilmente las arquitecturas en paralelo.
- Son robustas a los cambios dinámicos.

Para finalizar, es importante mencionar que la computación evolutiva, como disciplina de estudio, ha atraído la atención de un número cada vez mayor de investigadores de todo el mundo. Esta popularidad se debe, en gran medida, al enorme éxito que han tenido los algoritmos evolutivos en la solución de problemas del mundo real de gran complejidad, sin embargo, es importante tener en mente que los algoritmos evolutivos son técnicas heurísticas.

El uso apropiado y pertinente de los algoritmos evolutivos será sin duda la base de su futuro como alternativa para la solución de problemas complejos y de ahí que se enfatice su importancia (Grupo de Computación Evolutiva CINESTAV-IPN, 2006).

Análisis y comparación de métodos y técnicas de soluciones para la selección de pedidos por medio de la identificación de problemas

Con base en la información antes mencionada se integran varias técnicas y métodos elaborados por diversos autores, las cuales en este trabajo les nombramos técnicas formales, representadas en la siguiente tabla. Diversos autores han propuesto una serie de modelos y técnicas, basándose en diversos problemas de los almacenes, o características específicas de pedidos, y algunos otros criterios como: horarios, destinos, fechas y algunas más; también depende del propósito de los almacenes como: minimizar la distancia de recorrido del recolector, evitar desplazamientos innecesarios, diseños de almacén, realizar el *picking* en piso, *picking* en niveles.

La implementación hoy en día considera algoritmos, simulaciones, estrategias heurísticas y algunos criterios considerando el diseño de almacén, el tipo de artículos, su tamaño, entregas y políticas de manejo.

Tabla 3.1 Análisis y Comparación de técnicas formales

Método O Técnica	Descripción	Escenario Donde Se Aplica	Limitaciones
Grafos. Dijkstra	Tiene por objeto determinar las rutas más cortas entre el nodo fuente y todos los demás nodos de la red.	La estrategia de búsqueda que emplean es por medio de la identificación de patrones.	La búsqueda de patrones se realiza en un solo grafo, puede ser inexacta por tal motivo.
Programación lineal	Los algoritmos son exactos para el problema de selección basado en la dinámica de recolección de pedidos utilizando la programación lineal de números enteros mixtos.	El enfoque que se propone para almacenes hasta tres pasillos transversales, y se extiende a cualquier número de pasillos transversales.	tiene como resultado un algoritmo lineal débil e ineficiente en la práctica, además tiene algunas restricciones
Programación dinámica	El enfoque de programación dinámica es el más rápido ya que todas las instancias aceptadas se resuelven en menos de un segundo por medio de rutas (como ramificaciones de árboles).	Este método de programación dinámica pueden ser una pista prometedora para resolver el problema de picking juntamente con otros problemas de políticas de almacén o lote.	
Proceso Order picking warehouse	Este método determina los posibles ahorros en la distancia de viaje y métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo.	En un almacén con dos bloques de almacenamiento.	Únicamente se reduce la distancia hasta un 60 %
Warehouse Layout	El modelo de simulación explorado es flexible. La ubicación del depósito está en el centro del frente del almacén de referencia.	Los productos se recogen de ubicaciones en el suelo.	Este método tiene sus limitaciones al utilizarse en las alturas.
Batch Picking Order Picking Sort while pick	Esta es una política de picking mediante la cual se agrupan varias órdenes de pedido que tengan artículos coincidentes en la ruta de picking,	Se aplican en todo tipo de almacenes, esto se hace con el fin de minimizar la distancia recorrida cuando se tienen órdenes con "estaciones" (o paradas) similares.	Como el lote de ordenes es variable, es decir se puede agrupar de dos o más ordenes sin tener limitaciones de un batch a otro, las rutas que se trazan pueden no ser las óptimas en todos los casos

Pick and sort	sigue la política de picking by article, consiste en realizar el proceso de recuperación de todas las SKU y depositar en caja o estiba sin distinción alguna.		El problema será que se incrementará el tiempo de preparación de las ordenes, por lo tanto el tiempo de ciclo de toda la orden, es una política que como todas debe combinarse con otras para complementar las debilidades que pueda presentar.
Picking by zoning or Pick to box	se divide en varias zonas, a cada zona se asigna uno o más pickers que se encargarán de preparar las líneas de los pedidos correspondientes a la zona.	Consiste en agrupar los SKU durante el proceso de Picking en cajas diferentes según cada pedido de acuerdo con los diferentes criterios como: horario, destino, fecha, etc.	En esta variante, los pedidos parcialmente consolidados, pasan de una zona a otra; generalmente guiados por una banda transportadora, en dado caso que no cuenten con una ella, el problema será que se incrementará el tiempo de preparación de las ordenes
Wave Picking	Esta política es muy parecida a la aplicada en el batch picking, en la agrupan órdenes de pedido, la diferencia radica en el tipo de agrupamiento, y se basa en criterios de horario, destino o cualquier otro criterio		
Storage Strategies. ABC	Se menciona la posibilidad de optimizar el picker de acuerdo con las diversas formas en que se encuentran almacenados los productos (ítems) y las características de estos.	Los métodos de almacenamiento se basan en los volúmenes, permiten conocer el flujo de actividades que se llevan a cabo, eliminando las actividades que no generan valor al producto,	la implementación de esta metodología representa un costo elevado para la empresa, determina los conductores, que representa un grado de dificultad considerable, centra la atención en la administración y optimización de costos, consume gran parte de los recursos en las partes de diseño e implementación
Métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho	Este método incluye 5 métodos de enrutamiento se encuentran en un almacén de pasillos ancho, están integrados con la ruta compuesta y también se usan en otros diseños de almacén, estrategias de almacenamiento.	estudian métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho, en donde la distancia de enrutamiento se basa en una línea central para viajar a lo largo del pasillo y en un zigzag que viaja dentro del pasillo para recuperar productos de ambos lados del pasillo	El experimento descrito demuestra que, en la situación considerada, la eficiencia del proceso de selección puede mejorarse en un 68% como máximo colocando el depósito correctamente y eligiendo el método de enrutamiento correcto
Técnicas heurísticas. Agente viajero	se identifica el problema del m-TSP, (m agentes viajeros), como un problema de optimización matemática combinatorial que debe ser resuelto por medio de operaciones diarias de las organizaciones.	permite medir el desempeño de seis estrategias heurísticas de búsqueda local, identificando las rutas necesarias que visiten todos los nodos de la red, teniendo como objetivo la minimización de la distancia total recorrida.	Las aplicaciones del m-TSP aparecen principalmente en varios problemas de ruteamiento y programación, algunas aplicaciones reportadas en la literatura presentada anteriormente.
Redes de petri	Es un modelado efectivo para la representación y el análisis de procesos concurrentes. El sistema es fácil de entender debido a la naturaleza gráfica y precisa del esquema de representación. incluye herramientas del análisis tales como los árboles y se establecen relaciones entre ciertas estructuras de redes, comportamiento dinámico y técnicas para la verificación de programas paralelos, pueden sintetizarse usando técnicas "bottom-up" y "top-down".	Esta implementación se elabora para modificaciones estructurales y para incrementar el potencial y para facilitar la solución de los problemas de análisis de programación concurrente y también pueden ser utilizadas para analizar cuantitativamente los pickers del modelado.	Se elaboran algoritmos de razonamiento con propagación hacia adelante y hacia atrás, mediante números difusos triangulares utilizando redes de Petri difusas; valores frontera utilizando números difusos triangulares y mediante redes de Petri difusas con pesos adaptativas modificando los algoritmos de aprendizaje de Widrow Hoff y Backpropagation (BP) para trabajar con números difusos triangulares.
Secuenciación por lotes	El procesamiento por lotes por proximidad asigna cada pedido a un lote en función de la proximidad de su ubicación de almacenamiento a los de otros pedidos	Se considera este procesamiento por lotes de órdenes de proximidad en un almacén de selección manual por ola, con el propósito de minimizar el tiempo máximo de entrega de cualquier lote.	proponen un algoritmo de ramificación y unión para resolver este problema exactamente para instancias pequeñas y un procedimiento heurístico de 2 opciones para instancias grandes.
Recolector de rutas	El enrutador del selector es un problema tradicional de vendedor ambulante (TSP) que plantea la forma en que los	Es necesario según las fechas de vencimiento de los pedidos de los clientes, se analiza la concepción de este contexto en	Los algoritmos de ahorro se usan para el problema de ruta del vehículo; obteniendo un ahorro en la distancia de viaje combinando, un

	recolectores completan las operaciones de picking siguiendo el camino más corto para minimizar la distancia de viaje y el tiempo de viaje, generando un recorrido o para recuperar todos los artículos de un lote, comenzando y terminando en el depósito	las investigaciones que implican retraso en sus funciones objetivas para el procesamiento por lotes de pedidos	conjunto de recorridos pequeños en un conjunto más pequeño de recorridos más grandes propone combinar pedidos pequeños con pedidos grandes antes de asignarlos a diferentes lotes y generar distancias de viaje más pequeñas.
Métodos de solución metaheurística.	Heurística clásica, Heurística de punto medio y Heurística de distancia más grande: El selector en forma s , pero solo entra hasta donde dejara un hueco más grande para el siguiente punto, maximizando así, las partes de las naves que nos son recogidas, identificando los espacios vacíos, saliendo del mismo lado en que entro.	Estas heurísticas se utilizan, donde existen restricciones de peso, fragilidad y categorías, una vez que se ha recogido el primer producto, de los productos posteriores se deben de respetar las restricciones atravesando el almacén siguiendo las reglas heurísticas, hasta que la plataforma este llena, pasando al punto de I/O, y así comenzar una nueva ruta.	En comparación con el mejor punto de referencia (CÓW (ii) + Búsqueda local), se puede observar una mejora de hasta tres puntos porcentuales, a pesar del hecho de que la magnitud de las mejoras obtenidas varía con respecto al tamaño del problema (número de pedidos), las características del equipo utilizado (capacidad del dispositivo de selección) y la estrategia de enrutamiento elegida.
Algoritmos genéticos (evolutivos)	Utilizan estrategias para conducir la evolución en el espacio de búsqueda de conjuntos de soluciones, con la intención de acercarse a la solución óptima	solución de problemas del mundo real de gran complejidad	Es importante tener en mente que los algoritmos evolutivos son técnicas heurísticas, en la práctica suelen aproximar razonablemente bien el óptimo de un problema en un tiempo promedio considerablemente menor que los algoritmos deterministas.

Fuente: Elaboración propia tomada de varios autores (2019).

Además de estas tendencias mostradas en la tabla, también se sugiere tomar en consideración las limitaciones de capacidad de espacio (Chen & Wu, 2005), ordenes de partición para mejorar la eficiencia de almacenamiento (Tsai *et al.*, 2008), problemas de optimización estocástica (De Koster *et al.*, 2007), y modelos ajustados a las complejas situaciones de los almacenes competitivos.

Resultados y conclusiones

Los modelos de consolidación de carga requieren ser plasmados como mecanismos de coordinación donde se logre la alineación de los agentes y los procesos alrededor de una eficiente manipulación de la recepción, almacenamiento, recepción de pedidos, preparación de pedidos, clasificación, embalaje, consolidación de carga y envío, que minimice los costos por pérdidas, aprovechando al máximo su capacidad y la adecuada manipulación de los productos.

Los almacenes y centros de distribución están interesados en encontrar la forma más económica de elegir pedidos de clientes, lo que implica minimizar los costos de operación e implica la reducción de la distancia de viaje o el tiempo de viaje. En este sentido, la mayoría de los estudios se centran en reducir la distancia total recorrida, transporte y tiempo de búsqueda, y rendimiento por hora.

Derivado de lo anterior el análisis realizado en esta investigación se propone un marco predictivo logístico, en la que se presenta que método o técnica aplicar en un CEDIS de acuerdo con las características, necesidades y problemas en los pedidos.

Tabla 3.2 Marco Predictivo Logístico

Método o técnica	Características de pedido que se pueden resolver
Grafos. Dijkstra	Se implementan cuando el problema es identificar patrones frecuentes y eso facilita la utilización de grafos.
Programación lineal y programación dinámica	El enfoque que se propone para almacenes, esta enfocado hasta para tres pasillos transversales, y se extiende a cualquier hasta cualquier cantidad.
Proceso Order picking warehouse	El objetivo de este caso es minimizar la distancia de recorrido del recolector en un almacén de referencia: distancia de viaje promedio por pedido y distancia de viaje total.
Wherehouse Layaout	La característica para implementar esta técnica se refiere a que dentro el almacén puede contener hasta ocho pasillos paralelos, y cada pasillo contiene cien ubicaciones de picking. El pasillo transversal en el medio del almacén lo separa en dos bloques de almacenamiento y permite tres posibilidades para cambiar entre pasillos: en la parte delantera, en la parte trasera y en el medio.
Batch Picking	Esta técnica es implementada a lotes variables. Se ahorra tiempo, se evitan los desplazamientos innecesarios, y el agrupamiento se realiza a medida que los pedidos van llegando al centro de distribución,
Order Picking (MOP). Sort while pick	Este método es implementado cuando en un CEDIS existen lotes variables.
Pick and sort	Esta técnica se utiliza para disminuir el tráfico en el área de picking, aumentar la productividad de los pickers y reducir errores de precisión en los pedidos, pues la persona encargada de consolidarlos está estrictamente dedicada a esa operación.
Picking by zoning or Pick to box y Wave Picking	Estas dos técnicas u algoritmos se utilizan cuando las ordenes de pedidos van pasando de estación en estación, de tal forma que cuando termine su recorrido, los pedidos estarán completamente consolidados, es decir que no habrá necesidad de separarlos en una estación final
Storage Strategies. ABC	Esta técnica se utiliza para optimizar el picker de acuerdo con las diversas formas en que se encuentran almacenados los productos (ítems).
Métodos de enrutamiento en un almacén de pasillo ancho	Los cinco métodos de enrutamiento se implementan en almacenes donde existen pasillos anchos, están integrados con la ruta compuesta y también se usan en otros diseños de almacén, estrategias de almacenamiento y pruebas de tamaño de lista de selección
Técnicas heurísticas. Agente viajero y redes de petri:	Estos algoritmos o técnicas son implementados para hacer posible o determinar las posiciones geográficas de puntos desconocidos sobre los cuales debe usarse el satélite. Cuando se tienen múltiples receptores ó múltiples periodos de tiempo se ubican los receptores para realizar una serie de observaciones, el problema de encontrar la mejor orden de sesiones de los receptores puede ser formulado como un m-TSP
Secuenciación por lotes:	Este es implementado cuando el procesamiento es de órdenes por lotes, y con una a proximidad en un almacén de selección manual por ola.
Recolector de rutas	Esta técnica es utilizada cuando existen problemas de secuenciación y enrutamiento de selectores, considerando las fechas de vencimiento como puntos fijos y se implementa en situaciones complicadas existen problemas de procesamiento por lotes de pedidos extremadamente complicados, que, para obtener soluciones óptimas de problemas de gran escala, dentro de un tiempo tolerable, es muy complicado y requiere mucho tiempo obtener soluciones exactas para los problemas de procesamiento por lotes de pedidos, y sólo se puede resolver en un tiempo polinómico
Algoritmos genéticos (evolutivos)	Esta técnica tiene una amplia aplicabilidad. Es superior a las técnicas tradicionales en muchos problemas del mundo real. Tienen el potencial para incorporar conocimiento sobre el dominio y para hibridarse con otras técnicas de búsqueda/optimización. Pueden explotar fácilmente las arquitecturas en paralelo. Son robustas a los cambios dinámicos y simplicidad Conceptual.

Fuente: Elaboración Propia (2019).

Se concluye en esta investigación que de acuerdo a diversas técnicas formales analizadas en operaciones logística, se presentan los principales enfoques para resolver problemas de pedidos, donde se incluyen varios tipos ordenamiento por lotes, problemas de secuenciación por lotes de un enrutador al despachar el pedido, diferentes requerimientos de pedidos, diferentes diseño de almacenes, tamaños de almacenes, algunas características solicitadas por los clientes en sus pedidos, se presenta la propuesta de un marco predictivo logístico ver tabla (2), de acuerdo con algunas tendencias de investigación sugeridas por varios autores, estos problemas deben ser resueltos conjuntamente considerando condiciones actuales de los CEDIS con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, la rentabilidad de la operación de almacén y probablemente la combinación de una o varias técnicas para poder resolver diversas situaciones presentadas en las organizaciones logísticas.

Referencias

- Alverca, T. G., & Valarezco, C. L. (2012). Aplicación de redes de Petri en el dominio
- Bozer, Y. A., & Kiler, J. W. (2008). Order batching in walk-and-pick order picking systems. *International Journal of Production Research*, 46(7), 1887–1909.
- Brummit, B., & A., S. (1996). Dynamic mission planning for multiple mobile robots. *Proceedings of the IEEE international conference on robotics and automation*.
- Caron, F., Marchet, G., & Perego, A. (2000). *Layaout design in manual picking systems: a simulatin approach*. *Integr Manuf Syst* (Vol. 11). Integr Manuf Syst.
- Clarke , G., & Wright, W. (1964). Scheduling of vehicules from a central depot to number of delivery points. *Operations Research*, 568-581.
- Correa Salazar, C., & Montoya Rengifo, J. (2011). Propuesta de mejoramiento del sistema de order picking en el área de unidades sueltas de un CEDIS. *Universidad ICESI Departamen to de ingeniería industrial*.
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. (2006). *Desidn and control of warehouse order pick-ing*. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Managment.
- Flores G., M. J., Carrasco O., A., & Fco, M. T. (2012). *Búsqueda de patrones interesantes en un solo grafo utilizando correspondencia inexacta*. Coordinacion de Ciencias Computacionales.
- Gademann, N., & de Velde, V. (2005). Order Batching to Minimize total Travel Time ina Parallel.Aisle Warehouse. *IIE Transactions*, 63-75.
- Gademann, N., & Van de Velde, S. (2005). Order Batching to Minimize total travel time in Parallel-Aisle Warehouse. *IIE Tramsactions*, 63-75.
- Goreinstein, S. (1970). *Printing press scheduling for multi- edition periodicals*. Managment Sciencie.
- Grupo de Computación Evolutiva CINVESTAV-IPN. (2006). Computación evolutiva y algunas de sus aplicaciones en Economía y Finanzas. *Revista para métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 13-20.
- Henn S.,Koch S., & Wascher G. (2011). Order Batching in Order Picking Warehouses: a Survey of Solution Approaches (pp. 12-25)
- Henn, S., & Schmid, V. (2013). *Metaheuristics for Order Batching and Sequencing in Manual Order Picking Systems*. Computer & Industrial Engineering.
- J.A., S., & V.E., H. (1973). *Computacional experience with an m-salesman traveling salesman algorithm*. Managment Sciencie.
- K. C., G., & R.B., H. (1992). *A new multiperiod multiple traveling salesman problem with heuristic and application to scheduling problem*. Decisions Sciencies.
- Kara, T., & Bektas. (2006). *Integer linear programming formulations of multiple salesman problem and its variations*. European Journal: Ooperational Research.
- Kirby, C & Brosa N. (2011). La logística como factor de Competitividad de las Américas. Presentado en el V Foro de Competitividad de las Américas. Santo Domingo, República Dominicana.
- Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. (2006). Design and control of warehouse order picking. *RSM Erasmus University*.

- L.Tang, Liu A, R., & Yang, Z. (2000). *A multiple traveling salesman problem model for hot rolling schedulling in Shanghai Baoshan Iron & Steel Complex*. European: Operational Research.
- Law , A. M., & Kelton, W. D. (2000). Simulation modeling and analysis. *Higher Education. Industial Engineering Series*.
- Áreas de Negocios.Modelo de Operación PL (<http://serraltalogistica.com/4pl.html>. Consultado en diciembre 2019.
- Merkurye, Y, Burinskiene , A., & Merkuryeva, G. (2009). *Proceso de preparación de pedidos de Almacen. Estudios de casos basados en simulación logística*. Londres: Springer.
- Merkuryev, Y., Merkurveva Riga, G., & Burinskiene, A. (2009). *Simulation-Based Case Studies in Logistics*. Vilniuns Gediminas Tecnical University, Lithuania Aurelija : Springer.
- Pansarta, L., Catusse, N., & Cambazarda, H. (2018). Exact algorithms for the order picking problem. *Universiti Grenoble Alpes, France*, 1-23.
- R.D., A., W.L., C., R., N., & Whinston, A. (1972). *Computer assited school bus scheduling*. Managment Sciencie.
- Ratiliff, H., & Rosenthal, A. (1983). Order-picking in a rectangular warehouse. *Operations Research*, 31(3):507-521.
- Saleh, H., & Chelouah, R. (2004). The design of the global navigation satelite sysstem surveying networks using genetic algorithms. *Engineeting Aplications of Artificial Intelligence*, 111-122.
- Scholz, A., & Wascher, G. (2015). A Solution Approach for the Joint Order Batching and Picker Routing Problem in a Two-Block Layout. *Working Paper Series*, 1-30.
- Scholz, A., Henn, S., Stuhlmann, M., & Wascher, G. (2016). A new matematical programming formulation for the single-picker routing problem. *European Journal of Operational Research*, 253 (1):68-84.
- Taha, H. A. (2004). Investigación de Operaciones 7a. Edición. En H. A. Taha, *Modelos de Redes* (pág. Capitulo 6). MEXICO: PEARSON EDUCACIÓN.
- Toro Ocampo, E., Bolaños, R., & Granada Echeverri, M. (2014). *Solución del problema de múltiples agentes viajeros resuelto mediante técnicas heurísticas*. Pereira, Risaralda, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia.
- Wäscher, G., Dyckhoff, H., Lackes, R., & Reese, J. (2004). *Order Picking: A Survey of Planning Problems and Methods*. *Supply Chain Management and Reverse Logistics*,. Berlin.: Springer.
- Yu, Z., Jinhai, G., Guochang, Z., & Haiyan, Y. (2002). An implementation of evolutionary computation for path planning of cooperative mobile robots. *Proceedings of the fourth word congress on intelligent control and automation*, 1978-1802.

Capítulo 4 Procedimiento matemático, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP)

Chapter 4 Mathematical procedure, using a Materials Requirements Planning (MRP) teaching system

GAVIÑO-ORTIZ, Gabriela†*, BARRIOS-BORJES, Eleany y LOPEZ-ABUNDIS, Eduardo

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Gabriela, Gaviño-Ortiz* / **ORC ID:** 0000-0002-8951-7633, **Researcher ID Thomson:** D-9721-2018, **arXiv Author ID:** Gaby#1, **CVU CONACYT ID:** 516812

ID 1^{er} Coautor: *Eleany, Barrios-Borjes* / **ORC ID:** 0000-0002-5212-6663

ID 2^{do} Coautor: *Eduardo, López-Abundis* / **ORC ID:** 0000-0002-0750-7432

DOI: 10.35429/H.2020.1.51.68

G. Gaviño, E. Barrios y E. Lopez

*gabygortiz@gmail.com

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

Este trabajo es de mucha importancia ya que presenta un sistema de enseñanza para favorecer a las Instituciones de Educación Superior en carreras como Logística, Ingeniería industrial, Cadena de suministro, Logística interna y afines, por medio de la comprensión de procedimientos matemático orientado a la simulación. Primero se lleva a cabo el análisis de la realidad a estudiar, es decir, se desea comprender la práctica de la Planificación de requerimientos de material (MRP) y después de analizar cada paso del MRP se presenta un sistema de enseñanza de forma estructurada para el discernimiento de un caso de estudio de planificación de requerimientos de material (MRP) que proporcione un programa de producción y abastecimiento, de acuerdo con los pronósticos de ventas de un Centro de Distribución (CEDIS). Los estándares de producción y los tiempos de entrega de los proveedores, que responden al ¿Qué?, ¿Cuánto? y ¿Cuándo? abastecer. (Velasco Flores, 2017).

Se presenta el MRP que es un conjunto de técnicas que usa los datos de la lista de materiales, datos de inventarios y el plan maestro de producción para calcular los requerimientos de materiales, sugiriendo liberar ordenes de reposición de materiales y reprogramar ordenes abiertas, basadas en el desfase en el tiempo. Este desfase empieza con los artículos listados en el Plan Maestro de Producción (MPS) y determina: la cantidad de todos los componentes y materiales requeridos para fabricar dichos artículos y la fecha que se necesitan. El desfase se completa explotando la lista de materiales, ajustando en el inventario las cantidades ordenadas y/o disponibles, y estableciendo los requerimientos netos desfasados a través del tiempo (APICS, 2019).

El procedimiento matemático MRP I que se presenta en esta investigación está basado en dos aspectos fundamentales:

1. Se refiere a productos terminados
2. Este sistema de enseñanza estructura un procedimiento matemático de acuerdo con las necesidades de cada artículo (demandas independientes y estructura del producto).

Este tipo de investigación es cuantitativa, del tipo positivismo, ya que es una representación de la realidad de un MRP I que se basa en el cálculo de las necesidades netas de los artículos y componentes, introduciendo un factor no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, lo que en definitiva conduce a modular el tiempo, con la debida planificación respecto a su utilización y a la comprensión de los estudiantes para posteriormente simularlo en un software que permita percibir el proceso cómo un sistema real, como podemos percibir.

Sistema de enseñanza, Planificación de requerimientos de material (MRP), Abastecimiento, procedimiento matemático, Simulación

Abstract

This work is of great importance since it presents a teaching system to favor Higher Education Institutions in careers such as Logistics, Industrial Engineering, Supply Chain, Internal logistics and related, through the understanding of mathematical procedures oriented to simulation. First, the analysis of reality to be studied is carried out, that is, you want to understand the practice of Material Requirements Planning (MRP) and after analyzing each step of the MRP, a structured teaching system is presented for the discernment of a material requirements planning (MRP) case study that provides a production and supply program, according to sales forecasts of a Distribution Center (CEDIS). The production standards and the delivery times of the suppliers, which respond to the What? How much? and when? supply. (Velasco Flores, 2017).

The MRP is presented, which is a set of techniques that uses BOM data, inventory data, and the master production plan to calculate material requirements. suggesting releasing material replenishment orders and rescheduling open orders, based on time lag. This phase shift begins with the items listed in the Master Production Plan (MPS) and determines: the quantity of all components and materials required to manufacture those items and the date they are needed. The offset is completed by exploding the bill of materials, adjusting the ordered and / or available quantities in the inventory, and establishing the net requirements out of time over time (APICS, 2019).

The MRP I mathematical procedure presented in this investigation is based on two fundamental aspects:

1. Refers to finished products
2. This teaching system structures a mathematical procedure according to the needs of each article (independent demands and product structure).

This type of research is quantitative, of the positivism type, since it is a representation of the reality of an MRP I that is based on the calculation of the net needs of the articles and components, introducing a factor not considered in traditional management methods. of stocks, which ultimately leads to modulating time, with due planning regarding its use and the understanding of the students to later simulate it in software that allows us to perceive the process as a real system, as we can perceive.

Teaching system, material requirements planning (MRP), Supply, Mathematical procedure, simulation

Introducción

En la última década, el aumento acelerado de la demanda de los bienes y servicios a escala global y la creciente internacionalización de los mercados de materias primas y productos finales, en procesos de manufactura, centros de distribución (CEDIS), que representan maneras diferentes de entender la gestión de inventarios y de producción, presentan un sistema de planificación de requerimientos de material (MRP) que proporciona un programa de producción y abastecimiento, de acuerdo con los pronósticos de ventas de CEDIS. Los estándares de producción y los tiempos de entrega de los proveedores mediante algunas metodologías como: Planificación de los Requerimientos de Materiales (MRP I), Planificación de los Recursos de la Empresa (MRP II) y *Just In Time* o Justo a Tiempo del (JIT). Los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) incluyen al MRP II y las funciones administrativas de soporte y de servicio.

El inicio de esta tecnología en la administración de la producción y las operaciones es el sistema MRP, el cual se entiende como parte de la evolución de la gestión de materiales, de la empresa y de una nueva tecnología (Delgado & Marín, 2000).

El crecimiento, la complejidad de las organizaciones y la mayor disponibilidad de computadoras en estos años, abren las puertas para el desarrollo de sistemas como el MRP, que posibilitan el manejo de grandes volúmenes de datos interrelacionados a velocidades impresionables, incluso, en la actualidad en tiempo real.

Dentro de las organizaciones existen ciertas condiciones de acuerdo al sector, tipo de empresa y la forma en que utilizan las habilidades, procesos y tecnologías para crear ventajas competitivas en la cadena de suministro, derivado de lo anterior se desarrollan y mantienen competencias, con el propósito de sostener ventajas competitivas de sus organizaciones, buscando contar con especialistas en logística interna que lleven a cabo estrategias, competencias y habilidades esenciales en el manejo de las actividades.

Esta investigación busca contribuir al reto de la Educación Superior de formar profesionales con las habilidades y competencias que exige el mercado laboral en el sector de la logística, ajustando estas necesidades empresariales en especialistas de la logística y cadena de suministro, teniendo en cuenta que los empleadores hoy en día requieren más a profesionales con esta formación (J.V., Exposito Langa, Sempere Castell, & Sempere Castello, 2014).

Adicional a esto, la cadena de suministro que incluye la gestión se ha convertido en una disciplina propia, hasta el punto de liderar los campos en los cuales la ingeniería, la administración de empresas se desarrolla, haciendo inevitable que los profesionales reciban educación en gestión logística, y obtengan un rendimiento académico adecuado en su formación universitaria (J.V., Exposito Langa, Sempere Castell, & Sempere Castello, 2014).

El MRP I, representa una filosofía diferente a los sistemas de demanda independiente tradicionales. Este sistema integra la programación de la producción y el control de los inventarios de materiales.

Se estudia la relación de lo que se quiere producir o ensamblar, de acuerdo a las características de los productos, que se presenta en una lista conocida como BOM (*Bill of Materials*), derivado de lo anterior, el MRP integra la información y presenta los requerimientos de materiales necesarios para cubrir un cierto programa de producción.

Se elabora una distribución de tiempo de acuerdo con las necesidades de los elementos, estableciendo fechas de emisión y entrega de pedidos. La metodología MRP establece un tiempo estándar como un dato fijo, por lo que es importante que este, sea reducido al mínimo, no tiene en cuenta las restricciones de capacidad y se integra por medio de una base de datos que debe ser empleada por las diferentes áreas de la empresa (Velasco Flores, 2017).

El concepto de MRP I es sencillo, se trata de saber que se debe aprovisionar o fabricar, en que cantidad, y en qué momento para cumplir con los compromisos adquiridos. En la vida práctica la gran cantidad de datos que se manejan en forma simultánea y el volumen de cálculos que esto implica, exigen el uso de programas y computadoras para su eficiente manipulación.

En este contexto mencionamos que es necesario favorecer a las Instituciones de Educación Superior por medio de sistemas de enseñanza que se acerquen más a la realidad por medio de modelos matemáticos, que orienten a la simulación.

Objetivos y pregunta de investigación

Pregunta de investigación

¿Cómo elaborar un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP I) orientado a una simulación?

Objetivo General

Implementar procedimientos matemáticos de un Sistema de Enseñanza de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), para alumnos de Escuelas o Instituciones de Educación Superior (ES) orientados a la simulación.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una revisión de la literatura académica de los modelos matemáticos diseñados para sistemas MRP.
- Establecer una Metodología de un Procedimiento Matemático, orientado a la simulación mediante un sistema de enseñanza.
- Implementar un modelo de enseñanza-aprendizaje mediante un procedimiento matemático para la aplicación de un MRP para alumnos de ES utilizando un caso de estudio.
- Describir resultados.

Desarrollar una revisión de la literatura académica de los modelos matemáticos diseñados para sistemas MRP

La globalización promueve en las organizaciones la competitividad, obligando a las empresas a salir de un estado de ventajas comparativas a uno de ventajas competitivas. El mercado ha exigido de las organizaciones un conjunto de características que abarcan: eficiencia, eficacia, dinamismo, creatividad, agilidad, flexibilidad y que posean visión holística, que sean competitivas y que tengan sus estrategias definidas, buscando la sustentabilidad del negocio (Breval, Rodríguez & Follmann, 2015).

El proyecto del sistema de logística interna es, por tanto, un aspecto que influye fuertemente en la competitividad del sistema y está, por consiguiente, relacionado con el objetivo de este trabajo, de acuerdo con (Bowersox & Closs, 2001), el ciclo de actividades de apoyo a la manufactura está directamente relacionado a la logística interna, es decir, a la planificación y control de la producción. De esta forma, el apoyo logístico a la producción busca principalmente establecer y mantener un flujo económico y ordenado de materiales, así como enfoques de proceso con la finalidad de cumplir las programaciones del sector de producción.

Planeación de requerimiento de materiales (MRP)

El sistema MRP (Material Requirement Planning o Planificación de las Necesidades de Materiales) es un sistema simple de gestión de la producción gestionado actualmente por sistemas informáticos que proporcionan un programa de producción y aprovisionamiento a partir de tres fuentes de información: el plan maestro de producción, el estado de los inventarios y la estructura de fabricación (lista de materiales y rutas de los productos) (Pérez Mira, 2007).

Este sistema contempla regularmente dos tipos de demanda:

- a. Demanda independiente: La cual es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, por ejemplo, la demanda de productos en el sentido de las decisiones de los clientes y algunas piezas de refacción.
- b. Demanda dependiente. Es la que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa, se pronostica una demanda de n productos determinando que se deben fabricar de ese producto y sus subproductos p ($p_1, p_2, p_3, p_4 \dots p_i$) dependiente de la decisión tomada por la propia empresa de fabricar n productos.

El MRP es considerado a menudo como un método para coordinar los planes de producción de forma detallada, involucrando uno o varios productos, sub-productos, componentes y/o materiales. Su estructuración se consolida a partir del plan maestro de producción (MPS) de uno o varios productos finales, que se traduce en cantidades conocidas de componentes y tiempos necesarios de producción basado en la explosión o listado de materiales (BOMs) y la información de los tiempos de entrega donde se visualizan varias dificultades como la incertidumbre del tiempo de entrega (*lead time*), disponibilidad de los materiales y la demanda. Un sistema MRP tiene como función principal promover las ordenes de suministro desde los proveedores, de subcontratación y las ordenes de producción con el fin de cumplir los requerimientos de demanda de sistemas de manufactura multi-producto y multi-nivel y multi-periodo.

El MRP se puede clasificar atendiendo varios criterios, uno de los más extensos es el procedimiento de empuje (push), que es, cuando la producción se inicia por la decisión del surtido a fabricar para stock, antes que el cliente exprese su necesidad. El procedimiento de arrastre (*pull*) lo caracteriza la producción que se inicia como consecuencia de los pedidos de los clientes.

Los dos paradigmas que mejor simbolizan los sistemas de empuje o arrastre son el basado en las técnicas asociadas a la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) y la filosofía de fabricación Justo a Tiempo (JIT) respectivamente. En este proyecto se busca diseñar un modelo matemático con el fin de obtener soluciones óptimas a partir de restricciones de políticas de inventarios, gestión de compras y tamaños de lote, planeación de la producción y demanda, que brindan soluciones específicas en la toma de decisiones de las organizaciones industriales.

Derivado de todo lo anterior el MRP debe consolidar características como planificar componentes que son obligatorios para la producción en un cierto lapso, definir tiempos exactos en el que se deberá programar el siguiente suministro de inventarios de entrada y de salida, considerar el stock de seguridad que se maneje a partir de la producción, permitiendo tomar decisiones de forma eficiente en cualquier momento durante el proceso.

Aunque la mayoría de los sistemas MRP son computarizados, su procedimiento es directo y puede hacerse en forma manual. Los componentes de un sistema de planeación de requerimientos de materiales es un programa maestro de producción, una lista estructurada de materiales, los registros de compras e inventarios, y los tiempos de entrega para cada artículo (Hazer & Render, 2009), que presenta la Figura 4.1 y muestra los distintos componentes de un MRP y los informes generados.

Escudero, Kamesan, King, & Wets (1993), mencionan que otros métodos y modelos existentes son más elaborados como la programación estocástica (PE) y presentan un modelo de PE para el problema del MRP (*Material Requirements Planning*) con incertidumbre en la demanda, además, analizan diferentes enfoques para la planificación de la producción y la capacidad utilizando PE.

Gunther (1996), propone un modelo jerárquico que puede ser incorporado a un MRP II para programar la producción con incertidumbre en la demanda. Para entornos de fabricación bajo pedido caracterizados por requerimientos únicos de productos muy complejos y tiempos de ciclos de producción largos e inciertos (armamento, aeronáutica, etc.),

Hatchuel, Saidi, & Sardas (1997), muestran un nuevo enfoque denominado enfoque de anticipación dinámica basado sobre una descomposición de dos etapas, la planificación y la secuenciación. La etapa de planificación utiliza un enfoque combinado MRP/PERT y la secuenciación es llevada a cabo utilizando una regla dinámica de prioridad.

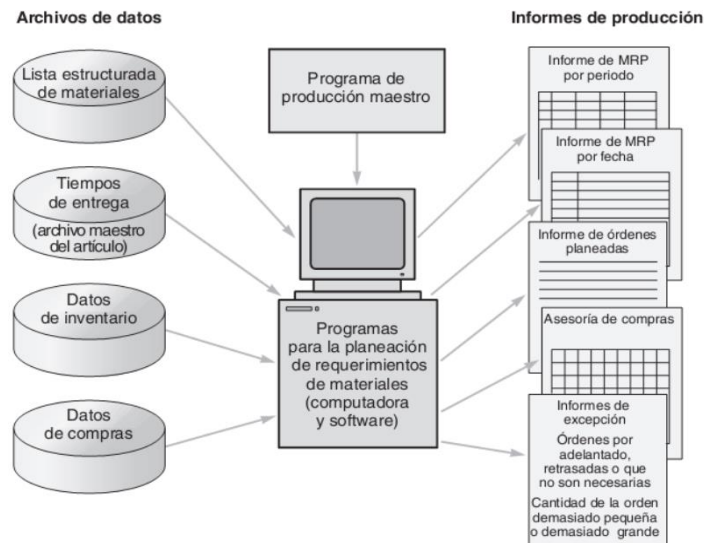
Se analiza el comportamiento de la demanda en la gestión de la cadena de suministro de dos compañías, una del sector del automóvil y la otra del sector de la electrónica. En ambos entornos, la demanda se comunica a lo largo de la cadena de suministro a través de programas de producción enviados electrónicamente a los proveedores inmediatos, los cuales sufren frecuentes cambios. Wu y Meixell definen tres tipos posibles de amplificación de la demanda. Los resultados analíticos fueron testeados utilizando experimentos Monte Carlo (Wu & Meixell, 1998).

Donselaar, Nieuwenhof, & Vkschers (2000), investigan como la información de la demanda utilizada influye en la estabilidad de la planificación de la cadena de suministro. Para este propósito, configuran un experimento de simulación utilizando información de un fabricante de camiones. El objetivo de la simulación es determinar el funcionamiento de los sistemas MRP y LRP (*Line Requirements Planning*) por medio del nivel de servicio, niveles de inventario y “el nerviosismo” de la planificación.

Los anteriores métodos o modelos que favorecen a la planeación y simulación del MRP llegan a ser abstractos y complejos en la enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, es por eso, que proponemos implementar métodos más flexibles, prácticos y comprensibles para el aprendizaje en estas áreas.

El siguiente ejemplo muestra un Modelo de Programación Lineal para Planeación de Requerimiento de Materiales, en la planificación de la producción en una empresa metalmeccánica del rubro carrocerero. En donde el modelo se especifica de la siguiente manera: (i) El programa de producción maestro (qué debe hacerse y cuándo), (ii) Las especificaciones o la lista estructurada de materiales necesarios para elaborar el producto, (iii) El inventario que se tiene disponible, (iv) Las órdenes de compra pendientes o recepciones esperadas, (v) Los tiempos de entrega (cuánto tiempo tardan en llegar los distintos componentes).

Figura 4.12 Componentes de un MRP



Fuente: Extraído de la Revista Tecnológico. Modelo de Programación Lineal para Planeación de Requerimiento de Materiales (2015)

Para la formulación del modelo matemático lo fundamental es se definir las variables de decisión, constantes y parámetros del modelo. T representa el conjunto de períodos durante el horizonte de planificación ($t=1...T$), I es el conjunto de productos ($i = 1 \dots I$), J simboliza el conjunto de productos padre en la lista de materiales ($j = 1 \dots J$), x_{it} es la cantidad a producir del producto i en el período t , $INVT_{it}$ constituye el inventario del producto i al final del período t , d_{it} compone la demanda del producto i en el período t , α_{ij} es la cantidad requerida de i para producir una unidad del producto j , TS_i es el tiempo de suministro del producto i , $INVT_{i0}$ representa el inventario del producto i en el período 0 , E_i es la exactitud de inventarios = inventario real / inventario teórico y M es un valor muy grande.

Los coeficientes de costo en la función objetivo están representados por cp_i que es el costo de pedir una unidad del producto i , además de H_i que significa el costo de mantener inventario de una unidad del producto i . En la ecuación 1 se presenta la función objetivo que busca minimizar los costos de mantenimiento de inventarios, puesto que estos pueden cambiar como resultado de las decisiones tomadas sobre las cantidades para producir o comprar de determinado (Caceres, V., Vasquez & Garcia, 2015).

Los resultados que se presentan en este modelo de optimización entero y lineal a través de Lingo 10, reflejan que todos los valores de X (valor de cada $(SKU)_i$ en cada período t) para los cuatro periodos planificados para $(SKU)_1$ o producto final, con el modelo aquí presentado MRPDet, presenta un valor que tiene en la planificación de la producción en una empresa metalmeccánica del rubro carroceros, debido a que sí se puede lograr disminuir los niveles de inventario hasta 49,7% considerando los inventarios valorados antes y después de la optimización matemática. Realizando eficazmente pedidos de materiales y no basándose en los pronósticos.

Simulación

El término simulación se define como la representación de algún proceso o sistema real a través del tiempo, ya sea hecha manualmente o en una computadora, la simulación involucra la generación de un historial artificial de un sistema y la observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2005).

La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evolución numérica usando un software diseñado para imitar operaciones o características del sistema, a menudo en el transcurso del tiempo (Kelton, Sadowski & Sturrock, 2008).

La mayoría de los procesos a simular están centrados principalmente en la simulación de eventos discretos (aquellos que cambian en determinados instantes del tiempo) y no todos los sistemas simulados son necesariamente continuos o discretos, sino una combinación de ambos, a lo que algunos autores llaman como modelos híbridos o de cambio continuo-discreto (*Associate Inc. Simulation Modeling and Analysis*, 2007).

Algunos de los softwares más completos de simulación que tienen la capacidad de controlar tanto eventos discretos como continuos en la misma aplicación son: *FlexSim*, *Extend*, *Arena*, y *WITNESS* en animación 3D (Beaverstock, Greenwood, Lavery, & Nordgren, 2012).

En el caso de un MRP, utiliza la simulación de eventos discretos que son el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento del sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado (Garcia, Garcia, & Cardenas, Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Segunda edición., 2013).

La simulación de un modelo construido a partir de un modelo real deberá considerar los siguientes elementos:

- Entidad, que se refiere en un sistema MRP y hace referencia a entradas de materia prima y salidas de producto terminado.
- Estado del sistema, es decir, la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado, ejemplo número de piezas que se están fabricando, stock de inventario, y algunas otras características.
- Evento, que se refieren, a cambios del estado actual, por ejemplo, un imprevisto, desabasto, cuello de botella y algunos otros eventos que son cambios que se presentaran durante el MRP después de un tiempo determinado de la simulación.
- Las localizaciones: que son puntos del sistema en los que una pieza puede detenerse para ser transformada o está en espera de serlo, esto es, almacenes, estaciones de inspección, bandas transportadoras, entre otros.
- Recursos: son todos aquellos dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación.
- Atributos: que hacen referencias a características del sistema, sirven para diferenciar una entidad de otra.
- Las variables: corresponden a las condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas, dichas variables pueden ser continuas o discretas.
- El reloj de simulación: es el contador de tiempo de la simulación mismo que es útil para generar las estadísticas de la simulación (García, García & Cárdenas (2013).

La importancia de la simulación de un MRP está dada por:

En la simulación de un MRP se puede inferir el efecto de cambios internos y externos del sistema y prever eventos futuros, esto permite un mejor entendimiento de todas las operaciones que están involucradas en el proceso y así poder proponer acciones de mejora haciendo más eficiente al sistema (Carmen & Elena, 2009).

La simulación por computadoras son programas que sostienen modelos de sistemas reales. El comportamiento de estos sistemas se representa mediante cambios en las variables que los describen, en caso de poder representarlos todos, se selecciona una representación de los principales estados del sistema real. La experimentación con las simulaciones se realiza dando entradas al modelo y analizando sus salidas (Ester & Mercedes., 2019).

Establecer una metodología de un *procedimiento matemático para la aplicación de un MRP, orientado a una simulación mediante un sistema de enseñanza*

Procedimiento Matemático de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

La metodología usada en esta investigación es de tipo cuantitativa, basada en datos reales

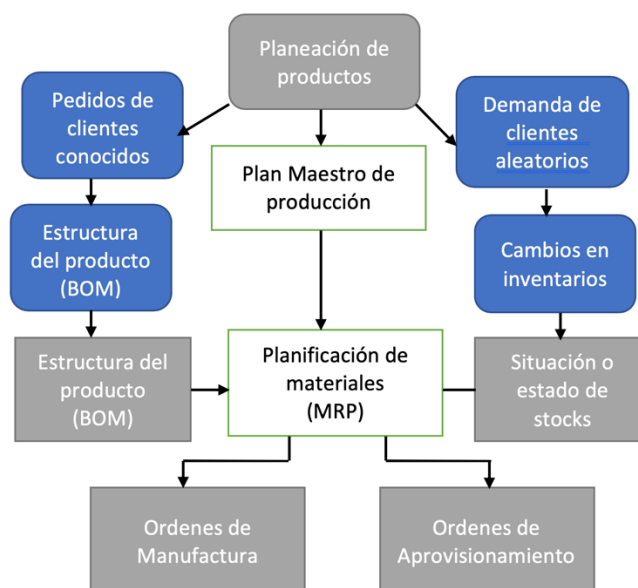
Se formula a partir de un ejemplo real de MRP, se construye un procedimiento matemático que describen la secuencia de operaciones (para ello es necesario tener bien definidas las variables dentro del sistema, así como sus relaciones lógicas y establecer los datos de entrada).

Es importante definir datos reales para construir el procedimiento, que deberán arrojar los resultados esperados, se establecen las ecuaciones matemáticas de acuerdo con la secuencia de la actividad y se valida por medio de datos históricos, comprobados por medio de un ejemplo real.

Se realiza un análisis e interpretación profunda de los resultados que arrojó el procedimiento y se finaliza con una documentación, para hacer un mejor uso de este y poder utilizarlo en algún otro momento, o proceder al uso de cualquier simulador como ARENA o FLEXIM.

Los datos establecidos son todos los elementos de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el plan maestro de producción y a partir de estos, se genera la explosión de las necesidades del plan de producción, con cada uno de los elementos que han de ser fabricados especificando cantidades y fechas en que deben ser lanzadas las órdenes de fabricación.

Figura 4.13 Elementos del MRP



Fuente: Recuperado de Velasco Flores (2017)

La Descripción de los elementos de la (Figura 4.2) es:

- Ordenes de los clientes: Son los requisitos exactos que ordena un cliente, así como la cantidad de la orden y el tiempo de entrega.
- Pronóstico de la demanda: Tiene base en datos históricos mismos que ayudan a predecir tendencias futuras, ciclos o estacionalidades.
- Plan maestro de la producción (PMP): Planea las cantidades y fechas que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa, esto es que productos hay que fabricar y en qué tiempo se debe tener completa la producción.
- Lista de materiales (BOM): Es un explosionado de materiales para conocer las especificaciones de los elementos que componen el conjunto, mostrando las etapas de fabricación y la cantidad de elementos que se requieren para la fabricación del producto final.

- Registro de inventario: Hace referencia a la cantidad de materia prima disponible para el proceso de fabricación.
- Orden de compra: Establece las descripciones de los productos a comprar y sus cantidades.
- Orden de trabajo: Indica los trabajos a realizar de acuerdo con las necesidades de la empresa.

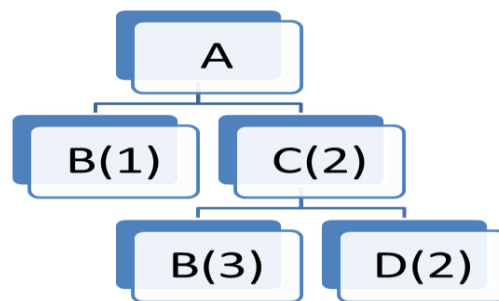
Define todos los materiales faltantes en la producción, así como sus cantidades, mismos que se emiten a la orden de compra.

Implementar un modelo de enseñanza-aprendizaje mediante el procedimiento matemático para la aplicación de un MRP para alumnos de ES utilizando un caso de estudio

En este trabajo se presenta un sistema de enseñanza para Instituciones de Educación Superior en carreras como logística, cadena de suministro, o afines, que por medio de la comprensión de un procedimiento matemático orientado a la simulación, se proceda a un caso de estudio, el cual, presentamos enseguida: “PRODUCTO ESTRELLA, S.A. DE C.V.” con las siguientes características:

Es una empresa que se dedica a la fabricación de su producto estrella A desea saber el MRP para su producción de las siguientes 8 semanas. Se tiene lo siguiente. Para cada elemento A (producto final) se requiere un elemento de B, así mismo para cada unidad de A se requieren 2 unidades de C, análogamente y para el elemento C se necesitan 3 unidades de B y 2 unidades de D, a continuación, se presenta la lista de materiales (Figura 4.3).

Figura 4.14 Lista de materiales (BOM)



Fuente: Caso de estudio “producto estrella” (2020)

El departamento de planeación cumple como siempre con su trabajo y nos proporciona la siguiente información básica para generar el MRP que se necesita.

Tabla 4.1 Tabla maestra de materiales

Elemento	Disponibilidad	Tiem.Esp.Sem	Tamaño del Lote	Recepciones Programadas	Stok de Seguridad
A	75	1	Lote a Lote	50 sem 1	0
B	40	1	500		10
C	50	1	150		0
D	110	2	350	200 sem 2	0

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

A partir de la lista de materiales (BOM) y la tabla maestra de materiales, se procede a realizar un sistema de enseñanza por medio de un esquema matemático paso a paso de acuerdo con el caso de estudio inferido.

Se tiene la información de algunos requerimientos en la semana 2, 4, 5, 7 y 8 de una cantidad de 100, 60, 50, 40 y 55 respectivamente. Con la información proporcionada se puede construir la primera tabla de MRP correspondiente al elemento A.

Con la información proporcionada construir la primera tabla perteneciente al elemento A. En dicha tabla debe contener los rubros de: semana, requerimiento bruto, recepciones programadas, proyección de disponibilidad, requerimientos netos y liberación planificada de pedidos, así como la información correspondiente al elemento A de acuerdo con la tabla maestra de materiales.

Tabla 4.2 Tabla maestra de materiales del elemento A1

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL:Lote a Lote--RP:50 S1--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto			100		60	50		40	55
Recepciones Programadas		50							
Proyeccion de Disponibilidad	75								
Requerimientos Netos									
Liberacion Planificada del pedido									

Fuente: Elaboración propia, a partir del caso de estudio (2020)

1. Los requerimientos brutos y recepciones programadas para el elemento A ya están establecidos desde un inicio por lo cual no es necesario calcular.
2. Calcular la proyección de disponibilidad mediante la siguiente formula previamente establecida. Sin embargo, la disponibilidad inicial está dada por la tabla maestra de materiales.

$$PD_1 = PD_{n-1} + RP_n - RB_n + LPP_{n-1} \quad (4.1)$$

PD: Proyección de Disponibilidad

PD_{n-1}: Proyección de Disponibilidad de la semana anterior a la que se está trabajando

RP_n: Recepción Programada a la semana que se está trabajando

LPP_{n-1}: Liberación Planificada de Pedido de la semana anterior a la que se está trabajando

Tabla 4.3 Tabla maestra de materiales del elemento A2

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL:Lote a Lote--RP:50 S1--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto			100		60	50		40	55
Recepciones Programadas		50							
Proyeccion de Disponibilidad	75	125	25	25	0	0	0	0	0
Requerimientos Netos									
Liberacion Planificada del pedido									

Fuente: Elaboración propia a partir del caso de estudio (2020)

Es importante mencionar que valor de LPP depende del tiempo de espera establecido en la tabla maestra de materiales el cual es susceptible de cambiar.

1. Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto y entonces la proyección de disponibilidad tendrá que ser igual o mayor al *stock* de seguridad.
2. Calcular la liberación planificada del pedido: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante siempre y cuando el tamaño del lote sea de lote a lote. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto. Se utiliza la siguiente formula.

$$LPP_1 = RN_{n+1} \quad (4.2)$$

LPP_{n-1} : Liberación Planificada de Pedido

RN_{n+1} : Requerimientos Netos de la semana siguiente a la que se está trabajando

Nota: El valor de RN puede variar de acuerdo con el tiempo de espera especificado en la tabla maestra de materiales, puede cambiar valores de $n + 1$, a $n + 2$, $n + 3$... etc.

Tabla 4.4 Tabla maestra de materiales del elemento A3

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL:Lote a Lote--RP:50 S1--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto			100		60	50		40	55
Recepciones Programadas		50							
Proyeccion de Disponibilidad	75	125	25	25	-35				
Requerimientos Netos					35				
Liberación Planificada del Pedido				35					

Fuente: Elaboración propia a partir del caso de estudio (2020)

La posición del valor de la liberación planificada del pedido depende de la posición correspondiente a los requerimientos netos y del tiempo de espera, esto es; si el tiempo de espera es de una semana como en la tabla, entonces la liberación planificada del pedido tendrá que ser una semana antes a la semana que tengamos requerimientos brutos.

1. Como resultado final perteneciente al elemento A se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.5 Tabla final correspondiente al elemento A

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL:Lote a Lote--RP:50 S1--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto			100		60	50		40	55
Recepciones Programadas		50							
Proyeccion de Disponibilidad	75	125	25	25	0	0	0	0	0
Requerimientos Netos					35	50		40	55
Liberación Planificada del Pedido				35	50		40	55	

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

2. Una vez que se tiene la tabla completa del elemento A proseguimos a construir la correspondiente al elemento C ya que primero se necesita de C para poder realizar la del elemento B de acuerdo con la estructura de la producción (BOM).
3. Con la información proporcionada por la tabla maestra de materiales se construye la tabla correspondiente al elemento C.
4. Calcular el requerimiento bruto de acuerdo con la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM)

$$RB_1 = 2 * LPP_{A1} \quad (4.3)$$

RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1

LPP_{A1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento A

Tabla 4.6 Tabla maestra de materiales del elemento C1

Elemento C--Disp:50--TE:1--TL:150--RP:--SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	0	70	100	0	80	110	0
Recepciones Programadas								
Proyeccion de Disponibilidad	50							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Para el siguiente rubro correspondiente que es recepciones programadas no tenemos ningún valor asignado, por lo tanto, se quedan en blanco los espacios.
2. Posteriormente se calculan los valores de la proyección de disponibilidad de la misma manera y aplicando la misma fórmula del paso 3 pero ahora en la tabla que se está trabajando.
3. Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto
4. Para el cálculo de la liberación planificada del pedido, tenemos que el tiempo de espera es de igual forma a una semana y un tamaño de lote de 150 unidades entonces cuando se requiera de la liberación planificada de pedidos será de 150 unidades.
5. Así es como queda la tabla completa correspondiente al elemento C.

Tabla 4.7 Tabla final correspondiente al elemento C

Elemento C--Disp:50--TE:1--TL:150--RP:--SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	0	70	100	0	80	110	0
Recepciones Programadas								
Proyeccion de Disponibilidad	50	50	130	30	30	100	140	140
Requerimientos Netos			20			50	10	
Liberación Planificada del pedido		150			150	150		

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Luego se puede realizar la tabla correspondiente al elemento B ya que se tiene C con los datos básicos de la tabla maestra de materiales. Calcular el requerimiento bruto de acuerdo a la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM).

$$RB_1 = 1 * LPP_{A1} + 3LPP_{C1} \quad (4.4)$$

RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1

LPP_{A1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento A

LPP_{C1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento C

Tabla 4.8 Tabla maestra de materiales del elemento B1

Elemento B--Disp:40--TE:1--TL:500--RP:--SS:10								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	450	35	50	450	490	55	0
Recepciones Programadas								
Proyeccion de Disponibilidad	40							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Nuevamente para el elemento B no se tiene recepciones programadas.
2. Posteriormente se calculan los valores de la proyección de disponibilidad de la misma manera y aplicando la misma fórmula del paso 3 pero ahora en la tabla que se está trabajando.
3. Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja *stock* de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto, para el elemento B se maneja un *stock* de seguridad de 10 unidades, por lo tanto, estas tendrán que ser sumadas.

Tabla 4.9 Tabla maestra de materiales del elemento B2

Elemento B--Disp:40--TE:1--TL:500--RP:--SS:10									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		0	450	35	50	450	490	55	0
Recepciones Programadas									
Proyeccion de Disponibilidad		40	40	-410					
Requerimientos Netos			420						
Liberación Planificada del Pedido									

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Para el cálculo de la liberación planificada del pedido, tenemos que el tiempo de espera es de igual forma a una semana y un tamaño de lote de 500 unidades entonces cuando se requiera de la liberación planificada de pedidos será de 500 unidades. Así es como queda la tabla final.

Tabla 4.10 Tabla final correspondiente al elemento B

Elemento B--Disp:40--TE:1--TL:500--RP:--SS:10									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		0	450	35	50	450	490	55	0
Recepciones Programadas									
Proyeccion de Disponibilidad		40	40	90	55	505	55	65	10
Requerimientos Netos			420		5		445		
Liberación Planificada del Pedido		500		500		500			

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Por último, realizamos la tabla correspondiente al elemento D, empezando con los datos básicos proporcionados por la tabla maestra de materiales. Calcular el requerimiento bruto de acuerdo con la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM)

$$RB_1 = 2LPP_{c1} \quad (4.5)$$

RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1

LPP_{C1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento C

Tabla 4.11 Tabla maestra de materiales del elemento D1

Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones Programadas									
Proyeccion de Disponibilidad		110							
Requerimientos Netos									
Liberación Planificada del Pedido									

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

1. Se puede observar que el elemento D si tiene una recepción programada de 200 unidades en la semana 2, entonces se coloca en nuestra tabla.
2. Para calcular la proyección de disponibilidad para este elemento podemos notar que se tiene una pequeña variante ya que el tiempo de espera ahora es de dos semanas entonces por lo tanto en la formula inicial solo cambia la posición de LPP, quedando de la siguiente forma.

$$PD_1 = PD_{n-1} + RP_n - RB_n + LPP_{n-2} \quad (4.6)$$

PD : Proyección de Disponibilidad

PD_{n-1} : Proyección de Disponibilidad de la semana anterior a la que se está trabajando

RP_n : Recepción Programada a la semana que se está trabajando

LPP_{n-2} : Liberación Planificada de Pedido de dos semanas anteriores a la que se está trabajando

n : Valor actual de la semana que se está trabajando

Tabla 4.12 Tabla maestra de materiales del elemento D2

Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones Programadas			200						
Proyeccion de Disponibilidad	110	110	10	10	10	-290			
Requerimientos Netos									
Liberación Planificada del Pedido									

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

- 1) Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja *stock* de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto.
- 2) Para el cálculo de la liberación planificada del pedido, tenemos que el tiempo de espera es de dos semanas y un tamaño de lote de 350 unidades entonces cada vez que se requiera de la liberación planificada de pedidos será de 350 unidades. Así es como queda la tabla final.

Tabla 4.13 Tabla final correspondiente al elemento D

Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2--SS:0									
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones Programadas			200						
Proyeccion de Disponibilidad	110	110	10	10	10	60	110	110	110
Requerimientos Netos						290	240		
Liberación Planificada del Pedido				350	350				

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio (2020)

3. Al finalizar las tablas de cada uno de los elementos se realiza un concentrado de la información resultando el MRP.

Tabla 4.14 Tabla MRP del producto terminado

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL:Lote a Lote--RP:50 S1--SS:0									
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimiento Bruto		100		60	50		40	55	
Recepciones Programadas	50								
Proyeccion de Disponibilidad	75	125	25	25	0	0	0	0	0
Requerimientos Netos				35	50		40	55	
Liberación Planificada del Pedido			35	50		40	55		
Elemento C--Disp:50--TE:1--TL:150--RP:--SS:0									
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimiento Bruto	0	0	70	100	0	80	110	0	
Recepciones Programadas									
Proyeccion de Disponibilidad	50	50	50	130	30	30	100	140	140
Requerimientos Netos			20			50	10		
Liberación Planificada del pedido		150			150	150			
Elemento B--Disp:40--TE:1--TL:500--RP:--SS:10									
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimiento Bruto	0	450	35	50	450	490	55	0	
Recepciones Programadas									
Proyeccion de Disponibilidad	40	40	90	55	505	55	65	10	10
Requerimientos Netos		420		5	445				
Liberación Planificada del Pedido	500		500		500				
Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2--SS:0									
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimiento Bruto	0	300	0	0	300	300	0	0	
Recepciones Programadas		200							
Proyeccion de Disponibilidad	110	110	10	10	10	60	110	110	110
Requerimientos Netos					290	240			
Liberación Planificada del Pedido			350	350					

Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio 2020

Describir resultados

El resultado del esquema matemático permite presentar y concebir un MRP considerando todas sus fases, paso a paso para poder presentar y coordinar los planes de producción de forma detallada, involucrando uno o varios productos, subproductos, componentes y/o materiales, su estructura, se ve consolida a partir del plan maestro de producción (MPS) de uno o varios productos finales, que se traduce en cantidades conocidas de componentes y tiempos necesarios de producción basado en la explosión o listado de materiales (BOMs), proporcionando la información de los tiempos de entrega, disponibilidad de los materiales y la demanda, resultando como función principal promover las ordenes de suministro desde los proveedores, de subcontratación y las ordenes de producción con el fin de cumplir los requerimientos de demanda en todos sus niveles.

Después de establecer y comprender cada uno de los pasos de un MRP, ahora si, estamos listos para realizar la simulación, implementando de una manera más sencilla la formulación del modelo y establecer datos reales e implementar el modelo en un software.

Cómo sabemos en este capítulo del libro, únicamente se establece el procedimiento matemático, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP) orientado a la simulación, por lo que a continuación se proponen algunos puntos para cuando se implemente la simulación.

La Formulación de un modelo MRP: A partir de que se establecen los resultados que se desean obtener del estudio se define y se construye el modelo con el que se esperan obtener los resultados deseados. No obstante, es necesario tener bien definidas las variables dentro del sistema, así como sus relaciones lógicas.

Se establecen los datos: Es importancia definir los datos necesarios para construir el modelo, mismo que deberá arrojar los resultados esperados.

El procedimiento deberá estar listo para Implementación del modelo en computadora: En este paso se define un software óptimo para llevar a cabo la simulación, utilizando el presente procedimiento matemático.

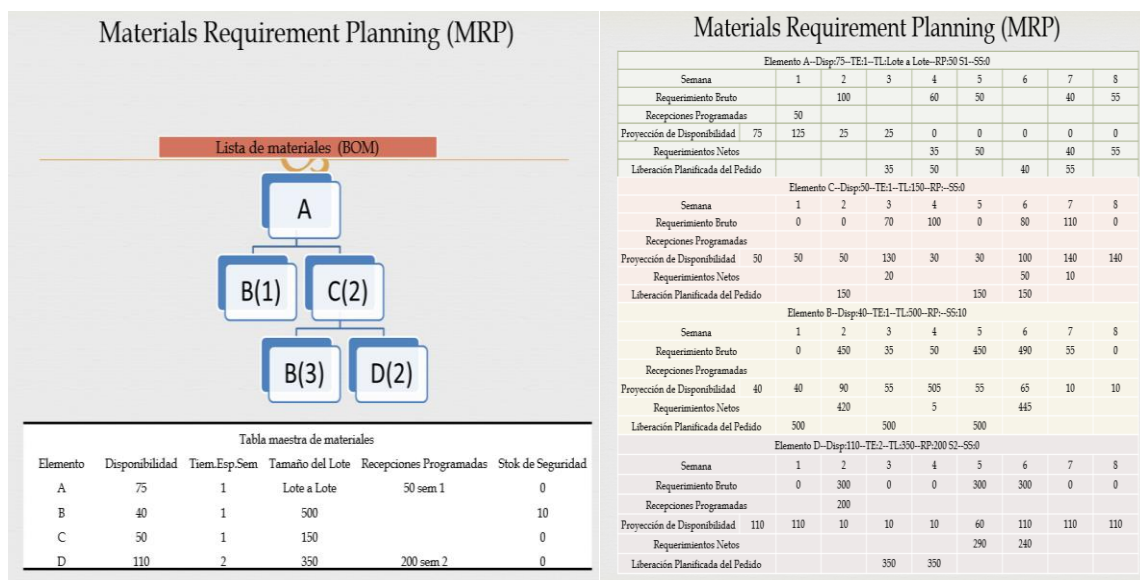
Validación: Durante el proceso de validación es posible que se pueda encontrar ineficiencias en la formulación del modelo o en los datos que alimentan el modelo. Unas de las formas para validar el modelo pueden ser la comprobación de falla del modelo al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.

Experimentación: Se prosigue a arrancar el modelo de simulación una vez que este se validó y generar los resultados deseados.

Interpretación: Se realiza un análisis e interpretación profunda de los resultados que arrojó el modelo al término de la simulación, este análisis es de gran importancia para la toma de decisiones con respecto a la gestión de inventarios para el caso de un MRP.

Documentación: Se requiere en todo momento elaborar la documentación de tipo técnico y otra de tipo manual de usuario para hacer un mejor uso del modelo y poder utilizarlo en algún otro momento.

Figura 4.4 Logística del plan de requerimiento de materiales, 2019



Fuente: Elaboración a partir del caso de estudio 2020

Referencias

APICS. (22 de diciembre de 2019). [apics.org.mx/](https://www.apics.org.mx/). Obtenido de www.apics.org.mx/: <https://www.apics.org.mx/>

Associate Inc. Simulation Modeling and Analysis. (2007). Simulation Modeling. En L. Averill M., Simulation Modeling (págs. 1-273).

Banks , J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2005). Discrete-Event System Simulation. USA: 4a Ed. Prentice-Hall.

Beaverstock, M., Greenwood, A., Lavery, E., & Nordgren, W. (2012). Applied Simulation Modeling and Analysis using FlexSim 3a ed. USA: Orem.

Bowersox, D., & Closs, D. (2001). Proceso integrado de cadena de suministro. Sao Paulo Atlas S.A.

Breval, S. B., Rodriguez , C. M., & Follmann, N. (2015). Evaluación de la Logística Interna a través de sus partes componentes. <https://www.researchgate.net/publication/285420258>, 24-30.

Caceres , D., V, Vasquez, J., & Garcia, M. (2015). Modelos de Programación Lineal para Planeación de Requerimiento de Materiales. Revista Tecnológica ESPOL-RTE, Vol 28., 24-33.

- Carmen, B. F., & Elena, G. U. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. Universidad Pontificia de Comillas, 1-3.
- Delgado, J., & Marin, F. (2000.). Evolución en los Sistemas de Gestión Empresarial del MRP al ERP. *Economía Industrial*, No. 331, pp. 51-58.
- Donselaar, K., Nieuwenhof, J., & Vkschers, J. (2000). The impact of material coordination concepts on planning stability chains. *International Journal of Production Economics*, 169-176.
- Escudero, L., Kamesan, P., King, A., & Wets, R. (1993). Production Planning via Scenario Modeling. *Annals of Operations Research*, 311-335.
- Ester, R. C., & Mercedes., R. Q. (2019). La simulación computarizada como herramienta didáctica de amplias posibilidades, 4-7.
- García , D. E., García , R. H., & Cardenas, B. L. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Segunda edición. México: PEARSON.
- Gunther, Z. (1996). Prodcution Planning in the case of Uncertain Individual Demand. Extensión for an MRP. *International Journalconomics of Production E*, 46-47.
- Hatchuel, Saidi, K. D., & Sardas, J. (1997). Towards a new planning and scheduling approach for multistage production systems. *IInternational Jopurnal of Production Research*, 35, 867-886.
- Hazer, J., & Render, B. (2009). "Planeación de requerimientos de materiales (MRP) y ERP," in *Principios de Administración de Operaciones México*. *Administración de Operaciones*, 565-568.
- J.V., T., Exposito Langa, M., Sempere Castell, & Sampere Castello, S. (2014). Determinantes del rendimiento académico en los estudiantes de grado. *Revista de Investigación Educativa*, 379-392.
- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). *Simulación con Software Arena* . 4 ed. MacGrawHill.
- Pérez Mira, D. (2007). *Gestión de Operaciones*. s.c: Escuela de Negocios.
- Velasco Flores, J. L. (2017). *Logística industrial aplicada*. Buenos Aires, Bogota: Alfaomega.
- Wu, S., & Meixell, M. (1998). Relating Demand Behavior and Production Policies in the Manufacturing Supply Chain. IMSE Technical Report, 98T.007.

Capítulo 5 Transportación: Caso de Estudio

Chapter 5 Transportation: Case Study

CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, Maribel†, CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto y GAVIÑO-ORTÍZ, Gabriela

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Maribel, Chavéz-Hernandez* / **ORC ID:** 0000-0001-9349-8044

ID 1^{er} Coautor: *Heriberto, Casarrubias-Vargas* / **ORC ID:** 0000-0003-3429-0010, **CVU CONACYT-ID:** 167638

ID 2^{do} Coautor: *Gabriela, Gaviño-Ortiz* / **ORC ID:** 0000-0002-8951-7633, **Researcher ID Thomson:** D- 9721-2018, **arXiv Author ID:** Gaby#1, **CVU CONACYT ID:** 516812

DOI: 10.35429/H.2020.1.69.83

M. Chávez, H. Casarrubias y G. Gaviño

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito proponer una Red de Distribución de Mercancías para el sector consumo en la República Mexicana basándose en la caracterización del sistema de transporte y del autotransporte de carga de mercancías en México. En la primera parte se presenta un panorama general del transporte; así como la caracterización del autotransporte de carga que es el modo principal usado dada la infraestructura que presenta nuestro país. Posteriormente se plantea la metodología para la construcción de la Red de Distribución utilizando información cuantitativa del sector consumo que sirve para desarrollar estadísticos utilizados para justificar las ubicaciones de los nodos de la red. Finalmente se presenta la propuesta Red de Distribución Nacional.

Red de distribución, Pedidos, Cruces de anden, Fuerza de ventas, Hombre camión

Abstract

The purpose of this chapter is to propose a Merchandise Distribution Network for the consumer sector in the Mexican Republic based on the characterization of the transportation system and the freight transportation in Mexico. The first part presents an overview of transportation; as well as the characterization of motor transport which is the main mode used given the infrastructure that our country presents. Subsequently, the methodology for the construction of the Distribution Network is proposed using quantitative information from the consumption sector that serves to develop statistics used to justify the locations of the network nodes. Finally, the proposal for the National Distribution Network is presented.

Supply chain, Globalization, Logistics

Introducción

En la antigüedad los habitantes de las poblaciones en desarrollo solían consumir productos y bienes que se producían en un perímetro muy cercano al lugar donde habitaban o en caso de que hubiesen pasado por un proceso de transportación prolongado se solían comprar grandes cantidades para almacenarlos por algún tiempo para usarlos más tarde; sin embargo, había productos que aunque se tuviera la suficiente capacidad de compra, la vigencia de los productos era una limitante. Como todavía no existían los sistemas de transporte y almacenamiento con el que actualmente se cuenta, el movimiento de bienes estaba limitado a lo que un individuo o grupo pequeño de personas pudiera mover, y el almacenamiento de productos perecederos era solamente posible por un período muy corto de tiempo.

Hoy en día en algunas zonas la situación descrita no ha cambiado ya que algunas zonas del mundo, el consumo y la producción tienen lugar sólo dentro de una región geográfica muy limitada. Por ejemplo, en México las poblaciones que están en las sierras, selvas como pueden ser Oaxaca, Chiapas, Chihuahua, entre otros estados; es común la limitante de variedad de productos a los que tienen acceso los consumidores. La necesidad de un sistema logístico bien desarrollado y económico elevaría los niveles de consumo de productos. Los sistemas logísticos han evolucionado a lo largo del tiempo y como consecuencia el consumo y la producción comenzaron a separarse geográficamente. Hoy en día las regiones son especialistas en aquellas mercancías útiles o de conveniencia que podían producir con mayor eficacia. El exceso de producción pudo transportarse económicamente a otras zonas de consumo y los bienes necesarios que no se producían localmente, se importaban. Este proceso de intercambio cumple con el principio de la ventaja competitiva que establece que las naciones sólo deben especializarse en la producción de bienes y/o servicios que pueden producir con mayor eficiencia que las otras naciones. En los mercados mundiales se aplica este principio, y explica el alto nivel de comercio internacional que existe en la actualidad. Los sistemas de logística eficientes permiten a los negocios del mundo tomar ventajas del hecho de que las tierras y las personas que las habitan no son igualmente productivas. La logística es la esencia del comercio; contribuye a aumentar el estándar económico de la vida.

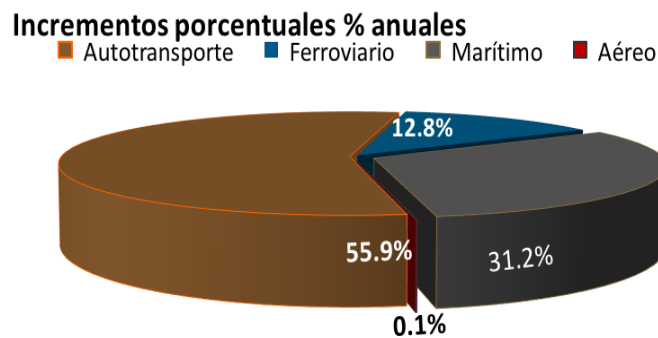
Para cualquier compañía que opera en mercados internacionales; es de gran relevancia la eficacia y eficiencia de su cadena de suministro. Las actividades de logística son claves en el acercamiento entre las ubicaciones de producción con las de los mercados que están separadas por tiempo y distancia.

El principal tema de este trabajo es la transportación de mercancías en nuestro país. El primer apartado se enfoca al tema de los distintos modos de transportación de mercancías en México.

Modos de Transportación en México

Dentro de la cadena de suministro la transportación es una de las actividades claves no solo por la relevancia que representa esta función sino también por el costo total que representa en los productos, hay varios estudios y publicaciones que afirman que es de los costos logísticos más representativos y de ahí la importancia de optimizar las actividades que se derivan de esta función. Un estudio de “*Logistics Cost and Service*” de la firma consultora especializada en logística Establish Inc., afirma que el 49% del costo logístico de una empresa es absorbido por el transporte, también publica que el 23% es representado por costos de almacenamiento, 22% manejo de inventario, 4% servicio al cliente y el 2% gastos administrativos, lo que en conjunto representa el 7.77% del costo final de un producto en Estados Unidos, en México este porcentaje pueden incrementarse por los costos elevados de gasolina siendo el autotransporte el más utilizado para el movimiento de mercancías. De acuerdo con la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) para la movilización de mercancías se ocupa casi un 56% de autotransporte en la República mexicana.

Gráfica 5.1 Distribución de carga por modo de transporte



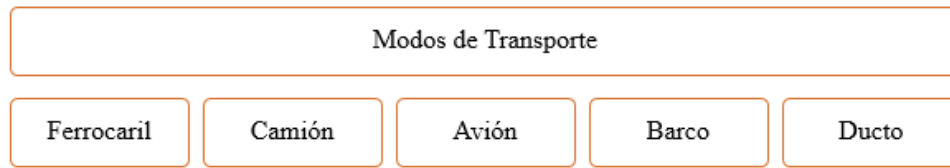
Fuente: Estadística Básica del Autotransporte Federal 2015, DGAF

La eficacia de un sistema de transportación contribuye a una mayor competencia en el mercado, a mayores economías de escala en la producción y reducción de precios en bienes. Con un sistema de transporte poco desarrollado, la amplitud del mercado se limita a áreas cercanas del punto de producción. Además de impulsar la competencia directa, el transporte de bajo costo y de alta calidad también impulsa de manera indirecta la competencia al hacer que los bienes estén disponibles en un mercado que normalmente no podría solventar el costo de transportación.

En muchos mercados, las frutas y verduras frescas y otros productos perecederos están disponibles sólo en ciertas temporadas; no obstante, muchos de esos productos están todo el año en algún lugar del mundo.

La transportación de bajos costos también contribuye a que los gastos de producción se reduzcan. Esto ocurre no solo debido a la competencia creciente del mercado, sino también porque el transporte es un componente del costo junto con la producción, las ventas y otros importes de distribución que componen el costo agregado del producto. Al volverse más eficiente la transportación, igual que al ofrecer un buen desempeño, la sociedad se ve beneficiada con un mayor nivel de vida.

El usuario de transporte tiene una amplia gama de servicios a su disposición que giran alrededor de cinco modalidades: marítimo, ferroviario, por camión, aéreo y por ductos, también podemos agregar la entrega de servicios vía internet como pueden ser licencias, software, etc. Un servicio de traslado es un conjunto de características de desempeño que se adquieren a un determinado precio. La variedad de servicios de transportación es casi ilimitada.

Figura 5.1 Modos de transporte

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Las cinco modalidades se pueden usar combinadas y se pueden utilizar agencias de transportación, asociaciones de expedidores y corredores para facilitar estos servicios; los transportistas de envíos pequeños pueden usarse por su eficiencia en el manejo de paquetes pequeños; utilizar de manera exclusiva un solo modo de transportación. La tarea de elección del servicio no es tan intimidante como parece en un principio, debido a que las circunstancias que rodean una situación particular de envío muchas veces reducen las opciones sólo a unas pocas posibilidades razonables.

Como auxilio en la resolución del problema de elección del servicio de transportación, éste debe ser visto en términos de características básicas para todos los servicios, como: precio, tiempo de tránsito promedio, variación del tiempo de tránsito, pérdidas y daños. Estos factores parecen ser lo más importantes para los responsables de la toma de decisiones, como lo han revelado numerosos estudios al paso de los años.

El costo del servicio de transporte para un consignatario será simplemente la tarifa cargada por el desplazamiento de bienes y cualquier cargo accesorio o terminal se pagará por servicio adicional proporcionado. En el caso de servicio por contrato, la tarifa cargada será para el desplazamiento de bienes entre dos puntos más cualquier cargo adicional, como recoger la mercancía en el origen, la entrega en el destino, el seguro o la preparación de bienes por el envío, maniobras de carga y descarga, transbordos, estadías, constituirán el costo total de servicio.

Cuando el consignatario es dueño del servicio (por ejemplo, una flota de camiones), el costo del servicio será una asignación de los gastos relevantes a un envío particular. Este importe incluye rubros como combustible, peaje, mano de obra, mantenimiento, depreciación del equipo y costos administrativos. El precio del servicio varía de manera importante de un tipo de servicio de transporte a otro. Cada uno de los cinco modos básicos de transporte ofrece sus servicios en forma directa al usuario. Esto contrasta con el uso de un "Intermediario de Transportación", quien vende servicios de transportación, pero por lo general no posee capacidad de desplazamiento de transporte de línea.

Descripción de cada modo de transporte en México

Ferrocarril. El ferrocarril es un transporte que se caracteriza por desplazarse en largas distancias y baja velocidad para materias primas (carbón, madera y químicos) y productos manufacturados de bajo valor (productos alimentarios, de papel y madera) que prefiere desplazar tamaños de envío de al menos un vagón completo.

Gráfica 5.2 Distribución de tipo de carga en el Sistema Ferroviario de México

Fuente: Anuario Estadístico Ferroviario (2018)

El servicio ferroviario de transportista común de línea es principalmente de vagón; casi todos los transportes ferroviarios actualmente se desplazan en cantidades de vehículos llenos, reflejo de la tendencia hacia el movimiento de volumen. Se están utilizando mayores carros de carga con capacidad promedio de 83 toneladas, y trenes de una sola mercancía. Los trenes ofrecen servicios especiales al consignatario, que van desde el desplazamiento de mercancía al por mayor, como carbón, granos, hasta carros especiales para productos refrigerados y automóviles nuevos que requieren equipo especial.

Camión. El transporte por camión es un servicio para productos semi-terminados y terminados. Las ventajas inherentes del transporte por camión son su servicio puerta a puerta, que implica que no hay carga o descarga entre el origen y el destino, como sucede por lo general para las modalidades por ferrocarril y avión; la mayor frecuencia y disponibilidad de servicio; su velocidad y conveniencia de puerta en puerta. Los servicios de camión y tren muestran algunas diferencias distintivas, aunque compiten por muchos de los mismos envíos de productos.

Los camiones pueden ser menos capaces de manejar todos los tipos de carga en comparación con el tren; principalmente, debido a las restricciones de seguridad de las autopistas, que limitan las dimensiones y peso de los envíos. La mayor parte de los envíos deben ser menores que el popular camión de carga de 40 a 53 pies; (a menos que tenga una base doble o triple), y menos de 8 pies (2.5 m) de amplitud y 8 pies de altura para asegurar visibilidad de carretera.

Los camiones de carga ofrecen entregas de rapidez razonable y entrega confiable para envíos. El camionero necesita llenar sólo un tráiler antes de desplazar el envío, en tanto que el ferrocarril debe preocuparse de llenar un tren de 50 carros o más. El balance, el camión tiene la ventaja de servicio en el mercado de envíos pequeños.

En México de acuerdo con cifras del 2018 de la Estadística Básica del Autotransporte de Carga (SCT, 2018), se encuentra distribuido de la siguiente forma:

Tabla 5.1 Composición de las Unidades Vehiculares del Autotransporte de Carga por Clase de Vehículo

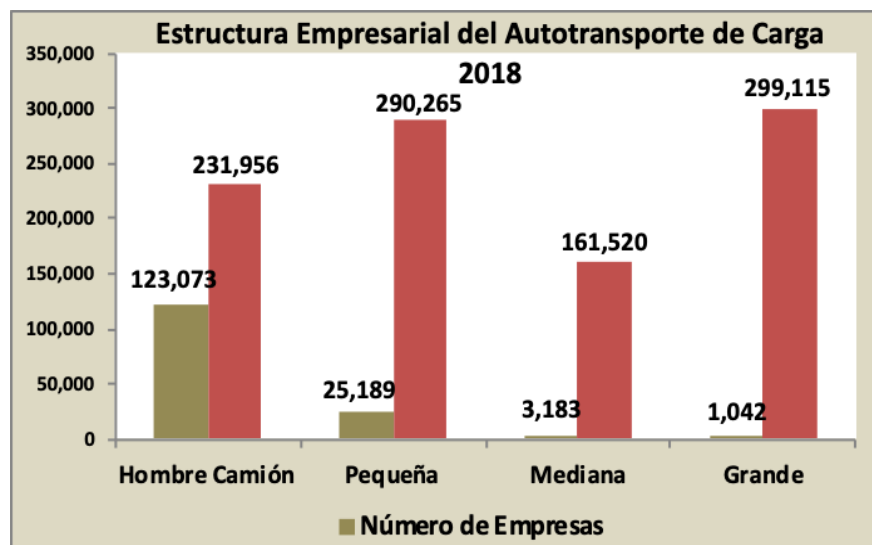
Vehículo	Clase	Total Nacional	%
Unidades motrices		496,057	50.5
Camión de dos ejes	C-2	90,038	18.2
Camión de tres	C-3	78,844	15.9
Tractocamión de dos ejes	T-2	3,149	0.6
Tractocamión de tres ejes	T-3	322,979	65.1
Otros	Otros	1,047	0.2
Unidades de arrastre		486,335	49.5
Semirremolque de un eje	S-1	3,815	
Semirremolque de dos ejes	S-2	386,568	
Semirremolque de tres ejes	S-3	91,393	
Semirremolque de cuatro ejes	S-4	637	
Semirremolque de cinco ejes	S-5	67	
Semirremolque de seis ejes	S-6	115	
Semirremolques	S	482,595	99.2
Remolque de dos ejes	R-2	2,881	
Remolque de tres ejes	R-3	664	
Remolque de cuatro ejes	R-4	120	
Remolque de cinco ejes	R-5	15	
Remolque de seis ejes	R-6	60	
Remolques	R	3,740	0.8
Grúas	GI	464	0.0
Total		982,856	100

Fuente: Estadística Básica del Autotransporte de Carga, SCT (2018)

El modo de transporte más usado en México es el camión, La clasificación anterior depende de la cantidad de unidades con las que cuenta la compañía transportista, el 82% son empresas conocidas hombre-camión que cuentan como máximo con 5 unidades, esto trae como consecuencia una compleja relación con las compañías que requieren estos servicios, debido a que requieren de varios proveedores para cubrir su programa de embarque. (SCT, 2018).

Respecto al sector industrial de transportistas, debe apuntarse que se trata de una de las sociedades mercantiles, que en mayor medida, demandan de una eficaz y organizada dirección y planeación, ya que en ellas intervienen un sin número de aspectos, tales como los operativos, administrativos, jurídicos, fiscales, contables, de logística, etc., y de una auténtica labor empresarial, ya que de lo contrario fácilmente se producirá un negocio quebrantado.

Gráfica 5.3 Estructura Empresarial del Autotransporte de Carga 2018



Fuente: Estadística Básica del Autotransporte de Carga, SCT (2018)

Las empresas del autotransporte en México aun siendo pequeña u hombre camión que se caracterizan por tener solo hasta 5 unidades deben desarrollar una visión y estrategia especial para administrar su negocio, requieren de bases sólidas de organización, planeación, logística y finanzas. La entrega de mercancías dentro de los tiempos acordados con un cliente en un punto geográfico determinado, es resultado de una de procesos estructurados que van desde la adecuada provisión de fondos para combustible, peajes, reparaciones imprevistas, alimentos del operador; aspectos documentales como la vigencia de autorizaciones y los seguros de responsabilidad civil, así como respecto a la recepción, transbordo y sujeción de la carga, el itinerario con sus horarios y ruta. Además, debe señalarse que el mantenimiento preventivo y la constante capacitación de sus conductores, son aspectos de vital importancia en la planeación y administración de estas empresas, debido a la importancia que para ellas representa, la disminución de pérdidas económicas ocasionadas por accidentes de tránsito y descomposturas graves. Además de dotar a sus equipos, personas y procesos con toda la estructura tecnológica que exige la trazabilidad de este negocio.

Especificando el término local de **hombre-camión** son personas que de forma individual participan en el ámbito de los servicios del autotransporte, desempeñan roles paralelos de gerentes, administradores, conductores, representantes, e inclusive, mecánicos y cargadores, de sus propios vehículos. En su gran mayoría, se trata de personas con muchos años en el negocio del transporte; involucran a sus familias en dicha actividad, y en muchos casos, también se convierten en negocios que van pasando de generación en generación.

Las posibilidades de crecimiento del hombre-camión se ven disminuidas por la falta de una organización societaria adecuada. En muchos casos, su crecimiento económico trae como consecuencia la constitución de una sociedad transportista, o en su defecto, la unión con otro hombre-camión con sociedades regulares, para formar lo que se denomina comúnmente como grupos de permisionarios.

El fortalecimiento del autotransporte nacional, requiere de una tendencia que disminuya el negocio mercantil individual y aumente el societario, sin embargo, no debe dejar de destacarse la aportación que a esta actividad hacen los hombre-camión, ya que su necesaria participación en todos los aspectos que involucra la operación de los servicios de Autotransporte, los convierte en verdaderos expertos en esta materia.

Avión. El transporte aéreo ha sido considerado por un mayor número de consignatarios para servicio regular, aunque sus tarifas exceden las del traslado por camión en más de doble, y las del ferrocarril por más de 16 veces. El atractivo en este medio es su rapidez origen-destino sin igual, en especial a través de largas distancias. La magnitud promedio de un transporte de carga es de 1, 611 km. Los aviones comerciales tienen velocidades de crucero.

La confiabilidad y disponibilidad del servicio aéreo puede ser clasificada como buena bajo condiciones de operación normales. La variabilidad del tiempo de entrega es baja en magnitud absoluta, aunque este servicio es muy sensible a desperfectos mecánicos, condiciones atmosféricas, y congestión de tráfico. La variabilidad, cuando se compara con los tiempos promedio de entrega puede clasificar al transporte aéreo como uno de los modos menos confiables.

La capacidad de los servicios aéreos se ve limitada de manera importante por las dimensiones físicas del espacio de carga en la aeronave y por su capacidad de carga. Sin embargo, este problema se está solventando debido a que se están poniendo en servicio aeronaves más grandes.

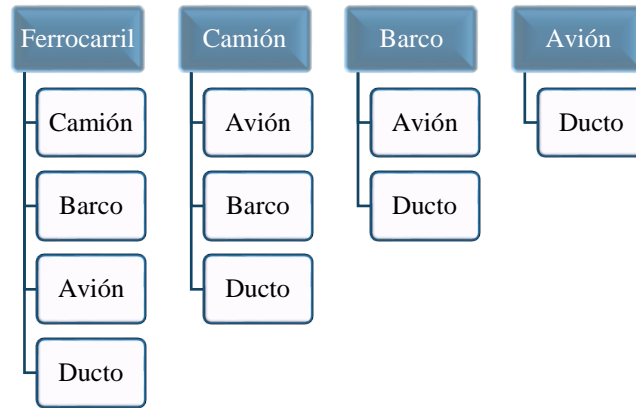
La transportación aérea tiene una ventaja clara en términos de pérdida y daños. La proporción de los costos de reclamaciones a los ingresos de carga fue sólo de 60% de aquellas por tren o camión. Se necesitan empaques menos protectores para las cargas aéreas si el manejo por tierra no genera mayor exposición de daños que el de la fase de ruta del movimiento y si el robo aeroportuario no es excesivo.

En México en 2018 las mercancías transportadas por vía aérea marcaron un máximo histórico por quinto año consecutivo, al llegar a 910 mil toneladas. Las tres empresas con mayor participación en el mercado mueven más del 54% de la carga doméstica, el 55.6% de la carga doméstica es transportado por aerolíneas exclusivas de carga (Estafeta, Aeronaves TSM, MCS Aerocarga, Aerounión y Más Air); las 10 rutas más importantes de carga doméstica movilizan el 47.9% de la carga total, Seis de las diez rutas más importantes del país tienen origen o destino en la Ciudad de México. Las anteriores cifras obtenidas Dirección General de Aeronáutica Civil Aviación Mexicana en Cifras.

Barco. El servicio de transportación marítima está limitado en su alcance por muchas razones. El servicio de aguas nacionales se confina al sistema de caminos acuíferos en tierra, el cual requiere que los consignatarios estén ubicados sobre los caminos acuíferos o utilicen otro modo de transporte en combinación con éste. Además, el servicio marítimo es en promedio más lento que el ferrocarril.

Los costos por pérdidas y daños que resultan de la transportación por aguas se consideran bajos en relación con otras modalidades, debido a que el daño no preocupa tanto para cargas de productos de bajo valor y de granel, y las pérdidas debido a retrasos no son graves.

Servicios intermodales. En años más recientes ha incrementado en el envío de productos utilizando más de una modalidad de transportación en el proceso. La característica más importante del servicio intermodal es el intercambio libre de equipo entre las modalidades. Un avión, o un vagón de tren puede transportarse en un transbordador marítimo. Hay diez combinaciones posibles de servicio intermodal.

Figura 5.2 Combinaciones posibles de servicios intermodal

Fuente: Elaboración propia (2020)

Estructura de la Red de Distribución de Mercancías en México

Del sin número de decisiones que se deben tomar en el proceso de transportación de mercancías que son clave de la logística, sin lugar a duda destaca:

1. La estructura de la Red
2. Modo de Transportación
3. Diseño de rutas y programación de vehículos
4. Consolidación del envío
5. Prorrateo del gasto de Transportación

En este capítulo desarrollaremos un caso práctico enfocado al sector consumo de cómo solucionar las cinco anteriores problemáticas; se mencionarán las variables que influyen, se propone una metodología para analizar las bases de datos a través de Estadística Descriptiva para llegar a una propuesta de la estructura de una red, considerando también la cartografía de México. El desarrollo de este apartado nos proporcionará una visión real del funcionamiento de transportación de mercancías en nuestro país.

Es común en México que existan compañías conocidas como 3PL's "*Third Party Logistics*", traducido al español "Logística de terceros" o "Logística tercerizada", es decir, la externalización u *outsourcing* de la logística a un operador externo. que son aquellas que proporcionan bienes y servicios logísticos a compañías que producen bienes electrónicos, de consumo, perecederos, tecnológicos, industriales, automovilísticos, etc. Como ejemplo de este tipo de empresas tenemos entre las que destacan en México: UPS, *Seglo Group*, DHL *Exel Supply Chain*, *Zimag Logistics*, etc.

Los servicios que ofrecen son diversos y pueden ser, recibo de producto terminado, mantenimiento de inventario, almacenaje, maquila, recibo de pedidos, planeación de rutas, transportación de pedidos a cliente final, servicios a clientes, y en caso de rechazo de producto se hace la logística inversa.

De los requerimientos principales para el diseño de la red de distribución es una base de datos histórica de por lo menos tres meses recientes que contenga los siguientes campos que se generan a través del área de ventas de las empresas de consumo.

- Población de entrega,
- fecha de entrega,
- Cantidad de cajas vendidas,
- cantidad de pedidos,
- Peso,
- Volumen, etc.
- Tipo de Entrega

Los pedidos son generados por el área de ventas de todos los clientes de esta compañía, las cajas son la unidad de medida muy común utilizada para dimensionar la operación. Estos datos representan a 35 empresas clientes de la compañía que proporciona sus servicios 3PL.

Los puntos de origen obligatorios son los ubicados en: Cuautitlán Izcalli Estado de México (Lechería), Guadalajara Jalisco, Monterrey Nuevo León, y Tijuana Baja California Norte. En el caso de una parte del Estado de México y Ciudad de México lo nombraremos Área Metropolitana.

Como ya mencionamos el objetivo es estructurar la red por la que van a fluir los productos desde sus puntos de origen hacia los puntos de demanda, debe analizarse la determinación de las instalaciones que se utilizarán, el número de ubicación de ellas; las actividades entre instalaciones y la distribución entre los flujos de productos de los clientes. Debemos determinar los almacenes de campo mejor conocidos como cruces de andén (X-Dock), estos a su vez son atendidos por almacenes regionales o directos desde el punto de origen.

La siguiente tabla muestra la demanda de destinos, pedidos y cajas por entidad federativa de las operaciones que tiene una compañía tercerista, que ocuparemos como ejemplo a lo largo de este trabajo.

Tabla 5.2 Demanda de producto, agrupada por entidad federativa.

Estado o Zona	Destinos	Pedidos	Cajas
Aguascalientes	2	394	68,956
Área Metropolitana	38	26,330	6,556,322
Baja California Norte	4	12,000	803,835
Baja California Sur	3	587	57,997
Campeche	5	718	30,539
Chiapas	16	2,304	163,919
Chihuahua	12	4,142	403,719
Coahuila	16	4,398	299,527
Colima	5	291	7,770
Durango	7	1,570	126,904
Estado de México	15	1,400	216,886
Guanajuato	14	2,416	481,197
Guerrero	13	915	52,817
Hidalgo	16	1,066	83,956
Jalisco	23	7,653	1,768,399
Michoacán	17	1,543	125,668
Morelos	13	1,245	170,215
Nayarit	7	359	13,328
Nuevo León	22	11,592	1,835,500
Oaxaca	17	620	124,403
Puebla	17	2,264	418,906
Querétaro	7	1,772	466,248
Quintana Roo	3	501	22,171
Sinaloa	6	3,304	727,353
San Luis Potosí	7	1,472	190,544
Sonora	17	3,603	410,701
Tabasco	12	2,913	441,723
Tamaulipas	11	2,400	253,237
Tlaxcala	4	22	967
Veracruz	31	2,947	301,582
Yucatán	12	5,506	381,484
Zacatecas	9	403	31,384
Total general	401	108,650	17,038,157

Fuente: Elaboración Propia (2020)

El problema de diseño de red tiene aspectos espaciales, así como temporales; el aspecto espacial, se refiere a la ubicación de las instalaciones sobre un plano geográfico, como los cruces de andén. El número que se instalaran de estos, el tamaño y la ubicación de las instalaciones que se determinará mediante el balance de los siguientes aspectos contra los requerimientos de servicio al cliente expresados geográficamente: costos de producción y de compras; costos de manejo de inventario, costos de la instalación (costos de almacenamiento, manejo y fijos), y costos de transportación.

El problema temporal, dentro de la planeación de red consiste en mantener la disponibilidad del producto para cumplir los objetivos de servicio al cliente. El tiempo del cliente para adquirir el producto es la principal preocupación aquí. El balance de los gastos de capital, costos de procesamiento de pedidos y los costos de transportación al cumplir con los objetivos de servicio al cliente dictarán la forma en que los productos fluyan a través de la red. Las decisiones con base temporal también afectan la ubicación de las instalaciones.

Consideraciones especiales: La configuración de red no puede estar limitada a los movimientos hacia adelante de los bienes desde los proveedores hacia los clientes, ya que en todos los casos las empresas deben retirar, desde ubicaciones en etapas inferiores, artículos como materiales de empaque, productos arrendados (como máquinas copiadoras), productos que serán re-trabajados y revendidos, muebles de promocionales. Esta red de reversa con frecuencia es un complemento de los servicios logísticos que se venden. La planeación de la red es complicada cuando los canales hacia adelante y en reversa no pueden separarse debido a instalaciones compartidas. El problema de la configuración de la red es de gran importancia para la alta dirección. Resulta común que el rediseño de la red logística pueda generar ahorros anuales desde el 5 hasta 15% de los costos logísticos totales. Datos para la planeación de la red. La planeación de red puede requerir una base de datos sustancial que se derive de muchas fuentes. Buena parte de la base de datos generalmente incluye:

- Ubicaciones de los clientes, puntos de almacenamiento y puntos de suministro
- Demanda de producto por ubicación de clientes
- Tarifas o costos de transportación
- Tiempos de tránsito, tiempos de transmisión de pedidos, y ritmos de surtido de pedidos
- Tarifas o costos del almacenamiento
- Tamaños de envío por producto
- Patrones de pedidos por frecuencia, tamaño, temporada y contenido
- Costos de procesamiento de pedidos
- Metas de servicio al cliente
- Equipo e instalaciones disponibles con limitaciones de capacidad
- Patrones de distribución sobre la forma como se cumplen las ventas
- Cartografía de México

Las principales fuentes de información para obtener los datos antes mencionados suelen ser: documentos operativos del negocio, reportes de contabilidad, investigación logística, información publicada y criterio personal, hojas de control de los procesos de ventas, mercadotecnia, almacenaje, empaquetado, etc.

Unidades de análisis. Para comenzar con la configuración de la red, es importante establecer las dimensiones que serán utilizadas en el análisis. Las elecciones comunes son alguna forma de medida de peso (toneladas o kg), una medida monetaria (dólar, peso, o libra), conteo físico (cajas, piezas) o una unidad de volumen (galón, unidades cúbicas o litro). Para este caso de estudio ocuparemos el conteo de los pedidos que representa la demanda por cliente final de los productos, cajas a entregar y destinos finales que son los puntos de entrega de los productos.

La medida que generalmente incluyen los directivos debe ser una consideración preponderante, ya que la base de los datos de la compañía y el entendimiento de las operaciones están en términos de esta dimensión. Por ejemplo, las empresas involucradas principalmente en distribución ven su negocio en términos de unidades movidas (cajas o piezas) y costo de distribución, en tanto que las empresas fabricantes por lo general utilizan una medida de peso. Una vez que se han decidido las unidades de análisis necesitan alinearse los involucrados con esta dimensión.

Tarifa de transportación. En la planeación de red, las tarifas de transportación se convierten en un problema principal debido al posible número de ellas. Para una red pequeña de solo dos grupos de productos, cinco intervalos de peso de envío, 200 clientes, 5 almacenes y 2 plantas existen $2 \times 5 \times 200 \times 5 \times 2 = 20,000$ tarifas necesarias para representar todas las combinaciones de flujo de producto. Alguna forma de estimación de tarifas agilizaría el cálculo y liberaría al personal de la compañía del agobio de buscar o adquirir tantas tarifas. Tal estimulación debe reconocer el tipo de transportación utilizada, ya sea propia o contratada.

En México el importe de la tarifa que representa el costo de transportación lleva una relación directa con el kilometraje que debe desplazarse el tipo de vehículo.

Paso 1. Ubicación Geográfica Obligatoria

El siguiente mapa muestra las instalaciones obligatorias de la compañía del caso de estudio, esto se debe a que sus clientes se concentran en estas zonas. Podemos afirmar que cerca del 70% del producto se genera en la zona centro de la República que son las ciudades de: Ciudad de México, Querétaro, Toluca, Guadalajara, y la mercancía de importación llega de los Puertos de Manzanillo (Colima), Veracruz (Veracruz), y Tampico, y vía terrestre entra por Laredo y Tijuana, de ahí la justificación de estas instalaciones.

Imagen 5.1 Almacenes obligatorios y regiones de entrada de producto



Fuente: Elaboración Propia (2020)

Paso 2. Análisis de Destinos Principales

En este apartado se realizará el análisis de los destinos principales en base a la cantidad de pedidos y volumen de cajas, esta exploración debe arrojar datos de los posibles lugares idóneos para la ubicación de los cruces de andén. La siguiente tabla nos muestra el Top 20 de ciudades o puntos de entrega principales.

Tabla 5.3 Top 20 de destinos con mayor demanda

Lugar	Punto de Entrega de Pedidos	Estado	Pedidos	Cajas	% Sobre el Total
1	Área metropolitana	DF y Edo. México	15,667	4,359,064	14%
2	Tijuana	BCN	7,483	491,359	7%
3	Monterrey	Nuevo León	4,575	394,328	4%
4	Culiacan	Sinaloa	2,873	692,204	3%
5	Merida	Yucatán	2,641	147,416	2%
6	Mexicali	BCN	2,559	176,596	2%
7	Guadalajara	Jalisco	2,420	370,124	2%
8	Ensenada	BCN	1,710	47,340	2%
9	Benito juarez	Yucatán	1,464	74,936	1%
10	Puebla	Puebla	1,365	333,672	1%
11	Leon	Guanajuato	1,252	290,683	1%
12	Villahermosa	Tabasco	1,221	137,554	1%
13	Saltillo	Coahuila	1,206	27,445	1%
14	Veracruz	Veracruz	1,171	155,854	1%
15	Torreon	Coahuila	1,145	59,550	1%
16	Tuxtla gutierre	Chiapas	1,042	67,541	1%
17	Zapopan	Jalisco	1,022	69,259	1%
18	San nicolas del	Nuevo León	955	80,593	1%
19	Toluca	Estado de México	940	87,709	1%
20	Hermosillo	Sonora	911	63,366	1%

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Nótese que como destinos principales, se encuentran los cuatro almacenes obligatorios, lo cual crea una ventaja en la transportación, ya que no existe gasto de transportación foránea, es decir hay distribución local (viajes cortos).

Paso 3. Determinar los destinos de influencia de los almacenes obligatorios

De acuerdo con la tabla anterior podemos sugerir 4 almacenes obligatorios: Tijuana, Monterrey, Guadalajara, y Área Metropolitana ya que agrupan el 28% de la demanda a nivel nacional y haciendo la cobertura a 67 poblaciones principales. Se considera destino de influencia aquellos que se encuentran a menos de 400 kilómetros o que únicamente pueden ser distribuidos desde ese lugar, como puede ser el caso de La Paz BCS donde sería costoso hacer el viaje de Tijuana, sin embargo, a través del ferri se puede llegar por Topolobambo o Mazatlán. Los 400 kilómetros los determina el costo de transportación, ya que el precio por kilometro de las tarifas de transportación a partir de ese kilómetro son iguales ya sea que se utilice una unidad tipo tráiler que soporta 20 toneladas o una unidad de 3.5 toneladas. Esta determinación se debe realizar para eliminar dentro de la red como un posible cruce de andén algún destino que pudiera ser distribuido desde un origen obligatorio. En el siguiente mapa podemos observar los destinos principales que son área de influencia de los orígenes obligatorios.

Imagen 5.2 Área de influencia de los puntos obligatorios.



Fuente: Elaboración Propia (2020)

Las siguientes tablas nos muestran los destinos principales que son zona de influencia de cada origen obligatorio (o en su caso el Top 20 por origen).

Tabla 5.4 Zona de influencia de Monterrey: Top 20

Monterrey	Destino
Monterrey	Local
Saltillo	Foráneo
San Nicolas De	Local
Guadalupe	Local
Chihuahua	Foráneo
General Escobed	Local
Reynosa	Foráneo
Nuevo Laredo	Foráneo
Torreon	Foráneo
Cienega De Flor	Local
Apodaca	Local
Santa Catarina	Local
Victoria	Foráneo
Salinas Victori	Local
Juarez	Foráneo
Juarez	Local
Valle Hermoso	Foráneo
Tampico	Foráneo
Durango	Foráneo
Rio Bravo	Foráneo

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Tabla 5.5 Zona de influencia de Tijuana: top 20

Destino	Destino
Ensenada	Foráneo
Mexicali	Foráneo
Tecate	Foráneo
Tijuana	Local
Mulege	Foráneo
San Luis Rio Co	Foráneo
Playas De Rosar	Foráneo

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Tabla 5.6 Zona de influencia de Guadalajara: top 20

Destino	Tipo de Viaje
Guadalajara	Local
Culiacan	Foráneo
Zapopan	Local
Tlaquepaque	Local
Hermosillo	Foráneo
Tlajomulco de z	Local
Los cabos	Foráneo
Mazatlan	Foráneo
Puerto vallarta	Foráneo
San francisco d	Foráneo
Tepic	Foráneo
Ahome	Foráneo
Morelia	Foráneo
Ciudad guzman	Foráneo
Aguascalientes	Foráneo
Tonala	Local
Cajeme	Foráneo
Leon	Foráneo
Zamora	Foráneo
Uruapan	Foráneo

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Tabla 5.7 Zona de influencia del Área metropolitana: top 20

Destino	Tipo de Viaje
Área metropolitana	Local
Culiacan	Foráneo
Puebla	Foráneo
Leon	Foráneo
Veracruz	Foráneo
Toluca	Foráneo
Tlajomulco de z	Foráneo
Pedro escobedo	Foráneo
Cuernavaca	Foráneo
Salinas victori	Foráneo
Cienega de flor	Foráneo
Villahermosa	Foráneo
Tlaquepaque	Foráneo
San luis potosi	Foráneo
Atitalaquia	Foráneo
Tepeji del rio	Foráneo
Morelia	Foráneo
Santiago de Queretaro	Foráneo
Zapopan	Foráneo
Monterrey	Foráneo

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Paso 4. Propuesta de Cruces de Anden

La siguiente tabla nos muestra las 20 ciudades con mayor demanda, y podemos observar que algunos destinos como León, Puebla, Ensenada no podemos considerarlos para que sean cruces de anden ya que son destinos que se puede llegar utilizando los puntos obligatorios. Lo que recomendamos es retomar la tabla eliminando las ciudades que son área de influencia de algún origen obligatorio; con la finalidad de que sean consideradas para crean un cruce de anden.

Culiacán puede ser distribuido desde Guadalajara donde hay una distancia de 720 km; sin embargo resulta conveniente un cruce de anden en Ciudad Obregón por las poblaciones que puede agrupar en su área de influencia, adicional que hay una localidad clave que es Topolobambo de donde se pueden llegar a La Paz Baja California Sur a través del ferri, esto implicaría menor costo de transportación.

Por otro lado podemos agrupar la demanda de Cancún en un cruce de anden situado en Mérida y otro en Villahermosa para cubrir el sureste de la República Mexicana. Finalmente, Obregón, Hermosillo y Torreón pueden ser otros puntos de distribución que cubran la zona norte.

Tabla 5.8 Destinos con mayor demanda

Punto de Entrega de Pedidos	Estado	Pedidos	Cajas	% Sobre el Total
Culiacan	Sinaloa	2,873	692,204	3%
Merida	Yucatán	2,641	147,416	2%
Cancún	Yucatán	1,464	74,936	1%
Villahermosa	Tabasco	1,221	137,554	1%
Veracruz	Veracruz	1,171	155,854	1%
Torreón	Coahuila	1,145	59,550	1%
Tuxtla Gutierrez	Chiapas	1,042	67,541	1%
Hermosillo	Sonora	911	63,366	1%

Fuente: Elaboración Propia (2020)

De tal forma que la red estaría constituida en las siguientes localidades:

1. Cuautitlán Izcalli cobertura en la Zona Metropolitana y centro.
2. Tijuana, Ciudad Obregón, Hermosillo, Torreón y Monterrey cubren el norte
3. Guadalajara la zona conocida como el Bajío
4. Mérida y Villahermosa el sureste.

La tabla nos muestra la distribución de la demanda de pedidos clasificados por origen (almacén regional o cruce de anden).

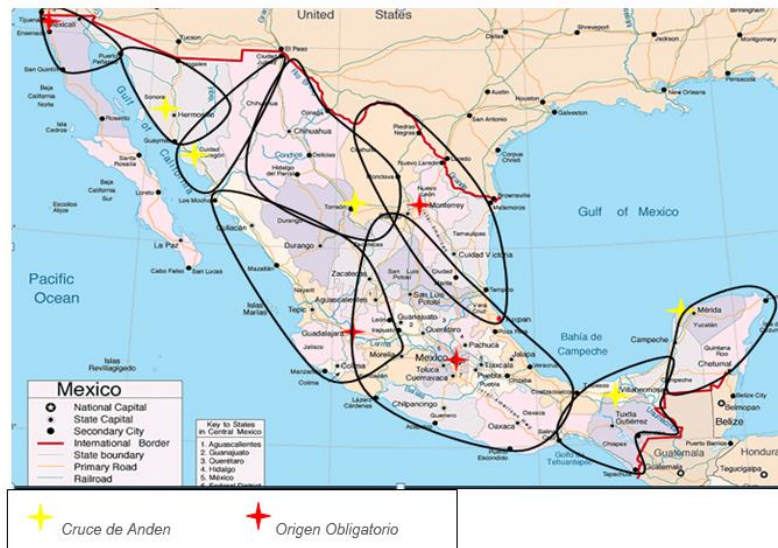
Tabla 5.9 Demanda agrupada por origen

Origen	Demanda de Cajas	Demanda de pedidos	Puntos de Entrega	%
Guadalajara	1,476,672	11,429	63	11%
Hermosillo	116,025	1,551	8	1%
Mérida	318,480	6,057	14	6%
México	11,999,876	48,432	186	45%
Monterrey	1,642,921	18,003	57	17%
Obregón	43,072	348	6	0.3%
Tijuana	760,377	12,966	7	12%
Torreón	269,332	4,098	11	4%
Villahermosa	411,402	5,766	49	5%
Total general	17,038,157	108,650	401	100%

Fuente: Elaboración Propia (2011)

El siguiente mapa muestra la propuesta de red de distribución con sus respectivas áreas de influencia de cada punto de origen.

Imagen 5.3 Estructura de la red



Fuente: Elaboración Propia (2020)

Conclusiones

De acuerdo con las estadísticas nacionales y los volúmenes obtenidos de la información del sector consumo podemos concluir que el modo más eficiente dada las exigencias del servicio al cliente como la inmediatez del producto la Red Propuesta se desarrolla usando la infraestructura carretera de México. De las principales ciudades que se propone como Centro de Distribución es el área norte de la Ciudad de México como pueden ser los municipios de Cuautitlán Izcalli, Tepetzotlán y Teoloyucan donde precisamente están ubicados los principales almacenes en el país. Los pasos a seguir para la estructura de una Red de Distribución de Mercancías usando estructura carretera, son funcionales siempre y cuando se tenga la base de datos de por lo menos un trimestre de operaciones del sector consumo.

Se recomienda el mantenimiento continuo apoyándose de la información que se puede extraer a través de entrevistas con expertos, conocimiento de las causas y efectos que tienen los procesos, relaciones entre las distintas áreas que intervienen, así como la información oficial estadística de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Referencias

- Anaya Tejero, J. J. (2011). *Logística Integral: La gestión operativa de la empresa* (4a edición).
- Ballou, Ronald H., (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Prentice Hall.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación* (3a edición).
- Hanke Arthur G. Reitsh. (2010). *Pronóstico de Negocios*. México: Prentice Hall.
- Owersox, Donald J. (2007). *Administración y Logística de la cadena de Suministros*. México: McGraw Hill.
- Pires Silvio, R. I. & Carretero Diaz, L. E. (2007). *Gestión de la Cadena de Suministros*. España: McGraw-Hill.
- Mora García, L. A. (2008). *Gestión Logística Integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Ecoe Ediciones.
- SCT. (2018). *Estadística Básica 2018*. 15 de noviembre de 2019, de Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/2018/>

Capítulo 6 Comentarios sobre temas de logística en el comercio internacional. Comparativo México – Brasil

Chapter 6 Comments on logistics issues in international trade. Comparative Mexico-Brazil

SÁNCHEZ-MEJORADA ZAPATA, Ángel Manuel†

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: Ángel Manuel, Sánchez-Mejorada-Zapata / **ORC ID:** 0000-0001-5802-6690

DOI: 10.35429/H.2020.1.84.97

A. Sánchez

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

La interpretación de la importancia que tiene el aspecto logístico en los procesos de intercambio comercial internacional podría ser obvia; sin embargo, suele ser más complicada de lo que aparenta. En este capítulo hemos buscado interpretar las implicaciones que tienen las decisiones empresariales tomadas en el campo logístico internacional, considerando variables de naturaleza económica, de mercado, movimiento de bienes, infraestructura, integración de cadenas de valor globales y otros aspectos. En los mercados internacionales la mercadotecnia tiene gran relevancia, comprender que la logística es un brazo fuerte del éxito de una estrategia de mercadotecnia -oportunidad de surtido y presencia en anaqueles por ejemplo-, es también pensar de forma global, ya que los clientes en la actualidad -hacia el año 2020-, no responden de la misma manera que en los años 70's (auge de las estrategias 4p's), debido a que ahora los canales de comunicación y las redes sociales se han encargado de ampliar los límites de búsqueda y selección de productos para satisfacer deseos y no solo necesidades, haciendo que la decisión de compra abarque no solo la selección de productos, sino diferentes esquemas de venta (a distancia, vía internet, puntos de venta fijos o combinaciones de ellos), exigencias de calidad y servicio. Ese entorno, más empresarial y estratégico que nunca, obliga que las decisiones relacionadas con la distribución global de productos de una empresa consideren los factores enumerados y otros más que se tratan en el texto. Veamos cuáles son ellos.

Procesos de intercambio comercial, Relevancia de la mercadotecnia, Decisión de compra, Distribución global de productos

Abstract

The assumption of the importance that logistics means to the international commerce of goods could be "it is obvious", however usually that is a more complicated matter. In this chapter we have been searching for the interpretation of the complexity of the logistic decisions in a company, because variables as economics, market conditions, movement of goods, infrastructure, global value chains and others. In the international market logistics assume a relevant role, is a strong arm of a successful marketing strategy - i. e. opportune supply and presence at the point of purchase- this is decided on global thinking approach because the clients now are different to those of the 1970s (4p's strategy), because now the communication channels and social networks took a decisive role widening the searching and choosing of products to satisfy desires more than only needs, having wide options of channels (internet, stores or combinations), quality claims and service. That environment, more strategic and business-oriented than ever, force the company chiefs to decide about global product distribution considering the mentioned factors plus some others mentioned in this text. See which they are.

International commerce logistics, Marketing relevance, Purchase decision, Global product distribution

Introducción

Las condiciones que se presentan en el dinámico mundo de las transacciones de comercio internacional en el primer cuarto del S. XXI, dominado por los volúmenes de movimiento de mercancías, los tiempos de entrega cada vez más críticos, los costos asociados a la distancia y la oportunidad en la entrega, motivan que las decisiones sobre la dinámica comercial sean asunto sustancial para los clientes y proveedores; en una cadena de valor global, los participantes deben asumir la responsabilidad de conectar todos los elementos, estaciones o partes del proceso logístico para garantizar el abasto en todos los mercados que atiende una empresa.

Cuando hablamos de mercados mundiales, los responsables en niveles de decisión empresarial encuentran escenarios complejos para abastecer sus mercados, la oportunidad, el costo y tiempo son factores asociados en esa función, las decisiones a tomar son de tal manera diversas que en muchas ocasiones es necesario ser asesorados por expertos en el área logística comercial; para cada relación origen-destino existen varias alternativas, la elección depende de factores de costo, tiempo de traslado, almacenaje, tipo de transporte y otros elementos relacionados con la infraestructura del sitio de origen y el de destino.

Entendiendo lo dicho, es de esperar que este tipo de decisiones sean cruciales para el logro de las metas empresariales en mercados internacionales; ya sea en un esquema de principiante o de experimentado, la logística comercial representa un área de oportunidad para aprovechar las ventajas derivadas de una adecuada y suficiente atención de mercados presentes y en prospectiva, cuando los clientes finales esperan productos que cumplan sus expectativas y satisfagan sus deseos.

Para operar con la efectividad requerida, considerando la complejidad de los procesos logísticos actuales, se requiere la asesoría y participación activa en todo el proceso, de un *freight-forwarder*¹ adecuado en cada transacción, ya que condiciones de distancia, tipo de transporte (terrestre, marítimo, aéreo), infraestructura (puertos, aeropuertos, carreteras, ferrocarriles, almacenamiento y demás), conservación de las mercancías y otros factores como el pago de aranceles, cumplimiento de cuotas y las normas no arancelarias vigentes en cada mercado, son de naturaleza variable y pueden ser barreras que obstaculicen el adecuado surtido de productos en un momento específico.

Como se puede entender, las acciones relacionadas con el tema de logística comercial en el entorno internacional son de tal manera estratégicas que generan situaciones favorables o adversas para atender mercados distantes, compuestos de multisegmentos, con clientes altamente exigentes, en donde la disponibilidad de productos es esencial para mantener presencia de marketing en las locaciones actuales y expandir las posiciones de una empresa en nuevos emprendimientos. Por otra parte, la infraestructura y servicios que ofrece un país con respecto a otros también es un factor importante para decidir la estrategia de atención de mercados internacionales.

Identificación del problema

Hablar del comercio internacional en el año 2020 es explicar la interdependencia que existe entre todos los países para allegarse de bienes y colocar sus productos finales o insumos en mercados cada vez más lejanos y desconocidos. Atendiendo a ello nos enfrentamos a situaciones de índole diversa que abarca aspectos socio-políticos (movimientos sociales que mueven preferencias electorales en todo el mundo), socio-económicos (distribución de la riqueza, empleo y bienestar), y dentro de ellos, la estructura de redes de comercio internacional que a través de tratados comerciales y la integración de bloques comerciales, buscan establecer y aplicar estrategias de logística que les permita a las empresas de diversos países llevar a cabo la obtención de insumos y la colocación de sus productos en mercados cada vez más distantes y exigentes. Partiendo de reconocer la validez de esa búsqueda, nos enfrentamos a preguntas como:

- ¿Cuáles son los elementos de la logística internacional que permiten a las empresas el intercambio de bienes para cumplir sus metas?
- ¿Cuáles son las normas internacionales que permiten a las empresas realizar sus intercambios internacionales?
- ¿Cuáles son los elementos que favorecen u obstaculizan la selección de países/puertos en un proceso de intercambio comercial internacional?
- ¿Cuáles son los factores que diferencian a México de Brasil en el campo del comercio internacional?

En el contenido de este escrito buscaremos responder esas preguntas.

Objetivo

Demostrar la importancia que tiene el análisis de las variables logístico-comerciales para las decisiones relativas al abastecimiento de insumos y surtido de mercados en el entorno internacional

¹ *Freight-forwarder* (FF). Es un agente que presta servicios expertos a los exportadores e importadores, en los aspectos, regulaciones y usos comerciales, tanto en el país de origen como en el o los países de destino. El servicio abarca métodos de envío, elaboración y trámite de documentos relacionados con el comercio exterior, así como la forma de a bordar y superar barreras comerciales arancelarias y no arancelarias. El nivel de responsabilidad de un *freight-forwarder* está relacionada en el contrato respectivo firmado entre los representantes legales de ambas empresas: vendedor y *freight-forwarder*; generalmente asumirá la responsabilidad ante la carga por todo el período en que la mercadería se encuentre bajo su custodia -habitualmente, desde que la retira del ámbito del cargador hasta que la entrega al consignatario-. (NG Logística. Supply chain, Transporte y Distribución, 2020)

Metodología

Atendiendo al objetivo definido para esta investigación hemos adoptado la metodología de Hernández Sampieri (Hernández, 1997), en un enfoque descriptivo que permita determinar los factores que identifican la problemática de la logística comercial internacional en el entorno que configura el comercio mundial en la primera cuarta parte del S. XXI.

Atendiendo a lo anterior, en este escrito tendremos la aplicación del método identificando los elementos que conforman el universo de acciones logísticas en el comercio internacional, para así determinar la importancia de ellas en las decisiones que permitan obtener los logros planeados por los directivos de una empresa, en términos de efectividad y resultados financieros; el enfoque es hacia las situaciones y/o alternativas que pueden ser factibles para la entrega de productos al último eslabón de la cadena de valor: el consumidor final.

Revisión de los estudios y antecedentes sobre logística comercial internacional

De una manera simple y concreta podemos decir que logística es “poner el producto en la calle” (Ucha, 2009), lo cual significa acciones que una empresa lleva a cabo para acercar a un grupo de clientes (segmento meta en términos de *marketing*), la variedad de productos de una categoría (marca o *trade mark*), que cumplan con los requisitos necesarios para ser utilizados en la satisfacción de deseos².

Siguiendo esa línea conceptual, entenderemos para efecto de este escrito, que la logística comercial internacional comprende las actividades para mover el producto (marca) de un punto de origen (fabricante/vendedor), a un punto de destino (cliente/comprador), en busca de satisfacer los deseos de los clientes que esperan ese producto si ya lo conocen o bien tener una opción diferente a su alcance. Todas las partes del proceso logístico estarán enfocadas a la administración, coordinación y entrega de esos satisfactores con oportunidad, utilizando para ello los medios y herramientas adecuadas.

El enfoque que estamos siguiendo es empresarial, dejando a un lado lo relativo a otro tipo de organizaciones, y lo veremos como un puente entre la producción y el mercado, que en la actualidad se encuentran generalmente separados por distancias considerables entre los centros de producción y los de consumo; lo cual significa que el tiempo para estar presente en un mercado específico se convierte en un punto crítico, junto con el costo de ello. Las empresas que tienen presencia en mercados internacionales entienden la logística comercial como acciones de gestión y planificación de actividades por los que deciden acerca de compras, transporte, producción, almacenaje, mantenimiento y distribución básicamente.

En lo correspondiente a la comercialización, se utiliza un término que estandariza las prácticas internacionales denominado Incoterm (Navarro, 2015), el acrónimo significa *International Commerce Terms* y su origen se remonta al año 1936, fueron creados en la Cámara Internacional de Comercio (ICC por sus siglas en inglés), con sede en París, Francia, como una forma efectiva y estandarizada de regular el comercio con acuerdos para la compra-venta y el transporte de mercancías a nivel internacional (Comercio y aduanas, 2013), este instrumento ha evolucionado adaptándose a las condiciones del S. XXI y el 2 de enero del 2020 se actualizaron las normas (Incoterms) que ahora son once y especifican claramente las obligaciones y derechos de compradores y vendedores implicados en el movimiento de mercancías a nivel internacional, como ejemplo tenemos el término FCA el cual se utiliza frecuentemente para regular traslados entre Ro/Ro³ o transporte de contenedores; por otra parte el término DDU es aplicable en operaciones que requieren un transporte intermodal, servicio de mensajería o envíos (Anexo 1. Incoterms 2020).

² En términos de marketing, las necesidades se cubren de manera genérica -por ejemplo, la sed se satisface con agua-, pero la diferenciación entre un producto y otro es la marca; el móvil de un cliente es preferir entre varias marcas, la que más desea por razones de precio (relación costo/valor), disponibilidad, usos y otras variables: a eso se le llama deseo.

³ Ro-Ro es un acrónimo del término inglés *Roll On-Roll Off*, con el cual se denomina a todo tipo de buque, o barco, que transporta cargamento rodado, tanto automóviles como camiones.

La relevancia de estas herramientas está en que es una herramienta muy útil para los compradores y vendedores con aplicación mundial para las transacciones mercantiles en el comercio internacional, incluyendo costos, trámites y documentación de exportación e importación, que permite a las empresas llevar a cabo transacciones con protección legal para sus acuerdos comerciales con clientes, gobiernos y otras entidades, aporta seguridad en la custodia y entrega de mercancía en las condiciones pactadas por el que compra y el que vende y favorece la comprensión de los términos de negocio al ser de aplicación mundial, también se facilita la optimización en el uso de recursos, ya que ahí también se establecen las rutas que debe seguir un cargamento desde el origen hasta el destino, indicando los costos asociados a ello y eso es parte del contenido de un Incoterm; al ser un estándar, los operadores logísticos, asesores aduaneros y autoridades de cada país que intervienen en los procesos de exportación e importación, conocen los derechos y obligaciones del comprador y el vendedor en cada término, pudiendo así asesorar a sus clientes acerca de las responsabilidades que adquieren, evitar problemas y costos excesivos ya que los requisitos de entrada a un mercado exterior pueden ser muy variable pues dependen de factores como la existencia de tratados comerciales entre países o bloques económicos, como es el caso de México con la Unión Europea y el reciente T-MEC que sustituirá al TLCAN una vez que se ratifique por las autoridades legislativas de México, E.E U.U. y Canadá.

Uno de los elementos favorables que aporta un Incoterm a las empresas que requieren de manejo logístico es la especificación de la responsabilidad de los costos para el comprador y el vendedor; este punto es clave para definir en donde termina la responsabilidad de uno y otro y quien será responsable de pagar en caso de que suceda un hecho eventual en el transcurso del proceso logístico, transitando por diferentes países y modos de transporte, en donde los riesgos son inherentes aun teniendo los seguros que requiere una transacción durante todo el proceso de envío. En vista de lo anterior es visible el impacto que los Incoterms pueden tener en la obtención de la utilidad financiera planeada en cada transacción.

Las categorías en que podemos clasificar a los Incoterms son:

- E. El vendedor pone la mercancía a disposición del comprador en su propio establecimiento. Un solo Incoterm
- F. El vendedor entrega la mercancía a un medio de transporte escogido (y generalmente pagado) por el comprador. Tres Incoterms
- C. El vendedor contrata el transporte principal. Cuatro Incoterms
- D. El vendedor soporta todos los riesgos y gastos necesarios para llevar su mercancía a destino. Tres Incoterms

Es visible que en las obligaciones definidas para cada Incoterm, se manifiesta una carga de ellas que en un principio son mínimas para el vendedor (EXWORKS en la categoría E), quien solo está obligado a entregar los bienes objeto del contrato aceptado por ambas partes, que generalmente es de compra-venta⁴, fuera de sus instalaciones, el comprador se encarga de todos los costos de transporte, maniobras, impuestos, almacenaje y otros, incluyendo el costo del agente aduanal, por otra parte, en el Incoterm DDP, en la categoría D, “El vendedor es responsable de llevar la mercancía hasta destino pagando cualquier derecho y poniendo la mercancía a disposición del comprador. El riesgo se transfiere cuando se entrega la mercancía al comprador en destino final establecido.” (Ver Anexo 1, INCOTERMS 2020). La transferencia de la obligación termina al cumplir lo estipulado en el contrato respectivo (PROMEXICO, 2018).

La actividad logística en el escenario mundial, para el movimiento de mercancías, representa una importante y valiosa aliada estratégica en las empresas; las operaciones relacionadas son altamente especializadas y por ello es necesario contar con gente que no solo busque el manejo del transporte, sino que proponga las mejores alternativas para actuar con resiliencia en toda la cadena de suministro.

⁴ Los principales tipos de contrato en el comercio internacional son: De compraventa, que comprende una sola transacción. • De suministro (modalidad del contrato de compraventa), que puede incluir entregas repetidas de un producto, en el marco de un solo contrato. • De distribución, de comisión o agencia mercantil. • De licencia para el uso o explotación de una patente o una marca. • De maquila de exportación (confección de prendas de vestir, entre otros). • De prestación de servicios. • De franquicia de exportación.

El manejo gerencial de los procesos logísticos está ligado a los principios definidos en la metodología *LEAN*⁵, “[...] enfocada en la atención de los requerimientos de clientes considerando factores de efectividad, oportunidad, calidad y costo; así visto, la logística comercial podrá centrarse en el valor que el cliente aporta al producto o servicio [lo cual] es el concepto clave de esta metodología, que se centra, por tanto, en aprender del cliente, creando un nuevo modelo de gestión y toma de decisiones eficiente, basado en la entrega al cliente del producto o servicio que necesita, en el momento en que lo necesita y en la manera en que lo desea.” (Lexington, New business. New rules, 2020).

Dada la importancia de estos procesos en la obtención de los objetivos empresariales de exportación, es necesario enfocar las decisiones en el campo logístico con criterios de eficiencia en base a variables medibles, para lo cual existen diversas metodologías que en base al manejo aduanal, la infraestructura de cada puerto o terminal, los servicios de transporte y maniobras con que se cuenta en esos sitios, costo, tiempo de ejecución y la tecnología utilizada para el manejo y administración de la cadena de suministro, así como los volúmenes de intercambio comercial (importaciones y exportaciones), determinan la factibilidad de cada puerto o terminal en una ciudad de un país, o bien la entrada a ese país por sitios de otros países, que cuentan con mejores ventajas logísticas, por ejemplo, la entrada a la Unión Europea representa una cantidad de decisiones relacionadas con volúmenes de carga, puertos de entrada y aduanas, infraestructura y servicios de transporte además de servicios logísticos, costos y tiempo de ejecución y finalmente las variables volumen y valor de las exportaciones, lo cual determina la eficiencia operativa.

Dentro de este concepto existen puertos de entrada como Singapur, que demuestra una eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y de escala (carga y descarga de mercancía en relación con los volúmenes operados), mientras otros países como México, solo ofrecen niveles de eficiencia técnica pura (Zamora Torres, 2019), la autora aplica en su análisis la técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA)⁶, utilizando como variables las mediciones de tiempo de carga y descarga de mercancía, costos, documentación, facilidad de tramitación -permisos, aranceles y documentación necesaria- tiempo y otras variables como almacenaje y disponibilidad de tecnología para el manejo de mercancía y recursos humanos disponibles bien capacitados, lo cual nos indica que la base de la decisión de seleccionar la mejor opción de entrada a un mercado extranjero, se identifica con elementos de logística y eficiencia en el comercio exterior, siendo la competitividad y optimización en el uso de recursos la combinación deseada, específicamente en el transporte principal utilizado para la exportación.

Una parte fundamental de la competitividad y eficiencia que estamos tratando, es la Cadena Global de Valor, al identificar la dependencia de los insumos en las líneas de producción en las cuales son utilizados, especialmente en aquellas industrias como la automotriz en México, donde participan con plantas de ensamblaje y venta de sus productos, marcas mundiales como General Motors, Ford, Chrysler, Volkswagen, Nissan, Honda, Mercedes Benz y Toyota, así como nuevos competidores (Mazda, Kia y Hyundai y Mazda); aprovechando la atractividad del mercado y la cercanía con EE. UU., lo cual genera expectativas positivas para esa industria, sin embargo, un aspecto crucial es la falta de desarrollo de proveedores locales que fabriquen y distribuyan los insumos para ensamblar los vehículos (Canales, 2018). Desde esa visión, México depende de otros países para allegarse de esos insumos y, por lo tanto, el esquema logístico se convierte en un elemento importante para generar el valor dentro de la cadena global, “...en 1990, el 60% del comercio mundial era entre países desarrollados (Norte-Norte), el 30% entre países desarrollados y en desarrollo (Norte-Sur) y el 10% entre países en desarrollo (Sur-Sur). Veinte años más tarde, en 2010, la rápida expansión de las llamadas “cadenas globales de valor” permite que la mayor parte de los productos y servicios sea producida en múltiples países y exportada finalmente por uno de ellos”. (De la Dehesa, 2015).

⁵ Término en inglés que tiene diferentes significados, para efecto de este escrito, adoptamos los términos: magro o esbelto, lo cual indica trabajar en base a un sistema en donde se utiliza solo lo necesario.

⁶ DEA trata de optimizar la medida de eficiencia de cada unidad analizada, para crear así una frontera eficiente basada en el criterio de Pareto, según el cual una asignación de recursos A es preferida a otra B si y solo si con la segunda al menos algún individuo mejora y nadie empeora. Mediante la utilización de técnicas de programación lineal, el DEA compara la eficiencia relativa de un conjunto de unidades que producen “*outputs*” similares a partir de una serie de “*inputs*” comunes. Fue propuesta por Charnes et al. (1978) basándose en el trabajo seminal de Farrell (1957). Inicialmente, este modelo adopta como medida de eficiencia la ratio entre la suma ponderada de “*inputs*” y la suma de “*outputs*” de cada unidad de decisión (DMU) y utiliza modelos de optimización lineal para calcular las ponderaciones. (Somarriva, 2008)

El concepto mostrado refleja la trascendencia que tienen los procesos de integración fabricación-distribución-comercialización, especialmente en el entorno global en el S. XXI, además del cambio en la importancia que ha tenido el comercio mundial de bienes intermedios, servicios, aplicaciones tecnológicas y capitales, según el autor De la Dehesa, eso representa un 66% del volumen del comercio mundial. Otro aspecto relevante es que, en la actualidad, la integración de los procesos productivos y de distribución ya no es básicamente intra-boques comerciales (TLCAN, Unión Europea y países asiáticos); a partir de 1995, hemos sido testigos de que las grandes corporaciones buscan ahora las ventajas de los costos, la especialización en los factores productivos y logístico-comerciales, favoreciendo las facilidades en China, India y países emergentes. En industrias como la automotriz y la aeronáutica, las armadoras buscan atender sus mercados de manera efectiva y en México encuentran ventajas logísticas relacionadas con costos y distancia.

En este punto conviene precisar los términos aplicados en una estrategia logística, atendiendo al momento en que se presenta la aplicación, podemos diferenciar momentos específicos en el proceso logístico: entrada, interna y salida; cada una de ellas representa una complejidad específica al ser parte de la cadena de suministro en un proceso de fabricación, que implica manejo de insumos de proveedores y su transformación en bienes intermedios o finales, hasta la entrega al cliente de productos con la calidad esperada por ellos, por lo tanto, la logística de salida es un elemento de la estrategia de comercialización que a través del marketing busca cumplir las expectativas de los clientes.

Ahora veamos cómo se estructura la logística de salida como parte de esa cadena de suministro⁷. El proceso de logística al ser una actividad gerencial, en donde se toman decisiones operativas y de *marketing*, está orientado al control de los flujos efectivos de bienes y servicios, para ser entregados a los clientes, por ello es parte de las funciones gerenciales en una empresa, al ser elemento de la cadena de suministro; así como de la información relacionada desde la factoría al sitio de venta (físico o distancia en medio electrónico o redes sociales), es decir, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes; por lo anterior, debemos entender que la logística es la dirección coordinada de las actividades relacionadas y una parte del proceso de la cadena de suministro, no todo el proceso. (Fierro, 2014).

Al aceptar la afirmación anterior, proponemos también aceptar que la logística de salida comprende actividades de funciones del marketing en las empresas, ya que es la parte final de la estrategia de mercado de la empresa: partiendo del modelo inicial de la mezcla de mercadotecnia (las 4p's) que se extendió hacia la década de los 70's, hasta el mundo globalizado del tercer milenio, en donde vemos que hacia los primeros veinte años, la distribución de productos adicionados de servicio pre y post venta, en esquemas a distancia y presenciales, modifica la forma en cómo se entregan al usuario/consumidor final, eso debido a las tendencias de la mercadotecnia, que abandona el enfoque de mercados masivos migrando de una mercadotecnia de transacciones a una de relaciones y se orienta hacia una atención individualizada de segmentos específicos integrados por clientes que buscan ser atendidos de forma muy personal, reconociendo sus intereses y necesidades y prioridades, creando vínculos permanentes para continuidad en las ventas no sólo en mercados ya conocidos, sino en lugares remotos y con requerimientos específicos en factores de calidad, oportunidad y continuidad (Schlessinger. Ma. Waleska. Hernandez, 2004).

En lo referente a la distribución física de productos, las variables del *marketing* también deben considerar factores de costo, distancia, tecnología y disponibilidad de recursos en todos los de variables (transportes, personas, capacidad de almacenamiento y otras); si pensamos en mercados como EE. UU., la logística para surtir los diferentes sitios de venta o la entrega de productos en esquemas a distancia (ventas por internet y/o redes sociales), dentro de su espacio geográfico interno, se enfoca básicamente en el transporte por ser un país muy extenso, en cuyo caso el costo, distancia y tipo de transporte, son determinantes.

⁷ La cadena de suministro integra actividades funcionales que provee de insumos (materiales, transporte, control de inventarios, flujos, servicios, etc), transforman y producen finalmente satisfactores (productos) para el consumidor último. Estas actividades incluyen las actividades de compra y outsourcing, más muchas otras funciones que son importantes para la relación con proveedores y distribuidores. En la práctica es difícil separar la dirección de la logística de los negocios de la dirección de la cadena de suministros. (Fierro L.)

En otros mercados como el japonés, el enfoque es hacia el movimiento exterior de insumos y exportación de productos, en la Unión Europea, se busca la atomización a través del intercambio entre los fabricantes y distribuidores en grandes centros de distribución focalizados en diferentes países, como ejemplo, tomemos la integración de la Cadena de Valor Global (CVG), en la fabricación de vehículos aéreos Airbus (industria aeroespacial), que cuenta con más de 129,000 empleados fijos, con instalaciones en Francia (sede principal de la empresa en la ciudad de Toulouse), Alemania, España, Reino Unido, Estados Unidos y otros países como México (Querétaro). Se estima que un 60% de los aviones comerciales que vuelan en el mundo son de esta marca. Su integración dentro de una cadena de suministros es compleja (por ejemplo, autopartes que se producen en México son insumos para integrar productos semiterminados o finales en instalaciones dentro de EE. UU. y otros países), sus necesidades logísticas son típicamente estratégicas (aprovechar cercanía de centros de fabricación y mercados), por el impacto en sus costos de suministro, talento humano, operación y atención de mercados lo que le ha dado a la empresa la importancia mundial que ahora tiene (AIRBUS, s.f.).

En países como Brasil la distribución se dificulta por su extensión geográfica, los obstáculos que impone la situación geográfica, la configuración del terreno y la naturaleza, esos elementos definen la estrategia logística necesaria para satisfacer a los mercados. Por otra parte, la logística en un entorno global puede y debe considerar esas características específicas de cada mercado para definir su estrategia de entrega de productos a los clientes como parte de su plan de *marketing*.

Un reto pendiente es como medir la efectividad entre varios mercados para evaluar las opciones de penetración con estrategias y productos adecuados a los requerimientos de clientes; como una medida confiable podemos tomar el criterio del Banco Mundial con los indicadores llamados Índice de desempeño logístico, que considera seis diferentes parámetros de medición: Competitividad y calidad de los servicios logísticos. Facilidad para coordinar embarques a precios competitivos. Frecuencia de arribo de embarques al destinatario dentro del plazo previsto. Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte. Facilidad para localizar y dar seguimiento a los envíos. Eficiencia del despacho aduanero (Banco Mundial, 2020).

En las tablas siguientes podemos ver como se muestran esas variables en países seleccionados de acuerdo con el criterio del ingreso per cápita anual definido por el Banco Mundial (Tabla 6.1. Clasificación de países según el ingreso per cápita anual de sus habitantes según criterios del Banco Mundial). Con base a esa clasificación seleccionamos a: Brasil, Canadá, Estados Unidos y México, además del conjunto de países de la OCDE, de la Unión Europea, de América Latina y el Caribe, para apreciar las diferencias en el campo logístico entre ellos, lo cual, junto con las otras variables mencionadas, nos darán una apreciación de las decisiones a tomar en ese campo.

Tabla 6.1 Clasificación de países según el ingreso (INB) per cápita anual de sus habitantes según criterios del Banco Mundial

<i>Umbral</i>	<i>Julio 2019/USD (nuevo)</i>	<i>Julio 2018/USD (antiguo)</i>
País de ingreso bajo	1,025 o menos	995 o menos
País de ingreso mediano bajo	entre 1,026 y 3,995	entre 996 y 3,895
País de ingreso mediano alto	entre 3,996 y 12,375	entre 3,896 y 12,055
País de ingreso alto	más de 12,375	más de 12,055

Fuente. Blog del Banco Mundial (2020)

La clasificación de países mostrada nos da un criterio para comparar ese nivel de distribución del Ingreso Nacional Bruto (INB) de cada país entre su población, siendo este solo un indicador de categorías que nos permita junto con otras variables establecer medidas de eficiencia logística operativa como se muestra en las siguientes tablas. En la primera (Tabla 6.2.) encontramos las variables de medición definidas por el Banco Mundial en donde se pueden apreciar diferencias entre países -de acuerdo con su INB/cápita mostrado en la Tabla 6.1.-, en el caso de Brasil se ubica en los países con ingreso MEDIO, Canadá y EE. UU. en nivel ALTO y México en el MEDIO-ALTO; notamos diferencia entre los valores de países con nivel ALTO, con valores superiores comparados con México y Brasil, que también son inferiores a los valores que representan a la Unión Europea y al conjunto de países miembros de la OCDE.

Tabla 6.2 Indicador de desempeño logístico en países/regiones seleccionados.
Banco Mundial. Abril 2020

País / Región	Índice de desempeño logístico. Escala 1 = baja. 5 = alta							
	Competitividad y calidad de los servicios logísticos	Frecuencia de arribo de embarques al destino dentro del plazo previsto	Eficiencia del despacho aduanero	Facilidad para coordinar embarques a precios competitivos	Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte	Facilidad para localizar y hacer seguimiento a los envíos	Mediana Índice de desempeño logístico	Índice de desempeño logístico : Total
América del Norte	3.93	4.17	3.71	3.46	4.06	4.05	3.96	3.88
América Latina y el Caribe	2.64	3.15	3.71	2.72	2.50	2.74	2.64	2.71
América Latina y el Caribe (excluido altos ingresos)	2.59	3.10	2.43	2.67	2.44	2.69	2.59	2.66
Brasil	3.14	3.60	2.54	2.92	3.03	3.25	3.12	3.07
Canadá	3.92	4.17	3.69	3.44	3.99	3.95	3.92	3.85
Estados Unidos	3.95	4.17	3.73	3.48	4.14	4.14	3.96	3.92
México	3.07	3.52	2.74	3.04	2.95	3.19	3.04	3.08
Miembros OCDE	3.61	3.99	3.46	3.41	3.62	3.69	3.62	3.62
Unión Europea	3.47	3.90	3.34	3.38	3.44	3.56	3.47	3.51
Zona del Euro	3.51	3.92	3.39	3.39	3.52	3.61	3.51	3.55
Promedio	2.83	3.77	3.27	3.19	3.37	3.49	2.83	3.38

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Mundial (2020)

En la Tabla 6.3. Tenemos una variable de eficiencia operativa basada en el tiempo que tarda un embarque en ser cargado o descargado según se trate de importación o exportación y eso es determinante en términos de costo y oportunidad de atención de mercados.

Tabla 6.3 Plazos de entrega (desembarco, gestiones ante autoridades aduanales, permisos y otros).
Promedio 2010-2018. Abril 2020

País/Región	Plazo de entrega. Mediana en días. Promedio 2010 - 2018	
	Exportaciones	Importaciones
América del Norte	2.37	2.77
América Latina y el Caribe	3.85	4.63
América Latina y el Caribe (excluido altos ingresos)	3.98	5.06
Brasil	2.96	3.58
Canadá	2.37	2.94
Estados Unidos	2.36	2.61
México	2.81	3.70
Miembros OCDE	2.08	2.52
Unión Europea	1.98	2.50
Zona del Euro	1.97	2.44
Promedio	2.67	3.27

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial, 2020

Estos indicadores aportan información que se complementan con otros datos como el costo del envío, tiempo del traslado del punto de partida hasta el mercado meta y la ruta a seguir según el proveedor de los servicios logísticos. Un estimado generalmente aceptado en el medio exportador indica que el costo de la logística es cerca del 8% del costo total de una exportación, siendo este valor parte importante de la base para definir la utilidad y precio de venta de los productos exportados, este elemento -costo-, es muy importante para determinar el precio, en el caso del transporte marítimo (el más común en el tráfico internacional), las variables como: tiempo de traslado, ruta, maniobras de carga transporte principal, traslado de contenedores, seguridad en las terminales, manejo de desechos contaminantes (básicamente combustible) y maniobras locales para la importación, determinan el costo logístico. Como ejemplo podemos tomar un envío en un contenedor completo de 40 pies a dos destinos: Brasil (Sao Paulo-Santos) y Canadá (Montreal), por una empresa especialista en transporte multimodal (Hapag Lloyd, 2020).

Para el caso de Brasil el costo logístico descrito sería un aproximado de 24 días partiendo de Veracruz, México al puerto de Santos (Sao Paulo) en Brasil, con un costo logístico cercano a los U\$S 2,000 mientras que, del mismo punto de partida a Río de Janeiro, es de U\$D 1,600. Por otra parte, con el mismo proveedor logístico un envío a Montreal (Canadá), en el mismo tipo de contenedor el costo puede estar cercano a U\$D 3,000, debido a la ruta que el proveedor ofrece (primero llega a Colombia, luego se dirige a Nueva York y de ahí conecta por tierra con la ruta a Montreal). Como vemos, en esta empresa mundial la opción a Montreal no es adecuada; si el vendedor trabaja solo con esta, estará en desventaja con respecto a otros competidores, por lo tanto, es necesario contar con una selección de opciones - proveedores logísticos-, para mantener precios y condiciones competitivas en el mercado.

En vista de lo explicado anteriormente podemos entender que el proceso logístico es parte de una estrategia empresarial compuesta de variables externas e internas y se requiere por parte de los niveles de decisión en la empresa de un análisis complejo pero necesario de esas variables que en conjunto generen acciones de mercado efectivas.

Análisis comparativo de variables de eficiencia logística. Países seleccionados

Las decisiones logísticas representan un factor importante en el cumplimiento de las metas estratégicas de una empresa y por ello se requiere enfocar la atención en el análisis de las variables que integran el proceso de decisiones relacionadas con los intercambios internacionales de productos adicionados de servicios de logística y otros utilizados en el comercio internacional. El desempeño logístico es una medida que permite evaluar expectativas, aprovecha ventajas y prevenir los posibles efectos sobre el cumplimiento de metas al participar en mercados globales⁸.

La comparación entre los países incluidos en la Tabla 6.4., nos muestra que existe cierta relación entre la clasificación del Banco Mundial y el desempeño logístico de cada país, al respecto veamos los casos de México y Brasil, comparados con los valores de los demás países/regiones indicados en la Tabla 6.4.

México

- Muestra un desempeño logístico inferior al de América del Norte, al de los países de la OCDE, de la Unión Europea y de la Zona Euro, pero es superior al de los países de América Latina y el Caribe.
- El tiempo medido en la mediana de días para preparar un buque que exportará productos es superior al número de días que se muestra para América del Norte y es menor al de los países de América Latina y el Caribe. Para el tiempo en importaciones es similar a lo anterior.

Brasil

- Muestra un desempeño logístico inferior al de América del Norte, al de los países de la OCDE, de la Unión Europea y de la Zona Euro, pero es superior al de los países de América Latina y el Caribe. Prácticamente al mismo nivel que está México.
- El tiempo medido en la mediana de días para preparar un buque que exportará productos es superior al número de días que se muestra para América del Norte y es menor al de los países de América Latina y el Caribe. Para el tiempo en importaciones es similar a lo anterior. La mediana de días para cargar un barco es más alta que México. En importaciones para ser más eficiente que México.

⁸ Para efectos de este escrito el concepto mercado global, se asimila al de mercado mundial.

Tabla 6.4 Variables de identificación para evaluar expectativas en mercados internacionales

País / Región	Índice de desempeño logístico. Escala 1 = baja. 5 = alta	Plazo de entrega. Mediana en días. Promedio 2010-2018		Nivel de INB/cápita, Banco Mundial
		Exportaciones	Importaciones	
América del Norte	3.88	2.37	2.77	
América Latina y el Caribe	2.71	3.85	4.63	
América Latina y el Caribe (excluido altos ingresos)	2.66	3.98	5.06	
Brasil	3.07	2.96	3.58	Medio
Canadá	3.85	2.37	2.94	Alto
Estados Unidos	3.92	2.36	2.61	Alto
México	3.08	2.81	3.70	Medio-alto
Miembros OCDE	3.62	2.08	2.52	
Unión Europea	3.51	1.98	2.50	
Zona del Euro	3.55	1.97	2.44	
Promedio	3.38	2.67	3.27	

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial, 2020

La comparación anterior nos lleva a establecer un juicio: la efectividad logística de México en comparación con aquellos países con los cuales realiza lo intercambio comerciales, muestra ciertas debilidades operativas en su desempeño logístico. Con sus socios comerciales del TLCAN (próximamente T-MEC) y de la Unión Europea, básicamente es deficiente en: Frecuencia de arribo de embarques al destinatario dentro del plazo previsto. Eficiencia del despacho aduanero. Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte. Facilidad para localizar y hacer seguimiento a los envíos. Esos elementos nos hablan de una problemática relacionada más con factores diferentes a las instalaciones e inversión en activos fijos e infraestructura, refiriendo más hacia variables cualitativas relacionadas con la capacitación, normatividad y regulaciones, así como trámites ante autoridades. El caso de Brasil es muy similar, siendo todavía más grave en: Facilidad para coordinar embarques a precios competitivos y Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte, esto explicado por los costos de maniobras logísticas y otros cargos que se le agregan al costo de envío, esto se muestra en parte en la descripción del ejemplo de envíos de Veracruz (México) al Puerto de Santos y Río de Janeiro (Brasil), mencionado previamente (IV. Revisión de los estudios y antecedentes sobre logística comercial internacional), en este mismo capítulo.

Un tema adicional para determinar la complejidad de los procesos logísticos internacionales es la evaluación que la OMC realiza con información de 64 países, integrando sobre las Cadenas de Valor Globales (CVG), en un cuadro analítico del valor agregado (VA) que cada país integrante aporta, hasta generar la ventaja competitiva que se percibe por el usuario final y en base a ello decide la compra. Para este análisis veamos la evidencia que se manifiesta en la Tabla 6.5., en donde se compara la integración de Brasil y México como integrantes de las cadenas de valor globales, haciendo tres comparaciones del Valor Agregado (VA) de cada país, que nos explican la estructura de la integración que cada uno tiene como partes de los procesos productivos globales y la generación de VA que cada uno de ellos aporta. La información se agrupa en: I. VA de las exportaciones brutas. % del total de exportaciones, II. VA foráneo principales exportaciones. 2015, II. VA participación en el *forward* y *backward* en la CVG.

Al comparar México con Brasil podemos observar que el VA generado en las exportaciones brutas mexicanas que van al consumo, ha disminuido tres puntos porcentuales en el 2015, por otra parte, se observa crecimiento de un punto porcentual en el VA de exportaciones en productos que no son para el consumo, también se observa crecimiento de dos puntos porcentuales del VA en las exportaciones que ya tenían VA en otros países, esto puede ser un indicador de que la generación de VA en México no está en productos de consumo, sino en bienes intermedios -insumos- que entran al país y salen nuevamente como productos finales para el consumo. Por otra parte, los datos de Brasil reflejan un comportamiento similar, pero a diferencia de México, Brasil se enfoca más en productos al consumo que en bienes intermedios y se genera más VA doméstico en productos exportados que en el caso mexicano.

En lo referente a la mezcla de las exportaciones de México, se observa que la generación de VA está fuertemente enfocada en la industria automotriz, en componentes electrónicos y computación, mientras que en Brasil el enfoque es en la agricultura, alimentos y bebidas; con baja aportación de VA a la CVG de esas industrias.

También observamos una diferencia notoria entre ambos países en lo referente al *backward* y *frontward*⁹, que son parte fundamental en la cadena de suministro. Notamos que en México el VA en el *backward* -aprovechamiento de materiales que retornan al país para ser procesados e integrados a la cadena de producción- es un 36%, cifra superior al del promedio de países en desarrollo y desarrollados, mientras que en Brasil se trabaja más en el *forward*.

Tabla 6.5 Evaluación del desempeño de México y Brasil en las Cadenas de Valor Globales (CVG's). OMC. 2005 y 2015

País	VA exportaciones brutas. % del total de exportaciones					
	2005	2005	2005	2015	2015	2015
	Generado en el país para otros países. Consumo	Generado en el país para envío a otros países. No consumo	Contenido de va foraneo en exportaciones	Generado en el país para otros países. Consumo	Generado en el país para envío a otros países. No consumo	Contenido de va foraneo en exportaciones
Brasil	69%	20%	11%	68%	20%	13%
Mexico	58%	8%	34%	55%	9%	36%
VA foraneo principales exportaciones. 2015						
País	Agricultura	Alimentos y bebidas	Comercio detallista			
Brasil	10%	11%	5%			
País	Vehículos automotores	Componentes electrónicos y computación	Comercio detallista			
Mexico	48%	58%	3%			
Va participacion en el forward y backward en la cvg. 2015						
Ubicación en la CVG	Brasil	Países en Desarrollo	Países Desarrollados			
Forward	20%	20%	21%			
Backward	13%	21%	21%			
Ubicación en la CVG	México	Países en desarrollo	Países desarrollados			
Forward	9%	20%	21%			
Backward	36%	21%	21%			

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la OMC, 2020

Al final de este breve análisis comparativo de las condiciones bajo las cuales operan los esquemas logísticos y su manejo en las CVG's, podemos notar que las diferencias entre México y Brasil ubican escenarios que ofrecen condiciones de mercado aprovechables, al ser competitivos en cuanto a lo que podemos llamar especialización logística en diferentes áreas de la estructura económica de cada país. No es objeto de este análisis la explicación de la estructura económica de esos países, de sus políticas internas ni de su presencia internacional; al nivel que se está trabajando, únicamente podríamos decir que la estructura de México, su capacidad de generar VA en las Cadenas de Valor Global en que se integra, es muy diferente a la de Brasil por su especialización, estructura de mercados y sus acuerdos comerciales con otros países. Este punto es importante porque permite a los agentes del comercio internacional (proveedores, clientes, intermediarios y gobiernos), tomar decisiones en función de sus metas y búsqueda de oportunidades en la logística de salida (atención de clientes finales).

⁹ Se refiere a la gestión de la cadena de suministro y el reciclaje de materiales de desecho para ser integrados al proceso de producción. Estos términos están relacionados con la logística inversa. (Cabeza, 2012)

Conclusión

Un hallazgo importante en este análisis es la comprensión de que el proceso logístico en mercados globales es tan complejo que requiere de un estudio de variables que se transforman en elementos de competitividad entre países al ofrecer servicios, instalaciones y agilidad que se traducen como buen desempeño en la operación logística, entre los factores más relevantes que distinguen un país de otro y le otorgan una ventaja, están la CVG's, en donde se integran a su vez cadenas de suministro que para ser efectivos dependen de tiempos y costos determinados por las facilidades que otorgan los países en lo referente a la función logística de manera efectiva. La especialización de países en este tema es importante porque permite a los usuarios de las instalaciones y servicios planear las acciones adecuadas para el abasto de insumos y la entrega de productos en los diferentes mercados que atienden y los que atenderán en un futuro.

La tarea de tomar las decisiones acerca de los sitios (puertos, aeropuertos, instalaciones, tiempos de maniobra y otros), es por parte de los usuarios (básicamente dirigentes empresariales); a medida que en un país encuentren ventajas de mercado, logísticas y de interconexión adecuada (infraestructura de comunicaciones, efectividad y buen desempeño logístico, costos y facilidad de trámites, los integrantes de empresas que participan en CVG's, podrán encontrar valor agregado (VA), que le de preferencia a un país sobre otro, estarán dispuestos a invertir en esos mercados y establecer interconexiones con otras regiones e industrias alrededor del mundo. A medida que un país ofrezca mayores ventajas, podrá obtener una mejor calidad de usuarios de sus servicios logísticos. Hemos comparado a México con Brasil y como una revelación notamos que las ventajas de uno sobre el otro estructuran marcos diferentes de desempeño logístico y perfilan su modelo de competitividad en este campo, generando un VA que convenga a los intereses de los participantes en las CVG's.

Referencias

- AIRBUS. (s.f.). *Airbus.com*. (AIRBUS). Disponible en: <https://www.airbus.com/investors/financial-results-and-annual-reports.html>
- Banco Mundial (2020). *Banco Mundial. BIRF. AIF*. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.ITRN.XQ?end=2018&start=2007&view=map>
- Blog del Banco Mundial (2020). Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/es/opendata/nueva-clasificacion-de-los-paises-segun-el-nivel-de-ingresos-para-2019-y-2020>:
- Cabeza, D. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Valencia, España: Marge Books. Disponible en: http://www.marge.es/fixxes_tecnicas/9788415340584.pdf
- Comercio y aduanas. (2013). Comercio y aduanas. Disponible en <https://www.comercioyaduanas.com.mx/incoterms/incoterm/historia-de-los-incoterms/>
- De la Dehesa, G. (24 de 10 de 2015). El País. Disponible en: https://economia.elpais.com/economia/2015/10/20/actualidad/1445340377_108736.html
- Fierro, L. C. (2014). Logística de los negocios y la cadena de suministros: un tema vital. Disponible en: https://www.academia.edu/22438589/UNIDAD_1_LOGISTICA_DE_LOS_NEGOCIOS_Y_LA_CADENA_DE_SUMINISTROS_UN_TEMA_VITAL
- Hapag Lloyd (2020). Hapag Lloyd. Disponible en: https://www.hapag-lloyd.com/en/online-business/quotation/quick-quotes.html?gclid=EAIaIQobChMI5JfR293m6AIVov3jBx3NJwkiEAAYASAAEgKVUvD_BwE
- Hernández, R. (1997). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Lexington, New business. New rules. (2020). Lexington, New business. New rules. Disponible en: <https://www.lexington.es/blog/la-metodologia-lean-management-deberias-aplicarla-empresa>

Navarro, J. (2015). Definición ABC. Economía. Logística internacional. (D. ABC, Editor). Disponible en: <https://www.definicionabc.com/economia/logistica-internacional.php>

NG Logística. Supply chain, Transporte y Distribución (2020). NG Logístics. Disponible en: <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=1511>

PROMEXICO (2018). Gobierno de México. Secretaría de Economía. Disponible en <https://www.gob.mx/se/articulos/guia-basica-de-promexico-para-exportar?idiom=es>

Somarriba, M. N. (2008). Tesis Doctorales en Ciencias Sociales. Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2010/mnsa/Analisis%20Envolvente%20de%20Datos.htm>

Ucha, F. (9 de 2009). Definición ABC. (D. ABC, Productor). Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/logistica.php>

Zamora Torres, A. (2019). Contaduría y administración. Accounting and management. *UNAM*. (UNAM, Editor, & UNAM, Productor) doi:Vol. 63, Num. 1

Capítulo 7 Algoritmos Genéticos en el Problema de Picking

Chapter 7 Genetic Algorithms in the Picking Problem

CASARRUBIAS-VARGAS, Heriberto†*, VÁSQUEZ-GODÍNEZ, Noé & CHAVÉZ-HERNÁNDEZ, Maribel

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México. Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, México, C.P. 54500

ID 1^{er} Autor: *Heriberto Casarrubias-Vargas* / **ORC ID:** 0000-0003-3429-0010, **CVU CONACYT ID:** 167638

ID 1^{er} Coautor: *Noé Vásquez-Godínez* / **ORC ID:** 0000-0001-8678-1001

ID 2^{do} Coautor: *Maribel Chávez-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0001-9349-8044

DOI: 10.35429/H.2020.1.98.116

H. Casarrubias, N. Vásquez y M. Chavéz

G. Gaviño & R. Pérez. (AA.VV). Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y Programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Estado de México. 2020.

Resumen

El problema de picking forma parte del problema de recolección de ítems en un almacén para un pedido dado y es el más costoso del proceso; optimizar el tiempo en la recolección de ítems es importante debido a que es un cuello de botella en la tasa de servicio de ordenes atendidas y tiene un impacto significativo en la eficiencia de la cadena de suministro. En este capítulo se propone una estrategia para reducir el tiempo de recolección minimizando la trayectoria de recolección de ítems. El algoritmo usa una optimización mediante algoritmos genéticos y se realiza una comparativa con otras estrategias heurísticas en almacenes con distintas morfologías y considerando ordenes de distintos tamaños.

Algoritmos Genéticos, Problema de Picking, Optimización de Tiempo de Recorrido, Algoritmos Heurísticos

Abstract

The picking problem is part of the item picking problem in a warehouse for a given order and is the most expensive in the process; Optimizing the item collection time is essential because it is a bottleneck in the service rate of orders fulfilled and has a significant impact on the efficiency of the supply chain. In this chapter, is proposed a strategy to reduce the picking time by minimizing the path. The algorithm uses a genetic algorithm by optimizing, and a comparison is performed with other heuristic strategies in warehouses with different morphologies and considering orders of different sizes.

Genetic Algorithms, Picking Problem, Travel Time Optimization, Heuristic algorithms

Introducción

Los almacenes son un componente esencial para la gestión de cualquier operación logística y gestión de la cadena de suministro, el almacenamiento controla el movimiento, envío, recepción y colecta de mercadería; debido a que es el componente responsable de vincular proveedores, sistemas de producción, sistemas de distribución y puntos de venta; el desempeño de los almacenes afecta significativamente la cadena de suministro (Roodbergen, Iris, & Taylor, 2015) por lo cual es importante establecer políticas sobre la operación del almacén que mejoren su eficiencia.

En los almacenes se pueden categorizar las distintas actividades que se realizan en su operación y se distinguen en: almacenamiento, recepción de mercaderías, recepción de pedidos, preparación de pedidos, clasificación, embalaje y envío. Cada una de estas actividades son dependientes del contexto y del diseño del almacén.

En los almacenes se debe de recolectar artículos o ítems que se encuentran distribuidos espacialmente en el almacén, un sistema bastante popular es el denominado picker to parts en donde se debe recorrer los pasillos del almacén para recuperar los productos almacenados en estantes para satisfacer el pedido de un cliente (Bozer & Kile, 2008) cada artículo se puede encontrar distribuido en diferentes locaciones del almacén lo cual implica un desplazamiento y una planeación para su recolección.

Dentro de las distintas actividades a realizar en un almacén el proceso de picking o de recolección de ítems es el más laborioso y repetitivo generando desde 50% a 70% de los costos operativos del almacén (Bartholdi & Hackman, 2014). El tiempo de proceso de picking se descompone en tiempo de desplazamiento 50%, tiempo de búsqueda 20%, tiempo de recolección 15%, tiempo de preparación 10% y otros 5% (Henn, Koch, & Wäscher, 2012).

Modelo matemático para optimización de picking

El problema de picking puede ser abordado de forma analítica mediante un modelo de programación entera para conseguir la solución óptima al problema. En el trabajo de (Valle, Beasley, & da Cunha, 2016) se plantea un modelo que emplea el uso de variables de decisión binaria, para indicar cuando debe tomarse la carga.

En el modelo de Valle para la solución se expone en dos fases, calcular la ruta más corta entre dos ubicaciones en un almacén y como segunda fase se enfoca en el problema de optimización de encontrar la mejor secuencia de selección para minimizar las distancias recorridas, esto se asemeja a problemas de optimización combinatoria, estos problemas exponen niveles de complejidad altos.

El tiempo requerido que emplean las soluciones matemáticas para encontrar la estrategia de recolección de ítems debe de ser minimizado para cumplir de forma práctica con los pedidos; ya que la operación de surtir los ordenes de pedido afectan directamente el tiempo de finalización del pedido impactando en el servicio a clientes.

La complejidad de un algoritmo se divide en dos clases, una de ellas son de tipo P cuyos algoritmos de solución son de complejidad polinomial en tiempo; y la otra clasificación son los problemas NP, cuya solución hasta la fecha no han podido ser resueltos de manera exacta por medio de algoritmos deterministas eficientes pero que pueden ser resueltos por algoritmos no deterministas o heurísticos (Garey & Johnson, 1979). Los problemas de picking son de tipo NP-Hard, en los cuales para su solución se emplean heurísticas y meta heurísticas; considerar obtener la solución óptima de recorrido para preparar cada orden se vuelve impráctico debido al coste computacional, tiempo requerido y volumen de ordenes en un periodo de tiempo.

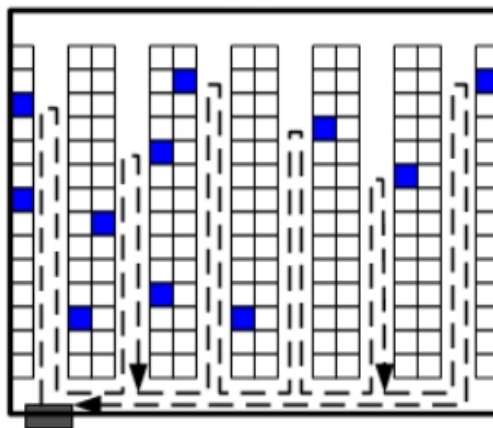
Estrategias de recolección heurísticas

Considerando el impacto del costo en tiempo de desplazamiento en la operación de un almacén y el costo de encontrar la solución óptima se han desarrollado técnicas heurísticas que permiten organizar el recorrido o colecta de ítems de una orden que ayudan a disminuir el tiempo de recolección (Scholz, Schubert, & Wäsher, 2017). Cada una de estas estrategias intuitivas tienen distinto coste en tiempo de recorrido y en general no obtienen el tiempo óptimo. Sin embargo, son muy usuales en la práctica debido al bajo costo de implementación y tiempo requerido para la planificación.

Return

En esta estrategia, por cada recolección se entra a los pasillos, no se cubre todo el pasillo, solo hasta donde se encuentre el ultimo artículo por recolectar, una vez que se recolecta se regresa hasta el inicio de los pasillos y procede con el resto.

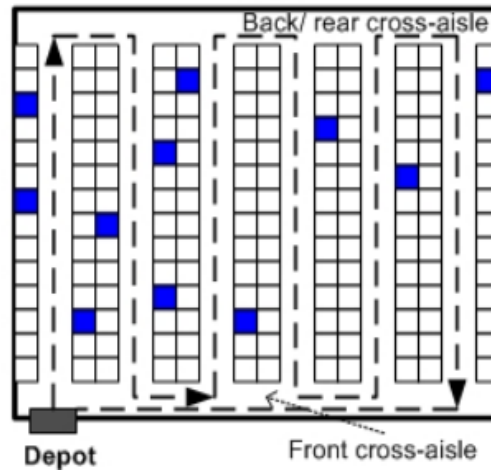
Figura 7.1 Estrategia de recolección Return



S-Shape

La estrategia en forma de S también se llama estrategia transversal conduce a una ruta en la que los pasillos, que deben ser visitados se recorren completamente. Se omiten los pasillos donde no hay nada que recoger. Por lo tanto, los pasillos se visitan en forma de S. El recolector ingresa así a un pasillo desde un extremo y sale del pasillo desde el otro extremo, comenzando en el lado izquierdo del almacén. Después de elegir el último artículo, el preparador de pedidos regresa al frente del pasillo. Esta estrategia se usa con frecuencia, porque es muy simple de usar y entender.

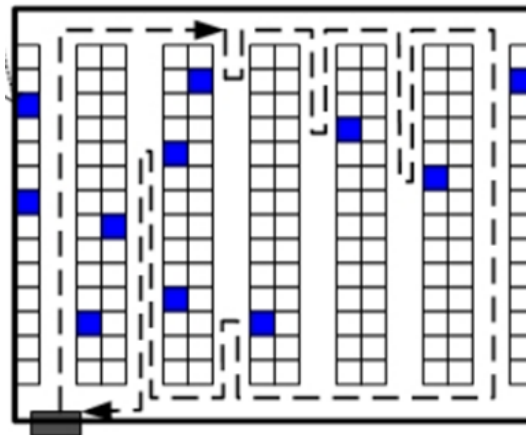
Figura 7.2 Estrategía de recolección S-shape



Largest Gap

En la estrategia Largest Gap se recorren completamente el primer y último pasillo que contengan ítems a recolectar. El recolector recorre los otros pasillos sin atravesar el mayor espacio entre cada par de ítems vecinos a recoger dentro del mismo pasillo, a este espacio se le conoce como el largest gap. La heurística (Largest Gap) es especialmente útil cuando el tiempo para cambiar pasillos es corto y el número de selecciones por pasillo es bajo.

Figura 7.3 Estrategía de recolección Largest Gap



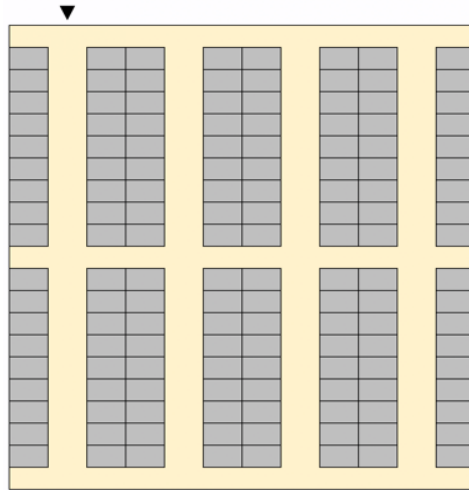
Layout del almacén

La organización y distribución del espacio en distintas áreas operativas comprende al diseño de almacenes, de forma general un almacén cuenta con: recepción, control de calidad, adaptación de unidades de carga, almacenamiento, preparación de pedidos y despachos. Una elección adecuada de la distribución del área de almacenamiento incide en el performance de las operaciones (Jinxiang, Goetschalckx, & McGinnis, 2009) en general la elección de la distribución del almacén depende de la operación en particular.

Para el problema de picking el área relevante es la zona de almacenamiento; que en general se considera como un arreglo rectangular que contiene los racks, lugares en donde se almacenan los ítems, y los pasillos por donde se puede transitar para realizar la recolección de ítems. Las ubicaciones de almacenamiento son de tamaño idéntico y dispuesto a ambos lados de los pasillos; por los cuales los preparadores de pedidos están habilitados para entrar y salir para coleccionar los ítems. La parte del almacén entre dos pasillos transversales adyacentes se denomina bloque y la parte correspondiente del pasillo por donde se puede transitar se denota como un sub aislé o pasillo. A partir de este escenario se analizan diversas estrategias de solución al problema de picking

En el presente estudio sin pérdida de generalidad se considera un diseño de estantes con capacidades de almacenamiento iguales entre ellas y con una distribución de forma paralela entre si, para formar un bloque almacén; se considera el punto de despacho en la parte superior izquierda en la cual se da inicio y fin a la recolección de los diferentes ítems dentro del almacén. En el ejemplo de la figura 7.4 el diseño del almacén tiene 4 pasillos verticales y 3 horizontales.

Figura 7.4 Layout de almacén, con un triangulo invertido se marca el punto de despacho



Los parámetros que definen a un layout son:

1. Número de racks, el conjunto de celdas contiguas que almacenan los ítems.
2. Número de celdas en cada rack.
3. Número de pasillos verticales.
4. Pasillo frontal y pasillo del fondo, primer y último pasillo horizontal; para un layout dado se considera que al menos existen este par de pasillos.
5. Número de pasillos horizontales, al menos son dos para todo layout.

Para realizar una comparativa en el rendimiento de las estrategias de recolección de ítems se considera una distribución aleatoria uniforme para la ubicación de los ítems y un conjunto de layouts con los siguientes parámetros:

1. Número de pasillos horizontales: 3, 4, 5, ..., 10
2. Número de pasillos verticales: 3, 4, 5, ..., 10
3. Número de ítems por orden: 5, 10, ..., 50

El número total de experimentos por combinación de parámetros, pasillos horizontales, pasillos verticales y cantidad de ítems por orden, es establecido a 20; para un total de 6400 experimentos, por cada experimento se evalúan cuatro algoritmos de recorrido: S-shape, Return, Largest Gap y un enfoque de solución basado en un algoritmo genético que se describe a continuación.

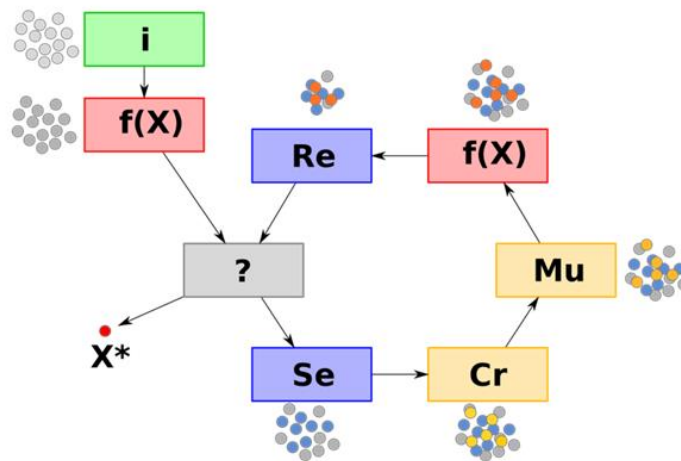
Estrategia de recolección basada en algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos usan una estrategia basada en una búsqueda heurística dirigida en el espacio de posibles soluciones, se encuentran inspirados en el fenómeno de la evolución biológica, propuesta original de John Henry Holland (Holland, 1992).

Para operar con los algoritmos genéticos se requieren de varios elementos; primero la codificación del problema en una representación particular denominada fenotipo que contiene la semántica de la solución al problema planteado; es necesario de un conjunto de individuos o soluciones denominado población, también se requiere la validación del individuo como solución del problema y operadores sobre las soluciones o individuos, operador de mutación y operador de cruzamiento que trabajan sobre el espacio de soluciones para generar nuevos individuos con potencialmente mejor rendimiento.

El funcionamiento del algoritmo genético se representa gráficamente en la figura 7.5 en donde se observan los distintos componentes: conjunto de soluciones iniciales, función objetivo, operadores para generar nuevas soluciones tomando como base las soluciones actuales y un criterio de paro o cuando dejar de buscar la siguiente mejor solución.

Figura 7.5 Algoritmo genético i: inicialización, $f(X)$: evaluación, ?: condición de término, Se: selección, Cr: cruzamiento, Mu: mutación, Re: reemplazo, X^* : mejor solución. (Nojhan, 2007)



En esencia el algoritmo genético es un procedimiento de optimización iterativo que parte de un conjunto de soluciones admisibles, denominada población inicial; para el problema de picking una solución admisible es el orden de recolección de ítems en el almacén que es codificado como un vector con entradas numéricas al que se le denomina individuo o fenotipo.

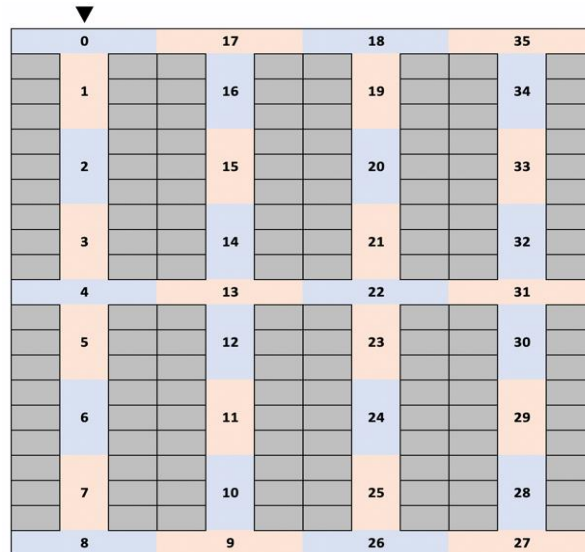
Posteriormente ordena las soluciones de acuerdo con la eficiencia de la solución, que se le llama aptitud o calidad del individuo. En base a la calidad de las soluciones construye un conjunto de nuevas soluciones, siguiente generación, tomando en consideración las mejores características de los individuos de la población. En algoritmos genéticos la evolución o herencia de características entre generaciones es un componente fundamental y emulado mediante un operador binario llamado cruzamiento y un operador unario denominado mutación. En las siguientes subsecciones detallaremos la forma de modelar el problema de picking en almacenes

Codificación del problema de recorrido como fenotipo

El algoritmo genético requiere de una codificación del problema en un vector de características regularmente con entradas que toman valores enteros, las cuales definen una solución para el problema de recorrido del almacén en la colecta de ítems de una orden o pedido.

Por consideraciones de complejidad en el tamaño del problema y basados en las heurísticas que se usan para establecer estrategias de recorrido (S-shape, Return, Largest-Gap) se realiza un particionamiento del área del almacén.

Figura 7.6 Particionado del almacén, el punto de despacho se marca con un triángulo invertido



Para un conjunto dado X, una partición de X, denotada por P(X) es una familia de subconjuntos X_i con las siguientes propiedades:

$$X_i = \emptyset \tag{1}$$

$$\cup_i X_i = X \tag{2}$$

En el particionamiento del almacén se tomarán los elementos X_i del mismo tamaño para obtener una longitud homogénea de recorrido sobre cada elemento de la partición.

La partición del área del almacén se establece de la siguiente forma, para cada bloque de racks se segmenta el pasillo vertical en tres zonas de la misma longitud y para los pasillos horizontales del almacén se le asocia un área que cubre de la mitad del bloque anterior a la mitad del bloque siguiente, como se muestra en la figura 7.6 El particionamiento se aplica para generar un nivel de discretización sobre el almacén y permite reducir el tiempo de búsqueda de recorrido, lo anterior debido a que considera un espacio menor en un factor de 1:3 en los racks.

Note que el particionamiento en tres regiones es independiente de la longitud del rack, para el caso de racks de longitud mayor a nueve el particionamiento del rack se sigue realizando en tres regiones, dos contiguas a los pasillos horizontales y una central. Para almacenes con más racks no se cambia el nivel de particionamiento, sin embargo, se contemplan más particiones sobre el layout del almacén.

Para la búsqueda de rutas adecuadas de recolección; se aplica una estrategia en dos pasos, primero se determinan las zonas de particionamiento a considerar seguido de una optimización de la ruta para el recorrido de las zonas de particionamiento.

Dada una orden $O = \{item_1, item_2, \dots, item_n\}$ compuesta de n-ítems, la ruta a seguir se codifica en términos del particionado y el ordenamiento en que se deben visitar para realizar la recolección. Si denotamos que el ítem_i se encuentra en el bloque $B_{k(i)}$; una sucesión u orden para visitar los bloques en el almacén se puede codificar mediante el siguiente vector:

$$[B_1 \ B_{k2} \ B_{k3} \ B_{k4} \ B_1] \tag{3}$$

Obsérvese que todos los recorridos empiezan y finalizan en el bloque 1, el punto de despacho. El orden de los bloques en el vector se interpreta como una prioridad sobre que bloque es más importante visitar primero, lo cual implícitamente establece el orden de recolección de ítems.

Por ejemplo, considere los ítems en la orden dada por: $O = \{ item_1, item_2, \dots, item_8 \}$ distribuidos espacialmente en los racks y zonas de particionamiento como se muestra en la figura 7.7.

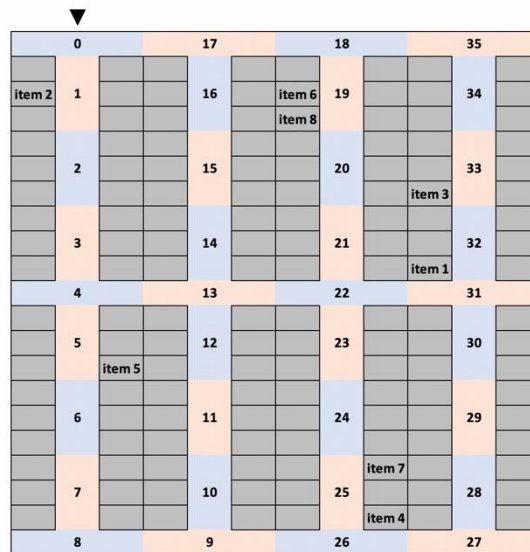
El conjunto de bloques de particionamiento a considerar en la codificación del problema de recorrido como un individuo para el algoritmo genético considera las particiones:

$$\{ P_1, P_5, P_{19}, P_{25}, P_{33}, P_{32} \} \tag{4}$$

Una codificación como solución válida para realizar el recorrido y colecta de ítems está dada por la visita de los siguientes bloques:

$$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6 \rightarrow P_7 \rightarrow P_8 \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{24} \rightarrow P_{23} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{35} \rightarrow P_{34} \rightarrow P_{33} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{31} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{13} \rightarrow P_4 \rightarrow P_3 \rightarrow P_2 \rightarrow P_1 \tag{5}$$

Figura 7.7 Ejemplo de una orden de ítems distribuidas en el layout del almacén



Considerando el layout planteado se observa que los desplazamientos permisibles dada una posición en un bloque son movimientos en horizontal o en vertical, un mundo tipo manhattan, la representación anterior se puede simplificar considerando únicamente los puntos de cambio de dirección en la trayectoria, con lo cual la sucesión anterior puede ser equivalentemente denotada por:

$$P_1 \rightarrow P_8 \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{35} \rightarrow P_{31} \rightarrow P_4 \rightarrow P_1 \tag{6}$$

La trayectoria anterior tiene una longitud de 76 y visita los bloques que contienen a los ítems en el siguiente orden:

$$[P_1, P_5, P_{25}, P_{19}, P_{33}, P_{32}] \tag{7}$$

Otro posible recorrido en el almacén puede ser establecido como:

$$P_1 \rightarrow P_8 \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{27} \rightarrow P_{35} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_1 \tag{8}$$

Teniendo una longitud de 66 y el orden de visita de los bloques conteniendo los ítems es:

$$[P_1, P_5, P_{25}, P_{32}, P_{33}, P_{19}] \tag{9}$$

Obsérvese de las trayectorias anteriores:

1. Los recorridos tienen longitud variable para una misma lista de bloques a visitar o equivalentemente ítems a coleccionar.
2. La longitud del recorrido es calculable a partir de la representación en fenotipos.
3. La longitud del recorrido es calculable a partir de la representación en particiones.
4. Con esta codificación pueden ser representadas las heurísticas tradicionales: Return, S-shape, Largest Gap y demás.

Codificar en el algoritmo genético un fenotipo de longitud variable computacionalmente es costoso, por lo cual se representa el fenotipo por el orden de visita de los bloques para obtener representaciones de longitud fija; los individuos son permutaciones sobre la prioridad de visita en los bloques que contienen los ítems a colectar; este enfoque no especifica la ruta a seguir de un elemento de la partición a otro, no describe la lista de las particiones intermedias a transitar. Sin embargo, considerando que se busca minimizar la longitud de la trayectoria, se puede usar la ruta más corta entre pares de bloques.

La distancia mínima entre pares de bloques puede ser pre-calculada usando algebra matricial, basados en la matriz de incidencia asociada al layout del almacén, la cual se define de la siguiente forma:

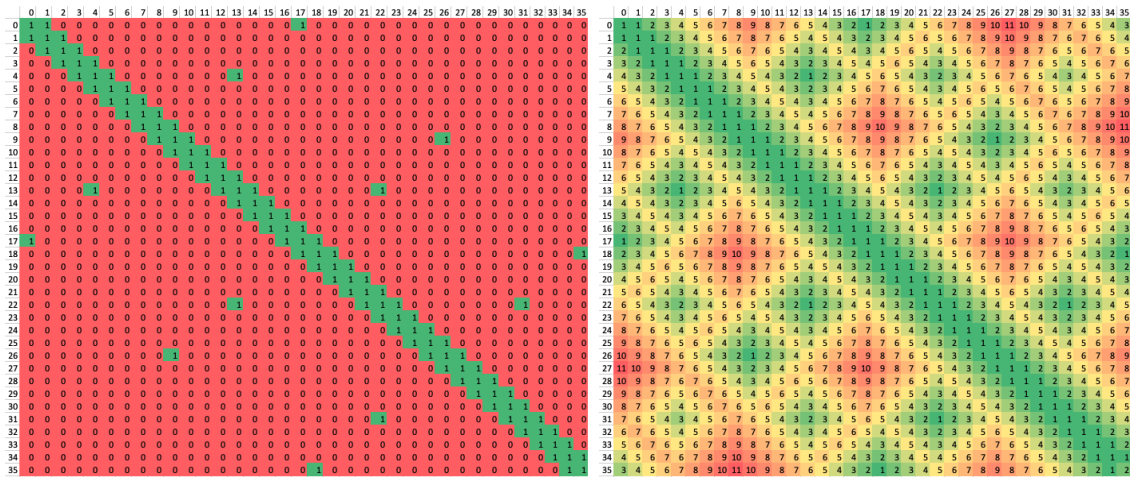
La matriz de adyacencia asociada a los bloques del layout en el almacén es una matriz cuadrada, $A(a_{ij})$, de dimensión n , siendo n el número de bloques en la partición del layout, en donde la entrada a_{ij} de la matriz A se define como 1 si el elemento i de la partición es contiguo al elemento j de la partición. Por ejemplo, en el layout de la figura 7.4 el elemento P_0 de la partición es contiguo a los elementos P_{17} y P_1 pero no es contiguo al elemento P_2 .

Las potencias de la matriz de adyacencia del layout correspondiente al almacén contienen información acerca de las trayectorias entre los bloques de la partición. Para una potencia k de la matriz de adyacencia A , denotada por:

$$P(p_{ij}) := A^k = \underbrace{A \times A \times \dots \times A}_{k\text{-veces}} \tag{10}$$

El valor que toma la entrada p_{ij} en la matriz P toma el valor del número de trayectorias que existen de longitud k entre los elementos de la partición P_i y P_j . En base a esta propiedad (Korte & Vygen, 2010) puede determinarse la longitud de la trayectoria mínima entre pares de bloques.

Figura 7.8 Izquierda, visualización de la matriz de adyacencias para el layout en la Figura 7.6. A la derecha visualización de distancias minimas entre elementos de la partición. En los bordes se muestra el número de partición



Usando la matriz de potencias correspondiente a la matriz de adyacencias se puede construirse una matriz que contiene la trayectoria mínima entre los distintos pares de bloques (Aho, Ullman, & Hopcroft, 1983). La potencia máxima a calcular para determinar la longitud de la trayectoria mínima se corresponde con la cardinalidad del conjunto de bloques en el particionamiento del layout.

Figura 7.9 Calculo de la matriz de distancias mínima

```

Input: W, layout del Almacén
Output: L, matriz de distancias mínimas entre los bloques del layout
-----
A ← matriz de adyacencia de bloques en el layout W
N ← número de bloques en el layout
L ← matriz zero de tamaño NxN

temp ← A
for p in 1 to N
  temp ← temp * A
  for ii in 1 to N
    for jj in 1 to N
      if temp(i,j) == 0
        continue
      if L(i,j) == 0
        L(i,j) ← p

```

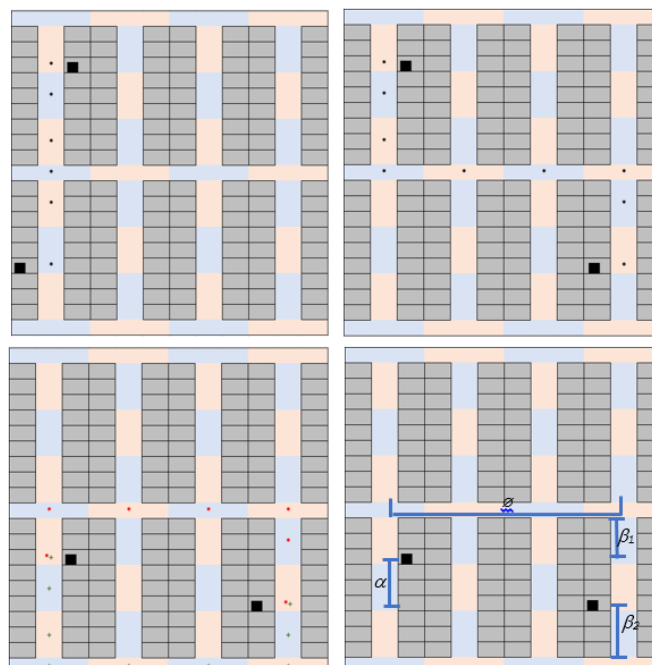
Para el caso del ejemplo dado en la Figura 7.8 la potencia máxima es 35, debido a que existen 35 bloques en el particionamiento. Esta matriz de distancias mínima puede ser pre-calculada usando la Figura 7.9 y sirve para cualquier orden de ítems que se requiera optimizar.

En la figura 7.8 se muestra la matriz de adyacencias y la de longitudes de trayectorias mínimas entre elementos de la partición, los valores de las distancias se visualizan como un mapa de calor; note los patrones que se forman debido a la distribución espacial del layout.

La matriz de distancia mínima entre bloques proporciona la longitud de trayectoria mínima sin embargo no proporciona la sucesión de bloques que componen la trayectoria de longitud mínima. Para encontrar la trayectoria de longitud mínima, ver Figura 7.24 entre pares de elementos P_i y P_j se tienen distintos escenarios dependiendo de la posición de los elementos de partición P_i y P_j en el layout del almacén, los cuales enumeramos a continuación:

1. Los bloques se encuentran en el mismo pasillo vertical
2. Los bloques se encuentran entre los mismos pasillos horizontales, están en el mismo renglón de racks horizontales
3. Los bloques se encuentran en distintos renglones de racks horizontales

Figura 7.10 Casos de distribución espacial para el cálculo de trayectoria mínima entre pares de elementos de la partición. Esquina superior izquierda caso 1, esquina superior derecha caso 2, esquina inferior izquierda caso 3, esquina inferior derecha detalle de distancias caso 3



Para el primer caso la trayectoria mínima es trivial; en el segundo caso la trayectoria mínima se obtiene al recorrer en vertical hacia el primer pasillo horizontal en dirección del bloque destino, después se mueve en horizontal hacia el pasillo vertical destino y finalmente se mueve en vertical hacia el bloque destino; el recorrido usando esta política es mínima pues se asume un layout tipo manhattan.

En el tercer caso existen dos recorridos a considerar, hacer el recorrido por el pasillo horizontal de arriba o por el pasillo horizontal de abajo. La distancia es diferente dependiendo de las distancias hacia los extremos, ver Figura 7.10 imágenes del renglón inferior. La trayectoria por arriba tiene una longitud de:

$$\beta_1 + \phi + \alpha \quad (11)$$

y la trayectoria por el pasillo de abajo tiene una longitud de:

$$\alpha + \phi + \beta_2 \quad (12)$$

comparando ambas trayectorias en general se tiene que la trayectoria por arriba será más corta si se cumple que:

$$\beta_1 + \phi + \alpha \leq \alpha + \phi + \beta_2 \quad (13)$$

cancelando términos, la desigualdad anterior se mantendrá si y solo si:

$$\beta_1 \leq \beta_2 \quad (14)$$

Por tanto, si $\beta_1 \leq \beta_2$ la trayectoria mínima para alcanzar a P_j es por el pasillo superior, en caso contrario la ruta con distancia mínima es por el pasillo de abajo.

Con lo anterior, dados dos elementos de la partición P_i y P_j en el layout de un almacén siempre se puede encontrar la ruta mínima que los conecta. Para la codificación del fenotipo en el algoritmo genético es suficiente con representar el orden de visita de los bloques y no la trayectoria completa.

El enfoque utilizado para minimizar la trayectoria total esta basado en la minimización de trayectoria entre pares de bloques, método de programación dinámica sustentado por el principio de optimalidad de Bellman (Bellman, 1957) que establece:

"Una secuencia óptima de decisiones que resuelve un problema debe cumplir la propiedad de que cualquier subsecuencia de decisiones, que tenga el mismo estado final, debe ser también óptima respecto al subproblema correspondiente"

Así para la codificación del fenotipo de una orden dada: $O = \{\text{item}_1, \text{item}_2, \dots, \text{item}_n\}$ primero se obtienen los bloques a visitar

$$\{B_1, B_2, \dots, B_k\} \quad (15)$$

y posteriormente se representa un individuo como una permutación de los bloques a visitar:

$$(B_{\pi(1)}, B_{\pi(2)}, \dots, B_{\pi(k)}) \quad (16)$$

en donde el orden de aparición en la tupla se interpreta como el orden de visita del bloque en la colecta de ítems del almacén; al espacio de permutaciones posibles lo denotaremos por Ω_k siendo k el número de bloques a visitar.

El espacio de búsqueda de las soluciones crece combinatoriamente en función del número de bloques a visitar dada una orden O . Si el número de bloques a visitar es N el espacio de soluciones tiene tamaño $N!$, el tamaño del espacio de soluciones Ω_k crece de forma combinatorial en relación al número de bloques a visitar asociados a los ítems en una orden dada.

Operador de cruzamiento

El algoritmo genético requiere de una operación binaria sobre el espacio de soluciones, que dadas dos soluciones codificadas como fenotipos genere una nueva solución heredando propiedades de los padres. El operador de cruzamiento, \bowtie_i , es una operación binaria definida en los individuos de la población, Ω_k , dependiente del punto de corte i :

$$\bowtie_i: \Omega_k \times \Omega_k \rightarrow \Omega_k \quad (17)$$

basamos su definición en el operador de (Davis, 1985) con la variante de considerar el operador de cruza en términos de la prioridad de recorrido de los padres.

Sea una orden dada O , y B_1, B_2, \dots, B_m los bloques a visitar y sean X, Y las soluciones dadas por:

$$X: (B_{\pi_x 1}, B_{\pi_x 2}, \dots, B_{\pi_x m}) \quad (18)$$

$$Y: (B_{\pi_y 1}, B_{\pi_y 2}, \dots, B_{\pi_y m}) \quad (19)$$

con $\pi_x, \pi_y \in \Omega_m$, $\pi_x n$ el n -ésimo elemento del orden inducido por la permutación π_x y $\pi_y n$ el n -ésimo elemento del orden inducido por la permutación π_y . Sea i el punto de corte, entonces se define \bowtie_i de la siguiente forma:

$$\bowtie_i(X, Y) \mapsto Z((B_{\pi_x 1}, B_{\pi_x 2}, \dots, B_{\pi_x m}), (B_{\pi_y 1}, B_{\pi_y 2}, \dots, B_{\pi_y m})) \mapsto (B_{\pi_x 1}, \dots, B_{\pi_x i}, B_{\pi_y(1)}, \dots, B_{\pi_y(m-i)}) \quad (20)$$

en donde:

- $B_{\pi_y(1)}$ es la primera entrada de Y tal que $B_{\pi_y(1)} \in X_i := \{ B_{\pi_x 1}, \dots, B_{\pi_x i} \}$
- $B_{\pi_y(2)}$ es la primera entrada de Y tal que $B_{\pi_y(2)} \in X_i \cup \{ B_{\pi_y(1)} \}$
- ...
- $B_{\pi_y(m-i)}$ es la primera entrada de Y tal que $B_{\pi_y(m-i)} \in X_i \cup \{ B_{\pi_y(1)}, \dots, B_{\pi_y(m-i-1)} \}$

Con el operador de cruzamiento definido de la forma anterior, se considera primero la prioridad de X hasta el fenotipo i -ésimo, y después se considera la prioridad del individuo Y para los bloques restantes.

Por ejemplo, si los bloques a visitar son $\{B_1, B_5, B_{19}, B_{25}, B_{33}, B_{32}\}$, sean las soluciones X, Y dadas por:

$$X = [B_1, B_5, B_{25}, B_{19}, B_{33}, B_{32}] \quad (21)$$

$$Y = [B_{33}, B_{19}, B_1, B_{25}, B_{32}, B_5] \quad (22)$$

y el punto de corte $i=3$ entonces:

$$Z = X \bowtie_3 Y = [B_1, B_5, B_{25}, B_{33}, B_{19}, B_{32}] \quad (23)$$

para el punto de corte $i=2$ se obtiene:

$$Z = X \bowtie_2 Y = [B_1, B_5, B_{33}, B_{19}, B_{25}, B_{32}] \quad (24)$$

Operador de mutación

El operador de mutación es una operación unaria sobre el espacio de soluciones, que realiza un cambio en el fenotipo del individuos, es decir realiza un cambio en el orden de recorrido permutando la posición de un par de bloques para una trayectoria dada.

Sea una orden O , y B_1, B_2, \dots, B_m los bloques a visitar; sea X una solución dada por:

$$X : (B_{\pi x_1}, B_{\pi x_2}, \dots, B_{\pi x_m}) \quad (25)$$

entonces se define $\alpha_{(i,j)}$, el operador de mutación sobre Ω_m , de la siguiente forma:

$$\alpha_{(i,j)}(X) \mapsto Z(B_{\pi x_1}, \dots, B_{\pi x_i}, \dots, B_{\pi x_j}, \dots, B_{\pi x_m}) \mapsto (B_{\pi x_1}, \dots, B_{\pi x_j}, \dots, B_{\pi x_i}, \dots, B_{\pi x_m}) \quad (26)$$

El par de índices (i,j) se toman de forma arbitraria para cada individuo e iteración del algoritmo genético.

Por ejemplo, si los bloques a visitar son $\{B_1, B_5, B_{19}, B_{25}, B_{33}, B_{32}\}$, y sea X una solución dada por:

$$X = [B_1, B_5, B_{25}, B_{19}, B_{33}, B_{32}] \quad (27)$$

y el punto de mutación es $(i=5, j=2)$, entonces:

$$\alpha_{(2,5)}(X) = [B_1, B_{33}, B_{25}, B_{19}, B_5, B_{32}] \quad (28)$$

para el punto de mutación $(i=1, j=6)$ se tiene:

$$\alpha_{(1,6)}(X) = [B_{32}, B_5, B_{25}, B_{19}, B_{33}, B_1] \quad (29)$$

Nótese que $\alpha_{(i,j)}(X) = \alpha_{(j,i)}(X)$ para todo i, j .

Operador de aptitud

El operador de aptitud mide la calidad de una solución usando la distancia asociada al recorrido, debido a que cada individuo se codifica como una permutación de los bloques a recorrer para una orden dada, para calcular la distancia se usa la matriz de distancias mínima L , calculada de acuerdo a la figura 7.9. Sea una orden O , y B_1, B_2, \dots, B_m los elementos de la partición a visitar; sea X una solución dada por:

$$X : (B_{\pi x_1}, B_{\pi x_2}, \dots, B_{\pi x_m}) \quad (30)$$

entonces se define $\Pi(i,j)$, el operador de aptitud sobre Ω_m , de la siguiente forma:

$$\Pi(X) \mapsto v \in R(B_{\pi x_1}, \dots, B_{\pi x_i}, \dots, B_{\pi x_m}) \mapsto \sum_{i < m} L(B_{\pi x_i}, B_{\pi x_{i+1}}) + L(B_0, B_{\pi x_1}) + L(B_0, B_{\pi x_m}) \quad (31)$$

en donde $L(B_x, B_y)$ denota la entrada en la matriz de distancias mínima asociada a los elementos de la partición B_x, B_y .

El operador de aptitud es una función real valuada y permite ordenar las soluciones por la distancia inversa de recorrido.

Selección y reinsertión

Inicialmente el algoritmo genético crea una población de K individuos seleccionados aleatoriamente de Ω_k , el espacio de permutaciones asociada de una orden dada O y entre cada iteración son seleccionados r individuos para heredar sus características a la siguiente generación. Idealmente se busca a los mejores individuos, aunque para dar variabilidad a la población se les asigna una probabilidad de selección a cada individuo acorde a su aptitud, método de la ruleta (Wolfgang, Nordin, Keller, & Francone, 1997), y se toman aleatoriamente los r individuos; con este método de selección se permite mayor oportunidad de selección a los mejores individuos sin dejar de considerar a los peores individuos.

Los individuos seleccionados heredan sus características mediante el operador de cruzamiento, cada uno de ellos se cruza aleatoriamente con algún individuo de la población total. Usando también esta operación de selección se establece a que parte de la población se aplicara la mutación. De esta forma se crea una parte de los individuos que formaran la siguiente generación.

En este trabajo se establece la cuota de individuos generados por cruza en un 40% del total de la población de y una cuota de un 20% para los individuos generados por mutación. Se realiza también la selección del mejor individuo de la generación anterior para pasar a la siguiente generación, a esto se le denomina elitismo.

Como el tamaño de la población entre iteraciones siempre es constante, por lo cual se necesita generar un 40% de la población de nuevos individuos que de forma aleatoria son tomados de Ω_k . Con esto se permite variabilidad en la población y se evitan los mínimos locales en el problema de optimización.

Resultados

El algoritmo genético utilizado para la realización de los experimentos planteados en la sección Layout del almacén usa los siguientes parámetros fijos para el algoritmo genético:

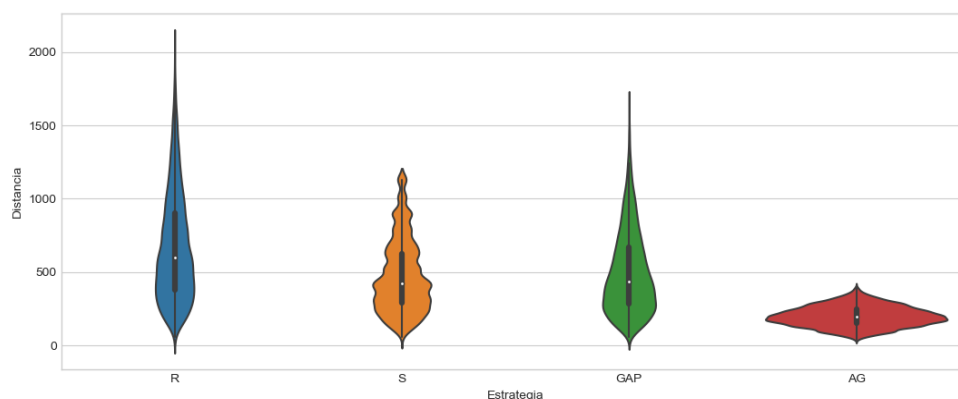
- Tamaño de la población: 100 individuos.
- Probabilidad de cruza: 20%.
- Probabilidad de mutación: 15%.
- Reinserción: elitismo, el mejor individuo de la generación anterior se conserva en la nueva generación.
- Número de iteraciones: 1000 iteraciones máximo o detener las iteraciones si en las ultimas 100 generaciones no exista mejora en la solución.

Cada experimento consiste en una tupla de valores (h,v,i) que toman valores en los siguientes rangos:

- h el número de pasillos horizontales, toma valores 3, 4, 5, ... ,10.
- v el número de pasillos verticales, toma valores 3, 4, 5, ... ,10
- i denota la cantidad de ítems a considerar en la orden, toma valores 5, 10, 15, ... 50

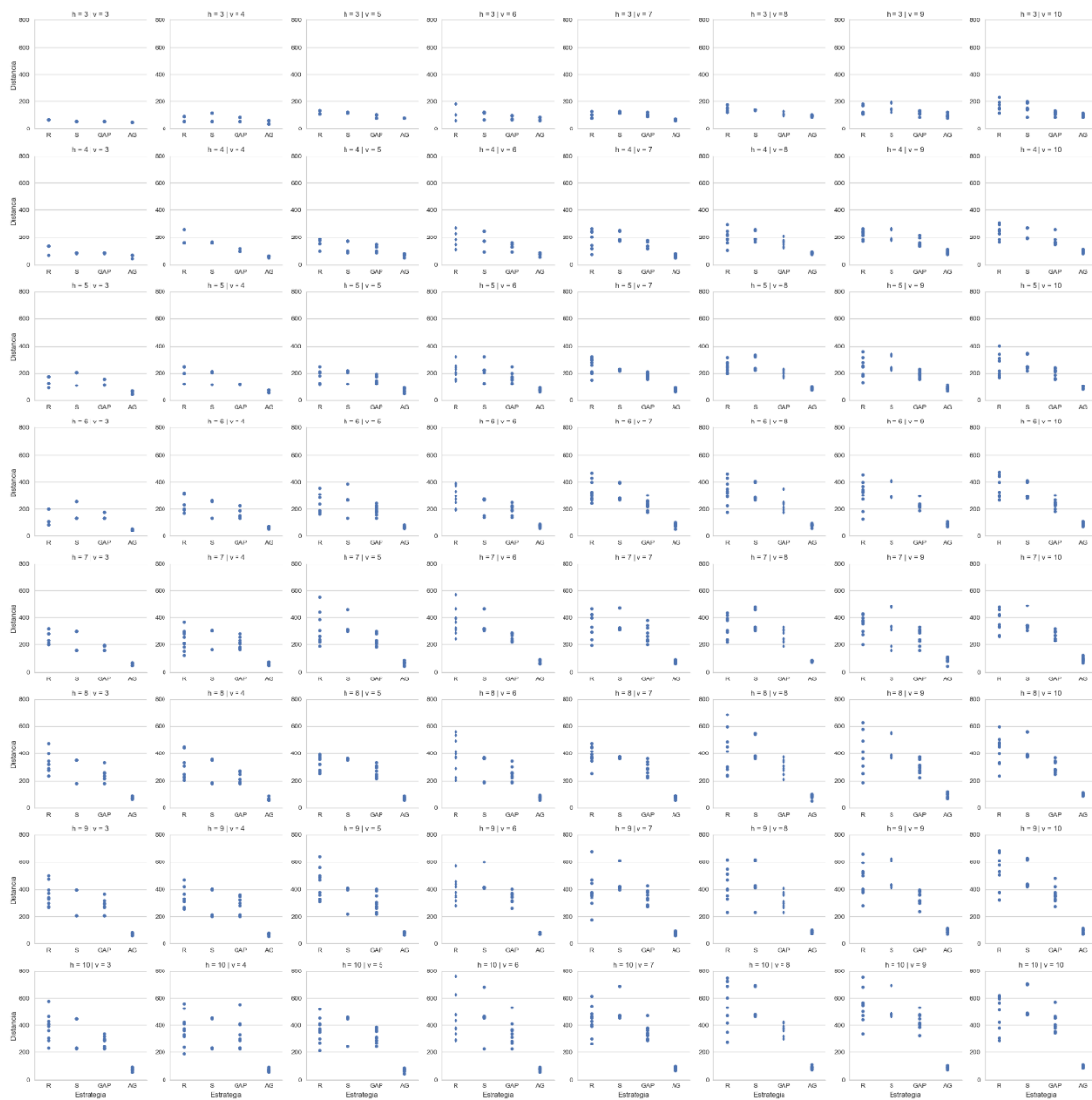
Las posibles combinaciones anteriores son $8 \times 8 \times 10 = 640$; cada posible combinación de pasillos horizontales, verticales y cantidad de ítems a recolectar se probó con 20 escenarios o distribuciones espaciales de ítems en el layout generadas aleatoriamente con una distribución de probabilidad uniforme.

Figura 7.10 Resultados generales de los experimentos realizados para todos los layouts distintos e ítems. R estrategia Return, S estrategia S-shape, GAP estrategia Largest Gap y AG estrategia algoritmo genético



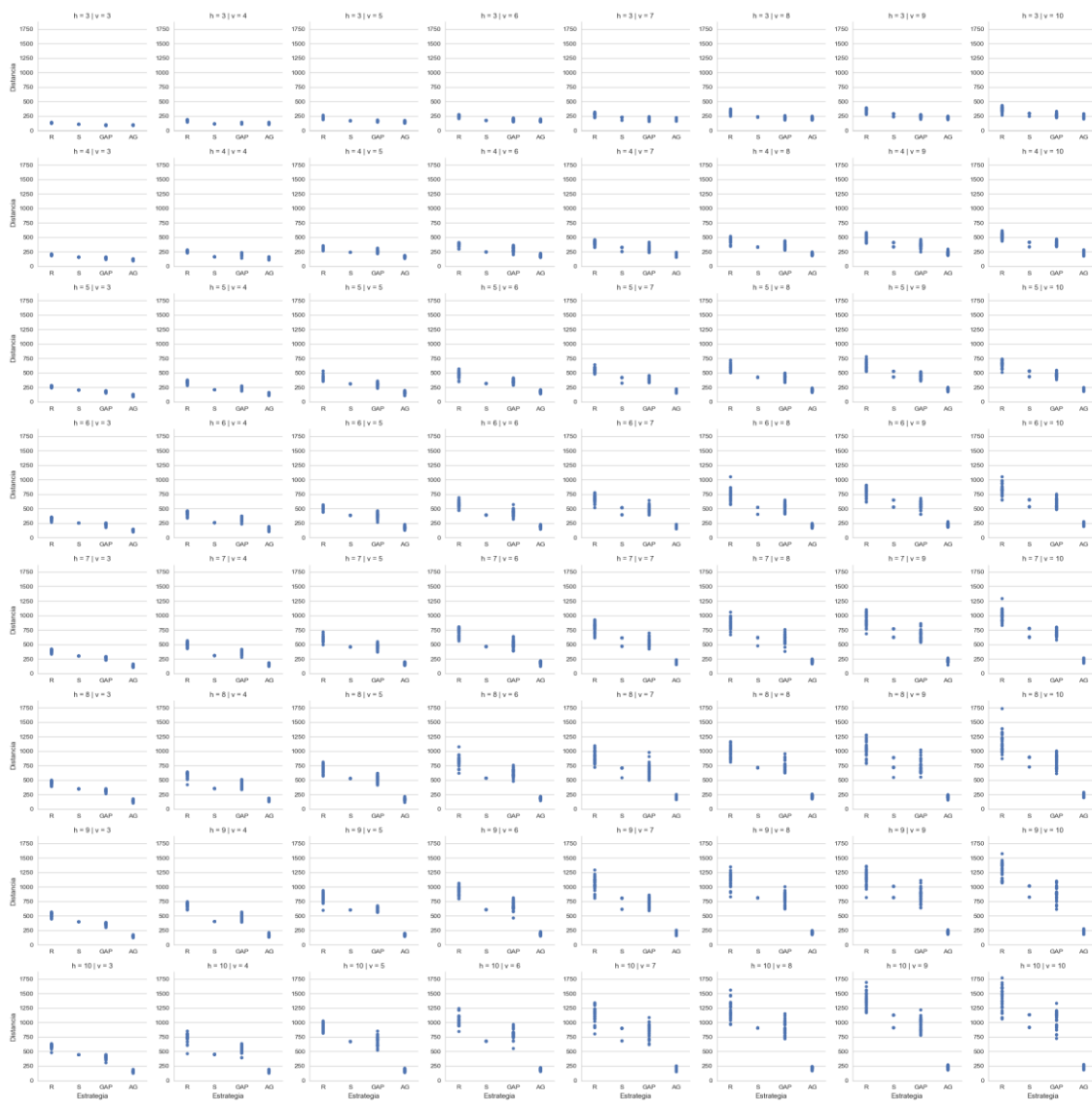
En cada uno de los escenarios generados se comparo el rendimiento de los algoritmos Return, S-shape, Largest Gap y el algoritmo genético obteniéndose los resultados mostrados en la Figura 7.10, observe la distribución de densidad capturada en los gráficos de violín. En promedio el algoritmo genético obtiene mejores resultados en comparación a las demás estrategias y obtiene menor variabilidad en el rango de valores para las rutas calculadas, lo cual indica que el algoritmo genético es mas consistente en la longitud de las rutas.

Figura 7.11 Experimento con 5 ítems en layouts de prueba para estrategias Return (R), S-Shape(S), Largest Gap (GAP) y Algoritmo Genético (AG)



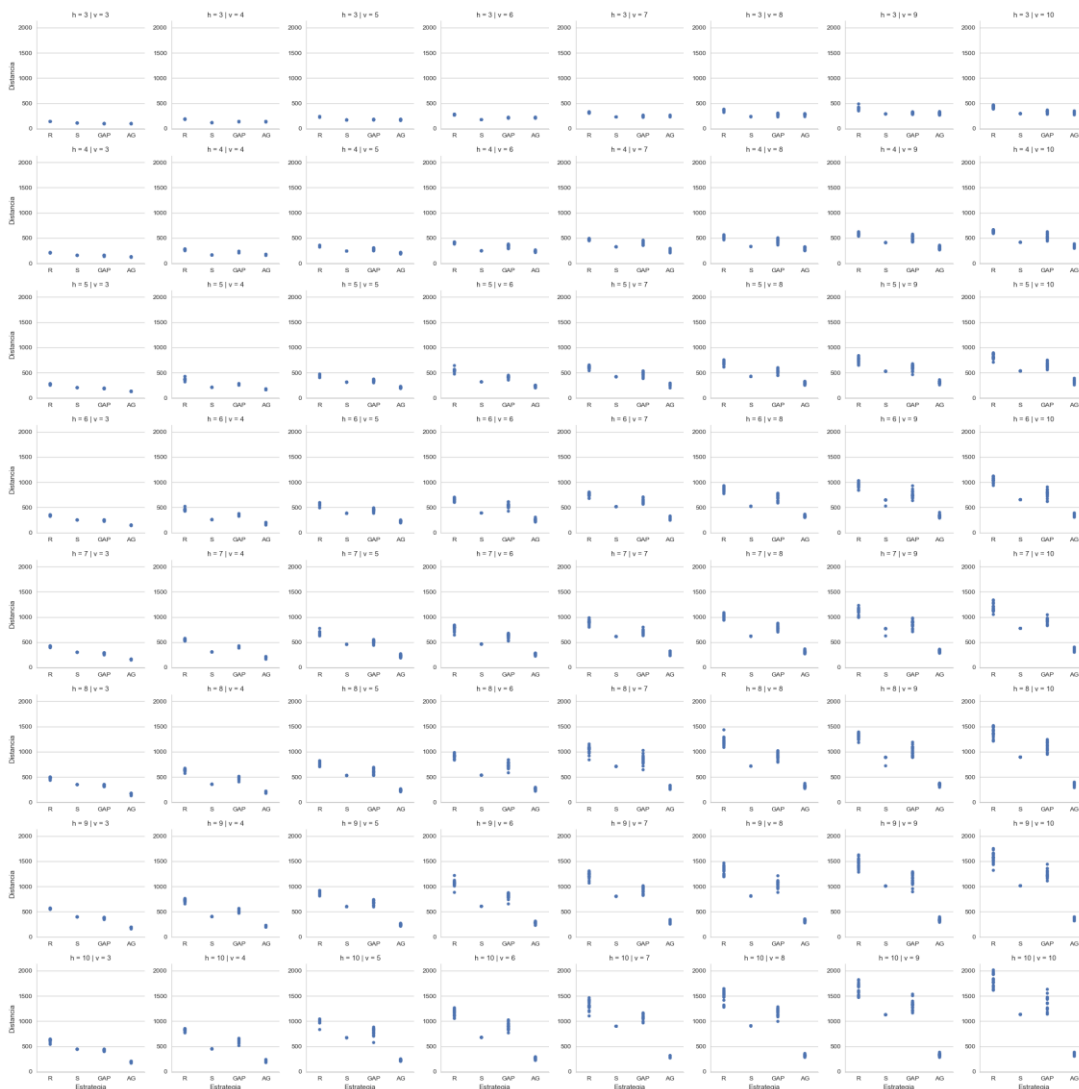
En la Figura 7.11 se muestra el conjunto de pruebas aplicadas para 5 ítems en los layouts considerados para la comparativa. Para el layout 3x3, 3 pasillos horizontales y 3 verticales los algoritmos tienen un rendimiento similar, incrementando los pasillos verticales se empieza a notar diferencias de performance en los algoritmos. Un resultado interesante se obtiene al observar el primer renglón y la primer columna, que corresponden a layouts de almacén tipo 3 x V y H x 3, el comportamiento no es simétrico.

Figura 7.12 Experimento con 25 ítems en layouts de prueba para estrategias Return (R), S-Shape(S), Largest Gap (GAP) y Algoritmo Genético (AG)



En la figura 7.12 se ilustra el diagrama de dispersión de distancia recorrida para 25 ítems y los distintos layouts de almacén considerados en el experimento; mostrando un comportamiento similar en el primer renglón versus la primera columna, aunque el rango de valores tomado en la primera columna es un poco más amplio. Para el caso de 25 ítems por orden se observa sobre layouts de almacén cuadrados un crecimiento en tiempos de recorrido creciente, pero conservando el performance relativo entre los distintos algoritmos.

Figura 7.13 Experimento con 50 ítems en layouts de prueba para estrategias Return (R), S-Shape(S), Largest Gap (GAP) y Algoritmo Genético (AG)



La figura 7.13 ilustra el diagrama de dispersión de distancias recorridas para la simulación realizada con 50 ítems. Comparativamente el primer renglón versus la primer columna en el arreglo de resultados son similares, se conserva el orden en el rendimiento de los algoritmos evaluados; sin embargo la primer columna tiene un recorrido en distancia ligeramente mayor consistente con la distribución de la morfología del layout de los almacenes, estructuras más largas que anchas.

Conclusiones

Uno de los factores preponderantes en el problema de picking o recolección de ítems para una orden dada en un mínimo de tiempo está dada por el recorrido realizado. La elección de recorrido depende de la estrategia utilizada algunas básicas pero intuitivas y otras eficientes, pero poco prácticas debido al tiempo de computo requerido que dificultan su uso; por lo cual es importante proponer métodos que ayuden a encontrar mejores rutas.

El uso del particionamiento del layout permite reducir la complejidad del problema combinatorial y transformar el número de ítems a recoger a sitios por visitar; esta transformación permite reducir la dimensión del espacio de búsqueda y por ende el tiempo de exploración. La morfología del particionamiento se encuentra inspirado en la política de largest gap que determina cuando es conveniente realizar un recorrido completo del pasillo o solo una parte y dejando el resto para una segunda visita del pasillo.

Representar la ruta usando únicamente los elementos de la partición del layout reduce la dimensión del espacio de trabajo y simplifica la representación de la trayectoria permitiendo aplicar el principio de optimalidad de Bellman para realizar la búsqueda de la trayectoria de longitud mínima. Para obtener la sucesión completa de sitios a recorrer se presenta un algoritmo que permite decidir la trayectoria mínima entre elementos de la partición.

La aplicación de los algoritmos genéticos usando como modelo de individuo los inducidos por el particionamiento reduce el crecimiento combinatorial del problema y lo hace tratable. Los operadores de cruce y mutación definidos permiten crear nuevos individuos, que heredan características de los padres, que son solución al problema planteado y que tienden a mejorar su calidad.

Los resultados experimentales muestran que, en almacenes grandes, las heurísticas clásicas no consiguen buen rendimiento comparado con el método propuesto usando algoritmos genéticos y presentan mayor dispersión en el rango, por otro lado, se observa que para pocos ítems en general resultan conveniente los almacenes con mas pasillos verticales que horizontales. Para ordenes en las cuales se tienen muchos ítems, 50 en el experimento, es similar el performance entre almacenes largos y anchos; donde un almacén largo es aquel que tiene muchos pasillos horizontales y pocos verticales, en contraparte un almacén ancho es aquel que tiene más pasillos verticales que horizontales.

Referencias

- Aho, A., Ullman, J., & Hopcroft, J. (1983). *Data Structures and Algorithms*. Boston, MA United States: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Bartholdi, J., & Hackman, S. (2014). *WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE Release 0.94*. Atlanta, GA USA: The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology.
- Bellman, R. (1957). *Dynamic Programming*. Princeton, NJ, United States: Princeton University Press.
- Bozer, Y., & Kile, J. (2008). Order batching in walk-and-pick order picking systems. *International Journal of Production Research*, 1887-1909.
- Davis, L. (1985). Applying adaptive algorithms to epistatic domains. *Proceedings of the 9th international joint conference on Artificial intelligence, IJCAI'85* (págs. 162-164). San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Garey, M., & Jhonson, D. (1979). *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. New York, NY United States: W. H. Freeman.
- Henn, S., Koch, S., & Wäscher, G. (2012). Order Batching in Order Picking Warehouses: A Survey of Solution Approaches. *Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems*.
- Holland, J. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence*. Cambridge, MA, United States: MIT Press.
- Jinxiang, G., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. (2009). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 539-549.
- Korte, B., & Vygen, J. (2010). *Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms*. Germany: Springer.
- Nojhan. (3 de April de 2007). Evolutionary algorithm. Recuperado el April de 2020, de Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolutionary_algorithm.svg
- Roodbergen, K. J., Iris, V., & Taylor, G. (2015). Simultaneous determination of warehouse layout and control policies. *International Journal of Production Research*, 3306-3326.

Scholz, A., Schubert, D., & Wäsher, G. (2017). Order picking with multiple pickers and due dates - Simultaneous solution of Order Batching, Batch Assignment and Sequencing, and Picker Routing Problems. *European Journal of Operational Research*.

Valle, C., Beasley, J., & da Cunha, A. (2016). Modelling and Solving the Joint Order Batching and Picker Routing Problem in Inventories. *Combinatorial Optimization. ISCO 2016. Lecture Notes in Computer Science*, 81-97.

Wolfgang, B., Nordin, P., Keller, R., & Francone, F. (1997). *Genetic Programming - An Introduction*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Anexo 1. INCOTERMS

Los INCOTERMS están diseñadas para crear un puente entre los diferentes miembros de la industria, actuando como un lenguaje uniforme que puedan utilizar. Cada INCOTERM se refiere a un tipo de acuerdo para la compra y el transporte de mercancías a nivel internacional. Hay 13 términos diferentes, cada uno de los cuales ayuda a lidiar con los usuarios de las diferentes situaciones que implican el movimiento de mercancías. Por ejemplo, el término FCA se utiliza a menudo con los traslados entre Ro / Ro o transporte de contenedores; DDU ayuda con situaciones que se encuentran en intermodal o servicio de mensajería basados en los envíos. Los INCOTERMS también se ocupan de la documentación necesaria para el comercio mundial, además especifican qué partes son las responsables para cada documento. La determinación de la documentación requerida para mover un envío es un trabajo importante, ya que los requisitos varían mucho entre los países. Sin embargo, dos elementos son estándar: la factura comercial y la lista de embalaje.

- **Costos.** ¿quién es responsable de los gastos derivados de un envío en un punto dado? **Control:** ¿quién está a cargo de la mercancía en un punto dado?
- **Responsabilidad:** ¿quién es el responsable de pagar los daños de los bienes que se ocasionen en un punto dado durante el tránsito de un envío.

También es vital para los vendedores y compradores contratar un seguro sobre sus bienes, mientras estos se encuentran en su «legal» posesión. La falta de un seguro puede resultar pérdida de tiempo, relaciones rotas, e incluso demandas.

Los INCOTERMS por lo tanto pueden tener un impacto económico directo en los negocios de una empresa. Lo que importa no son los acrónimos, son los resultados de los negocios. A menudo a las empresas les gusta estar en control de su carga; los vendedores de bienes podrían optar por vender en términos de CIF, y los compradores pueden preferir comprar FOB. En este glosario, le diremos lo que términos como CIF y FOB significa y su impacto en el proceso comercial. Además, como nos damos cuenta, la mayoría de los compradores y vendedores internacionales no manejan sus propios productos, sino que los manejan a través de agentes de aduanas y transitarios, vamos a discutir cómo ambos encajan en los términos en discusión.

Los INCOTERMS son frecuentemente agrupados por categorías

Los términos que comienzan con la letra F se refieren a los envíos donde el principal costo no es pagado por el vendedor. Términos que comienzan con la letra C nos dicen que el vendedor es quien debe pagar los gastos de envío. Los Términos que comienzan con la letra E dicen que las responsabilidades de un vendedor se cumplen cuando los productos están listos para salir de sus instalaciones. Términos cuya inicial es D cubren los traslados hasta que el transportista entrega las mercancías en un punto específico establecido. Debido a que los embarques se mueven en varios países, las condiciones de D implican generalmente los servicios de un agente de aduanas y un promotor de cargas.

Incoterms 2020

Desde el 1 de enero de 2020 todas las importaciones y exportaciones se regulan por los nuevos incoterms 2020.

Cambios en los incoterms 2020

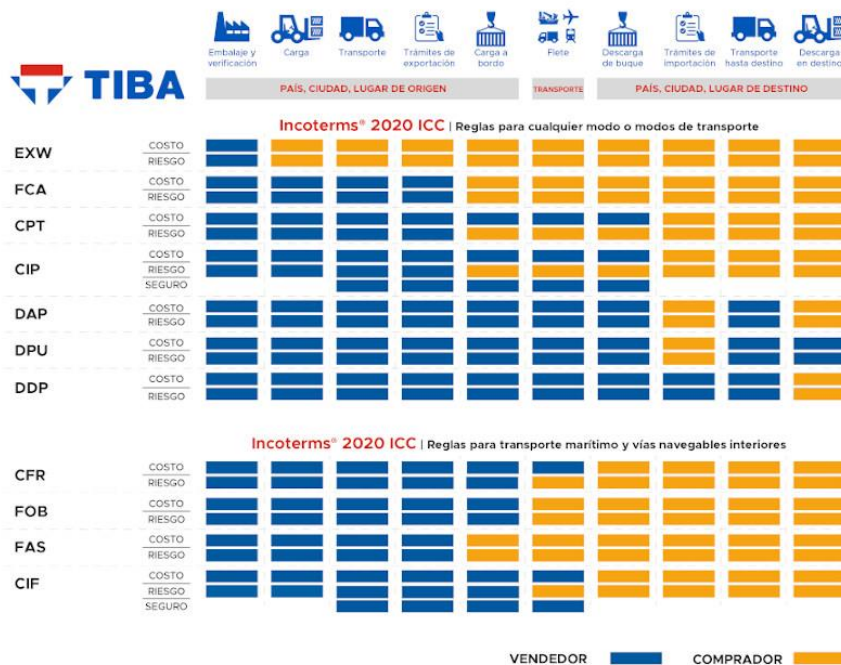
Los principales cambios de los incoterms 2020 con respecto a los incoterms 2010 son:

- Se sustituye el incoterm **DAT** (*Delivered at Terminal*), que desaparece, por **DPU** (*Delivered at Place Unloaded*). A efectos es solo un cambio de nombre, ya que las obligaciones y responsabilidades son las mismas, pero el nuevo nombre DPU permite pactar la entrega en cualquier lugar, no necesariamente en terminal, aunque también.
- Se establecen nuevas condiciones en la contratación del seguro para los incoterms **CIF** y **CIP**.
- Para el transporte marítimo bajo el incoterm **FCA**, el comprador podrá pedir a la naviera o a su agente que emita el BL con la anotación “on board” para el vendedor.

Cosas para tener en cuenta en la aplicación de los Incoterms 2020

- Para que sea válido el BL “house” se tiene que indicar en el mismo que se rige por la normativa UCP 600 (normas que regulan los créditos documentarios, porque es el único que admite el HOUSE).
- Hay que indicar que se aplican los incoterms 2020 en el contrato de venta porque si no pueden aplicar los incoterms del año 2010 o 2000.

Cuáles son los incoterms 2020. Vigentes desde el 1 de enero de 2020:



EXW Ex Works/ *En fábrica*

- El **vendedor/exportador** pone la mercancía a disposición del comprador en sus propios almacenes, únicamente se ocupa del embalaje de esta.
- El **comprador/importador**, por tanto, es quien asume todos los gastos y responsabilidades desde que la mercancía cruza almacén, antes de cargarla. El seguro no es obligatorio, pero de contratarse lo asumiría el comprador ya que es quién asume el riesgo.
- Este incoterm no debe utilizarse si el vendedor entrega la mercancía en otro lugar que no sean sus instalaciones.

FCA Free Carrier/ *Libre transportista*

- El **vendedor** entrega la mercancía en un punto acordado y asume costes y riesgos hasta la entrega de la mercancía en ese punto convenido, incluidos los costes del despacho de exportación. Así las cosas, el vendedor se ocupa del transporte interior y de las gestiones aduaneras de exportación, excepto si el lugar designado son las instalaciones del vendedor (FCA almacén), en cuyo caso la mercancía se entrega en dicho punto cargada en los medios de transporte dispuestos por el comprador asumiendo el coste el comprador.
- El **comprador** asume los gastos desde la carga a bordo hasta la descarga, incluido el seguro si se contratara por ser quién asume el riesgo cuando se carga la mercancía en el primer medio de transporte.
- La **novedad** del FCA respecto a los incoterms de 2010 es que cuando se trate de transporte marítimo el comprador puede indicar a su transportista que emita un B/L (*Bill of Lading/ Carta de Embarque*), al vendedor con la especificación “on board” (a bordo), como justificante de la entrega de la mercancía para facilitar la operativa de los créditos documentarios y que se abone así el crédito al vendedor como garantía del Banco pero que no es parte en el contrato de transporte).

FAS Free Alongside Ship/ Libre al costado del buque

- El **vendedor** entrega la mercancía en el muelle de carga del puerto de origen y asume los gastos hasta la entrega, así como los trámites aduaneros de exportación.
- El **comprador** gestiona la carga a bordo, estiba, flete y demás gastos hasta entrega en destino, incluido el despacho de importación y el seguro si se contratara ya que no es obligatorio. Además asume los riesgos una vez la mercancía está en el muelle de carga antes de cargarse en el buque.
- Este incoterm solo es válido para el transporte marítimo y se emplea generalmente para mercancías especiales que tienen unas necesidades de carga particulares, no es habitual para carga paletizada o contenedores.

FOB Free On Board/ Libre a bordo

- El **vendedor** asume los gastos hasta la subida a bordo de la mercancía, momento en el que transmite también los riesgos, así como el despacho de exportación y gastos en origen. También se encarga de contratar el transporte si bien este corre por cuenta del comprador.
- El **comprador** se encarga de los costes del flete, descarga, trámites de importación y entrega en destino, así como del seguro si lo quisiera contratar. La transmisión de riesgos tiene lugar cuando la mercancía está a bordo.
- Este incoterm solo se utiliza para transporte marítimo y no debe emplearse para mercancías en contenedores ya que la responsabilidad se transmite cuando la mercancía se carga a bordo del buque (la mercancía está físicamente tocando el suelo del buque), pero los contenedores no se cargan en cuanto llegan a la terminal, por tanto, si la mercancía sufriera algún daño mientras está en el contenedor sería muy difícil establecer cuando sucedió.

CFR Cost and Freight/ Coste y flete

- El **vendedor** se hace cargo de todos los costes hasta que la mercancía llega al puerto de destino, incluido el despacho de exportación, los gastos en origen, el flete y generalmente los gastos de descarga.
- El **comprador** se ocupa de los trámites de la importación y el transporte hasta el destino. También asume el riesgo en el momento en que la mercancía está a bordo, por lo que aunque no es obligatorio, suele contratar seguro.
- Este incoterm solo se emplea en transporte marítimo.

CIF Cost, Insurance and Freight/ Coste, seguro y flete

- El **vendedor** asume como en CFR todos los gastos hasta la llegada al puerto de destino incluyendo despacho de exportación, gastos en origen, flete y generalmente descarga, pero además originariamente debe contratar un seguro, aunque el riesgo se transfiera al comprador una vez la mercancía esté cargada a bordo.
- El **comprador** es quien asume los gastos de importación y el transporte hasta destino.
- La **novedad** de este incoterm en la versión 2020 hace referencia las coberturas del seguro que debe contratar el vendedor apuntando que deben ser las mismas que las proporcionadas por las Cláusulas C de las *Institute Cargo Clauses*, es decir el seguro debe cubrir hasta la llegada a puerto de destino. Es un incoterm que solo se utiliza para el transporte marítimo. Es un incoterm muy utilizado ya que determina el valor en aduana.

CPT Carriage Paid To/ Transporte pagado hasta

- El **vendedor** asume los gastos hasta la entrega de la mercancía en el lugar convenido, es decir, se encarga de todos los gastos en origen, el despacho de exportación el transporte principal y generalmente, gastos en destino.
- El **comprador** asume los trámites de importación, el seguro si lo contratara, ya que no es obligatorio. El riesgo pasa al comprador una vez se carga la mercancía al primer medio de transporte contratado por el vendedor.
- Este incoterm es válido para cualquier medio de transporte.

CIP Carriage and Insurance Paid/ Transporte y seguro pagados hasta

- El **vendedor** corre con los gastos hasta la entrega en el lugar convenido en destino, es decir, los gastos en origen, despacho de exportación, flete y además, el seguro, que es obligatorio.
- El **importador** se encarga de los trámites de importación y la entrega a destino y asume el riesgo cuando se carga la mercancía en el primer medio de transporte.
- La **novedad** en este incoterm respecto a los incoterms de 2010 reside de nuevo en las coberturas del seguro, en este caso, el seguro además de obligatorio debe contener las mismas coberturas que las proporcionadas por las Cláusulas A de las *Institute Cargo Clause*, la mercancía debe estar asegurada hasta la entrega al transportista en destino.

DPU Delivered at place Unloaded/ Entregada en lugar descargada

- El **vendedor** asume los costes y riesgos originados en origen, embalaje, carga, despacho de exportación, flete, descarga en destino y entrega en el punto acordado.
- El **comprador** asume los tramites del despacho de importación.
- Este incoterm es de **nueva** creación y sustituye a DAT, en realidad lo que hace es ampliar las opciones de entrega ya que DAT indicaba que la entrega debía realizarse en la terminal, ahora con DPU la entrega puede realizarse en otro lugar acordado además de en la terminal.

DAP Delivered At Place/ Entregado en un punto

- El **vendedor** asume todos los gastos y riesgos de la operación salvo el despacho de importación y descarga en destino, es decir todos los gastos en origen, flete y transporte interior.
- El **comprador** únicamente debe ocuparse del despacho de importación y de la descarga.
- Este incoterm es válido para todos los medios de transporte, el seguro no es obligatorio, pero si se contratará los gastos los asumirá el vendedor.

DDP Delivered Duty Paid/ Entregado con derechos pagados

- El **vendedor** asume todos los gastos y riesgos desde el embalaje y verificación en sus almacenes hasta la entrega en el destino final, incluidos los despachos de exportación e importación, flete y seguro si se contratara.
- El **comprador** solo debe recibir la mercancía y generalmente descargarla, aunque puede ocuparse también el vendedor.
- Este incoterm es justo el opuesto a EXW, el vendedor asume todos los gastos y riesgos.

Referencias

<https://iccwbo.org/resources-for-business/incoterms-rules/>

<https://www.tibagroup.com/blog/incoterms-2020?lang=es>

<https://www.comercioyaduanas.com.mx/incoterms/incoterm/historia-de-los-incoterms/>

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1st author: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st author: (Scholar-PNPC or SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1st coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 2nd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 2nd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 3rd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 3rd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

(Report Submission Date: Month, Day, and Year); Accepted (Insert date of Acceptance: Use Only ECORFAN)

Citación: Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Autor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 2^{do} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 3^{er} Coautor. Apellido

Correo institucional [Times New Roman No.10]

Primera letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre Editores. Apellidos (Dir.) *Título del Handbook [Times New Roman No.10]*, Temas Selectos del área que corresponde ©ECORFAN- Filial, Año.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Abstract

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo, en inglés.

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.12

1 Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?.

Enfocar claramente cada una de sus características.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Capítulo.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Capítulo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Capítulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Capítulo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

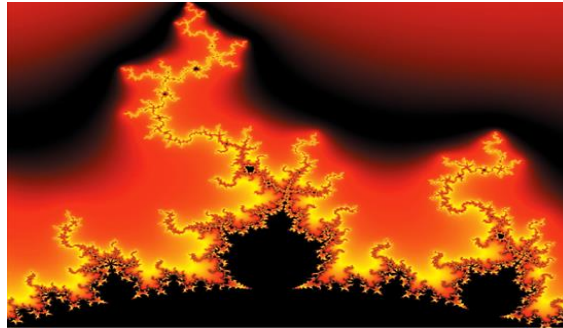
[Indicando el título en la parte Superior con Times New Roman No.12 y Negrita, señalando la fuente en la parte Inferior centrada con Times New Roman No. 10]

Tabla 3.1 Título

Particiones	Valores	Log
P1	7.58	0.88
P2	7.62	0.88
P3	7.58	0.88
P4	7.59	0.88
P5	7.57	0.88
P6	7.58	0.88
P7	7.57	0.88

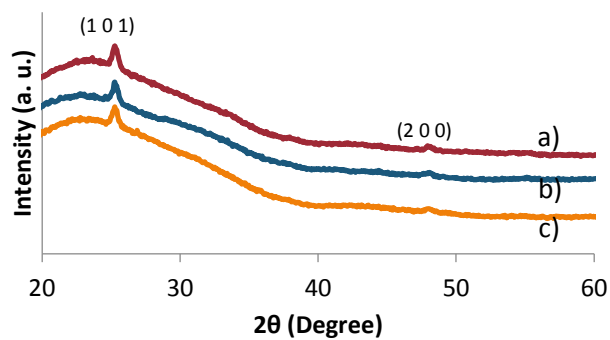
Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Figura 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Gráfico 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Cada Capítulo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$P = \frac{[V_V - P_V]^{1/2}}{V_O - P^{Uh}} + \frac{3}{4} \left[\frac{(P^{VL})}{(P_u)} \right] \rightarrow \int_V^a L_a \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados.

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Capítulo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo, en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Capítulo.

Ficha Técnica

Cada Capítulo deberá presentar en un documento Word (.docx):

Nombre del Handbook

Título del Capítulo

Abstract

Keywords

Secciones del Capítulo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

ECORFAN Handbooks se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar la Obra Científica a la Política Editorial del Ecorfan Handbooks. Una vez aceptada la Obra Científica en su versión final, el Ecorfan Handbooks enviará al autor las pruebas para su revisión. Ecorfan® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación de la Obra Científica.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito de la Obra Científica, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de Ecorfan-México, S.C reivindica a los Autores de la Obra Científica que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes de la Obra Científica deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia de la Obra Científica propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título de la Obra Científica:

- El envío de una Obra Científica a Ecorfan Handbooks emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en esta Obra Científica ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en la Obra Científica, así como las teorías y los datos procedentes de otras Obras Científicas previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que Ecorfan-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de esta Obra Científica se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en la Obra Científica.

Copyright y Acceso

La publicación de esta Obra Científica supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding México para su ECORFAN Handbooks, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada de la Obra Científica y la puesta a disposición de la Obra Científica en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título de la Obra Científica:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre la Obra Científica enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio a la Obra Científica el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de la Obra Científica. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con la Obra Científica que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter la Obra Científica a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Obras Científicas son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Obra Científica definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza de la Obra Científica presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE	For international bibliographer's manager
MENDELEY	For basification of data from scientific journals
GOOGLE SCHOLAR	For your international search specialized in retrieving scientific documents
REDIB	Ibero-American Network of Innovation and scientific knowledge-CSIC

Servicios Editoriales:

Identificación de Citación e Índice H.
Administración del Formato de Originalidad y Autorización.
Testeo del Chapter con PLAGSCAN.
Evaluación de Obra Científica.
Emisión de Certificado de Arbitraje.
Edición de Obra Científica.
Maquetación Web.
Indización y Repositorio
Publicación de Obra Científica.
Certificado de Obra Científica.
Facturación por Servicio de Edición.

Política Editorial y Administración

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistentes Editoriales

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralzarlal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas 1 - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

43 Calle # 30 -90 B. El Triunfo CP.50001. Bogotá-Colombia.

